



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП
«Шахтное и подземное строительство»


Макишин В.Н.
« 14 » января 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор
Отделения горного и нефтегазового дела


Шестаков Н.В.
« 15 » января 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«Сопротивление материалов»
Специальность – 21.05.04 Горное дело
Специализация «Шахтное и подземное строительство»
Форма подготовки - очная

курс 2 семестр 3, 4
лекции 54 час.
практические занятия 54 час.
лабораторные работы - час.
в том числе с использованием МАО лек.10/пр.0 час.
всего часов аудиторной нагрузки 108 час.
в том числе с использованием МАО 10 час.
самостоятельная работа 72 час.
в том числе на подготовку к экзамену 27 час.
контрольные работы 1
курсовая работа 4 семестр
зачет 3 семестр
экзамен 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 17.10.2016 г. № 1298

Рабочая программа обсуждена на заседании отделения горного и нефтегазового дела, протокол № 2 от 22 декабря 2020 г.

Директор отделения горного и нефтегазового дела Н.В. Шестаков
Составитель

к.т.н., доцент отделения машиностроения, морской техники и транспорта Б.В. Гольцев

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Аннотация

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по специальности 21.05.04 Горное дело, по специализации «Шахтное и подземное строительство» и входит в базовую часть Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (индекс Б1.Б.40)

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 180 часов (5 зачетных единиц). Учебным планом предусмотрены: лекционные занятия (54 часов), практические занятия (54 часов), самостоятельная работа студента (72 часов, из них 27 часов на подготовку к экзамену). В ходе изучения дисциплины предусмотрено выполнение контрольной работы и курсовой работы. Дисциплина реализуется на 2 курсе в 3-м семестре (зачет) и 4-м семестре (экзамен).

Дисциплина «Сопротивление материалов» опирается на уже изученные дисциплины, такие как «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Информатика», «Теоретическая механика», «Начертательная геометрия и инженерная графика». Содержание дисциплины охватывает следующий круг вопросов: введение в механику; осевое растяжение-сжатие; сдвиг и кручение; геометрические характеристики плоских сечений; поперечный изгиб; анализ напряженно-деформированного состояния; теории прочности; сложное сопротивление; энергетические методы определения перемещений в конструкциях; расчет статически неопределимых систем; устойчивость стержневых систем; расчеты на динамическое и ударное действие нагрузки; расчеты на прочность при переменных напряжениях; расчеты осесимметричных оболочек по безмоментной теории.

Цель дисциплины – овладение основами проектирования и оценки прочности конструкций.

Задачи дисциплины:

- расширение фундамента общетехнической подготовки студента;
- изучение методологии решения расчетно-теоретических и лабораторно-экспериментальных задач;
- установление межпредметных связей дисциплины «Сопротивление материалов» с фундаментальными дисциплинами естественнонаучного и профессионального профиля.
- овладение технической и технологической терминологии.
- обеспечение базовой инженерной подготовки в области прикладной механики деформируемого твердого тела.

Для успешного изучения дисциплины «Сопротивление материалов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

– готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-7, частично);

– готовность работать с программными продуктами общего и специального назначения для моделирования месторождений твердых полезных ископаемых, технологий эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, при строительстве и эксплуатации подземных объектов, оценке экономической эффективности горных и горно-строительных работ, производственных, технологических, организационных и финансовых рисков в рыночных условиях (ПК-22, частично).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих компетенций:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-8 способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления	Знает	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Умеет	составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений
	Владеет	Приемами решения дифференциальных уравнений

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Сопротивление материалов» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения:

- - «проблемная лекция».

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ (54 часа)

Раздел 1 .Растяжение и сжатие (14 часов)

Тема 1.1. Внутренние силы напряжения, возникающие в поперечных сечениях стержня при растяжении и сжатии

Тема 1.2. Удлинения стержня и закон Гука

Тема 1.3. Потенциальная энергия деформации

Тема 1.4. Статически определимые и статически неопределимые системы

Тема 1.5. Напряжённое и деформированное состояние при растяжении и сжатии

Тема 1.6. Испытание материалов на растяжение и сжатие. Диаграмма растяжения

Тема 1.7. Основные механические характеристики материалов

Тема 1.8. Расчёты на прочность и жёсткость при растяжении и сжатии

Вопросы по проблематике лекции:

1. Какие силы в сопротивлении материалов считают внешними? Какие силы являются внутренними?
2. Что называют внутренними усилиями?
3. Как определяют внутренние усилия?
4. Какие правила знаков приняты для каждого из внутренних усилий?
5. Являются ли реакции опор внутренними усилиями?
6. В чем суть метода сечений?

Вопросы для самопроверки

1. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простым деформациям?
2. Каково аналитическое выражение закона Гука?
3. Какой геометрический смысл имеет модуль Юнга?
4. Какой физический смысл имеет модуль Юнга?
5. Что такое абсолютная деформации стержня?
6. Что такое относительная деформация?
7. От чего зависит деформация при осевом растяжении-сжатии?
8. Что называется жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
9. Что такое допускаемое напряжение?

10. В чем смысл условия прочности?
11. В чем смысл условия жесткости?
12. Что называется пределом текучести материала σ_m ?
13. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?
14. В чем состоит условность диаграммы растяжения образца из мягкой стали?
15. Почему по диаграмме $\sigma - \varepsilon$ разрушение при растяжении происходит не при наибольших напряжениях?

Раздел 2. Сдвиг и кручение (10 часов)

Тема 2.1. Чистый сдвиг

Тема 2.3. Деформация при сдвиге. Закон Гука при сдвиге

Тема 2.4. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения

Тема 2.5. Напряжения и деформации при кручении бруса круглого поперечного сечения

Тема 2.6. Статически неопределимые задачи при кручении

Вопросы для самопроверки

1. Что называется абсолютным и относительным сдвигом?
2. Как формулируется закон Гука при сдвиге?
3. Как находится условная площадка смятия заклёпки?
4. По какому сечению в заклёпочном соединении производится проверка прочности листов на разрыв?
5. Возникают ли нормальные напряжения в поперечном сечении вала?
6. Механические характеристики поперечных сечений бруса
7. При какой нагрузке на брус возникает деформация кручения?
8. Что называют полярным моментом сопротивления?
9. Что называется жёсткостью при кручении?
10. В чём состоит расчёт на прочность при кручении?
11. В чём состоит расчёт на прочность при кручении?
12. Как и почему разрушается при кручении вал, изготовленный из хрупкого материала?

Раздел 3. Геометрические характеристики плоских сечений (6 часов)

Тема 3.1. Статические моменты сечений

Тема 3.2. Моменты инерции сечений

Тема 3.3. Изменение моментов инерции при параллельном переносе осей

Тема 3.4. Изменение моментов инерции при повороте осей

Тема 3.5. Вычисление моментов инерции сложных сечений

Вопросы для самопроверки

1. Какие оси плоского сечения называются центральными осями сечения?
2. Что такое осевой момент инерции?
3. Может ли главная ось быть нецентральной?
4. Что такое собственный момент инерции плоского сечения?
5. Что такое переносный момент инерции?
6. Какова связь между осевыми моментами инерции и полярным моментом инерции плоского сечения?
7. Как определить наибольшее значение центробежного момента инерции сечения?
8. Какие оси плоского сечения называются главными?
9. Какое соотношение между осевыми моментами инерции сечения, если центробежный момент инерции достигает своего максимального значения?
10. На какой угол следует повернуть координатные оси, чтобы осевой момент инерции стал равным нулю?
11. Для какой оси из множества параллельных, осевой момент инерции принимает минимальное значение?
12. Когда положение главных осей можно определить без вычислений?
13. Сколько главных осей можно указать для плоского произвольного сечения?
14. Какие параметры сечения необходимо знать, чтобы вычислить осевые моменты инерции при параллельном переносе осей?
15. Какова размерность статического момента площади сечения?
16. Какова размерность полярного момента инерции?
17. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить максимальный центробежный момент инерции сечения?
18. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить второй главный?
19. Как определить положение центра тяжести сечения, имеющего две оси симметрии?
20. Как определить центр тяжести сечения, имеющего одну ось симметрии?

