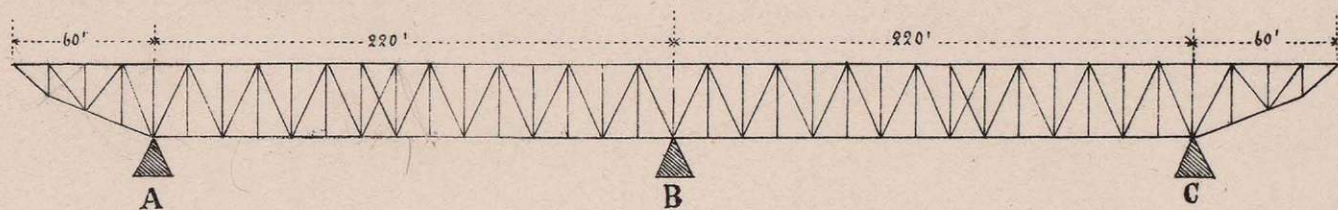


Расчетъ

Верхняго строенія моста черезъ рѣку Булу
отверстіемъ 60 саж. въ свѣту.



Общее описаніе. Верхнее строеніе этого моста представляетъ собою неразрывную балку въ два пролета по 220 фут. съ двумя свѣтными концами или консолями по 60 фут., прилегающими непосредственно, безъ помощи устоевъ, къ насыпи и соединяющимися съ ея полотномъ помощью особыхъ продольныхъ балокъ длиной въ 16 фут. (сопрягающія балки). Последнія со стороны консоли поддерживаются поперечной балкой, съ допущеніемъ нѣкоторой игры въ прикрѣпленіи, а со стороны насыпи — металлическою шпалой, на которую они опираются винтовыми патками, позволяющими, въ случаѣ надобности, регулировать ихъ высоту, независимо отъ опорной поперечины, лежащей непосредственно на грунтѣ.

Верхнее строеніе, какъ среднихъ пролетовъ, такъ и консолей состоитъ изъ двухъ фермъ, высотой въ 25 фут. съ прямыми параллельными коробчатыми поясами и простой треугольной рѣшеткою изъ сжатыхъ и вытянутыхъ раскосовъ; стойки (кроме 6 и 7^и) служатъ только какъ подпорки или подвѣски для поддержания провѣсей части и поясовъ главныхъ фермъ. Фермы удалены одна отъ другой на 16 фут. и соединены между

ду собою посредствомъ вертикальныхъ крестовъ и горизонтальныхъ верхнихъ и нижнихъ связей, состоящихъ изъ вытянутыхъ диагоналей, сжатыхъ распорокъ и поясовъ. Последними въ нижнихъ связяхъ служатъ пояса главныхъ фермъ; въ верхнихъ-же, расположенныхъ нѣсколько ниже поясовъ главныхъ фермъ (54"), для противодѣйствія горизонтальнымъ силамъ, имѣются особые (внутренніе) пояса, распорками-же служатъ поперечныя балки провѣсей части. Продольныя балки лежатъ надъ поперечными^(*) и потому въ стыкахъ могутъ быть перекрыты горизонтальными и вертикальными накладками, соединяющими ихъ такимъ образомъ въ одну многопролетную неразрывную балку съ отдѣльными горизонтальными и вертикальными связями. Поперечныя балки имѣютъ стычку сплошную въ $\frac{3}{8}$ ", зажатую между уголками стоекъ посредствомъ особыхъ накладокъ, передающихъ давленіе на стойку центрально и безъ изгиба оной. Для этого въ стычку заклепаны отверстія, кроме среднихъ двѣхъ большаго діаметра

(*) Только къ крайнимъ поперечнымъ балкамъ, расположеннымъ выше другихъ, продольн. балки прикрѣпляются, какъ обыкновенно, въ притыкъ.

