

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Задание.....	4
1 Определение методом “сечений” усилий во всех элементах фермы.....	5
2 Определение поперечных сечений элементов фермы.....	10
3 Расчет сварных швов.....	13
Заключение.....	15
Библиографический список.....	16
Приложение.....	17

ВВЕДЕНИЕ

Решетчатые конструкции, работающие на изгиб, называются фермами. Фермы состоят из отдельных стержней, соединяющихся в узлах и образующих геометрически неизменяемую систему. Если ферма в целом работает на изгиб, то в ее конструктивных элементах возникают только продольные усилия сжатия или растяжения. Это позволяет более рационально использовать материал (металл) по сравнению, например, с балками. Фермы более экономичны по расходу металла, однако более трудоемки в изготовлении. Поэтому их применяют для перекрытия больших пролетов при относительно небольших нагрузках.

Ферма включает в себя три основных конструктивных элемента — верхний и нижний пояса и решетку, состоящую, как правило, из раскосов и стоек. Расстояние между узлами решетки фермы называется панелью, а расстояние между ее опорами — пролетом.

Фермы классифицируют по различным признакам: по назначению — фермы мостов, покрытий (стропильные и подстропильные), транспортных эстакад, гидротехнических затворов, грузоподъемных кранов и т.д.; по профилю очертания поясов — фермы с параллельными поясами, полигональные, арочные и треугольные. Очертание поясов фермы определяется назначением фермы и принятой конструктивной схемой всего сооружения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

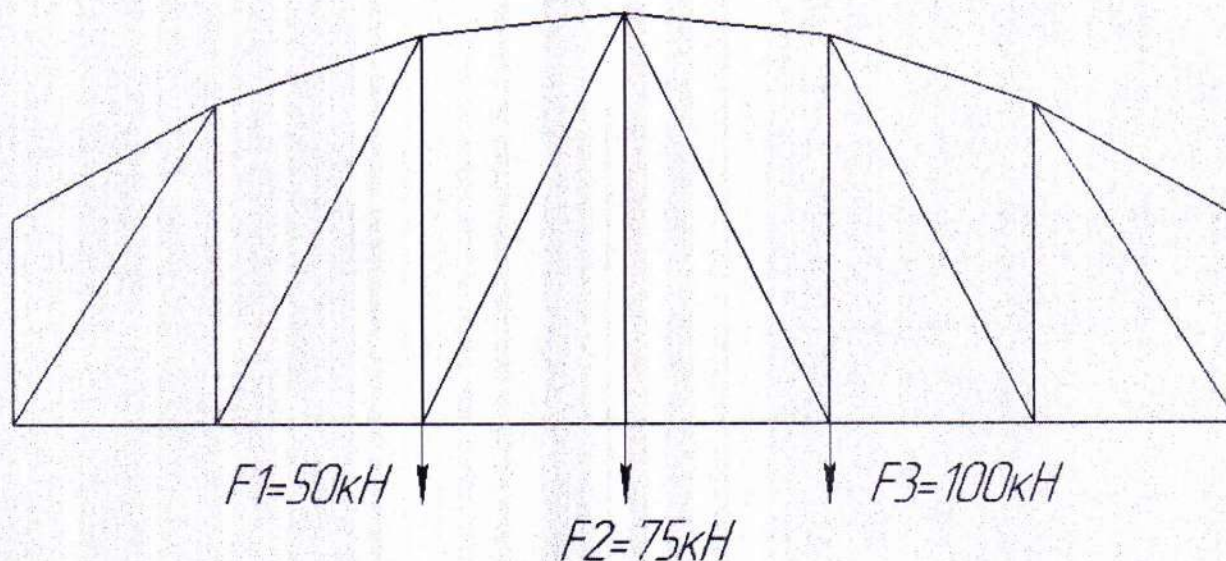
КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ

Лист

3

ЗАДАНИЕ

Рассчитать и сконструировать металлоконструкцию плоской сварной фермы. Задана схема фермы и внешние нагрузки $F_1=50\text{кН}$, $F_2=75\text{кН}$, $F_3=100\text{кН}$, приложенные в середине. Пролет всех ферм $L = 9\text{ м}$, высота $h_1=1,5\text{ м}$, $h_2=2.34\text{ м}$, $h_3=2.835\text{ м}$, $h_4=3\text{ м}$ схема поперечного сечения элементов фермы – швеллер, марка стали Ст 3. Следует определить усилия в элементах фермы, подобрать поперечные сечения, определить геометрические параметры сварных швов.



