Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Минцаев Магомед Шавалович
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.11.2023 10:59:36
Уникальный программный ключ:
236bcc35c296f119d6aafdc22836b21db52dbc07971a86865a5825f9fa4504cc

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

имени академика М.Д. Миллионщикова

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор
И.Г. Гайрабеков

«29» 09 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Сопротивление материалов»

Направление подготовки

15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль

«Технология машиностроения»

Квалификация

бакалавр

Грозный – 2020

1. Цели освоения дисциплины

Сопротивление материалов – часть механики, в которой рассматриваются вопросы расчета элементов конструкции на прочность, жесткость и устойчивость.

2.Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к базовой (общепрофессиональной) части профессионального цикла. Для изучения курса **требуется знание**: математики, информатики, физики, теоретической механики, начертательной геометрии и инженерной графики; детали машин и основы конструирования; Теории упругости и пластичности.

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является **предшествующей** дисциплиной для курсов: оборудование машиностроительных производств; проектирование машиностроительных производств; резание материалов.

3. Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

способностью применять способы рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах, выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления их изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий (ПК-1); способностью использовать методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых машиностроительных изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий (ПК-2);

В результате освоения дисциплины студент должен

знать:

- основы напряженного и деформированного состояния деталей и элементарного объема материала; сложное сопротивление: косой изгиб, внецентренное растяжение-сжатие, изгиб с кручением; устойчивость сжатых стержней; действие переменных нагрузок

уметь:

- определять внутренние усилия и построение соответствующих эпюр; определять напряжения при растяжении-сжатии, кручении и изгибе, условия прочности; определять деформации, условия жесткости

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов/з.е.	Семестры

				5	5
		ОФО	ЗФО	ОФО	ЗФО
Контактная работа (всего)		**51/1,42**	**12/0,33**	**51**	**12**
В том числе:					
Лекции		34/1	6/0,17	36	6
Практические занятия		17/0,5	6/0,17	18	6
Самостоятельная работа (всего)		**57/1,58**	**96/2,67**	**57**	**96**
В том числе:					
Расчетно-графические работы		21/0,58		21	
Контрольные работы			60/1,67		60
Подготовка к экзамену		36/1	36/1	36/1	36/1
Вид отчетности				**Экзамен**	**Экзамен**
Общая трудоемкость дисциплины	**Всего в часах**	**108**	**108**	**108**	**108**
	Всего в зачетных единицах	**3**	**3**	**3**	**3**

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	**Наименование раздела дисциплины по семестрам**	**Лекц. зан. часы**	**Практ. зан. часы**	**Лаб. зан. часы**	**Всего часов**
1	Простые виды деформаций, расчеты на прочность	18	9		27
2	Сложные виды деформаций, расчеты на жесткость и устойчивость	18	9		27

5.2. Лекционные занятия

№ п/п	**Наименование раздела дисциплины**	**Содержание раздела**
1	Простые виды деформаций, расчеты на прочность	Предмет сопротивление материалов. Основные понятия. Напряженно-деформированное состояние в точке. Центральное растяжение и сжатие. Кручение. Прямой изгиб.
2	Сложные виды деформаций, расчеты на жесткость и устойчивость	Сложное сопротивление. Перемещения при изгибе. Устойчивость сжатых стержней. Расчет статически неопределимых систем

5.3. Лабораторный практикум (нет)

5.4. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела

1	Простые виды деформаций, расчеты на прочность	Расчет на прочность при растяжении и сжатии. Расчет на прочность при кручении. Расчет на прочность при прямом изгибе.
2	Сложные виды деформаций, расчеты на жесткость и устойчивость	Расчет на прочность при сложном сопротивлении. Определение перемещений при изгибе. Расчет на устойчивость сжатых стержней.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине.

6.1 Темы заданий расчетно-графической работы

№№ п/п	**Задания**
1	Растяжение – сжатие
2	Кручение.
3	Изгиб.

