

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

« 30 » мая 2022 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине (модулю)

Б1.О.24 «Сопротивление материалов»

(код и наименование дисциплины (модуля))

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Оборудование нефтегазопереработки

(наименование профиля/направленности/специализации)

Бакалавр

квалификация

заочная

(форма обучения)

Нижнекамск, 2022

Фонд оценочных средств по дисциплине Б1.О.24 «Сопротивление материалов»

Составитель ФОС:
доцент каф. МАХП
(должность)


(подпись)

И.А. Сабанаев
(И.О. Фамилия)

ФОС рассмотрен и одобрена на заседании кафедры МАХП
протокол № 8 от «12» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой


(подпись)

И.Н. Мадышев
(И.О. Фамилия)

Эксперт:

Руководитель ООП, Мадышев И.Н. доцент каф. МАХП НХТИ
Ф.И.О., должность, организация,


подпись

Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины

Компетенция:

- ОПК-12 Способен обеспечивать повышение надежности технологических машин и оборудования на стадиях проектирования, изготовления и эксплуатации;
- ОПК-12.1 Знает основные принципы обеспечения надежности технологических машин и оборудования на стадии проектирования, эксплуатации
- ОПК-12.2 Умеет применять теоретические знания по обеспечению надежной работы технологических машин и оборудования на стадии их изготовления
- ОПК-12.3 Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач повышения надежности технологических машин и оборудования

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины (указать все темы из РПД)			Наименование оценочного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	
ОПК-12.1	Тема 1 - 9	Практические занятия 1 - 9	Лабораторные работы 1 - 2	Задания к решению задач практических занятий, Задания к лабораторным работам, темы для проведения собеседования, темы рефератов, задания к контрольной работе, задания к расчетно-графической работе, экзаменационные вопросы
ОПК-12.2	Тема 1 - 9	Практические занятия 1 - 9	Лабораторные работы 1 - 2	Задания к решению задач практических занятий, Задания к лабораторным работам, темы для проведения собеседования, темы рефератов, задания к контрольной работе, задания к расчетно-графической работе, экзаменационные вопросы
ОПК-12.3	Тема 1 - 9	Практические занятия 1 - 9	Лабораторные работы 1 - 2	Задания к решению задач практических занятий, Задания к лабораторным работам, темы для проведения собеседования, темы рефератов, задания к контрольной работе, задания к расчетно-графической работе, экзаменационные вопросы

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)
в 4 семестре (очная форма), 5 семестре (очно-заочная форма)

Название	Диапазон оценок мин - макс	Кол-во	Всего
Лабораторные работы	3 - 4	2	6 - 8
Практические занятия	1 - 2	9	9 - 18
Собеседование	3 – 5	1	3 – 5
Расчетно-графическая задача	3 – 6	1	3 – 6
Контрольная работа	12 – 18	1	12 – 18
Реферат	3 – 5	1	3 – 5
Итого текущий рейтинг			36 – 60
Экзамен			24 – 40
Итого			60 - 100

Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:
			экзамен
5	87 - 100	Отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий
4	74 - 86	Хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
3	60 - 73	Удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
2	Ниже 60	Неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному

Перечень и краткая характеристика оценочных средств

№п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам
2	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
3	Отчет по лабораторной работе	Задокументированный результат самостоятельного исследования, выполненного на лабораторном оборудовании или с помощью средств компьютерного моделирования, включающий в себя выбор теоретического обоснования метода исследования, описание хода работа, ее результаты и выводы.	Комплект заданий для выполнения лабораторных работ
4	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
5	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»
(наименование)

Семестр 6

Экзаменационные билеты

Экзаменационный билет № 1

1. Линейное напряженное состояние. Напряжения по наклонным площадкам. Максимальные нормальные и касательные напряжения. Закон парности касательных напряжений.
2. Решение статически неопределимых систем, работающих на растяжение-сжатие.

Экзаменационный билет № 2

1. Понятие напряженно-деформированного состояния в точке. Тензор напряжений. Уравнения Навье. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженных состояний.
2. Решение статически неопределимых систем, работающих на изгиб.

Экзаменационный билет № 3

1. Главные оси и главные моменты инерции. Расчет главных моментов инерции для сложного сечения.
2. Изгиб с кручением вала круглого сечения. Расчет на прочность.

Экзаменационный билет № 4

1. Радиусы инерции и моменты сопротивления плоских сечений.
2. Напряженное состояние при кручении вала круглого сечения. Расчет на прочность.

Экзаменационный билет № 5

1. Внутренние силы. Внутренние силовые факторы. Метод сечений.
2. Кручение бруса некруглой формы сечения. Расчет на прочность.

Экзаменационный билет № 6

1. Понятие о деформации. Линейная и угловая деформации. Связь напряжений и деформаций.
2. Расчет на устойчивость за пределом упругости. Формула Ясинского.

Экзаменационный билет №__7__

1. Испытание материалов на растяжение. Механические характеристики материалов. Закон Гука. Модуль упругости. Допускаемое напряжение. Коэффициент запаса прочности.
2. Сопротивление материалов. Цели и задачи изучения курса. Понятие прочности, жесткости и устойчивости.

Экзаменационный билет №__8__

1. Осевое растяжение сжатие. Деформации при растяжении и сжатии. Коэффициент Пуассона. Напряжения в поперечном сечении при осевом растяжении (сжатии). Расчет на прочность.
2. Устойчивость сжатых стержней. Понятие устойчивости. Вывод формулы Эйлера.

Экзаменационный билет №__9__

1. Перемещения при изгибе. Вывод дифференциального уравнения изогнутой оси балки.
2. Понятие о сложном сопротивлении. Виды сложных сопротивлений. Принцип расчета при сложной деформации.

Экзаменационный билет №__10__

1. Поперечный изгиб. Касательные напряжения при поперечном изгибе. Напряженное состояние при поперечном изгибе. Расчет на прочность.
2. Внецентровое растяжение (сжатие). Условие прочности. Уравнение нейтральной оси.

Экзаменационный билет №__11__

1. Чистый изгиб. Основные понятия. Вывод формулы нормальных напряжений при чистом изгибе.
2. Статический момент площади. Координаты центра тяжести сечения сложной формы.

Экзаменационный билет №__12__

1. Перемещения при кручении. Определение угла закручивания и условие жесткости.
2. Осевой, полярный, центробежный моменты инерции. Свойства моментов инерции. Моменты инерции простейших сечений на примере прямоугольника и круга.

Экзаменационный билет №__13__

1. Кручение прямого вала круглого сечения. Основные понятия. Вывод формулы касательных напряжений при кручении вала круглого сечения.
2. Определение перемещений при растяжении и сжатии. Расчет на жесткость.

Экзаменационный билет №__14__

1. Деформация сдвига (чистый сдвиг). Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига.
2. Решение дифференциального уравнения изогнутой оси балки. Граничные условия. Расчет на жесткость при изгибе.

Экзаменационный билет №__15__

1. Понятие напряженно-деформированного состояния в точке. Тензор напряжений. Уравнения Навье. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженных состояний.
2. Полная проверка балки на прочность при плоском изгибе. Рациональные формы сечений при изгибе. Балка равного сопротивления.

Экзаменационный билет №__16__

1. Теория наибольших касательных напряжений. Энергетическая теория прочности. Расчетные формулы эквивалентного напряжения для случая плоского напряженного состояния по разным теориям прочности.
2. Напряженное состояние и расчет на прочность при срезе. Расчет заклепок.

Экзаменационный билет №__17__

1. Назначение теорий прочности. Понятие эквивалентного напряжения. Первая и вторая теории прочности.
2. Напряженное состояние при чистом изгибе. Расчет на прочность.

Экзаменационный билет №__18__

1. Объемное напряженное состояние. Обобщенный закон Гука.
2. Косой изгиб. Условие прочности. Уравнение нейтральной оси.

Экзаменационный билет №__19__

1. Определение главных напряжений при плоском напряженном состоянии аналитическим способом (обратная задача).
2. Внутренние силы. Понятие о внутренних силовых факторах. Определение вида деформации. Метод сечений.

Экзаменационный билет №__20__

1. Плоское напряженное состояние. Напряжения по наклонным площадкам - аналитическое решение. Графическое представление плоского напряженного состояния с помощью кругов Мора (прямая и обратная задачи).
2. Правила знаков для внутренних силовых факторов. Построение и контроль правильности эпюр внутренних силовых факторов при плоском изгибе.

Экзаменационный билет №__21__

1. Понятие напряженно-деформированного состояния в точке. Тензор напряжений. Уравнения Навье. Главные площадки и главные напряжения. Виды напряженных состояний.
2. Реальный объект и расчетная схема. Виды схематизаций. Основные гипотезы и допущения.

Экзаменационный билет №__22__

1. Внешние силы. Классификация внешних сил. Виды опор, реакции опор. Уравнения равновесия.
2. Решение статически неопределимых систем, работающих на кручение.

