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 «Вычислительный практикум по теоретической механике»

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 «Вычислительный практикум по теоретической механике».

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

Сведения о дисциплине
1. Компетенции и этапы формирования
2. Технологическая карта
3. Оценочные материалы: блоки A, B, C, D
4. Процедуры и критерии
5. Методические указания обучающимся
Приложение 1. Формы фиксации результатов

Сведения о дисциплине

Параметр	Сведения по РПД
Дисциплина	Вычислительный практикум по теоретической механике
Направление; профиль	15.03.03 — РФ, 650500 — КР Прикладная механика; «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»
Квалификация, обучение	Бакалавр; очная форма; 3 курс, 5 семестр
Место в ООП	Б1.О.3. Полный индивидуальный шифр в РПД не указан; 39 в имени файла не выдаётся за код учебного плана.
Объём	2 ЗЕТ; 72 ч: практические 34; СРС 37,9; контактная работа в период теоретического обучения 0,1. Контактная работа всего 34,1 ч.
Контроль и виды работы	Зачёт в 5 семестре. Лекции и лабораторные часы не выделены, курсовых работ нет. Расчётно-графическая работа реализуется в ПР17 и СРС, без дополнительных часов и баллов.
Основание	Учебный план от 26.06.2026, протокол №11; РПД одобрена 02.09.2026, протокол №1; срок действия 2026–2032.

1. Компетенции и этапы формирования

ОПК-4: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

ОПК-10: Способен контролировать и обеспечивать производственную и экологическую безопасность на рабочих местах.

Результаты компетенций уровня 1	**Начальный этап**	**Базовый этап**
ОПК-4, знать: архитектуру вычислительных сетей, технологии распределённой обработки, сетевые технологии; методы и средства проектирования программных средств, компоненты системного ПО и технологии их разработки; основные направления современных ИТ.	A1.31–33; B1,B16; C4	D1.2,12,20; C4 в составе любого билета
ОПК-4, уметь: выбирать методы решения, соответствующие профессиональным задачам; использовать современные ИТ; интерпретировать результаты.	A1.1–30; B1–B17; K1–K2	D1.1–20; И1–И6
ОПК-4, владеть: теоретическими знаниями для разработки программ с использованием современных технологий; навыками анализа и принятия решений по профессиональным задачам.	B1–B17; C0,C4; K1–K2	D1.2,11–14,19–20; И1–И6
ОПК-10, знать: основы производственной и экологической безопасности рабочих мест; структуру основных видов, методов и средств защиты персонала и населения от последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.	A1.34–36; C1–C3	Обязательный вопрос по ограничениям и С3 в составе защиты любого И
ОПК-10, уметь: обеспечивать производственную и экологическую безопасность рабочих мест; использовать методы и средства защиты персонала и населения.	C1,C3 (письменное решение и учебное проигрывание действий); B1,B17	С3 и объяснение ограничений при защите И
ОПК-10, владеть: навыками обеспечения безопасности рабочих мест; использования основных методов и средств самозащиты при авариях, катастрофах, стихийных бедствиях.	C1,C3 — безопасная учебная демонстрация, протокол; B1,B17	С3 — учебная демонстрация по выданной инструкции, защита И

Предметные результаты 3.1–3.3 РПД	**Начальный этап**	**Базовый этап**
Знать 3.1.1 основные вычислительные методы; 3.1.2 принципы математического и компьютерного моделирования; 3.1.3 программные и вычислительные средства; 3.1.4 методы анализа, проверки и интерпретации.	A1.1–36, T1–T10; B1–B17; K1–K2	D1.1–20; И1–И6
Уметь 3.2.1 формулировать задачу и расчётную модель; 3.2.2 составлять и решать модели статики, кинематики, динамики; 3.2.3 применять компьютерные средства; 3.2.4 визуализировать, анализировать, оценивать достоверность.	B1–B17; K1–K2; C0,C4	И1–И6; D1.1–20
Владеть 3.3.1 алгоритмизацией и вычислительным решением; 3.3.2 численным моделированием; 3.3.3 программными средствами инженерных расчётов; 3.3.4 интерпретацией и подготовкой расчётно-графической документации.	B1–B17; C0,C4; K1–K2	И1–И6 с файлом, отчётом и защитой

2. Технологическая карта

Раздел, сроки	Пр / СРС, ч	Задания; контроль	Баллы min–max
1; недели 1–4	8 / 7,9	ПР1–ПР4: B1–B4, C1; A1.1–10,31–36	0–8
2; недели 5–8	8 / 8	ПР5–ПР8: B5–B8; A1.11–15; K1 (0–8)	0–16
2; недели 9–11	6 / 6	ПР9–ПР11: B9–B11; A1.16–20	0–6
2; недели 12–15	8 / 10	ПР12–ПР15: B12–B15; A1.21–25; K2 (0–8)	0–16
2; недели 16–17	4 / 6	ПР16–ПР17: B16–B17, C0,C2–C4; A1.26–30; тест (0–10)	0–14
Всего до зачёта	34 / 37,9	Практические 34 + тест 10 + РК 16	0–60
Зачёт, 5 семестр	КрТО 0,1	2 вопроса D1×5 + И до 25 + защита до 5	0–40
Итого	72 ч	R=ПР+Т+К1+К2+D	0–100

Все минимумы в карте — 0 как нижняя граница начисления. Дополнительных порогов по каждой ПР, текущему контролю, зачётной части или расчётной задаче нет. Письменный РК обязателен; к К1 и К2 допускаются все независимо от посещаемости и других работ (п. 3.3 Положения). Итоговая шкала — раздел 4.

