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 «Детали машин и основы конструирования»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

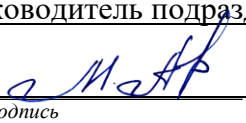
Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг», по программе бакалавриата КРСУ в соответствии с ФГОС 3++ по дисциплине «Детали машин и основы конструирования».

Фонд оценочных средств рассмотрен и утвержден на заседании

Высшей школы Природопользования, мехатроники и транспорта

протокол № 1 от «2 » сентября 2026 г.

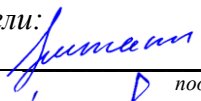
Руководитель подразделения



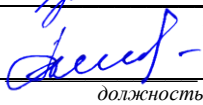
Алсеитов Мирлан Тилегенович

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.
Цикл и семестры	Б1.В.1.ДВ.05. 4-й семестр, 2-й курс, 18 недель. 5-й семестр, 3-й курс, 17 2/6 недели. Общая трудоёмкость 252 ч, 7 ЗЕТ.
Аттестация	Зачёт в 4-м семестре, экзамен и курсовая работа в 5-м семестре.
Исполнители	к.ф.-м.н. Герман Константин Анатольевич и к.т.н. Джаманкулов Азамат Кенешбекович.
Основание	РПД от 03.09.2026. Учебный план от 26.06.2026, протокол № 11. РПД одобрена 02.09.2026, протокол № 1.

1 Перечень компетенций и этапы их формирования

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

Результат РПД	Наблюдаемые действия	Средства и этапы
3.1.1 Знать	Основные принципы и методы теории механизмов и машин и основы конструирования. Применяет законы естественнонаучных дисциплин.	4-й семестр: В1–В18, Т1–Т11, ПР4.1–ПР4.8, зачёт. 5-й: В19–В34, Т12–Т20, экзамен.
3.2.1 Уметь	Собирает, обрабатывает, анализирует и систематизирует научно-техническую информацию, обосновывает применение источников.	4-й: ЛР1–ЛР9 и СРС. 5-й: подбор по каталогу, анализ вариантов и курсовая работа.
3.3.1 Владеть	Выполняет инженерные расчёты и оформляет проектную и конструкторскую документацию по ЕСКД в предусмотренных РПД расчётных и CAD-средах.	4-й: З1–З5, практические и лабораторные. 5-й: З6–З15, ПР5.1–ПР5.13, курсовая работа и защита.

В 4-м семестре проверяются структура, кинематика и динамика механизмов, основы прочности передач и измерения на моделях. В 5-м оцениваются выбор элементов привода, расчёт деталей и согласованность расчётной и конструкторской документации.

2 Технологическая карта дисциплины

Вид работы	4-й	5-й	Всего
Лекции	18	16	34
Практические	18	34	52
Лабораторные	18	—	18
Аудиторные	54	50	104
Иная контактная работа в период обучения	—	2	2
Контактная работа в сессию	—	0,3	0,3
Контактная работа всего	54	52,3	106,3
СРС	54	60	114
Контроль	—	31,7	31,7
Итого	108	144	252

Интерактивные часы входят в практические занятия. В 4-м семестре это 2 ч в теме 1.4, в 5-м — 2 ч в теме 2.13.

Семестр и раздел	Лекции	ПР	ЛР	СРС
4-й. Механизмы и динамика	10	12	—	36
4-й. Работоспособность и зубчатые передачи	8	6	—	18
4-й. Лабораторный практикум	—	—	18	—
5-й. Передачи	4	14	—	—

Семестр и раздел	Лекции	ПР	ЛР	СРС
5-й. Валы, опоры и соединения	10	18	—	18
5-й. Посадки, CAD и курсовая работа	2	2	—	42

Вид контроля	4-й семестр	5-й семестр
Текущий контроль	Опрос до 5 за ответ. Задачи и отчёты ЛР до 10 за работу.	Опрос до 5 за ответ. Задачи до 10 за работу.
Письменный рубежный тест, предложение	Т1–Т11, до 11 после завершения лекций 4-го семестра.	Т12–Т20, до 9 после завершения лекций 5-го семестра.
Промежуточная аттестация	Зачёт, отдельная шкала 0–20.	Экзамен, отдельная шкала 0–30.
Курсовая работа	—	Отдельная оценка и защита, шкала 0–100.

Работы оценивают после соответствующих тем, лабораторные — после сдачи и защиты отчёта. Зачёт, экзамен и защиту проводят по расписанию. РПД задаёт раздельные шкалы, общей суммы из текущих и аттестационных баллов в ней нет. Деление банка теста на два письменных рубежных комплекта предлагается для согласования.

3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы

Блок А Проверка знаний

В1. Почему формальный подсчёт пар может дать неверную подвижность?

В2. Покажите порядок выделения групп Ассура на выбранной схеме.

В3. Как выбрать ветвь решения уравнений замыкания?

В4. Как различаются нормальная и касательная составляющие ускорения?

В5. Какие условия нужны для вращения кривошипа четырёхзвенника?

В6. Как ход ползуна и угол передачи ограничивают выбор длин звеньев?

В7. Как силы инерции включают в кинетостатический расчёт?

В8. Как проверить реакции и входной момент по балансу мощности?

В9. На каком основании приводят массы и силы к входному звену?

В10. Как по диаграмме избыточной работы определить инерцию маховика?

В11. Как отличить проектировочный расчёт от проверочного?

В12. Почему достаточная статическая прочность не гарантирует ресурс детали?

В13. Как связаны модуль, число зубьев и межосевое расстояние?