6.2. Примеры выполнения заданий

Образец к заданию № 1

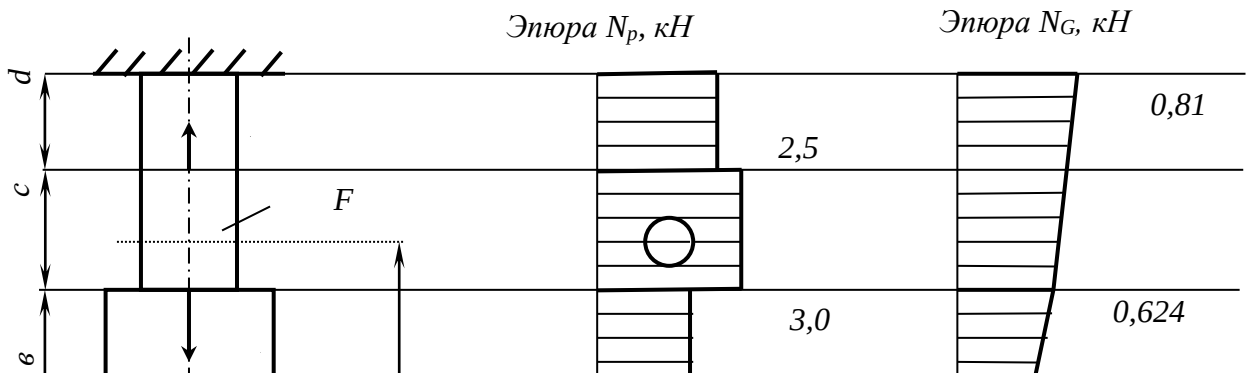
Стальной стержень $(E = 2 \cdot 10^5 \, МПа)$ находится под действием осевых сил $\vec{P}_1, \vec{P}_2, \vec{P}_3$ и собственного веса $\left(\gamma = 78 \cdot 10^3 \, \frac{Н}{м^3}\right)$. Построить эпюру N_p внутренних продольных сил, возникающих в сечениях стержня под действием только приложенных сил $\vec{P}$, и эпюру внутренних сил N_G, возникающих в сечениях стержня под действием только его собственного веса (рис. 1).

Найти перемещение сечения стержня, к которому приложена сила $\vec{P}_2$ происходящее под совместным действием сил $\vec{P}$ и веса стержня. Величина $F = 4 \cdot 10^{-3} \, м^2$.

Дано: номер схемы – 2; $P_1 = 0{,}5 кН$; $P_2 = 0{,}8 кН$; $P_3 = 2{,}2 кН$; $a = 0{,}5 м$; $в = 0{,}5 м$; $c = 0{,}35 м$; $d = 0{,}25 м$. Величина $F = 4 \cdot 10^{-3} \, м^2$.

Решение

Изобразим на отдельном листе схему нагружения стержня, проставим необходимые размеры.



Определим внутренние продольные силы, возникающие в поперечных сечениях стержня только под действием приложенных сил *P*. На участке *а* : $N_P = 0$; на участке *в* : $N_P = P_3 = 2{,}2$ кН (растяжение); на участке *c* : $N_P = P_3 + P_2 = 2{,}2 + 0{,}8 = 3{,}0$ кН (растяжение); на участке *d* : $N_P = P_3 + P_2 - P_1 = 2{,}2 + 0{,}8 - 0{,}5 = 2{,}5$ кН (растяжение).

Справа от схемы нагружения стержня строим по полученным значениям эпюру N_P

Определим внутренние продольные силы N_G, возникающие в поперечных сечениях только под действием его собственного веса. Заданный стержень состоит из двух участков: *а+в* и *c+d* , отличающихся площадями поперечного сечения соответственно *2F* и *F*. Внутренняя сила в поперечном сечении первого участка на расстоянии x_1 от его нижнего конца $N_G = 2F\gamma x_1$. При $x_1=0$, $N_G = 0$,

при $x_1=a+в$, $N_G = 2F\gamma(a+в) = 2\cdot 4\cdot 10^{-3}\cdot 78\cdot 10^3(0{,}5+0{,}5) = 624H = 0{,}624кН$.

Внутренняя сила в поперечном сечении второго участка стержня на расстоянии x_2 от его нижнего конца $N_G = 2F\gamma(a+в) + F\gamma(x_2 - a - в)$.

При $x_2=a+в$:

$N_G = 2F\gamma(a+в) + F\gamma(a+в-a-в) = 2\cdot 4\cdot 10^{-3}\cdot 78\cdot 10^3(0{,}5+0{,}5) = 624H = 0{,}624кН$.

При $x_2=a+в+c+d$:

$$N_G = 2F\gamma(a+в) + F\gamma(a+в+c+d-a-в) = 2\cdot 4\cdot 10^{-3}\cdot 78\cdot 10^3(0{,}5+0{,}5) +$$
$$+ 4\cdot 10^{-3}\cdot 78\cdot 10^3(0{,}5+0{,}5+0{,}35+0{,}25-0{,}5-0{,}5) = 810H = 0{,}81кН$$

По полученным значениям строим эпюру N_G .

Находим перемещение поперечного сечения стержня, в котором приложена сила P_2 .

Искомое перемещение δ будет равно сумме деформации Δl_{N_P} участков *c* и *d*, вызванной действием внутренних сил N_P на этих участках , и Δl_{N_G} тех же участков, вызванной действием собственного веса стержня: $\delta = \Delta l_{N_P} + \Delta l_{N_G}$. При этом первое слагаемое

$$\Delta l_{N_P} = \Delta l_d + \Delta l_c = \frac{N_1 d}{EF} + \frac{N_2 c}{EF} = \frac{2{,}5 \cdot 0{,}25}{2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} + \frac{3{,}0 \cdot 0{,}35}{2 \cdot 10^{11} \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = 2{,}09 \cdot 10^{-6}\, м = 2{,}09 \cdot 10^{-3}\, мм,$$

где Δl_d - деформация участка *d* под действием внутренней силы $N_P = N_1 = 2{,}5 кН$ на этом участке; Δl_c - деформация участка *c* под действием внутренней силы $N_P = N_2 = 3{,}0 кН$ на участке *c*.

