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»

Уровень высшего образования

БАКАЛАВРИАТ

Направление подготовки 23.03.03 — РФ, 670200 — КР «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»

Профиль «Автомобильный сервис»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

Фонд оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения дисциплины «Сопротивление материалов» обучающимися по программе бакалавриата КРСУ по направлению 23.03.03 — РФ, 670200 — КР «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», профиль «Автомобильный сервис».

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 Компетенция и этапы формирования 4
2 Технологическая карта 5
3 Типовые контрольные задания и иные оценочные материалы 6
4 Методические материалы и процедуры оценивания 23
5 Методические указания для обучающегося 25

Сведения о дисциплине

Параметр	Сведения по РПД
Дисциплина и раздел ООП	Сопротивление материалов, Б1.О.3
Направление	23.03.03 — РФ, 670200 — КР «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»
Профиль	Автомобильный сервис
Уровень, форма, семестр	Бакалавриат, очная форма, 4-й семестр
Трудоёмкость	3 ЗЕТ / 108 ч. Лекции — 18 ч, практические — 24 ч, СРС — 65,9 ч, КрТО — 0,1 ч
Аттестация	Зачёт с оценкой в 4-м семестре
Исходная база	РПД «Сопротивление материалов», 2026–2032 уч. гг., и предоставленный макет ФОС

1 Компетенция и этапы формирования

ОПК-3. Способен в сфере своей профессиональной деятельности проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные и результаты испытаний.

Результат РПД	Проверяемое действие	Оценочные средства
3.1.1	Объясняет гипотезы и законы, свойства материала, модели деформирования	A1, A2, D1
3.2.1	Выбирает схему, строит эпюры, проверяет прочность, жёсткость и устойчивость в пределах заданной модели	B1–B9, B11, C1–C2, K1–K4, D2–D3
3.2.2	Выполняет аналитический и вычислительный расчёт. Сопоставляет результаты, проверяет единицы и объясняет расхождения	B8, B10–B11, C1–C2
3.3.1	Обосновывает расчётный метод и выбор сечения, формулирует инженерный вывод	B3, B5, B6а–B6б, B9, C1–C2, D2–D3
ОПК-3	Фиксирует измеренные величины, обрабатывает данные, строит график и представляет результаты с оценкой расхождения	B10

Учебные допускаемые напряжения и перемещения заданы в условиях. Расчётные модели упрощены для оценки результатов дисциплины.

2 Технологическая карта дисциплины

Модуль	Темы и часы по РПД	Оценочные средства	Баллы
1	1.1–1.6. Л 4, Пр 8, СРС 10	A2.1–3 — 3, B1–B4 — 8	11
2	2.1–2.4. Л 4, Пр 2, СРС 10	A2.4–6 — 3, B5 — 2	5
3	3.1–3.3. Л 2, Пр 4, СРС 19,9	A2.7–9 — 3, B6а–B6б — 4, C1 — 12	19
4	4.1–4.8. Л 8, Пр 10, СРС 26	A2.10–12 — 3, B7–B11 — 10, C2 — 12	25
Аттестация	Зачёт с оценкой. КрТО — 0,1 ч	D1 — 10, D2 — 15, D3 — 15	40
Итого	108 ч	Текущий и рубежный контроль 60 + аттестация 40	100

A1 и K1–K4 служат для диагностики. Тематические тесты A2 и двенадцать практических работ блока B входят в текущий контроль. C1 и C2 защищаются по завершении разделов 3 и 4.

3 Типовые контрольные задания и иные оценочные материалы

Блок А Текущий и рубежный контроль

А1. Банк содержит по 20 вопросов на каждую из девяти двухчасовых лекций. Тема 4.5 объёмом 4 часа разделена на 4.5а и 4.5б. Шифр включает код лекции и номер вопроса. Ответы приведены в приложении 1.