В14. Откуда возникает осевая сила в косозубой передаче?

В15. Почему нужны отдельные проверки зубьев по контакту и изгибу?

В16. Как твёрдость и неравномерность нагрузки влияют на выбор размеров?

В17. Когда целесообразен конический, а когда червячный редуктор?

В18. Почему самоторможение и высокий КПД червячной передачи обычно несовместимы?

В19. Как различаются механизмы передачи нагрузки клиновым и зубчатым ремнями?

В20. Как натяжение ремня и сила прижатия роликов нагружают опоры?

В21. Что вызывает полигональный эффект цепной передачи?

В22. Как метод обращения движения используется для планетарного механизма и чем волновая передача отличается от него?

В23. Как построить эпюры моментов вала в двух плоскостях?

В24. Какие конструктивные элементы вала наиболее опасны при усталости?

В25. Что физически означает ресурс L10?

В26. Как выбирают фиксирующую и плавающую опоры?

В27. Почему проверка pv не заменяет гидродинамический расчёт?

В28. Как смазка и уплотнения определяют работоспособность подшипникового узла?

В29. Как предварительная затяжка влияет на раскрытие резьбового стыка?

В30. Как выбрать между шпонкой, шлицами, натягом и сваркой?

В31. По каким параметрам выбирают компенсирующую муфту?

В32. Как связаны геометрия винтовой пружины, её жёсткость и напряжения?

В33. Как характер нагружения кольца подшипника влияет на выбор посадки?

В34. Какие ошибки согласования расчёта и CAD-сборки нужно выявить до выпуска чертежей?

Письменные тестовые задания

У каждого задания один правильный ответ. Верный одиночный выбор даёт 1 балл, неверный, пустой или множественный — 0. Предлагаемое время по комплектам — 15 и 12 минут соответственно. При использовании полного банка для диагностики время по РПД — 25 минут.

Комплект для 4-го семестра

Т1. Для плоского механизма без особых связей подвижность определяется выражением:

А) $3n - 2p5 - p4$. Б) $2n - 3p5$. В) $n + p5$. Г) $p5 - n$.

Т2. Группа Ассура имеет при присоединении к стойке подвижность:

А) один. Б) ноль. В) два. Г) равную числу звеньев.

Т3. Нормальное ускорение точки вращающегося звена равно:

А) εr. Б) ωr. В) $\omega^2 r$. Г) ω / r.

Т4. Кинематический анализ определяет движение без обязательного задания:

А) геометрии. Б) входного движения. В) положения звеньев. Г) действующих сил.

Т5. Момент сил инерции при плоском вращении относительно центра масс направлен:

А) по угловому ускорению. Б) против углового ускорения. В) по скорости центра масс. Г) всегда по часовой стрелке.

Т6. При определении приведённой массы сохраняют:

А) кинетическую энергию. Б) форму детали. В) объём корпуса. Г) число опор.

Т7. Усталостное повреждение связано прежде всего с:

А) только постоянной температурой. Б) только габаритом. В) повторением циклов напряжений. Г) нулевым моментом.

Т8. Делительный диаметр прямозубого колеса без уточнений о смещении равен:

А) z/m. Б) m/z. В) $m + z$. Г) mz.

Т9. Окружная сила на колесе при моменте T и диаметре d равна:

А) T/d. Б) $2T/d$. В) Td. Г) $T/(2d)$.

Т10. Характерный критерий против усталостного выкрашивания зубьев — ограничение:

А) контактных напряжений. Б) массы корпуса. В) длины вала. Г) числа винтов крышки.

Т11. Передаточное отношение червячной пары равно:

А) числу зубьев колеса, делённому на число заходов червяка. Б) отношению наружных диаметров. В) числу заходов, умноженному на КПД. Г) всегда единице.

Комплект для 5-го семестра

Т12. При данной мощности потери в редукторе возрастают при:

А) росте КПД. Б) падении КПД. В) падении момента при неизменной мощности и КПД. Г) неизменном КПД.

Т13. Зубчатый ремень передаёт основное рабочее усилие:

А) только вязкостью масла. Б) сваркой со шкивом. В) зацеплением зубьев. Г) магнитным полем.

Т14. Полигональный эффект цепного привода связан с:

А) постоянным передаточным отношением без пульсаций. Б) заменой цепи ремнём. В) нулевым шагом цепи. Г) дискретным охватом звёздочки звеньями.

Т15. Вал отличается от оси тем, что по назначению:

А) обязательно неподвижен. Б) передаёт крутящий момент. В) не имеет опор. Г) не воспринимает изгиб.

Т16. В формуле L10 = (C/P)^p для шариковых подшипников p равно:

А) 3. Б) 1. В) 2. Г) 10.

Т17. Базовый ресурс L10 соответствует надёжности:

А) 100%. Б) 50%. В) 90%. Г) 10%.

Т18. Плавающая опора нужна прежде всего для:

А) создания жёсткого осевого защемления с двух сторон. Б) устранения всех радиальных реакций. В) увеличения трения. Г) допуска осевого перемещения при температурном удлинении.

Т19. При внешней осевой силе до раскрытия затянутого стыка сила в болте:

А) всегда равна внешней силе. Б) увеличивается на долю внешней силы. В) всегда равна нулю. Г) не зависит от затяжки и жёсткостей.

Т20. Сходимость конечно-элементного решения проверяют:

А) измельчением сетки и сравнением выбранных величин. Б) только изменением цвета карты. В) увеличением масштаба деформации. Г) удалением единиц измерения.

