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 20.03.02 — РФ, 760100 — КР
«Природообустройство и водопользование»

Профиль «Комплексное использование и охрана водных ресурсов»

Квалификация

бакалавр

2026 г.

Фонд оценочных средств предназначен для оценки результатов освоения дисциплины «Сопротивление материалов» обучающимися по программе бакалавриата КРСУ по направлению 20.03.02 — РФ, 760100 — КР «Природообустройство и водопользование», профиль «Комплексное использование и охрана водных ресурсов».

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
Приложение 1 Ключи и ориентиры для преподавателя 26
Приложение 2 Формы фиксации результатов 41

Сведения о дисциплине

Параметр	Сведения по РПД
Дисциплина и раздел ООП	Сопротивление материалов, Б1.О.3
Направление	20.03.02 — РФ, 760100 — КР «Природообустройство и водопользование»
Профиль	Комплексное использование и охрана водных ресурсов
Уровень, форма, семестр	Бакалавриат, очная форма, 3-й семестр
Трудоёмкость	3 ЗЕТ / 108 ч. Лекции — 18 ч, практика — 18 ч, лабораторные — 18 ч, СРС — 53,8 ч, КрТО — 0,2 ч
Аттестация	Зачёт с оценкой
Исходная база	РПД «Сопротивление материалов», 2026–2032 уч. гг., и предоставленный макет ФОС

1 Компетенция и этапы формирования

ОПК-2. Способен принимать участие в научно-исследовательской деятельности на основе использования естественнонаучных и технических наук, учета требований экологической и производственной безопасности.

Матрица связывает результаты 3.1–3.3 РПД с оценочными средствами. Дисциплинарный вклад в ОПК-2 проверяется при построении моделей водохозяйственного оборудования, обработке экспериментальных данных и интерпретации расчётных проверок.

Результат РПД	Проверяемое действие	Оценочные средства
3.1.1–3.1.2	Объясняет гипотезы, напряжения и деформации, применяет законы упругости	A1.1.1, A1.1.3, A1.4.5, Л1–Л5, Л8, D1
3.1.3	Определяет и интерпретирует геометрические характеристики сечений	A1.2.3, B4, D1
3.1.4	Объясняет механизмы осевого деформирования, кручения и изгиба	A1.1.3–3.3, B1–B6, Л1–Л4, Л8, D1–D2
3.1.5–3.1.6	Определяет напряжения при совместном действии компонент и объясняет границы упрощённых проверок	A1.4.1–4.5, B2, B7–B8, Л8, C2, D3
3.2.1–3.2.3	Строит эпюры N, T, Q, M, рассчитывает сечения, прочность и жёсткость	B1–B6, C1–C2, D2
3.2.4–3.2.5	Определяет продольные перемещения и углы закручивания, применяет условия совместности	B1–B3, C1, D3.1–D3.2
3.2.6	Определяет главные и эквивалентные напряжения и проверяет результат	B7–B8, Л8, C2, K4, D3.3–D3.4
3.3.1–3.3.4	Обосновывает схему, проверяет модель и исходные данные, объясняет предел применимости	B2, B5–B8, Л1–Л8, C2, D3

Пункты 3.1–3.3 РПД упоминают также динамику, устойчивость, сложный изгиб, расчёт рам и ферм, определение перемещений методом Верещагина и метод сил. Их полный охват требует уточнения тематического плана. В рамках ФОС перемещения и совместность оцениваются на задачах осевого нагружения и кручения. Допускаемые значения в задачах являются учебными.

2 Технологическая карта дисциплины

Модуль	Темы и часы по РПД	Оценочные средства	Баллы
1	1.1–1.5. Л 4, Пр 6, СРС 20	A2.1–3 — 3, B1–B2 — 4	7
2	2.1–2.5. Л 4, Пр 4, СРС 18	A2.4–6 — 3, B3–B4 — 4, C1 — 8	15
3	3.1–3.5. Л 4, Пр 4, СРС 9,8	A2.7–9 — 3, B5–B6 — 4, C2 — 8	15
4	4.1–4.6. Л 6, Пр 4, СРС 6	A2.10–12 — 3, B7–B8 — 4	7
5	5.1–5.8. Лабораторные 18 ч	Л1–Л8 по 2 балла	16
Аттестация	Зачёт с оценкой. КрТО — 0,2 ч	D1 — 10, D2 — 15, D3 — 15	40
Итого	108 ч	Контроль 60 + аттестация 40	100

A1 применяется для опроса и самопроверки. A2, B и Л оцениваются после соответствующих тем. C1 и C2 защищаются после проверки записки. К1–К4 — диагностические варианты письменного контроля. Сроки устанавливаются по календарю группы.