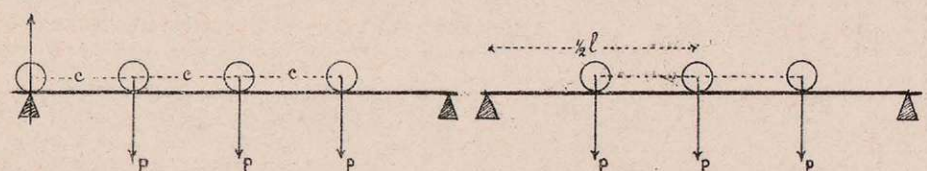
$S =$	70.08	78.52	64.58	97.1
$J =$	1419.4	1473.0	1307.4	2131.0
$h_0 = \frac{J}{S} =$	20.25	18.76	20.25	21.95
$W =$	112.4	120.2	106.7	168.0

и безопасно допускаемых для таких значений скалывающей силы $T = 140 \cdot \frac{4}{5} \delta h_0$ и изгибающего момента $235 W$

1701	1575	850.5	922 пуд.
26414	28247	25074	39480 пуд.д.

Действительные же значения скалывающей силы на расстоянии 0 и 22 от опоры равны 1060 и $1060 - \frac{7}{12} x - \frac{1830}{176} x = 818$ и моменты у опоры, в случае закрытых концов, $M_0 = \frac{2}{3}$ макс $M = \frac{2}{3} \times 38844 = 25896$ п.д., — на расстоянии 36" от нее — 24705 и по середине — 38844 пуд.д., — все меньше допускаемых.

Для крайних балок длиной 16" = 192", при подобных же расположениях паровоза, получаются наибольшие значения вертикальной силы и момента.



$$V = 68 + 1087 = 1155 \text{ пуд.}$$

$$M = 3264 + 42090 = 45354 \text{ п.д.}$$

Сечение балки состоит из вертикального листа $24.5 \times \frac{3}{8}$, усиленного к концам листом $18.5 \times \frac{3}{8}$, 4-е уголки $3 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$ и горизонтального листа $8 \times \frac{7}{16}$ длиной 16'.

Допускаемый безопасно момент

$$M = 235 \times 193.9 = 45566 \text{ п.д.}$$

и скалывающая сила при $X = 0$

$$140 \times \frac{4}{5} \times \frac{3}{4} \times 20.25 = 1701 \text{ пуд.}$$

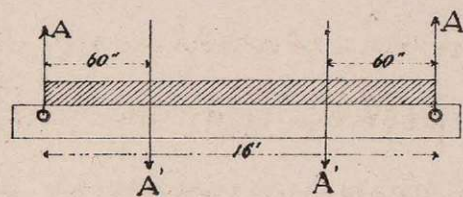
и для $X = 34"$

$$140 \times \frac{4}{5} \times \frac{3}{8} \times 22.03 = 924 \text{ пуд.}$$

Все значения меньше действительных.

II. Поперечные балки.

Наш расчетная длина равна расстоянию между осями ферм $16' = 192"$

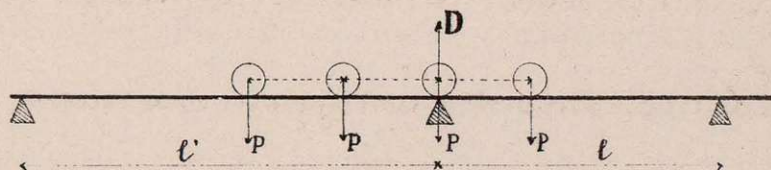


на поперечную балку действуют: собственный вес балки 84 пуд., два сосредоточенных вертикальных давления A' от поддерживаемых ею двух пар продольных балок длиной, для общности, l и l' и сжимающая горизонтальная сила H от ветра, соответствующая распорке верхних связей.

Принимая весь постоянной нагрузки на пог. ферм продольной балки 7 пуд, давление P на колесо паровоза — в $\frac{215}{2}$ пуд. и расстояние C между осями паровоза — в 52", можем вообще выразить давление на опору поперечной балки таким образом

$$A = 42 + \frac{7(l+l')}{2 \times 12} + D$$

где D представляет наибольшее давление от паровоза в прикреплении продольных балок к поперечной, соответствующее случаю, когда его расположение, где $l' \geq l$,



и равное

$$D = 4P \left(1 - \frac{3c}{4l} - \frac{c}{4l'}\right) = 1830 \left(1 - \frac{39}{l'} - \frac{13}{l}\right)$$

Обозначая поперечную балку над крайней опорой A через № 0, а остальные вправо к средней опоре последовательно №№ 1, 2, 3, ..., и 15 и влево на консоли №№ 1', 2', 3' и 4', имеем для № 4' $l = l' = 16' = 192"$, для № 3' $l' = 192$ и $l = 176$ и для остальных $l' = l = 176$ и соответ

