МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
имени И. Т. Трубилина»

Пасниченко П.Г., Долобешкин Е.В.

«РАСТЯЖЕНИЕ и СЖАТИЕ»

Методические указания

Краснодар 2018

УДК 631.6
ББК 40.6
Г 94

Рецензент
доктор технических наук, профессор Кузнецов Е.В.

Пасниченко П.Г., Долобешкин Е.В.

Предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению «Строительство»

Публикуется в соответствии с решением методической комиссии архитектурно-строительного факультета. Протокол №5 от 21.12.2017г.

Пояснения к выполнению работы

1. Первая расчетно-проектировочная работа включает 3 задачи: центральное растяжение (сжатие)ступенчатого бруса, расчет статически неопределимых стержневых систем, исследование плоского напряженного состояния.

Она имеет цель – закрепить и развить навыки в самостоятельном решении технических задач на растяжение (сжатие) стержней и основам теории напряженного состояния.

1.1. Порядок расчета первой задачи:

1.1.1. По схеме заданного номера и геометрических размеров по указанной строке для ступенчатого стержня выписать в таблицу исходные данные для расчета.
1.1.2. Вычертить в масштабе ступенчатый стержень, указать размеры и приложенные нагрузки, разбить на характерные участки.
1.1.3. Определить опорную реакцию в защемлении.
1.1.4. Вычислить продольные силы в характерных точках и построить эпюру продольных сил «N».
1.1.5. Определить нормальные напряжения в поперечных сечениях характерных точек и построить эпюру нормальных напряжений «G».
1.1.6. Найти удлинения отдельных участков стержня и полное удлинение и построить эпюру перемещений « Δ l».

1.2. Пояснение к первой задаче

Центральным растяжением (сжатием) называется такой вид деформации, при котором в поперечных сечениях стержня возникает только продольная сила N, а все остальныевнутренние усилия равны нулю.

Продольная сила представляет собой равнодействующую внутренних сил в поперечном сечении стержня и численно равна сумме проекций на ось стержня всех внешних сил, расположенных по одну сторону от сечения

$$N_x = \Sigma P + \Sigma \int q_x dx$$

q_x– интенсивность распределенной внешней нагрузки.

Растягивающая продольная сила направлена от сечения и считается положительной, а сжимающая – к сечению и считается отрицательной. Она измеряется вкг, т, Н, кН.Эта формула выражает статическую сторону задачи о растяжении (сжатии) стержня.

Эпюра продольных сил N представляет собой диаграмму величин этих усилий для всех поперечных сечений стержня по его длине.

Нормальным напряжением «σ - сигма» называется интенсивность внутренних продольных сил в данной точке сечения численно равной частному от деления ее на площадь сечения F_x.

$$\sigma = \frac{N_x}{F_x}\left[{}^{кг}\!/_{см^2};\ {}^{н}\!/_{м^2}\right]$$

Диаграмма изменения напряжений в сечениях стержня по его длине называется эпюрой напряжений.

Абсолютное удлинение (укорочение) участка стержня постоянного сечения определяется по формуле закона Гука

$$\Delta l = \frac{Nl}{EF}\left[м, см\right]$$

или $\Delta l = \Sigma\int_o^l \frac{N_x dx}{EF_x}$, если нормальная сила переменная

где EF_x — жесткость сечения при растяжении (сжатии);

E — модуль упругости в кг/см^2;

l — длина участка в см.

Интегрирование выполняют по длине каждого участка.

Полное удлинение (укорочение) стержня;

$$\Delta l_{об} = \Delta l_1 + \Delta l_2 + ... + \Delta l_i = \Sigma \Delta l_i$$

Диаграмма изменения длины отдельных участков стержня при растяжении (сжатии) называется эпюрой перемещения.

1.3. Пример выполнения задачи №1. «Центральное растяжение ступенчатого бруса».

Выписываем исходные данные по строке 15.

№ п/п	a, м	F, см^2	P_1, т	P_2, т	q_1, т/м	q_2, т/м	E, кг/см^2
15	1,3	10	7,5	14	2	3	$2 \cdot 10^6$

Вычерчиваем в масштабе ступенчатый стержень по схеме 9 и разбиваем его на участки.

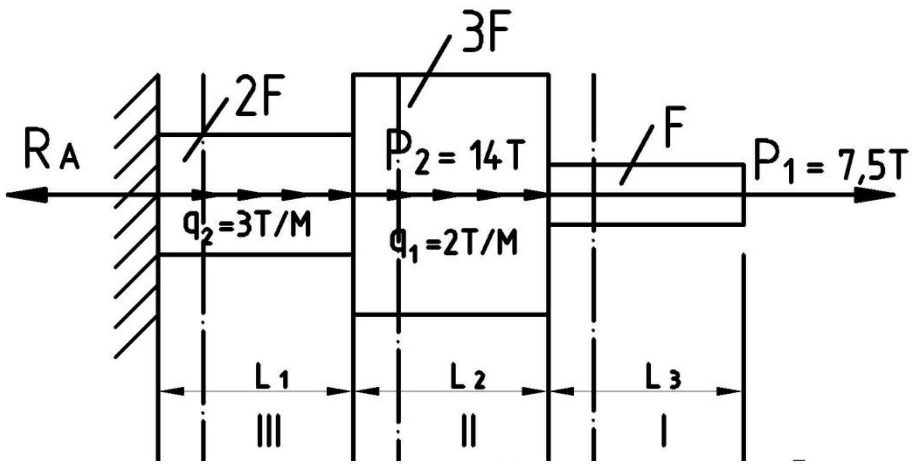


Рис.1 Схема ступенчатого стержня.

Определяем опорную реакцию в заделке:

для этого составляем уравнение равновесия сил по оси X.

$\sum X = 0$; $\quad P_1 + P_2 + q_1 \cdot 2.6 + q_2 \cdot 2.6 - R_A = 0$;

$$R_A = 7.5 + 14 + 2 \cdot 2.6 + 3 \cdot 2.6 = 34.5(m).$$

Реакция имеет знак «+», следовательно, направление ее выбрано правильно.

