

**Приложение 1 к РПД «Сопротивление материалов»**  
**21.05.04 Горное дело**  
**специализация №6 «Обогащение полезных ископаемых»**  
**Форма обучения – очная**  
**Год набора - 2018**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ  
ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.04 Горное дело
3.	Специализация	№6 «Обогащение полезных ископаемых»
4.	Дисциплина (модуль)	Сопротивление материалов
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2018

### **1. Методические рекомендации**

Приступая к изучению дисциплины, студенту необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий. Самостоятельная работа студента предполагает работу с научной и учебной литературой, умение создавать тексты. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, решения задач и выполнение практических работ.

При изучении дисциплины студенты выполняют следующие задания:

- изучают рекомендованную научно-практическую и учебную литературу;
- выполняют задания, предусмотренные для самостоятельной работы.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекции и практические работы.

#### **1.1. Методические рекомендации по организации работы студентов во время проведения лекционных занятий**

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

В учебном процессе, помимо чтения лекций, используются интерактивные формы (устный опрос, тестирование, консультации). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры. Студентам необходимо:

– перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины, что позволит сэкономить время на записывание темы лекции, ее основных вопросов, рекомендуемой литературы;

– на отдельные лекции приносить соответствующий материал на бумажных носителях, представленный лектором на портале или присланный на «электронный почтовый ящик» (таблицы, графики, схемы). Данный материал будет охарактеризован, прокомментирован, дополнен непосредственно на лекции;

– перед очередной лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к

основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к преподавателю. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

## **1.2. Методические рекомендации по подготовке к практическим и лабораторным занятиям**

Лабораторные работы служат для закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях и практических занятиях. При выполнении лабораторной работы студенты имеют возможность применить теоретические знания к решению практических задач, убедиться на практике в правильности полученных теоретических результатов.

Студентам следует:

- приносить с собой рекомендованную преподавателем литературу к конкретному занятию;
- до очередного практического (лабораторного) занятия по рекомендованным литературным источникам проработать теоретический материал, соответствующей темы;
- при подготовке к практическим (лабораторным) занятиям следует обязательно использовать не только лекции, учебную литературу, но и материалы правоприменительной практики;
- в начале занятий задать преподавателю вопросы по материалу, вызвавшему затруднения в его понимании и освоении при решении задач, заданных для самостоятельного решения;
- в ходе выполнения практической (лабораторной) работы давать конкретные, четкие ответы по существу вопросов;
- на занятии доводить каждое задание до окончательного решения, демонстрировать понимание проведенных расчетов (анализов, ситуаций), в случае затруднений обращаться к преподавателю.

Студентам, пропустившим занятия (независимо от причин) или не подготовившимся к данному практическому занятию, рекомендуется не позже чем в 2-недельный срок явиться на консультацию к преподавателю и отчитаться по выполнению заданий.

В случае если сроки сдачи работ превышены, количество баллов сокращается.

Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме к началу зачетной сессии, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

## **1.3. Методические рекомендации по подготовке к устному опросу**

Устный опрос – наиболее распространенный метод контроля знаний студентов. При устном контроле устанавливается непосредственный контакт между преподавателем и студентом, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных особенностей усвоения студентами учебного материала.

Как и любая другая форма подготовки к контролю знаний, устный опрос имеет ряд особенностей, знание которых помогает успешно ответить на поставленный вопрос. Можно дать следующие методические рекомендации:

- студент должен изучить лекции, основную и дополнительную литературу, публикации, информацию из Интернет-ресурсов;
- обратить внимание на усвоение основных понятий дисциплины;
- выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения, составить тезисы выступления по отдельным проблемным аспектам.

Тема и вопросы устного опроса доводятся до студентов заранее. Эффективность подготовки студентов к устному опросу зависит от качества ознакомления с рекомендованной литературой.

В среднем, подготовка к устному опросу занимает от 2 до 4 часов в зависимости от сложности темы и особенностей организации студентом своей самостоятельной работы.