Второе слагаемое

$$\Delta l_{N_G} = \Delta l_{(c+d)} + \Delta l_{(a+в)} = \frac{\gamma(c+d)^2}{2E} + \frac{2F(a+в)\cdot\gamma(c+d)}{EF} = \frac{78 \cdot 10^3 \cdot (0{,}35+0{,}25)^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^{11}} +$$

$$+ \frac{2 \cdot (0{,}5+0{,}5) \cdot 78 \cdot 10^3 \cdot (0{,}35+0{,}25)}{2 \cdot 10^{11}} = 54 \cdot 10^{-8}\, м = 0{,}54 \cdot 10^{-3}\, мм$$

где $\Delta l_{(c+d)}$ - деформация участка длиной *c*+*d* под действием его собственного веса; $\Delta l_{(a+в)}$ - деформация того же участка под действием веса расположенной ниже части стержня длиной *а*+*в*.

Искомое перемещение $\delta = 2{,}09 \cdot 10^{-3} + 0{,}54 \cdot 10^{-3} = 2{,}63 \cdot 10^{-3}\, мм$.

Образец к заданию № 2

К стальному валу приложены три известных момента: M_1, M_2, M_3 .

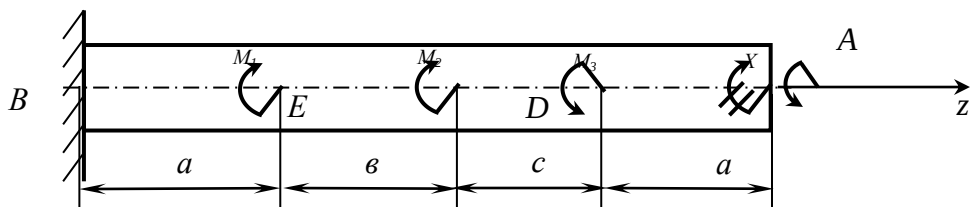
Требуется:

1) установить, при каком значении момента X угол поворота правого концевого сечения вала равен нулю;
2) для найденного значения X построить эпюру крутящих моментов;
3) при заданном значении $[\tau]$ определить диаметр вала из расчета на прочность и округлить его значение до ближайшего большего, соответственно равного: 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100 мм;
4) построить эпюру углов закручивания;
5) найти наибольший относительный угол закручивания (на 1 м).

Пусть данные задачи следующие: *схема – 2; а = 1,9 м; в = 1,8 м; с = 1,2 м;* M_1 *= 1900 Нм;* M_2 *= 800 Нм;* M_3 *= 1200 Нм;* $[\tau] = 80 МПа$.

Решение

Изобразим вал



Обозначим правый конец вала буквой *A*, левый – буквой *B*. Угол поворота сечения *A* по условию задачи равен нулю, угол поворота сечения *B* также равен нулю, поскольку это сечение защемлено. В защемленном сечении будет возникать реактивный момент M_A. Таким образом, имеем два неизвестных – X и M_A . В данной задаче имеем систему, для которой можно составить только одно уравнение равновесия: $\sum M_Z = 0$, где Z – ось вала. Таким образом, задача 1 раз статически неопределима.

Для раскрытия статической неопределимости к уравнению равновесия нужно добавить условие совместности деформаций, выражающее тот факт, что угол поворота одного концевого сечения относительно другого равен нулю. В данной задаче вал нагружен сосредоточенными крутящими моментами, поэтому эпюра на каждом участке вала будет постоянной.

Таким образом, вся эпюра $M_к$ – кусочно постоянная функция. Следовательно, на каждом участке вала для вычисления углов поворота можно применить элементарный закон Гука при кручении. Если будем рассматривать вал слева направо, то крутящие моменты на каждом участке вала выразятся через неизвестный момент X. Учтем, что угол поворота одного торцевого сечения относительно другого торцевого сечения равен арифметической сумме углов закручивания для концевых сечений всех участков:

$$\varphi_{A-B} = \frac{X \cdot a}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3)c}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3 + M_2)в}{GI_\rho} + \frac{(X - M_3 + M_2 + M_1)a}{GI_\rho} = 0$$

Отсюда, сокращая на GI_ρ, получаем

$$X = \frac{M_3(a+в+c) - M_2(a+в) - M_1 a}{2a+в+c} = \frac{1200(1{,}9+1{,}8+1{,}2) - 800(1{,}9+1{,}8) - 1900\cdot 1{,}9}{2\cdot 1{,}9+1{,}8+1{,}2} = -101{,}47 H\cdot м$$

Знак (-) при полученном значении требует в правом торцевом сечении выбрать новое направление крутящего момента X, противоположное исходному.

