



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**

Направление подготовки	22.03.02 Metallurgy
Профиль подготовки	Metallurgy of non-ferrous metals
Уровень высшего образования	Applied Bachelor

Рассмотрено на заседании кафедры Metallurgy
Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению практических работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Сопротивление материалов».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.02	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик /Дата создания/	Черногубов Дмитрий Евгеньевич, к.т.н., доцент	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК- Холдинг», д-р техн. наук	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность модуля/дисциплины	216 часов (6 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель модуля/дисциплины	По окончании обучения бакалавры будут: - знать основы расчетов на прочность и жесткость элементов конструкций, принципы выбора и конструирования типовых деталей машин; - уметь выполнять расчеты на прочность и жесткость деталей машин и механизмов; - уметь определять механические характеристики материалов при различных видах испытаний; - сочетать теорию и практику для решения инженерных задач.	

Практические занятия по дисциплине предусмотрены на 2 курсе в 3 и 4 семестре в объеме 32 часов (очная форма обучения) и на 2 курсе в 3 и 4 семестре в объеме 16 часов (заочная форма обучения). Они имеют целью под руководством преподавателя на практике закрепление обучающимися, полученных на лекциях теоретических знаний.

Практические занятия для очной формы обучения

3 семестр

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
T3	1	Растяжение и сжатие	6
T4	2	Напряженное и деформированное состояния в точке	2
T5	3	Геометрические характеристики плоских сечений	8
T6	4	Кручение	6
T7	5	Прямой изгиб (плоский поперечный изгиб)	10
Всего:			32

4 семестр

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
T9	6	Сложное сопротивление	10
T10	7	Продольный и продольно-поперечный изгиб	6
T11	8	Расчет на динамические нагрузки	10
T12	9	Расчеты на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени	6
Всего:			32

Практические занятия для заочной формы обучения

Код раздела, темы	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
T3	1	Растяжение и сжатие	2
T5	3	Геометрические характеристики плоских сечений	2
T6	4	Кручение	2
T7	5	Прямой изгиб (плоский поперечный изгиб)	4
T9	6	Сложное сопротивление	2
T10	7	Продольный и продольно-поперечный изгиб	2
T11	8	Расчет на динамические нагрузки	2
Всего:			16

Практическая работа № 1

Геометрические характеристики плоских сечений

Время на выполнение задания - 8 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Что называется статическим моментом сечения относительно оси?
- Что называется осевым, полярным и центробежными моментами инерции сечения?
- Какая зависимость существует между статическими моментами относительно двух параллельных осей?
- Чему равен статический момент относительно оси, проходящей через центр тяжести сечения?
- Как определяются координаты центра тяжести простого и сложного сечения?
- Какие оси называются главными центральными осями инерции?
- Чему равен центробежный момент инерции относительно главных осей инерции?

1) *Практическое задание:* для заданного симметричного поперечного сечения стержня, составленного из простых геометрических фигур:

- определить положение центра тяжести;
- указать положение главных центральных осей;
- вычислить величины главных центральных моментов инерции.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента определять положения центра тяжести, главных центральных осей и главных центральных моментов инерции заданного поперечного сечения стержня.

2) *Практическое задание:* для заданного поперечного сечения стержня, составленного из прокатных профилей:

- определить положение центра тяжести;
- определить положение главных центральных осей;
- вычислить величины главных центральных моментов инерции.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента определять положения центра тяжести, главных центральных осей и главных центральных моментов инерции заданного поперечного сечения стержня.

Практическая работа № 2

Растяжение и сжатие

Время на выполнение задания - 6 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какие случаи деформации бруса называются центральным растяжением или сжатием?
- Как вычисляется значение продольной силы в произвольном поперечном сечении бруса?
- Какой вид имеют эпюры продольных сил для бруса, нагруженного несколькими осевыми сосредоточенными силами и равномерно распределенной осевой нагрузкой?
- Как распределены нормальные напряжения в поперечных сечениях центрально растянутого или сжатого бруса и чему они равны?
- Что называется модулем упругости E ? Как влияет величина E на деформации бруса?
- Что называется жесткостью поперечного сечения при растяжении (сжатии)?

Практическое задание: для данного ступенчатого стержня:

- построить эпюру продольных сил;
- построить эпюру нормальных напряжений;
- построить эпюру перемещений точек, лежащих на оси стержня;
- определить напряжения на наклонной площадке элемента.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента строить эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений поперечных сечений для заданного стержня.