Раздел 4. Теория напряжённого состояния (10 часов)

Тема 4.1. Виды напряжённого состояния

Тема 4.2. Плоское напряжённое состояние

Тема 4.3. Главные напряжения. Главные площадки

Тема 4.4. Обобщённый закон Гука

Тема 4.5. Потенциальная энергия деформации

Вопросы для самопроверки

1. Какие площадки называются главными?
2. Какие площадки называются главными?
3. Какими свойствами обладают главные напряжения?
4. Как обозначаются главные напряжения?
5. Какое напряжённое состояние называется линейным, плоским и объёмным?
6. Как выражается обобщённый закон Гука?
7. Какова связь между модулем упругости и модулем сдвига?
8. Назовите основные гипотезы прочности при сложном напряжённом состоянии материала?

Раздел 5. Изгиб брусьев (10 часов)

Тема 5.1. Внутренние силовые факторы, возникающие при в поперечных сечениях стержня при изгибе

Тема 5.2. Напряжения при чистом изгибе

Тема 5.3. Напряжения при поперечном изгибе

Тема 5.4. Центр изгиба

Тема 5.5. Дифференциальные уравнения упругой линии балки. Перемещения при изгибе

Вопросы для самопроверки

1. Что такое поперечная сила?
2. Что такое изгибающий момент?
3. Как определить величину поперечной силы в сечении?
4. Что называется плечом переноса силы?
5. Как проверить правильность построения эпюры $M_{изг}$ по эпюре Q ?
6. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть эпюра Q ?
7. Запишите основное дифференциальное уравнение упругой линии при изгибе бруса.
8. Какие приняты допущения при получении основного дифференциального уравнения упругой линии бруса?

9. В чем смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения изогнутой оси бруса?
10. Что называется граничным условием при расчёте балки на плоский изгиб?
11. Что такое чистый изгиб бруса?
12. Что такое поперечный изгиб?
13. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
14. Как определяются наибольшие нормальные напряжения при изгибе?
15. Что такое опасное сечение?
16. Что называют осевым моментом сопротивления при изгибе балки?
17. Что характеризует осевой момент сопротивления?
18. Чем характеризуется экономичность бруса, испытывающего деформацию изгиба?
19. Почему изгибающий момент в сечении врезанного в брус шарнира равен нулю?
20. Какие гипотезы принимаются при исследовании деформации чистого изгиба?
21. Какая из принятых гипотез не находит подтверждения при поперечном изгибе?
22. Как по эпюре изгибающих моментов $M_{изг}$ можно представить вид изогнутой оси бруса?
23. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (54 часа)

Занятие 1-2. Расчет стержней постоянного поперечного сечения при растяжении-сжатии (4 часа)

1. Построение эпюры продольной силы
2. Определение грузоподъемности стержня
3. Определение полного удлинения стержня

Занятие 3-4. Построение эпюр продольных усилий, напряжений и перемещений при растяжении – сжатии стержня переменного поперечного сечения (4 часа)

1. Построение эпюр продольных сил, нормальных напряжений и перемещений
2. Определение перемещение сечения

Занятие 5-6. Расчет ступенчатого статически определимого и статически неопределимого бруса на растяжение-сжатие (4 час)

1. Построение эпюры продольных сил
2. Из условия прочности по нормальным напряжениям подобрать поперечные сечения для каждой ступени, приняв $[\sigma] = 160$ МПа.
3. Определить полную деформацию бруса и построить эпюру перемещений поперечных сечений, приняв $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.
4. Найти перемещение заданного сечения А–А.

Занятие 7-8. Расчет статически определимого ступенчатого бруса при растяжении и сжатии (4 час)

1. Построение эпюр продольных сил N , напряжений σ и продольных перемещений Δ
2. Проверка выполнения условия прочности

Занятие 9-10. Определение внутренних усилий и перемещений двухопорных балок, работающих на поперечный изгиб (4 час)

1. Построение эпюр моментов и поперечных сил
2. Определение положения опасного сечения (сечение балки с максимальным моментом)
3. Определение прогиба Δ_u балки в точке приложения силы P

Занятие 11-12. Определение внутренних усилий в балках при плоском поперечном изгибе (4 час)

1. Определение реакции опор
2. Построение эпюр внутренних усилий в выбранном масштабе
3. Проверка правильности построения эпюр

Занятие 13-14. Определение грузоподъемности балок (4 час)

1. Нахождение опорных реакций
2. Построение эпюр распределения внутренних усилий.
3. Проверка выполнения условий прочности.

Занятие 15-16. Расчет составных многопролетных балок (4 час)

1. Построение эпюр внутренних усилий
2. Определение положения опасного сечения
3. Подбор номера прокатного профиля, исходя из условий прочности

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Сопротивление материалов» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы студентов и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Простейшие деформации упругих элементов конструкций	ОПК-8	знает приемы построения расчетных схем конструкций	Устный опрос	Вопросы к зачету 1-45
			Умеет намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования	РГЗ №1,2,3	Вопросы к зачету 1-45
			Владеет приемами построения расчетных схем исследуемого объекта		
2	Раздел II. Статически неопределимые системы	ОПК-8	знает математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования	Устный опрос	Вопросы к экзамену 1-40
			Умеет составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений	Выполнение курсовой работы	Вопросы к экзамену, защита курсовой работы
			Владеет приемами решения дифференциальных уравнений		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Агаханов М.К. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.К. Агаханов, В.Г. Богопольский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 268 с. — 978-5-7264-1252-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/42912.html>

2. Сопротивление материалов : учебник для технических вузов / А. В. Дарков, Г. С. Шпиро Москва : Альянс, 2014 624 с.
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:720595&theme=FEFU>

3. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : сборник заданий для курсового проектирования / А. Г. Уложенко ; Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа. Владивосток: [ДВФУ](http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:760995&theme=FEFU), 2014
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:760995&theme=FEFU>

4. Молотников, В.Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Я. Молотников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4546>

5. Варданын Г.С. Сопротивление материалов (с основами строительной механики): Учебник / Г.С. Варданын, Н.М. Атаров, А.А. Горшков; Ред. Г.С. Варданын. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 480 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=204763>

6. Атаров Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах: Учебное пособие / Н.М. Атаров. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 407 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=191566>

Дополнительная литература (электронные и печатные издания)

1. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / А.Н. Кислов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Екатеринбург: Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 128 с. — 978-5-7996-1558-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/68474.html>
2. Пачурин Г.С. Сопротивление материалов. Усталость и ползучесть материалов при высоких температурах: Уч. пос./Г.В.Пачурин, С.М.Шевченко, В.Н.Дубинский - М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 128 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=501983>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Волосухин В.А. Сопротивление материалов: Учебник / В.А. Волосухин, В.Б. Логвинов, С.И. Евтушенко. - 5-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 543 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390023>
2. Евтушенко С.И. Сопротивление материалов: Сборник задач с решениями: Учебное пособие / С.И. Евтушенко, Т.А. Дукмасова, Н.А. Вильбицкая. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 210 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=390026>
3. Межецкий Г.Д. Сопротивление материалов [Электронный ресурс] : Учебник / Г. Д. Межецкий, Г. Г. Загребин, Н. Н. Решетник; под общ. ред. Г. Д. Межецкого, Г. Г. Загребина. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. - 432 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=414836>
4. Логвинов В.Б. Сопротивление материалов. Лабораторные работы: Учебное пособие / Логвинов В. Б., Волосухин В. А., Евтушенко С. И. - 4-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 212 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=537040>

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Требования к оформлению курсовой работы (КР)

Студент выполняет КР на листах формата А4 аккуратным почерком от руки или с использованием технических средств. Приветствуется использование собственноручно созданных программ для выполнения расчетов.

Каждое выполненное задание должно сопровождаться полным текстом его условия и подробным решением без опускания промежуточных расчетов, которые невозможно выполнить устно.

КР должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии с образцом (Приложение 1).