Построим эпюру крутящих моментов $M_к$, как обычно с использованием метода сечений, разбивая вал на участки.

На участке AC: $M_к = -X = -101{,}47 H\cdot м$;

на участке CD: $M_к = -X - M_3 = -101{,}47 - 1200 = -1301{,}47 H\cdot м$;

на участке DE: $M_к = -X - M_3 + M_2 = -101{,}47 - 1200 + 800 = -501{,}47 H\cdot м$;

на участке BE: $M_к = -X - M_3 + M_2 + M_1 = -101{,}47 - 1200 + 800 + 1900 = 1398{,}53 H\cdot м$.

Анализируя построенную эпюру $M_к$, видим, что опасным сечением будет весь участок BE, где есть наибольший крутящий момент. Таким образом, $M_к^{max} = 1398{,}53 H\cdot м$.

Из условия прочности при кручении получаем формулу для определения диаметра вала:

$$d \ge \sqrt[3]{\frac{16 M_K^{max}}{\pi[\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16\cdot 1398{,}53}{3{,}14\cdot 80\cdot 10^6}} = 0{,}0446 м. = 4{,}46 см.$$

При этом полярный момент сопротивления круглого вала $W_\rho = \frac{\pi d^3}{16}$.

Принимаем диаметр вала равным $d = 4{,}5 см$.

Строим эпюру углов закручивания, учитывая, что эпюра крутящих моментов – кусочно постоянная функция, поэтому на каждом участке можно применить элементарный закон Гука для углов закручивания: $\varphi = \frac{M_к l}{G I_\rho}$, где

$$I_\rho = \frac{\pi d^4}{32} = \frac{3{,}14\cdot 4{,}5^4}{32} = 40{,}24 см^4, \text{ а } G = 8\cdot 10^{10} Па$$

$$\varphi_{C-A} = -\frac{101{,}47\cdot 1{,}9}{8\cdot 10^{10}\cdot 40{,}24\cdot 10^{-8}} = -5{,}999\cdot 10^{-3} рад;$$

$$\varphi_{D-C} = -\frac{1301{,}47\cdot 1{,}2}{8\cdot 10^{10}\cdot 40{,}24\cdot 10^{-8}} = -48{,}502\cdot 10^{-3} рад;$$

$$\varphi_{E-D} = -\frac{501{,}47\cdot 1{,}8}{8\cdot 10^{10}\cdot 40{,}24\cdot 10^{-8}} = -28{,}018\cdot 10^{-3} рад;$$

$$\varphi_{B-E} = \frac{1398{,}53\cdot 1{,}9}{8\cdot 10^{10}\cdot 40{,}24\cdot 10^{-8}} = 82{,}519^{-3} рад.$$

Угол закручивания сечения A относительно сечения B по условию задачи должен быть равен нулю. Проверим правильность вычисления:

$$\varphi_{A-B} = \varphi_{C-A} + \varphi_{D-C} + \varphi_{E-D} + \varphi_{B-E} = (-5{,}999 - 48{,}502 - 28{,}018 + 82{,}519)\cdot 10^{-3} = 0.$$

Находим наибольший относительный угол закручивания. При этом использована

формула $\Theta = \dfrac{\varphi}{l}$, где $\varphi = \dfrac{M_к l}{GI_\rho}$ – угол закручивания, вычисленный для концевых сечений участка; l – длина участка . Тогда $\Theta = \dfrac{M_к}{GI_\rho}$.

Учитывая относительный угол закручивания (угол поворота одного сечения вала относительно другого сечения вала, когда расстояние между сечениями равно единице длины), можно для определения Θ использовать эпюру углов закручивания. Тогда относительный угол закручивания на участке *C-A*

$\Theta_{C-A} = -\dfrac{5{,}999 \cdot 10^{-3}}{1{,}9} = -3{,}146 \cdot 10^{-3}\ рад/м$. Аналогично на других участках:

$$\Theta_{D-C} = -\frac{48{,}502 \cdot 10^{-3}}{1{,}2} = -40{,}418 \cdot 10^{-3}\ рад/м;$$

$$\Theta_{E-D} = -\frac{28{,}018 \cdot 10^{-3}}{1{,}8} = -15{,}565 \cdot 10^{-3}\ рад/м;$$

$$\Theta_{B-E} = \frac{82{,}519 \cdot 10^{-3}}{1{,}9} = 43{,}43 \cdot 10^{-3}\ рад/м.$$

Наибольший относительный угол закручивания вала $\Theta = 43{,}43 \cdot 10^{-3}\ рад/м$.