3. Оценочные материалы

Блок А. Проверка знаний

А1. Вопросы текущего опроса

Опрос 2–3 вопроса по текущей теме, до 5 минут в пределах практикума; разрешены собственные записи. Оценивается объяснение, отдельные баллы не добавляются: результат учитывается в защите ПР. Вопросы 31–36 — авторская конкретизация результатов компетенций РПД.

А1.1 Какие допущения позволяют заменить объект материальной точкой?

А1.2 Как выбрать координаты, силы и связи?

А1.3 Какие исходные данные необходимы для задачи Коши?

А1.4 Чем проверка размерностей помогает при отладке?

А1.5 Что обеспечивает воспроизводимость расчётного файла?

А1.6 Как вычисляется момент силы относительно точки?

А1.7 Как заменить распределённую нагрузку равнодействующей?

А1.8 Когда система уравнений равновесия имеет единственное решение?

А1.9 Почему сила трения покоя не всегда равна μN?

А1.10 Что показывают знаки опорных реакций и невязки?

А1.11 Как получить скорость и ускорение из координат?

А1.12 Когда определены касательное и нормальное ускорения?

А1.13 Как шаг сетки и шум влияют на численные производные?

А1.14 Как связаны скорости двух точек твёрдого тела?

А1.15 Какие проверки нужны для кривошипно-ползунного механизма?

А1.16 Как перейти от уравнения второго порядка к системе первого порядка?

А1.17 Чем различаются локальная и глобальная ошибки?

А1.18 Какие тесты пригодны для оценки порядка численного метода?

А1.19 Как определить момент приземления средствами обнаружения событий?

А1.20 Как проверить вращение тела через работу и энергию?

А1.21 Как определяются собственная частота и критическое демпфирование?

А1.22 Как различить колебательный и апериодический режимы?

А1.23 Как выделить установившуюся амплитуду?

А1.24 Когда линейная модель маятника перестаёт быть достаточной?

А1.25 Как выбрать обобщённую координату при качении?

А1.26 Чем проверка реализации отличается от сопоставления модели с реальным объектом?

А1.27 Какие независимые проверки возможны без аналитического решения?

А1.28 Почему невязка не заменяет исследование сходимости?

А1.29 Как различить изменение решения из-за параметров и из-за алгоритма?

А1.30 Какие выводы нельзя делать только по графику?

А1.31 Как организовать локальный расчёт и расчёт на удалённом узле: какие данные передаются, где выполняется алгоритм и как проверяется целостность результата?

А1.32 Чем системное ПО и сетевые службы отличаются от прикладной расчётной программы? Какие этапы проектирования и проверки программы необходимы?

А1.33 Какие современные информационные технологии подходят для серии независимых механических расчётов, совместного хранения версий и визуализации? Обоснуйте выбор и ограничения.

А1.34 Какие опасности рабочего места с компьютерным и механическим оборудованием нужно распознать и кому передать сведения о неисправности?

А1.35 Как различаются предупреждение аварии, коллективная защита, средства индивидуальной защиты и самозащита? Как выбирают действия при аварии или стихийном бедствии по локальной инструкции?

А1.36 Какие сведения о шуме, вибрации, энергии, отходах и условиях эксплуатации нужны, чтобы обсуждать экологическую безопасность, и почему графика перемещения недостаточно?

А2. Тест Т1–Т10

15 минут, один правильный ответ в каждом задании. Верный ответ — 1 балл; неверный, несколько отметок или отсутствие — 0; всего 0–10. Разрешён лист задания и непрограммируемый калькулятор. Конспекты, справка среды и готовые ответы не используются. Сдать номер задания и выбранную букву.