Практическая работа № 3

Напряженное и деформированное состояния в точке

Время на выполнение задания - 2 часа

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какое напряженное состояние называется пространственным (трехосным), плоским (двухосным) и линейным (одноосным)?
- Каково правило знаков для нормальных и касательных напряжений?
- Чему равна сумма нормальных напряжений на любых двух взаимно перпендикулярных площадках?
- Что представляют собой главные напряжения и главные площадки? Как расположены главные площадки друг относительно друга?
- Чему равны касательные напряжения на главных площадках?
- Чему равны экстремальные значения касательных напряжений в случае плоского напряженного состояния?
- На основе какого из допущений, принятых в курсе технической механики, составлены выражения обобщенного закона Гука?

Практическое задание: для элемента, находящегося в плоском напряженном состоянии определить:

- напряжения на наклонных площадках;
- положение главных площадок;
- главные напряжения;
- экстремальные касательные напряжения;
- главные деформации;
- относительную объемную деформацию.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента исследовать напряженное состояние в точке упругого тела.

Практическая работа № 4

Кручение

Время на выполнение задания - 6 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- При каком нагружении прямой брус испытывает деформацию кручения?
- Что представляют собой эпюры крутящих моментов и как они строятся?
- Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса круглого сечения при кручении и как они направлены?
- Какое напряженное состояние возникает в каждой точке бруса круглого сечения при кручении?
- Что называется жесткостью сечения при кручении?
- Как производится расчет скручиваемого бруса на прочность?
- Как производится расчет скручиваемого бруса на жесткость?

Практическое задание: для вала круглого поперечного сечения, нагруженного внешними скручивающими моментами:

- построить эпюру крутящих моментов;
- из условий прочности и жесткости подобрать диаметры вала;
- построить эпюру углов закручивания, приняв левое торцевое сечение за неподвижное;
- исследовать напряженное состояние в опасной точке.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчеты на прочность и жесткость вала при кручении.

Практическая работа № 5

Прямой изгиб (плоский поперечный изгиб)

Время на выполнение задания - 10 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какие внутренние усилия возникают в поперечных сечениях бруса в общем случае действия на него плоской системы сил?
- Как вычисляется изгибающий момент в поперечном сечении бруса?
- Какие типы опор применяются для закрепления балок к основанию?
- В каком порядке строятся эпюры Q и M ?
- По какой формуле определяются нормальные напряжения в поперечном сечении балки при чистом изгибе и как они изменяются по высоте балки?
- Что называется жесткостью сечения при изгибе?
- Какой вид имеют эпюры касательных напряжений в поперечных сечениях прямоугольной и двугавровой формы?

Практическое задание: для заданных балок, работающих в условиях прямого поперечного изгиба:

- построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов;
- записать уравнения для поперечных сил и изгибающих моментов на каждом участке;
- построить эпюры нормальных и касательных напряжений в опасных сечениях.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента определять внутренние усилия и рассчитывать на прочности балки при изгибе.

Практическая работа № 6

Сложное сопротивление

Время на выполнение задания - 10 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какой изгиб называется косым?
- Может ли балка круглого поперечного сечения испытывать косой изгиб?
- По каким формулам определяются нормальные напряжения поперечных сечений бруса при косом изгибе?
- Как находится положение нейтральной оси при косом изгибе?
- Что представляют собой опасные точки в сечении и как определяется их положение при косом изгибе?
- Какое сложное сопротивление называется изгибом с растяжением или сжатием?
- По каким формулам определяются нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса при изгибе с растяжением или сжатием? Какой вид имеет эпюра этих напряжений?
- Как определяется положение нейтральной оси при изгибе с растяжением или сжатием?
- Чему равно нормальное напряжение в центре тяжести поперечного сечения при изгибе с растяжением или сжатием?
- Какие напряжения возникают в поперечном сечении бруса при изгибе с кручением?
- Как находятся опасные сечения бруса круглого сечения при изгибе с кручением?
- Какие точки круглого поперечного сечения являются опасными при изгибе с кручением? Какое напряженное состояние возникает в этих точках?

- Как находится величина приведенного момента (по различным теориям прочности) при изгибе с кручением бруса круглого сечения?

- Как рассчитывается на прочность брус круглого сечения при изгибе с кручением?

1) *Практическое задание:* для балки, работающей в условиях косоугольного изгиба:

- разложить косоугольный изгиб на сумму двух прямых изгибов и построить эпюры изгибающих моментов в двух главных плоскостях инерции;

- определить положение нейтральной линии и построить эпюру нормальных напряжений.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет на прочность балки при косоугольном изгибе.

2) *Практическое задание:* для стержня, работающего в условиях изгиба с растяжением или сжатием:

- изобразить расчетную схему и построить эпюры продольных сил и изгибающих моментов;

- определить положение нейтральной линии и построить эпюру нормальных напряжений.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет на прочность стержня при изгибе с растяжением или сжатием.