Образец к заданию № 3

Для заданных двух схем балок составить уравнения поперечной силы *Q* и изгибающего момента *M*, построить эпюры *Q* и *M* .

Подобрать по M_{max}:

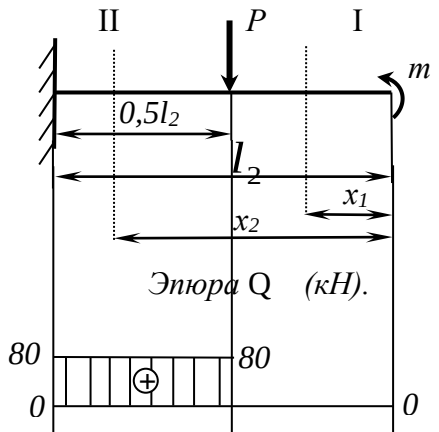
а) для консольной балки – диаметр деревянного бруса круглого поперечного сечения;

б) для двухопорной балки – номер стального стандартного двутавра с проверкой прочности по формуле Журавского. При расчетах принять $[\sigma]_{дер} = 10 МПа$; $[\sigma]_{ст} = 160 МПа$; $[\tau]_{ст} = 100 МПа$.

Допустим, что данные задачи следующие: $l_2 = 1{,}7$ *м; P = 80 кН; q = 40 кН/м; m =70 кН·м.*

Решение.

Рассмотрим консольную балку. На отдельном листе изобразим схему балки, проставим все необходимые данные. Разобьем балку на участки; запишем для каждого участка уравнения поперечной силы Q и изгибающего момента M; определим по этим уравнениям числовые значения Q и M .



участок $(0 \le x_1 \le 0{,}5l_2)$; $Q_{X_1} = 0$; $M_{X_1} = m = 70$ *кН·м.*

участок $(0{,}5l_2 \le x_2 \le l_2)$; $Q_{X_2} = P = 80$ *кН;*

$M_{X_2} = m - P\left(x_2 - \frac{l_2}{2}\right)$. При $x_2 = 0{,}5l_2$; $M_{(X_2=0{,}5l_2)} = m - P(0{,}5l_2 - 0{,}5l_2) = m = 70 кН \cdot м.$

При $x_2 = l_2$; $M_{(X_2=l_2)} = m - P\frac{l_2}{2} = 70 - 80 \cdot \frac{1{,}7}{2} = 70 - 68 = 2 кН \cdot м.$

Строим эпюры поперечной силы Q и изгибающего момента *M*.

По условию прочности при изгибе подбираем сечение балки по M_{max}.

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \le [\sigma]_{дер}$$

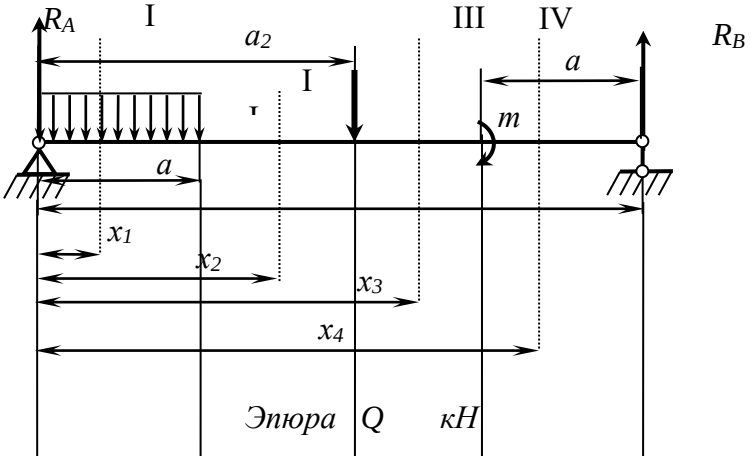
$$W \ge \frac{M_{\max}}{[\sigma]_{дер}} = \frac{70 \cdot 10^6}{10} = 7 \cdot 10^6 мм^3 = 7000 см^3$$

Если поперечное сечение круглое, осевой момент сопротивления $W = \frac{\pi d^3}{32}$, где d – диаметр сечения; $d = \sqrt[3]{\frac{32W}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 7000}{3{,}14}} = 41{,}4 см.$ Принимаем $d = 42$ *см*.

Рассмотрим двухопорную балку (рис. 13). Изобразим схему балки и все необходимые данные. Допустим, что данные задачи следующие:

$l_1 = 4м; q = 0{,}4 кН/м; P = 8кН; a_1 = 1м; a_2 = 2м; a_3 = \frac{2}{3} м; m = 7кН \cdot м; [\sigma]_{ст} = 160 МПа.$

Решение.