Т1. Единица коэффициента b в силе $F = -bv$ в системе СИ:

А Н/м

Б кг/с

В м/с

Г кг·м

Т2. При равномерной нагрузке q по всей балке длиной L равнодействующая равна:

А q/L

Б qL^2

В qL

Г L/q

Т3. Для покоя тела с сухим трением справедливо:

А $|F_{тр}| \le \mu N$

Б $F_{тр}$ всегда равна μN

В $F_{тр} = 0$ при любой нагрузке

Г $F_{тр} > \mu N$

Т4. Для $v > 0$ касательное ускорение равно:

А v^2/ρ

Б ρ/v

В модулю полного ускорения

Г dv/dt

Т5. Состояние для уравнения $x'' = f(t, x, x')$ удобно задать как:

А $[x, t]$

Б $[x, x']$

В $[x'']$

Г $[t, f]$

Т6. Корректная проверка сходимости решения:

А увеличение толщины линии

Б смена цвета графика

В сравнение при h, $h/2$, $h/4$ в одинаковых узлах

Г вывод большего числа цифр

Т7. Критическое вязкое сопротивление системы $m\,x'' + c\,x' + kx = 0$:

А $2\sqrt{(mk)}$

Б k/m

В $\sqrt{(m/k)}$

Г mk

Т8. Чтобы проверить сохранение энергии маятника, необходимо:

А добавить сопротивление

Б обнулить угол на каждом шаге

В сравнить только конечные координаты

Г рассчитать энергию на всём интервале при отсутствии сопротивления

Т9. Период событий определяют по:

А любым двум точкам графика

Б соседним пересечениям одной поверхности с одинаковым направлением

В числу строк файла

Г максимальному шагу решателя

Т10. Малая невязка уравнений сама по себе:

А доказывает пригодность для реального оборудования

Б исключает ошибки исходных данных

В подтверждает выполнение проверяемых уравнений, но не всей модели

Г заменяет проверку размерностей

Блок В. Проверка умений

В1–В17 соответствуют ПР1–ПР17. $g=9{,}81$ м/с², единицы СИ; вес балок и звеньев не учитывать, если не задан. Схемы описаны координатами, связями и направлениями нагрузок; обучающийся выполняет их чертёж в отчёте. Общий продукт: данные, схема, допущения, уравнения, алгоритм, исходный файл, результаты, проверка и вывод. Основной расчёт — на занятии; исследование и оформление — в СРС. Каждая работа вместе с относящимися к ней С и опросом — один раз 0–2 балла.

В1. Подготовка расчётной модели

Груз массой 2 кг находится на наклонной направляющей с углом 20°. Трения нет; начальная скорость нулевая. Выберите положительную координату вниз вдоль направляющей и начальную координату 0. Представьте схему сил, уравнение движения, таблицу параметров с единицами и алгоритм. Для демонстрации рассчитайте движение на 0–1 с. Проверьте размерности и предельный случай $\alpha=0$. Выполните С1.

В2. Равновесие сходящихся сил

Груз весом 1000 Н удерживается двумя тросами под углами 30° (слева) и 60° (справа) к горизонтали. Узел невесом, тросы идеальны. Запишите уравнения равновесия, определите усилия; повторите при углах левого троса 25° и 35° с неизменным правым углом. Проверьте обе проекции суммы сил и допустимость натяжений.

В3. Опорные реакции балки

Балка длиной 3 м: слева неподвижный шарнир А, справа подвижный шарнир В с вертикальной реакцией. Сила 2 кН вниз приложена на расстоянии 1 м от А; равномерная нагрузка 1 кН/м направлена вниз по всей длине. Рассчитайте реакции; постройте их зависимости при перемещении силы от 0,3 до 2,7 м, шаг 0,1 м. Проверьте суммы сил и моментов и симметричное положение силы.

В4. Предельное равновесие с трением

Тело массой 5 кг на наклонной плоскости; других внешних сил нет. Коэффициент трения покоя $\mu=0{,}25$. Найдите критический угол и постройте $\alpha_{кр}(\mu)$ для $\mu=0{,}1\ldots0{,}5$ с шагом 0,05. Объясните условие покоя и проверьте допустимость силы трения; равенство предельному значению применяется только на границе скольжения.

В5. Движение точки по заданному закону

$x=0{,}2t^2$, $y=0{,}1t^3$; координаты в метрах, время в секундах; $0\le t\le3$ с. Постройте траекторию, проекции и модули скорости и ускорения. Найдите касательное и нормальное ускорения при $t=2$ с. Проверьте аналитические производные. При $t=0$ скорость нулевая: касательно-нормальное разложение в этой точке не применять.

В6. Кинематика по табличным данным

Получите таблицу координат движения В5 на сетках $h=0{,}2;0{,}1;0{,}05$ с на $[0;3]$. Вычислите скорости и ускорения центральными разностями во внутренних узлах и односторонними на границах; явно запишите формулы. Сравните максимальные абсолютные ошибки по компонентам отдельно внутри и на границах. Не вычисляйте относительную ошибку при нулевом эталоне.

B7. Плоскопараллельное движение тела

Полюс A: $x_A=0{,}1t^2$ м, $y_A=0$; угол $\varphi=t^2/2$ рад. Точка B закреплена на расстоянии 0,2 м от A вдоль локальной оси тела при $\varphi=0$. На [0;2] с определите скорость и ускорение B векторными соотношениями. Постройте схемы при t=1 и 2 с; проверьте производными координат B, выделите угловую и центростремительную части ускорения.

