Расчеты на прочность при растяжении-сжатии

Задачи №21 и №22 расчетно-графического задания

ЗАДАЧА №21

Контрольные вопросы

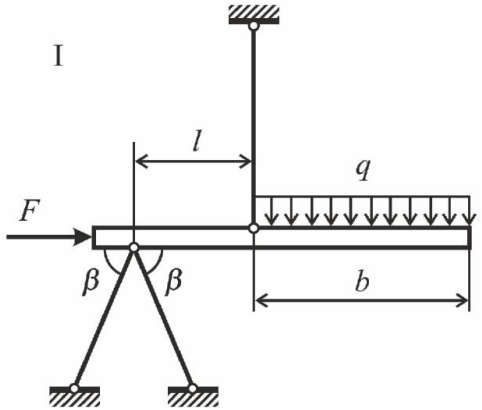
1. Какую конструкцию называют фермой?
2. Что называют напряжением?
3. Можно ли оценить прочность детали, указав только величину максимальных рабочих напряжений?
4. Что называют допускаемым напряжением? Как оно определяется для хрупких и пластичных материалов?
5. Что называют нормативным запасом прочности? От каких основных факторов зависит его величина?

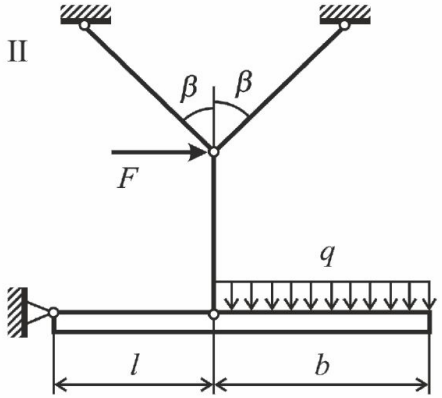
Условие задачи

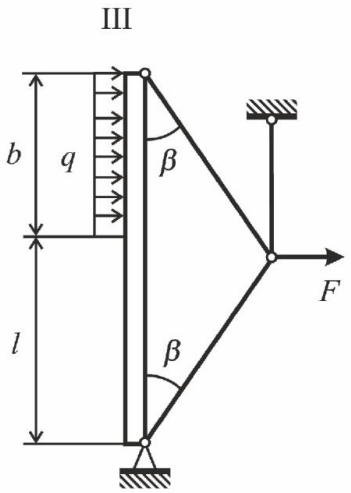
Для плоской фермы (рис. 21, табл. 21), состоящей из трех деформируемых стержней и абсолютно жесткого тела, требуется:

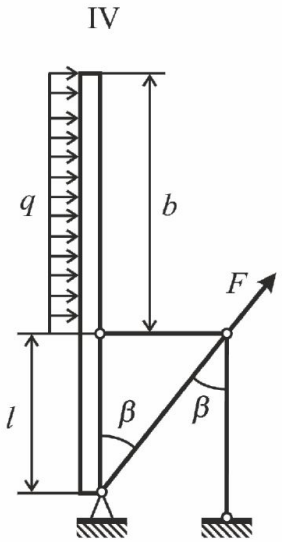
1) определить усилия в деформируемых стержнях (в долях ql);
2) из расчета на прочность найти площади поперечных сечений стержней;
3) учитывая, что каждый стержень фермы состоит из двух одинаковых равнополочных уголков (рис. 21б), подобрать по ГОСТ 8509-72, соответствующий номер профиля.

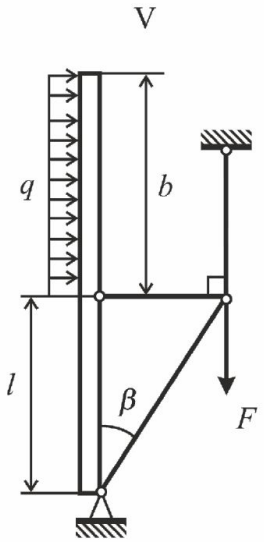
Принять: материал – Сталь 5; $[n] = 1{,}4$; $l = 50$ см; $q = 200$ кН/м. Остальные данные взять из приложения 8.