					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Анисков				Проектирование сварных конструкций		
Провер.	Овчаренко						
Реценз.							
Н. Контр.							
Утверд.							
					Лит.	Лист	Листов
						1	17
					ТулГУ гр. Б660691-ПБ		

1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ “СЕЧЕНИЙ” УСИЛИЙ ВО ВСЕХ ЭЛЕМЕНТАХ ФЕРМЫ

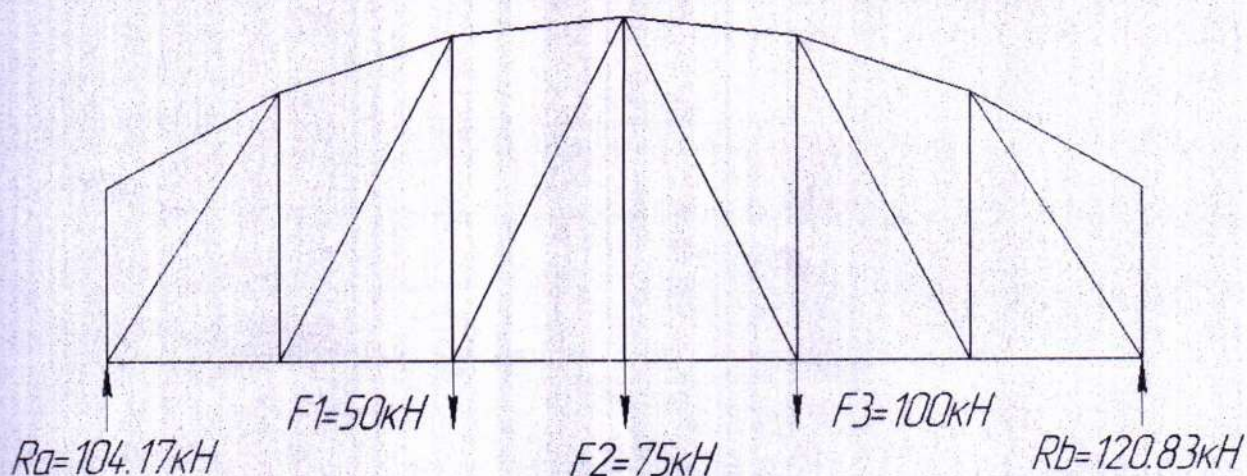


Рисунок 1.1 – схема фермы

Сначала находим реакции опор R_A и R_B . Для этого составляются уравнения суммы моментов сил относительно опор А и В.

$$\sum M_a = -6lR_b + 2lF_1 + 3lF_2 + 4lF_3 = 0 \quad (1.1)$$

Из уравнения (1.1) находим R_b

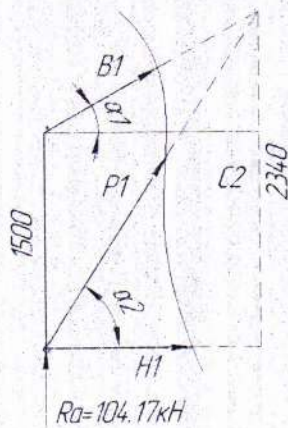
$$R_b = \frac{2 \times 1.5 \times 50 + 3 \times 1.5 \times 75 + 4 \times 1.5 \times 100}{6 \times 1.5} = 120.83 \text{ кН}$$

$$\sum M_b = 6lR_a - 4lF_1 - 3lF_2 - 2lF_3 = 0 \quad (1.2)$$

Из уравнения (1.2) найдём R_a

$$R_a = \frac{4 \times 1.5 \times 50 + 3 \times 1.5 \times 75 + 2 \times 1.5 \times 100}{6 \times 1.5} = 104.17 \text{ кН}$$

Далее определяем усилия в элементах.



Первое сечение

$$\sum F_y = 0; R_a + B_1 * \sin \alpha_1 + P_1 * \sin 2 = 0 \quad (1.3)$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{2,34-1,5}{\sqrt{1,5^2+(2,34-1,5)^2}} = 0,49,$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{2,34}{\sqrt{1,5^2+2,34^2}} = 0,84 \quad (1.4)$$

$$\sum F_x = 0; H_1 + B_1 * \cos \alpha_1 + P_1 * \cos \alpha_2 = 0 \quad (1.5)$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{1,5}{\sqrt{1,5^2+(2,34-1,5)^2}} = 0,87,$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{1,5}{\sqrt{1,5^2+2,34^2}} = 0,54 \quad (1.6)$$