А1 Лекция 1.1

Расчётная схема, метод сечений, напряжения и деформации

01. Что заменяет расчётная схема?
02. Когда элемент можно принять за стержень?
03. Чем пластина отличается от стержня?
04. Как заменить собственный вес призматической балки?
05. Когда допустима сосредоточенная сила?
06. Что даёт принцип Сен-Венана?
07. Какие действия выполняют в методе сечений?
08. Что вызывает продольная сила?
09. Как соотносятся усилия на двух берегах разреза?
10. Какой силовой фактор вызывает кручение?
11. Чем нормальное напряжение отличается от касательного?
12. Как определить среднее нормальное напряжение?
13. Чему равно 1 Н/мм²?
14. Что характеризует линейная деформация?
15. Что характеризует угловая деформация?
16. Возможно ли перемещение без деформации?
17. Что означает изотропия?
18. Что предполагает гипотеза плоских сечений?
19. Какую силу показывает скачок эпюры N?
20. Чему равно σ при N = 24 кН и A = 300 мм²?

A1 Лекция 1.4

Диаграммы растяжения и сжатия и расчёты по допускаемым напряжениям

01. Как построить инженерную диаграмму растяжения?
02. Что показывает наклон начального линейного участка?
03. Чем предел пропорциональности отличается от предела упругости?
04. Что обозначает условный предел текучести 0,2%?
05. Как определить временное сопротивление по данным испытания?
06. Что показывает относительное удлинение после разрыва?
07. Почему шейка влияет на истинное напряжение?
08. Что остаётся после разгрузки из пластической области?
09. Почему длинный образец опасен при испытании на сжатие?
10. Как найти допускаемое напряжение при заданных пределе и запасе?
11. Почему предел для пластичного материала часто связывают с текучестью?
12. Как выбрать допускаемые напряжения для хрупкого материала?
13. Что вычисляют при проверочном расчёте?
14. Что определяют при проектном расчёте стержня?
15. Как определить допустимую силу?
16. Чему равно [σ] при 240 МПа и n = 1,5?
17. Какая площадь нужна для 60 кН при [σ] = 150 МПа?
18. Допустимы ли 40 кН для A = 250 мм² и [σ] = 140 МПа?
19. Чему равно удлинение тяги 2 м при σ = 100 МПа и E = 200 ГПа?
20. Что определяет опасное сечение ступенчатого стержня?

A1 Лекция 2.1

Чистый сдвиг, закон Гука и напряжения на наклонных площадках

01. Что называют чистым сдвигом?
02. Почему τ_{xy} равно τ_{yx}?
03. Как измеряется инженерная деформация сдвига?
04. Какова формула закона Гука при сдвиге?
05. Как связаны E и G для изотропного упругого материала?
06. Как вычислить G при E = 210 ГПа и ν = 0,30?
07. Найти γ при τ = 24 МПа и G = 80 ГПа.
08. Какие главные напряжения при чистом сдвиге τ = 30 МПа?
09. Где лежат главные направления чистого сдвига?
10. Чему равно максимальное касательное напряжение при чистом сдвиге?
11. Как определить плотность упругой энергии при чистом сдвиге?
12. Чему равно u при τ = 40 МПа и G = 80 ГПа?
13. Как меняется энергия при удвоении τ?
14. Как по углу закручивания найти γ на радиусе r?
15. Где τ при кручении круглого сплошного стержня максимально?
16. Как найти крутящий момент в сечении?
17. Как найти угол закручивания круглого вала при постоянных T, G и Jp?
18. Как меняется максимальное τ при удвоении диаметра круглого вала при том же T?
19. Как меняется φ при удвоении диаметра при прочих равных?
20. Почему формула $\tau = Tr/Jp$ непригодна для прямоугольника?

А1 Лекция 2.2

Геометрические характеристики плоских сечений

01. Как найти площадь составного сечения с отверстием?
02. Что такое статический момент площади относительно оси x?
03. Как вычислить координату центра площади ȳ?
04. Чему равен статический момент относительно центральной оси?
05. Как ось симметрии помогает найти центр площади?
06. Каковы единицы площади, статического и осевого моментов?
07. Как определяют осевой момент инерции Ix?
08. Как определить полярный момент относительно точки?
09. Как определяют центробежный момент Ixy?
10. Когда Ixy равен нулю благодаря симметрии?
11. Как переносится осевой момент с параллельной центральной оси?
12. Как учитывается отверстие при расчёте I?
13. Каков Ix прямоугольника относительно центральной оси, параллельной b?
14. Чему равен Ix при b = 40 мм, h = 60 мм?
15. Как определить радиус инерции?
16. Какие оси называют главными центральными?
17. Что сохраняется при повороте осей?
18. Зачем нужен момент сопротивления W?
19. Почему у несимметричного сечения могут быть два W?
20. Как изменится Ix при увеличении всех размеров вдвое?

