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 «Сопротивление материалов (продвинутый курс)»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР
ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

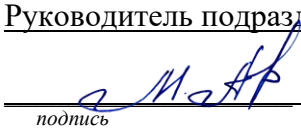
Фонд оценочных средств предназначен для контроля знаний обучающихся по направлению подготовки 15.03.03 — РФ, 650500 — КР «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг», по программе бакалавриата КРСУ в соответствии с ФГОС 3++ по дисциплине «Сопротивление материалов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

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:

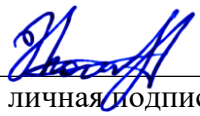
к.ф.-м.н.  Комарцов Никита Михайлович

должность *подпись* *расшифровка подписи*

к.ф.-м.н.  Герман Константин Анатольевич

должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Заместитель директора по образовательной деятельности
Политехнического института



личная подпись Комарцов Никита Михайлович

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.
Место в учебном плане	Б1.В.1.ДВ.07. 3-й курс, 5-й семестр. 144 академических часа, 4 ЗЕТ.
Аттестация	Экзамен в 5-м семестре. Курсовая работа и лабораторные занятия учебным планом не предусмотрены.
Разработчики	к.ф.-м.н. Комарцов Никита Михайлович, к.ф.-м.н. Герман Константин Анатольевич,.
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	Средства
Раздел 1	3.1.4, 3.2.1–3.2.3, 3.3.3. Составляет расчётную схему, находит перемещения, проверяет энергетическое и вариационное решения.	В1–В3, ПР1–ПР3, К1, РГР1.
Раздел 2	3.1.1–3.1.3, 3.1.6–3.1.7, 3.2.4–3.2.5, 3.3.1–3.3.2. Выбирает модель кручения, устойчивости, пластического изгиба и разрушения.	В4–В7, ПР4–ПР7, К2–К4, КР1, РГР1.
Раздел 3	3.1.5, 3.2.4–3.2.6, 3.3.2, 3.3.4–3.3.6. Оценивает ресурс и динамический отклик, сравнивает расчёты и формулирует инженерный вывод.	В8–В12, ПР8–ПР12, К5–К8, КР2, РГР2.
5-й семестр	Подтверждает знание допущений, выбор модели, метод расчёта и проверку результата.	Экзаменационный билет.

2 Технологическая карта дисциплины

Раздел или вид работы	Лекции	Практика	СРС	Иная контактная	Контроль
1. Энергетические методы	6	6	15	—	—
2. Предельные состояния	8	8	20	—	—
3. Переменные и динамические нагрузки, итоговая проверка	10	10	27	—	—
Консультации и приём заданий, тема 3.12	—	—	—	2	—
Экзаменационная сессия, тема 3.13	—	—	—	0,3	31,7
Итого, академические часы	24	24	62	2,3	31,7

Аудиторная работа — 48 ч, контактная работа всего — 50,3 ч, трудоёмкость — 144 ч. РГР выполняются в часы СРС. Консультации и приём заданий предусмотрены в теме 3.12.

Проект распределения баллов

Средство	Этап и способ учёта	Макс.
Опрос	Два оцениваемых ответа по пройденным темам, после ПР3 и ПР12. По 2 балла в рейтинг.	4
Тематический тест	После ПР12. Шесть заданий по 1 баллу.	6
Рубежные КР1 и КР2	После тем ПР7 и ПР11 соответственно. По 10 баллов в рейтинг.	20
РГР1 и РГР2	После первого и второго тематических блоков РГР. По 20 баллов в рейтинг.	40
Работа в семестре	Опрос, тест, контрольные работы и РГР.	70
Экзамен	Два теоретических вопроса и расчётная задача. Балл билета из 40 переводится в 30.	30
Семестровый рейтинг	Сумма баллов за работу в семестре и экзамен.	100

ПР1–ПР12 и СР1–СР12 готовят к указанным видам контроля. Опрос, тест и КР проводятся в пределах занятий. Защита РГР1 — после ПР7, РГР2 — после ПР12, в часы практики и приёма заданий.

3 Типовые контрольные задания и оценочные материалы

Вопросы для текущего контроля и экзамена

В1. Когда нельзя пренебрегать сдвиговой податливостью рамы?

В2. Какие условия обязательны для пробной функции Релея — Ритца?

В3. Как проверить модель упругой опоры?

В4. Почему стеснение депланации создаёт дополнительные нормальные напряжения?

В5. Чем отличается расчёт несовершенной стойки от задачи Эйлера?

В6. Равны ли момент начала текучести и предельный момент?

