(cc) BY

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Муселемов Хайрулла Магомедмурадович
канд. техн. наук, старший преподаватель
Устарханов Осман Магомедович
д-р техн. наук, заведующий кафедрой
Юсупов Абусупян Курашевич
д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный
технический университет»
г. Махачкала, Республика Дагестан

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ШПРЕНГЕЛЬНЫХ БАЛОК НОВОЙ РАСКРОЙКИ

Аннотация*: в работе представлена разработка новой конструкции шпренгельной балки новой раскройки. Выполнены расчеты всех ее элементов и определены затраты стали. Построены соответствующие таблицы и графики для различных вариантов рассматриваемой конструкции.*

Ключевые слова*: шпренгельная балка, раскройка, двутавр, конструктивная схема.*

Проектирование балки начинают с выбора двутавра, длина которого равна 6 м. Затем, произведя раскройки двутавра, получают конструкцию, длиной равной 12 м, т.е. увеличивают длину балки в 2 раза. Расчет начинается с определения нагрузки, действующей на балку. После чего определяют углы наклона раскосов шпренгельной балки новой раскройки, находят усилия в балке, определяют напряжения в ее элементах, проверяют прочность сечений.

Порядок раскройки – первый этап.

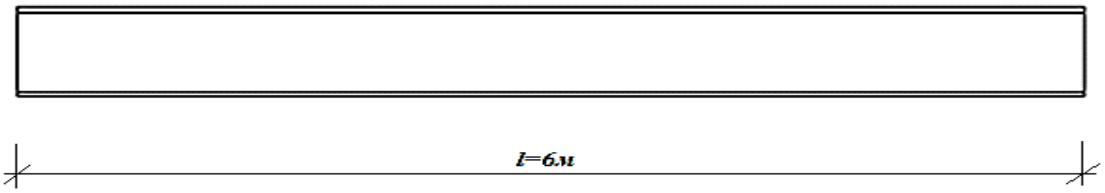

Рис. 1. Исходная прокатная двутавровая балка

Второй этап

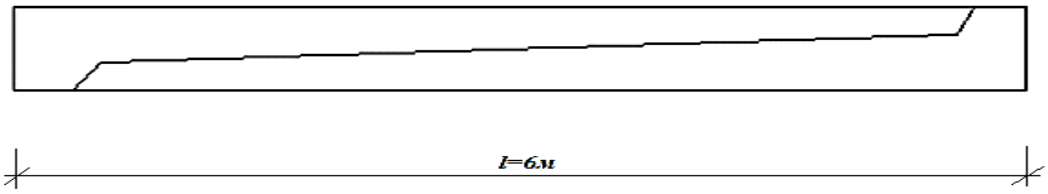

Рис. 2. Схема раскройки балки

Третий этап

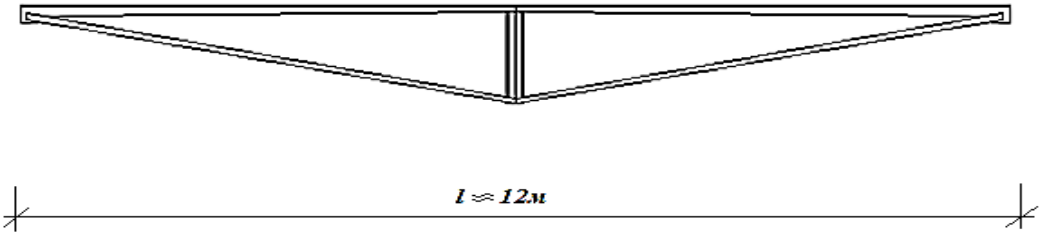

Рис. 3. Схема компоновки шпренгельной балки

В работе рассматривается 2 вида балок: с горизонтальным верхним поясом, и наклонным верхним поясом, то есть данная шпренгельная балка используется в виде конструкции перекрытия. Шпренгельная балка с наклонным поясом используется как элемент, предназначенный для конструкции покрытия. Шпренгельная балка с горизонтальным поясом воспринимает нагрузки от собственного веса, от веса пола, и от вышележащих несущих конструкций. Для удобства вводится коэффициент «К», с помощью которого учитывается нагрузка, действующую на балку. Передаются в виде распределенной нагрузки: постоянная – от веса кровли, конструкций подвесного потолка, собственного веса шпренгельной

балки со связями и др.; временная – от снега, а также от ветра (при уклонах кровли более 30°), и других возможных технологических нагрузок.