существующих или значения

$D = 1335 \quad 1323 \quad \text{и} \quad 1290$

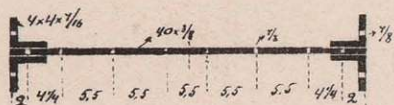
затем А, представляющего также и max V

$A = \max V = 1489 \quad 1473 \quad \text{и} \quad 1435$

и наконец max M = (A - 42) 60 + 84 x 192 / 8 = 60A - 504

$= 88836 \quad 87876 \quad \text{и} \quad 85596 \text{ п.д.}$

Основное сечение поперечной балки состоит из вертикального листа 40 x 3/8 и 4-х уголков 4 x 4 x 1/2. Для опорных поперечных №№ 0 и 15 и 4 x 4 x 7/16 - для остальных. Ширина горизонтального листа (от 3/8 до 1/2" толщиной) меняется для различных №№ балок от 8.5 до 10"



Статический S момент и момент инерции основного сечения при уголках 4 x 4 x 7/16

$S = 155.1 \quad \text{и} \quad I = 5721$

следовательно $n_0 = \frac{I}{S} = 36.88$ и безопасно. допускаемая сжимающая сила

$T = \frac{4}{5} \times 140 \times \frac{3}{8} \times 36.88 = 1549 \text{ пуд.},$
которая больше существующих ее значений.

Для поперечных балок, в случае одновременного на них действия вертикальных и горизонтальных сил, циркулярное М. И. К. ж. д. от 5 Января 1884 года № 60 поставлено условие, чтобы напряжение их в этом случае

$\frac{Mz}{J} + \frac{0.5 P'}{\omega}$

не превосходило допускаемого 235 пуд. на кв. д., где P' представляет усилие от ветра, а ω площадь сечения балки (1/2 netto). В настоящем расчете, в виду вращающегося приложения горизонтальной сжимающей

силы к поперечной балке, величина $\frac{0.5 P'}{\omega}$ удвоена, т.е. удовлетворено условие $\frac{Mz}{J} + \frac{P'}{\omega} \leq 235 \text{ пуд.}$ вместо вышеозначенного.

В нижеприведенной таблице даны состав пояса поперечных балок, их сечения ω , моменты сопротивления W, соответствующие величины силы P' и напряжения от вертикальной силы $\frac{Mz}{J}$ и горизонтальной $\frac{P'}{\omega}$

Определение значений силы P' будет показано в соответствующем месте. При этом принято для ослабления сечения netto:

Стыжки на 8 отверстий

Уголка - на 1 отверстие

Горизонтального листа на 2 отверстия диаметром в 7/8".

Таблица № 1

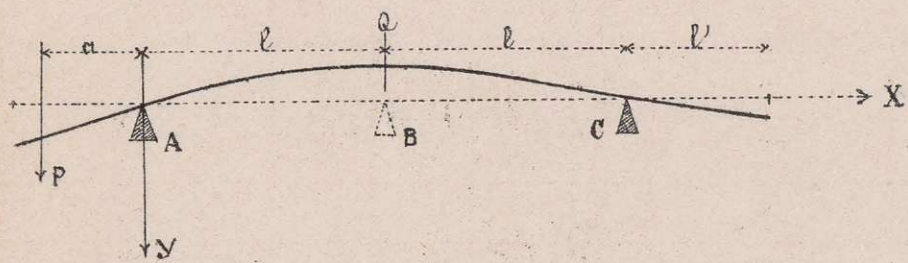
№ балки	Состав пояса	Площадь сечения ω 1/2 netto	Момент сопротивления W.	Значения сил P	$\frac{M}{W}$	$\frac{P}{\omega}$	$\frac{M+P}{W+\omega}$
15	2L 4x4x1/2 + 2L 8.5 x 3/8	39.36	505.	2620	169	66	235
14	2L 4x4x7/16 + 1L 9.5 x 1/2	34.86	434	1240	197	36	233
13	+ 1L 10 x 7/16	34.22	424	1108	202	33	235
12	9.5 x 7/16	33.78	415.7	955	206	28	234
11	10 x 3/8	33.08	404.4	818	211	25	236
10	10 x 3/8	33.08	404.4	684	211	21	232
9	9.5 x 3/8	32.71	397	554	216	17	233
8	9 x 3/8	32.33	389.5	428	220	13	233
7	8.5 x 3/8	31.96	382	307	224	10	234
6	8.5 x 3/8	31.96	382	273	224	8	232
5	9 x 3/8	32.33	389.5	393	220	12	232
4	9.5 x 3/8	32.71	397	517	216	16	232
3	10 x 3/8	33.08	404.4	646	211	20	231
2	10 x 3/8	32.71	404.4	781	211	24	235
1	9.5 x 7/16	33.78	415.7	922	206	28	234
0	L 4x4x1/2 + 1L 9 x 1/2	35.17	450	1545	190	44	234
1'	L 4x4x7/16 + 1L 9.5 x 3/8	32.71	397	628	211	20	231
2'	9 x 3/8	32.33	389.5	453	220	14	234
3'	9 x 3/8	32.33	389.5	278	225	9	234
4'	(стыка 4x4x3/8) 8.5 x 3/8	32.71	426	96	209	3	212