Вычисляем продольные силы в характерных точках.

Рассматриваемый стержень состоит из 3-х участков, границами которого являются места изменения их размеров.

Проводим произвольные сечения в пределах каждого участка стержня; отбрасываем левую часть с заделкой, и составляем уравнения равновесия для оставшейся правой части.

$\mathrm{N}_1 = P_1 = 7.5(\text{т})$;

$$N_2 = P_1 + q_1 \cdot x_2 \rightarrow \begin{cases} x_2 = 0 & N_2^I = P_1 = 7{,}5(m) \\ x_2 = 2{,}6м & N_2^{II} = 7{,}5 + 2 \cdot 2{,}6 = 12{,}7(m) \end{cases}$$

$$N_3 = P_1 + q_1 \cdot 2.6 + P_2 + q_2 \cdot x_3 \rightarrow \begin{cases} x_3 = 0 & N_3^I = 7{,}5 + 2 \cdot 2{,}6 + 14 = 26{,}75(m) \\ x_3 = 2{,}6м & N_3^{II} = 7{,}5 + 5{,}2 + 14 + 3 \cdot 2{,}6 = 34{,}5(m) \end{cases}$$

По полученным значениям строим эпюру продольных сил в масштабе: $\mu_N - 1см = 7{,}5(m)$.

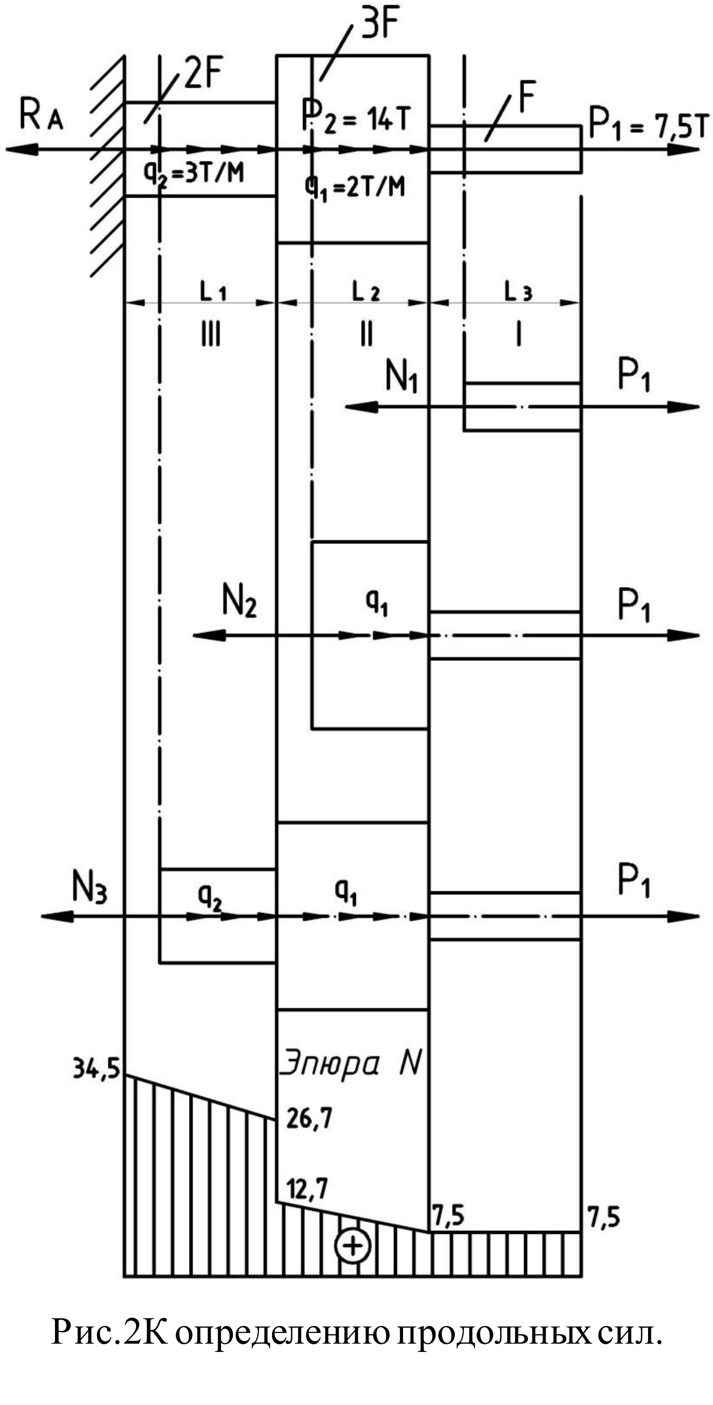


Рис.2К определению продольных сил.

Из эпюры видно, что там, где приложены внешние силы, в этих сечениях имеется скачок продольных сил на величину внешней силы; все участки стержня работают на растяжение.

Определяем нормальные напряжения в характерныхпоперечных сечениях:

$\sigma_1 = \dfrac{N_1}{F_1} = \dfrac{7500}{10} = 750 кг/см^2$;(в любом сечении первого участка)

$\sigma_2^I = \dfrac{N_2^I}{F_2} = \dfrac{7500}{30} = 250 кг/см^2$;(в первом сечении второго участка)

$\sigma_2^{II}\ \dfrac{N_2^{II}}{F_2} = \dfrac{12700}{30} = 423 кг/см^2$;(в последнем сечении второго участка)

$\sigma_3^I = \dfrac{N_3^I}{F_3} = \dfrac{26700}{20} = 1335 кг/см^2$;(в первом сечении третьего участка)

$\sigma_3^{II} = \dfrac{N_3^{II}}{F_3} = \dfrac{34500}{20} = 1725 кг/см^2$.(в последнем сечении третьего участка)

По полученным значениям σ строим эпюру нормальных напряжений в масштабе Мσ 1см=500кг/см^2.