Равномерно распределенная нагрузка подсчитывается на 1 м^2 площади.

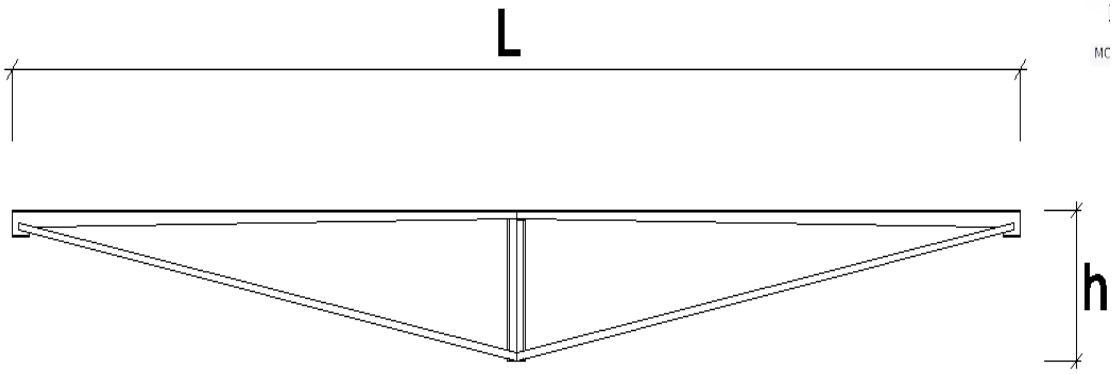

Рис. 4. Шпренгельная балка с горизонтальным верхним поясом

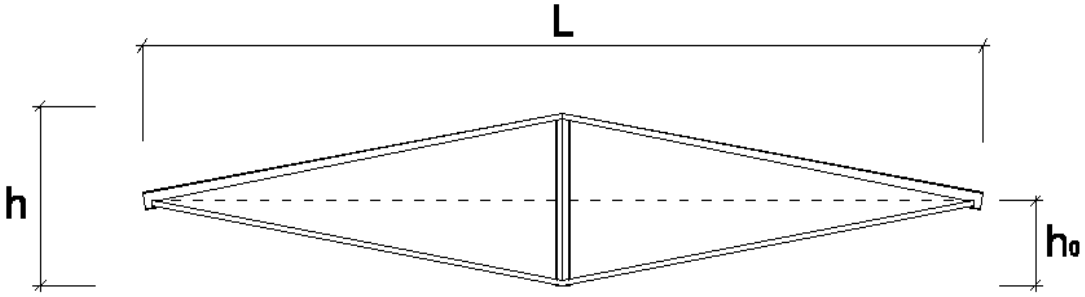

Рис. 5. Шпренгельные балки с наклонным верхним поясом

Расчет шпренгельной балки с наклонным верхним поясом

Далее рассматриваются различные варианты шпренгельной балки.

Вариант №1.