Опорные реакции R_A и R_B определим по уравнения статики:

$$\sum M_A = 0;$$

$$-qa_1\frac{a_1}{2} - Pa_2 - m + R_B l_1 = 0;$$

$$R_B = \frac{q\cdot\frac{a_1^2}{2} + Pa_2 + m}{l_1} = \frac{0{,}4\cdot\frac{1^2}{2} + 8\cdot 2 + 7}{4} = 5{,}8кН.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$-R_A l_1 + qa_1\left(l_1 - \frac{a_1}{2}\right) + P(l_1 - a_2) - m = 0;$$

$$R_A = \frac{qa_1\left(l_1 - \frac{a_1}{2}\right) + P(l_1 - a_2) - m}{l_1} = \frac{0{,}4\cdot 1\cdot\left(4 - \frac{1}{2}\right) + 8\cdot(4-2) - 7}{4} = 2{,}6кН$$

Проверка правильности вычисления реакций:

$\sum У = 0;\quad R_A + R_B - P - qa_1 = 2{,}6 + 5{,}8 - 8 - 0{,}4\cdot 1 = 0;$ Реакции найдены верно.

Разобьем балку на участки, запишем для каждого участка уравнения поперечной силы Q и изгибающего момента *M*.

Вычисляем величины Q и *M*.

<u>I участок</u> ($0 \le x_1 \le a_1$); $Q_{X_1} = R_A - qx_1$; $M_{X_1} = R_A x_1 - q\frac{x_1^2}{2}$.

При $x_1 = 0$;

$Q_{(X_1=0)} = R_A = 2{,}6кН$; $M_{(X_1=0)} = 0$.

При $x_1 = a_1$;

$Q_{(X_1=a_1)} = R_A - qa_1 = 2{,}6 - 0{,}4 \cdot 1 = 2{,}2кН$;

$$M_{(X_1=a_1)} = R_A a_1 - q\frac{a_1^2}{2} = 2{,}6 \cdot 1 - 0{,}4 \cdot \frac{1^2}{2} = 2{,}4кН \cdot м.$$

Поскольку уравнение M_{X_1} - парабола, вычислим его значение при $x_1 = \frac{a_1}{2}$

(промежуточное значение):

$$M_{\left(X_1=\frac{a_1}{2}\right)} = R_A\frac{a_1}{2} - q\frac{\left(\frac{a_1}{2}\right)^2}{2} = 2{,}6 \cdot \frac{1}{2} - 0{,}4 \cdot \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{2} = 1{,}3 - 0{,}05 = 1{,}25кН \cdot м$$

<u>II участок</u> ($a_1 \le x_2 \le a_2$);

$Q_{X_2} = R_A - qa_1 = 2{,}6 - 0{,}4 \cdot 1 = 2{,}2кН$.

$$M_{X_2} = R_A x_2 - qa_1 \cdot \left(x_2 - \frac{a_1}{2}\right).$$

При $x_2 = a_1$; $M_{(X_2=a_1)} = R_A a_1 - qa_1\left(a_1 - \frac{a_1}{2}\right) = 2{,}6 \cdot 1 - 0{,}4 \cdot 1 \cdot \left(1 - \frac{1}{2}\right) = 2{,}4кН \cdot м.$

При $x_2 = a_2$;

$$M_{(X_2=a_2)} = R_A a_2 - qa_1\left(a_2 - \frac{a_1}{2}\right) = 2{,}6 \cdot (2) - 0{,}4 \cdot 1 \cdot \left(2 - \frac{1}{2}\right) = 5{,}2 - 0{,}6 = 4{,}6кН \cdot м$$

<u>III участок</u> ($a_2 \le x_3 \le l_1 - a_3$);

$Q_{X_3} = R_A - q \cdot a_1 - P = 2{,}6 - 0{,}4 \cdot 1 - 8 = -5{,}8кН$.

$$M_{X_3} = R_A x_3 - qa_1\left(x_3 - \frac{a_1}{2}\right) - P(x_3 - a_2).$$

При $x_3 = a_2$;

$$M_{(X_3=a_2)} = R_A a_2 - qa_1\left(a_2 - \frac{a_1}{2}\right) - P(a_3 - a_3) = 2{,}6 \cdot 2 - 0{,}4 \cdot 1 \cdot (2 - 0{,}5) - 0 = 5{,}2 - 0{,}6 = 4{,}6кН.$$

При $x_3 = l_1 - a_3$;

$$M_{(X_3=l_1-a_3)} = R_A(l_1 - a_3) - qa_1\left(l_1 - a_3 - \frac{a_1}{2}\right) - P(l_1 - a_3 - a_2) =$$

$$= 2{,}6 \cdot \left(4 - \frac{2}{3}\right) - 0{,}4 \cdot 1 \cdot \left(4 - \frac{2}{3} - \frac{1}{2}\right) - 8 \cdot \left(4 - \frac{2}{3} - 2\right) = 8{,}67 - 1{,}13 - 10{,}67 = -3{,}06кН \cdot м.$$

