

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Крюков Вадим Николаевич

Должность: Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике

Дата подписания: 25.06.2026 16:25:57

Уникальный программный ключ:

1b0adb7fd710f6a0725d90c58682bd0c52f25b2

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Заполярье государственный университет им. Н. М. Федоровского»**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине**  
**Сопротивление материалов**

Уровень образования: специалитет

Кафедра «Разработка месторождений полезных ископаемых»

Разработчик ФОС:

Оценочные материалы по дисциплине рассмотрены и одобрены на заседании кафедры, протокол № от г.

И.о.заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Т.П. Дарбинян

Фонд оценочных средств по дисциплине Сопротивление материалов для текущей/промежуточной аттестации разработан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности / направлению подготовки 21.05.04 Горное дело на основе Рабочей программы дисциплины Сопротивление материалов, утвержденной решением ученого совета от г., Положения о формировании Фонда оценочных средств по дисциплине (ФОС), Положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ЗГУ, Положения о государственной итоговой аттестации (ГИА) выпускников по образовательным программам высшего образования в ЗГУ им. Н.М. Федоровского.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы**

Таблица 1. Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения
ОПК-6 Способен применять методы анализа и знания закономерностей поведения и управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также при строительстве и эксплуатации подземных объектов	ОПК-6.1 Систематизирует методы предельного напряженного состояния массива горных пород
	ОПК-6.2 Владеет инженерными и технологическими методами управления геомеханическими процессами

Таблица 2. Паспорт фонда оценочных средств

№п/п	Контролируемые разделы(темы) дисциплины	Кодрезультатаобучения по дисциплине/ модулю	Оценочные средства текущей		Оценочные средства промежуточной	
			Наименование	Форма	Наименование	Форма

**2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы.**

**2.1. Задания для текущего контроля успеваемости**

Введение в курс «Сопротивление материалов»

1. Что изучает дисциплина «Сопротивление материалов».
2. Три группы элементов конструкций: стержень, пластина и оболочка и массивные тела.

3. Моделирование элементов конструкций и деталей машин. Что такое расчетная схема. Какие внешние воздействия бывают, как изображают силовые воздействия на схеме.

4. Моделирование материала. Основные гипотезы (допущения) о свойствах материалов деформируемых твердых тел.

5. Моделирование деформации. Назовите основные гипотезы (допущения) о характере деформирования стержней.

6. В чем заключается принцип суперпозиций (независимости действия сил) и Сен-Венана.

7. Раскройте основные понятия сопротивления материалов: прочность, жесткость, устойчивость.

8. Что такое внутренняя сила в сопротивлении материалов. Какие внутренние усилия бывают. Метод определения внутренних усилий. Его идея (в чем заключается). Что такое эпюра внутреннего усилия.

9. Что такое напряжение в точке сечения стержня. Запишите выражения внутренних усилий через нормальные и касательные напряжения.

10. Что такое деформация тела. Виды деформации. Какие деформации бывают.

#### Центральное растяжение и сжатие прямого стержня

1. Какие внутренние усилия возникают при растяжении-сжатии.

2. Записать формулы для определения напряжений в поперечных и наклонных сечениях бруса при растяжении – сжатии.

3. Записать закон парности касательных напряжений.

4. Показать вид эпюры напряжений при растяжении – сжатии.

5. Какие деформации возникают при растяжении и сжатии. Коэффициент Пуассона.

6. Математическая запись закона Гука. Что характеризует модуль упругости первого рода (модуль Юнга). Его физический и графический смысл. Жесткость и податливость при растяжении и сжатии.

7. Что такое допускаемое напряжение, коэффициент запаса прочности.

8. Записать условие прочности при растяжении-сжатии для хрупких материалов.

9. Записать условие прочности и жесткости при растяжении-сжатии для пластичных материалов.

10. Показать три основных вида задач при расчетах на прочность.

#### Геометрические характеристики поперечных сечений стержней

1. Для чего вычисляют геометрические характеристики сечений.

2. Записать формулы для определения статических моментов и центра тяжести площади.

3. Как вычисляются осевые, полярные и центробежные моменты инерции площади (прямоугольника, круга, треугольника).

4. Как вычислить момент инерции плоских сечений при параллельном переносе координатных осей.

5. Как вычислить момент инерции плоских сечений при повороте координатных осей.

6. Формулы для определения главных моментов инерции и положения главных осей.

7. Расскажите порядок вычисления моментов инерции сложных сечений.

8. Что такое момент сопротивления сечения, где его используют.