Находим удлинение отдельных участков стержня.

Удлинение 3-го участка при $q_x = const$

$$\Delta l_3 = \sum\int_0^{x_3} \frac{N_x dx}{EF_3} = \sum\int_0^{x_3} \frac{\left(\sum P_{III} + \sum\int q_x dx\right)dx}{EF_3} = \left(\frac{\sum P_{III}\cdot x_3}{EF_3} + \frac{q_x \cdot x_3^2}{2EF_3}\right)\Big|_0^{X_3}$$

при $x_3 = 0$; $\Delta l_3 = 0$

при $x_3 = l/2$; $\Delta l_3^I = \dfrac{Pl_3}{2EF_3} + \dfrac{q_x l_3^2}{8EF_3} = \dfrac{26700\cdot 260}{2\cdot 2\cdot 10^6\cdot 20} + \dfrac{30\cdot 260\cdot 260}{8\cdot 2\cdot 10^6\cdot 20} = 0.0931 см$. Это удлинение правой половины третьего участка

При подстановке все должно быть в одной системе. Преобразуемq=3т/м = 30 кг/см

При $x_3 = l_3$, $\Delta l_3 = \dfrac{Pl_3}{EF_3} + \dfrac{q_x l_3^2}{2EF_3} = \dfrac{26700\cdot 260}{2\cdot 10^6\cdot 20} + \dfrac{30\cdot 260\cdot 260}{2\cdot 2\cdot 10^6\cdot 20} = 0.1989 см.$

Это удлинение всего третьего участка.

Удлинение левой половины можно вычислить как $\Delta l_3^{11} =$ 0.1989 - 0.0931= 0.1058 см

Удлинение 2-го участка:

$$\Delta l_2 = \sum\int_0^{x_2} \frac{N_x dx}{EF_2} = \left(\frac{\sum P_{II} x_2}{EF_2} + \frac{q_x x_2^2}{2EF_2}\right)\Big|_0^{X_2}.$$

При $x_2 = 0$, $\Delta l_2 = 0$ при $x_2 = \dfrac{l}{2}$, $\Delta l_2^I = \dfrac{\sum P l_2}{2EF_2} + \dfrac{q_x l_2^2}{8EF_2} = \dfrac{7500 \cdot 260}{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 30} + \dfrac{30 \cdot 260 \cdot 260}{8 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 30} = 0.0204$ см, это удлинение правой половины второго участка

При $x_2 = l_2$, $\Delta l_2 = \dfrac{\sum P l_2}{EF} + \dfrac{q_x l_2^2}{2EF} = \dfrac{7500 \cdot 260}{2 \cdot 10^6 \cdot 30} + \dfrac{30 \cdot 260 \cdot 260}{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 30} = 0.0494 см$. Это удлинение всего второго участка.

Удлинение левой половины можно вычислить как $0.0494 - 0.0204 = 0.029$

Удлинение 1-го участка:

$$\Delta l_1 = \sum \int_0^{x_1} \frac{N_x dx}{EF_1} = \frac{\sum P_I x_1}{EF_1} \Big|_0^{x_1} \to \begin{matrix} x_1 = 0 & \Delta l_1 = 0 \\ x_1 = l_1 & \Delta l_1 = \dfrac{\sum P_I l_I}{EF_1} = \dfrac{7500 \cdot 260}{2 \cdot 10^6 \cdot 10} = 0{,}098 см \end{matrix},$$

Полное удлинение ступенчатого стержня

$\Delta l_0 = \sum \Delta l_i = 0.1989 + 0.0494 + 0.098 = 0.3463 см$.

По полученным значениям удлинений строим эпюру перемещений. Масштаб М$_1$: 1см$= \Delta l = 1мм$

Перемещения сечений целесообразно <u>определять</u>, начиная <u>от заделки, где оно равно нулю.</u>

Тогда ординаты этой эпюры соответственно равны:

$Y_3^{11} = \mu l \cdot \Delta l_3^{11} = 1.058 см$;(в середине третьего участка)

$Y_3 = \mu l \cdot \Delta l_3 = 1.989 см$; (на границе между третьим и вторым участками)

$Y_2^I = \mu l \left(\Delta l_2^I + \Delta l_3\right) = 2.279 см$;(в середине второго участка)

$Y_2 = \mu l \left(\Delta l_2 + \Delta l_3\right) = 2.483 см$;(на границе между вторым и первым)

$Y_1 = \mu l \left(\Delta l_3 + \Delta l_2 + \Delta l_1\right) = 3.463 см$.(перемещение правого конца 1 участка)

По полученным результатам на отдельном листе чертежной бумаги формата А-2 вычерчивается стержень и строятся эпюры в выбранных масштабах.

2. Задача №2. «Расчет статически неопределимой системы».

2.1. Порядок выполнения второй задачи.

2.1.1. Выписать исходные данные по своей строчке.

2.1.2. Вычертить схему своей стержневой системы.

2.1.3. Составить расчетную схему и установить степень статической неопределимости.

2.1.4. Рассмотреть статическую сторону задачи.

2.1.5. Рассмотреть геометрическую сторону задачи.

2.1.6. Рассмотреть физическую сторону задачи.

2.1.7. Вычислить значения сил в первом, во втором стержнях.

2.1.8. По методу предельных состояний найти площади A_1 и A_2.

2.1.9. Определить разрушающую нагрузку с учетом пластичности.

2.2. Пояснения ко второй задаче.

Все стержневые системы, рассматриваемые в данной задаче, относятся к типу статически неопределимых систем, для которых только с помощью уравнений статики нельзя определить усилий в стержнях, так как число неизвестных усилий превышает число уравнений равновесия статики.

Поэтому вначале необходимо установить степень статической неопределимости системы, для чего надо вырезать жесткую балку с прилегающими к нему деформируемыми стержнями, затем заменить отброшенные связи силами, подсчитать число неизвестных сил и сравнить его с числом уравнений статики равными 3.