Экзаменационный билет №__23__

1. Понятие напряжения. Нормальные и касательные напряжения. Связь напряжений и деформаций.
2. Испытание материалов на сжатие. Механические характеристики материалов. Закон Гука. Модуль упругости. Допускаемое напряжение. Коэффициент запаса прочности.

Экзаменационный билет №__24__

1. Формула Эйлера при расчете на устойчивость. Влияние условий закрепления на величину критической силы.
2. Универсальное уравнение для расчета перемещений при изгибе.

2.2. Критерии оценки по дисциплине в баллах

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Сопротивление материалов» проводится в соответствии с ООП и является обязательной. Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена.

Студент допускается к экзамену по дисциплине в случае выполнения им учебного плана по дисциплине: выполнения и защиты лабораторных работ, выполнения тестовых заданий, выполнения расчетно-графической работы. В случае наличия учебной задолженности или пропусков студент отрабатывает соответствующие занятия в форме, предложенной преподавателем и представленной в рабочей программе дисциплины.

Оценивание студента на экзамене

На экзамене студенту предлагается билет, состоящий из двух теоретических вопросов. После ответа на каждый вопрос студенту могут быть заданы дополнительные уточняющие вопросы, требующие краткого ответа. Дополнительные вопросы, как правило, задаются при неполном ответе и нужны для более адекватного оценивания знаний.

Итоговая аттестация на экзамене – максимум 40 баллов. Итоговая аттестация на экзамене начинается с 24 баллов (студенты могут набрать на экзамене 24 – 40 баллов). Студент, получивший на экзамене менее 24 баллов, считается не сдавшим предмет - вне зависимости от суммы баллов.

Вид задания	Минимальное количество баллов и критерии минимальной оценки	Максимальное количество баллов и критерии максимальной оценки
Первый вопрос	<p>12 баллов</p> <p>Представлен основной материал теоретического билета. Записаны определения и законы. Имеются некоторые ошибки в формулировках. С помощью преподавателя даны ответы на дополнительные уточняющие вопросы по материалу билета.</p>	<p>20 баллов</p> <p>Полно раскрыто содержание теоретического вопроса. Даны четкие определения, сформулированы основные зависимости и следствия из них. Приведены поясняющие примеры. Сделаны выводы. Даны ответы на все дополнительные вопросы по материалу билета.</p>
Второй вопрос	<p>12 баллов</p> <p>Представлен основной материал теоретического билета. Записаны определения и законы. Имеются некоторые ошибки в формулировках. С помощью преподавателя даны ответы на дополнительные уточняющие вопросы по материалу билета.</p>	<p>20 баллов</p> <p>Полно раскрыто содержание вопроса. Даны четкие определения, сформулированы законы и следствия из них. Приведены поясняющие примеры. Сделаны выводы. Даны ответы на все дополнительные вопросы по материалу билета.</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»

(наименование)

Семестр 6

Задание к лабораторной работе 1
Тема №: 2: Осевое растяжение / сжатие
Экспериментальная часть работы
Подготовка к эксперименту

1. Получите у преподавателя штангенциркуль и образец для испытания. Измерьте его полную длину $l_{\text{полн}}$, а также ширину b и высоту h сечения.
2. Рассчитайте площадь сечения образца $F = b \cdot h$.
3. Установите образец в захватах разрывной машины и измерьте длину рабочей части образца l_0 (см. рис. 3).
4. Найдите разность между всей длиной образца и длиной рабочей части. Этот размер есть сумма длин частей оставшихся в захватах $l_{\text{захв}} = l_{\text{полн}} - l_0 = l_{\text{верх}} + l_{\text{нижн}}$
5. Проверьте правильность подключения измерительного блока и загрузите программу ИспытРаст.exe.

Проведение эксперимента

1. На главной форме программы ИспытРаст.exe нажмите кнопку «Старт».
2. На щите управления испытательной машины нажмите кнопку «Вниз».
3. После включения привода испытательной машины внимательно следите за образцом. Смотрите по динамометру, который выведен на экран монитора, как нарастает растягивающее усилие. Обратите внимание на то, что в определенный момент при продолжающемся растяжении, усилие на динамометре перестает изменяться. В этот момент на поверхности образца должны начать наблюдаться линии Людерса-Чернова. Они показывают плоскости скольжения площадок под углом 45 градусов к оси образца.
4. После разрыва образца, нажатием кнопки «Стоп» на панели управления испытательной машины, выключите ее привод. Затем нажатием кнопки «Стоп» остановите программу ИспытРаст.exe.
5. Посмотрите, как выглядит машинная диаграмма, построенная программой.
6. Запишите наибольшее значение растягивающего усилия, зафиксированное на динамометре P_{max} .
7. Распечатайте на принтере машинную диаграмму.

Обработка результатов испытания

1. Освободите от захватов обе части разрушенного образца.
2. Положите на стол части образца, соединив их в местах разрыва так, чтобы можно было бы измерить их общую длину.

3. С помощью штангенциркуля измерьте их общую длину, считая таким образом, что она является конечной длиной образца перед самым разрывом.

4. Считая, что части образца, находившиеся в захватах испытательной машины не получили удлинения, рассчитайте длину рабочей части после разрыва

$$l_{\text{раб кон}} = l_{\text{общ кон}} - l_{\text{захв}}$$

5. Вычислите удлинение рабочей части образца: $\Delta l_{\text{разр}} = l_{\text{раб кон}} - l_0$, где l_0 – начальная длина рабочей части образца, которая была измерена перед испытанием.

6. Вычислите относительное удлинение при разрыве:

$$d_{\text{разр}} = \frac{\Delta l_{\text{разр}}}{l_0} 100\% = \frac{l_{\text{разр}} - l_0}{l_0} 100\%$$

7. Занесите в таблицу результаты всех измерений.

Величина	P_{max} , Н	b, мм	h, мм	F, мм ²	$l_{\text{полн}}$, мм	l_0 , мм	$l_{\text{раб кон}}$, мм	Δl , мм	$\delta_{\text{разр}}$, %
значение									

Обработка машинной диаграммы

1. На распечатанном листе машинной диаграммы отметьте точки О, А, В, С, D, Е.

2. С помощью нанесенной на диаграмму сетки, определите координаты всех 6 точек. Удобнее всего это сделать, если подсчитать число клеток до соответствующей точки по вертикали – оси Р и по горизонтали – оси Δl . Занесите эти данные в таблицу.

Название точки	О	А	В	С	D	Е
Δl клеток						
Р, клеток						

3. Рассчитайте масштаб по оси удлинения. Для этого длину рабочей части после разрыва $l_{\text{раб кон}}$ приравняйте длине машинной диаграммы по оси удлинения или координате т. Е, что одно и то же.

Рассчитайте масштаб по оси удлинений по формуле:

$$m_{Dl} = \frac{Dl_{\text{раб кон}}}{Dl_E}, \quad \text{мм / кл}$$

4. Пересчитайте координаты по оси удлинений для всех 6 точек, используя полученный масштаб:

$$Dl_{\text{мм}} = m_{Dl} \cdot Dl_{\text{кл}}, \quad \text{мм}$$

5. Рассчитайте масштаб по оси растягивающего усилия.

Для этого наибольшее усилие, зафиксированное на динамометре P_{max} , приравняйте высоте машинной диаграммы или координате т. D по оси Р, что одно и то же.

Рассчитайте масштаб по оси растягивающего усилия по формуле:

$$m_P = \frac{P_{\text{max}}}{P_D}, \quad \text{Н/кл}$$

6. Пересчитайте координаты по оси растягивающего усилия для всех 6 точек, используя полученный масштаб:

$$P_H = m_P \cdot P_{\text{кл}}, \quad \text{Н}$$

7. Занесите рассчитанные результаты в таблицу.

Название точки	О	А	В	С	D	Е
Δl мм						
Р, Н						

8. Пересчитайте данные из этой таблицы в координатах «растягивающее усилие – удлинение» для координат «нормальное напряжение – относительное удлинение», используя для этого формулы:

$$s = \frac{P}{F} \quad e = \frac{D l}{l_0} \cdot 100 \%$$

9. Занесите полученные результаты в таблицу.

Название точки	О	А	В	С	Д	Е
$\varepsilon \%$						
σ , Па						

10. По результатам, приведенным в этой таблице, постройте диаграмму растяжения испытанного материала. Для этого выберите подходящий масштаб и на миллиметровой бумаге нанесите все 6 точек. Правильно соедините точки между собой.

Диаграмму растяжения вклейте в отчет.

11. Заполните таблицу с механическими характеристиками испытанного материала.

Величина	Предел пропорциональности, МПа	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Обозначение	$\sigma_{\text{пц}}$	$\sigma_{\text{т}}$	$\sigma_{\text{в}}$	$\delta_{\text{разр}}$
значение				

12. Сделайте подробные выводы по работе с обоснованиями ваших утверждений.