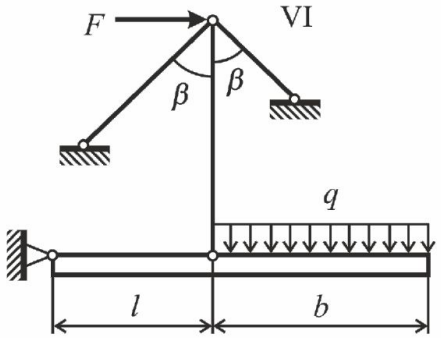

I
l
q
F
β
β
b

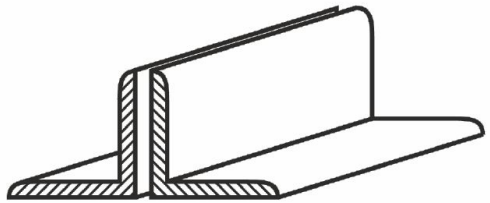

II
β
β
F
q
l
b


III
b
q
β
F
l
β


IV
q
b
F
l
β
β


V
q
b
l
β
F

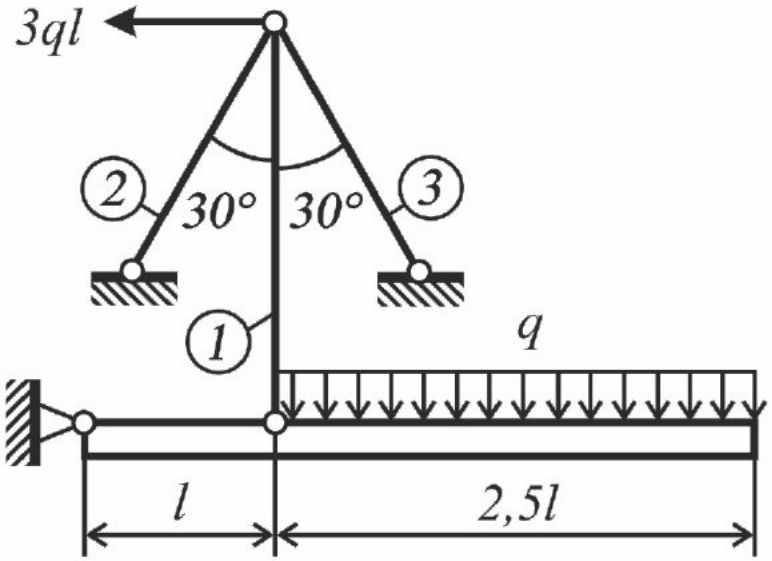

F
VI
β
β
q
l
b



Задача № 21

Таблица исходных данных

0	*0*	*0*	*0*
b / l	β, *градусов*	*F / ql*	*№ схемы*
2,5	*30*	*–3,0*	VI

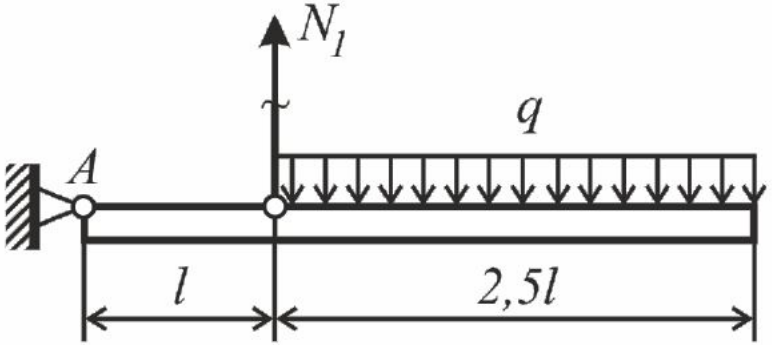


Расчетная схема

Дано: материал Ст5сп,
σ_T *= 275 МПа; [n] = 1,4;*
l = 50 см; q = 200 кН/м.
Требуется:
1. Найти усилия в стержнях.
2. Определить площади поперечных сечений стержней.
3. Подобрать размеры уголков.