Блок В Проверка умений

Выполните схему, запишите единицы, формулы и вычисления, затем проверьте результат. З1–З4 и З5 используются в 4-м семестре. З5–З15 также служат банком для 5-го семестра.

З1 Подвижность механизма

Плоский кривошипно-ползунный механизм включает стойку, кривошип, шатун и ползун. Имеются три вращательные и одна поступательная пары. Все пары одноподвижные, избыточных связей и местных подвижностей нет. Найдите подвижность и объясните число необходимых ведущих звеньев.

З2 Кинематика кривошипно-ползунного механизма

Центральный механизм: радиус кривошипа r = 0,05 м, длина шатуна l = 0,20 м. Угол кривошипа φ = 90° отсчитывается против часовой стрелки от положительного направления оси движения ползуна. Угловая скорость ω = 20 рад/с постоянна. Ползун расположен справа от оси кривошипа. По зависимости $x = r\cos\varphi + \sqrt{(l^2 - r^2\sin^2\varphi)}$ найдите x и скорость ползуна.

33 Кинетостатика кривошипа

Кривошип радиусом 0,10 м имеет относительно оси вращения момент инерции J = 0,020 кг·м² и угловое ускорение ε = 100 рад/с². В рассматриваемый момент на конец кривошипа действует касательная сила сопротивления 150 Н. Другие моменты отсутствуют. Найдите движущий момент, используя уравнение моментов относительно оси.

34 Маховик агрегата

За установившийся цикл максимальная разность значений накопленной избыточной работы равна ΔE = 120 Дж. Средняя угловая скорость ωср = 50 рад/с, допускаемый коэффициент неравномерности δ = 0,04. Приведённый момент инерции остальных звеньев постоянен и равен 0,20 кг·м². Найдите требуемые суммарный момент инерции и момент инерции маховика; принять приближение малой неравномерности.

35 Цилиндрическая прямозубая передача

Прямозубая внешняя передача без смещения: m = 3 мм, z1 = 20, z2 = 60, α = 20°. На шестерне T1 = 100 Н·м, n1 = 900 об/мин. Потерями пренебречь. Найдите u, d1, d2, a, n2, T2 и силы Ft, Fr на шестерне.

36 Тепловой баланс червячного редуктора

На вход редуктора поступает P1 = 3,0 кВт, КПД η = 0,75. Теплоотдающая площадь A = 1,2 м², коэффициент теплоотдачи k = 15 Вт/(м²·К). Температура воздуха 25 °C, допускаемая температура масла 80 °C. Используйте стационарную сосредоточенную модель Рпот = kA(θ − θвозд). Найдите выходную мощность, потери и температуру; сделайте вывод.

37 Ременная передача и натяжения ветвей

Плоскоременная передача передаёт P = 4 кВт при скорости ремня v = 10 м/с. Для учебной модели предельное отношение натяжений T1/T2 = e^(μα) = 3. Центробежным натяжением и потерями пренебречь. Угол между направлениями сил натяжения на шкиве принять нулевым. Найдите T1, T2 и результирующую нагрузку на вал.

38 Кинематика планетарной передачи

Простая планетарная передача имеет солнечное колесо zc = 20 и неподвижное внутреннее колесо zк = 60. Ведущее солнце вращается nc = 1200 об/мин. Найдите частоту и направление вращения водила. Используйте (nc − nв)/(nк − nв) = −zк/zc.

39 Статическая прочность круглого вала

В опасном сечении сплошного круглого вала действуют результирующий изгибающий момент M = 200 Н·м и крутящий момент T = 150 Н·м. Допускаемое эквивалентное напряжение [σ] = 100 МПа. Концентрацию напряжений не учитывать. Используйте σэкв = √(σ² + 3τ²), σ = 32M/(πd³), τ = 16T/(πd³). Найдите минимальный диаметр и проверьте d = 30 мм.

310 Базовая долговечность подшипника

Для радиального шарикового подшипника заданы C = 20 кН, эквивалентная постоянная динамическая нагрузка P = 2 кН, n = 1000 об/мин. Используйте L10 = (C/P)^3 в миллионах оборотов, L10h = 10^6 L10/(60n). Требуется 12000 часов. Найдите ресурс и объясните уровень надёжности результата.

311 Подшипник скольжения

Радиальная нагрузка F = 3000 Н, диаметр шейки d = 40 мм, длина вкладыша l = 40 мм, n = 600 об/мин. Для условной учебной пары заданы [p] = 3 МПа и [pv] = 2,5 МПа·м/с. Найдите p, v и pv; оцените выполнение обеих проверок.

З12 Шпоночное соединение

Момент T = 120 Н·м передаётся валом диаметром d = 40 мм через шпонку шириной b = 12 мм. Рабочая высота контакта шпонки со ступицей hраб = 4 мм, эффективная длина lраб = 30 мм. Допускаемые напряжения [τ] = 60 МПа, [σсм] = 120 МПа. Найдите касательную силу, напряжения среза и смятия.

З13 Затяжка и раскрытие стыка

В предварительно затянутом соединении начальная сила затяжки F0 = 10 кН, внешняя осевая растягивающая сила FA = 12 кН. Доля внешней силы, дополнительно нагружающая болт, χ = 0,25. Принять линейную модель без раскрытия до исчерпания сжатия. Определите усилие в болте, остаточную силу сжатия стыка и предельную внешнюю силу начала раскрытия.