Критерии оценки:

Критерий максимальной оценки – 4 балла:

- 1) этап подготовки выполнен на отличном уровне;
- 2) измерения выполнены с большой точностью;
- 3) полученная диаграмма, ее вид соответствует виду испытываемого материала;
- 4) постэкспериментальные расчеты выполнены грамотно с большой точностью;
- 5) проведена сверка полученных результатов с табличными данными;
- 6) по работе сделаны грамотные выводы.

Критерий оценки на 3 балла:

- 1) этап подготовки выполнен на удовлетворительном уровне;
- 2) измерения выполнены с достаточной точностью;
- 3) полученная диаграмма, ее вид несколько отличается от вида испытываемого материала;
- 4) постэкспериментальные расчеты выполнены с достаточной точностью;
- 5) проведена сверка полученных результатов с табличными данными, получены значительные расхождения;
- 6) по работе сделаны выводы, содержащие некоторые неточности.

Критерий оценки «неудовлетворительно»:

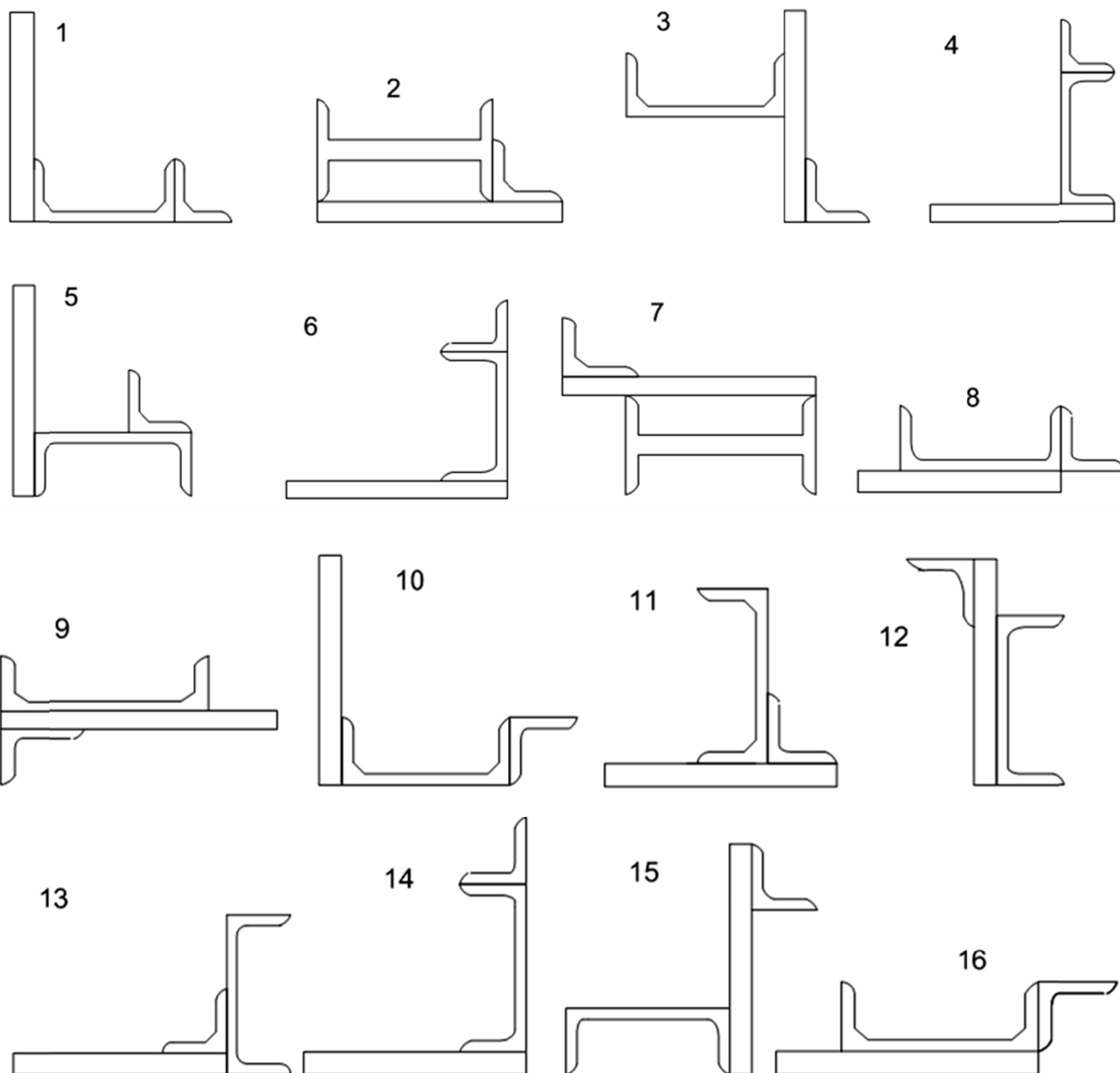
Оценка «неудовлетворительно» выставляется в том случае, если не выполнен хотя бы один пункт критериев минимальной оценки.

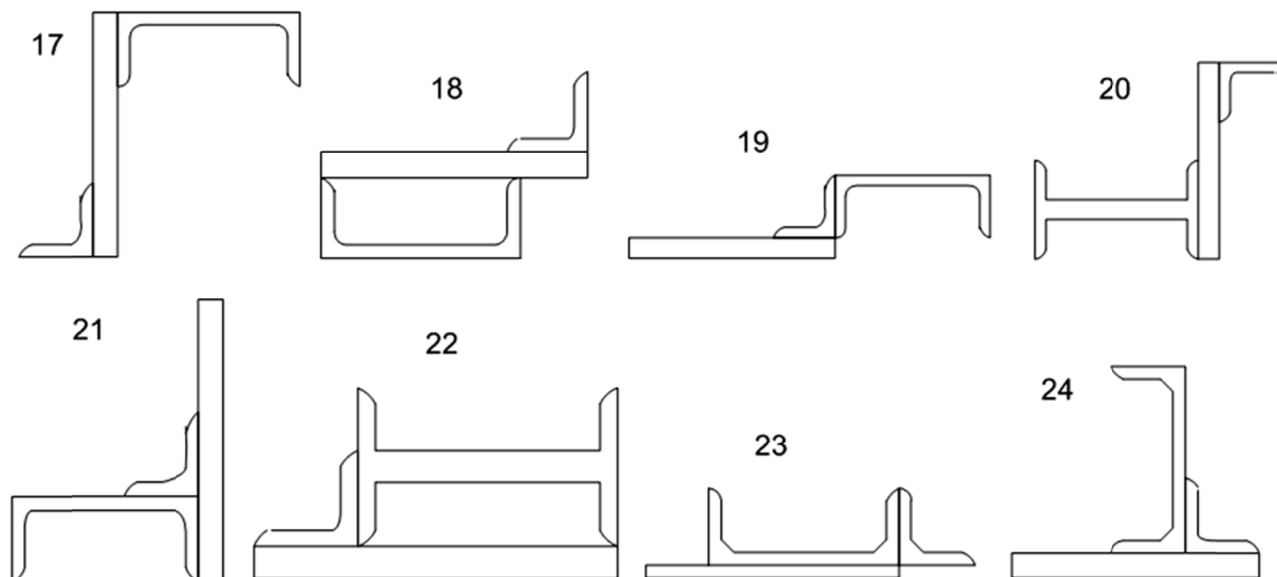
Задание к лабораторной работе 2

Тема №: 3: Геометрические характеристики плоских сечений

Задание: требуется рассчитать положение главных осей и главных моментов инерции составного сечения для получения оптимальной прочности и жесткости рамной конструкции.

Варианты заданий определяются по приведенным схемам.





Критерии оценки:

Критерий максимальной оценки – 4 балла:

- 1) с большой точностью измерены размеры сечения;
- 2) геометрические построения выполнены на миллиметровой бумаге или в графическом редакторе;
- 3) правильно рассчитаны перемещения с помощью расчетных методов;
- 4) результаты измерения и расчетов расходятся на величину не более 2%;
- 5) по результатам работы сделаны грамотные выводы.

Критерий оценки на 3 балла:

- 1) с достаточной точностью измерены размеры сечения;
- 2) геометрические построения выполнены с удовлетворительной точностью;
- 3) удовлетворительно рассчитаны перемещения с помощью расчетных методов;
- 4) результаты измерения и расчетов расходятся на величину не более 5%;
- 5) по результатам работы сделаны удовлетворительные выводы.

Критерий оценки «неудовлетворительно»:

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в том случае, если не выполнен хотя бы один пункт критериев минимальной оценки.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»

(наименование)

Семестр 6

Задания к решению задач практических занятий

Тема №1: Внутренние силовые факторы

Построить эпюры внутренних силовых факторов для плоской балки, показанной на рисунке задания.