В7. Чем коэффициент концентрации отличается от коэффициента интенсивности напряжений?

В8. Какие параметры определяют асимметричный цикл напряжений?

В9. Почему правило Майнера даёт приближённую оценку ресурса?

В10. Почему при резонансе нельзя игнорировать демпфирование?

В11. При каких условиях внезапная постоянная сила даёт удвоенное статическое перемещение?

В12. Можно ли получить вероятность отказа только из запаса прочности?

Тематический тест

Выберите один ответ на каждый вопрос. Время — 10 минут.

Т1. Пробная функция Релея — Ритца обязана точно удовлетворять

А всем естественным условиям Б существенным кинематическим условиям В экспериментальным значениям Г уравнению Эйлера на каждом участке.

Т2. При P=0,5Pcr полный прогиб несовершенной синусоидальной стойки равен

А e0/2 Б e0 В 2e0 Г бесконечности.

Т3. Размерность KI при напряжениях в МПа и длине в метрах

А МПа Б МПа·м В МПа·√м Г безразмерная.

Т4. Суммарное повреждение Майнера для двух уровней

А n1+n2 Б N1+N2 В n1/N1+n2/N2 Г N1/n1+N2/n2.

Т5. При частоте возбуждения ω = ωn в одномассовой модели с ζ > 0 коэффициент динамичности

А 1/(2ζ) Б ζ В 2ζ Г нуль.

Т6. Детерминированный запас прочности сам по себе позволяет определить

А точную вероятность отказа Б запас относительно принятого критерия В закон распределения нагрузки Г независимость случайных величин.

Расчётный банк

Укажите схему, применённый метод, единицы и проверку. Численные данные в задачах предназначены для учебного расчёта.

К1. Однопараметрический метод Релея — Ритца

Консоль длиной L с постоянной EI нагружена на свободном конце силой P. Примите $v(x)=a\cdot x^2$. Найдите a из стационарности $\Pi=\frac{1}{2}\int EI(v'')^2dx-P\cdot v(L)$, вычислите прогиб конца и его ошибку относительно $PL^3/(3EI)$.

К2. Сжатая стойка с начальной кривизной

Шарнирная стойка имеет начальную форму $y0=e0\cdot\sin(\pi x/L)$, e0=2 мм. Нагрузка P=0,6Pcr. В линейной теории второго порядка найдите полный и дополнительный максимальные прогибы и момент, если Pcr=100 кН.

К3. Упругий и пластический моменты

Прямоугольное сечение шириной 40 мм и высотой 80 мм выполнено из идеального упругопластического материала с пределом текучести 240 МПа. Найдите момент начала текучести и полностью пластический момент при чистом изгибе.

К4. Критический размер трещины

Для заданной геометрии принято $KI=Y\sigma\sqrt{(\pi a)}$, Y=1,12. При σ=200 МПа и KIC=50 МПа·√м найдите критический параметр a и KI при a=5 мм. Считать Y постоянным, условия линейно-упругой механики разрушения выполненными; a — размер, используемый именно в заданной формуле.

К5. Усталостный запас по Гудману

В опасной точке номинальные напряжения цикла σmax=140 МПа и σmin=−20 МПа. Эффективный предел выносливости детали σ−1=160 МПа, временное сопротивление 500 МПа. Все поправки детали уже включены. Найдите параметры цикла и запас при пропорциональном увеличении амплитуды и среднего напряжения по диаграмме Гудмана.

К6. Блочная долговечность по Майнеру

Один повторяемый блок содержит 20000 циклов уровня 1 и 50000 циклов уровня 2. Долговечности на этих уровнях по заданной кривой равны 100000 и 1000000 циклов. Найдите повреждение за блок и условное число одинаковых блоков до D=1.

К7. Гармонический динамический отклик

Линейная одномассовая система имеет k=100000 Н/м, m=10 кг, относительное демпфирование ζ=0,05. Амплитуда гармонической силы 100 Н, частота возбуждения ω=0,8ωn. Найдите ωn, коэффициент динамичности и стационарную амплитуду.

К8. Падение груза на упругий элемент

Груз весом G=1000 Н падает с высоты h=10 мм до контакта с линейным упругим элементом. Статический прогиб от этого веса δst=1 мм. Массу элемента, потери и пластичность не учитывать; после контакта груз остаётся на элементе. Найдите максимальный прогиб и силу.

Практические работы ПР1–ПР6

Каждая практическая работа рассчитана на 2 академических часа.