#### Механические характеристики материала

1. Какие испытания проводятся для определения характеристик материала. Перечислить механические характеристики материала.

2. Перечислить зоны на диаграмме растяжения малоуглеродистой стали. Описать поведение материала в каждой зоне. Показать эскиз разрушенного образца из малоуглеродистой стали

3. Что такое наклеп. Показать на диаграмме.

4. Показать график растяжения стали в осях  $\sigma - \epsilon$ . Отметить характеристики прочности материала. Их единицы измерения.

5. Записать формулу для определения предела пропорциональности. Дать определение.

6. Записать формулу для определения предела упругости. Дать определение.

7. Записать формулу для определения предела текучести. Дать определение.

8. Записать формулу для определения предела прочности. Дать определение.

9. Записать формулы для определения характеристик пластичности. Дать определение.

10. Выделить на диаграмме долю упругой и остаточной деформаций. Дать определение.

11. Показать диаграммы сжатия и растяжения хрупкого материала (на примере чугуна). Какие характеристики прочности определяются при испытании, описать поведение материала. Показать эскиз разрушенного образца.

12. Показать диаграмму сжатия пластичного материала (на примере меди). Какие характеристики прочности определяются при испытании, описать поведение материала. Показать эскиз разрушенного образца.

13. Показать диаграмму сжатия анизотропного материала (на примере дерева). Какие характеристики прочности определяются при испытании, описать поведение материала. Показать эскизы разрушенного образца при испытании вдоль и поперек волокна.

14. Какое напряжение называют допускаемым. Формула для его вычисления. Допускаемое напряжение для хрупкого и пластичного материала.

Сдвиг (срез). Кручение стержня круглого сечения

1. Какой вид деформации называется сдвиг (срез). Какие возникают внутренние усилия.

2. Какие напряжения возникают при сдвиге (срезе) в поперечном сечении стержня. Как их вычислить.

3. Какие деформации возникают при сдвиге (срезе). Формулы для их определения. Показать математическую запись закона Гука при сдвиге.

4. Дать характеристику модуля упругости второго рода (модуль сдвига). Его физический смысл. Единицы измерения. Жесткость и податливость при чистом сдвиге.

5. Записать зависимость между модулями упругости первого и второго рода и коэффициентом Пуассона.

6. Условие прочности при сдвиге (срезе) (запись через допускаемое напряжение и через коэффициент запаса).

7. Виды расчетов на прочность заклепочного соединения.

8. Расчет заклепочного соединения на срез (на примере).

9. Расчет заклепочного соединения на смятие (на примере).

10. Расчет заклепочного соединения на разрыв соединяемых листов (на примере).

Кручение стержня круглого сечения

1. Какой вид деформации называется кручением.

2. Какие внутренние усилия возникают при кручении. Как их определить (метод). Правило знаков для внутреннего усилия. Построение эпюры крутящего момента. Правила проверки правильности построения эпюр.

3. Какие напряжения возникают при кручении в поперечном сечении стержня. Как их вычислить. Опасные точки, напряжения в них. Распределение напряжений в

поперечном сечении вала (эпюра напряжения).

4. Какие деформации возникают при кручении. Формулы для их определения.

5. Запись закона Гука при кручении в деформациях и напряжениях. Модуль сдвига. Его физический смысл. Единицы измерения модуля сдвига. Формула, которая связывает характеристики упругости материала. Жесткость при кручении.

6. Записать условия прочности и жесткости при скручивании бруса круглого сечения.

7. Расчет валов на прочность и жесткость. Виды расчетов на прочность (проектировочный и проверочный).

8. Статически неопределимые задачи при кручении. Порядок решения. Уравнение совместности деформаций.

Изгиб прямых стержней

1. Виды изгиба. Прямой и косой изгиб. Чистый и поперечный изгиб.

2. Какой вид деформации называется прямой поперечный изгиб.

3. Какие внутренние силовые факторы возникают в поперечных сечениях балок при изгибе. Дать определение. Как их определить (метод). Правило знаков для внутреннего усилия. Построение эпюр внутренних усилий.

4. Правила проверки правильности построения эпюр. Записать дифференциальные зависимости Журавского.

5. Какие напряжения возникают при прямом поперечном изгибе в поперечном сечении стержня. Как их вычислить. Опасные точки, напряжения в них. Эпюры касательных и нормальных напряжений.

6. Какие деформации возникают при прямом поперечном изгибе. Формулы для их определения. Записать закон Гука, жесткость балки при изгибе.

7. Сформулировать условие прочности при изгибе. Три вида задач.

8. Расчет балок на прочность.