#### 1.4. Методические рекомендации для занятий в интерактивной форме

В учебном процессе, помимо чтения лекций и аудиторных занятий, используются интерактивные формы (в целях выработки навыков применения теории при анализе реальных проблем, обсуждение отдельных разделов дисциплины, консультации). В сочетании с внеаудиторной работой это способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Интерактивное обучение представляет собой способ познания, осуществляемый в формах совместной деятельности обучающихся, т.е. все участники образовательного процесса взаимодействуют друг с другом, совместно решают поставленные проблемы, задачи, обмениваются информацией, оценивают действие коллег и свое собственное поведение, погружаются в реальную атмосферу делового сотрудничества по разрешению проблем.

В курсе изучаемой дисциплины «Сопротивление материалов» в интерактивной форме часы используются в виде: устного опроса, заслушивания и обсуждения подготовленных студентами практических работ по тематике дисциплины.

##### Тематика занятий с использованием интерактивных форм

№ п/п	Тема	Интерактивная форма	Часы, отводимые на интерактивные формы	
			лекции	Практические занятия
1.	Растяжение и сжатие	Устный опрос. Обсуждение практической работы		1
2.	Сдвиг	Устный опрос. Обсуждение практической работы		1
3.	Изгиб	Устный опрос. Обсуждение практической работы		1
4.	Перемещения в брус	Устный опрос. Обсуждение практической работы		1
<b>ИТОГО:</b>			<b>4 часа</b>	

#### 1.5 Методические рекомендации по подготовке опорного конспекта

Студентам необходимо ознакомиться: с содержанием рабочей программы дисциплины, с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, методическими разработками по данной дисциплине, имеющимися на образовательном портале и сайте кафедры.

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Именно поэтому контроль над систематической работой студентов всегда находится в центре внимания кафедры. Студентам необходимо иметь полный конспект лекций, прочитанных в аудиторные часы и тем, теоретического материала, освоивших обучающимися самостоятельно.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале опять не удалось, то обратитесь к преподавателю на практических занятиях. Не оставляйте «белых пятен» в освоении материала.

Студенты, не отчитавшиеся по каждой не проработанной ими на занятиях теме, упускают возможность получить положенные баллы за работу в соответствующем семестре.

#### 1.6. Методические рекомендации по подготовке к сдаче экзамена

Преподаватель может принимать экзамен только в том случае, если студент допущен к экзамену. Ведомость преподавателю передает специалист кафедры.

На экзамене обучающийся должен представить зачетную книжку. Если обучающийся не имеет при себе зачетной книжки, экзаменатор не имеет права принимать

экзамен.

В экзаменационной ведомости и зачетной книжке экзаменатор должен записать результат экзамена и поставить свою подпись.

Обучающемуся, сдающему экзамен, должно быть дано время, достаточное для тщательной подготовки ответа. Как правило, для подготовки ответов на зачете студент должен иметь не менее 30 минут, но не более часа.

При подготовке ответов на экзамене студент имеет право пользоваться программой по данному предмету.

Во время сдачи экзамена студент не имеет права пользоваться учебником, учебным пособием, конспектом, каким-либо источником.

Пользование «шпаргалками» должно повлечь за собой безусловное удаление студента с экзамена с выставлением оценки «неудовлетворительно» в экзаменационной ведомости.

Студенту должна быть предоставлена возможность полностью изложить свои ответы. Не рекомендуется прерывать студента, за исключением случаев, когда он отвечает не на тот вопрос, который ему задан, или когда он сразу же допускает грубую ошибку. Преподаватель может также прервать студента, если сказанного им достаточно, чтобы вполне положительно оценить его знания.

Не следует часто поправлять отвечающего, учитывая, что некоторые студенты утрачивают уверенность от замечаний преподавателя, которые он делает по ходу экзамена, что сказывается на качестве их ответов.

Экзаменатор задает дополнительные вопросы после того, как студент закончит ответ по данному вопросу, или по окончании ответов на все вопросы билета. Дополнительные вопросы должны быть поставлены четко и ясно. При выставлении оценок экзаменатор принимает во внимание не столько знание материала, часто являющееся результатом механического запоминания прочитанного, сколько умение ориентироваться в нем, логически рассуждать, а равно применять полученные знания к практическим вопросам. Важно также учесть форму изложения.