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка «Зачтено» выставляется после того, как студент в ходе защиты показывает: полное владение теоретическим материалом соответствующего раздела курса «Техническая механика», умение составлять расчетную схему и владение методами решения поставленной задачи. Количество задаваемых на защиту вопросов зависит от времени обдумывания и полноты ответов студента. Итоговая оценка учитывает прилежание студента и пунктуальность соблюдения графика прохождения дисциплины.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы:

1. Для получения оценки “отлично” безошибочно выполненная работа должна быть представлена в установленный срок. Соискатель оценки “отлично” при защите проявляет полное понимание рассматриваемого явления, самостоятельную проработку дополнительного материала, знание методики решения проблемы и методов достижения результата. Из возможных путей решения находит и применяет наискорейший.

2. Для получения оценки “хорошо” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в установленный срок. При защите исправленной работы соискатель показывает уверенные знания в пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.

3. Для получения оценки “удовлетворительно” выполненная работа с небольшими пометками должна быть представлена в течение семестра. При защите исправленной работы соискатель показывает знания в объеме, понимания порядка получения результатов, представленных в работе пределах изученного курса. Может составить алгоритм решения подобной задачи.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудиторные занятия по дисциплине включают лекции и практические занятия. Для проведения лекционных занятий используются мультимедийные аудитории со следующим оборудованием:

- мультимедийный проектор Optima EX542I – 1 шт;
- аудио усилитель QVC RMX 850 – 1 шт;
- колонки – 1 шт;
- ноутбук;
- ИБП – 1 шт;
- настенный экран;
- микрофон – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ
по дисциплине «Сопротивление материалов»
Специальность: 21.05.04 Горное дело
Специализация «Шахтное и подземное строительство»
Форма подготовки очная**

**Владивосток
2020**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
	3 семестр			
1	5 неделя	Подготовка к устному опросу по разделу Простейшие деформации упругих элементов конструкций	2	УО-1 Вопросы № 1-40
2	3-7 неделя	Выполнение РГЗ №1	2	ПР-12
3	7-11 неделя	Выполнение курсовой работы (1 часть)	2	ПР-12
4	7-11 неделя	Выполнение курсовой работы (2 часть)	2	ПР-12
5	11 неделя	Подготовка к устному опросу по разделу Статически неопределимые системы	2	УО-1 Вопросы № 1-40
6	11 неделя	Выполнение РГЗ №2	4	ПР-12
7	17-18 неделя	Выполнение РГЗ №3	4	ПР-12
Итого 3 семестр			18	
	4 семестр			
1	5 неделя	Подготовка к устному опросу по разделу Простейшие деформации упругих элементов конструкций	4	УО-1 Вопросы № 1-40
2	3-7 неделя	Выполнение РГЗ №1	4	ПР-12
3	7-11 неделя	Выполнение курсовой работы (1 часть)	4	ПР-12
4	7-11 неделя	Выполнение курсовой работы (2 часть)	4	ПР-12
5	11 неделя	Подготовка к устному опросу по разделу Статически неопределимые системы	4	УО-1 Вопросы № 1-40
6	11 неделя	Выполнение РГЗ №2	4	ПР-12
7	17-18 неделя	Выполнение РГЗ №3	3	ПР-12
экзамен			27	Вопросы 1-40
Всего 4 семестр			27	
Итого			72	

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению

Задания для самостоятельной работы

Вариант №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СОСТАВНОГО ПЛОСКОГО СЕЧЕНИЯ

ЗАДАНИЕ. Для заданного составного плоского сечения определить:

1. положение центра тяжести,
2. положение главных центральных осей,
3. величину главных центральных моментов инерции

УКАЗАНИЯ:

1. пояснительную записку оформить в соответствии с требованиями ЕСКД.

2. номер варианта исходных данных (табл. 1 – 3) и схемы составного профиля должен соответствовать порядковому номеру студента в списке группы.

3. вариант схемы составного профиля (А - D) задается преподавателем.

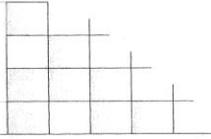
Таблица 1

Исходные данные к заданию № 1

№	Размеры				Номер профиля	
	Лист, мм		Уголок, мм		Двутавр (ГОСТ)	Швеллер (ГОСТ)
	h	b	Равнобокий (ГОСТ)	Неравнобокий (ГОСТ)		
1	16	180	80x80x8	100x63x6	№14	№16
2	16	220	80x80x7	110x70x7	№12	№14
3	16	140	80x80x6	90x56x6	№16	№5
4	16	200	110x110x7	110x70x7	№20	№18
5	18	200	100x100x8	125x80x12	№18	№8
6	18	240	125x125x12	125x80x12	№18	№24
7	18	160	125x125x16	125x80x8	№20	№12
8	20	220	125x125x10	100x63x10	№18	№5
9	20	240	90x90x9	90x56x8	№27	№22
10	20	180	90x90x8	100x63x7	№22	№20
11	22	240	90x90x7	125x80x7	№20	№10
12	22	160	100x100x16	110x70x8	№20	№16
13	22	200	90x90x6	125x80x10	№24	№20
14	24	140	110x110x8	110x63x10	№22	№5
15	24	180	125x125x8	110x70x8	№24	№22
16	26	200	140x140x9	125x80x10	№27	№12
17	28	210	100x100x10	75x50x5	№10	№18
18	29	190	100x100x7	160x100x10	№12	№8
19	30	170	140x140x12	140x90x8	№16	№14
20	28	150	160x160x10	180x110x12	№18	№22
21	22	160	100x100x16	110x70x8	№20	№16
22	22	200	90x90x6	125x80x10	№24	№20
23	24	140	110x110x8	110x63x10	№22	№5
24	24	180	125x125x8	110x70x8	№24	№22
25	26	200	140x140x9	125x80x10	№27	№12
26	22	240	90x90x7	125x80x7	№20	№10

27	22	160	100x100x16	110x70x8	№20	№16
28	22	200	90x90x6	125x80x10	№24	№20

СХЕМЫ к РАБОТЕ 1



№ ⁰	A	B	C	D
17				
18				
19				
20				

29	24	140	110x110x8	110x63x10	№22	№5
30	24	180	125x125x8	110x70x8	№24	№22

ПРИМЕР определения геометрических характеристик плоского составного сечения

Задание:

Для составного сечения, приведенного на **рис. 1**, определить:

- положение центра тяжести;
- положение главных центральных осей инерции;
- значения главных центральных моментов инерции.

Исходные данные (по ГОСТ):

Швеллер № 30 (фигура I):

$A^I = 40,5\text{см}^2$, $J_{x_1}^I = 5810\text{см}^4$, $J_{y_1}^I = 327\text{см}^4$, удаление ЦТ от наружной поверхности стенки **2,52см**, от наружных поверхностей полков **15,0см**.

Неравнобокий уголок № 25/16 (фигура II):

$A^{II} = 48,3\text{см}^2$, $J_{x_2}^{II} = 1032\text{см}^4$, $J_{y_2}^{II} = 3147\text{см}^4$, $J_{\min}^{II} = 604\text{см}^4$, удаление ЦТ от наружной поверхности высокой полки **3,53см**, от наружной поверхности короткой полки **7,97см**.