Определение перемещений в упругих системах

1. Запись дифференциального уравнения изогнутой оси балки (приближенное). Метод непосредственного интегрирования дифференциального уравнения. Значения перемещений для граничных условий. Метод начальных параметров. Порядок определения перемещений с помощью непосредственного интегрирования дифференциального уравнения, метода начальных параметров.

2. Запись интеграла Мора. Какие составляющие интеграла используют при разных видах деформации. Где применяют.

3. Формулировка правила Верещагина. Где применяют. Показать на примере. Формула Симпсона для перемножения трапеций.

#### 5.1.2. Контрольные вопросы к экзамену

Основы теории напряженного и деформированного состояния. Гипотезы прочности

1. Что такое напряженное состояние в точке. Виды напряженного состояния.

2. Как определить главные напряжения и положения главных площадок при линейном напряженном состоянии.

3. Записать формулы для удельной потенциальной энергии. Энергия изменения объема и энергия изменения формы.

4. Как определить главные напряжения и положения главных площадок при плоском напряженном состоянии.

5. Записать формулы для определения наибольших касательных напряжений и площадок сдвига.

6. Записать обобщенный закон Гука.

7. Понятие об эквивалентном напряжении и о равноопасных напряженных

состояниях.

8. Перечислить и записать основные гипотезы прочности материала.

Сложное сопротивление стержня

1. Виды сложного сопротивления. Задачи сложного сопротивления.

2. Косой изгиб. Какие внутренние усилия и напряжения возникают, их эпюры. Определение положения силовой плоскости действия полного момента, нулевой линии (оси). Что такое нейтральная ось. Какие точки сечения называют опасными. Как проводится расчет на прочность. Определение перемещений при косом изгибе.

3. Внецентренное сжатие или растяжение. Какие внутренние усилия и напряжения возникают. Формула для определения напряжения в точке. Правило знаков. Какие точки сечения называют опасными. Положение нулевой линии. Эпюра нормальных напряжений. Что такое ядро сечения, определение его границ. Расчет на прочность.

4. Изгиб и кручение. Внутренние усилия и их эпюры. Какие деформации вала вызывает окружная сила, осевая сила, радиальная сила. Какие точки сечения называют опасными. Эпюры нормальных и касательных напряжений в опасных точках. Как выбирается опасное сечение вала. Определение эквивалентных напряжений по третьей и четвертой гипотезам прочности. Первая и вторая гипотезы прочности. Проектировочный расчет на прочность.

Статически неопределимые системы. Метод сил.

1. Раскрыть понятие о степенях свободы и связях. Какие связи называют необходимыми и дополнительными (лишними). Вычисление степени статической неопределимости. Как раскрыть статическую неопределимость системы.

2. Перечислить порядок расчета простейших статически неопределимых стержневых систем методом сил. Какая система называется основной системой метода сил (требования, способы формирования). Каноническая форма записи условий совместности деформаций для раскрытия статической неопределимости (каноническое уравнение). Физический смысл коэффициентов, свободных членов канонических уравнений, их определение. Статическая и деформационная проверки. Построение действительных эпюр внутренних усилий.

3. Уравнение трех моментов. Физический смысл уравнения. Определение степени статической неопределимости. Как задается основная система для уравнения трех моментов. Порядок расчета неразрезных балок.

Устойчивость сжатых стержней

1. Раскрыть понятие об устойчивых и неустойчивых формах равновесия. Критическая сила. Для каких элементов выполняют расчет на устойчивость. В чем он заключается.

2. Устойчивость прямолинейной формы равновесия сжатых стержней в упругой стадии. Записать формулу Эйлера, пределы ее применимости. Раскрыть понятие о гибкости и приведенной длине стержня, влияние различных случаев опорных закреплений стержней.

3. Как происходит потеря устойчивости при напряжениях, превышающих предел пропорциональности. Запись формулы Энгессера – Ясинского для определения критической силы. График зависимости критических напряжений от гибкости стержня. Понятие предельной гибкости стержня.

4. Как выполняют практические расчеты сжатых стержней на устойчивость. Записать условие устойчивости формы равновесия сжатого стержня. Что показывает коэффициент снижения основного допускаемого напряжения (коэффициент продольного изгиба), от чего зависит. Определение несущей способности стержня.

## Действие динамических нагрузок

1. Перечислить виды динамических нагрузок. Что показывает динамический коэффициент. Какие существуют методы расчета на динамические нагрузки (принцип Даламбера). Определение динамических напряжений.

2. Определение динамического коэффициента при подъеме-опускании или вращении элементов конструкций с ускорением. Показать эпюры внутренних усилий.