Попытки отдельных студентов выпрашивать повышение оценок следует корректно, но решительно пресекать.

Качество учебной работы обучающихся преподаватель оценивает с использованием критериев и шкалы оценивания (см. Приложение 2).

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ по итогам выполнения всех заданий: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.

### **1.7. Методические рекомендации по выполнению курсовых работ.**

Выполнение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

## **2. Планы практических занятий**

**Занятие 1. Определение внутренних усилий, напряжений и перемещений в поперечных сечениях бруса. Подбор сечений стержней из расчета на прочность (2 час)**

### **План:**

1. Построить эпюры продольных сил  $N$  (внутренних усилий), нормальных напряжений  $\sigma$  и перемещений  $\lambda$ .
2. Подобрать требуемый профиль поперечного сечения стержней  $AB$  и  $CB$  шарнирно-стержневой конструкции, если они изготовлены из (см. вариант работы). Выполнить проверку прочности принятого сечения, учитывая условие оптимальной металлоемкости, при заданном допуске напряжении  $[\sigma]$ . (  $\bigcirc$  – круглое сечение,  $\square$  – квадратный профиль,  $\mathbb{L}$  – два спаренных равнополочных уголков)

*Литература:* [1, с. 36-58]

### *Вопросы для самоконтроля*

1. В чем заключаются деформации растяжения и сжатия?
2. В чем сущность метода сечений?
3. Что называется продольной силой в сечении стержня?
4. Что называется эпюрами продольных сил и нормальных напряжений? Как они строятся?
5. Как записывается и как формулируется закон Гука при растяжении (сжатии)?
6. Что такое коэффициент Пуассона?
7. Формула Гука, ее применение.
8. Что называется пределами: упругости, текучести, прочности?
9. Какими показателями характеризуется степень пластичности материала? Как они определяются?
10. Что называется допускаемым напряжением материала?
11. Что называется коэффициентом запаса прочности?
12. Какие факторы влияют на выбор величины допускаемого напряжения и коэффициента запаса прочности?
13. Запишите условие прочности при растяжении, сжатии. Объясните его смысл.
14. Что называется опасным сечением бруса? ГОСТ 8509-93 – Уголки стальные горячекатаные равнополочные

### *Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

## **Занятие 2. Сдвиг (1 час)**

### **План:**

1. Подобрать диаметр заклепок, соединяющих накладку с листом; проверить прочность заклепок на смятие и листов на разрыв. Материал листов и заклепок – прокат из стали:
  - определить диаметр заклепок;
  - проверить заклепки на смятие;
  - проверить прочность листа на разрыв;
  - сделать вывод.

*Литература:* [3, с. 108-132].

### *Вопросы для самоконтроля*

1. Какой вид нагружения называется сдвигом?
2. Изобразите элемент в состоянии чистого сдвига. Как изменятся напряжения, если элемент повернуть на 45 градусов?
3. Что называется абсолютным и относительным сдвигом?
4. Как формируется закон Гука при сдвиге?
5. Какие разрушения возможны для заклепочного соединения?
6. Запишите условие прочности на срез и смятие.
7. Что такое кручение?
8. Какие напряжения возникают в поперечном и продольном сечении круглого стержня при кручении и закон их распределения?
9. Как найти их величину в произвольной точке поперечного сечения?
10. Запишите условие прочности при кручении.
11. Чему равен момент сопротивления кольцевого сечения?
12. По какой формуле вычисляют угол закручивания?
13. Запишите условие жесткости.
14. Возникают ли при кручении нормальные напряжения?

### *Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### **Занятие 3. Кручение (1 час)**

#### **План:**

1. Из условия прочности и жесткости выполнить проектный расчет:
  - определить диаметры валов в двух вариантах исполнения – сплошного и полого с коэффициентом пустотелости  $c = d/D = 0.8$ . Результаты округлить согласно ГОСТу.
  - построить эпюры углов закручивания вала. Валы сопоставить по металлоемкости и жесткости.