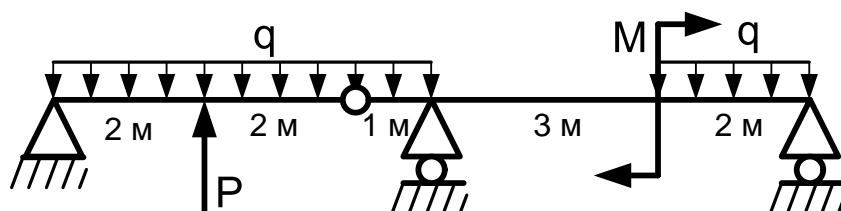
Для плоской балки, расчетная схема которой приводится на рисунке, построить эпюры внутренних силовых факторов. Числовые значения интенсивности равномерно распределенной нагрузки q , сосредоточенной силы P и сосредоточенного момента M заданы:

$$q = 2 \text{ кН/м},$$

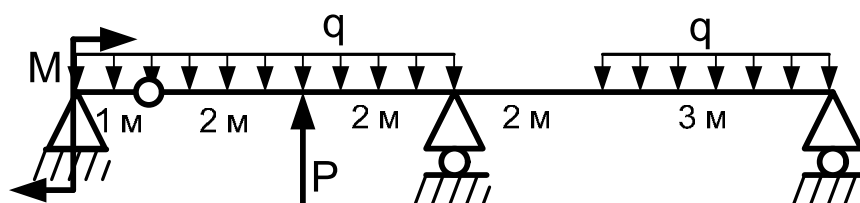
$$P = 3 \text{ кН}$$

$$M = 4 \text{ кНм}$$

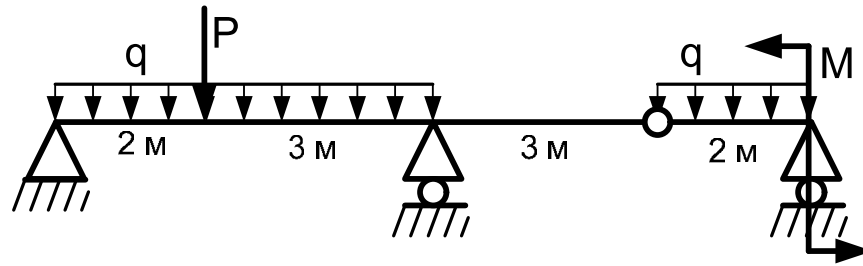
Задача 1.



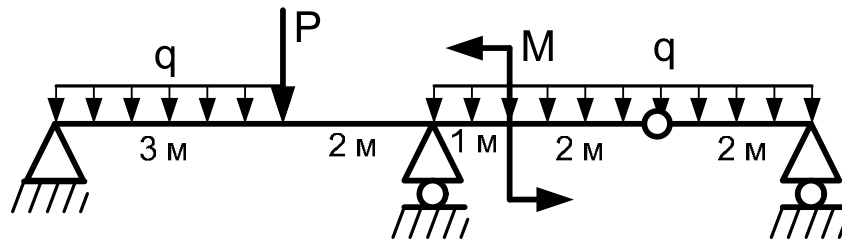
Задача 2.



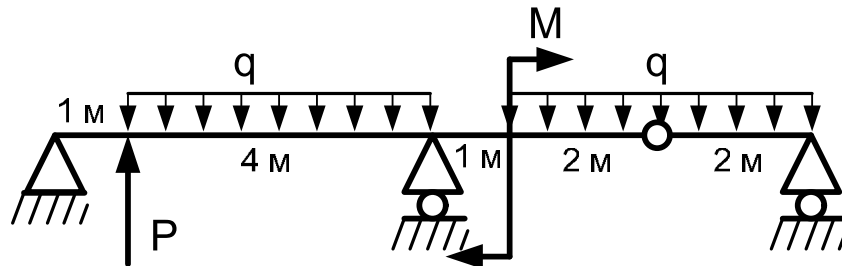
Задача 3.



Задача 4.



Задача 5.



Тема №2: Осевое растяжение / сжатие

ЗАДАЧА 1 Стальная колонна ($E = 2 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$) находится под действием продольной силы P и собственного веса ($\gamma = 78 \text{ кН/м}^3$).

Требуется:

- 1) построить эпюры усилий и напряжений;
- 2) определить опасное сечение и проверить прочность колонны при $[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$ (вопросы устойчивости не рассматриваются);
- 3) определить перемещение верхнего среза колонны (собственный вес колонны не учитывать).

Данные выбираем согласно рисунку.

Исходные данные:

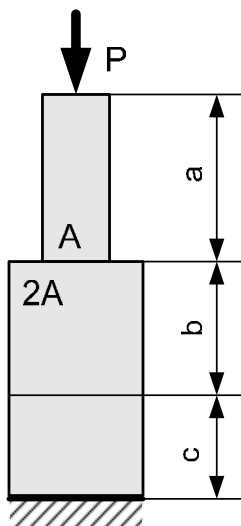
$$A = 12 \text{ см}^2;$$

$$a = 2,5 \text{ м};$$

$$b = 2,1 \text{ м};$$

$$c = 1,5 \text{ м};$$

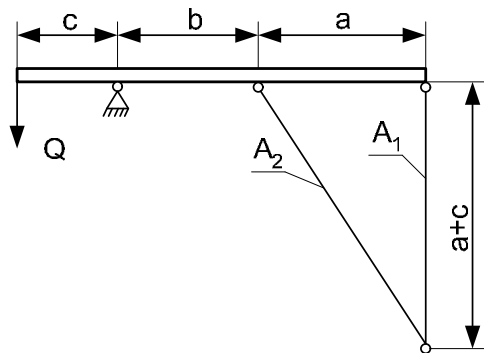
$$P = 18 \text{ кН}$$



ЗАДАЧА 2. Абсолютно жесткий брус опирается на шарнирно неподвижную опору и прикреплен к двум стальным стержням при помощи шарниров.

Требуется:

- 1) найти усилия и напряжения в стержнях, выразив их через силу Q ;
- 2) из условия прочности найти допускаемую нагрузку $[Q]$ ($[\sigma]=16 \text{ кН/см}^2$);
- 3) Найти предельную грузоподъемность системы Q_T и допускаемую нагрузку $[Q]_T$, если предел текучести $\sigma_T=24 \text{ кН/см}^2$ и запас прочности $k = 1,5$;
- 4) сравнить величины $[Q]$ и $[Q]_T$, полученные при расчете по допускаемым напряжениям (п. 2) и допускаемым нагрузкам (п. 3).



Данные

Исходные данные:

$a = 2,5 \text{ м}$, $b = 2,1 \text{ м}$, $c = 1,5 \text{ м}$

$A_1 = A = 12 \text{ см}^2$ - площадь поперечного сечения стержня BK .

$A_2 = 2A = 24 \text{ см}^2$ - площадь поперечного сечения стержня CK

$\sigma_T = 24 \text{ кН/см}^2$

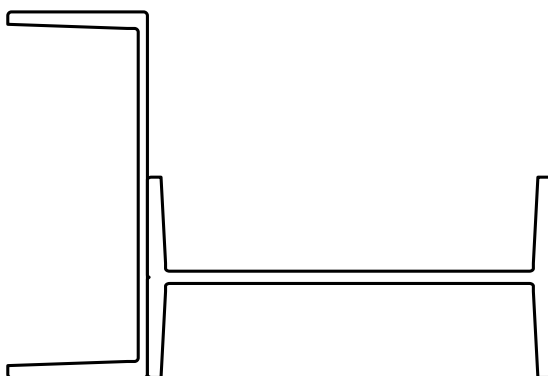
$[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$

Тема 3. Геометрические характеристики плоских сечения

ЗАДАЧА 1 Для заданного поперечного сечения (рис.) требуется:

- 1) определить положение главных центральных осей инерции и вычислить соответствующие осевые моменты инерции;
- 2) построить эллипс инерции и определить направления наибольшей и наименьшей жесткости на изгиб.

При расчетах использовать таблицы сортамента (части стандартных профилей прямоугольниками не заменять). Сечение и эллипс вычертить в масштабе 1:2.



Указать начальные, промежуточные и главные центральные оси.

Исходные данные: сечение состоит из швеллера № 20 и двутавра № 22.

Тема №6: Кручение и сдвиг

ЗАДАЧА 1. К стальному валу приложены четыре момента (рис.).

Требуется:

- 1) построить эпюру крутящих моментов;
 - 2) при заданном значении $[\tau]$ определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего, равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм;
 - 3) построить эпюру углов закручивания ($G = 8 \cdot 10^3$ кН/см²);
 - 4) найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м длины вала).
- Данные выбираются из таблицы.