Рисунок 1.2 $\sum M_a = 0; 1,5 * B_1 = 0, \text{ т.е. } B_1 = 0 \quad (1.7)$

Подставим (1.4), (1.7) в уравнение (1.3)

$$P_1 = -\frac{104,17}{0,84} = -124,01 \text{ kH} \quad (1.8)$$

Подставим (1.6), (1.7), (1.8) в уравнение (1.5)

$$H_1 = 124,01 * 0,54 = 66,97 \text{ kH}$$

Второе сечение

$$\sum F_y = 0; R_a + B_2 * \sin \alpha_3 + P_2 \sin \alpha_4 = 0 \quad (1.9)$$

$$\sin \alpha_3 = \frac{0,495}{1,58} = 0,31, \sin \alpha_4 = \frac{2,835}{3,21} = 0,88 \quad (1.10)$$

$$\sum F_x = 0; H_2 + B_2 * \cos \alpha_3 + P_2 * \cos \alpha_4 = 0 \quad (1.11)$$

$$\cos \alpha_3 = \frac{1,5}{1,58} = 0,95, \cos \alpha_4 = \frac{1,5}{3,21} = 0,47 \quad (1.12)$$

$$\sum M_a = 0; 2,34 * B_2 + 1,5 * R_a = 0 \quad (1.13)$$

Из уравнения (1.13) получаем:

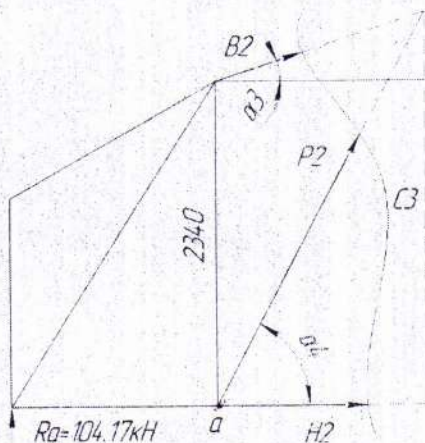
$$B_2 = \frac{-1,5 * 104,17}{2,34} = -66,78 \text{ kH} \quad (1.14)$$

Подставим (1.10), (1.14) в уравнение (1.9) и найдем P_2

$$P_2 = \frac{66,78 * 0,31 - 104,17}{0,88} = -94,85 \quad (1.15)$$

Подставим (1.12), (1.14) и (1.15) в уравнение (1.11) и найдем H_2

$$H_2 = 66,78 * 0,95 + 94,85 * 0,47 = 108,02 \text{ кН} \quad (1.16)$$



Третье сечение

$$\sum M_a = 0; 3 \times R_a + 2,835 \times B_3 = 0 \quad (1.17)$$

Из уравнения (1.17):

$$B_3 = -\frac{3 \times 104,17}{2,835} = -110,23 \text{ kH} \quad (1.18)$$

$$\sum F_y = 0; R_a - F_1 + B_3 \times \sin \alpha_5 + P_3 \times \sin \alpha_6 = 0 \quad (1.19)$$

$$\sin \alpha_5 = \frac{0,165}{1,51} = 0,11, \sin \alpha_6 = \frac{3}{3,35} = 0,9 \quad (1.20)$$

$$\sum F_x = 0; H_3 + B_3 \times \cos \alpha_5 + P_3 \times \cos \alpha_6 = 0 \quad (1.21)$$

$$\cos \alpha_5 = \frac{1,5}{1,51} = 0,99, \cos \alpha_6 = \frac{1,5}{3,35} = 0,45 \quad (1.22)$$

Подставим (1.18), (1.20) в уравнение (1.19) и найдем P_3

$$P_3 = \frac{50 - 104,17 + 110,23 \times 0,11}{0,9} = -46,72 \quad (1.23)$$

Подставим (1.22), (1.23) в уравнение (1.21) и найдем H_3

$$H_3 = 110,23 \times 0,99 + 46,72 \times 0,45 = 130,15 \quad (1.24)$$

Четвертое сечение

$$\sum M_a = 0; -2,835 \times B_4 - 3 \times R_b = 0 \quad (1.25)$$

Из уравнения (1.25):

$$B_4 = -\frac{3 \times 120,83}{2,835} = -127,86 \text{ kH} \quad (1.26)$$

$$\sum F_y = 0; R_b - F_3 + B_4 \times \sin \alpha_5 + P_4 \times \sin \alpha_6 = 0 \quad (1.27)$$

$$\sum F_x = 0; H_4 + B_4 \times \cos \alpha_5 + P_4 \times \cos \alpha_6 = 0 \quad (1.28)$$