Для раскрытия статической неопределимости системы нужно рассмотреть три стороны задачи: статическую, геометрическую и физическую.

При рассмотрении статической стороны составляем уравнения статического равновесия балки.

Для рассмотрения геометрической стороны задачи надо изобразить положение балки после деформации поддерживающих стержней.

Ввиду малости углов поворота считают, что перемещения точек происходит перпендикулярно к первоначальному радиусу поворота, а не по окружностям. Из подобия треугольников составляют уравнения перемещений. Физическая сторона задачи позволяет связать перемещения стержней Δl_1 и Δl_2 с неизвестными усилиями N_1 и N_2, для чего используется закон Гука. Решая совместно системы полученных уравнений, находят продольные усилия в стержнях N_1 и N_2 в зависимости от внешних сил P.

Для расчета по методу первого предельного состояния необходимо определить расчетную нагрузку: $P_{расч} = P^{н}_{пост.} \cdot n_1 + P^{н}_{вр.} \cdot n_2$

где $P^{н}_{пост.}$ − постоянная нормативная нагрузка;

$P^{н}_{вр.}$ − временная нормативная нагрузка.

n_1 и n_2 - коэффициенты перегрузки.

После этого можно найти усилия в стержнях 1 и 2 (N_1 и N_2)от действия расчетной нагрузки $P_{расч}$

Затем подбираем поперечные сечения стержней из двух равных уголков, обеспечивая заданное отношение площадей.

$A_1 \geq \frac{N}{R}$ и $A_2 = \frac{A_1}{m_1}$.

Затем проверяем $\sigma_2 = \frac{N_2}{A_2} \leq R$,(где R- расчетное сопротивление), если $\sigma_2 \rangle R$, то сделать перерасчет из условия прочности второго стержня.

Для ответа на четвертый вопрос следует иметь ввиду, что в одном из стержней напряжение больше чем в другом.

При увеличении нагрузки напряжение в одном из стержней достигнет предела текучести ранее, чем в другом. Однако несущая способность конструкции еще не исчерпана, так как при дальнейшем увеличении нагрузки один элемент будет работать в зоне текучести при $\sigma_T = const$, а в другом напряжение будет возрастать до предела текучести. Как только напряжение во втором стержнетоже достигнет предела текучести, то несущая способность конструкции будет исчерпана.(конструкция не разрушится, но получит большие остаточные деформации)

При определении допускаемой нагрузки по методу разрушающих нагрузок используют формулу: $[P] = \frac{P_{раз.}}{K}$. Где К – коэффициент запаса К=1,5

Разрушающая нагрузка определяется из уравнения статического равновесия при замене: $N_1 = \sigma_T \cdot A_1$ и $N_2 = \sigma_T \cdot A_2$.

Пример №2. «Расчет статически неопределимых стержневых систем».

Выписываем исходные данные по строке 10.

a,м	b,м	h, м	α^0	$\frac{A_2}{A_1} = m$	$P_{пост.}$,т	$P_{вр.}$, т
2,4	1,6	1,3	60^0	1,2	20	30

Вычерчиваем стержневую систему по схеме 17.

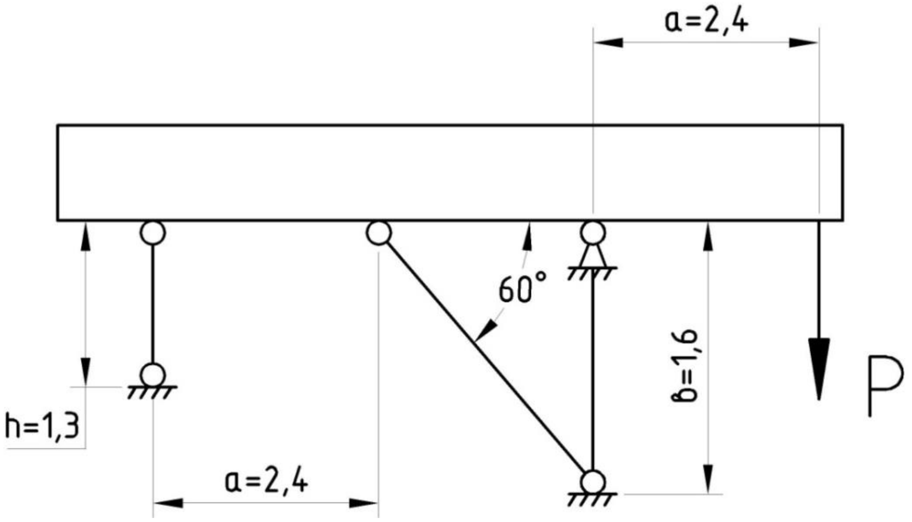


Рис.5. Стержневая система по схеме 17.

Составляем расчетную схему и находим степень статической неопределимости системы.

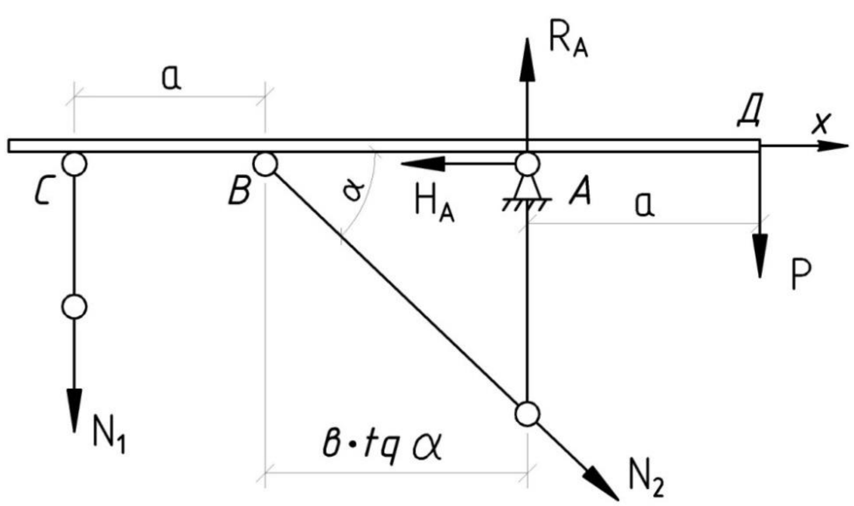


Рис.6 Расчетная схема стержневой системы.