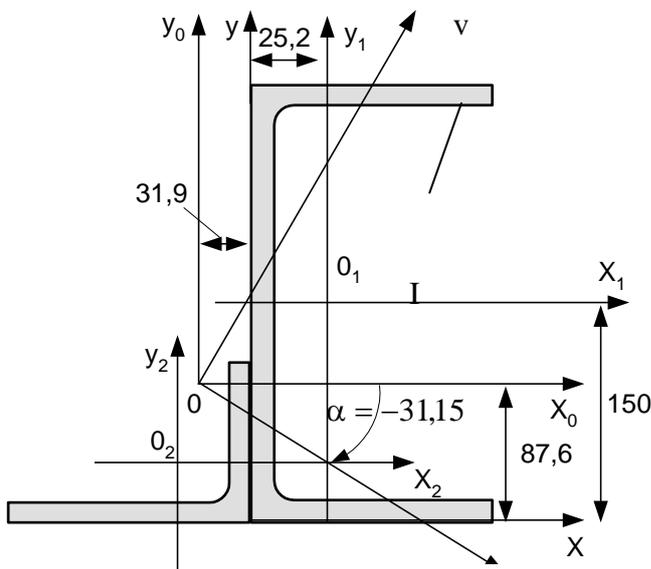


Рис. 1. Расчетная схема

РЕШЕНИЕ

1. Определение положения центра тяжести сечения

1.1. Площадь составного сечения

$$A_{\Sigma} = A^I + A^{II} = 40,5 + 48,3 = 88,8 \text{ м}^2$$

1.2. Статический момент площади составного сечения относительно исходной оси x

$$S_x = A^I y_c^I + A^{II} y_c^{II} = 40,5 \cdot 15,0 + 48,3 \cdot 3,53 = 778 \text{ м}^3;$$

II

1.3. Статический момент площади поперечного сечения относительно исходной оси y

$$S_y = A^I x_c^I + A^{II} x_c^{II} = 40,5 \cdot 2,52 + 48,3 \cdot (-7,97) = -283 \text{ м}^3;$$

1.4. Координаты центра тяжести составного сечения в осях x-y

$$x_c = \frac{S_y}{A_{\Sigma}} = \frac{-283}{88,8} = -3,19 \text{ м}; \quad y_c = \frac{S_x}{A_{\Sigma}} = \frac{778}{88,8} = 8,76 \text{ м}.$$

2. Определение осевых и центробежного моментов инерции составного сечения относительно центральных осей X_0 - Y_0

2.1. Координаты центров тяжести фигур в осях x_0 - y_0

Фигура I: $a_1 = 5,71$ см, $b_1 = 6,24$ см.

Фигура II: $a_2 = -4,78$ см, $b_2 = -5,23$ см.

2.1. Осевой момент инерции составного сечения относительно оси x_0

$$J_{x_0} = \sum (I_{x_i} + b_i^2 A^i) = 5810 + 6,24^2 \cdot 40,5 + 1032 + 5,23^2 \cdot 48,3 = 9740 \text{ нм}^4;$$

2.2. Осевой момент инерции составного сечения относительно оси y_0

$$J_{y_0} = \sum (I_{y_i} + a_i^2 A^i) = 327 + 5,71^2 \cdot 40,5 + 3147 + 4,78^2 \cdot 48,3 = 5900 \text{ нм}^4;$$

2.3. Центробежный момент инерции составного сечения относительно осей x_0 - y_0

Для фигуры I ось x_1 является осью симметрии, поэтому центробежный момент $J_{x_1 y_1}^I = 0$ по определению.

Для фигуры II центробежный момент в осях x_2 - y_2 может быть рассчитан по формуле

$$J_{x_2 y_2}^{II} = \sqrt{(J_{x_2}^{II} - J_{y_2}^{II})(J_{y_2}^{II} - I_{\min}^{II})} = \sqrt{(1032 - 604)(3147 - 604)} = 1040 \text{ нм}^4.$$

В этом случае

$$J_{x_0 y_0} = \sum (I_{x_i y_i}^i + a_i b_i A^i) = 0 + 6,24 \cdot 5,71 \cdot 40,5 + 1040 + (-4,78) \cdot (-5,23) \cdot 48,3 = 3690 \text{ нм}^4$$

3. Определение положения главных центральных осей инерции

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} = \frac{2 \cdot 3690}{5900 - 9740} = -1,92;$$

$$2\alpha = -62^\circ 30'; \quad \alpha = -31^\circ 15'$$

4. Определение главных центральных моментов инерции составного сечения

$$J_{\max/\min} = \frac{I_{x_0} + I_{y_0}}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(J_{x_0} - J_{y_0})^2 + 4 \cdot J_{x_0 y_0}^2} =$$
$$= \frac{9740 + 5900}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(9740 - 5900)^2 + 4 \cdot 3690^2} = (7820 \pm 4160) \text{ нм}^4$$

$$J_{\max} = 12000 \text{ нм}^4; \quad J_{\min} = 3660 \text{ нм}^4.$$

5. Контроль результатов решения

Положение главных центральных осей через моменты инерции I_{\max} , I_{\min} , $J_{x_0 y_0}$, J_{x_0} и J_{y_0} определяется как

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{-J_{x_0 y_0}}{J_{\max} - J_{y_0}} = \frac{-3690}{12000 - 5900} = -0,607; \quad \alpha_1 = -31^\circ 15',$$

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{-J_{x_0 y_0}}{J_{\min} - J_{y_0}} = \frac{-3690}{3660 - 5900} = 1,65; \quad \alpha_2 = 58^\circ 45',$$

где α_1 , α_2 – углы между осями x_0 и u , и между x_0 и v (знак «+» соответствует повороту оси x_0 против часовой стрелки).

$|\alpha_1| + |\alpha_2| = 90^0$, следовательно, положение главных центральных осей определено правильно.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

При определении центробежных моментов инерции равнобоких и неравнобоких уголков относительно их собственных центральных осей можно столкнуться с некоторыми трудностями.

Ниже приведены некоторые практические рекомендации для определения величины и знака центробежных моментов этих прокатных профилей.

При определении геометрических характеристик неравнобокого уголка необходимо учитывать, что в таблицах ГОСТ направление оси y , соответствует вертикальному положению большой полки уголка (рис. 2), а x – малой, направленной направо.

Следовательно, в рассмотренном примере следует считать, что:

координаты ЦТ для осей проходящих по внешним граням неравнобокого уголка равны

$$x_2^{\text{II}} = -y_0; \quad y_2^{\text{II}} = x_0,$$

где x_0, y_0 – обозначения по ГОСТ (рис. 2),

а моменты инерции для центральных осей x_2-y_2

$$J_{x_2}^{\text{II}} = J_y; \quad J_{y_2}^{\text{II}} = J_x.$$

Переход от центральных осей $x-y$ к главным центральным $u-v$ (рис. 2), для которых центробежный момент равен нулю, происходит путем поворота осей $x-y$ на угол, величина которого определяется по формуле

$$\text{tg}2\alpha = \frac{2J_{xy}}{J_y - J_x}, \quad (1)$$

откуда

$$J_{xy} = 0,5(J_y - J_x) \text{tg}2\alpha,$$

где α - угол поворота центральных осей $x-y$ до совмещения их с главными центральными осями u

и v .

В ГОСТ приводится угол между осью y и u , который обозначается как α . Следует помнить, что этот угол не всегда эквивалентен углу формулы (1), поскольку ориентация профиля может быть произвольной, но при повороте осей ось x должна совмещаться с осью u , а ось y с v .

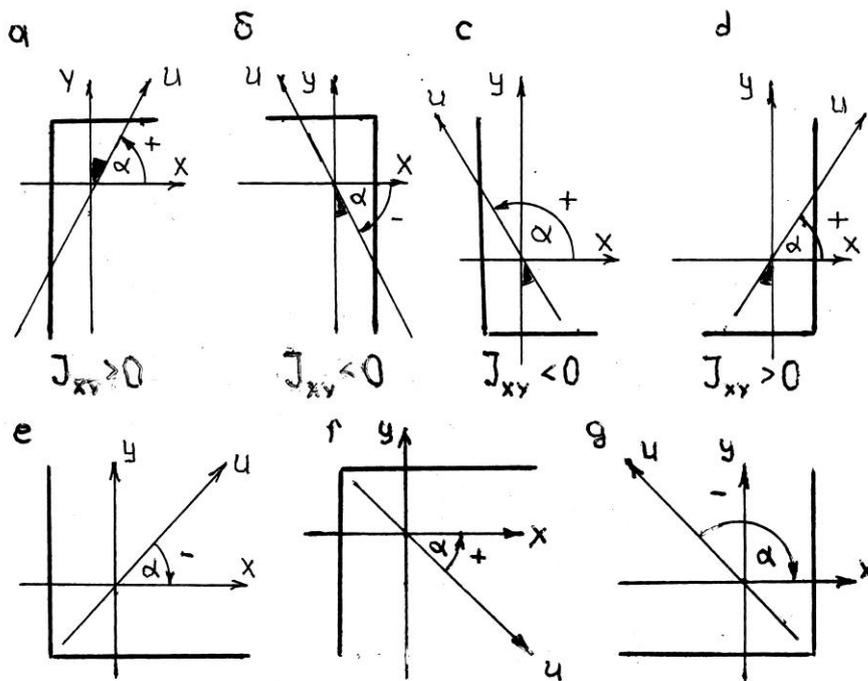


Рис. 4. К определению центробежного момента инерции для неравнобоких и равнобоких уголков