Выводъ основныхъ формулъ для расчета неразрывной двухпролетной балки съ двумя консолями.

Представимъ себѣ неразрывную балку съ двумя равными пролетами длиной l и свѣшенными концами длиной l_1 , лежащую на трехъ одинаковой высоты опорахъ A, B и C и опредѣлимъ неизвѣстныя сопротивленія опоръ отъ груза P , приложеннаго къ одному изъ концовъ или къ средней части AC рассматриваемой балки. Опредѣленіе неизвѣстныхъ можетъ быть произведено или непосредственнымъ интегрированіемъ дифференціального уравненія упругой линіи $\pm EI \frac{d^2 y}{dx^2} = M$, или изъ общихъ уравненій для неразрывной балки. Для ясности и проверки результатовъ будутъ приняты здѣсь параллельно оба способа.

1. Первый способъ

A. Грузъ приложенъ къ консоли на разстояніи a отъ опоры A .



Если бы опоры B не было, и балка длиной $L = 2l$ лежала только на опорахъ A и C , то отъ груза P она изогнулась бы по кривой, обращенной вогнутостью внизъ къ положительной оси y -овъ, такъ что $\frac{d^2 y}{dx^2} > 0$. Уравненіе этой кривой

$$-EI \frac{d^2 y}{dx^2} = Ax - P(a+x) = P\left(\frac{ax}{L} - a\right) \dots (1)$$

гдѣ знакъ брать минусъ, ибо вторая часть — величина отрицательная.

Интегрируя два раза получимъ

$$-EI \frac{dy}{dx} = P\left(\frac{ax^2}{2L} - ax\right) + C \dots (2)$$

$$-EIy = P\left(\frac{ax^3}{6L} - \frac{ax^2}{2}\right) + Cx + D \dots (3)$$

Макъ какъ при $x = 0$ и $x = L$, ординаты нули, то

$$D = 0 \quad \text{и} \quad C = P\frac{aL}{3}$$

Послѣ подстановки найденныхъ значений C и D въ уравненія 2 и 3, они примутъ видъ

$$-EI \frac{dy}{dx} = P\left(\frac{ax^2}{2L} - ax + \frac{aL}{3}\right) \dots (4)$$

$$-EIy = P\left(\frac{ax^3}{6L} - \frac{ax^2}{2} + \frac{aLx}{3}\right) \dots (5)$$

Изъ уравненія (4) находимъ слѣдующія величины для тангенса кривой соотвѣственно $x = 0, x = \frac{1}{2}L$ и $x = L$

$$\left. \begin{aligned} \tau_A &= -\frac{PaL}{3EI} \\ \tau_B &= +\frac{PaL}{24EI} \\ \tau_C &= +\frac{PaL}{6EI} \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

которыя будутъ нулями намъ вносить.