З14 Муфта и пружина

Номинальный момент привода T = 80 Н·м, коэффициент режима K = 1,5. Для двух учебных муфт заданы допускаемые моменты 100 и 160 Н·м; обе подходят по диаметрам, скорости и смещениям. Выберите муфту. Отдельно для винтовой пружины G = 80000 Н/мм², dп = 4 мм, D = 32 мм, число рабочих витков N = 8 найдите жёсткость c = Gdп^4/(8D³N) и деформацию от F = 100 Н.

З15 Посадка и осевая размерная цепь

Условное отверстие имеет предельные размеры 40,000 и 40,025 мм, вал — 39,975 и 39,991 мм. Найдите минимальный и максимальный зазоры. Отдельно корпусная длина A = 100,00 ± 0,10 мм, суммарная длина устанавливаемого пакета B = 99,70 ± 0,05 мм. Для цепи S = A − B найдите предельные значения осевого зазора методом полной взаимозаменяемости.

Практические работы

ПР4.1 Структурный анализ механизма

Пункт 1.2 РПД. 2 ч. Выполнить З1. Изобразить звенья и пары, отметить вход. Разложить заданный механизм на начальный механизм и присоединённую группу, обосновать отсутствие лишних связей.

ПР4.2 Положения, скорости и ускорения

Пункт 1.4 РПД. 4 ч. Использовать геометрию З2. Рассчитать положения для φ = 0°, 45°, 90°, 135°, 180°. Для φ = 90° построить планы скоростей и ускорений. Сопоставить с дифференцированием x(φ). На командное обсуждение приходится 2 ч.

ПР4.3 Синтез по ходу ползуна

Пункт 1.6 РПД. 2 ч. Требуемый ход 120 мм. Выбрать центральный кривошипно-ползунный механизм при l/r = 4. Проверить максимальный угол отклонения шатуна при пределе 16°.

ПР4.4 Силы инерции и реакции

Пункт 1.8 РПД. 2 ч. Выполнить З3. Дополнительно найти компоненты реакции шарнира для отдельной учебной модели с центром масс на оси, без веса и иных сил. Кривошип в рассматриваемый момент направлен вдоль +x, сила сопротивления вдоль −y. Движущий момент приложен парой.

ПР4.5 Динамика агрегата

Пункт 1.10 РПД. 2 ч. Выполнить З4. Для тех же условий проверить, выполнится ли допуск по неравномерности при доступном маховике J = 0,80 кг·м².

ПР4.6 Критерии работоспособности детали

Пункт 2.2 РПД. 2 ч. Для стального сплошного вала d = 30 мм с моментами З9 перечислить проверки прочности, усталости и жёсткости. Выполнить статическую проверку и указать, каких данных не хватает для остальных.

ПР4.7 Геометрия и силы цилиндрической передачи

Пункт 2.4 РПД. 2 ч. Выполнить З5. Изобразить направления сил на обоих колёсах при выбранном направлении вращения и сверить мощность на двух валах.

ПР4.8 Проверки зубчатой передачи

Пункт 2.6 РПД. 2 ч. Для пары З5 в учебной модели даны σH = 580 МПа, [σH] = 650 МПа, σF = 235 МПа, [σF] = 220 МПа. Провести две раздельные проверки, определить лимитирующий критерий и предложить проверяемое изменение конструкции.

ПР5.1 Выбор передачи для углового привода

Пункт 2.8 РПД. 2 ч. Оси входа и выхода должны быть непараллельны, u = 20, задана компактная одноступенчатая компоновка. Сравнить конический и червячный варианты отдельно для пересекающихся и скрещивающихся осей. Обосновать условия применимости и необходимые проверки.

ПР5.2 КПД и тепловой баланс

Пункт 2.10 РПД. 2 ч. Выполнить З6. Дополнительно определить минимальную площадь теплоотдачи при тех же потерях и температурном ограничении.

ПР5.3 Условие отсутствия буксования

Пункт 2.12 РПД. 2 ч. Фрикционная пара передаёт момент 20 Н·м на ролике r = 50 мм. Коэффициент трения 0,25, коэффициент запаса сцепления 1,3. Найти минимальную силу прижатия и объяснить, какие реакции нужно учитывать в опорах.

ПР5.4 Подбор ременной передачи

Пункт 2.13 РПД. 2 ч. Выполнить З7, затем выбрать тип ремня по выданной преподавателем каталожной таблице. Для выбора заданы 4 кВт, n_1 = 1200 об/мин, $n_2 \approx$ 600 об/мин, межосевое расстояние 500 ± 50 мм, работа 8 ч в сутки без ударов. Учесть поправки источника на режим, угол обхвата и длину. Указать версию каталога и пригодный комплект.

ПР5.5 Геометрия цепной передачи

Пункт 2.14 РПД. 2 ч. Дано $z_1 = 20$, $z_2 = 40$, шаг p = 12,7 мм, межосевое расстояние $a \approx 400$ мм. Найти отношение, делительные диаметры $d = p/\sin(\pi/z)$ и оценить чётное число звеньев по приближению $L_p = 2a/p+(z_1+z_2)/2+(z_2-z_1)^2p/(4\pi^2a)$. Указать необходимость пересчитать фактическое a.

ПР5.6 Планетарная передача

Пункт 2.15 РПД. 2 ч. Выполнить З8. Установить число зубьев сателлита при одинаковом модуле и проверить соосность по делительным радиусам.

ПР5.7 Энергокинематический расчёт привода

Пункт 2.16 РПД. 2 ч. Использовать базовый вариант курсовой работы. Для контрольного расчёта принять общий КПД 0,95. Найти входную мощность, моменты обоих валов и потери.