B8. Кривошипно-ползунный механизм

Центральный механизм: кривошип r=0,05 м, шатун l=0,20 м, $\omega=10$ рад/с, $\varphi=\omega t$. Ползун справа от оси. Геометрическая связь: $x=r\cos\varphi+\sqrt{(l^2-r^2\sin^2\varphi)}$. За один оборот постройте x(t), v(t), a(t); повторите при l=0,30 м. Проверьте крайние положения и производные координаты независимым способом. Угол в тригонометрических функциях задавайте в радианах.

B9. Сравнение методов интегрирования

Свободное падение: $y''=-g$; y(0)=20 м, v(0)=0. Сравнение на [0;1,5] с. Преобразуйте уравнение к системе первого порядка; реализуйте явный Эйлер (координата обновляется старой скоростью) и используйте подготовленную реализацию RK4. Шаги h=0,1;0,05;0,025 с. Таблица ошибок по аналитическому решению обязательна. Объясните, почему полиномиальный тест не подтверждает общий четвёртый порядок RK4. Дополнительно найдите время достижения y=0 по аналитической модели и сопоставьте с обнаружением события численным решателем.

B10. Движение с сопротивлением среды

m=1 кг; v0=20 м/с, угол 45° к горизонтали; x0=y0=0. Сила сопротивления $F_c=-bv$, b=0,2 кг/с. Получите уравнения в проекциях, траекторию, дальность, максимальную высоту и время полёта до нисходящего пересечения y=0 после старта. Сравните с b=0 и аналитической моделью линейного сопротивления. Начальный нуль высоты не принимать за приземление; направление события отрицательное.

B11. Вращение вокруг неподвижной оси

J=0,5 кг·м²; движущий момент M=2 Н·м; момент сопротивления $-c\omega$, c=0,1 Н·м·с; $\varphi_0=\omega_0=0$; $0\le t\le 10$ с. Найдите φ, ω, работу движущего момента и потери на сопротивление. Проверьте $J\omega^2/2=M\varphi-\int c\omega^2 dt$ и аналитическую угловую скорость.

B12. Свободные колебания

m=2 кг, k=200 Н/м, x0=0,02 м, v0=0; c=0;10;40;60 Н·с/м. На [0;5] с постройте x(t), v(t), фазовые траектории и механическую энергию. Определите режимы, критическое сопротивление и проверьте энергию: при c=0 постоянна, при c>0 не возрастает.

B13. Вынужденные колебания

m=2 кг, k=200 Н/м, c=10 Н·с/м, $F=5\sin(\Omega t)$ Н; x0=v0=0. Ω=2…18 рад/с. Получите амплитудно-частотную характеристику серией интегрирований; задайте и обоснуйте продолжительность каждого расчёта и выделение установившегося участка. Сопоставьте амплитуды с аналитической моделью. Для исследования в СРС повторите при c=20 Н·с/м.

B14. Нелинейный маятник

Длина l=1 м; начальные углы 5°,30°,60°; начальная угловая скорость 0; сопротивления нет. Получите нелинейное решение без замены $\sin\theta$ на θ, определите периоды по последовательным событиям одинаковой фазы, сравните с линейной моделью. Рассчитайте не менее трёх полных периодов. Для энергетической проверки примите массу 1 кг; масса не влияет на движение этой модели.

B15. Уравнение Лагранжа для катящегося тела

Однородный сплошной цилиндр: m=2 кг, R=0,1 м, α=20°, μ=0,3; старт из состояния покоя. Сопротивления качению нет. Выберите координату пути центра масс s вниз по плоскости, получите уравнение Лагранжа с учётом качения без проскальзывания. Решите на [0;1] с, проверьте энергию, достаточность трения и сопоставьте с уравнениями поступательного/вращательного движения. В СРС сравните с тонкостенным цилиндром $J=mR^2$ при тех же m,R,α,μ.

B16. Проверка и чувствительность

Используйте модель B11. Выполните расчёт с парами $(rtol,atol)=(10^{-4},10^{-7}),(10^{-6},10^{-9}),(10^{-8},10^{-11})$, абсолютные допуски в СИ. На общей сетке 1001 точки [0;10] с сравните ω и φ с эталоном, укажите ω(10), максимальные ошибки и число вычислений правой части. Отдельно измените J на ±10 %, сохранив прочие данные. Разделите численную сходимость и физическую чувствительность.

B17. Комплексное вычислительное исследование

Выберите один фиксированный вариант C0 из таблицы ниже, основанный на B8,B10,B11,B13 или B15. Обоснуйте модель, выполните расчёт минимум для трёх значений параметра, две независимые проверки, графики и вывод. Сдайте воспроизводимый файл и отчёт. На защите измените один исходный параметр и объясните результат. Выполните C2 и C3. Это текущая работа, максимум 2 балла; зачёт она не заменяет.