ПР1. Определение перемещения узла рамы с оценкой вклада разных деформаций · тема 1.2

Плоская Г-образная рама состоит из вертикальной стойки 2 м, защемлённой снизу, и жёстко присоединённой горизонтальной консоли 1 м. На конце консоли вертикально вниз приложено 2 кН. Для обоих стержней EA = 100 МН, EI = 200 кН·м², эффективная сдвиговая жёсткость κGA = 40 МН. Найдите вертикальное перемещение точки приложения силы методом единичной нагрузки. Покажите вклад изгиба, продольной и сдвиговой деформаций.

ПР2. Приближённый расчёт прогиба балки методом Релея — Ритца · тема 1.4

Решите К1. Повторите расчёт с $v(x) = ax^2 + bx^3$. Для обоих приближений сопоставьте прогиб конца и форму упругой линии с точным решением балочной модели.

ПР3. Расчёт статически неопределимой балки с упругой опорой или заданной осадкой · тема 1.6

Консоль длиной 2 м с EI = 400 кН·м² имеет вертикальную двустороннюю пружину жёсткостью 300 кН/м на свободном конце. В той же точке действует вниз сила 10 кН. Найдите перемещение конца, реакцию пружины и реакции заделки. Проверьте пределы при нулевой и бесконечно большой жёсткости.

ПР4. Оценка угла свободного кручения открытого профиля и влияния линии приложения силы · тема 2.2

Тонкостенный уголок моделируется двумя открытыми полосами срединной длины 60 и 40 мм, t = 3 мм. Для стержня L = 1 м, G = 80 ГПа и T = 5 Н·м оцените Jt по тонкостенному приближению и угол свободного кручения. Сравните приложенную через центр сдвига поперечную силу 100 Н и ту же силу с плечом 50 мм относительно центра сдвига.

ПР5. Расчёт усиления прогиба шарнирной стойки с синусоидальной начальной кривизной · тема 2.4

Решите К2. Постройте зависимость полного и дополнительного прогиба при P/Pcr = 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8. Объясните границы модели при приближении к Pcr.

ПР6. Определение момента начала текучести и предельного момента прямоугольного сечения · тема 2.6

Решите К3. Изобразите распределения нормальных напряжений при начале текучести и полном пластическом состоянии. Объясните влияние удвоения высоты сечения при прежней ширине.

Практические работы ПР7–ПР12

ПР7. Оценка напряжения у концентратора и критической длины трещины по заданному коэффициенту формы · тема 2.8

Выполните К4. Для отдельной детали с гладким концентратором оцените локальное напряжение при том же номинальном напряжении и Kt = 2,0. Сопоставьте размерности и назначение Kt и KI.

ПР8. Расчёт усталостного запаса детали при асимметричном цикле · тема 3.2

Решите К5. При той же амплитуде повторите расчёт для среднего напряжения 0 и 100 МПа. Покажите на диаграмме Гудмана все три случая.

ПР9. Оценка накопленного повреждения и ресурса при двухуровневом спектре · тема 3.4

Решите К6. Удвойте число циклов уровня 1 при неизменном уровне 2. Рассчитайте повреждение и эквивалентное число блоков. Укажите число полностью завершённых блоков до достижения D = 1.

ПР10. Расчёт амплитуды перемещения и напряжения одномассовой упругой системы · тема 3.6

Решите К7. В исследуемом диапазоне амплитуда номинального напряжения в опасном сечении равна 15 МПа на 1 мм амплитуды перемещения. Найдите напряжение. Сопоставьте установившийся отклик при $\zeta = 0{,}05$ и 0,10.

ПР11. Расчёт максимального перемещения и силы при падении груза на упругий элемент · тема 3.8

Решите К8. Повторите расчёт для h = 0 и 5 мм. Сопоставьте прогиб и силу с результатом при квазистатическом приложении веса.

ПР12. Комплексная проверка детали с выбором определяющего ограничения · тема 3.10

Шарнирно опёртая балка L = 1200 мм, b = 40 мм, h = 80 мм, E = 200 ГПа. Посередине пролёта сила изменяется от 0 до 8 кН. Динамическим усилением пренебречь. Проверьте $\sigma_{max} \le 120$ МПа, $f_{max} \le 1$ мм и запас $n \ge 1$ по Гудману при эффективном пределе выносливости 90 МПа и временном сопротивлении 500 МПа. Сравните доли использованного допуска $\sigma_{max}/120$ МПа, $f_{max}/1$ мм и $1/n$. Повторите расчёт при увеличении высоты на 10 %, считая характеристики материала и предел выносливости неизменными.