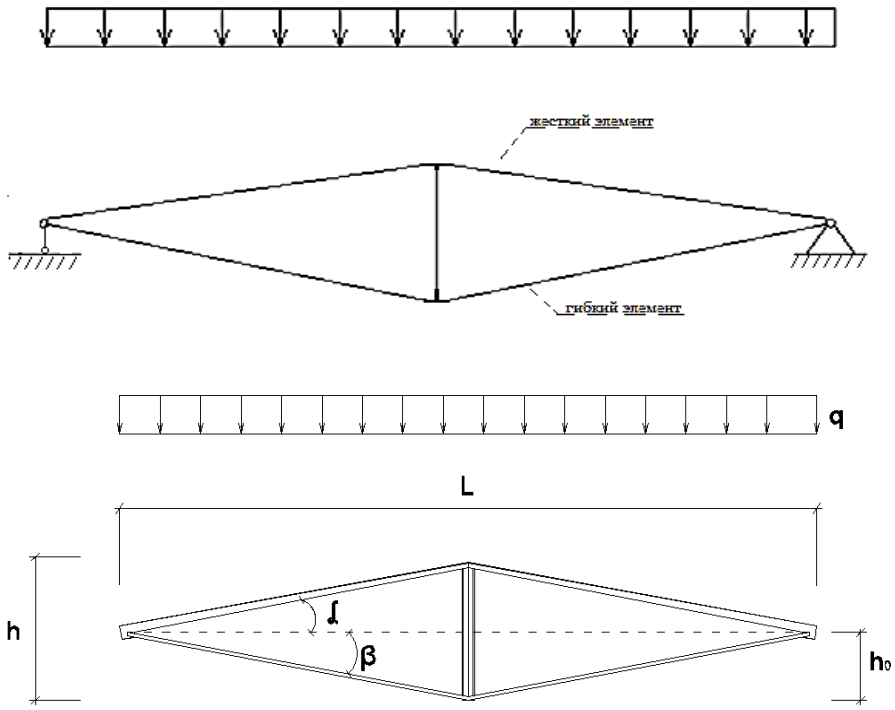

Рис. 6. Расчетная схема шпренгельной балки с наклонным верхним поясом

Исходные данные:

h = 1,2 м.

h0/h = 0,3 м.

h0 = 0,24 м.

l/h = 10 м.

l = 12м.

Вычислим тригонометрические функции углов раскосов в балке:

$$\sin\alpha=\frac{h-h0}{\sqrt{(h-h0)^2+(\frac{l}{2})^2}}=\frac{1{,}2-0{,}24}{\sqrt{(1{,}2-0{,}24)^2+(\frac{12}{2})^2}}=0{,}157$$

$$cos\,\alpha=\frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{(h-h0)^2+(\frac{l}{2})^2}}=\frac{6}{\sqrt{(1{,}2-0{,}24)^2+(\frac{12}{2})^2}}=0{,}987$$

$$sin\,\beta=\frac{h_0}{\sqrt{{h_0}^2+(\frac{l}{2})^2}}=\frac{0{,}24}{\sqrt{0{,}24^2+(\frac{12}{2})^2}}=0{,}03$$

$$cos\,\beta=\frac{\frac{l}{2}}{\sqrt{{h_0}^2+(\frac{l}{2})^2}}=\frac{6}{\sqrt{0{,}24^2+(\frac{12}{2})^2}}=0{,}9999$$

$$\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{2(h-h0)}{l}=\frac{2(1{,}2-0{,}24)}{12}=0{,}16$$

$$\text{tg}\,\beta=\frac{2h0}{l}=\frac{2*0,24}{12}=0,04$$

Из условия равновесия узла А имеем (рис. 7).

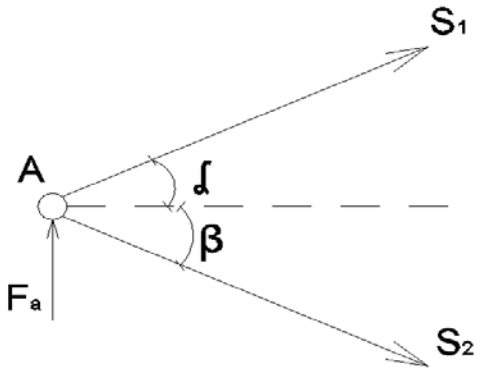

Рис. 7. Условия равновесия узла А

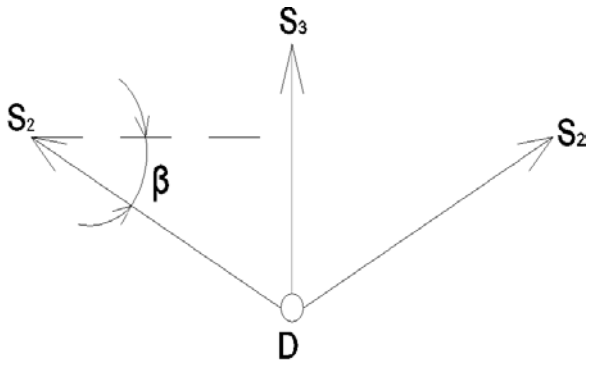

Рис. 8. Условия равновесия узла D

$F_a=\frac{q*l}{2}=148,41$ кН

$$\begin{cases} Fa + S1 * sin\alpha - S2 * sin\beta = 0 \\ S1 * cos\alpha + S2 * cos\beta = 0 \end{cases}$$