Блок C. Владение методами и опытом деятельности

C0. Варианты расчётно-графического исследования ПР17

Вариант	Модель; серия параметров	Две проверки и результат
C0.1	B8: l=0,20;0,25;0,30 м	Крайние положения и независимые производные; таблицы ускорений и графики.
C0.2	B10: b=0;0,1;0,2 кг/с	Аналитический эталон и событие/сгущение допусков; время, дальность, высота.
C0.3	B11: J=0,45;0,50;0,55 кг·м²	Аналитическое решение и энергетический баланс; ω(10), φ(10), потери.
C0.4	B13: c=5;10;20 Н·с/м	Аналитическая АЧХ и независимое выделение установившегося участка; максимум и графики.
C0.5	B15: J/(mR²)=0,5;0,75;1	Энергия и Ньютон–Эйлер с проверкой трения; s(1), v(1), μmin. Для каждой инерции остальные данные B15.

C1. Безопасность рабочего места

Перед запуском расчёта обнаружены повреждённая изоляция провода питания компьютера, нагрев разъёма и жидкость рядом с оборудованием. Предложите порядок действий в рамках собственной компетенции, объясните причину прекращения работы. По карточке ситуации безопасно покажите последовательность уведомления и выбор места ожидания. Электрооборудование не трогать; всё демонстрируется словами и на карточке. На ПР1 отвести до 5 минут, входит в 0–2 балла ПР1.

C2. Ограничения расчётного заключения

Учебная модель не учитывает трение и ударные нагрузки. По её графику предлагается увеличить рабочую скорость реального механизма и объявить это безопасным и экологически допустимым. Укажите допустимые выводы, недостающие данные и необходимые

направления проверки. Дайте не менее двух существенных ограничений. До 5 минут в подготовке и защите ПР17, без дополнительных баллов.

С3. Защита и самозащита: учебная ситуация

Авторское задание по результатам ОПК-10. На карточке рабочего места указаны: проход к выходу свободен, рядом обозначен резервный путь; есть огнетушитель, шкаф средств защиты и место сбора. После сильных толчков замечены повреждения крепления стеллажа и запах неизвестного вещества у оборудования. Обучающийся находится вне опасной зоны; реальных действий с веществом и оборудованием нет. По выданной преподавателем локальной инструкции: распознайте опасности, выберите безопасное направление, укажите порядок оповещения и место сбора; объясните, кто определяет применение средств защиты и допуск обратно. Разделите коллективную защиту, индивидуальную защиту и самозащиту. Назовите недостающие сведения об экологическом воздействии. До 5 минут в СРС и учебном проигрывании ПР17; при зачётной защите — один уточняющий вопрос. При отсутствии локальной инструкции оценивается только обоснованный выбор обращения к ответственному лицу, а не знание невыданного маршрута.

С4. Проектирование воспроизводимого расчёта

Авторская конкретизация ОПК-4, внутри ПР16–ПР17. Представьте схему «параметры — вычислительный модуль — проверки — визуализация — сохранение». Сравните выполнение серии на локальном компьютере и на удалённом узле: входные/выходные данные, клиент, сервер, передача, версии и права доступа, контроль целостности. Выберите последовательную или распределённую обработку независимых вариантов, объясните затраты обмена. Назовите компоненты системного и прикладного ПО и этапы разработки. Реальное подключение к сети не требуется. Сдать схему и пояснение до 1 страницы, учесть в общей рубрике ПР; на зачёте — уточнение по организации собственного файла.

С5. Поиск и исправление ошибок

В расчёте B10 записаны +bv вместо сопротивления, sin(45) без перевода градусов в радианы, а y0 и vy0 переставлены в векторе состояния (x,y,vx,vy). Найдите и исправьте каждую ошибку, продемонстрируйте по одному тесту. Отдельно проверьте ввод скорости 20 как 20 мм/с вместо заданных м/с. Выполняется при защите ПР10, баллы входят в ПР10.

С6. Письменные рубежные работы К1–К2

К1 и К2 — по 40 календарных минут, максимум 8 баллов. Каждый выполняет обе задачи К1 и полностью К2. Допускаются конспект, официальная справка установленной среды и ранее проверенный каркас интегрирования; обмен файлами и готовые решения запрещены. Сдать письменные формулы, значения и вывод, а также индивидуальный расчётный файл с графиками. Допуск безусловный по п. 3.3 Положения.

К1. Статика и кинематика

А. Балка L=4 м с шарниром A слева и вертикальной подвижной опорой B справа; сила P=3 кН вниз на a=1 м от A; q=0,5 кН/м вниз по всей длине, горизонтальных сил нет. Найдите реакции и проверьте суммы сил и моментов. Б. Точка: $x=0{,}1t^2$ м, $y=0{,}2t^3$ м. Найдите проекции и модули скорости и ускорения при t=2 с; постройте траекторию и графики модулей на [0;2] с.

К2. Динамика и колебания

Система $mx''+cx'+kx=0$: m=1 кг, k=100 Н/м, c=2 Н·с/м; x0=0,01 м, v0=0. На [0;5] с получите x,v,энергию, определите режим. Сравните с аналитическим решением и повторите при более строгих допусках: (rtol,atol)=(10^{-5},10^{-8}) и (10^{-8},10^{-11}) в СИ. Сравнение в общей сетке 1001 точки, ошибки по x и v отдельно; проверьте баланс энергии.