полученной переходом от осей x_0-y_0 к осям $x-y$

$$J_{xy} = \frac{J_{x_0} - J_{y_0}}{2} \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Угол α всегда равен 45° , а его знак определяется так, как указано выше. На рис. 4 приведены некоторые примеры различной ориентации неравнобокого и равнобокого уголков, и указаны знаки углов поворота и центробежных моментов инерции для заданных направлений осей x и y

Расчетно-графическое задание по разделу «Физические характеристики материалов», продвинутый уровень

Задание 1

Решение:

Расчетно-графическое задание по разделу «Практические расчеты и методы решения задач», базовый уровень

Вариант № 2

1.1 РАСЧЕТ НА ИЗГИБ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ

ЗАДАНИЕ

Для балки, параметры которой определяются в соответствии с рис. 0 и таблицам 1 :

Для равнобокого уголка в ГОСТ параллельные полкам центральные оси обозначены как $x-y$, а главные центральные как x_0-y_0 (рис. 3). При определении центробежного момента для центральных осей в этом случае удобно пользоваться формулой,

1	45	44	-5	7,8	0,2	0,3	1,1
3	72	-25	13	7,0	0,3	0,4	1,2
4	-91	46	19	4,6	0,4	0,5	1,3
5	55	-30	26	8,2	0,5	0,6	1,0
6	72	-33	15	7,6	0,6	0,7	0,9
7	-91	56	22	6,0	0,7	0,8	0,1
8	45	-74	18	5,6	0,8	0,8	0,2
9	82	80	-6	9,0	1,2	1,0	0,3
10	-75	48	25	8,8	1,3	1,1	0,4
11	108	-64	-23	4,0	1,3	1,2	0,5
12	95	31	12	6,6	1,2	1,3	0,6
13	-55	56	-9	7,4	1,3	1,2	0,7
14	43	-71	3	5,2	0,8	1,1	0,2
15	56	59	17	6,4	0,7	1,0	0,0
16	-67	68	-9	8,0	0,6	0,9	0,0
17	65	-65	3	6,8	0,5	0,8	1,0
18	-85	59	11	5,4	0,4	0,7	1,1
19	72	68	21	7,2	0,3	0,6	1,2
20	-90	-27	7	6,2	0,2	0,5	1,3

Вариант №3

1.4 РАСЧЕТ НА ИЗГИБ СТАТИЧЕСКИ ОПРЕДЕЛИМОЙ БАЛКИ

ЗАДАНИЕ:

Для балки, параметры которой определяются в соответствии с **рис. 0** и таблицами:

- рассчитать и построить эпюры поперечных сил **Q** и изгибающих моментов **M**;

- по сечению с наибольшим изгибающим моментом подобрать профиль двутаврового сечения по **ГОСТ** (допустимые нормальные напряжения **120МПа**).

- упростить двутавровый профиль и для согласованного с преподавателем сечения построить эпюры нормальных, касательных и эквивалентных напряжений.

- рассчитать прогиб в середине пролета балки и, используя соответствия между кривизной упругой линии и изгибающим моментом, построить приближенную упругую линию для всей балки.

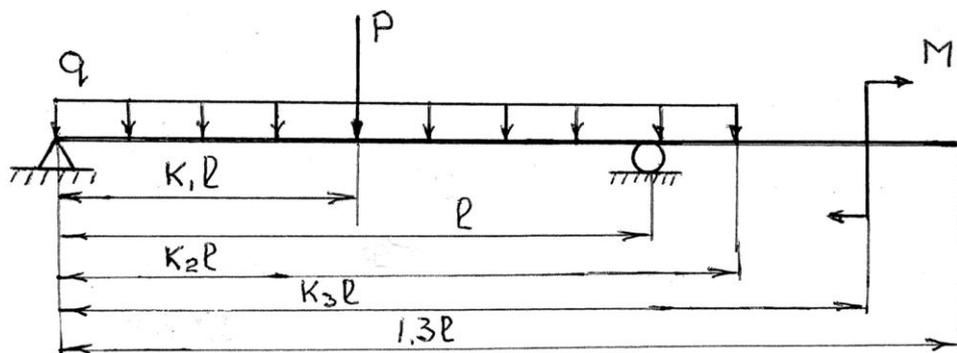


Рис. 0 Типовая схема нагружения балки

Таблица 2

1.5 Исходные данные для расчета

№ п/п	Сила P Кн	Момент M Кн·м	Распреде- ленная нагрузка q, Кн/м	Длина L м	K ₁	K ₂	K ₃
					в долях L		
1	65	48	-5	4,0	0,9	1,3	0,0
2	-85	-27	13	6,6	0,3	0,7	0,1
3	72	37	19	7,4	0,4	1,0	0,2
4	-90	-45	26	5,2	0,8	0,9	0,3
5	88	72	15	6,4	0,5	0,4	0,4
6	105	50	7	7,8	0,2	0,4	0,5
7	-75	-62	20	7,0	0,6	0,3	0,6
8	-55	78	-14	4,6	0,3	1,0	0,7
9	44	44	24	8,2	1,1	0,9	0,8
10	-60	-25	4	7,6	0,3	1,1	0,9
11	65	46	8	6,0	0,4	1,0	1,0
12	45	-30	16	5,6	0,5	0,8	1,1
13	45	-33	10	9,0	0,3	1,3	1,2
14	82	56	-23	8,8	0,6	1,2	1,3
15	-75	-74	12	4,2	1,2	0,6	1,0
16	108	80	22	8,4	1,3	0,7	0,8
17	95	54	18	8,0	0,9	1,3	0,6
18	-55	-64	-6	6,8	0,8	1,1	0,4
19	43	31	25	5,4	0,7	1,2	0,2
20	56	56	11	7,2	1,3	1,3	0,0

Устные опросы и коллоквиум

Устные опросы и коллоквиум осуществляется преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Вопросы и задания приведены в приложении 2. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Теоретическая механика», а также информация, размещенная в LMS BlackBoard.

Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю либо на консультациях, либо через специальное средство LMS BlackBoard.

Тестирование

Тестирование осуществляется на занятии через систему BlackBoard. Для подготовки тестов используются пробные тесты, размещенные в системе BlackBoard. Эти тесты не оцениваются преподавателем и служат элементом самоконтроля. Оба типа теста формируются на основе одной базы вопросов.

Задание на курсовую работу (Расчет статически неопределимых систем)

Часть 1. СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМАЯ ПЛОСКАЯ РАМА

По теме «Статически неопределимая плоская рама» предлагается раскрыть статическую неопределимость плоской рамы, построить эпюры внутренних силовых факторов, подобрать размеры поперечного сечения элементов рамы и схематично построить вид изогнутой оси рамы. Задача трижды статически неопределимая. Встречаются варианты с шестью дополнительными связями, но в этом случае есть возможность воспользоваться свойствами геометрической и силовой симметрии. Некоторые силовые факторы в сечении, совпадающем с плоскостью симметрии, равны нулю по определению, и сокращается количество дополнительных уравнений. Применяется *метод сил* в форме *способа Верещагина*.

Правильность решения проверяется графоаналитически. Определяем перемещение сечения конструкции, про которое заранее известно, что оно равно нулю. Умножается суммарная эпюра изгибающего момента на одну из единичных эпюр, использованных при определении коэффициентов системы канонических уравнений. Из граничных условий известно, что перемещение в направлении любой из этих единичных сил равно нулю, следовательно, в результате произведения суммарных эпюр на единичную эпюру должны получить нулевое значение. В этом случае считается, что проверка состоялась. С учетом закрепления рамы и формы эпюры изгибающих моментов строится примерный вид деформированной рамы.