A1 Лекция 3.1

Прямой поперечный изгиб, эпюры и нормальные напряжения

01. Что называют чистым изгибом?

02. Что отличает поперечный изгиб?

03. Какое условие делает изгиб прямым?

04. Какие реакции даёт идеальная шарнирно-подвижная опора на горизонтальном основании?

05. Как связаны q, Q, M при q вниз и выбранной в ФОС конвенции?

06. Каков график Q при постоянной q?

07. Каков график M на участке с постоянной ненулевой q?

08. Что происходит с Q под сосредоточенной силой вниз?

09. Что вызывает скачок M?

10. Где искать экстремум M?

11. Как вычислить реакции простой балки с центральной силой P?

12. Чему равен Mmax для такой балки?

13. Как вычислить Mmax при равномерной нагрузке по всей простой балке?

14. Что такое нейтральная ось?

15. Как распределено σ по высоте сечения в линейной модели?

16. Где находится максимальное по модулю σ в сечении?

17. Какой W нужен для M = 4 кН·м и [σ] = 100 МПа?

18. Как проверить балку с W = 80 000 мм³ при M = 6 кН·м и [σ] = 100 МПа?

19. Как определить допускаемый момент при данном W?

20. Выполнена ли проверка жёсткости после проверки σ?

А1 Лекция 4.1

Виды напряжённого состояния и линейное напряжённое состояние

01. Что характеризует напряжённое состояние в точке?

02. Что называют главной площадкой?

03. Что называют главным направлением?

04. Сколько ненулевых главных напряжений при одноосном состоянии?

05. Сколько ненулевых главных напряжений возможно при плоском состоянии?

06. Какие главные напряжения имеет гидростатическое сжатие p?

07. Сколько главных площадок при гидростатическом состоянии?

08. Как упорядочивают главные напряжения в пространстве?

09. Какие напряжения возникают на площадке с нормалью вдоль силы при центральном растяжении?

10. Какие напряжения на площадке, нормаль которой перпендикулярна оси одноосного напряжения?

11. Как определить σ_n при угле θ между нормалью и осью одноосного напряжения?

12. Как определить модуль τ на той же площадке?

13. При каком угле θ в диапазоне 0–90° модуль касательного напряжения максимален при одноосном напряжённом состоянии?

14. Чему равны σ_n и модуль τ при одноосном напряжении 80 МПа и $\theta = 45°$?

15. Чему равно σ_n при $\sigma = -100$ МПа и $\theta = 60°$?

16. Как изменится σ_n при переходе от нормали n к −n?

17. Какова формула общего максимума касательного напряжения через главные?

18. Чему равно общее τ_{max} при одноосном сжатии 90 МПа?

19. Какой угол используют в формулах для наклонной площадки?

20. Почему размер сечения сам по себе не задаёт вид состояния в точке?

A1 Лекция 4.3

Плоское напряжённое состояние и круг Мора

01. Какие компоненты задают плоское напряжённое состояние в плоскости xy?

02. Обязательно ли ε_z равно нулю при плоском напряжённом состоянии?

03. Где расположен центр круга Мора?

04. Как найти радиус круга?

05. Что показывают пересечения круга с осью σ?

06. Как найти третье пространственное главное напряжение?

07. Чему равен максимальный модуль касательного напряжения в плоскости xy?

08. Когда пространственный максимум модуля касательного напряжения превышает радиус круга Мора для плоскости xy?

09. Какой угол на круге соответствует повороту площадки на θ?

10. Какие напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках представляют точки круга?

11. Как проверить вычисленные главные напряжения через след?

12. Как проверить их произведение?

13. Что получается при $\sigma_x = \sigma_y$ и $\tau_{xy} = 0$?

14. Какой круг при $\sigma_x = \sigma_y = 0$ и $\tau_{xy} = 30$ МПа?

15. Найти главные в плоскости при $\sigma_x = 80$, $\sigma_y = 20$, $\tau_{xy} = 40$ МПа.

16. Найти плоский и пространственный τ_{max} при главных 90 и 50 МПа.