Жесткая балка СД находится в равновесии под действием плоской системы сил: R_A,H_A,N_1,N_2и$P_{расч}$

Рассмотрим статическую сторону задачи.

Для этого составим 3 уравнения статики:

$$\sum X = N_2 \cdot \cos\alpha - H_A = 0 \qquad (1)$$

$$\sum y = -N_1 - N_2 \cdot \sin\alpha + R_A - P = 0 \qquad (2)$$

$$\sum M_A = N_1\left(a + \frac{b}{tg\alpha}\right) + N_2 \cdot \frac{\sin b}{tg\alpha} - P \cdot a = 0 \qquad (3)$$

Так как неизвестных сил четыре, а уравнений статики три, то система один раз статически неопределима.

Преобразуя третье уравнение

$$N_1\left(a + \frac{b}{tg}\right) + N_2 \cdot \cos\alpha \cdot b = Pa;$$

$$N_1\left(2.4 + \frac{1.6}{tg60^0}\right) + N_2 \cdot \cos60^0 \cdot 1.6 = P \cdot 2.4;$$

$$3{,}325N_1 + 0.8N_2 = 2.4P;$$

получаем: $1.385N_1 + 0.334N_2 = P$ **($3_а$)**

Зададим системе бесконечно малое возможное перемещение в направлении действия нагрузки и рассмотрим геометрическую сторону задачи.

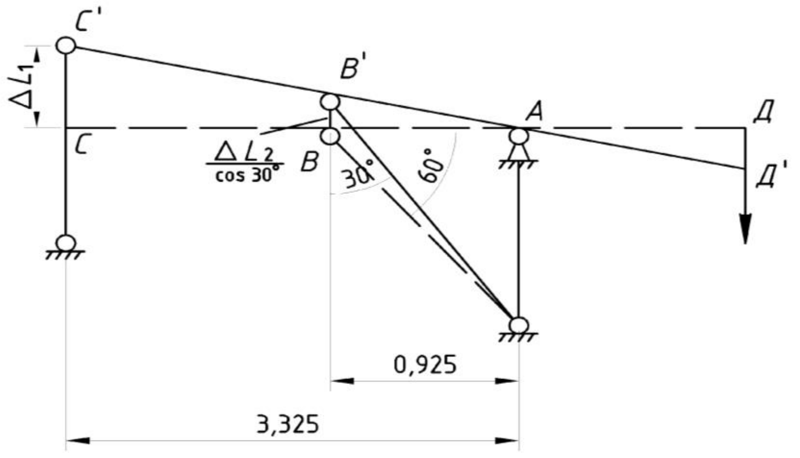


Рис. 7 Стержневая система после деформации.

Под действием силы Р балка СД повернется на весьма малый угол и займет положение $C'D'$. Стержень 1 удлинится на $\Delta l_1 = CC'$, а стержень 2- на $\Delta l_2 = BB' \cdot \cos30^0$.

Из подобия $\Delta ACC'$ и $\Delta ABB'$ напишем уравнения совместности деформаций:

$$\frac{\Delta l_1}{\Delta l_2} = \frac{3{,}325}{0{,}925 \cdot cos30^0} = 4{,}15 \qquad (4)$$

Рассмотрим физическую сторону задачи.

Поскольку удлинения в стержнях 1 и 2 вызваны продольными силами N_1и N_2, то, используя закон Гука, напишем:

$$\Delta l_1 = \frac{N_1 \cdot l_1}{E \cdot A_1} \quad \text{и} \quad \Delta l_2 = \frac{N_2 \cdot l_2}{E \cdot A_2} \qquad (5)$$

После подстановки в уравнение (4) значенийΔl_1 и Δl_2 получаем:

$$\frac{N_1 \cdot l_1 \cdot A_2}{A_1 \cdot N_2 l_2} = 4.15$$

преобразовав $N_1 = \frac{4.15 N_2 l_2}{l_1 m} = \frac{4.15 \cdot 1.85 \cdot N_2}{1.2 \cdot 1.3} = 4.92 N_2$

получаем окончательно $N_1 = 4.92 N_2$ **(6)**

Здесь: $l_2 = \frac{b}{\sin 60^0} = \frac{1.6}{0.865} = 1.85м$ $l_1 = h = 1.3м;\ m = 1.2$

Вычисляем значение продольных сил N_1и N_2 через $P_{расч}$.

Решая совместно уравнения (3а) и (6), найдем усилия в стержнях, выраженные в долях P.

$$4{,}92 \cdot 1{,}385 \cdot N_2 + 0.334 \cdot N_2 = P_{расч}$$

или $7.154 \cdot N_2 = P$;

$$N_2 = 0.14 \cdot P;$$

$$N_1 = 4.92 \cdot 0.14 \cdot P = 0.69 \cdot P;$$

Расчет по методу предельных состояний:

а) Находим расчетную нагрузку

$$P_{расч} = P_{пост.} \cdot n_1 + P_{вр.} \cdot n_2 = 20 \cdot 1.2 + 30 \cdot 1.4 = 66(т)$$

б)Определяем расчетные продольные силы

$$N_1 = 0.69 \cdot 66 = 45.5(т)$$

$$N_2 = 0.14 \cdot 66 = 9.24(т)$$

в)По условию прочности определяем требуемую площадь уголков для первого стержня:

$$A_1 = \frac{N_1}{R_p} = \frac{45500}{2100} = 21.7\left(см^2\right)$$

г)Находим площадь уголков для второго стержня:

$$m = \frac{A_2}{A_1}; \quad A_2 = m \cdot A_1 = 1{,}2 \cdot 21{,}7 = 26\left(см^2\right)$$

Проверим прочность второго стержня:

$$\sigma = \frac{N_2}{A_2} = \frac{9240}{26} = 356\left(кг/см^2\right);$$

$\sigma \langle R_p$, т.к. $356 \langle 2100 кг/см^2$. Условие прочности выполняется.