Рубежные контрольные работы

На каждую контрольную работу отводится до 35 минут в пределах практического занятия. Разрешён непрограммируемый калькулятор. Преподаватель выдаёт один вариант. Покажите расчёт и объясните применимость выбранного метода.

КР1 Вариант А

Шарнирная стойка имеет начальную форму $y_0 = e_0 \cdot \sin(\pi x / L)$, $e_0 = 3$ мм. Нагрузка $P = 0{,}5 P_{cr}$. В линейной теории второго порядка найдите полный и дополнительный максимальные прогибы и момент, если $P_{cr} = 100$ кН.

КР1 Вариант Б

Шарнирная стойка имеет начальную форму $y_0 = e_0 \cdot \sin(\pi x / L)$, $e_0 = 1{,}5$ мм. Нагрузка $P = 0{,}6 P_{cr}$. В линейной теории второго порядка найдите полный и дополнительный максимальные прогибы и момент, если $P_{cr} = 120$ кН.

КР2 Вариант А

В опасной точке номинальные напряжения цикла $\sigma_{max} = 160$ МПа и $\sigma_{min} = 0$ МПа. Эффективный предел выносливости детали $\sigma_{-1} = 160$ МПа, временное сопротивление 500 МПа. Все поправки детали уже включены. Найдите параметры цикла и запас при пропорциональном увеличении амплитуды и среднего напряжения по диаграмме Гудмана.

КР2 Вариант Б

В опасной точке номинальные напряжения цикла $\sigma_{max} = 120$ МПа и $\sigma_{min} = -40$ МПа. Эффективный предел выносливости детали $\sigma_{-1} = 160$ МПа, временное сопротивление 500 МПа. Все поправки детали уже включены. Найдите параметры цикла и запас при пропорциональном увеличении амплитуды и среднего напряжения по диаграмме Гудмана.

Расчётно-графические работы

Работы выполняются в часы СРС. На индивидуальную защиту каждой работы предусмотрено 5–7 минут. Обе работы выполняются в 5-м семестре.

РГР1 Энергетическая модель и предельное состояние

Решить К1–К4. Для К1 дополнить базис членом $b \cdot x^3$ и сравнить точность прогиба; для К2 построить зависимость полного прогиба от P/Pcr от 0 до 0,8.

Вычислите коэффициенты одно- и двухпараметрического приближений независимо в электронной таблице или скрипте. Для L = 1 м, EI = 100 кН·м² и P = 3 кН сравните оба результата с условным учебным измерением 9,8 ± 0,3 мм. Поясните, какие выводы допускает заданный интервал.

РГР2 Ресурс и динамическое нагружение

Решить К5–К8. Для К5 оценить запас при увеличении обеих крайних величин напряжения в 1,2 раза; для К7 сопоставить отклик при ζ=0,05 и 0,10. Сформулировать границы достоверности каждой оценки.

Дополнительно постройте амплитудно-частотную характеристику К7 для обоих значений демпфирования на интервале $0 \le \omega/\omega n \le 1{,}5$. Для $\omega/\omega n = 0{,}8$ проверьте амплитуду с помощью комплексной динамической жёсткости.

Представьте схему, допущения, расчёт, графики и проверку. Приложите таблицу с формулами или скрипт и укажите, в каких точках сопоставлялись результаты. На защите объясните, как изменение одного из параметров повлияет на вывод.

Экзаменационные билеты

В билете два вопроса и одна расчётная задача. В теории поясните физический смысл и допущения. В задаче приведите расчёт и проверку.

Билет 1

1. Когда нельзя пренебрегать сдвиговой податливостью рамы?

2. Какие условия обязательны для пробной функции Релея — Ритца?

3. Однопараметрический метод Релея — Ритца. Консоль длиной L = 2 м с постоянной EI = 800 кН·м² нагружена на свободном конце силой P = 4 кН. Примите $v(x)=a\cdot x^2$. Найдите a из стационарности $\Pi=\tfrac{1}{2}\int EI(v'')^2dx - P\cdot v(L)$, вычислите прогиб конца и его ошибку относительно $PL^3/(3EI)$.

Билет 2

1. Почему стеснение депланации создаёт дополнительные нормальные напряжения?

2. Чем отличается расчёт несовершенной стойки от задачи Эйлера?

3. Сжатая стойка с начальной кривизной. Шарнирная стойка имеет начальную форму $y0=e0\cdot\sin(\pi x/L)$, e0=2,5 мм. Нагрузка P=0,75Pcr. В линейной теории второго порядка найдите полный и дополнительный максимальные прогибы и момент, если Pcr=100 кН.