Блок D. Зачёт

Билет включает два вопроса D1 из разных тематических групп, один вариант И и защиту. До 60 минут подготовки и расчёта — в предусмотренной СРС; защита в пределах учтённой контактной работы — по согласованному регламенту (предложение: до 4,5 минуты на обучающегося). Разрешены официальная справка среды, собственные ранее проверенные функции, исходные данные; готовые ответы и обмен файлами запрещены. Сдать файл, письменные пояснения, графики и две проверки. На защите объяснить код, спрогнозировать и выполнить изменение параметра, обозначить ограничения, ответить на уточнение С3/С4. Вопросы по безопасности и ИТ оцениваются в пределах той же защиты, без новых баллов.

D1.1 Выбор идеализации, координат, связей и исходных данных для механической модели.

D1.2 Построение компьютерного алгоритма и организация воспроизводимого расчёта.

D1.3 Уравнения равновесия плоской системы сил и определение реакций.

D1.4 Распределённая нагрузка, её равнодействующая и проверка статического решения.

D1.5 Трение покоя и границы применимости модели предельного равновесия.

D1.6 Определение скорости и ускорения по координатному закону движения.

D1.7 Разностные производные, шаг сетки и влияние ошибок исходных данных.

D1.8 Кинематические соотношения для точек плоско движущегося твёрдого тела.

D1.9 Геометрические связи в кинематическом расчёте механизма.

D1.10 Система первого порядка и начальные условия для уравнений движения.

D1.11 Методы Эйлера и Рунге — Кутты и исследование сходимости.

D1.12 Абсолютный и относительный допуски; шаг интегрирования и сетка вывода.

D1.13 Моделирование сопротивления среды и условия обнаружения события.

D1.14 Динамика вращения вокруг неподвижной оси и проверка по работе и энергии.

D1.15 Свободные колебания и классификация режимов демпфирования.

D1.16 Вынужденные колебания, переходный процесс и резонансная зависимость.

D1.17 Нелинейный маятник и пределы приближения малых колебаний.

D1.18 Выбор обобщённой координаты и уравнение Лагранжа при качении.

D1.19 Невязка, энергетическая проверка и независимое тестирование модели.

D1.20 Чувствительность к параметрам, ограничения модели и обоснование выводов.

И1. Реакции балки при перемещении силы

Шарнирно опёртая балка $L = 4$ м; $q = 0{,}5$ кН/м по всей длине; $P = 3$ кН вниз. Координата силы a изменяется от 0,5 до 3,5 м. Горизонтальная нагрузка отсутствует. 1. Получить формулы вертикальных реакций в зависимости от a и выполнить серию не менее чем из 7 расчётов. 2. Построить $R_A(a)$, $R_B(a)$; проверить размерности и равновесие при $a = 0{,}5$; 2; 3,5 м. 3. Повторить серию при $P = 3{,}3$ кН и объяснить изменение. Указать, какие данные о прочности балки модель не определяет.

И2. Кинематика механизма

Центральный кривошипно-ползунный механизм: $r = 0{,}04$ м, $l = 0{,}16$ м, $\omega = 15$ рад/с; ползун справа от оси, $\varphi = \omega t$. Использовать положительную ветвь корня в геометрической связи. 1. Определить координату, скорость и ускорение ползуна за оборот. 2. Проверить крайние положения и значения при $\varphi = 0$ и π; подтвердить производные независимым способом. 3. Повторить расчёт при $l = 0{,}24$ м; сравнить ускорения в крайних положениях и объяснить результат.

И3. Полёт с линейным сопротивлением

m = 0,5 кг, x0 = 0, y0 = 2 м, v0 = 15 м/с, угол 40°; b = 0,05 кг/с. Сопротивление Fc = −bv. Поверхность приземления y = 0. 1. Получить систему движения и определить траекторию, время приземления и дальность. 2. Сравнить с аналитическим решением линейной модели и повторить расчёт при более строгих допусках. 3. Повторить при b = 0,15 кг/с, сравнить дальность и объяснить причины изменения.

И4. Вынужденные колебания

m = 1 кг, k = 100 Н/м; F = 2 sin Ωt Н; x0 = v0 = 0. Исследовать c = 1 и 4 Н·с/м при Ω от 2 до 18 рад/с. 1. По численному решению построить две амплитудно-частотные зависимости. Вблизи максимума уточнить частотную сетку. 2. Обосновать исключение переходного процесса, сравнить амплитуды с аналитической формулой. 3. Определить приближённую частоту максимума и амплитуду; объяснить влияние демпфирования.