17. Как определить угол главного направления?

18. Чему равно σ_n после поворота нормали от x на 90°?

19. Как записать σ_n при принятом положительном τ_{xy}?

20. Как вычислить эквивалентное напряжение Мизеса при плоском состоянии?

A1 Лекция 4.5a

Обобщённый закон Гука и объёмная деформация

01. Какие напряжения действуют на главных площадках?
02. Как записать ε_x для изотропного упругого материала?
03. Как найти γ_{xy}?
04. Чем γ_{xy} отличается от тензорной ε_{xy}?
05. Какие две упругие константы можно выбрать для изотропной среды?
06. Как выразить G через E и ν?
07. Как выразить объёмный модуль K?
08. Какова ε_x при $\sigma_x = 100$ МПа, $\sigma_y = 50$ МПа, $\sigma_z = 0$, $E = 200$ ГПа, $\nu = 0{,}3$?
09. Какова ε_z для тех же данных?
10. Всегда ли $\varepsilon_z = 0$ при плоском напряжённом состоянии?
11. Как записать ε_y при трёх ненулевых нормальных напряжениях?
12. Как определить ε_v через нормальные деформации?
13. Что представляет собой гидростатическое состояние?
14. Как связаны ε_v и σ_m?
15. Чему равна ε_v при $\sigma_m = -30$ МПа и $K = 150$ ГПа?
16. Как меняется форма изотропного элемента при одинаковом давлении во всех направлениях?
17. Для $\sigma_x = 60$ МПа, $\sigma_y = \sigma_z = 0$, $E = 200$ ГПа, $\nu = 0{,}30$ найдите ε_v.
18. Как определить ε_{xy} при $\tau_{xy} = 40$ МПа и $G = 80$ ГПа?
19. Может ли ε_v равняться нулю при ненулевых нормальных напряжениях?
20. Как соотносятся нормальные деформации при гидростатическом напряжении?

A1 Лекция 4.5б

Энергия изменения объёма и формы

01. Как определить удельную энергию линейно-упругой деформации?
02. Почему множитель ½ появляется в формуле энергии?
03. В каких единицах измеряют удельную энергию?
04. Как определить среднее нормальное напряжение?
05. Что называют девиатором напряжений?
06. Какова сумма нормальных компонент девиатора?
07. Как связаны объёмная деформация и среднее напряжение?
08. Как найти удельную энергию изменения объёма?
09. Как найти энергию изменения формы, если известны u и u_v?
10. Какова энергия изменения формы при чисто гидростатическом напряжении?
11. Какова объёмная деформация при чистом сдвиге?
12. Какова удельная энергия при чистом сдвиге?
13. Как получить энергию тела из плотности u?
14. Как выглядит u при одноосном напряжении σ?
15. Какая часть энергии зависит от знака σm?
16. При $\sigma m = -30$ МПа и $K = 150$ ГПа найдите u_v.
17. При $\tau = 40$ МПа и $G = 80$ ГПа найдите u при чистом сдвиге.
18. Что происходит с u_v, если K растёт при фиксированном σm?
19. Почему энергию следует проверять на неотрицательность?
20. Как энергия формоизменения связана с критерием Мизеса?

A2 Тематические тесты

A2.1. Один ответ. Сила 30 кН растягивает тягу площадью 200 мм². Напряжение равно: А) 15; Б) 150; В) 6000 МПа. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.2. Несколько ответов. Для формулы ΔL = NL/(EA) в указанном виде выберите условия: А) N постоянно; Б) EA постоянно; В) упругость линейная; Г) стержень обязательно имеет два жёстких закрепления. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.3. Расчёт. Найдите допускаемое напряжение при предельном напряжении 270 МПа и коэффициенте запаса 1,5. [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.4. Соответствие. Соотнесите A, Sx, Ix и W с характеристиками: 1 — осевой момент инерции; 2 — момент сопротивления; 3 — площадь; 4 — статический момент. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.5. Краткий ответ. Какой модуль связывает касательное напряжение и угловую деформацию при чистом сдвиге? [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.6. Расчёт. Диаметр круглого сплошного вала удвоен. Во сколько раз уменьшается максимальное τ при том же крутящем моменте? [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.7. Последовательность. Упорядочьте: А — найти реакции, Б — выделить расчётную схему и нагрузки, В — вычислить напряжения по M и W, Г — построить эпюры. [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.8. Один ответ. На участке с q = const > 0 график M: А) прямая; Б) парабола; В) постоянная линия. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.9. Расчёт. Прямоугольное сечение имеет W = 200000 мм³. Найдите максимальное нормальное напряжение при M = 8 кН·м. [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.10. Несколько ответов. При плоском состоянии в плоскости xy обязательно равны нулю: А) σz; Б) τxz; В) τyz; Г) εz. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