<u>IV участок</u> ($l_1 - a_3 \le x_4 \le l_1$);

$Q_{X_4} = R_A - qa_1 - P = -5{,}8кН.$

$$M_{X_4} = R_A x_4 - qa_1\left(x_4 - \frac{a_1}{2}\right) - P(x_4 - a_2) + m.$$

При $x_4 = l_1 - a_3$;

$$M_{(X_4 = l_1 - a_3)} = R_A(l_1 - a_3) - qa_1\left(l_1 - a_3 - \frac{a_1}{2}\right) - P(l_1 - a_3 - a_2) + m =$$

$$= 2{,}6 \cdot \left(4 - \frac{2}{3}\right) - 0{,}4 \cdot 1 \cdot \left(4 - \frac{2}{3} - \frac{1}{2}\right) - 8 \cdot \left(4 - \frac{2}{3} - 2\right) + 7 = 8{,}67 - 1{,}13 - 10{,}6 + 7 = 3{,}94кН \cdot м.$$

При $x_4 = l_1$;

$$M_{(X_4 = l_1)} = R_A l_1 - qa_1\left(l_1 - \frac{a_1}{2}\right) - P(l_1 - a_2) + m = 2{,}6 \cdot 4 - 0{,}4 \cdot 1 \cdot \left(4 - \frac{1}{2}\right) - 8(4 - 2) + 7 =$$

$$= 10{,}4 - 1{,}4 - 16 + 7 = 0$$

По полученным значениям ординат Q и M строим эпюры поперечной силы $Q_{(x)}$ и изгибающего момента $M_{(x)}$. Проверяем правильность очертания эпюр по теореме $Q = \frac{dM}{dx}$

.

Убедившись в правильности эпюр M и Q, подбираем сечение балки по максимальному моменту. $M_{\max} = 4{,}6кН \cdot м$.

Так как при построении эпюры $M_{(x)}$ не был учтен вес самой балки (нагрузка от которого может оказаться достаточно значительной), добавим 5% к величине $M_{\max}$. Тогда $M_{\max}^{расч} = 4{,}6 + 0{,}23 = 4{,}83кН \cdot м.$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}^{расч}}{W} \le [\sigma]_{ст}$$

$$W \ge \frac{M_{\max}^{расч}}{[\sigma]_{ст}} = \frac{4{,}83 \cdot 10^6}{160} = 30{,}18 \cdot 10^3 мм^3 = 30{,}18см^3$$

По таблицам сортамента прокатной стали примем двутавровое сечение №10, характеристики которого следующие: $W_X = 39{,}7см^3; I_X = 198см^4; S_X = 23см^3; в = 4{,}5мм$ - толщина стенки двутавра.

Проверим прочность балки по формуле Журавского:

$$\tau_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot S_X}{вI} = \frac{5{,}8 \cdot 10^3 \cdot 23 \cdot 10^3}{4{,}5 \cdot 198 \cdot 10^4} = 14{,}97МПа \le 100МПа.$$

6.3. Учебно-методическое обеспечение:

1. А.К. Гериханов, А.А. Шуаипов, Р.А. Бурсагов СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ Методические указания для выполнения контрольных и самостоятельных заданий. ГГНТУ, 2015, 38с.

2. А.А. Шуаипов, Р.А. Бурсагов, С.М. Ногамирзаев. Методические указания к решению

задач по курсу сопротивление материалов. ГГНТУ, 2017 г. 37с.

7. Оценочные средства.

7.1. Вопросы к первой аттестации по дисциплине

1. В чем заключается метод сечения?
2. Что такое внутренняя сила?
3. Что называется напряжением в данной точке?
4. Что называется пределом пропорциональности, пределом текучести, пределом прочности?
5. Как формулируется закон Гука?
6. Как определяется деформация от действия собственного веса?
7. Что такое модуль Юнга?
8. Что называется коэффициентом поперечной деформации?
9. Какие задачи называются статически определимыми и статически неопределимыми?
10. Какой порядок решения статически неопределимых задач?
11. Как формулируется условие прочности?
12. Какие уравнения составляются при решении статически неопределимых задач?
13. Что такое условия совместности деформаций?
14. Какой вид деформации называется кручением?
15. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях круглого вала при кручении?
16. Как строится эпюра крутящего момента?
17. Какой крутящий момент будет положительным, а какой – отрицательным?
18. Закон Гука при кручении круглого стержня.
19. Как рассчитывается на прочность круглый вал при кручении?
20. Как определяются касательные напряжения при кручении?
21. Как рассчитывается на прочность прямоугольный стержень, подверженный деформации кручения?