Подставим (1.20), (1.26) в уравнение (1.27) и найдем P_4

$$P_4 = \frac{100 - 120,83 + 127,86 \times 0,11}{0,9} = -7,52 \quad (1.29)$$

Подставим (1.22), (1.29) в уравнение (1.28) и найдем H_4

$$H_4 = 127,86 \times 0,99 + 7,52 \times 0,45 = 129,97 \quad (1.30)$$

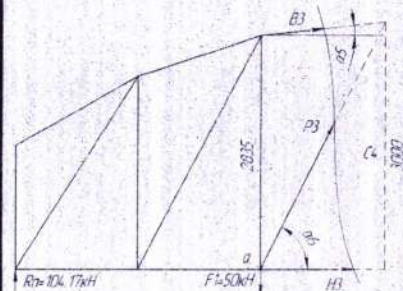


Рисунок 1.4

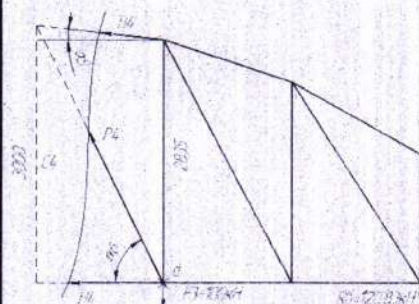
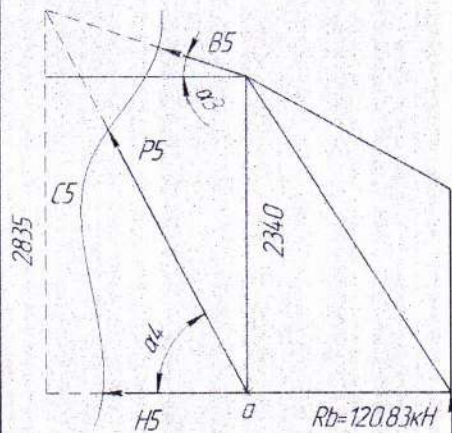


Рисунок 1.5

Пятое сечение



$$\sum F_y = 0; R_b + B_5 * \sin \alpha_3 + P_5 * \sin \alpha_4 = 0 \quad (1.31)$$

$$\sum F_x = 0; H_5 + B_5 * \cos \alpha_3 + P_5 * \cos \alpha_4 = 0 \quad (1.32)$$

$$\sum M_a = 0; -2.34 * B_5 - 1.5 * R_b \quad (1.33)$$

Из уравнения (1.33) получаем:

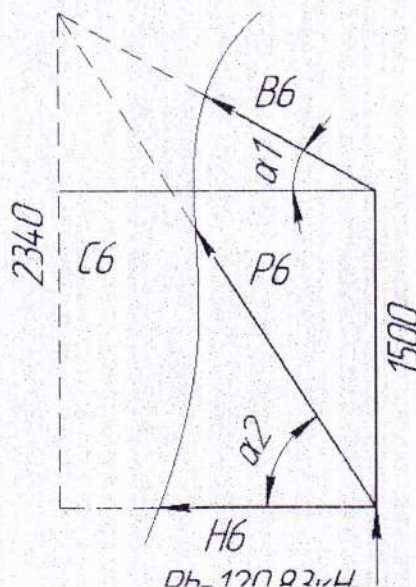
$$B_5 = -\frac{1.5 * 120,83}{2,34} = -77,46 \text{ кН} \quad (1.34)$$

Подставим (1.10), (1.34) в уравнение (1.31) и найдем P_5

$$P_5 = \frac{-120,83 + 77,46 * 0,31}{0,88} = -110,02 \text{ кН} \quad (1.35)$$

Подставим (1.12), (1.35) в уравнение (1.32) и найдем H_5

$$H_5 = 77,46 * 0,95 + 110,02 * 0,47 = 125,3 \text{ кН} \quad (1.36)$$



Шестое сечение

$$\sum F_y = 0; R_b + B_6 * \sin \alpha_1 + P_6 * \sin \alpha_2 = 0 \quad (1.37)$$

$$\sum F_x = 0; H_6 + B_6 * \cos \alpha_1 + P_6 * \cos \alpha_2 = 0 \quad (1.38)$$

$$\sum M_a = 0; 1.5 * B_6 = 0, \text{ т.е. } B_6 = 0 \quad (1.39)$$

Подставим (1.4), (1.39) в уравнение (1.37) и найдем P_6

$$P_6 = -\frac{120,83}{0,84} = -143,85 \text{ кН} \quad (1.40)$$

Подставим (1.6), (1.39), (1.40) в уравнение (1.38) и найдем H_6

$$H_6 = 143,85 * 0,54 = 77,68 \text{ кН}$$

Рассчитываем стойки:

$$\sum F_y = 0; R_a + C_1 + P_1 * \sin \alpha_1 = 0 \text{ кН}$$

$$C_1 = 124,01 * 0,84 - 104,17 = 0 \text{ кН}$$

Рисунок 1.8

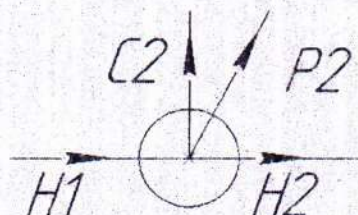


Рисунок 1.9

$$\sum F_y = 0; C_2 + P_2 * \sin \alpha_4 = 0$$

Из (1.10) $\sin \alpha_4 = 0.88$ т.е

$$C_2 = 94,85 * 0,88 = 83,47 \text{ кН}$$



$$F1=50\text{кН}$$

Рисунок 1.10

$$\sum F_y = 0; C_3 - F_1 + P_3 * \sin \alpha_6 = 0$$

Из (1.20) $\sin \alpha_6 = 0.9$ т.е

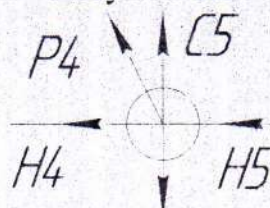
$$C_2 = 50 + 46,72 * 0,9 = 92,05 \text{ кН}$$



$$F2=75\text{кН}$$

Рисунок 1.11

$$\sum F_y = 0; C_4 - F_2 = 0, \text{ т.е. } C_4 = 75 \text{ кН}$$



$$F3=100\text{кН}$$

Рисунок 1.12

$$\sum F_y = 0; C_5 - F_3 + P_4 * \sin \alpha_6 = 0$$

Из (1.20) $\sin \alpha_6 = 0.9$ т.е

$$C_5 = 100 + 7,52 * 0,9 = 106,77 \text{ кН}$$

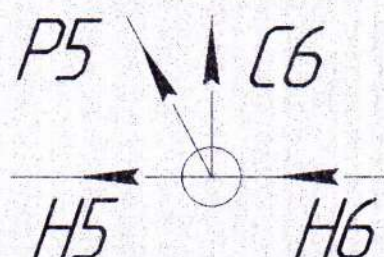


Рисунок 1.13

$$\sum F_y = 0; C_6 + P_5 * \sin \alpha_4 = 0$$

Из (1.10) $\sin \alpha_4 = 0.88$ т.е

$$C_6 = 110,02 * 0,88 = 96,82 \text{ кН}$$

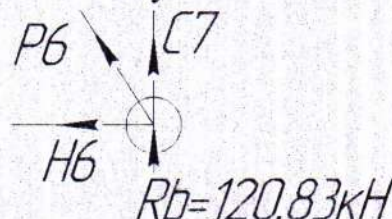
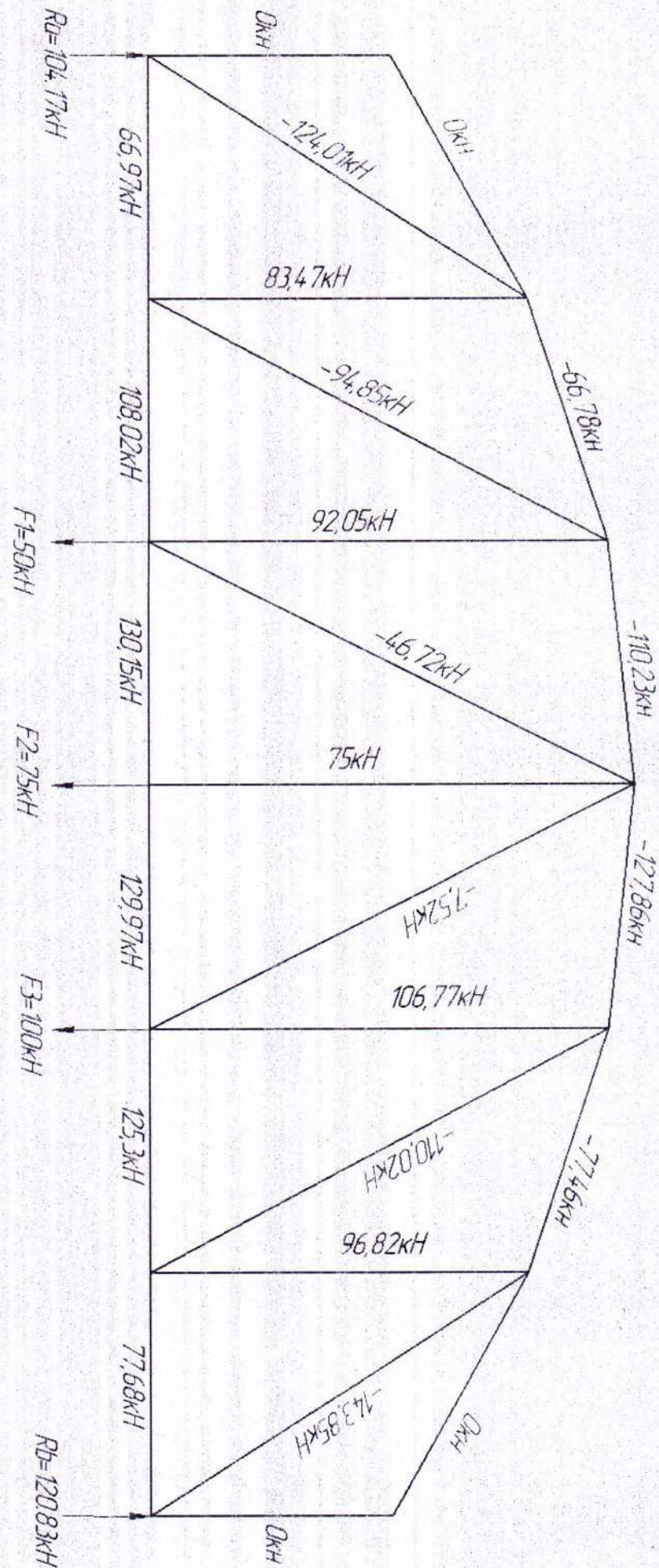