A2.11. Краткий ответ. Где на круге Мора расположены главные напряжения? [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.12. Расчёт. При гидростатическом сжатии среднее напряжение σm = −30 МПа, объёмный модуль K = 150 ГПа. Найдите объёмную деформацию. [Результат РПД 3.1.1. 1 балл.]

Блок В Практические и расчётные задания

В1 Продольная сила и напряжения в тяге стенда

1.2 · 2 ч · 3.2.1 · 2 балла

Тяга учебного стенда закреплена сверху. Два участка длиной 1 м имеют площади 400 и 200 мм² сверху вниз. В стыке приложено 12 кН вниз, на нижнем конце — 20 кН вниз. Постройте эпюры N и σ. Проверьте [σ] = 110 МПа.

В2 Удлинение ступенчатой тяги

1.3 · 2 ч · 3.2.1, 3.3.1 · 2 балла

Для тяги В1 при E = 200 ГПа постройте эпюру осевых перемещений, найдите перемещение конца. Проверьте учебное ограничение 1 мм и объясните, какой участок деформируется сильнее.

В3 Нагрев распорки между неподвижными упорами

1.5а · 2 ч · 3.2.1, 3.3.1 · 2 балла

Призматическая распорка L = 1,5 м, A = 500 мм², E = 200 ГПа, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/°C. Опоры не сближаются, зазора нет, нагрев равномерен на 35 °C. Определите силу, напряжение и реакции. Сопоставьте с [σc] = 120 МПа. Как изменится результат при свободном перемещении одной опоры? Какую отдельную проверку требует длинная распорка?

В4 Монтажный зазор в ограничителе

1.5б · 2 ч · 3.2.1 · 2 балла

Рассмотрите распорку В3 с исходным зазором 0,20 мм у одного упора. Проверьте замыкание зазора и найдите N, σ и упругую деформацию. Проверьте совместность и сравните с В3.

В5 Геометрия таврового профиля рамы

2.3 · 2 ч · 3.2.1 · 2 балла

Тавр составлен из стенки 20 × 80 мм и верхней полки 100 × 20 мм. Стенка расположена по оси симметрии. Прямоугольники соприкасаются без перекрытия, нижний край стенки имеет y = 0. Найдите A, $\bar{y}$, главные центральные оси и моменты инерции, меньший радиус инерции и W для обеих крайних зон относительно горизонтальной оси.

Блок В Изгиб и напряжённое состояние

В6а Изгиб поперечины рамы диагностического стенда

3.2а · 2 ч · 3.2.1, 3.3.1 · 2 балла

Простая балка рамы диагностического стенда имеет пролёт 4 м. Нагрузка 6 кН/м направлена вниз по всему пролёту. Прямоугольное сечение 100 × 180 мм, второй размер вертикален. Найдите реакции, постройте Q и M, найдите опасное сечение и проверьте [σ] = 30 МПа.

В6б Изгиб балки при несимметричной нагрузке

3.2б · 2 ч · 3.2.1, 3.3.1 · 2 балла

Балка сервисной оснастки шарнирно опёрта, пролёт 3 м. Сила 12 кН направлена вниз и приложена в 1 м от левой опоры. Сечение прямоугольное, ширина 60 мм, высота 120 мм. Найдите реакции, эпюры Q и M, опасное сечение и наибольший модуль σ. Проверьте [σ] = 60 МПа и условие M = 0 на правой опоре.

В7 Одноосное напряжённое состояние

4.2 · 2 ч · 3.2.1 · 2 балла

Тяга зажимного механизма стенда растянута с номинальным напряжением 120 МПа. Нормаль к площадке образует с осью 30°. Найдите нормальное напряжение, модуль касательного напряжения, главные напряжения и максимум модуля τ.