3. Основные понятия о свободных и вынужденных колебаниях упругих систем с одной степенью свободы. Период (частота) колебаний. Динамический коэффициент. Что такое резонанс, методы борьбы. Определение напряжений при вибрационной нагрузке (расчет рамы под двигателем).

4. Расчеты на удар. Динамический коэффициент. Расчет на прочность при ударе.

## Действие периодически изменяющихся нагрузок

1. Понятие об усталостном разрушении элементов конструкций и деталей машин. Возникновение и развитие усталостных повреждений. Механизм усталостного разрушения. Классификация режимов циклических нагрузок и напряжений. Основные характеристики цикла.

2. Предел выносливости. Кривая Вёллера. Факторы, влияющие на выносливость: концентрация напряжений, масштабный эффект, качество обработки поверхности, коэффициент асимметрии цикла. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений.

3. Выносливость при совместном циклическом изгибе и кручении. Определение коэффициента запаса усталостной прочности.

4. Диаграмма напряжений.

## 2.2 Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

### 1. Темы курсовых работ (проектов)

*Включают выполнение комплексных расчетов на прочность и жесткость элементов конструкций, построение эпюр внутренних силовых факторов и подбор сечений при различных видах деформации.*

• **Расчет на прочность и жесткость элементов надшахтного копра** при действии статических и динамических нагрузок от подъемных канатов.

• **Проектирование и расчет на прочность балочных элементов крепи** сопряжения подземных выработок при неравномерном распределении горного давления.

• **Расчет на устойчивость вертикальных стоек** шахтной металлической крепи (или гидравлических стоек) при продольном изгибе.

• **Комплексный расчет ступенчатого стального вала** приводного шкива шахтной подъемной машины на совместное действие кручения и изгиба.

• **Расчет прочности и оценка несущей способности** многоканатных подвесных систем и проводников в вертикальных шахтных стволах.

• **Определение напряженно-деформированного состояния подпорных стен** и элементов анкерной крепи при сдвиге и растяжении в массиве пород.

### 2. Темы рефератов

*Направлены на глубокое теоретическое изучение механических свойств конструкционных материалов, гипотез прочности и специфики деформаций в горном деле.*

• **Основные теории (гипотезы) прочности** и особенности их применения при расчете элементов горно-шахтного оборудования.

• **Механические испытания материалов на растяжение, сжатие и кручение:** методики построения диаграмм напряжений и определение предельных характеристик.

• **Явление усталости металлов и циклические нагрузки** в элементах подъемных сосудов (скипов, клетей) и методы предотвращения усталостного разрушения.

- **Концентрация напряжений в элементах конструкций** (отверстия, надрезы, шпоночные пазы) и ее влияние на надежность узлов проходческих комбайнов.

- **Сравнительный анализ работы рамных крепей** различного профиля (двутавр, спецпрофиль СВП, трубчатые сечения) в условиях сложного напряженного состояния.

- **Экспериментальные методы исследования напряжений** (тензометрия, фотоупругость) и их применение для контроля состояния элементов шахтной крепи.

### **3. Темы научно-исследовательских эссе**

*Ориентированы на развитие критического инженерного мышления, понимание физики разрушения материалов и связь сопромата с безопасностью недропользования.*

- **Почему «сопромат» необходим маркшейдеру:** связь деформаций инженерных конструкций на промплощадке шахты с точностью геодезических наблюдений.

- **Ударные и динамические нагрузки в горном деле:** анализ прочности элементов крепи при внезапных геодинамических явлениях (горных ударах).

- **Композитные материалы вместо стали:** перспективы и ограничения применения полимерных и базальтопластиковых анкеров в подземных выработках.

- **Температурный фактор и ползучесть материалов:** как экстремальные условия (глубокие шахты или условия Крайнего Севера) меняют сопротивляемость конструкций.

- **Анализ инженерных катастроф в горной отрасли,** вызванных ошибками в расчетах на прочность и потерей устойчивости элементов крепей или копров.

Для контроля освоения дисциплины предусмотрен текущий контроль знаний и промежуточная аттестация.

Текущий контроль проводится в виде письменного опроса (проверочная работа) и тестирования по темам занятий. Оценочные средства для письменного опроса – контрольные вопросы по темам дисциплины. Оценочные средства для тестирования – Тест первого типа: тестовое задание по теме содержит 5 вопросов.

Промежуточная аттестация – экзамен. Оценочные средства: для экзамена – экзаменационный билет, который содержит теоретические вопросы (проверка категории «знать») и задачи (проверка категорий «уметь» и «владеть»).