Решение

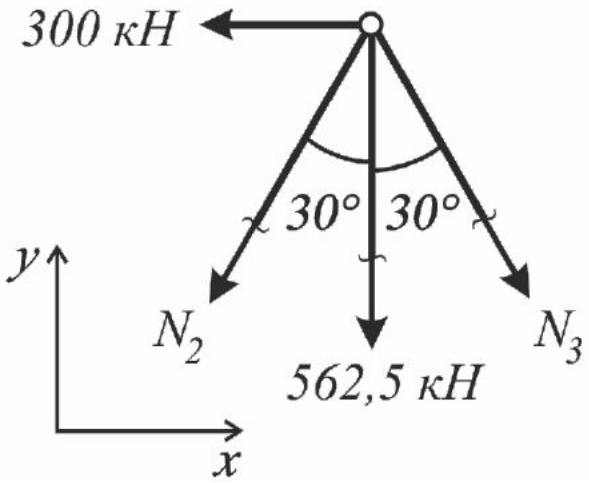
Стержни 1,2 и 3 являются элементами фермы, поэтому в них могут возникать только нормальные силы. Для определения этих сил последовательно рассмотрим равновесие жесткой балки и узла фермы, используя метод сечений. Нормальные силы в разрезаемых стержнях первоначально будем считать растягивающими.



$$\sum M_A = N_1 \cdot l - q \cdot 2{,}5l \cdot (l + 2{,}5l/2) = 0;$$

$$N_1 = 5{,}625ql = 5{,}625 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 0{,}5 =$$

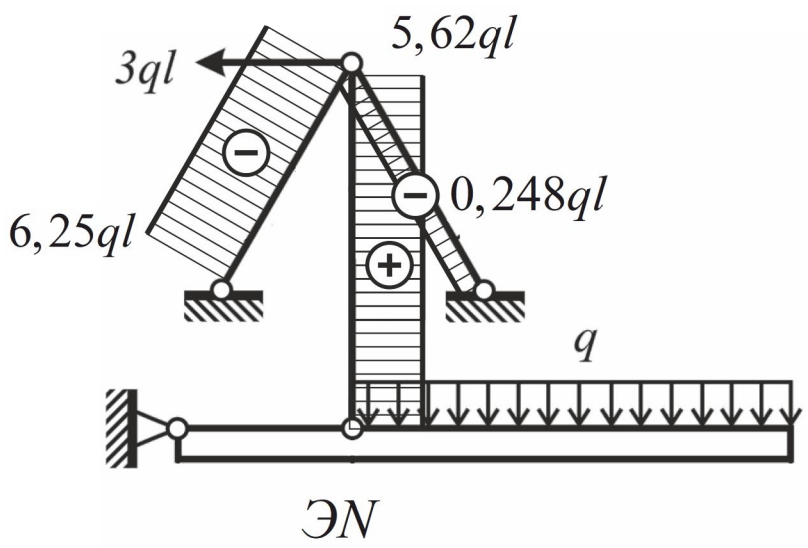
$= 562{,}5$ *кН. В стержне 1 растяжение.*

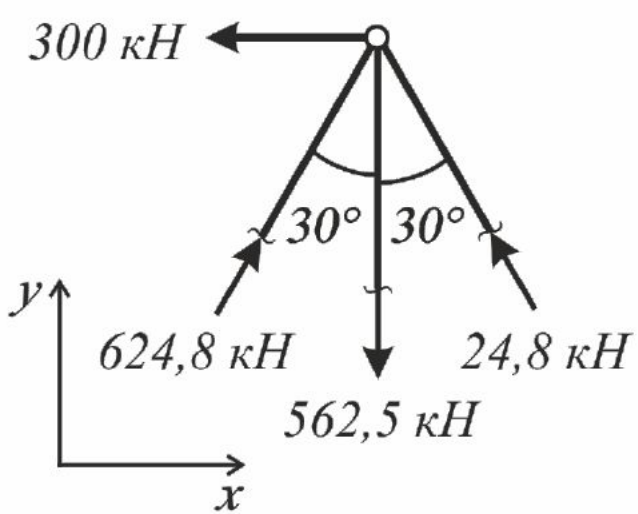


$$\begin{cases} \sum F_X = -N_2 \cdot \sin 30^0 + N_3 \cdot \sin 30^0 - 300\ кН = 0; \\ \sum F_Y = -N_2 \cdot \cos 30^0 - N_3 \cdot \cos 30^0 - 562{,}5\ кН = 0. \end{cases}$$

$$N_2 = -624{,}8\,кН; \quad N_3 = -24{,}8\ кН.$$

В стержнях 2 и 3 сжатие.