Рисунок 1.14

$$\sum F_y = 0; R_b + C_7 + P_6 * \sin \alpha_1 = 0 \text{ кН}$$

$$C_1 = 143.85 * 0,84 - 120.83 = 0 \text{ кН}$$



2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ФЕРМЫ

Среди всех усилий в верхних поясных элементах выбираем максимальное $B_{\max}$, среди усилий в нижних поясных элементах - $H_{\max}$, аналогично - $P_{\max}$ и $C_{\max}$. По этим усилиям подбирается одно поперечное сечение на все элементы верхнего пояса, одно сечение на все элементы нижнего пояса, одно — на все раскосы, одно — на все стойки.

$B_{\max} = -127,86 \text{ кН}$ - сжатый элемент;

$H_{\max} = 130,15 \text{ кН}$ - растянутый элемент;

$P_{\max} = -143,85 \text{ кН}$ - сжатый элемент;

$C_{\max} = 106,77 \text{ кН}$ - растянутый элемент.

Расчет растянутых элементов:

Подбор растянутых элементов осуществляется по формуле

$$F = \frac{N}{[\sigma]}, \quad (2.1)$$

где N — усилие, $[\sigma]$ — допускаемое напряжение для материала рассматриваемого элемента. Допускаемое напряжение определяется, исходя из условий

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{0.2}}{n}, \quad (2.2)$$

где $n=1,4 \dots 1,6$ — коэффициент запаса, $\sigma_{0.2}$ — условный предел текучести материала (для стали Ст3 $\sigma_{0.2} = 230 \text{ МПа}$ (см. Г.А. Николаев, В.А. Винокуров «Сварные конструкции. Расчёт и проектирование»..))

$$[\sigma] = \frac{230}{1,5} = 153,3 \text{ МПа}$$

Нижний пояс:

$$F_{\max} = \frac{130,15 \times 10^3}{153,3 \times 10^2} = 8,5 \text{ см}^2$$

Выбор швеллера осуществляется по сортаменту Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент (с Изменением N 1) ГОСТ 8240-97.

					КП.ЛСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		10

Так как в сечении 2 швеллера, то выбираем швеллер сумма площадей которого который ближе к расчетной площади. Выбираем швеллер 5П, так как меньше по сортаменту нет. Площадь двух швеллеров $F=12,32 \text{ см}^2$.

Стойки

$$F_{max} = \frac{106,77 \times 10^3}{153,3 \times 10^2} = 7 \text{ см}^2$$

Выбор швеллера осуществляется по сортаменту Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент (с Изменением N 1) ГОСТ 8240-97. Так как в сечении 2 швеллера, то выбираем швеллер сумма площадей которого который ближе к расчетной площади. Выбираем швеллер 5П, так как меньше по сортаменту нет. Площадь двух швеллеров $F=12,32 \text{ см}^2$.

Расчет сжатых элементов:

Подбор сжатых элементов осуществляется по формуле

$$F = \frac{N}{[\sigma] \cdot \varphi}, \quad (2.3)$$

где φ - коэффициент, учитывающий возможную потерю устойчивости сжатого элемента. Значение коэффициента φ в зависимости от гибкости элемента λ , приведены в таблице [1]. Сама же гибкость λ определяется по формуле

$$\lambda = \frac{l}{i_{min}}, \quad (2.4)$$

где l - длина элемента, i_{min} - минимальный радиус инерции предположительного поперечного сечения. Условием окончательного выбора поперечного сечения $F_{ном}$ рассматриваемого сжатого элемента является неравенство

$$0,95[\sigma] \leq \sigma \leq 1,05[\sigma], \quad (2.5)$$

где $\sigma = \frac{N}{F_{ном} \cdot \varphi}$ - сжимающие напряжения элемента.