Билет 3

1. Равны ли момент начала текучести и предельный момент?

2. Чем коэффициент концентрации отличается от коэффициента интенсивности напряжений?

3. Критический размер трещины. Для заданной геометрии принято $K_I=Y\sigma\sqrt{(\pi a)}$, Y=1,12. При σ=250 МПа и K_{IC}=50 МПа·√м найдите критический параметр a и K_I при a=4 мм. Считать Y постоянным, условия линейно-упругой механики разрушения выполненными; a — размер, используемый именно в заданной формуле.

Билет 4

1. Почему правило Майнера даёт приближённую оценку ресурса?

2. Можно ли получить вероятность отказа только из запаса прочности?

3. Гармонический динамический отклик. Линейная одномассовая система имеет k=100000 Н/м, m=10 кг, относительное демпфирование ζ=0,05. Амплитуда гармонической силы 120 Н, частота возбуждения ω=0,75ωn. Найдите ωn, коэффициент динамичности и стационарную амплитуду.

4 Процедуры и критерии оценивания

Средство	Критерии и исходная шкала	Перевод в рейтинг
Опрос	Из 5: определения 1, допущения 1, связи 2, вывод 1.	2q/5 за ответ
Тест	1 за верный ответ, 0 за иной или пропущенный.	До 6
КР	Из 20: схема и допущения 4, метод 6, вычисления и единицы 6, проверка и вывод 4.	q/2 за КР
РГР	Из 30: схема 4, модель 6, вычисления и графики 8, проверка и анализ 6, защита 6.	2q/3 за РГР
Экзамен	Из 40: 2 × 10 за теорию, 20 за задачу. Каждый вопрос: определения 2, допущения 2, связи 4, вывод 2. Задача оценивается по критериям КР.	3q/4 за билет

q обозначает исходный балл за соответствующую работу. Баллы переводятся без промежуточного округления. Засчитываются обоснованные альтернативные методы. Ошибка в единицах учитывается в вычислениях. Если из-за неё меняется физическая модель, проверяются отдельно корректные этапы решения.

Предлагаемая процедура экзамена — письменная работа до 60 минут с возможным уточнением ответа. Допускается непрограммируемый калькулятор. Продолжительность подлежит согласованию отдельно от учтённых в РПД 0,3 контактного часа и 31,7 часа на контроль.

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

Для семестрового рейтинга применена шкала п. 3.3 Положения о ФОС КРСУ. Предложенные в материалах минимумы 10 из 20 за задачу билета и 3 из 6 за защиту РГР требуют отдельного согласования. В проектной формуле рейтинга учитывается сумма набранных баллов.

5 Методические указания для обучающихся

Перед расчётом изобразите схему, укажите размеры, закрепления и нагрузки. Согласуйте единицы и знаки. После расчёта проверьте равновесие, граничные условия и размерности. Для вычислительной модели сравнивайте одну величину в одном и том же месте и фиксируйте допущения.

Работа	Что подготовить	Часы
СР1	Проверка взаимности двух перемещений в рамной системе	5
СР2	Сравнение одно- и двухпараметрических приближений с аналитическим решением	5
СР3	Построение зависимости опорной реакции от жёсткости упругой связи	5
СР4	Сравнение открытого профиля с замкнутым по крутильной жёсткости и условиям закрепления	5
СР5	Анализ чувствительности прогиба к величине начального несовершенства	5
СР6	Сравнение упругой и предельной несущей способности балки	5
СР7	Сравнение допустимых нагрузок для детали без дефекта и с заданной трещиной	5
СР8	Сравнение запаса при одинаковой амплитуде и различных средних напряжениях	5
СР9	Исследование влияния доли высокоамплитудных циклов на расчётный ресурс	5
СР10	Построение амплитудно-частотной характеристики при двух значениях демпфирования	5
СР11	Сравнение статического, внезапного и ударного приложения одной нагрузки	6
СР12	Подготовка итогового расчётного обоснования изменения конструкции с оценкой чувствительности	6

При подготовке к экзамену повторите В1–В12 и К1–К8. Для каждого способа объясните выбор модели и укажите пределы применимости. Сопоставляйте запасы по одному и тому же критерию и при согласованных нагрузках.

Основная литература по РПД — А.В. Александров и В.Д. Потапов, «Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности», 2002. Дополнительный источник — А.П. Филин, «Прикладная механика твёрдого деформируемого тела», 1975.