Проверка найденных в стержнях усилий:

$$\sum F_X = 624{,}8\ кН \cdot \sin 30^0 - 24{,}8\ кН \cdot \sin 30^0 - 300\ кН = 0;$$

$$\sum F_Y = 624{,}8\ кН \cdot \cos 30^0 + 24{,}8\ кН \cdot \cos 30^0 - 562{,}5\ кН = 0{,}07\ кН \approx 0.$$

Усилия найдены верно.

Расчет на прочность

Стержень 1. Условие прочности: $\sigma = \dfrac{N_1}{S_1^{\sqcup\!\sqcup}} \le [\sigma] = \dfrac{\sigma_T}{[n]}$.

Площадь стержня 1, состоящего из двух уголков:

$$S_1^{\sqcup\!\sqcup} \ge \frac{N_1 \cdot [n]}{\sigma_T} = \frac{562{,}5 \cdot 10^3 \cdot 1{,}4}{275 \cdot 10^6} = 0{,}002864\ м^2 = 28{,}64\ см^2.$$

Площадь одного уголка: $S_1^{\sqcup} = S_1^{\sqcup\!\sqcup} / 2 = 28{,}64 / 2 = 14{,}32\ см^2$.

Согласно ГОСТ 8509-93 для стержня 1 выбираем уголок $110 \times 110 \times 7$ *с площадью сечения 15,15* $см^2$.

Стержень 2. Условие прочности: $\sigma = \dfrac{N_2}{S_2^{\sqcup\!\sqcup}} \le [\sigma] = \dfrac{\sigma_T}{[n]}$.

Площадь стержня 2, состоящего из двух уголков:

$$S_2^{\sqcup\!\sqcup} \ge \frac{N_2 \cdot [n]}{\sigma_T} = \frac{624{,}8 \cdot 10^3 \cdot 1{,}4}{275 \cdot 10^6} = 0{,}003181\ м^2 = 31{,}81\ см^2.$$

Площадь одного уголка: $S_2^{\sqcup} = S_2^{\sqcup\!\sqcup} / 2 = 31{,}81 / 2 = 15{,}91\ см^2$.

Согласно ГОСТ 8509-93 для стержня 2 выбираем уголок $110 \times 110 \times 8$ *с площадью сечения 17,2* $см^2$.

Стержень 3. Условие прочности: $\sigma = \dfrac{N_3}{S_3^{\sqcup\!\sqcup}} \le [\sigma] = \dfrac{\sigma_T}{[n]}$.

Площадь стержня 3, состоящего из двух уголков:

$$S_3^{\sqcup\!\sqcup} \ge \frac{N_3 \cdot [n]}{\sigma_T} = \frac{24{,}8 \cdot 10^3 \cdot 1{,}4}{275 \cdot 10^6} = 0{,}000126\ м^2 = 1{,}26\ см^2.$$

Площадь одного уголка: $S_3^{\sqcup} = S_3^{\sqcup\!\sqcup} / 2 = 1{,}26 / 2 = 0{,}63\ см^2$.

Согласно ГОСТ 8509-93 для стержня 3 выбираем уголок $20 \times 20 \times 3$ *с площадью сечения 1,13* $см^2$.

ЗАДАЧА №22

Контрольные вопросы

1. Что называют напряжением?
2. Какие напряжения возникают в поперечных сечениях стержня при растяжении (сжатии)? Как они распределены по поперечному сечению?
3. Как определить напряжения при растяжении (сжатии)?
4. Какие характеристики материала отражают его пластические свойства? Дайте их определение.
5. Запишите условие прочности стержня из пластичного материала при растяжении. Раскройте смысл входящих в него величин.
6. Как вычислить удлинение участка стержня с постоянной площадью поперечного сечения и постоянной величиной нормальной силы?