*Литература:* [3, с. 103-142].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что называют кручением?
2. Запишите закон Гука при сдвиге.
3. Как вычисляют крутящий момент в сечении, если известны внешние скручивающие моменты?
4. Запишите формулу крутящего момента, если известны мощность, передаваемая валом при вращательном движении, и число оборотов в минуту.
5. Какие напряжения возникают в поперечном сечении круглого стержня при кручении и как они направлены?
6. Какие гипотезы (допущения) используют для получения линейного закона распределения касательных напряжений в круглом поперечном сечении?
7. Запишите формулу для определения напряжений в произвольной точке круглого поперечного сечения при кручении.
8. Покажите вид напряженного состояния в опасной точке вала.
9. В чем состоит условие прочности?
10. Чему равен полярный момент инерции круглого сечения?
11. Чему равен момент сопротивления кольцевого сечения вала?
12. Чем объясняется, что стержень кольцевого сечения при кручении более экономичен, чем сплошной?
13. Как разрушаются при кручении пластичные (стальные) и хрупкие (чугунные) стержни? Чем объяснить характер их разрушения?

#### *Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### **Занятие 4. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов (1 час)**

#### **План:**

1. Для заданных схем балок построить эпюры поперечных сил  $Q$  и изгибающих моментов  $M$ .
2. По схеме подобрать сечение – двутавр, в схеме 2 сечение – круг. Проверить прочность выбранного сечения. Допускаемое напряжение материала балки принять равным  $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ .

*Литература:* [1, с. 95-114].

#### *Вопросы для самоконтроля*

1. Что такое прямой изгиб?
2. Что такое чистый и поперечный изгиб?
3. Какие внутренние усилия возникают в поперечных сечениях балки при поперечном изгибе?

4. Как вычисляется поперечная сила в поперечном сечении балки? Каково правило знаков поперечной силы?
5. Как вычисляется изгибающий момент в поперечном сечении балки? Каково правило знаков изгибающего момента?
6. В чем заключается проверка правильности эпюр поперечных сил и изгибающих моментов?
7. Запишите условие прочности при изгибе. Какие задачи можно решать по этому условию?

*Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### **Занятие 5. Чистый изгиб (1 час)**

#### **План:**

1. Для стальной балки, испытывающей прямой изгиб, из расчета на прочность по наибольшим напряжениям определить размеры поперечного сечения для каждого из заданных типов: а) прямоугольное сечение с соотношением сторон  $h/b = 2$ ; б) круглое сечение; в) двутавровое либо составленное из двух швеллеров или двух двутавров сечение. Сравнить веса рассчитанных балок. Вычислить наибольшие касательные напряжения в балках каждого из вариантов поперечных сечений.

*Литература:* [2, с. 109-141], [3, с. 103-108].

*Вопросы для самоконтроля*

1. Какой изгиб называется прямым, чистым, поперечным?
2. Что такое нейтральный слой и нейтральная линия, как они расположены в балке и в ее поперечном сечении при прямом изгибе?
3. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях балки, как они определяются и как распределены по сечению?
4. Как определяется осевой момент сопротивления поперечного сечения балки?
5. Как записываются условия прочности по наибольшим напряжениям при изгибе балки?
6. Какова рациональная форма поперечного сечения балки из пластичного материала?

*Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### **Занятие 6. Перемещение в брус (1 час)**

#### **План:**

1. Для схем стальных балок I, II и плоской рамы III построить эпюры нормальных, поперечных сил и изгибающих моментов. Для стальной балки схема II требуется определить методом начальных параметров угол поворота и линейное перемещение сечения границы второго и третьего участков балки. Для балки (схема I) требуется определить методом Мора (формула Симпсона или правило Верещагина) угол поворота и линейное перемещение консольного сечения балки, а для рамы (схема III) – линейное перемещение сечения приложения сосредоточенной силы, по направлению этой силы, и угол поворота сечения, находящегося над шарнирно подвижной опорой. Принять:  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа. Поперечные сечения стержней: балки схема I и II – двутавровое; рама схема III – трубчатое с внешним диаметром  $D$  и внутренним –  $d$ .