ПР5.8 Реакции, эпюры и диаметр вала

Пункт 3.2 РПД. 6 ч. Опоры A и B на x = 0 и 400 мм. На x = 200 мм действуют взаимно перпендикулярные поперечные силы 800 и 600 Н. Передаваемый момент 150 Н·м, [σ] =

100 МПа. Раздельно найти реакции и построить эпюры, затем выполнить расчёт по модели З9.

ПР5.9 Подшипники качения и схема опор

Пункт 3.4 РПД. 4 ч. Выполнить З10. Найти минимальное C для заданного ресурса. Начертить фиксирующую и плавающую опоры, указать направление температурного перемещения и дополнительные проверки.

ПР5.10 Подшипник скольжения

Пункт 3.6 РПД. 2 ч. Выполнить З11. Определить максимальную частоту вращения по учебному ограничению pv при неизменной нагрузке.

ПР5.11 Резьбовое и шпоночное соединения

Пункт 3.8 РПД. 4 ч. Выполнить З12 и З13. Сравнить способы крепления ступицы с точки зрения сборки, ремонтопригодности и ослабления вала.

ПР5.12 Муфта и пружина

Пункт 3.10 РПД. 2 ч. Выполнить З14. Перечислить проверки, необходимые для окончательного выбора муфты и расчёта работоспособности пружины.

ПР5.13 Посадки и проверка сборки

Пункт 4.2 РПД. 2 ч. Выполнить З15. Отразить размерную цепь в эскизе либо CAD-модели. В курсовой сборке проверить возможность монтажа и перемещения плавающей опоры.

Блок С Проверка навыков и опыта деятельности

Лабораторные работы 4-го семестра

На каждую работу отводится 2 академических часа. Установку и программу измерений выдаёт преподаватель. Работу проводят после инструктажа. Отчёт защищается индивидуально и включает первичные данные, обработку, сопоставление и вывод.

ЛР1 Звенья и кинематические пары

На выданной модели пронумеруйте звенья и пары, оформите структурную схему. Зафиксируйте вид пары, число независимых перемещений и входное звено. Сопоставьте формальную подвижность с наблюдаемым движением.

ЛР2 Перемещение выходного звена

На разрешённом стенде снимите пары «угол входа — координата выхода» минимум для пяти положений в одном цикле. Укажите нулевое положение и разрешение измерителя. Постройте график и оцените ход.

ЛР3 Скорости по записи движения

Укажите масштаб и частоту кадров. По последовательности координат вычислите скорость в выбранных положениях по конечным разностям. Сопоставьте результат при двух шагах обработки и объясните влияние шумов.

ЛР4 Измеренная и расчётная кинематика

Используйте измеренную геометрию установки и первичную серию. Сравните координаты и скорости в согласованных положениях, приведите знаковую и абсолютную ошибки, обсудите люфт и погрешность измерения.

ЛР5 Статическая уравновешенность

При разрешённом режиме отметьте предпочтительное положение остановки и укажите повторяемость. По выданным или измеренным массе и радиусу коррекции оцените статический дисбаланс. При наличии разрешения проверьте результат после корректировки.

ЛР6 Геометрия зубчатого колеса

Измерьте доступные диаметры и ширину венца, подсчитайте зубья. Для стандартного прямозубого внешнего колеса без смещения оцените модуль по наружному диаметру. Укажите ограничения метода и способ независимой проверки.

ЛР7 Картина эвольвентного зацепления

По выданной модели или измеренной геометрии покажите полюс, основные и делительные окружности, линию действия и активный участок. Укажите допущения и проверьте согласованность размеров.

ЛР8 Контактное пятно и боковой зазор

По согласованной процедуре зафиксируйте форму и положение пятна на зубе и выполните повторные измерения бокового зазора. Укажите направление измерения, режим и возможные причины неравномерности контакта.

ЛР9 Передаточное отношение и КПД редуктора

При установившемся режиме запишите частоты и моменты на входе и выходе. Рассчитайте u и отношение мощностей, сравните u с геометрией передачи. Если измерены не все величины, зафиксируйте это и не подменяйте их расчётными значениями без оговорки.

Курсовая работа 5-го семестра

Тема и индивидуальные данные фиксируются при выдаче задания. Для альтернативных тем преподаватель задаёт мощность или нагрузку, входную и выходную кинематику, режим, требуемый ресурс и ограничения компоновки.

1. Проектирование привода ленточного конвейера с цилиндрическим редуктором и ременной передачей.

2. Проектирование привода цепного транспортёра с цилиндрическим редуктором и цепной передачей.

3. Проектирование червячного редуктора привода поворотного стола с проверкой прочности и теплового режима.

4. Проектирование конического редуктора привода механизма с пересекающимися осями валов.

5. Проектирование двухступенчатого цилиндрического редуктора с распределением передаточного отношения между ступенями.

6. Проектирование компактного планетарного редуктора с неподвижным внутренним зубчатым колесом.

7. Проектирование кривошипно-ползунного привода поршневого насоса с кинематическим и силовым анализом механизма.

8. Проектирование вала и подшипниковых опор приводного узла с аналитической и конечно-элементной проверкой прочности и жёсткости.

9. Проектирование винтового механизма подачи с расчётом винтовой пары, опор и соединительной муфты.

10. Проектирование привода смесителя с цилиндрическим редуктором и предохранительной муфтой.