В8 Анализ напряжённого состояния элемента

4.4 · 2 ч · 3.2.1, 3.2.2 · 2 балла

В точке стального кронштейна ремонтной оснастки σx = 90 МПа, σy = 30 МПа, τxy = 40 МПа. Остальные компоненты нулевые. Постройте круг Мора. Для нормали под углом 45° к x найдите σn и τnt при касательной t = (−sinθ, cosθ). Определите главные напряжения и плоский и пространственный максимумы модуля τ.

Блок В Теории прочности и обработка измерений

В9 Сравнение критериев для кронштейна

4.6а · 2 ч · 3.2.1, 3.3.1 · 2 балла

По данным В8 вычислите эквивалентные напряжения по Мизесу и Треска. Сравните с [σ] = 108 МПа. Объясните различие выводов и проверьте главные напряжения по следу тензора.

В10 Обработка показаний тензодатчика

4.6б · 2 ч · ОПК-3, 3.2.2 · 2 балла

Для стального тягового элемента стенда A = 200 мм² получены пары F (кН) и ε (мкм/м): (0; 2), (4; 102), (8; 199), (12; 301). Зафиксируйте источник и нулевое показание. Вычтите начальное смещение, переведите F/A в МПа и постройте график σ от ε. Оцените E по крайним точкам и максимальное отклонение измерений ε от модели с E = 200 ГПа. Объясните, какие сведения о датчике нужны для вывода о погрешности. При работе в команде каждый сдаёт собственный расчёт и вывод.

В11 Обобщённый закон Гука для детали съёмника

4.7 · 2 ч · 3.2.1, 3.2.2 · 2 балла

Для состояния В8 при E = 200 ГПа и ν = 0,30 вычислите εx, εy, εz, γxy, объёмную деформацию и удельную энергию. Проверьте объёмную деформацию через среднее напряжение и объёмный модуль.

Блок С Расчётно-графические работы

Каждая работа оценивается в 12 баллов. Представьте исходные данные, схему, решение с единицами, независимую проверку и инженерный вывод. Защита 5–7 минут. Рубрика приведена в разделе 4.

С1 Прочность и жёсткость балочной системы

РГР3 по п. 5.3 РПД · 3.2.1, 3.2.2, 3.3.1

Для поперечины В6а с E = 200 ГПа и допустимым прогибом 5 мм выполните проверку по σ и прогибу. Аналитический ориентир для шарнирно опёртой балки с равномерной нагрузкой — $f = 5qL^4/(384EI)$. Постройте расчётную модель Эйлера — Бернулли с 3, 5 и 9 равными балочными элементами и согласованными узловыми нагрузками. Сравните реакции и прогиб в середине пролёта, используя интерполяцию формы элемента. Оцените расхождение и объясните ограничения балочной модели.

С2 Сложное сопротивление и устойчивость

РГР4 по п. 5.3 РПД · 3.2.1, 3.3.1

1. Для сплошного вала учебного стенда проверки трансмиссии заданы изгибающий момент M = 0,50 кН·м, крутящий момент T = 0,30 кН·м и учебный предел текучести 240 МПа. При запасе 2,0 по Мизесу определите минимальный диаметр в целых миллиметрах. Сравните исходные компоненты напряжения и проверьте округлённое сечение.
2. Для идеальной шарнирно опёртой стойки рамы стенда E = 200 ГПа, I_{min} = 40000 мм⁴, A = 250 мм², сила сжатия 10 кН. Найдите максимальную длину при запасе устойчивости 2,0. Используйте $F_{кр} = \pi^2 EI_{min}/L^2$. Проверьте критическое напряжение по учебному пределу пропорциональности 180 МПа.

Письменные контрольные задания

Предлагается 15 минут на одно задание. Оценка диагностическая, до 4 баллов: модель — 1, метод — 1, расчёт с единицами — 1, проверка или вывод — 1. Баллы не включаются в итоговый рейтинг.

К1 [3.2.1–3.2.2]. Тяга автомобильной сервисной оснастки длиной 800 мм и площадью 300 мм² растянута силой 27 кН. E = 200 ГПа, [σ] = 100 МПа. Найдите N, σ и удлинение. Проверьте прочность.