Из этой системы уравнений найдем

$$S1=-Fa*\frac{1}{cos\alpha*(tg\alpha+tg\beta)}=-148,41\frac{1}{0.987*(0,16+0.04)}=-751,488 \text{ кН} \quad (1)$$

$$S2=Fa*\frac{1}{cos\beta*(tg\alpha+tg\beta)}=148,41\frac{1}{0.999*(0,16+0,04)}=742,6344 \text{ кН} \quad (2)$$

Из условия равновесия узла D (рис. 2) имеем:

$$S2= S2; \qquad S3+2\cdot sin\beta = 0,$$

или

$$S3= -2Fa\cdot\frac{1}{cos\alpha*(tg\alpha+tg\beta)}=-148,41\cdot\frac{1}{0.987*(0,16+0,04)}=-59,364 \text{ кН} \quad (3)$$

Далее найдем геометрические характеристики таврового сечения на опоре.

hст = 44,69 см; tст = 1,15 см; bп = 26 см; tп = 1,55 см.

Теперь находим соответствующие площади

Ап = bп* tп = 26 * 1,55 = 40,3 см^2 Аст = hст * tст = 44,69 * 1,15 = 51,39 см^2

А = Ап + Аст = 40,3 + 51,39 = 61,63 см^2

Далее вычислим центр тяжести сечения

$$X=\frac{x1*A1+x2*A2}{A1+A2}=\frac{10.75*29.455+10.75*32.17}{61.625}=10.75 \text{ мм}$$

$$y=\frac{y1*A1+y2*A2}{A1+A2}=\frac{34.285*29.455+17.485*32.17}{61.625}=26.17 \text{ мм}$$

Находим момент инерции сечения

$$I_x=\frac{b*h^3}{12}=\frac{21.5*1.37^3}{12}=4.6 см^3 \quad I_y=\frac{h*b^3}{12}=\frac{0.92*34.97^3}{12}=144\ см^3$$

$$I_{xc}=I_x+a_1^2*A_1+I_y+a_2^2*A_2=8364.11 \quad W=\frac{Ixc}{h/2}=460.24\ см^3$$

$$Sc=A_{пол}*a_1+((h_{ст}-y)/2)*(h_{ст}-y)=318.223\ см^2$$

Определяем плечо x = 0,35см.

Имея значение «x», вычислим значение изгибающего момента M = 168.53 кН*см.

Элемент AD (рис. 2) растянут силой S_2, элемент BD сжат силой S_3. Элемент AB (рис. 3) одновременно сжат силой S_1 и подвергнут изгибу распределенной нагрузкой q (рис. 3).

$$q=n_1\cdot q_1+n_2\cdot q_2=1.2*15+1.05*0.101=18.45 \text{ кН/м}, \quad (4)$$

где q_1, q_2 – постоянная и временная нагрузки соответственно n_1, n_2 – коэффициент перегрузки. Рассмотрим элемент AB (рис. 9).

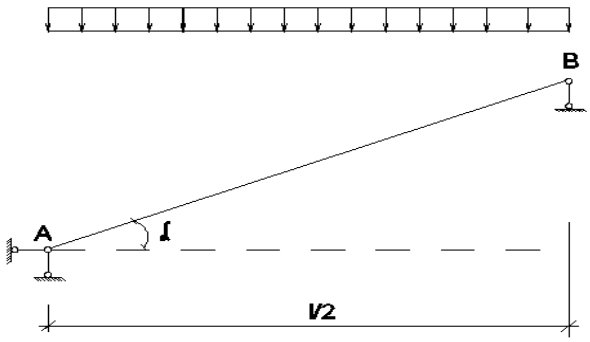

Рис. 9. Расчетная схема верхней перекладины

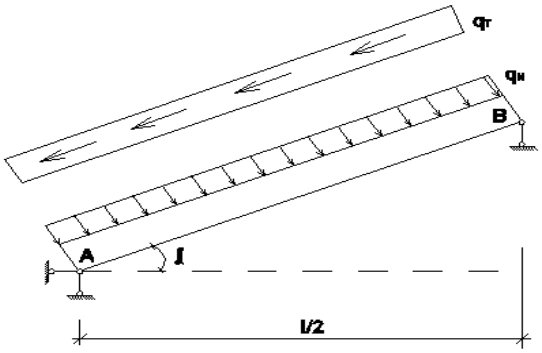

Рис. 10. Схема действия нагрузок на перекладину

$$\begin{cases} T=q*sin\alpha=q_T \\ N=q*cos\alpha=q_N \end{cases} \qquad \begin{cases} T=q*sin\alpha=-2.28 \text{ кН} \\ N=q*cos\alpha=18.31 \text{ кН} \end{cases} \quad (5)$$