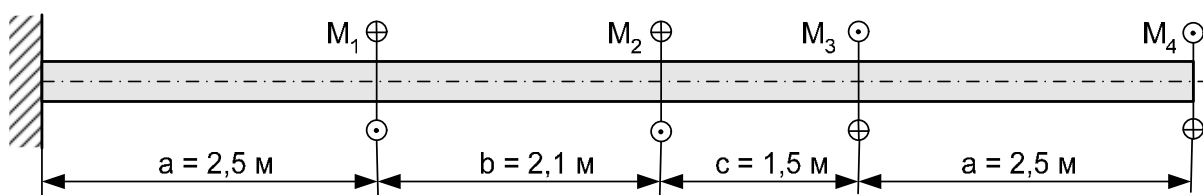


Рис. . Схема задачи

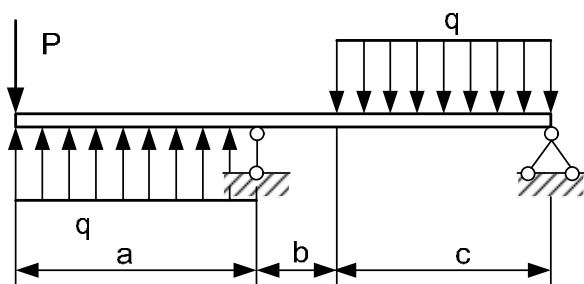
Исходные данные:

$$\begin{aligned} M_1 &= 3,5 \text{ кНм} & M_2 &= 1,0 \text{ кНм} & M_3 &= 3,5 \text{ кНм}, & M_4 &= 5,0 \text{ кНм}. \\ a &= 2,5 \text{ м}, & b &= 2,1 \text{ м}, & c &= 1,5 \text{ м}, & [\tau] &= 55 \text{ МПа}, \end{aligned}$$

Тема 7. Плоский изгиб

ЗАДАЧА 1 Для заданной схемы балки (рис. 2.1) требуется: написать выражения перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_x для каждого участка в общем виде, построить их эпюры, установить расчетные значения внутренних силовых факторов (Q_y^{max} , M_x^{max}) и подобрать деревянную балку при $[\sigma] = 0,8$ кН/см², $[\tau] = 0,4$ кН/см²:

- а) круглого поперечного сечения;
- б) прямоугольного поперечного сечения при заданном соотношении $h/b=2$.



Исходные данные:

$$\begin{aligned} q &= 15 \text{ кН/м} \\ P &= 30 \text{ кН} \\ a &= 1,8 \text{ м} \\ b &= 0,6 \text{ м} \\ c &= 1,6 \text{ м} \end{aligned}$$

ЗАДАЧА 2 Для заданной схемы балки (рис.) требуется:

1) написать выражения перерезывающих сил Q_y и изгибающих моментов M_x для каждого участка в общем виде, построить их эпюры, установить расчетные значения внутренних силовых факторов (Q_y^{max} , M_x^{max}) и подобрать стальную балку стандартного двутаврового профиля при $[\sigma]=16 \text{ кН/см}^2$, $[\tau]=8 \text{ кН/см}^2$;

2) записать дифференциальные уравнения изогнутой оси балки для всех ее участков, выполнить интегрирование и построить эпюры углов поворота сечений и прогибов балки;

3) Проверить балку на жесткость по максимальному прогибу при $[f]=\ell/150$, $E = 2 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$, где ℓ длина балки. Данные выбираем из таблицы 2 задания.

Исходные данные:

$M = 55 \text{ кНм}$; $q = 15 \text{ кН/м}$;

$\ell = 5 \text{ м}$; $\alpha = 0,6$; $\ell_1 = 3 \text{ м}$; $\ell_2 = 2 \text{ м}$.

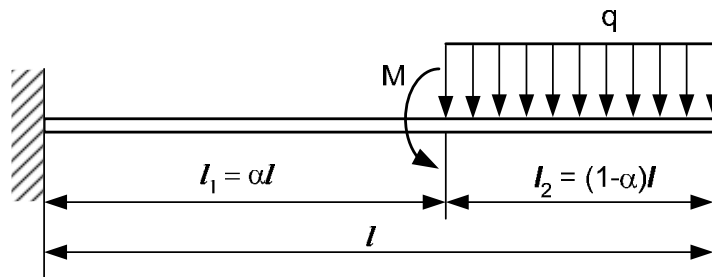


Рис. Схема задачи

Тема 8. Сложная деформация

Задача 1. Ломанный стержень расположен в горизонтальной плоскости. Углы в местах соединения стержней прямые. Все стержни длины L .

Требуется:

- 1) записать аналитические выражения внутренних силовых факторов (ВСФ) по участкам, вычислить их значения в характерных точках и построить эпюры;
- 2) установить тип сложного сопротивления и записать значения ВСФ в опасном сечении на каждом участке;
- 3) на одном участке, испытывающем кривой изгиб, подобрать двутавр и размеры прямоугольного сечения при соотношении сторон $h/b = 2$. Для двутавра и прямоугольного сечения построить нейтральные линии и указать опасные точки сечения;
- 4) на одном участке, испытывающем кривой изгиб с кручением подобрать круглое и кольцевое сечения при соотношении радиусов $R/r = D/d = a$ по четвертой теории прочности;
- 5) в пунктах 3) и 4) сравнить экономичность подобранных сечений по весу.

Схему ломанного стержня взять из рис. задания, числовые данные взять из таблицы задания. $[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$.

Исходные данные:

$\alpha = 1,30$, $b = 0,10 \text{ м}$, $F = 4 \text{ кН}$, $q = 1,6 \text{ кН/м}$, $L = 1,8 \text{ м}$, $[\sigma] = 16 \text{ кН/см}^2$



Схему сечения взять из рис. 3.2, числовые данные взять из таблицы 3.1.
b = 10 см.

33

- 1) подобрать номер стандартных профилей из условия устойчивости колонны. Расчет выполнить методом последовательных приближений по коэффициенту φ ;
 - 2) определить расстояние β из условия равноустойчивости колонны относительно главных центральных осей поперечного сечения колонны;
 - 3) найти расстояние b между планками по высоте колонны из условия местной устойчивости каждого отдельного профиля между планками.
- Приять $[\sigma] = 160 \text{ МПа} = 16 \text{ кН/см}^2$.

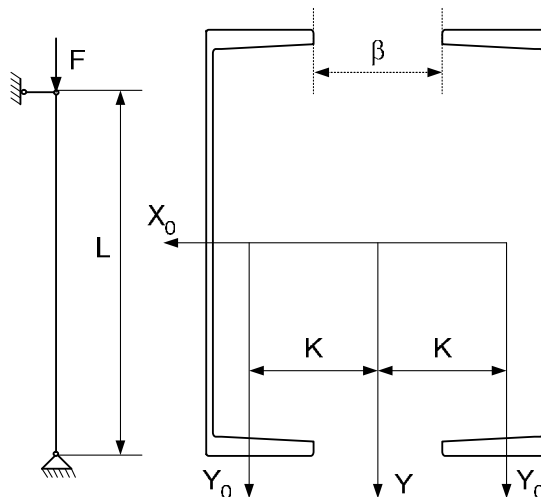


Рис. Схема задачи

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)
 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
 высшего образования
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки _____ 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»
 (наименование)

Семестр 4 (очная форма), 5 (очно-заочная форма)

Комплект заданий для расчетно-графической работы
Тема №1: Внутренние силовые факторы

Построить эпюры внутренних силовых факторов для плоской рамы, показанной на рисунке задания. Варианты выбираются по номеру задания.

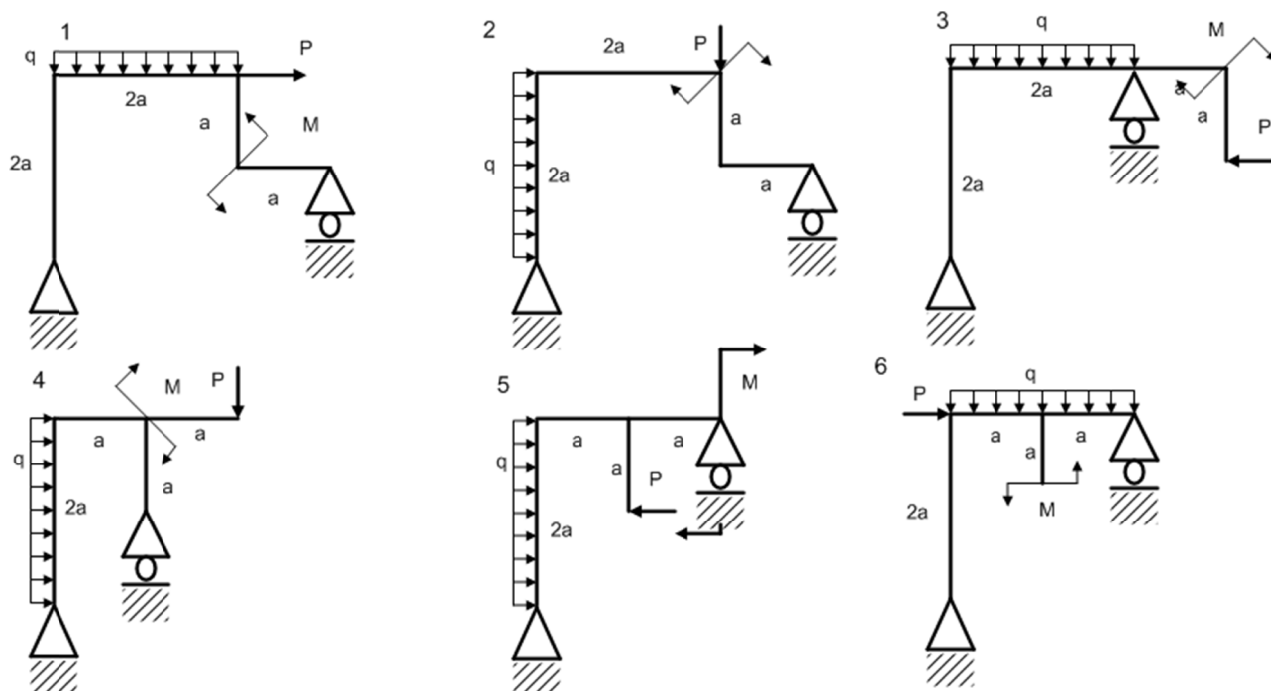
Значения нагрузок:

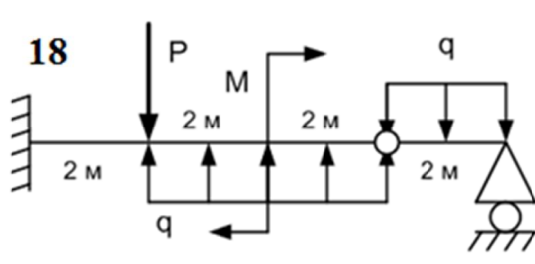
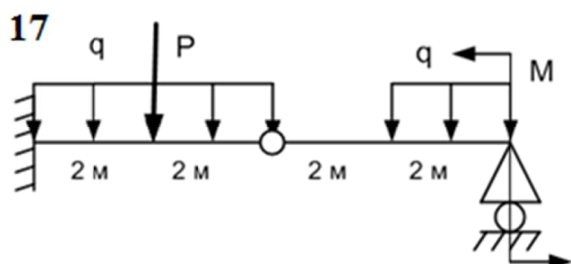
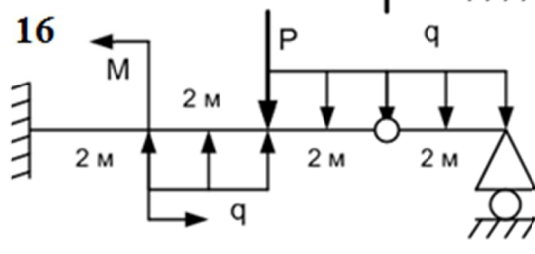
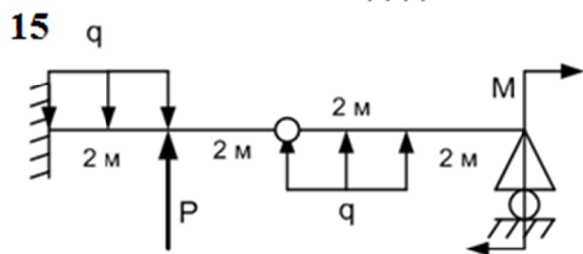
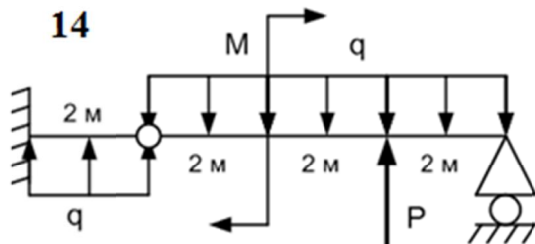
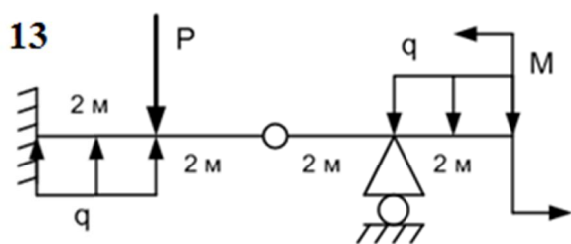
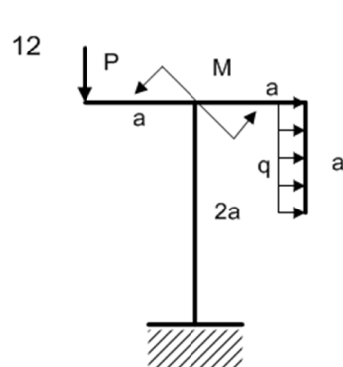
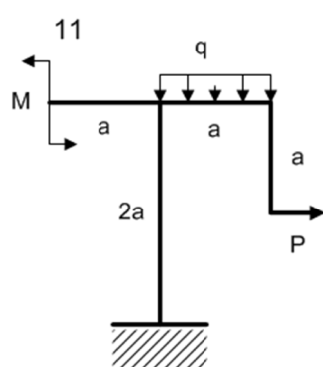
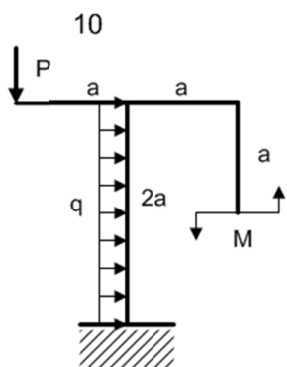
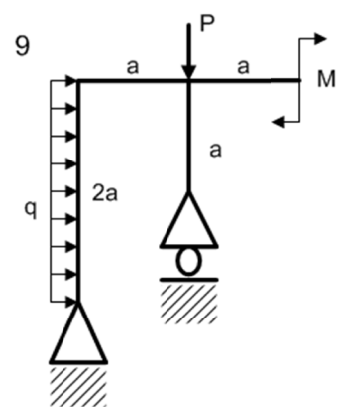
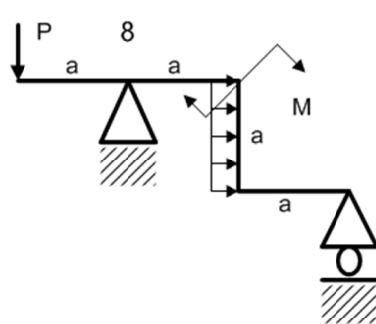
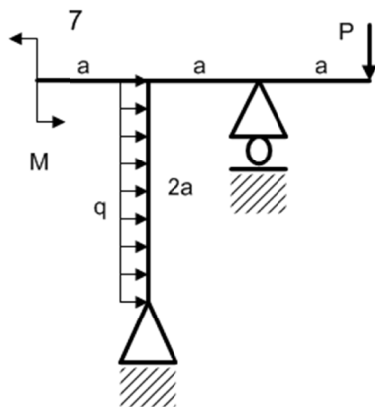
$P = 10 \text{ кН}$;

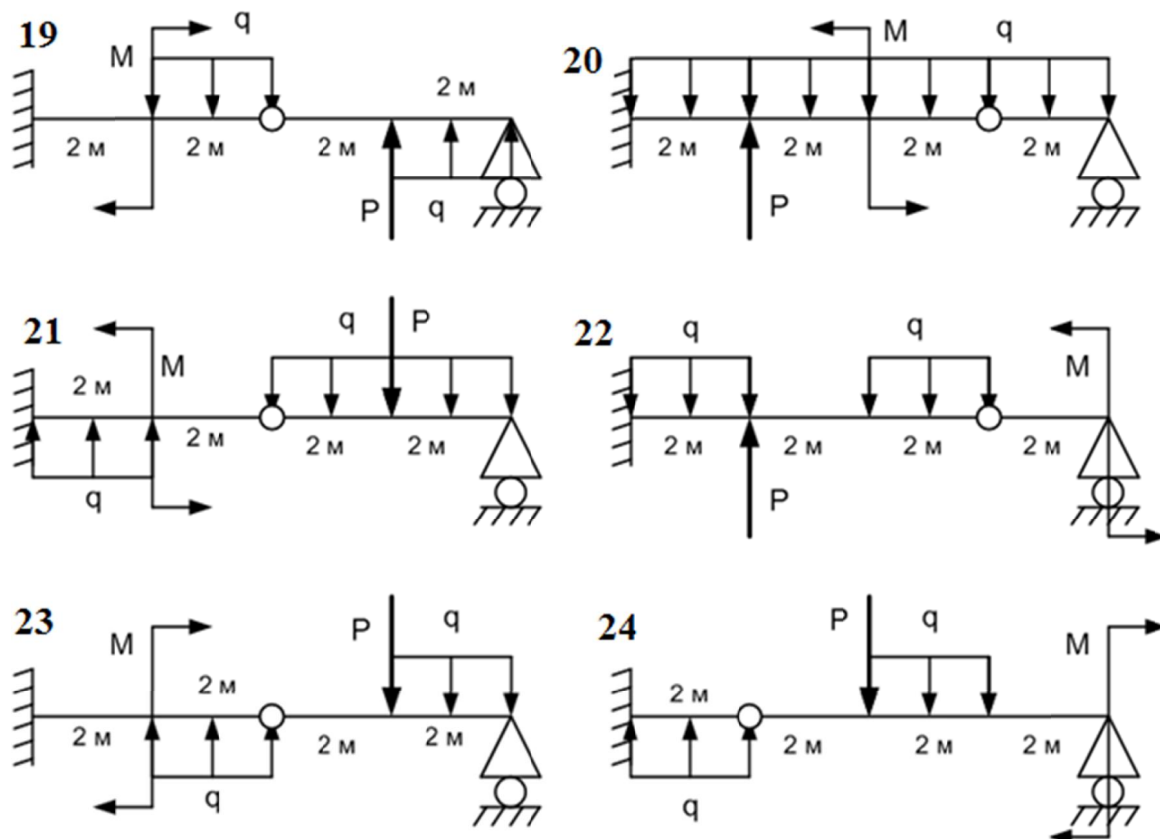
$M = 6 \text{ кНм}$;