Базовый учебный вариант

Спроектировать привод с закрытой одноступенчатой цилиндрической передачей. Выходная мощность 2,0 кВт, частота выхода 300 об/мин, входа 1500 об/мин. Допуск по частоте выхода ±3 %. Режим непрерывный, без реверса и ударов. Базовый ресурс опор 10 000 ч, температура воздуха 25 °C. Входную мощность определить с обоснованным КПД.

Представьте расчётную записку, параметрическую сборку, сборочный чертёж, спецификацию и рабочий чертёж одной детали. Расчёт передачи, компоновку, опоры, соединения, смазку и посадки согласуйте между запиской и сборкой. Для иной темы перечень проверок адаптируется к её механизму.

Вопросы защиты: где приложены нагрузки к валу; чем обоснован материал шестерни; почему выбраны эти опоры; как обеспечено температурное перемещение; как проверялась сходимость численной модели; какое изменение конструкции улучшит ресурс и что оно ухудшит; какие каталожные ограничения не отражены в простой формуле?

Блок D Промежуточная аттестация

Зачёт 4-го семестра

Зачёт 4-го семестра. Билет 1

В1. Почему формальный подсчёт пар может дать неверную подвижность?

В8. Как проверить реакции и входной момент по балансу мощности?

З2 Кинематика кривошипно-ползунного механизма. Центральный механизм: радиус кривошипа $r = 0{,}05$ м, длина шатуна $l = 0{,}20$ м. Угол кривошипа $\varphi = 90°$ отсчитывается против часовой стрелки от положительного направления оси движения ползуна. Угловая скорость $\omega = 20$ рад/с постоянна. Ползун расположен справа от оси кривошипа. По зависимости $x = r\cos\varphi + \sqrt{(l^2 - r^2\sin^2\varphi)}$ найдите x и скорость ползуна.

Зачёт 4-го семестра. Билет 2

В3. Как выбрать ветвь решения уравнений замыкания?

В10. Как по диаграмме избыточной работы определить инерцию маховика?

З3 Кинетостатика кривошипа. Кривошип радиусом 0,10 м имеет относительно оси вращения момент инерции $J = 0{,}020$ кг·м² и угловое ускорение $\varepsilon = 100$ рад/с². В рассматриваемый момент на конец кривошипа действует касательная сила сопротивления 150 Н. Другие моменты отсутствуют. Найдите движущий момент, используя уравнение моментов относительно оси.

Зачёт 4-го семестра. Билет 3

В5. Какие условия нужны для вращения кривошипа четырёхзвенника?

В15. Почему нужны отдельные проверки зубьев по контакту и изгибу?

З4 Маховик агрегата. За установившийся цикл максимальная разность значений накопленной избыточной работы равна $\Delta E = 120$ Дж. Средняя угловая скорость $\omega_{ср} = 50$ рад/с, допускаемый коэффициент неравномерности $\delta = 0{,}04$. Приведённый момент инерции остальных звеньев постоянен и равен 0,20 кг·м². Найдите требуемые суммарный момент инерции и момент инерции маховика; принять приближение малой неравномерности.

Зачёт 4-го семестра. Билет 4

В11. Как отличить проектировочный расчёт от проверочного?

В18. Почему самоторможение и высокий КПД червячной передачи обычно несовместимы?

З5 Цилиндрическая прямозубая передача. Прямозубая внешняя передача без смещения: m = 3 мм, z1 = 20, z2 = 60, α = 20°. На шестерне T1 = 100 Н·м, n1 = 900 об/мин. Потерями пренебречь. Найдите u, d1, d2, a, n2, T2 и силы Ft, Fr на шестерне.

Экзамен 5-го семестра

Экзамен 5-го семестра. Билет 1

В13. Как связаны модуль, число зубьев и межосевое расстояние?

В16. Как твёрдость и неравномерность нагрузки влияют на выбор размеров?

З5 Цилиндрическая прямозубая передача. Прямозубая внешняя передача без смещения: m = 3 мм, z1 = 20, z2 = 60, α = 20°. На шестерне T1 = 100 Н·м, n1 = 900 об/мин. Потерями пренебречь. Найдите u, d1, d2, a, n2, T2 и силы Ft, Fr на шестерне.

Экзамен 5-го семестра. Билет 2

В17. Когда целесообразен конический, а когда червячный редуктор?

В20. Как натяжение ремня и сила прижатия роликов нагружают опоры?

З6 Тепловой баланс червячного редуктора. На вход редуктора поступает P1 = 3,0 кВт, КПД η = 0,75. Теплоотдающая площадь A = 1,2 м², коэффициент теплоотдачи k = 15 Вт/(м²·К). Температура воздуха 25 °C, допускаемая температура масла 80 °C. Используйте стационарную сосредоточенную модель Pпот = kA(θ − θвозд). Найдите выходную мощность, потери и температуру; сделайте вывод.

Экзамен 5-го семестра. Билет 3

В19. Как различаются механизмы передачи нагрузки клиновым и зубчатым ремнями?

В21. Что вызывает полигональный эффект цепной передачи?

З7 Ременная передача и натяжения ветвей. Плоскоременная передача передаёт P = 4 кВт при скорости ремня v = 10 м/с. Для учебной модели предельное отношение натяжений T1/T2 = e^(μα) = 3. Центробежным натяжением и потерями пренебречь. Угол между направлениями сил натяжения на шкиве принять нулевым. Найдите T1, T2 и результирующую нагрузку на вал.