3 Типовые контрольные задания и иные оценочные материалы

Блок А Текущий и рубежный контроль

А1. По каждой лекции даны 20 контрольных вопросов. Шифр включает код лекции и номер вопроса, например А1.2.3.04. Опорные ответы даны в приложении 1. Опрос и самопроверка охватывают вопросы на понимание, применение формул и анализ модели.

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 1.3

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 2.3

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?

A1 Лекция 3.3

Касательные напряжения при изгибе и формула Журавского

01. Какова формула Журавского?
02. Что означает S в этой формуле?
03. Что означает b?
04. Что означает I?
05. Какие единицы даёт подстановка Q в Н и размеров в мм?
06. Почему τ на свободных верхней и нижней гранях прямоугольника равно нулю?
07. Где τ максимально в прямоугольнике?
08. Каково τmax прямоугольного сечения?
09. Чему равно τmax при Q = 12 кН и A = 6000 мм²?
10. Как распределяется τ по высоте прямоугольника?
11. Что происходит с τ при переходе из полки двутавра в стенку?
12. Что такое поток касательных усилий?
13. Как связаны среднее касательное напряжение Q/A и τmax прямоугольника?
14. В каком сечении искать максимальное τ у призматической балки?
15. Чему равно τ от Q в сечении чистого изгиба?
16. Почему σmax и τmax не следует складывать как напряжения в одной точке?
17. Когда проверка по τ особенно существенна?
18. Как найти S на нейтральной оси прямоугольника?
19. Чему равно допустимое Q при A = 6000 мм² и [τ] = 6 МПа для прямоугольника?
20. Почему формула Журавского не даёт достоверного местного пика под опорой?

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 4.5

Объёмное напряжённое состояние и энергия деформации

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. Что такое девиатор напряжений?
12. Чему равен след девиатора?
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. Какова ε_v при чистом сдвиге?
17. Как записать полную удельную энергию в главных осях?
18. Почему в формуле энергии стоит 1/2?
19. Какие единицы имеет удельная энергия?
20. Как найти энергию изменения объёма?

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 3.1.2. 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 3.1.4. 1 балл.]

A2.3. Расчёт. Найдите допускаемое напряжение при предельном напряжении 270 МПа и коэффициенте запаса 1,5. [Результат РПД 3.2.2. 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 3.1.3. 1 балл.]

A2.5. Краткий ответ. Какой модуль связывает касательное напряжение и угловую деформацию при чистом сдвиге? [Результат РПД 3.1.2. 1 балл.]

A2.6. Расчёт. Диаметр круглого сплошного вала удвоен. Во сколько раз уменьшается максимальное τ при том же крутящем моменте? [Результат РПД 3.2.2. 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 3.2.1–3.2.2. 1 балл.]

A2.8. Один ответ. На участке с q = const > 0 график M: А) прямая; Б) парабола; В) постоянная линия. [Результат РПД 3.2.1. 1 балл.]

A2.9. Расчёт. Прямоугольная балка площадью 4000 мм². Найдите τmax при |Q| = 8 кН. [Результат РПД 3.2.2. 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 3.1.5. 1 балл.]

A2.11. Краткий ответ. Где на круге Мора расположены главные напряжения? [Результат РПД 3.2.6. 1 балл.]

A2.12. Расчёт. При гидростатическом сжатии среднее напряжение σm = −30 МПа, объёмный модуль K = 150 ГПа. Найдите объёмную деформацию. [Результат РПД 3.1.2. 1 балл.]

Блок В Практические и расчётные задания

В1 Осевое нагружение тяги затвора

1.2 · 2 ч · 3.2.1–3.2.2 · 2 балла

Стальная тяга подвеса затвора закреплена сверху. Два участка длиной 1 м каждый имеют площади 400 и 200 мм² сверху вниз. В стыке приложено 12 кН вниз, на нижнем конце — 20 кН вниз. E = 200 ГПа, [σ] = 110 МПа. Постройте эпюры N и σ, найдите перемещение конца и оцените прочность.