					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		11

Для подбора поперечного сечения сжатых элементов пользуются методом последовательного приближения. Первоначально задают коэффициент $\varphi = 0,5 \dots 0,8$.

Верхний пояс:

Примем $\varphi = 0,8$

$$F_{max} = \frac{127,86 \times 10^3}{153,3 \times 0,8 \times 10^2} = 10,4 \text{ см}^2$$

из конструкторских требований выбираем ГОСТ 8240-97 швеллер 5П.
Сумма площадей двух швеллеров которых равна $F = 12,32 \text{ см}^2$.

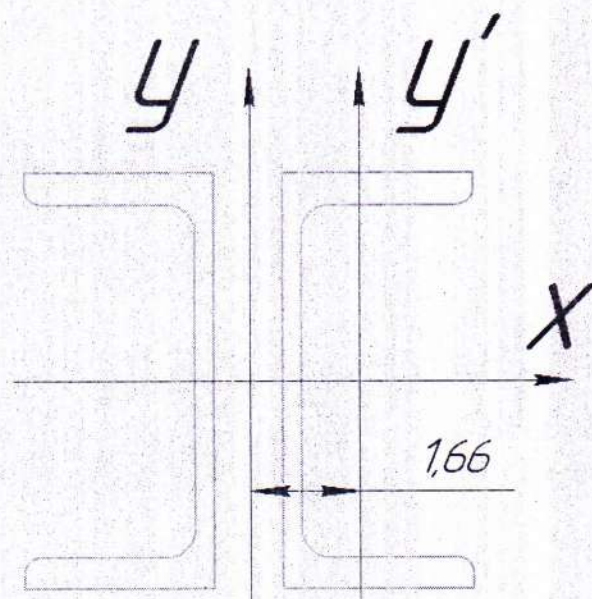


Рисунок 2.1

$$J_x = 2 * J_x^{\text{ГОСТ}} = 45,6 \text{ см}^4$$

$$J_y = 2 * (5,61 + 6,16 * 1,66^2) = 45,17 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{45,6}{2 * 6,16}} = 1,924$$

$$i_y = \sqrt{\frac{45,17}{2 * 6,16}} = 1,914$$

Из уравнения (2.4) находим

$$\lambda = \frac{150,9}{1,914} = 78,84 \approx 80; \varphi = 0,686$$

$$\sigma = \frac{N}{F \cdot \varphi}, \text{ т.е.}$$

$$\sigma = \frac{127,86 \cdot 10^3}{2 \cdot 6,16 \cdot 100 \cdot 0,686} = 151,28 \text{ МПа}$$

$145,64 \leq 151,28 \leq 160,97$, приближение верно

Раскосы:

Примем $\varphi = 0,5$

$$F_{max} = \frac{143,85 \times 10^3}{153,3 \times 0,5 \times 10^2} = 20,07 \text{ см}^2$$

					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		12

из конструкторских требований выбираем ГОСТ 8240-97 швеллер 10П.
Сумма площадей двух швеллеров которых равна $F=21,8 \text{ см}^2$.