Условие задачи

К консольному стержню переменного поперечного сечения (рис. 22, табл. 22) приложены сосредоточенные силы F и P. Требуется:

1) построить эпюру нормальной силы (в долях P);

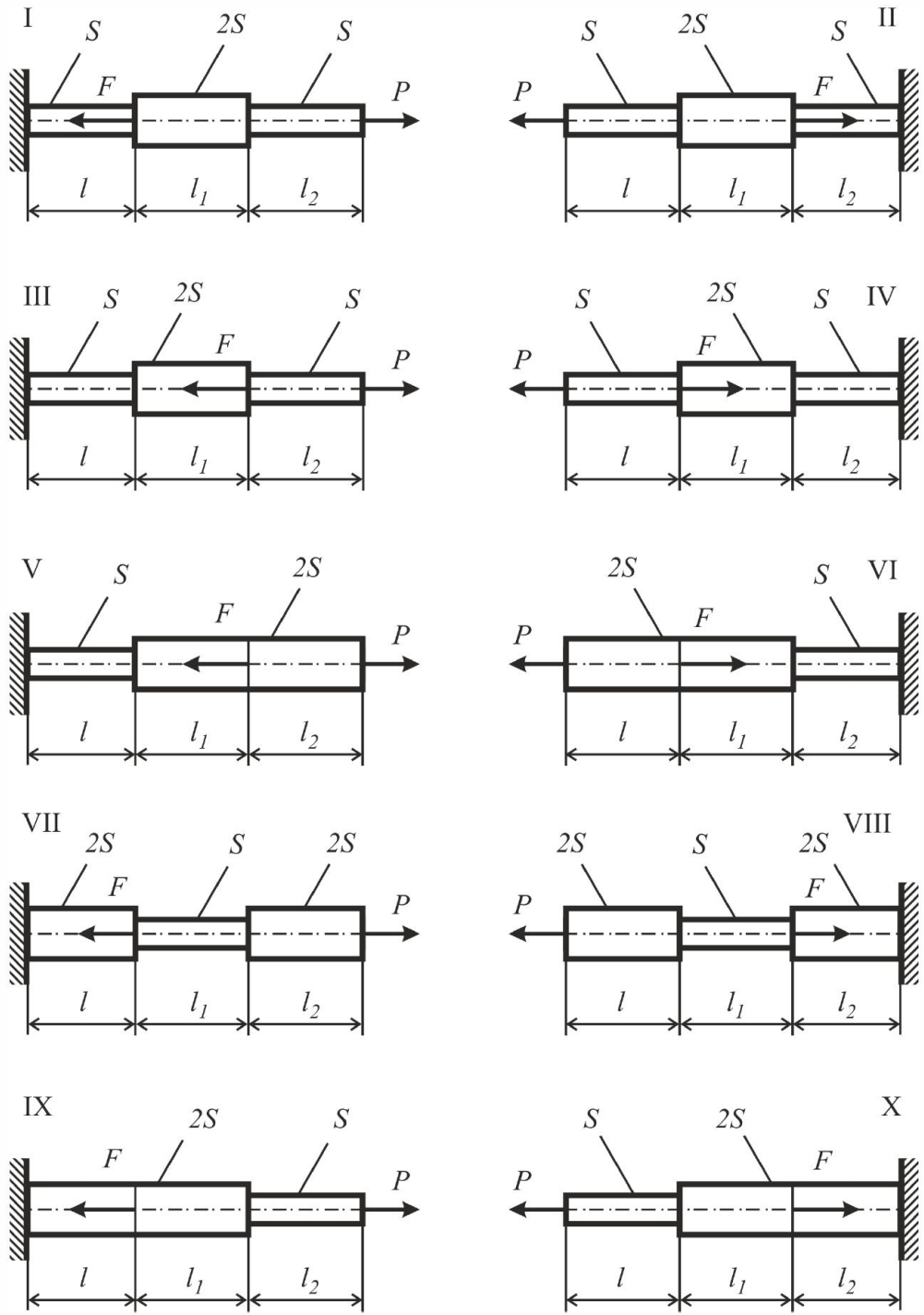
2) построить эпюру нормальных напряжений (в долях P/S);

3) построить эпюру перемещений (в долях Pl/ES);

4) определить из условия прочности по максимальным напряжениям допустимое значение параметра нагрузки P;

5) при найденном значении параметра нагрузки P вычислить максимальное перемещение в стержне.