Изгибающие моменты в середине элемента AB (рис. 9)

$$M=\frac{q_{N*l_0}{}^2}{8}=\frac{q*l^2}{32*cos\alpha}=\frac{18.31*6.04^2}{8}=83.68 \text{ кН}*\text{м} \quad (6)$$

Поперечная сила в опорном сечении (точка А, рис. 10) элемента АВ

$$Q=\frac{q_{N*l_0}}{2}=\frac{18.31*6.04}{2}=55.35\ кН. \quad (7)$$

От скатной составляющей нагрузки Т возникает в элементе АВ (рис. 4) сжатие, которое распределяется по линейному закону (рис. 11).

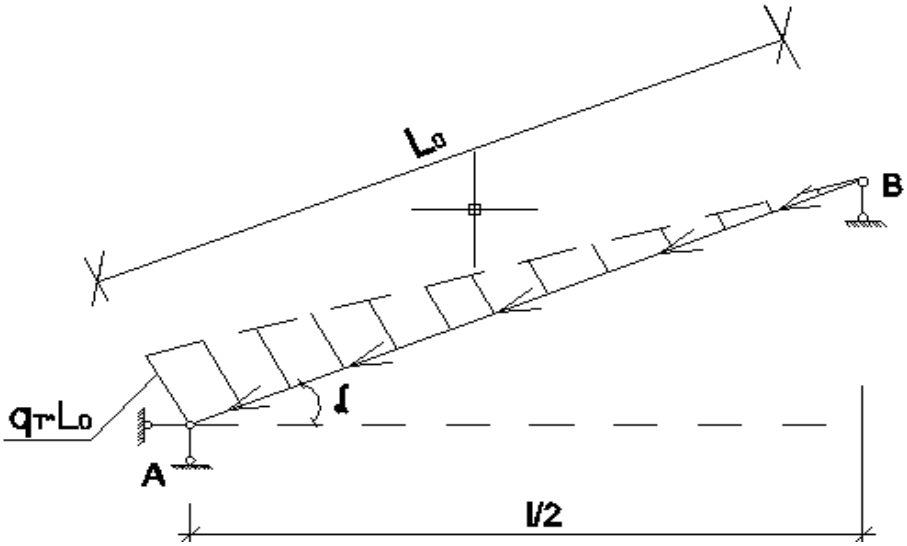

Рис. 11. Схема действия нормальных сил

В нижнем сечении элемента АВ (рис. 11): суммарное осевое усилие сжатия равно: Nп = S_1 +q_T·l_0 = –446.32 – 2.28 * 6.04 = – 460.16 кН,

или с учетом формулы (1) и (5)

$$S_3= –F_a\cdot \frac{1}{cos\alpha*(tg\alpha+tg\beta)}-\frac{q\cdot l}{2}\cdot tg\alpha. \quad (8)$$

В нижнем сечении элемента АВ (рис. 10 и 11.) возникают напряжения:

$\sigma_0=\frac{N_п}{A_{эл}}$= –3.5 $\frac{кН}{см^2}$ – осевое напряжение;

$\tau=\frac{Q\cdot S}{t_{ст}\cdot I_{эл}}$= 2.28 $\frac{кН}{см^2}$ – касательные напряжения;

$\sigma_u=\frac{M_{об}}{W}$=0.36 $\frac{кН}{см^2}$ – изгибные напряжения.

В среднем сечении:

$б_u=\frac{M_q-M_{об}}{W}$= 2.29 $\frac{кН}{см^2}$ – напряжения изгиба;

$б_0=\frac{N_п}{2*A_{эл}}$= -4.4 $\frac{кН}{см^2}$ – осевое напряжение.