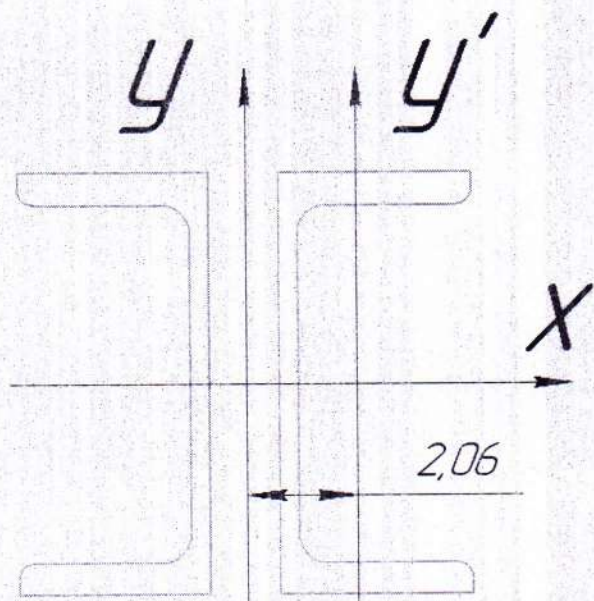


Рисунок 2.2

$$J_x = 2 * J_x^{\text{ГОСТ}} = 350 \text{ см}^4$$

$$J_y = 2 * (22,6 + 10,9 * 2,06^2) = 137,7 \text{ см}^4$$

$$i_x = \sqrt{\frac{350}{2 * 10,9}} = 4$$

$$i_y = \sqrt{\frac{137,7}{2 * 10,9}} = 2,51$$

Из уравнения (2.4) находим

$$\lambda = \frac{277,9}{2,51} = 111, \text{ т.е. } \varphi = 0,449$$

$$\sigma = \frac{N}{F \cdot \varphi}, \text{ т.е.}$$

$$\sigma = \frac{143,85 * 10^3}{2 * 10,9 * 10^2 * 0,449} = 146,96 \text{ МПа}$$

$$145,64 \leq 146,96 \leq 160,97, \text{ приближение верно}$$

3 РАСЧЕТ СВАРНЫХ ШВОВ

пр. 350

Расчет длины сварных швов выполняется по формуле

$$L = \frac{N}{\beta \cdot \kappa \cdot [\tau']}, \quad (3.1)$$

где $N = [\sigma] \cdot F$; β - коэффициент, учитывающий глубину проплавления (выбранный способ сварки – сварка в защитных газах, $\beta = 0,9$); κ - катет шва (для сварки в защитных газах выбирается по ГОСТ 14771-76); $[\tau']$ - допускаемое напряжение на срез для сварного шва ($[\tau'] = 0,5[\sigma]$).

$$[\tau'] = 0,5 * 153,3 = 76,65 \text{ кН}$$

Выбираем катет шва по ГОСТ 14771-76:

					КП.ЛСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист	
							13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Нижний пояс:

$$N = [\sigma] \times F = 153,3 \times 12,32 = 1889 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2$$

$$\text{Длинна шва: } L_{\text{об.}} = \frac{1889}{0,9 \times 0,7 \times 76,65} = 39,11 \text{ см,}$$

$$L = \frac{65,56}{4} = 9,78 \text{ см}$$

Стойки:

$$N = [\sigma] \times F = 153,3 \times 12,32 = 1889 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2$$

$$\text{Длинна шва: } L_{\text{об.}} = \frac{1889}{0,9 \times 0,7 \times 76,65} = 39,11 \text{ см,}$$

$$L = \frac{65,56}{4} = 9,78 \text{ см}$$

Верхний пояс:

$$N = [\sigma] \times F = 153,3 \times 12,32 = 1889 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2$$

$$\text{Длинна шва: } L_{\text{об.}} = \frac{1889}{0,9 \times 0,7 \times 76,65} = 39,11 \text{ см,}$$

$$L = \frac{65,56}{4} = 9,78 \text{ см}$$

Раскосы:

$$N = [\sigma] \times F = 153,3 \times 21,8 = 3342 \text{ МПа} \cdot \text{см}^2$$

$$\text{Длинна шва: } L_{\text{об.}} = \frac{3342}{0,9 \times 0,7 \times 76,65} = 69,2 \text{ см,}$$

$$L = \frac{69,2}{4} = 17,3 \text{ см}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проделанной работе были рассчитаны усилия во всех элементах заданной плоской фермы, подобраны поперечные сечения элементов, по сортаменту "Швеллеры стальные горячекатаные " ГОСТ 8240-97 выбраны швеллера, рассчитаны длины сварных швов.

Швеллера привариваются тавровыми швами с четырех сторон к фасонкам, а их длины рассчитаны в п. 3.

					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Николаев Г.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции. Расчет и проектирование: Учеб. Для вузов / Под ред. Г.А. Николаева. – М.: Высш. шк., 1990.-446с.
2. ГОСТ 8240-97. Швеллеры стальные горячекатаные. Сортамент (с Изменением N 1)
3. ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.

					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ		Лист
							16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Приложение

Типы сварных соединений

Конструктивные элементы сварного соединения Т1 по ГОСТ 14771-76

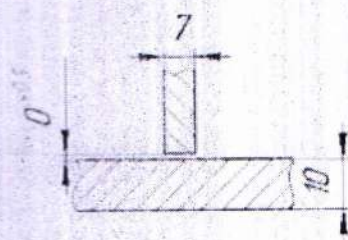


Рисунок 1.1 – Подготовка кромок соединения

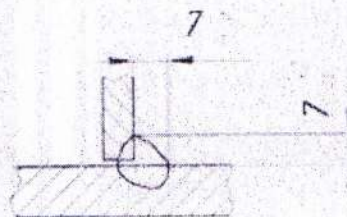


Рисунок 1.2 – Шов сварного свариваемых деталей

					КП.ПСК.Б660691-ПБ.01.01.00.000ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17