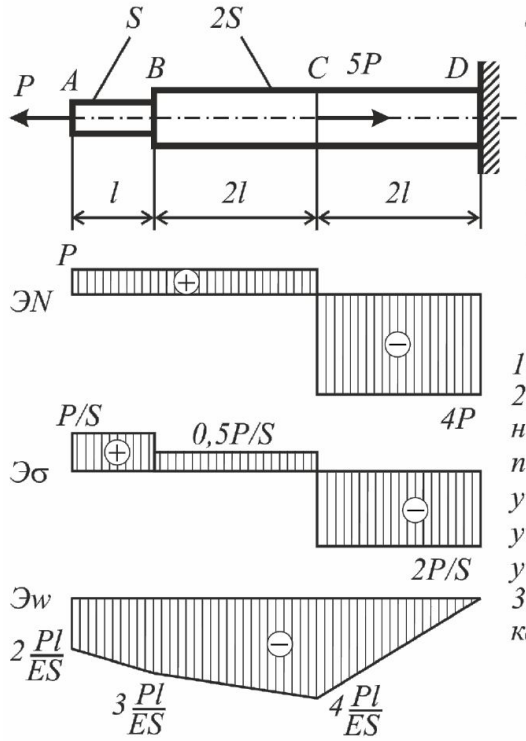
Принять: материал – сталь 45Г2; $[n] = 2$; $l = 20$ см; $S = 10$ см^2. Остальные данные взять из табл. 22. и приложения 8. Возможность потери устойчивости стержня не учитывать.


I
S
2S
S
F
P
l
l1
l2
II
S
2S
S
P
F
l
l1
l2
III
S
2S
S
F
P
l
l1
l2
IV
S
2S
S
P
F
l
l1
l2
V
S
2S
F
P
l
l1
l2
VI
2S
S
P
F
l
l1
l2
VII
2S
S
2S
F
P
l
l1
l2
VIII
2S
S
2S
P
F
l
l1
l2
IX
2S
S
F
P
l
l1
l2
X
S
2S
P
F
l
l1
l2

Задача № 22

Таблица исходных данных

0	0	0	0
l_1 / l	l_2 / l	F / P	№ схемы
2	2	5	X



Дано: материал сталь 45Г2,
$\sigma_{0,2}$ *= 400 МПа; [n] = 2; l = 20 см;*
S = 10 см^2*, E = 204 ГПа.*
Требуется:
1. Построить ЭN.
2. Построить Эσ.
3. Построить Эw.
4. Найти [P].
5. Найти w_{max}.

Решение

1. Строим ЭN методом сечений.
2. Находим нормальные напряжения на каждом участке стержня по формуле $\sigma = N/S$ *и строим Эσ:*
участок AB $\sigma = P/S$;
участок BC $\sigma = P/2S = 0{,}5P/S$;
участок CD $\sigma = -4P/2S = -2P/S$,
3. Находим изменение длины каждого участка по формуле

$$\Delta l = \frac{Nl}{ES}$$ *и строим Эw:*

$$\Delta l_{AB} = \frac{Pl}{ES};\ \Delta l_{BC} = \frac{P \cdot 2l}{E \cdot 2S} = \frac{Pl}{ES};\quad \Delta l_{CD} = \frac{-4P \cdot 2l}{E \cdot 2S} = -4\frac{Pl}{ES}.$$

$w_D = 0$, *т.к. это заделка;* $w_C = w_D + \Delta l_{CD} = 0 + (-4\frac{Pl}{ES}) = -4\frac{Pl}{ES}$;

$$w_B = w_C + \Delta l_{BC} = -4\frac{Pl}{ES} + \frac{Pl}{ES} = -3\frac{Pl}{ES};\ w_A = w_B + \Delta l_{AB} = -3\frac{Pl}{ES} + \frac{Pl}{ES} = -2\frac{Pl}{ES}.$$

4. Условие прочности: $|max\,\sigma| = 2P/S \le [\sigma] = \sigma_{0,2}/[n]$, *откуда*

$$P \le \frac{\sigma_{0,2}S}{2[n]} = \frac{400 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2} = 100000\ Н.$$ *Принимаем [P] = 100 кН.*

5. $|w_{max}| = 4\frac{Pl}{ES} = 4 \cdot \frac{100 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-2}}{204 \cdot 10^9 \cdot 10 \cdot 10^{-4}} = 0{,}000392\ м \approx 0{,}39\ мм.$