τ = 0.

В середине пролета:

$б_{и}=\frac{M_{об}}{W}=0$ – касательные напряжения.

$б_{0}=\frac{N_{п}}{2*A_{эл}}=-5.91\ \frac{кН}{см^2}$ – осевое напряжение.

Условие прочности по IV теории прочности имеет вид

$$\sqrt{(6_{и}+6_{0})^{2}+3*\tau^{2}}\ <\ \gamma*R. \qquad (9)$$

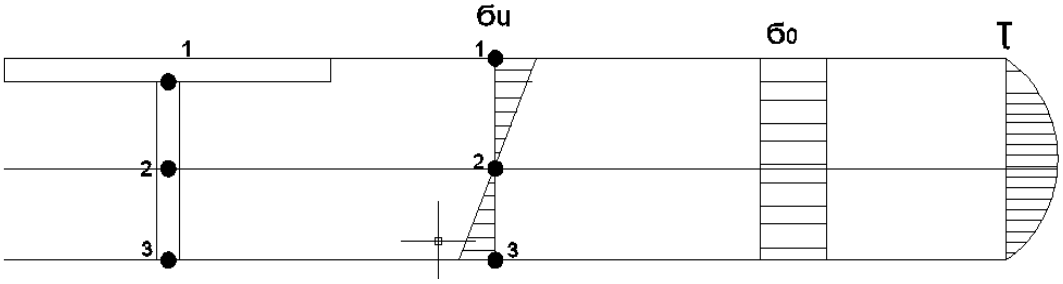

Рис. 12. Эпюры напряжений

Используя ранее найденные значения напряжений, построим эпюры

$\sigma_{и}, \tau, \sigma_{0}$. $\sigma_{и}\neq 0, \sigma_{0}\neq 0, \tau=0$ – в верхней точке сечения;

$\sigma_{и}=0, \sigma_{0}\neq 0, \tau\neq 0$ – в средней точке сечения;

$\sigma_{и}\neq 0, \sigma_{0}\neq 0, \tau=0$ – в нижней точке сечения.

Необходимо условие прочности проверить во всех 3-х точках сечения элемента АВ (рис. 12).

При этом необходимо учесть изменения положения нейтральной оси сечение (рис. 12) по длине элемента АВ в соответствии с рис. 13 и 14.

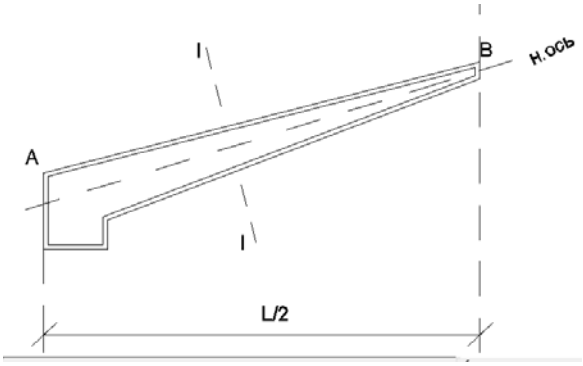

Рис. 13. Конструктивная схема

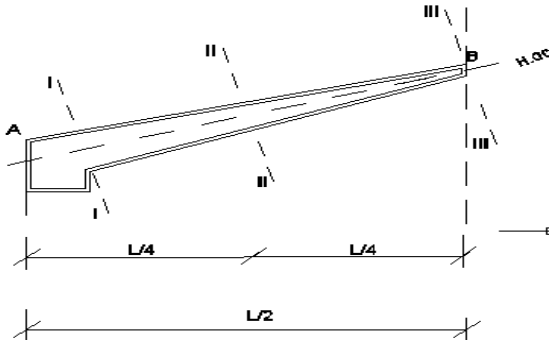

Рис. 14. Расположения расчетных верхней перекладины сечений

Таким образом, условие прочности (9) проверяем в 3-х сечениях элемента АВ по рис. 14: в каждом сечении в 3-х точках и в соответствии с рис. 12.