3) *Практическое задание:* для вала, работающего в условиях изгиба с кручением:

- изобразить расчетную схему и построить эпюры изгибающих и крутящих моментов;

- установить опасное сечение вала и определить диаметр по четвертой теории прочности.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет на прочность вала при изгибе с кручением.

Практическая работа № 7

Продольный и продольно-поперечный изгиб

Время на выполнение задания - 6 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- В чем заключается явление потери устойчивости сжатого стержня?

- Что называется критической силой и критическим напряжением?

- Что называется гибкостью стержня?

- Какой вид имеет формула Эйлера, определяющая величину критической силы?

- Что представляет собой коэффициент приведения длины и чему он равен при различных условиях закрепления концов сжатых стержней?

- Как устанавливается предел применимости формулы Эйлера?

- Какой вид имеет формула Ясинского для определения критических напряжений?

- Какой вид имеет условие устойчивости сжатого стержня?

- Что представляет собой коэффициент φ , как определяется его значение?

1) *Практическое задание:* для сжатого стержня требуется определить:

- критическую силу;

- допускаемую силу;

- коэффициент запаса устойчивости.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет сжатых стержней на устойчивость.

2) *Практическое задание:* подобрать сечение стержня из условия устойчивости.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет сжатых стержней на устойчивость.

Практическая работа № 8

Расчет на динамические нагрузки

Время на выполнение задания - 10 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Какие колебания называются свободными (или собственными)?
- Какие колебания называются вынужденными?
- Какие силы действуют на системы при свободных и при вынужденных колебаниях?
- Что называется системой с одной степенью свободы?
- Что называется частотой и периодом свободных колебаний и по каким формулам они определяются?
- Что называется амплитудой колебаний?
- Какой вид имеет формула динамического коэффициента (при вынужденных колебаниях без учета сопротивлений) и как он зависит от отношения частот φ/ω ?
- Что представляет собой резонанс и в чем заключается его опасность?
- Как определяются динамические напряжения при вынужденных колебаниях?
- Какое явление называется ударом и результатом чего оно является?
- Что называется динамическим коэффициентом при ударе?
- Что кладется в основу вывода формул для определения перемещений при ударе?
- Что представляет собой «внезапное действие нагрузки» и чему равен динамический коэффициент при таком ее действии?
- Как определяются перемещения и напряжения при ударе?
- Применение каких конструктивных мероприятий позволяет уменьшить напряжение при ударном действии нагрузки?

1) *Практическое задание:* для конструкции, на которой установлен электродвигатель определить:

- частоту собственных колебаний;
- коэффициент нарастания амплитуды колебаний;
- наибольшие динамические напряжения.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет систем с одной степенью свободы на собственные и вынужденные колебания.

2) *Практическое задание:* для системы, на которую падает груз определить:

- динамический коэффициент;
- максимальные напряжения в опасном сечении.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет на удар.

Практическая работа № 9

Расчеты на прочность при напряжениях, циклически изменяющихся во времени

Время на выполнение задания - 6 часов

Тип практического задания - расчетная работа

Устные вопросы по теме практического задания:

- Что называется циклом напряжений?
- Что называется средним, максимальным и минимальным напряжением, амплитудой, коэффициентом асимметрии и характеристикой цикла напряжений?
- Что представляют собой симметричный и асимметричный циклы? Приведите примеры асимметричных циклов.
- Что называется усталостью? Опишите характер усталостного разрушения.
- Что представляет собой кривая усталости (кривая Вёлера) и как ее получают?
- Что называется пределом выносливости?
- Чем ограничена на диаграмме предельных амплитуд область безопасных циклов?

- Как влияют размеры детали на величину предела выносливости? Что представляет собой масштабный коэффициент (масштабный фактор) и от чего зависит его величина?

- Что называется эффективным коэффициентом концентрации напряжений и коэффициентом чувствительности? Как они связаны друг с другом и от каких факторов они зависят?

- Как влияет на величину предела выносливости чистота поверхности?

- Как влияют на предел выносливости обработка поверхности детали роликами и обдувка ее дробью?

Практическое задание: для заданного вала:

- построить эпюры изгибающих и крутящих моментов;

- определить параметры цикла;

- найти эффективные коэффициенты концентрации напряжений, состояния поверхности и размеров детали;

- найти фактический коэффициент запаса устойчивости по усталостной прочности.

Результатом успешного выполнения практического задания считается умение студента выполнять расчет деталей при переменных во времени напряжениях.