7.5. Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Задачи сопротивления материалов. Упругие и пластические деформации. Основные допущения сопротивления материалов. Закон Гука. Модуль продольной упругости.
2. Схематизация опорных устройств. Внешние и внутренние силы. Метод сечений.
3. Напряжения и деформации. Разложение вектора полного напряжения. Коэффициент запаса прочности. Выбор допускаемых напряжений.
4. Растяжение (сжатие). Определение внутренних усилий. Определение напряжений и деформаций при растяжении (сжатии). Эффект Пуассона. Коэффициент Пуассона.

5. Определение механических свойств материала при растяжении. Диаграмма напряжений. Механические характеристики материалов. Закон разгрузки и повторного нагружения.
6. Сдвиг. Определение внутренних сил, напряжений и деформаций при сдвиге. Модуль упругости при сдвиге. Расчет на прочность при сдвиге.
7. Кручение. Внутренние силовые факторы при кручении. Напряжения и деформации при кручении бруса круглого поперечного сечения. Условия прочности и жесткости при кручении.
8. Основные понятия и определения (чистый изгиб, балка, плоский изгиб, плоскость изгиба, силовая плоскость, прямой изгиб). Плоский прямой изгиб.
9. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Дифференциальные зависимости между изгибающими моментами, поперечными силами и интенсивностью распределенных нагрузок.
10. Нормальные напряжения при чистом прямом изгибе (вывод формулы нормальных напряжений). Условия прочности при поперечном изгибе.
11. Касательные напряжения при плоском прямом изгибе. Вывод формулы Журавского. Потенциальная энергия деформации при изгибе.
12. Перемещения при изгибе. Дифференциальное уравнение упругой линии балки и его интегрирование.
13. Перемещения при изгибе. Определение перемещений с помощью интеграла Мора.
14. Расчет на прочность при сложном сопротивлении. Косой (двойной) изгиб. Определение напряжений при косом изгибе. Условие прочности при косом изгибе.
15. Сложное сопротивление. Внецентренное растяжение (сжатие). Определение напряжений при внецентренном растяжении (сжатии).
16. Изгиб с кручением. Гипотезы (теории) прочности.

Пример экзаменационного билета

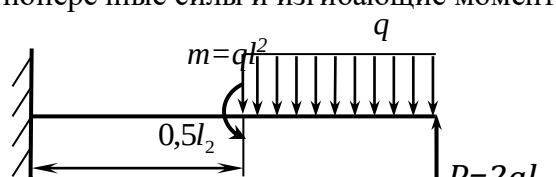
МИНИСТЕРСТВО ВО и Науки РФ
ГРОЗНЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждаю:
Зав. кафедрой

Билет № 1

Экзамен по сопротивлению материалов

1. Предмет сопротивление материалов. Прочность , жесткость и устойчивость. Внешние и внутренние силы. Метод сечений.
2. Основные понятия и определения (чистый изгиб, балка, плоский изгиб, плоскость изгиба, силовая плоскость, прямой изгиб). Плоский прямой изгиб.
3. Задача. Определить поперечные силы и изгибающие моменты.



Преподаватель _____

протокол № ___ от ____ г

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Кирсанова Э.Г. Сопротивление материалов : учебное пособие / Кирсанова Э.Г.. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 111 c. — ISBN 978-5-4486-0440-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/79814.html

2. Щербакова Ю.В. Сопротивление материалов : учебное пособие / Щербакова Ю.В.. — Саратов : Научная книга, 2019. — 159 c. — ISBN 978-5-9758-1776-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/81048.html

3. Асадулина Е.Ю. Сопротивление материалов. Практикум : учебное пособие / Асадулина Е.Ю.. — Челябинск, Саратов : Южно-Уральский институт управления и экономики, Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 158 c. — ISBN 978-5-4486-0681-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/81495.html

б) дополнительная литература

4. Атапин В.Г. Механика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов : учебник / Атапин В.Г.. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 378 c. — ISBN 978-5-7782-4019-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/98677.html

5. Сопротивление материалов : учебное пособие / Е.В. Брюховецкая [и др.].. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2018. — 276 c. — ISBN 978-5-7638-3947-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop./100113.html

в) программное и коммуникационное обеспечение

1. Интернет-библиотека
2. Наборы диапозитивов (фолий) для лекционных занятий.
3. Набор плакатов.
4. Электронный конспект лекций
5. Тесты для компьютерного тестирования

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1.Поточные лекционные аудитории, оснащенные современными техническими средствами обучения (ТСО).

2.Видеокласс с видеопроектором.

3.Компьютерный класс.

4. Специализированная лаборатория.

Составители:

ст. преподаватель кафедры «Прикладная механика и инженерная графика»

_____ А. А. Шуаипов

СОГЛАСОВАНО:

Зав., кафедрой «Прикладная механика и инженерная графика»

_____М. А. Саидов

Зав. выпускающей каф. «ТМ и ТП»

_____М.Р. Исаева

Директор ДУМР

_____М.А. Магомаева