К2 [3.2.2]. Круглый вал стенда проверки трансмиссии диаметром 32 мм нагружен крутящим моментом 0,12 кН·м. Найдите максимальное касательное напряжение. Проверьте [τ] = 25 МПа.

К3 [3.2.1–3.2.2]. На простой балке площадки пролётом 4 м в середине приложена сила 16 кН вниз. Сечение 80 × 150 мм, высота 150 мм. Найдите реакции, эпюры Q и M и максимальное нормальное напряжение.

К4 [3.2.1]. В точке детали заданы σx = 70 МПа, σy = 10 МПа, τxy = 40 МПа, прочие компоненты нулевые. Найдите главные напряжения и проверьте их сумму.

Блок D Материалы зачёта с оценкой

4-й семестр. Билет содержит два теоретических вопроса D1, расчётную задачу D2 и задание на проверку и интерпретацию D3. Максимум — 40 баллов. Полные ориентиры решения приведены в приложении 1.

Билет 1

D1.1 (10 баллов). Какие действия выполняют при использовании метода сечений? Каковы предпосылки линейного распределения нормального напряжения при прямом изгибе?

D2.1 (15 баллов). Простая балка рамы диагностического стенда пролётом 3 м несёт равномерную нагрузку 5 кН/м вниз по всей длине. Ширина сечения 80 мм, высота 160 мм. Найдите реакции, постройте эпюры Q и M, определите максимальное нормальное напряжение и проверьте $[\sigma] = 20$ МПа.

D3.1 (15 баллов). Для тяги зажимного приспособления $A = 240$ мм², $L = 1600$ мм, $N = 24$ кН и $E = 200$ ГПа. Найдите σ и удлинение. Проверьте $[\sigma] = 110$ МПа и $[\Delta L] = 0{,}9$ мм. Восстановите силу по найденному удлинению. Какую отдельную проверку потребовала бы замена тяги сжатой стойкой?

Билет 2

D1.2 (10 баллов). Что определяют при проектном расчёте стержня? Как связаны q, Q, M при q вниз и выбранной в ФОС конвенции?

D2.2 (15 баллов). Простая балка опорной балки сервисного поста пролётом 4 м несёт равномерную нагрузку 4 кН/м вниз по всей длине. Ширина сечения 100 мм, высота 150 мм. Найдите реакции, постройте эпюры Q и M, определите максимальное нормальное напряжение и проверьте $[\sigma] = 20$ МПа.

D3.2 (15 баллов). Для распорки между неподвижными упорами $A = 400$ мм², $L = 1500$ мм, $E = 200$ ГПа, $\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/°C, $\Delta t = 25$ °C. Найдите N и σ при нулевом зазоре. Проверьте условие совместности. Что изменится при зазоре 0,50 мм до нагрева?

Билет 3

D1.3 (10 баллов). Как переносится осевой момент инерции с параллельной центральной оси? Как определить опасное сечение при прямом изгибе?

D2.3 (15 баллов). Простая балка переходного монтажной площадки стенда пролётом 4 м несёт равномерную нагрузку 6 кН/м вниз по всей длине. Ширина сечения 100 мм, высота 160 мм. Найдите реакции, постройте эпюры Q и M, определите максимальное нормальное напряжение и проверьте [σ] = 25 МПа.

D3.3 (15 баллов). В точке детали привода стенда σx = 60 МПа, σy = 20 МПа, τxy = 30 МПа, прочие компоненты нулевые. Найдите главные напряжения и σэкв по Мизесу, проверьте [σэкв] = 80 МПа и укажите независимую проверку результата.

Билет 4

D1.4 (10 баллов). Как связаны E и G для изотропного упругого материала? Как найти третье пространственное главное напряжение?

D2.4 (15 баллов). Простая балка площадки ремонтного поста пролётом 5 м несёт равномерную нагрузку 4 кН/м вниз по всей длине. Ширина сечения 120 мм, высота 180 мм. Найдите реакции, постройте эпюры Q и M, определите максимальное нормальное напряжение и проверьте [σ] = 22 МПа.

D3.4 (15 баллов). В точке кронштейна сервисного подъёмника σx = 80 МПа, σy = 40 МПа, τxy = 20 МПа, прочие компоненты нулевые. Найдите главные напряжения и σэкв по Мизесу, проверьте [σэкв] = 75 МПа и укажите независимую проверку результата.