И5. Качение цилиндра

Однородный сплошной цилиндр: m = 2 кг, R = 0,1 м, α = 20°, μ = 0,3. Начальное состояние покоя. Сопротивлением качению пренебречь. Интервал 0–1 с. 1. Выбрать обобщённую координату s вдоль плоскости и вывести уравнение Лагранжа. 2. Рассчитать путь и скорость при t = 1 с; проверить баланс энергии и сравнить с уравнениями Ньютона и Эйлера. 3. Найти необходимую силу трения и проверить достаточность μ. Указать, почему при недостаточном трении исходное уравнение неприменимо.

И6. Разгон вращающегося тела

J = 0,5 кг·м², M = 2 Н·м, c = 0,1 Н·м·с; момент сопротивления −cω. Начальные угол и угловая скорость равны нулю, 0 ≤ t ≤ 10 с. 1. Рассчитать φ(t), ω(t), угловое ускорение и значения при t = 10 с. 2. Сопоставить с аналитическим решением; проверить равенство работы движущего момента сумме прироста кинетической энергии и потерь. 3. Повторить расчёт при J = 0,55 кг·м²; сравнить ω(10) и установившуюся скорость.

Уточнения условий: во всех балках левая опора — неподвижный шарнир, правая — подвижный с вертикальной реакцией. Для И3 дополнительно сравнить максимальную высоту при обоих b и баллистический предел b=0. Для И4 начальная сетка Ω=2…18 с шагом 0,5 рад/с, около максимума уточнить шаг до 0,01; общий интервал времени и установившийся участок обосновать. Для адаптивных расчётов применять пары допусков (10^{-5},10^{-8}) и (10^{-8},10^{-11}) в СИ, сравнивать на общей сетке не менее 1001 точки. Для И3 верхняя граница времени 10 с с завершением по событию, для остальных — интервал условия. Если эталонная величина близка к нулю, использовать абсолютную ошибку. Эти уточнения — авторская конкретизация РПД.

D2. Комплект зачётных билетов

Билет	Вопросы D1	Вариант
1	1 и 11	И1
2	2 и 12	И2
3	3 и 13	И3
4	4 и 14	И4
5	5 и 15	И5
6	6 и 16	И6
7	7 и 17	И1

Билет	Вопросы D1	Вариант
8	8 и 18	И2
9	9 и 19	И3
10	10 и 20	И4
11	11 и 1	И5
12	12 и 2	И6
13	13 и 3	И1
14	14 и 4	И2
15	15 и 5	И3
16	16 и 6	И4
17	17 и 7	И5
18	18 и 8	И6
19	19 и 9	И1
20	20 и 10	И2

4. Процедуры и критерии

Средство	Критерии и начисление
ПР1–ПР17, каждая 0–2	0–0,5: модель, данные и метод; 0–0,5: работающий файл и результаты; 0–0,5: проверка; 0–0,5: объяснение/вывод. Каждый элемент: 0 отсутствует/неверен, 0,25 частично, 0,5 полностью. С1–С5 входят в соответствующий элемент ПР, отдельно не суммируются.
Тест, 0–10	По 1 за верный ответ, 0 за неверный, пропуск или несколько отметок.
К1, 0–8	Схема и равновесие 0–2; реакции и независимая проверка 0–2; производные и значения кинематики 0–2; воспроизводимый файл, графики с единицами и вывод 0–2.
К2, 0–8	Система и начальные условия 0–2; решение и режим 0–2; эталон и точность 0–2; энергия, графики и вывод 0–2. По каждому критерию К: 2 полностью, 1 частично с верной логикой, 0 отсутствует/принципиально неверно.
D1, два вопроса по 0–5	5: верные законы, зависимости, применимость, ограничения, проверка и пример; 4: небольшая неточность; 3: основа верна, проверка/условия частичны; 2: фрагментарно; 1: термины без связей; 0: нет ответа или основа неверна.
И, 0–25	Модель: схема/координаты/силы/связи 0–3, ограничения/единицы 0–2. Постановка: уравнения 0–3, начальные условия/статика 0–2. Вычисление: файл 0–3, метод/настройки/серия 0–2. Проверки: две по 0–3. Исследование: параметры 0–2, графики и механическое объяснение 0–2.
Защита И, 0–5	Связь кода и уравнений (включая С4) 0–2; прогноз и повторный расчёт 0–2; ограничения и безопасность (С2,С3) 0–1. Необъяснённое происхождение результата даёт 0 за защиту, файл оценивается по отдельной рубрике.

Элементы И оцениваются целым числом 0…максимум: максимум — полностью верно; промежуточный балл — доля правильно выполненных действий с обоснованием; 0 — от-

сутствует/неверно. Половина максимума соответствует частичному содержательному выполнению (при нечётном максимуме допустимы соседние целые в зависимости от полноты). Повтор того же вычисления с другим оформлением не считается независимой проверкой. Одну ошибку не штрафуют повторно: оценивают её самостоятельные последствия. Частичный правильный вывод сохраняет баллы при арифметической ошибке.