Часть 1. КР. Раскрытие статической неопределимости рамы методом сил

Для статически неопределимой рамы требуется :

1. Раскрыть статическую неопределимость, используя метод сил;
2. Определить реакции всех опор и сделать проверку, найденных величин;
3. Построить эпюры продольных сил N , поперечных сил Q и изгибающих моментов M ;
4. Сделать проверку правильности построения эпюры M ;
5. Подобрать диаметр стального стержня круглого сечения при допускаемых напряжениях $[\sigma] = 160$ МПа;
6. Изобразить примерный вид упругой линии рамы.

Принять: $P = q * a$, $M = q * a^2$. Элементы рамы имеют одинаковое поперечное сечение.

Таблица 1.5.1

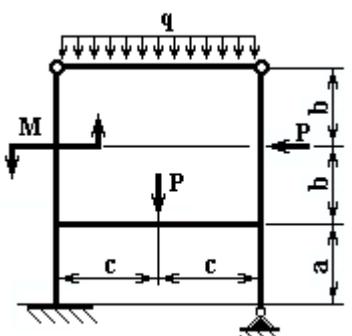
Варианты задания

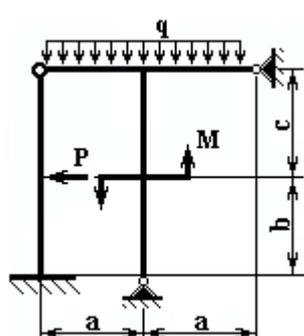
Вариант	q, кН/м	a, м	b, м	c, м
01	15	2.0	1.2	1.5
21	18	1.8	1.4	1.4
41	20	1.6	1.5	1.2
61	25	1.2	1.6	1.0
81	12	1.4	2.0	1.6

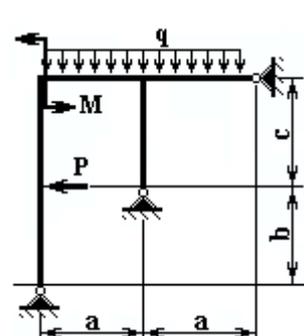
Вариант	q, кН/м	a, м	b, м	c, м
02	15	2.0	1.2	2.5
22	18	1.8	1.4	2.4
42	20	1.6	1.5	2.2
62	25	1.2	1.6	2.0
82	12	1.5	2.0	2.6

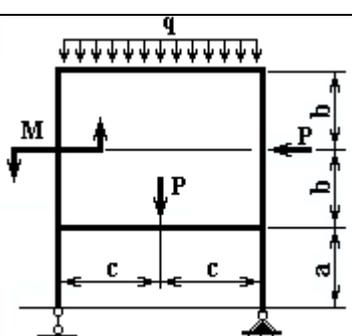
Вариант	q, кН/м	a, м	b, м	c, м
03	15	2.0	1.2	1.5
23	18	1.8	1.4	1.4
43	20	1.6	1.5	1.2
63	25	1.2	1.6	1.0
83	12	1.5	2.0	1.6

Продолжение табл. 1.5.1

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
04	15	2.0	1.2	1.5	
24	18	1.8	1.4	1.4	
44	20	1.6	1.5	1.2	
64	25	1.2	1.6	1.0	
84	12	1.5	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
05	15	2.0	1.2	1.5	
25	18	1.8	1.4	1.4	
45	20	1.6	1.5	1.2	
65	25	1.2	1.6	1.0	
85	12	2.2	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
06	15	2.0	1.2	1.5	
26	18	1.8	1.4	1.4	
46	20	1.6	1.5	1.2	
66	25	1.2	1.6	1.0	
86	12	2.2	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
07	15	2.0	1.2	1.5	
27	18	1.8	1.4	1.4	
47	20	1.6	1.5	1.2	
67	25	1.2	1.6	1.0	
87	12	2.2	2.0	1.6	

Продолжение табл. 1.5.1

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
08	15	2.0	1.2	1.5
28	18	1.8	1.4	1.4
48	20	1.6	1.5	1.2
68	25	1.8	1.6	1.0
88	12	2.5	2.0	1.6

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
09	15	2.0	3.2	2.5
29	18	1.8	3.4	2.4
49	20	1.6	3.5	2.2
69	25	1.2	3.6	2.0
89	12	1.5	3.0	2.6

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
10	15	2.0	1.2	1.5
30	18	1.8	1.4	1.4
50	20	1.6	1.5	1.2
70	25	1.2	1.6	1.0
90	12	1.5	2.0	1.6

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м
11	15	2.0	1.2	1.5
31	18	1.8	1.4	1.4
51	20	1.6	1.5	1.2
71	25	1.2	1.6	1.0
91	12	1.5	2.0	1.6

Продолжение табл. 1.5.1

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
12	15	2.0	1.2	1.5	
32	18	1.8	1.4	1.4	
52	20	1.6	1.5	1.2	
72	25	1.2	1.6	1.0	
92	12	3.0	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
13	15	2.0	1.2	1.5	
33	18	1.8	1.4	1.4	
53	20	1.6	1.5	1.2	
73	25	1.2	1.6	1.0	
93	12	3.0	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
14	15	1.0	1.2	1.5	
34	18	0.8	1.4	1.4	
54	20	1.6	1.5	1.2	
74	25	1.2	1.6	1.0	
94	12	2.0	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
15	15	2.0	1.2	1.5	
35	18	1.8	1.4	1.4	
55	20	1.6	1.5	1.2	
75	25	1.2	1.6	1.0	
95	12	1.5	2.0	1.6	

Продолжение табл. 1.5.1

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
16	15	2.0	1.2	1.5	
36	18	1.8	1.4	1.4	
56	20	1.6	1.5	1.2	
76	25	1.2	1.6	1.0	
96	12	3.0	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
17	15	2.0	1.2	1.5	
37	18	1.8	1.4	1.4	
57	20	1.6	1.5	1.2	
77	25	1.2	1.6	1.0	
97	12	1.5	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
18	15	2.0	1.2	1.5	
39	18	1.8	1.4	1.4	
58	20	1.6	1.5	1.8	
78	25	1.2	1.6	2.0	
98	12	1.5	2.0	1.6	

Вариант	q , кН/м	a , м	b , м	c , м	
19	15	2.0	1.2	1.5	
39	18	1.8	1.4	1.4	
59	20	1.6	1.5	1.2	
79	25	1.2	1.6	1.0	
99	12	1.5	2.0	1.6	

Вариант	q, кН/м	a, м	b, м	c, м	

Часть 2. НЕРАЗРЕЗНАЯ БАЛКА. УРАВНЕНИЕ ТРЕХ МОМЕНТОВ

Рассматривается раскрытие статической неопределимости неразрезной многопролетной балки методом сил в специальной форме, называемой уравнением трех моментов. Основная система выбирается путем врезания дополнительных шарниров над промежуточными опорами. Для того, чтобы система независимых однопролетных балок была эквивалентна исходной неразрезной конструкции, у каждой промежуточной опоры прикладывается момент неизвестной величины, назначение которого – заставить сечения, принадлежащие левому и правому пролету у промежуточной опоры, поворачиваться в одну сторону и на один и тот же угол. Составляя выражение угла поворота сечения слева от опоры и справа и приравнивая их, получим дополнительное уравнение перемещений из условия совместности деформаций. Степень неопределимости неразрезной балки равна количеству промежуточных опор. Уравнений перемещения должно быть ровно столько же. Для получения дополнительного уравнения рассматриваются два смежных пролета балки. На конце каждого пролета прикладывается искомый момент. В итоге в уравнение углового перемещения сечения балки над каждой дополнительной опорой входят три момента: у левой и у правой опоры, а также в сечении над средней опорой. Поэтому уравнение носит название “Уравнение трех моментов”

$$M_{лев} l_{лев} + 2M_{средн} (l_{лев} + l_{прав}) + M_{прав} l_{прав} = -6 \left[\frac{S_{лев}}{l_{лев}} + \frac{S_{прав}}{l_{прав}} \right],$$

где $M_{лев}$, $M_{средн}$ и $M_{прав}$ - моменты у левой, средней и правой опор соответственно;

$l_{лев}$, $l_{прав}$ – длина левого и правого пролета;

$S_{лев}$, $S_{прав}$ – статический момент площади эпюры изгибающих моментов от внешней нагрузки относительно левой опоры для левого пролета и относительно правой опоры для правого пролета соответственно.