*Литература:* [2, с. 191-223], [3, с. 344-372]

*Вопросы для самоконтроля*

1. В каком порядке производится определение перемещений с помощью интеграла Мора?
2. В каких случаях по направлению искомого перемещения в стержневой системе прикладывается единичная сосредоточенная сила, а в каких – сосредоточенный момент?
3. Интегрирование с использованием формулы перемещений ведется по участкам всего сооружения (упругой системы) или только потому участку, которому принадлежит точка искомого перемещения?
4. Что означает знак плюс или минус вычисленного значения интеграла Мора?
5. При определении перемещений в упругой системе все ли члены (слагаемые) формулы Мора используются? Если нет, то, какими из них можно пренебречь для случаев плоской и пространственной рам?
6. Что представляют собой уравнения метода начальных параметров?
7. Как определяются значения начальных параметров?
8. В каком порядке производится определение углов поворота и прогибов сечений балок методом начальных параметров?

*Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### **Занятие 7. Фермы и рамы (1 час)**

**План:**

1. Определить размеры поперечных сечений стержней металлодеревянной фермы. Стержни 1 и 2 принять из древесины с равным квадратным поперечным сечением; стержень 3 принять стальной, из двух равнополочных уголков. Расчетные сопротивления: для стали  $R = 210$  МПа, для древесины  $R_c = 13$  МПа.
2. Для заданной схемы статически определимой рамы построить эпюры внутренних силовых факторов ( $N_z$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ).

Условия задания:

Рама загружена силами ( $P_1$  и  $P_2$ ), моментом ( $M$ ) и равномерно распределенной нагрузкой ( $q$ ).

Последовательность выполнения задания:

1. Вычертить расчетную схему рамы с заданными нагрузками. Проставить числовые значения размеров и нагрузок. Изобразить реакции и вычислить их величину.
2. Построить эпюры  $N_z$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$  на каждом участке. Эпюры строят на контуре рамы. Контур рамы для построения каждой эпюры следует чертить заново в том же масштабе, что и расчетную схему. Контур рамы выделяют утолщенной линией. На всех эпюрах проставить числовые значения  $N_z$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$  с указанием размерности.

*Литература:* [2, с. 275-328], [4, с. 324-325].

*Вопросы для самоконтроля*

1. Как устанавливается правило знаков при построении эпюр изгибающих моментов в рамах?
2. Сколько внутренних усилий действует в стержнях рамы?
3. Как проверяется равновесие узлов рамы?
4. Дайте классификацию ферм, типов соединительной решётки. Назовите основные параметры фермы.
5. Назовите способы определения усилий в стержнях ферм от неподвижной сосредоточенной нагрузки
6. Перечислите признаки нулевых стержней.
7. Каковы преимущества и недостатки ферм по сравнению с балкой?
8. Постройте линии влияния для отдельных групп стержней фермы – верхнего и нижнего пояса, раскоса и стойки.



9. Как определить усилия в стержне фермы по линии влияния от сосредоточенной и распределённой нагрузки (максимальное и минимальное)?

*Задание для самостоятельной работы*

1. Оформить практическую работу, доработать ее по необходимости после проверки преподавателем и подготовиться к собеседованию.

### 3. Примерные темы лабораторных работ

№ п/п	Лабораторная работа	Номер темы	Кол-во часов
1.	Определение внутренних усилий, напряжений и перемещений в поперечных сечениях бруса	3	1
2.	Определение модуля продольной упругости и коэффициента Пуассона	4	1
3.	Определение линейных и угловых перемещений поперечных сечений статически определимой балки	7	2
4.	Определение нормальных и касательных напряжений в поперечных сечениях при поперечном изгибе	10	2
5.	Опытная проверка теории косоугольного изгиба	11	2
	<b>Итого:</b>		<b>8</b>