Опрос до 5 минут; обычная защита ПР до 4 минут в пределах занятия; С1/С3 — безопасная имитация по карточке, реальное опасное оборудование не используется. Отчёт ПР 2–5 страниц с исходным файлом, для ПР17 — до 8 страниц и материал С4. Среда: MATLAB/Simulink, GNU Octave или Scilab/Xcos согласно РПД; свободный выбор эквивалентной среды согласуется по доступности функций, математические критерии одинаковы. В заданиях на Эйлера нельзя подменить реализацию вызовом встроенного решателя; его можно использовать для проверки. Заимствованный RK4-каркас студент должен объяснить.

R — сумма ПР (0–34), Т (0–10), К1+К2 (0–16), D (0–40), максимум 100. Промежуточные суммы не округлять; итог округлить один раз до целого, 0,5 вверх. Шкала Положения: 85–100 отлично; 70–84 хорошо; 60–69 удовлетворительно; менее 60 неудовлетворительно. При установленной форме зачёта: 60–100 — зачтено, 0–59 — не зачтено. Дополнительные пороги из примерного ФОС РПД (по каждой ПР, 36/60, 24/40 и 15/25) не применяются без утверждённого основания.

Качественные уровни: высокий — обоснованный самостоятельный выбор и независимые проверки с интерпретацией; достаточный — правильное решение с отдельными неточностями; пороговый — типовой расчёт с ограниченным анализом; ниже порогового — неверная модель/алгоритм, отсутствие объяснения. Оценка освоения предметной части компетенций опирается на наблюдаемые действия, а не только итоговую сумму.

Исправления и повторные защиты проводятся по локальному порядку; последняя подтверждённая оценка заменяет прежнюю, попытки не суммируются. Посещаемость не ограничивает допуск к РК. При техническом сбое работа продолжается на исправном месте или переносится без штрафа за сам сбой. Специальные условия доступности обеспечиваются по установленным условиям обучения при сохранении содержания контроля.

5. Методические указания обучающимся

До занятия выберите идеализацию, нарисуйте освобождённое от связей тело, подпишите силы, координаты и единицы. Отдельно запишите неизвестные и начальные условия. Проверьте градусы/радианы, знак сопротивления, порядок компонент состояния. Сохраните параметры в одном месте файла, отделите ввод, алгоритм, проверки и графики. Для повторения расчёта нужны среда/версия, входные данные, имя основного файла и порядок запуска.

СРС по РПД	**Продукт и содержание**
1.5; 7,9 ч	ПР1–ПР4: схема и таблица данных; изменение углов тросов и положения нагрузки; αкр(μ); С1 и вопросы ИТ/безопасности.
2.14; 30 ч: из них 8	ПР5–ПР8: графики и аналитические производные; таблицы ошибок на трёх сетках; векторные схемы; две длины шатуна; К1.
Из тех же 30 ч: 6	ПР9–ПР11: Эйлер/RK4, событие полёта, изменение сопротивления и инерции; энергетическая проверка.
Из тех же 30 ч: 10	ПР12–ПР15: режимы демпфирования, две АЧХ, период маятника, разные моменты инерции катящегося тела; К2.
Из тех же 30 ч: 6	ПР16–ПР17: протокол проверок/чувствительности, воспроизводимый проект, С2–С4, тест и подготовка к зачёту (до 60 минут с билетом).

Во всех работах объясняйте результаты проверок: размерности и начальные условия, невязки, эталон или предельный случай, баланс энергии и сходимость. Сравнивайте решения в общие моменты времени. Ускорение из шумных координат требует осторожности; отсутствие ошибки на полиномиальном тесте не доказывает порядок метода. Для события проверяйте направление; для вынужденных колебаний — затухание переходного процесса; для качения — достаточность трения.

В отчёте укажите исходное условие, допущения, формулы, метод, таблицы/графики с единицами, две проверки для комплексного задания и выводы. В выводах отделяйте численную ошибку от изменения параметров и границ модели. Чистый повторный запуск обязателен для демонстрации воспроизводимости; снимок экрана не заменяет файл. Перед защитой восстановите связь каждой функции с уравнениями и подготовьте прогноз при изменении параметра.

Источники и решения при согласовании

Основа: РПД «Вычислительный практикум по теоретической механике», КРСУ, 2026, разделы 3–5,8; приложенные Положение о ФОС и макет. ПР, тест, КР, вопросы и И1–И6 перенесены из РПД с конкретизацией процедуры; С3,С4, уточнения сеток и эталоны разработаны для настоящего комплекта. Литература РПД: Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: БИНОМ, 2015; Поляков Н.Н., Зегжда С.А., Юшков М.П. Теоретическая механика. М.: Высшая школа, 2000. Заимствование задач из этих изданий не заявляется.

Форма «зачёт» установлена по титулу РПД; внутренние фразы «форма не указана» не перенесены. Шкала и дополнительные пороги примерного ФОС заменены правилами Положения. Схема 60/40, детализация рубрик и размещение зачётной подготовки в СРС предложены для согласования. Полный индивидуальный шифр дисциплины в источнике отсутствует.