$q = 4 \text{ кН/м}$;

$a = 2 \text{ м}$.







Критерии оценки:

Критерий оценки максимальным числом баллов - 6:

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно с соблюдением масштаба и правил оформления. Расчеты выполнены с достаточной степенью точности. Показан вывод расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Над единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в показательной форме – математические действия над ними выполнены без ошибок.

Критерий оценки на 4,5 баллов:

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с небольшими нарушениями в правилах оформления. Расчеты величин местами не достигают достаточной степени точности. Имеются небольшие огрехи в выводе расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не над всеми единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины не всегда представлены в показательной форме – при выполнении математических действий над ними используется формат чисел с фиксированной запятой.

Критерий оценки на 3 балла:

Выполнено не менее 60% требований задания к работе. Расчетные схемы, эпюры построены правильно, но с существенными нарушениями правил оформления. При проведении расчетов имеются существенные потери точности величин. При выводе расчетных формул допущены некоторые ошибки. Не все числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не всегда над единицами

измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в различных форматах, приводящих к накоплению ошибки.

Критерий оценки «неудовлетворительно»:

Если хотя бы один из перечисленных критериев для минимальной оценки не соблюдается, выставляется оценка «неудовлетворительно», работа возвращается на доработку.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02

«Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»
(наименование)

Семестр 4 (очная форма), 5 (очно-заочная форма)

Комплект заданий для выполнения контрольной работы Тема № 4: Напряженно-деформированное состояние

Задание. Напряженно-деформированное состояние бруса в опасном сечении характеризуется набором напряжений, показанных на рисунке для элементарного параллелепипеда, выбранного из этого сечения в произвольном месте. Плоскость правой грани элемента совпадает с плоскостью поперечного сечения. В контрольной работе требуется:

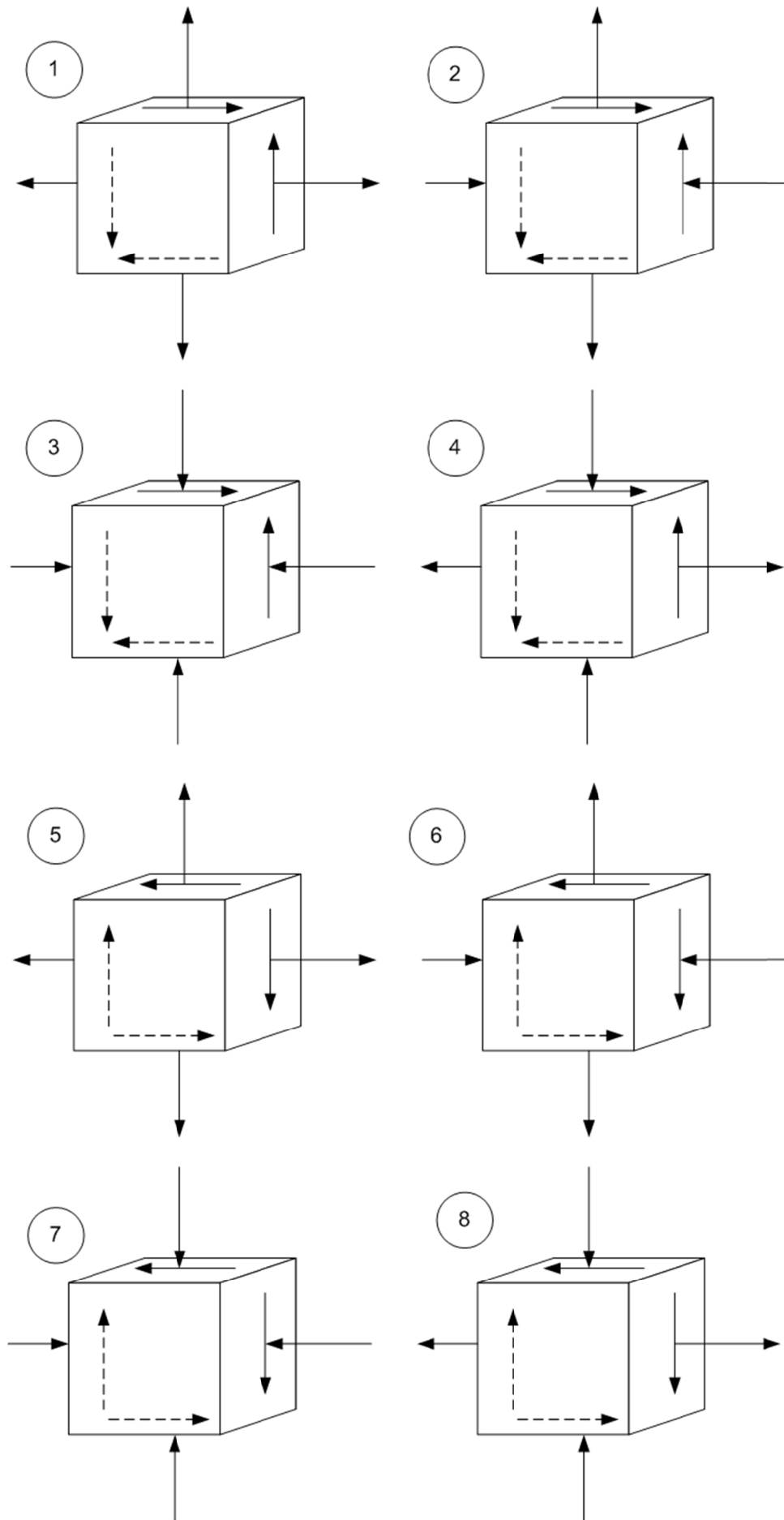
- 1) построить тензор напряжений;
- 2) решая обратную задачу ТНДС рассчитать главные напряжения и направление главных площадок;
- 3) используя круг Мора, выполнить графические пояснения к решению;
- 4) вычислить максимальные касательные напряжения;
- 5) на основе обобщенного закона Гука найти главные деформации $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$;
- 6) рассчитать эквивалентное напряжение $\sigma_{\text{экв}}$ по второй и четвертой теории прочности;
- 7) найти относительное изменение объема;
- 8) определить удельную потенциальную энергию деформации.