Элемент AD (рис.7 и 8.) работает на растяжение

$$\sigma_{\text{р}}=\frac{S_2}{A_{2;\text{нетто}}} = 6{,}1 < \gamma * R = 20{,}7\ \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

Элемент BD (рис. 8.) работает на центральное сжатие;

Ф – коэффициент продольного изгиба BD

G = 114,097 кг * с

По изложенному выше алгоритму нами была исследована работа различных вариантов шпренгельной балки новой раскройки. По результатам этих исследований были построены таблицы и соответствующие графики.

Алгоритм вычисления расхода металла

Определение расхода металла. Расход металла находим по следующему алгоритму: $G_{общ} = G_п + G_р + G_с$,

где $G_п$ – расход на перекладину, $G_р$ – расход на раскосы, $G_с$ – расход на стойку.

$G_п = L * n$, $G_р = 4_{Lр} * n$, $G_с = H_с * n$, где n – линейная плотность(кг/м).

Расход стали найдем для балки, для которой h/h0 = 1, L/h = 12, q = 5.0 кН/м.

Находим соответствующий расход на перекладину

$G_п = L * n = 6 * 30.5 = 183$ кг.

Находим расход на раскосы $G_р = 4_{Lр} * n = 4 * 6 * 3.77 = 91.1$ кг.

Находим расход на стойку $G_с = H_с * n = 1 * 9.46 = 9.46$ кг.

Общий расход находим: $G_{общ} = G_п + G_р + G_с = 183 + 91.1 + 9.46 = 283.54$ кг.

Аналогично находим расход и для других шпренгельных балок. Полученные таким образом значения расхода металла (кг) заносим в таблицы 1, 2, 3.

Таблица 1

Расход металла при h0/h=1

L/H / К	8	9	10	11	12
0,5	317,77	316,22	311,68	313,66	312,66

1	432,77	486,02	600,28	669,66	668,6
1,5	870,67	868,02	1137,8	1136,76	866,4
2	1341,3	1783,8	1732,2	17811,16	1780,2
2,5	1865,3	1963,8	2418,28	2417,16	2218,32
3	2421,3	2827,8	2826,28	2826,16	28224,26

Таблица 2

Расход металла при h0/h=0,5

L/H К	8	9	10	11	12
0,5	167,7	286,37	164,83	163,88	288,54
1	279,27	270,77	285,43	284,48	356,14
1,5	470,57	540,77	467,83	422,48	465,94
2	652,47	967,97	649,63	672,68	647,74
2,5	845,07	1059,77	842,23	841,28	840,3
3	10437,07	1320,77	1040,2	1039,28	1038,34

Таблица 3

Расход металла при h0/h=0,3

L/H К	8	9	10	11	12
0,5	348,86	346,91	345,92	342,25	385,92
1	348,66	346,91	345,91	342,25	385,9
1,5	808,4	806,41	800,26	795,25	860,86
2	1142,1	1110,1	1000,2	926,86	1200,2
2,5	1788,4	1605,2	1560,3	1605,88	1560, 37
3	2421,3	2827,8	2826,28	2825,16	2824,25

Выводы

По результатам выполнения расчетов и исследования работы шпренгельной балки новой раскройки:

1. Разработана новая конструкция шпренгельной балки 12 метрового пролета, с помощью двутавровой балки, длиной в 6 метров, путем ее раскройки;

2. разработаны конструктивные и расчетные схемы шпренгельных балок новой раскройки;

3. Выполнены подробные расчеты всех элементов балок;

4. По результатам расчетов составлены таблицы, по которым можно определить расход металла при различных габаритных параметрах конструкции;

5. Составлены графики расхода металла для различных вариантов шпренгельной балки новой раскройки.

Список литературы

1. Металлические конструкции» в вопросах, в ответах и в проектировании / А.К. Юсупов. – Махачкала, ДГТУ. – 2010.

2. Металлические конструкции / Под ред. Ю.И. Кудишин. – М.: Академия, 2008.

3. СНиП II-23-81* «Стальные конструкции». Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1990.

4. СНиП 2-01-07-85* «Нагрузки и воздействия». Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1986.

5. Стальные конструкции: Справочник конструктора / Под ред. Шумакова. – М.: Академия, 2004.

6. ГОСТ 8509-93 Уголки стальные горячекатаные равнополочные.

7. ГОСТ 26020-83 Двутавр нормальный (Б).

8. ТУ 14-2-685-86 Тавр (ШТ).