д)Подбираем равнобокие уголки:

$$A_1^I = \frac{A_1}{2} = \frac{21{,}7}{2} = 10{,}85\left(см^2\right);$$

$$A_2^I = \frac{A_2}{2} = \frac{26}{2} = 13\left(см^2\right).$$

Для первого стержня $2LN9, d = 6мм, A = 10{,}6см^2$;

Для второго стержня $2LN9, d = 7мм, A = 12{,}3см^2$;

Следовательно $A_1 = 21{,}2см^2, A_2 = 24{,}6см^2$.

Определяем разрушающую нагрузку с учетом пластичности материала.

Для определения разрушающей нагрузки используем уравнение (**3а**) статического равновесия балки, заменяя $N_1 = A_1 \cdot \sigma_T$ и $N_2 = A_2 \cdot \sigma_T$.

$$1{,}385 \cdot 21{,}2 \cdot 2300 + 0{,}334 \cdot 24{,}6 \cdot 2300 = P_{разр.}$$

Получаем $P_{разр.} = 86{,}4(т)$.

Допускаемая нагрузка из условия предельной грузоподъемности системы:

$$\left[P\right]^T = \frac{P_{разр.}}{K} = \frac{86{,}4}{1{,}5} = 57{,}6(т)$$

.

Вывод: таким образом расчетная нагрузка ***метода предельных состояний*** (66 т) больше, чем допускаемая нагрузка из расчета ***по несущей способности***(разрушающим нагрузкам) (57.6 т) на 15.6%.

Выводы по работе №1:

1. Продольные силы в сечениях стержня зависят от внешних нагрузок. Отдельные участки стержня несут неодинаковую нагрузку. Чем больше внутренняя сила или меньше поперечное сечение, тем выше напряжение и наоборот, где меньше сила или больше поперечное сечение стержня, тем меньше напряжение.

2. В статически неопределимых стержневых системах усилия по элементам ее распределяются пропорционально их относительным жесткостям. Поэтому несущая способность такой системы выше, чем статически определимой. Расчет по предельным состояниям дает возможность лучше использовать несущую способность системы, чем все остальные способы.

Задача №1 «Центральное растяжение (сжатие) ступенчатого бруса».

Для ступенчатого бруса при осевых нагрузках и геометрических размерах по строке, согласно шифру, таблицы 1 нагрузок и геометрических размеров требуется:

Определить реактивную силу в опорном сечении;

Определить нормальные силы в характерных точках и построить эпюру нормальных сил;

Определить нормальные напряжения в характерных точках и построить эпюру нормальных напряжений;

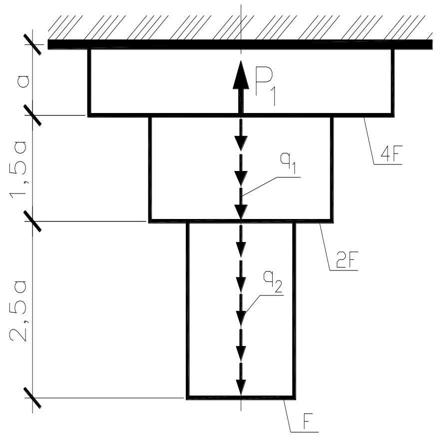
Определить общее удлинение (укорочение) бруса и построить эпюру перемещений.

При построении эпюры перемещений на участках с равномерно распределенной нагрузкой находить перемещение одного или двух сечений в пределах участка.

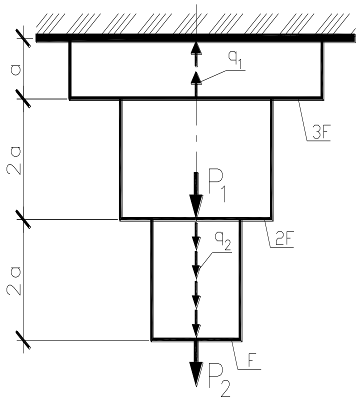
Таблица №1. Нагрузки и геометрические размеры к первой задаче

Последняя цифра номера	a, м	F, см^2	P_1, кН	P_2, кН	q_1, кН/м	q_2, кН/м	E, МПа
1	1,0	30	30	60	15	12	$2 \cdot 10^5$
2	2,0	20	40	80	10	20	$2 \cdot 10^5$
3	1,5	15	8	20	18	36	$2 \cdot 10^5$
4	2,5	5000	400	800	50	80	$1{,}5 \cdot 10^4$
5	3,5	3000	450	600	60	90	$1{,}1 \cdot 10^4$
6	2,0	8000	600	900	75	100	$2{,}9 \cdot 10^4$
7	2,6	6000	500	500	80	150	$2{,}3 \cdot 10^4$
8	1,4	25	60	20	12	25	$1 \cdot 10^4$
9	0,75	12	50	80	8	16	$1 \cdot 10^4$