В2 Нагрев распорки направляющей затвора

1.4 · 4 ч · 3.2.2, 3.2.5, 3.3.1–3.3.4 · 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?

В3 Кручение вала механизма затвора

2.2 · 2 ч · 3.2.1–3.2.2, 3.2.5 · 2 балла

Вал механизма затвора заделан по обоим концам. В середине приложен момент 0,36 кН·м. Длина 1200 мм, диаметр 40 мм, G = 80 ГПа. Найдите реакции, постройте эпюру T, найдите τmax и угол поворота в точке приложения. Проверьте [τ] = 25 МПа и [φ] = 0,01 рад.

В4 Геометрия таврового сечения

2.4 · 2 ч · 3.2.3 · 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

В5 Изгиб балки обслуживающей площадки

3.2 · 2 ч · 3.2.1–3.2.2 · 2 балла

Простая балка обслуживающей площадки насосной станции 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.

В6 Касательные напряжения в балке

3.4 · 2 ч · 3.2.2, 3.3.2 · 2 балла

Для балки В5 используйте |Q| = 12 кН как номинальное расчётное значение у опоры. Найдите τ по высоте на уровнях y = 0, 45 и 90 мм от нейтральной оси. Покажите схему распределения и проверьте [τ] = 1,1 МПа. Прокомментируйте применимость возле зоны передачи реакции.

В7 Одноосное напряжённое состояние

4.2 · 2 ч · 3.2.6 · 2 балла

Тяга механизма решёткоочистителя 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 · 3.2.6, 3.3.2–3.3.4 · 2 балла

В точке стальной детали кронштейна σx = 90 МПа, σy = 30 МПа, τxy = 40 МПа, прочие компоненты нулевые. Постройте круг Мора. Определите нормальное и касательное напряжения на площадке с нормалью под 45° к x, три главных напряжения, плоский и пространственный максимумы |τ|. Найдите σэкв по Мизесу и сопоставьте с учебным пределом 120 МПа. В самостоятельной части 4.6 при E = 200 ГПа и ν = 0,30 найдите объёмную деформацию и удельную энергию.

Лабораторный практикум Работы 1–4

Каждая работа оценивается в 2 балла. Выполняйте измерения по регламенту учебной лаборатории. В отчёте покажите схему, фактические данные, обработку, единицы, погрешность и вывод. Условные примеры приложения используются для проверки вычислений.

Л1 Растяжение цилиндрического образца

5.1 · 3.1.1–3.1.2, 3.3.2 · 2 ч

Измерьте начальный диаметр и базу, снимите пары F и ΔL на стенде. Постройте инженерную диаграмму σ–ε. Укажите линейный участок и характерные точки, которые различимы по фактическим данным.

Л2 Сжатие образца из хрупкого материала

5.2 · 3.1.4, 3.3.2 · 2 ч

Зафиксируйте материал, геометрию и вид разрушения. По показаниям установки найдите номинальное напряжение при максимальной силе, обсудите влияние формы образца и трения торцов.

Л3 Чистый изгиб

5.3 · 3.1.4, 3.2.2 · 2 ч

Зафиксируйте схему установки и нагрузки, выделите участок с Q = 0. Снимите показания датчиков на двух уровнях и сопоставьте с линейным распределением напряжений.

Л4 Определение модуля упругости

5.4 · 3.1.2, 3.3.2 · 2 ч

Зафиксируйте геометрию и диапазон линейной работы. Вычислите E по наклону участка σ–ε, сопоставьте результат по двум интервалам или с линейной аппроксимацией.

Лабораторный практикум Работы 5–8

Л5 Определение коэффициента Пуассона

5.5 · 3.1.2, 3.3.3 · 2 ч

Измерьте продольную и поперечную деформации в упругом диапазоне. Постройте зависимость εпоп от εпрод и найдите коэффициент по наклону.

Л6 Определение ударной вязкости

5.6 · 3.1.2, 3.3.2 · 2 ч

По данным учебного испытания на ударный изгиб зафиксируйте тип надреза, температуру, энергию разрушения и площадь сечения под надрезом. Рассчитайте отношение энергии к площади и объясните условия сопоставления результатов.