Экзамен 5-го семестра. Билет 4

В22. Как метод обращения движения используется для планетарного механизма и чем волновая передача отличается от него?

В24. Какие конструктивные элементы вала наиболее опасны при усталости?

З8 Кинематика планетарной передачи. Простая планетарная передача имеет солнечное колесо zc = 20 и неподвижное внутреннее колесо zк = 60. Ведущее солнце вращается nc = 1200 об/мин. Найдите частоту и направление вращения водила. Используйте (nc − nв)/(nк − nв) = −zк/zc.

Экзамен 5-го семестра. Билет 5

В23. Как построить эпюры моментов вала в двух плоскостях?

В25. Что физически означает ресурс L10?

З9 Статическая прочность круглого вала. В опасном сечении сплошного круглого вала действуют результирующий изгибающий момент M = 200 Н·м и крутящий момент T = 150 Н·м. Допускаемое эквивалентное напряжение [σ] = 100 МПа. Концентрацию напряжений не учитывать. Используйте σэкв = $\sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)}$, σ = 32M/(πd³), τ = 16T/(πd³). Найдите минимальный диаметр и проверьте d = 30 мм.

Экзамен 5-го семестра. Билет 6

В26. Как выбирают фиксирующую и плавающую опоры?

В28. Как смазка и уплотнения определяют работоспособность подшипникового узла?

З10 Базовая долговечность подшипника. Для радиального шарикового подшипника заданы C = 20 кН, эквивалентная постоянная динамическая нагрузка P = 2 кН, n = 1000 об/мин. Используйте L10 = (C/P)^3 в миллионах оборотов, L10h = 10^6 L10/(60n). Требуется 12000 часов. Найдите ресурс и объясните уровень надёжности результата.

Экзамен 5-го семестра. Билет 7

В27. Почему проверка pv не заменяет гидродинамический расчёт?

В30. Как выбрать между шпонкой, шлицами, натягом и сваркой?

З11 Подшипник скольжения. Радиальная нагрузка F = 3000 Н, диаметр шейки d = 40 мм, длина вкладыша l = 40 мм, n = 600 об/мин. Для условной учебной пары заданы [p] = 3 МПа и [pv] = 2,5 МПа·м/с. Найдите p, v и pv; оцените выполнение обеих проверок.

Экзамен 5-го семестра. Билет 8

В29. Как предварительная затяжка влияет на раскрытие резьбового стыка?

В31. По каким параметрам выбирают компенсирующую муфту?

З12 Шпоночное соединение. Момент T = 120 Н·м передаётся валом диаметром d = 40 мм через шпонку шириной b = 12 мм. Рабочая высота контакта шпонки со ступицей hраб = 4 мм, эффективная длина lраб = 30 мм. Допускаемые напряжения [τ] = 60 МПа, [σсм] = 120 МПа. Найдите касательную силу, напряжения среза и смятия.

Экзамен 5-го семестра. Билет 9

В30. Как выбрать между шпонкой, шлицами, натягом и сваркой?

В32. Как связаны геометрия винтовой пружины, её жёсткость и напряжения?

З13 Затяжка и раскрытие стыка. В предварительно затянутом соединении начальная сила затяжки F0 = 10 кН, внешняя осевая растягивающая сила FA = 12 кН. Доля внешней силы, дополнительно нагружающая болт, χ = 0,25. Принять линейную модель без раскрытия до исчерпания сжатия. Определите усилие в болте, остаточную силу сжатия стыка и предельную внешнюю силу начала раскрытия.

Экзамен 5-го семестра. Билет 10

В33. Как характер нагружения кольца подшипника влияет на выбор посадки?

В34. Какие ошибки согласования расчёта и CAD-сборки нужно выявить до выпуска чертежей?

З15 Посадка и осевая размерная цепь. Условное отверстие имеет предельные размеры 40,000 и 40,025 мм, вал — 39,975 и 39,991 мм. Найдите минимальный и максимальный зазоры. Отдельно корпусная длина A = 100,00 ± 0,10 мм, суммарная длина устанавливаемого пакета B = 99,70 ± 0,05 мм. Для цепи S = A − B найдите предельные значения осевого зазора методом полной взаимозаменяемости.

Экзамен 5-го семестра. Билет 11

В12. Почему достаточная статическая прочность не гарантирует ресурс детали?

В32. Как связаны геометрия винтовой пружины, её жёсткость и напряжения?

З14 Муфта и пружина. Номинальный момент привода T = 80 Н·м, коэффициент режима K = 1,5. Для двух учебных муфт заданы допускаемые моменты 100 и 160 Н·м; обе подходят по диаметрам, скорости и смещениям. Выберите муфту. Отдельно для винтовой пружины G = 80000 Н/мм², dп = 4 мм, D = 32 мм, число рабочих витков N = 8 найдите жёсткость c = Gdп^4/(8D³N) и деформацию от F = 100 Н.

4 Процедуры и критерии оценивания

Для письменного рубежного контроля допуск открыт независимо от посещаемости и иных работ. На зачёте, экзамене и письменном тесте разрешён непрограммируемый калькулятор. Справочные данные для расчётной части выдаются с заданием.

Устный ответ оценивается от 0 до 5 баллов: корректность понятий — 0–2; причинное объяснение и применимость модели — 0–2; инженерный пример — 0–1. Ответ без понимания физического смысла не получает баллы за объяснение даже при правильной записи формулы.