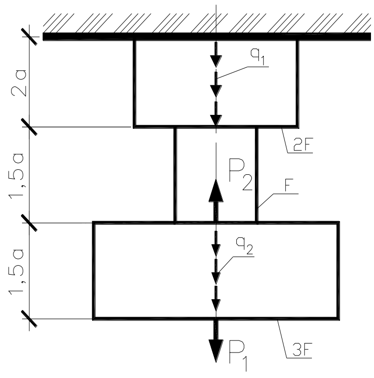
№1



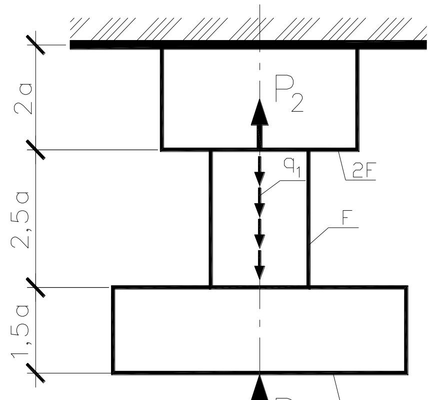
№2



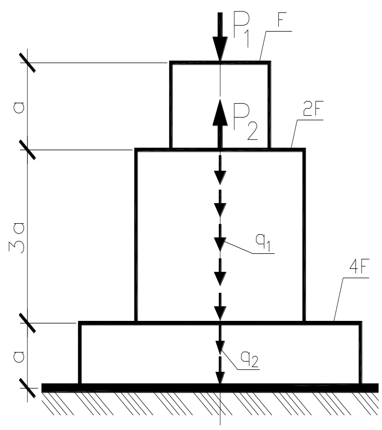
№3



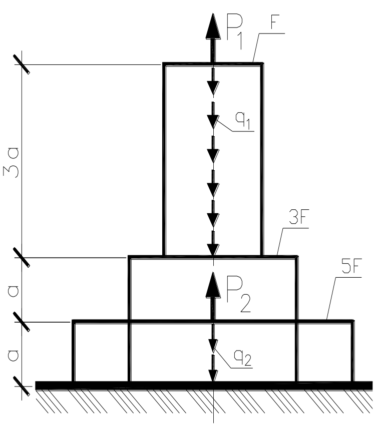
№4



№5



№6



№7 №8 №9

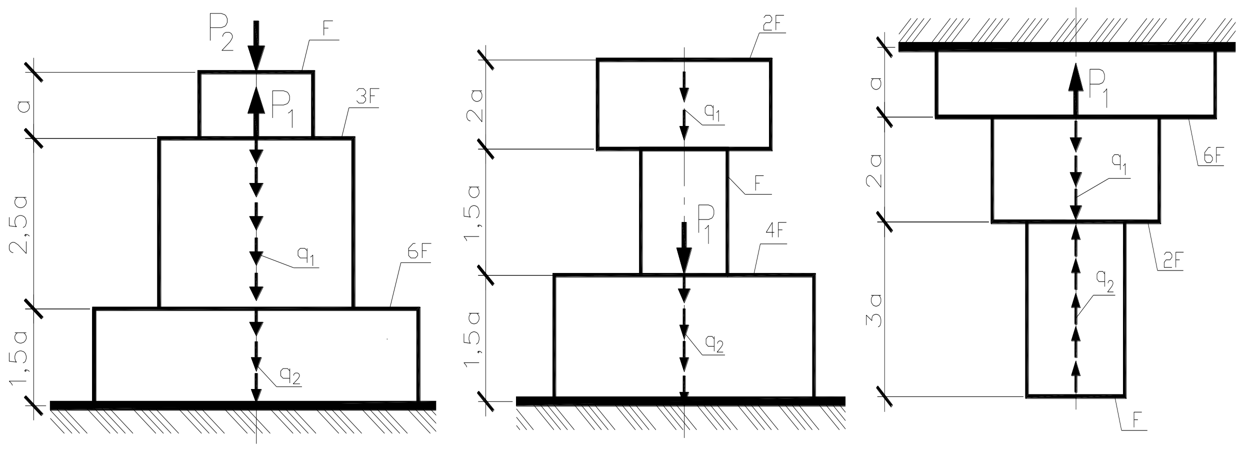


Рис. 14 Схемы бруса для задачи №1 (первая цифра по шифру)

Задача №2 «Расчет статически неопределимых систем».

Статически неопределимая система по схеме (первая цифра по шифру) состоит из невесомой, абсолютно жесткой балки AB, поддерживаемой стальными стержнями 1 и 2, нагружена сосредоточенной силой P, которая слагается из постоянной нагрузки $P_{пост}$ и временной нагрузки $P_{вр}$. Величины постоянной и временной нагрузок, геометрические размеры системы и соотношение площадей A_1 и A_2 указаны в строке (по шифру) таблицы 2 нагрузок и геометрических размеров.

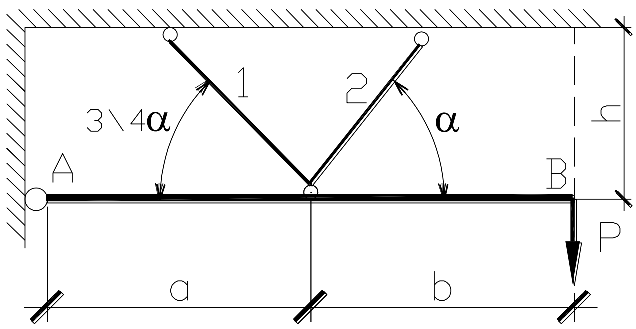
Для заданной системы требуется:

1. Определить расчетную силу, действующую на систему. При определении расчетной силы коэффициент перегрузки для постоянной нагрузки принять равным $n_1 = 1{,}1$; для временной $n_2 = 1{,}4$.
2. Определить усилия в стержнях 1 и 2, возникающие от действия расчетной нагрузки.
3. Подобрать поперечное сечение стержней их двух равнобоких уголков по методу предельных состояний. При подборе поперечного сечения обеспечить заданное соотношение площадей т, расчетное сопротивление $R_P = 210$ МПа.
4. Определить разрушающую нагрузку $P_{разр}$, с учетом пластичности (по несущей способности), приняв $\sigma_т = 230$ МПа. Вычислить величину допускаемой расчетной нагрузки $P_{расч}$ Принять коэффициент запаса К=1,5.