4 Методические материалы и процедуры оценивания

4.1 Порядок проведения

Средство	Процедура	Фиксация
A1	Опрос по изученной лекции. 2 за полный ответ с обоснованием, 1 за верный основной тезис, 0 при существенной ошибке или пропуске.	Диагностика. До 2 баллов за ответ вне рейтинга.
A2	По три задания после каждого раздела. Численные ответы с единицами.	До 12 баллов
Практические работы B	Индивидуальная записка и объяснение проверки.	До 24 баллов
K1–K4	Письменная диагностика. 15 минут на задание.	До 4 баллов за задание вне рейтинга.
C1–C2	Расчётная записка и индивидуальная защита.	До 24 баллов
D1–D3	Один билет, 60 минут, калькулятор.	До 40 баллов

4.2 Критерии оценивания

Средство	Критерии и баллы
A2	1 за полный верный ответ. Для множественного выбора требуется полная комбинация. Иначе 0.
Практические работы B	1 за схему или фиксацию данных и обоснованный метод. 1 за расчёт, проверку и вывод.
K1–K4	По 1 за модель, метод, вычисления с единицами, проверку или вывод.
C1–C2	12 баллов: схема и исходные данные — 2, метод — 3, вычисления и единицы — 3, независимая проверка — 2, инженерный вывод и защита — 2.
D1	Два вопроса по 5. Понятия — 2, объяснение — 2, условия применения — 1.
D2	Схема — 3, метод — 4, результат с единицами — 5, проверка — 3.
D3	Модель — 3, решение — 5, проверка — 3, интерпретация — 4.

По критерию на 1 балл оценивается наличие корректного действия. При неполном выполнении многобалльного критерия учитываются верно показанные шаги. Локальная вычислительная ошибка снижает балл по соответствующему критерию. При округлении допускается отклонение до 1%. Согласованные альтернативные методы и правила знаков принимаются.

4.3 Шкала итогового результата

Итог — сумма целых баллов за текущий и рубежный контроль (до 60) и зачёт с оценкой (до 40). Шкала итоговых оценок предложена для согласования. Дополнительное округление не требуется.

Баллы	Оценка	Характеристика ответа
90–100	Отлично	Модель и расчёт корректны, результат проверен, пределы применимости объяснены.
75–89	Хорошо	Основной метод применён верно, отдельные неточности не меняют инженерного вывода.
60–74	Удовлетворительно	Ключевые понятия и основные действия показаны, отдельные проверки или обоснования неполны.
0–59	Неудовлетворительно	Недостаточно корректных действий для подтверждения освоения основных методов.

В проекте положительный результат соответствует сумме от 60 баллов. Допуск, сроки повторного контроля и пересдача определяются действующим локальным порядком университета. Дополнительные пороги в проекте не устанавливаются.

5 Методические указания для обучающегося

СРС по РПД	Часы	Задание и форма контроля
1.6 Центральное растяжение и сжатие	10	Построить эпюры, проверить перемещения и совместность. A1, B1–B4.
2.4 Чистый сдвиг, кручение и геометрия	10	Рассчитать характеристики сечения, разобрать кручение круглого вала. B5, K2, C2.
3.3 Прямой поперечный изгиб	19,9	Проверить эпюры и расчёт по прочности и жёсткости. B6а–B6б, C1.
4.8 Напряжённое состояние	26	Определить напряжения, деформации и энергию, выполнить проектную проверку. B7–B11, C2.
Итого	65,9	

В расчётной записке укажите схему, исходные данные, оси, знаки, единицы и характерные ординаты эпюр. Для балок в ФОС приняты q вниз, $dQ/dx = -q$ и $dM/dx = Q$. Указывайте условия применимости формул. В лабораторных отчётах отделяйте измеренные величины от вычисленных и оценивайте погрешность.

Для C1 приложите файл расчёта или таблицу с исходными формулами и проверкой сходимости. Литература по РПД: А. В. Дарков, «Сопротивление материалов», Высшая школа, 1989. А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин, «Сопротивление материалов», ФИЗМАТЛИТ, 2002. С. Н. Кривошапко, «Сопротивление материалов», Юрайт, 2013.