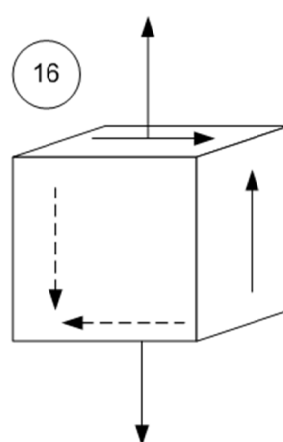
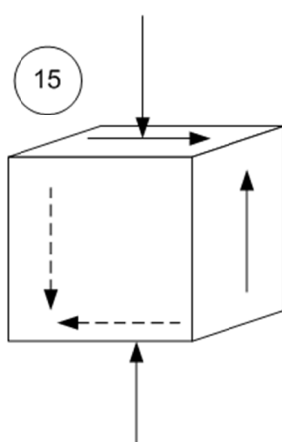
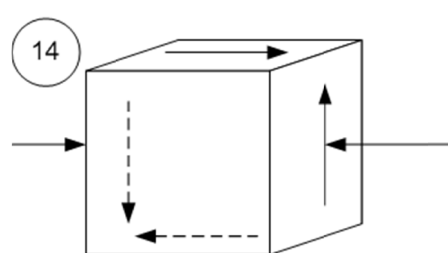
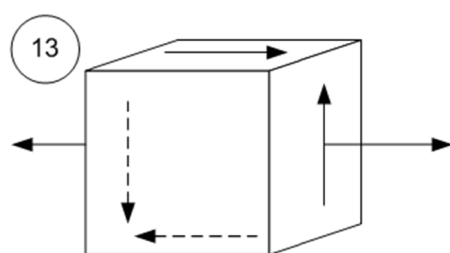
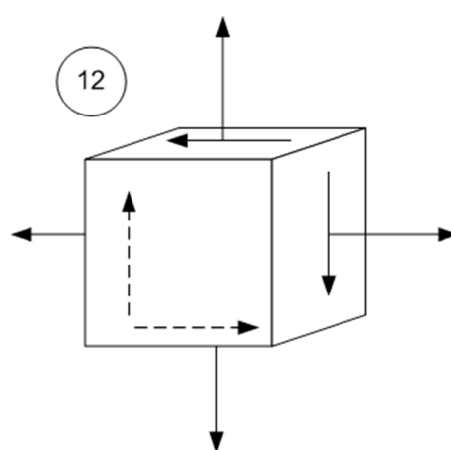
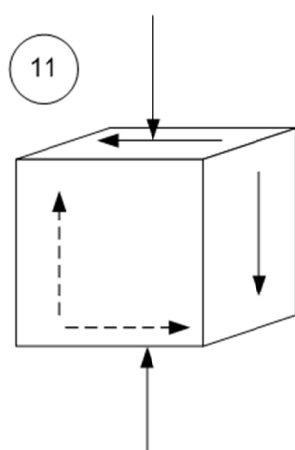
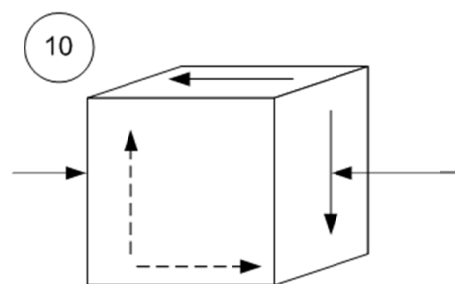
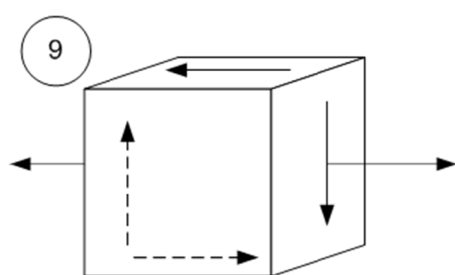
Вариант схемы выбрать по рисунку в соответствии с номером своей фамилии в списке группы.

Исходные числовые данные для выполнения расчетов для всех вариантов одинаковы:

$$\tau_{zy} = -\tau_{yz} = 40 \text{ МПа}; \sigma_z = 70 \text{ МПа}; \sigma_y = 60 \text{ МПа}.$$

Варианты заданий для контрольной работы





Критерии оценки:

Критерий максимальной оценки – на 18 баллов

Выполнены все требования задания к работе. Расчетные схемы, математические модели построены правильно с соблюдением масштаба и правил оформления. Расчеты выполнены с достаточной степенью точности. Показан вывод расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Над единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в показательной форме – математические действия над ними выполнены без ошибок. В текстовый отчет помещены все результаты выполненных расчетов.

Критерий оценки на 15 баллов

Выполнены почти все требования задания к работе. Расчетные схемы, математические модели построены правильно, но с небольшими нарушениями в правилах оформления. Расчеты величин местами не достигают достаточной степени точности. Имеются небольшие огрехи в выводе расчетных формул. Числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не над всеми единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины не всегда представлены в показательной форме – при выполнении математических действий над ними используется формат чисел с фиксированной запятой. В текстовый отчет помещены все результаты выполненных расчетов. Оформление работы выполнено с несущественными ошибками.

Критерий минимальной оценки – 12 баллов

Выполнены не все требования задания к работе. Расчетные схемы, математические модели построены правильно, но со значительными нарушениями правил оформления. При проведении расчетов имеются существенные потери точности величин. При выводе расчетных формул допущены некоторые ошибки. Не все числовые величины в формулах сопровождаются единицами измерений. Не всегда над единицами измерений выполнены правильные преобразования. Крупные и мелкие числовые величины представлены в различных форматах, приводящих к накоплению ошибки. В текстовый отчет помещены не все результаты выполненных расчетов. Оформление работы выполнено с существенными ошибками.

Критерий оценки «неудовлетворительно»:

Если хотя бы один из перечисленных критериев для минимальной оценки не соблюдается, выставляется оценка «неудовлетворительно», работа возвращается на доработку.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»
(наименование)

Семестр 6

Темы для собеседования

Тема №5: Теории прочности

- 1) Особенности деформации растяжения и сжатия.
- 2) Напряжения в поперечных сечениях и по наклонным площадкам при осевом растяжении.
- 3) Деформации при растяжении и сжатии.
- 4) Коэффициент Пуассона.
- 5) Закон Гука при растяжении.
- 6) Модуль упругости материалов.
- 7) Определение перемещений при растяжении.
- 8) Расчет на жесткость при растяжении.
- 9) Испытание материалов на растяжение.
- 10) Испытание материалов на сжатие.
- 11) Механические свойства материалов.
- 12) Типы расчетов на прочность.
- 13) Коэффициент запаса прочности.
- 14) Потенциальная энергия деформации при растяжении.
- 15) Статически неопределимые задачи.
- 16) Монтажные и температурные напряжения при растяжении и сжатии.

Критерии оценки:

Максимальное число баллов – 5 баллов выставляется, если собеседование протекает при активном обмене информацией между студентами и преподавателем; вопросы и ответы следуют с обеих сторон; ответы

полноценные и развернутые; во время собеседования студенты поднимают интересные и оригинальные проблемы.

Минимальное число баллов – 3 балла выставляется при преимущественно однонаправленном потоке информации; ответы студентов односложные и без разъяснений; вопросы носят тривиальный характер; во время беседы практически не поднимаются острые проблемы и не приводятся в качестве примеров практические ситуации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет Механический

Кафедра Машин и аппаратов химических производств

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

(код и наименование)

Профиль/программа: «Оборудование нефтегазопереработки»

(наименование)

Темы рефератов

Тема 6. Сдвиг и кручение

1. Закон Гука для изотропного тела в прямой и обратной формах.
2. Физический смысл упругих постоянных и область их изменения.
3. Статические, квазистатические и динамические постановки начально-краевых задач теории упругости.
4. Теорема единственности статической задачи.
5. Уравнения Ламе. Постановка в перемещениях.
6. Уравнения Бельтрами – Мичелла.
7. Плоская задача теории упругости.
8. Плоское деформированное состояние.
9. Функция Эйри. Плоское напряжённое и обобщённое плоское напряжённое состояния.
10. Применение теории функций комплексной переменной. Формулы Лява.
11. Комплексные потенциалы. Формула Колосова – Мусхелишвили.
12. Линейная термоупругость. Соотношения Дюгамеля-Неймана.
13. Закон теплопроводности Фурье.
14. Метод Галёркина.
15. Динамические задачи теории упругости. Теорема Гельмгольца.
16. Волновые уравнения для потенциалов. Два типа волн в неограниченной упругой среде.
17. Плоские волны. Решение Даламбера.
18. Отражение плоской волны от свободной поверхности и от жесткой стенки.
19. Поверхностные волны Релея. Волны Лява.
20. Поверхности разрывов. Ударные волны.

21. Геометрические, кинематические и динамические условия совместности. Соотношение Адамара.
22. Плоская автомодельная задача.
23. Условие (критерий) текучести. Критерий текучести Треска (теория максимального касательного напряжения). Предел текучести на сдвиг и растяжение.
24. Теория течения. Теория упругопластической деформации. Параметр Генки.
25. Теория пластического течения. Уравнения Прандтля – Рейса.
26. Плоская задача теории пластичности. Линии скольжения и их свойства.
27. Уравнения Генки. Телеграфное уравнение.
28. Теория наследственности. Ползучесть при одномерном и сложном напряжённом состоянии.
29. Диаграммы ползучести и релаксации. Наследственные модели.
30. Линейные модели вязкоупругого поведения материала.
31. Теория наследственности. Ядро релаксации и ядро ползучести.
32. Модель Максвелла, Кельвина – Фойхта. Обобщенные модели. Принцип соответствия Вольтера.
33. Модели вязкопластических сред. Определяющие уравнения Шведова – Бингама.
34. Теории старения, течения и упрочнения при ползучести.
35. Ползучесть элементов конструкций.

Критерии оценки

В рабочей программе дисциплины предусмотрена подготовка и защита реферата.

Минимальное число баллов – 3 балла выставляется при недостаточной степени раскрытия темы в ходе своего выступления, приведения нечетких аргументов и не вполне активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.

Максимальное число баллов – 5 баллов выставляется при полноценном раскрытии темы в ходе своего выступления, приведения четких аргументов и доказательств, а также активное участие в дискуссии по проблеме, которая была раскрыта в ходе доклада.