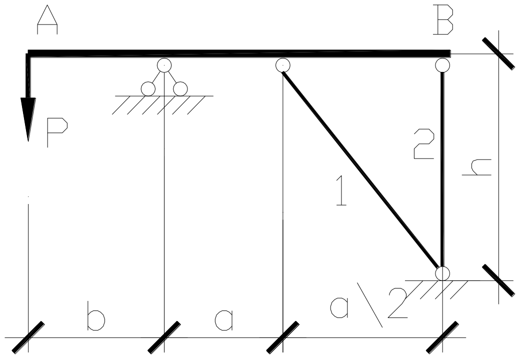
Таблица №2. Нагрузки и геометрические размеры ко второй задаче

Последняя цифра номера	a, м	в, м	h, м	α^0	$m = \frac{A_1}{A_2}$	$P_{пост}$,кН	$P_{вр}$,кН
1	2,0	1,4	1,2	60	2,0	80	200
2	2,2	1,6	1,0	70	1,5	120	180
3	2,6	1,8	1,0	45	1,2	150	400
4	2,4	1,6	1,2	60	1,4	160	240
5	2,2	1,4	1,3	50	1,5	120	280
6	2,0	1,2	1,1	45	2,0	100	400
7	2,4	1,2	1,0	80	1,6	150	250
8	2,6	1,4	1,6	70	2,2	250	350
9	2,0	1,8	1,5	45	2,0	150	300

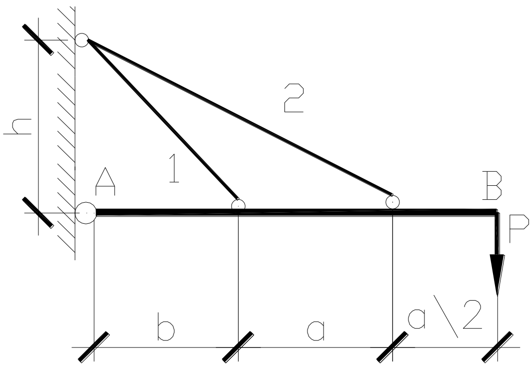
№1


1
2
3\4α
α
h
A
B
P
a
b

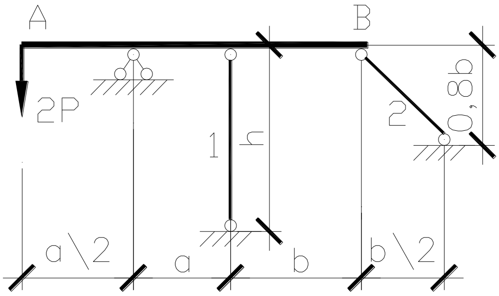
№2


A
B
P
2
h
1
b
a
a\2

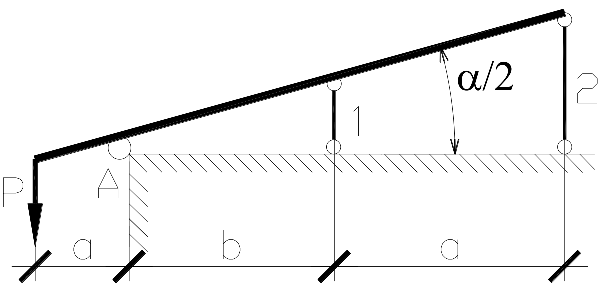
№3


h
2
1
A
B
P
b
a
a\2

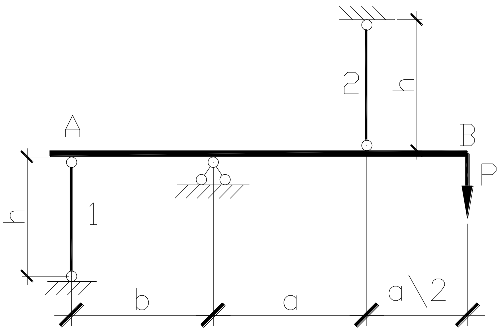
№4


A
B
2P
1
h
2
0,8b
a\2
a
b
b\2

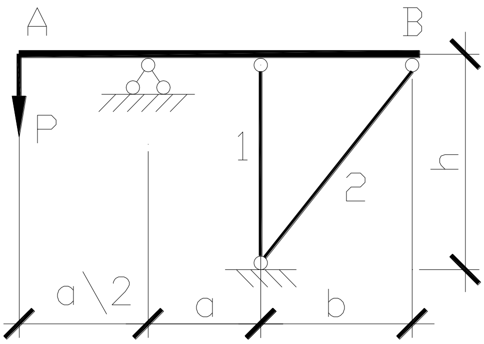
№5


B
α/2
2
1
P
A
a
b
a

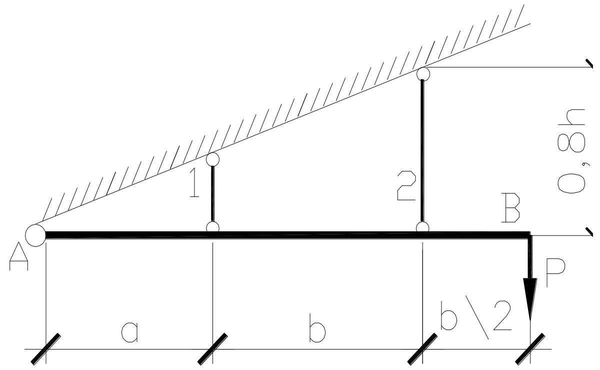
№6


2
h
A
B
P
h
1
b
a
a\2

№7


A
B
P
1
h
2
a\2
a
b

№8



№9

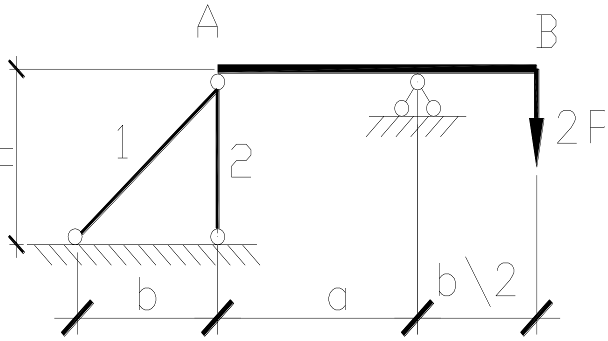


Рис.14 Схемы 1-9 статически неопределимых систем ко второй задаче.