Л7 Определение жёсткости пружины

5.7 · 3.1.2, 3.3.2 · 2 ч

Запишите показания нагрузки и перемещения пружины при ступенчатом нагружении и разгружении по регламенту стенда. Постройте график и определите жёсткость по наклону линейной части.

Л8 Кручение трубчатого образца

5.8 · 3.1.5, 3.2.6, 3.3.2 · 4 ч

Определите размеры круглой трубы, момент и угол поворота между контрольными сечениями по данным стенда. Сопоставьте измеренный угол с линейно-упругим расчётом. На наружной поверхности определите τ, главные напряжения и их направления. Укажите принятые ограничения.

Блок С Расчётно-графические работы

Каждая работа оценивается в 8 баллов. Представьте исходные данные, схему, расчёт, эпюры, независимую проверку и инженерный вывод. Защита занимает 5–7 минут.

С1 Растяжение тяги и кручение вала

3.2.1–3.2.3, 3.2.5

По данным В1 постройте эпюры N и σ, найдите удлинение и сравните с учебным пределом 1,0 мм. Для вала В3 замените сплошное сечение круглой трубой равной площади при dвн/dнар = 0,6. Определите размеры, сравните максимальные напряжения и повороты середины, выполните проверки по условиям В3.

С2 Прочность балки и напряжённое состояние детали

3.2.1–3.2.2, 3.2.6, 3.3.1–3.3.4

1. Для балки В5 постройте Q(x) и M(x). При b = 100 мм подберите минимальную целую высоту по [σ] = 30 МПа и [τ] = 1,1 МПа. Проверьте выбранное сечение, постройте τ(y) у опоры и объясните ограничения расчёта в зоне передачи реакции.
2. Для точки кронштейна затвора заданы σx = 70 МПа, σy = 10 МПа, τxy = 20 МПа, прочие компоненты нулевые. Вычислите главные напряжения. Сравните σэкв по Мизесу и Треска с учебным пределом 75 МПа. Объясните, почему выводы могут различаться.

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 подъёмника затвора 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 решёткоочистителя 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 [3.2.6]. 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

3-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 в методе сечений? Как определяют статический момент S в формуле Журавского?

D2.1 (15 баллов). Простая балка рамы затвора 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 [σ] = 20 МПа.

D3.1 (15 баллов). Для тяги механизма затвора A = 240 мм², L = 1600 мм, N = 24 кН и E = 200 ГПа. Найдите σ и удлинение. Проверьте [σ] = 110 МПа и [ΔL] = 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 служебной площадки насосной станции 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 [σ] = 20 МПа.

D3.2 (15 баллов). Для распорки между неподвижными упорами A = 400 мм², L = 1500 мм, E = 200 ГПа, α = 12·10⁻⁶ 1/°C, Δt = 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 с параллельной центральной оси? Где τ максимально в прямоугольнике?

D2.3 (15 баллов). Простая балка мостика канала 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 водозабора 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 обслуживания водозабора 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 детали кронштейна затвора 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
B1–B8	Индивидуальная записка и объяснение проверки.	До 16 баллов
Л1–Л8	Отчёт по фактическим данным и индивидуальная защита.	До 16 баллов
C1–C2	Расчётная записка и индивидуальная защита.	До 16 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.
B1–B8	По 1 за схему и метод, расчёт с проверкой и вывод.
Л1–Л8	1 за зафиксированные данные и корректную обработку. 1 за проверку и объяснение результата, включая источники погрешности.
C1–C2	По 2 за схему и допущения, метод, вычисления и эпюры, независимую проверку и защиту.
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
1.5 Центральное растяжение и сжатие	20	Построить эпюры и проверить совместность. A1, B1–B2.
2.5 Чистый сдвиг, кручение и геометрия	18	Рассчитать углы поворота и характеристики сечения. A1, B3–B4, C1.
3.5 Прямой поперечный изгиб	9,8	Проверить эпюры, напряжения и расчётные ограничения. B5–B6, C2.
4.6 Напряжённое состояние	6	Вычислить главные напряжения, деформации и энергию. A1, B7–B8.
Итого	53,8	

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 построения эпюр в C2 можно использовать электронную таблицу или Python. Приложите исходные формулы и проверьте характерные ординаты аналитически. 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.