Расчётные задания

Критерий	Баллы	Основание начисления
Схема и допущения	0–2	2 — схема и условия корректны; 1 — устранимая неточность; 0 — неверная модель.
Метод и формулы	0–3	3 — все зависимости применимы; 2 — частичный пробел; 1 — отдельные верные связи; 0 — метод неверен.
Вычисления и единицы	0–3	3 — верно; 2 — одна локальная арифметическая ошибка; 1 — значительные ошибки при верном ходе; 0 — расчёт отсутствует.
Проверка и вывод	0–2	2 — проверка и вывод обоснованы; 1 — выполнено одно из двух; 0 — оба отсутствуют.

Рекомендуемый порог выполнения задания — 6 из 10 при корректной расчётной схеме и применимом методе. Ошибка перевода Н·м в Н·мм, нераспознанный отрицательный зазор или ресурс в оборотах, выданный за часы, требуют исправления. Повторное задание проверяет то же действие на сопоставимых данных; правила пересдачи определяет университет.

Лабораторные работы

Критерий	Баллы
Схема и обоснование измеряемых параметров	0–2
Первичные данные и воспроизводимость обработки	0–3
Сопоставление с расчётом и анализ расхождений	0–3
Индивидуальная защита и вывод	0–2

Индивидуальный отчёт содержит цель измерения, схему, исходные данные, таблицу первичных измерений с единицами, расчёт, оценку разброса или погрешности и вывод. При работе в группе каждый обучающийся объясняет собственные вычисления.

Предлагаемый порог — 6 из 10 с обязательным наличием собственных первичных данных и объяснения результата. Отсутствие экспериментальных данных нельзя заменить вымышленными измерениями. Примеры вопросов защиты: почему выбран данный измерительный инструмент; как его разрешение влияет на результат; какие потери не включены в модель; чем объясняется отличие КПД от единицы?

Зачёт и экзамен

Зачёт: 45 минут подготовки и до 10 минут собеседования по предложению РПД. Два вопроса по 5 баллов, задача до 10.

Для зачёта по предложению РПД необходимы не менее 12 из 20, не менее 6 за задачу и не менее 2 за каждый вопрос. Порог требует подтверждения кафедрой.

Экзамен: 60 минут на подготовку. РПД предлагает до 15 минут собеседования. С учётом 0,3 академического часа контактной работы в сессию предлагается согласовать до 12 минут устного ответа, а подготовку планировать в пределах часов контроля.

Теоретические вопросы экзамена оцениваются по 10 баллов. Точность понятий — 0–3, связи и метод — 0–4, ограничения и пример — 0–3. Задача — до 10 по общей рубрике.

Предлагаемая шкала: 26–30 — «отлично»; 22–25 — «хорошо»; 18–21 — «удовлетворительно»; 0–17 — «неудовлетворительно». Дополнительно для положительной оценки нужны не менее 6 за задачу и не менее 4 за каждый вопрос. При невыполнении любого из этих условий оценка — «неудовлетворительно», даже если сумма достигла 18.

Курсовая работа и защита

Критерий	Баллы
Исходные данные, энергокинематический расчёт и критерии	15
Прочность передачи и обоснование материала	20
Валы, опоры и соединения	20
Согласованность CAD-сборки и документации	20
Верификация и анализ ограничений	10
Индивидуальная защита решений	15
Индивидуальная защита решений	15

По каждому критерию: полный балл — выполнен весь соответствующий этап и решение воспроизводимо; 75% — небольшие замечания без изменения работоспособности; 50% — метод верен, но требуется существенное дополнение; 25% — отдельные верные элементы; 0 — этап отсутствует или неверен. Дробные баллы допускаются до 0,25. Предлагаемая шкала: 85–100 — «отлично», 70–84,99 — «хорошо», 60–69,99 — «удовлетворительно», менее 60 — «неудовлетворительно».

Для положительной оценки дополнительно необходимы не менее половины максимума за расчёт передачи, за валы и опоры, за согласованность сборки и за защиту. Несоответствие выбранного размера полученному условию прочности либо невозможность сборки требует исправления до положительной оценки независимо от суммы баллов.

По критериям с верхним пределом 2–4 балла промежуточный целый балл отражает долю существенных верных элементов. Ноль ставится при отсутствии результата или принципиальной ошибке, максимум — за полное корректное выполнение.

5 Методические указания для обучающихся

СРС	Часы	Результат
4-й семестр, 1.11	36	Структурная схема, кинематический, силовой и динамический расчёты, проверка движения.
4-й семестр, 2.17	18	Параметрическое исследование зацепления и сопоставление контактной и изгибной проверок.
5-й семестр, 3.11	18	Сравнение передач, расчёт вала и анализ опор, соединений и смазки.
5-й семестр, 4.3	42	Энергокинематика, компоновка, расчёты, выбор комплектующих, CAD, документация и подготовка к защите.

Для каждой задачи фиксируйте единицы, вид нагрузки и допущения. При выборе покупных изделий записывайте исходные параметры, версию каталога и ограничивающий критерий. При подготовке к защите проверьте размеры и сопряжения по записке, сборке и чертежу.

Компьютерный результат принимается при наличии исходной схемы, формул, параметров и проверки. Изображение поля напряжений без единиц, описания закреплений и сравнения с простой моделью не подтверждает выполнение расчёта. При необходимости доступная форма предъявления задания согласуется по локальным правилам университета без снижения проверяемого инженерного содержания.

Источники — РПД от 03.09.2026, приложенный ФОС по деталям машин и Положение о ФОС КРСУ. Условия практических заданий и формы лабораторных записей конкретизированы для данного комплекта.