Это уравнение может быть использовано для бруса, у которого одна из концевых опор или даже обе заменена жесткой заделкой. В этом случае заделка заменяется шарнирной опорой и добавляется момент. Если заделка на левом конце, в уравнении отсутствует первое слагаемое, а у второго слагаемого $L_{лев}=0$, в правой части уравнения $S_{лев}/L_{лев}$ также отсутствует. Это уравнение определяет, при каком значении момента в заделке угол поворота левого опорного сечения будет равен нулю.

Для определения свободных членов уравнений используется графоаналитический метод, известный как *способ Верещагина*.

После решения системы уравнений все опорные моменты известны и можно строить эпюру изгибающего момента для неразрезной балки. Для ее построения используются несколько способов:

1. Рассматривается каждый пролет отдельно с учетом опорных моментов у левой и правой опоры. Эпюры для отдельных пролетов составляются в цепочку и получается результирующая эпюра для неразрезной балки.

2. На эпюры моментов только от внешней нагрузки для однопролетных шарнирно опертых балок накладывается эпюра от опорных моментов. Последняя представляет собой ломаную линию. Ордината вершины или впадины излома определяется величиной опорного момента. Накладывая эту ломаную линию, но противоположного знака, т.е. умноженную на (-1), на эпюру от пролетной нагрузки, получают суммарную эпюру, ось отсчета которой есть ломаная линия опорных моментов. Все, что находится между контуром эпюры от пролетной внешней нагрузки и осью, будет являться суммарной эпюрой моментов. Выше оси - “плюс”, ниже оси - “минус”. Для удобства чтения эпюры ломаную линию можно спрямить, сохраняя при этом суммарные ординаты эпюры.

Поскольку принятое правило знаков для эпюры моментов предполагает, что эпюра строится со стороны сжатых волокон, то по внешнему виду эпюры можно приближенно представить внешний вид изогнутой оси неразрезной балки. Так как опора не дает просадку, то изогнутая ось должна касаться опоры, а в сечениях, где меняется знак момента, происходит смена знака кривизны оси, т.е. это точка перегиба на изогнутой оси. Точка перегиба может оказаться выше либо ниже недеформированной оси балки. Изогнутая ось еще называется упругой линией бруса.

По значению изгибающего момента в опасном сечении подбирается двутавровое сечение.

Часть 1. КР Раскрытие статической неопределенности балок с помощью уравнения трех моментов

Для статически неопределимой неразрезной балки требуется :

7. Раскрыть статическую неопределенность, используя уравнение трех моментов;
8. Определить реакции всех опор и сделать проверку, найденных величин;
9. Построить эпюры поперечных сил $Q(x)$ и изгибающих моментов $M(x)$;
10. Подобрать двутавровое сечение балки при допустимых напряжениях $[\sigma] = 160$ МПа;
11. Представить примерный вид изогнутой оси балки.

Примечание. Линейные размеры участков заданы в метрах.

Таблица 1.4.1

Варианты задания

Вариант	P, кН	M, кН*м
01	4	3
21	5	2
41	2	4
61	2	3
81	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
02	4	3
22	5	2
42	2	4
62	2	3
82	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
03	4	3
23	5	2
43	2	4
63	2	3
83	3	2

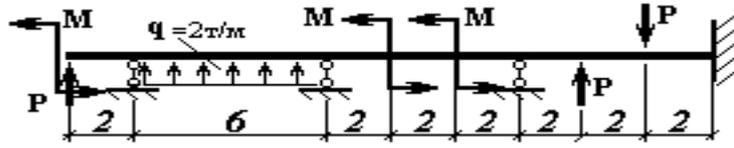
Вариант	P, кН	M, кН*м
04	4	3
24	5	2
44	6	4
64	2	3
84	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
05	4	3
25	5	2
45	2	4
65	2	3
85	3	2

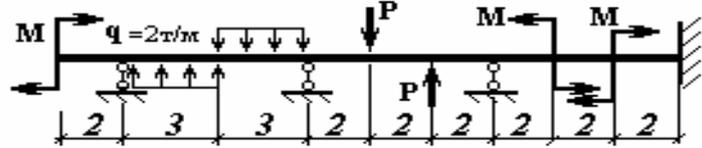
Вариант	P, кН	M, кН*м
06	4	3
26	5	2
46	2	4
66	2	3
86	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
07	4	3

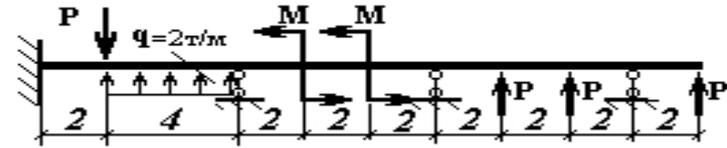
27	5	2
47	2	4
67	2	3
87	3	2



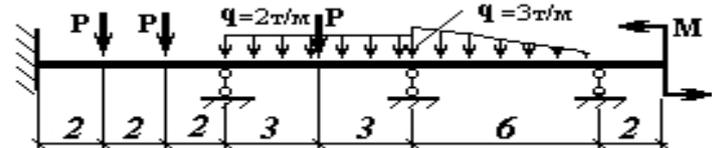
Вариант	P, кН	M, кН*м
08	4	3
28	5	2
48	2	4
68	2	3
88	3	2



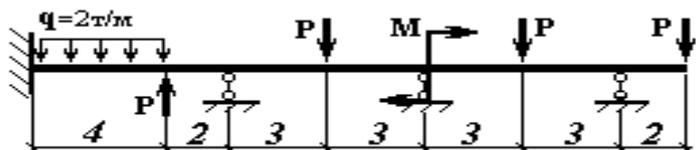
Вариант	P, кН	M, кН*м
09	4	3
29	5	2
49	2	4
69	2	3
89	3	2



Вариант	P, кН	M, кН*м
10	4	3
30	5	2
50	2	4
70	2	3
90	3	2



Вариант	P, кН	M, кН*м
11	4	3
31	5	2
51	2	4
71	2	3
91	3	2



Вариант	P, кН	M, кН*м
12	4	3
32	5	2
52	2	4
72	2	3
92	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
13	4	3
33	5	2
53	2	4
73	2	3
93	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
14	4	3
34	5	2
54	2	4
74	2	3
94	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
15	4	3
35	5	2
55	2	4
75	2	3
95	3	2

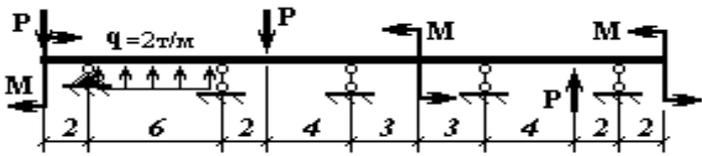
Вариант	P, кН	M, кН*м
16	4	3
36	5	2
56	2	4
76	2	3
96	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
17	4	3
37	5	2
57	2	4
77	2	3
97	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
18	4	3
38	5	2
58	2	4
78	2	3
98	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
19	4	3
39	5	2
59	2	4
79	2	3
99	3	2

Вариант	P, кН	M, кН*м
20	4	3
40	5	2
60	2	4
80	2	3
00	3	2



The diagram shows a horizontal beam with several supports and loads. From left to right: a fixed support with a horizontal load P pointing right and a moment M pointing left; a roller support; a section with a distributed load q = 2т/м over a length of 6; a roller support; a section with a point load P pointing down; a roller support; a section with a moment M pointing left; a roller support; a section with a point load P pointing up; a roller support; and finally a fixed support with a moment M pointing left and a horizontal load pointing right. The distances between supports are labeled as 2, 4, 3, 3, 4, 2, and 2.

Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает расчетно-графические задания, курсовую работу, подготовку к устным опросам, тестирование. Критерии оценки каждого вида работы приведены в приложении 2.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Сопротивление материалов»
Специальность: 21.05.04 Горное дело
Форма подготовки очная

Владивосток
2020

Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-8 способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления	Знает	Математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования
	Умеет	составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений
	Владеет	Приемами решения дифференциальных уравнений

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Простейшие деформации упругих элементов конструкций	ОПК-8	знает приемы построения расчетных схем конструкций	Устный опрос	Вопросы к зачету 1-45
			Умеет намечать цель и абстрагироваться от несущественных особенностей объекта исследования		
			Владеет приемами построения расчетных схем исследуемого объекта	РГЗ №1,2,3	Вопросы к зачету 1-45
2	Раздел II. Статически неопределимые системы	ОПК-8	знает математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования	Устный опрос	Вопросы к экзамену 1-40
			Умеет составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений		
			Владеет приемами решения дифференциальных уравнений	Выполнение курсовой работы	Вопросы к экзамену, защита курсовой работы

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ОПК-8 способностью выбирать и (или) разрабатывать обеспечение интегрированных технологических систем эксплуатационной разведки, добычи и переработки твердых полезных ископаемых, а также предприятий по строительству и эксплуатации подземных объектов техническими средствами с высоким уровнем автоматизации управления	Знает	Знает математические формулы для расчетов на прочность, жесткость, устойчивость и надежность деталей технологического оборудования	имеет представление о направлениях перспективных исследований с учетом мировых тенденций развития науки, техники и технологий	способен в общих чертах проводить прогнозные оценки развития науки, техники и технологий
	Умеет	Умеет составлять математические модели и расчетные схемы элементов инженерных сооружений	умеет грамотно выбирать и использовать научно-техническую и справочную информацию при решении профессиональных задач	способен уверенно ориентироваться в современных электронных научных базах данных, самостоятельно отыскивать актуальные источники научной и справочной информацией в сети Internet
	Владеет	Владеет приемами решения дифференциальных уравнений	владеет базовыми навыками решения научных, технических, задач в области профессиональной деятельности	способен сформулировать задачу и указать методы ее решения

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Перечень типовых вопросов к экзамену

1. Что такое ось бруса?
2. Что такое центр тяжести площади сечения?
3. Что такое статический момент площади сечения?
4. Укажите главную ось в пределах контура равнобедренного треугольника, относительно которой осевой момент инерции имеет максимальное значение.
5. Где находится Ц.Т. сечения, состоящего из двух одинаковых частей?
6. Что такое центральные оси сечения?
7. Что такое осевой момент инерции?
8. Может ли главная ось быть нецентральной?
9. Что такое собственный момент инерции?

10. Что такое переносный момент инерции?
11. Есть ли связь между осевыми моментами инерции и полярным моментом инерции сечения?
12. Как определить наибольшее значение центробежного момента инерции сечения?
13. Что такое главные оси сечения?
14. Какое соотношение между осевыми моментами инерции сечения, если центробежный момент инерции достигает своего максимального значения?
15. Для какой оси из множества параллельных, осевой момент инерции принимает минимальное значение?
16. Когда положение главных осей можно определить без вычислений?
17. Сколько главных осей можно указать для любого сечения?
18. Какие параметры сечения необходимо знать, чтобы вычислить осевые моменты инерции при параллельном переносе осей?
19. Какова размерность статического момента площади сечения?
20. Какова размерность полярного момента инерции площади сечения?
21. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить максимальный центробежный момент инерции сечения?
22. Как, зная один главный момент инерции и два осевых момента инерции, определить второй главный?
23. Как определить центр тяжести сечения, имеющего две оси симметрии?
24. Что называется напряжением?
25. Какие выделяют компоненты напряжения?
26. Почему составляющие напряжения носят такие названия?
27. Почему осевое растяжение-сжатие относится к простейшему нагружению?
28. Объяснить Закон Гука!
29. Какой геометрический смысл имеет модуль Юнга!
30. Какой физический смысл имеет модуль Юнга?
31. Что такое линейная деформация?
32. Что такое угловая деформация?
33. От чего зависит изменение длины стержня при осевом растяжении-сжатии?
34. Что называется жесткостью при осевом растяжении-сжатии?
35. Почему поперечный изгиб не относится к сложному сопротивлению?
36. Что такое допускаемое напряжение?
37. В чем смысл условия прочности?
38. В чем смысл условия жесткости?

39. Что такое предел текучести материала σ_T
40. Что влияет на выбор коэффициента запаса прочности?

Перечень типовых вопросов к экзамену

1. Что такое поперечная сила?
2. Что такое изгибающий момент?
3. Как проверить правильность построения эпюры Мизгпо эпюре Q_1
4. Как найти значение изгибающего момента в сечении, если есть в наличии эпюра Q_1
5. Записать основное дифференциальное уравнение при изгибе бруса.
6. Какие приняты допущения при получении основного дифференциального уравнения упругой линии бруса?
7. В чем смысл постоянных интегрирования основного дифференциального уравнения оси изогнутого бруса?
8. Что такое чистый изгиб?
9. Что такое поперечный изгиб?
10. Как определить нормальные напряжения в любой точке сечения при чистом изгибе?
11. Как определяются наибольшие нормальные напряжения при изгибе?
12. Что такое опасное сечение?
13. Что называют осевым моментом сопротивления?
14. Что характеризует осевой момент сопротивления?
15. Что характеризует экономичность бруса, испытывающего деформацию изгиба?
16. Почему изгибающий момент в сечении врезанного в брус шарнира равен нулю?
17. Какие гипотезы принимаются при исследовании деформации чистого изгиба?
18. Какая из принятых гипотез не находит подтверждения при поперечном изгибе?
19. Как по эпюре изгибающих моментов Мизгпредставить вид оси изогнутого бруса?
20. В каком случае при поперечном изгибе учитываются оба напряжения: нормальное и касательное?
21. Какие параметры входят в формулу Журавского!
22. Почему в формуле Журавского допускается раздвоение в определении статического момента части сечения?
23. Чем объясняется "ступенька" на эпюре внутреннего силового фактора?
24. В чем состоит условность диаграммы растяжения образца из мягкой

стали?

25. Почему по диаграмме $\sigma - \epsilon$ разрушение при растяжении происходит не при наибольших напряжениях?

26. Имеет ли смысл предел временного сопротивления?

27. Какие задачи называют статически неопределимыми.

28. Что называют степенью статической неопределимости?

29. Как называется дополнительное уравнение при раскрытии статической неопределимости?

30. Что такое внецентренное растяжение-сжатие?

31. Что такое внецентренная сила?

32. Уравнение нормальных напряжений при внецентренном сжатии.

33. Уравнение нейтральной линии при внецентренном растяжении-сжатии.

34. Что такое нейтральная линия?

35. Что такое нейтральная поверхность?

36. Что такое ядро сечения?

37. Какой порядок построения ядра сечения?

38. Как влияет перемещение полюса на положение нейтральной линии сечения?

39. Как влияет перемещение нейтральной линии на положение полюса сечения?

40. Если полюс находится на оси симметрии, что можно сказать о положении нейтральной линии?

Принцип составления экзаменационного билета

Два теоретических вопроса выбираются из разных разделов курса. Каждая пара подбирается примерно одного уровня сложности. Практические задания на экзамен не выносятся, т.к. студенты проявляют своё умение решать задачи в процессе защиты курсовой работы.

Критерии выставления оценки студенту на зачете

Зачет ставится студенту при выполнении и своевременной защите выданных расчетно-графических заданий по разделам дисциплины.

Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

«Сопротивление материалов»

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично» (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, владеет материалом, полученным из дополнительных источников.
76-85	«хорошо» (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал в пределах программы курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач.
61-75	«удовлетворительно» (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области программирования, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно» (незачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

Средства текущей аттестации

Перечень вопросов для текущей аттестации представлен в описании приложенных вариантов РГЗ.

Критерии оценки по устному опросу

Критерии оценки:

✓ 100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания программного материала по асимптотическим методам в механике, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания программного материала по асимптотическим методам в механике, отличается глуби-

ной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании программного материала по асимптотическим методам в механике, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание программного материала по асимптотическим методам в механике, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, сформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Критерии оценки выполнения курсовой работы

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, владеет материалом, полученным из дополнительных источников.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал в пределах программы курса, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач.
61-75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области программирования, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного мате-

		риала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические задания. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине
--	--	---