Отрицательный прогибъ f надъ средней опорой B при $x = \frac{L}{2}$ опредѣляется изъ уравненія (5.)

$$f = -\frac{3PaL^2}{48EI} \dots (7)$$

Какъ извѣстно и какъ ниже будетъ показано, грузъ Q , приложенный по срединѣ пролета, даетъ положительный прогибъ $F = \frac{QL^3}{48EI}$ съ тангенсами угловъ при $x = 0, x = \frac{1}{2}L$ и $x = L$

$$\left. \begin{aligned} \tau_A &= +\frac{QL^2}{16EI} \\ \tau_B &= 0 \\ \tau_C &= -\frac{QL^2}{16EI} \end{aligned} \right\} \dots (8)$$

Чтобы перейти къ балкѣ на трехъ опорахъ, стоитъ только дать такую величину грузу Q , чтобы отъ него положительный прогибъ середины балки L уничтожилъ бы отрицательный отъ груза P т.е. чтобы

$$\frac{QL^3}{48EI} + \left(-\frac{3PaL^2}{48EI}\right) = 0$$

откуда

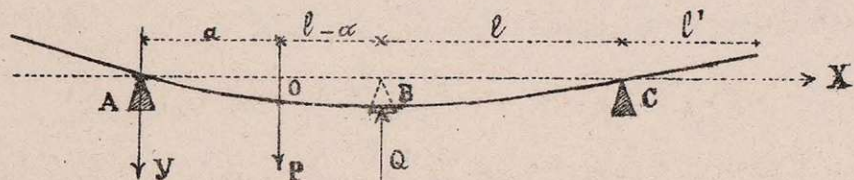
$$Q = \frac{3Pa}{L} \dots (9)$$

Отъ совокупнаго дѣйствія грузовъ P и Q получаются на опорахъ слѣдующія давленія и углы:

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{P(L+a)}{L} + \frac{Q}{2} = P\left(1 + \frac{5a}{2L}\right) = P\left(1 + \frac{5a}{4l}\right) \\ C &= -\frac{Pa}{L} + \frac{Q}{2} = \frac{Pa}{2L} = \frac{Pa}{4l} \dots \dots \dots \\ B &= P - A - C = -\frac{3Pa}{2L} \dots \dots \dots \end{aligned} \right\} (10)$$

$$\left. \begin{aligned} \tau_A &= -\frac{PaL}{3EI} + \frac{QL^2}{16EI} = -\frac{7PaL}{48EI} = -\frac{7Pal}{24EI} \\ \tau_B &= \frac{PaL}{24EI} + 0 = +\frac{PaL}{24EI} \dots \dots \dots \\ \tau_C &= \frac{PaL}{6EI} - \frac{QL^2}{16EI} = -\frac{PaL}{48EI} = -\frac{PaL}{24EI} \end{aligned} \right\} (11)$$

В. Трузь приложенъ къ средней части АВ на расстоянии a отъ опоры А.



Подобно предыдущему случаю и здѣсь представимъ себѣ пока, что балка длиной $L = 2l$ лежитъ на двухъ только опорахъ А и С. Она отъ груза Р прогибается по кривой обращенной волнистостью къ отрицательной оси Y-овъ, такъ что

$$\frac{d^2y}{dx^2} < 0, \text{ и уравнение ея будетъ}$$

$$\text{для } AO - EI \frac{d^2y}{dx^2} = Ax = P\left(x - \frac{ax}{L}\right) \dots \dots (1)$$

$$\text{для } OC - EI \frac{d^2y'}{dx^2} = Ax - P(x-a) = P\left(a - \frac{ax}{L}\right) \dots (1')$$

знакъ взятъ минусъ въ лѣвой части, такъ какъ правая-величина положительная

Первое интегрирование даетъ

$$-EI \frac{dy}{dx} = P\left(\frac{x^2}{2} - \frac{ax^2}{2L}\right) + C \dots \dots (2)$$

$$-EI \frac{dy'}{dx} = P\left(ax - \frac{ax^2}{2L}\right) + C_1 \dots \dots (2')$$

При $x = a$ втория части уравн. (2)

должны быть равны, следовательно

$$C_1 = C - \frac{Pa^2}{2}$$

Интегрируя еще разъ, получимъ

$$-EI y = P\left(\frac{x^3}{6} - \frac{ax^3}{6L}\right) + Cx + D \dots \dots (3)$$

$$-EI y' = P\left(\frac{ax^2}{2} - \frac{ax^3}{6L}\right) + C_1x + D_1 \dots \dots (3')$$

При $x = a$ втория части уравнений

(3 и 3') должны быть равны другъ другу, следовательно $D_1 = D + \frac{Pa^3}{6}$. Кроме того при $x = 0$ и $x = L$ ординаты $y = 0$, следовательно

$$D = 0, C = P\left(\frac{a^2}{2} - \frac{a^3}{3} - \frac{a^3}{6L}\right) \text{ и } C_1 = -P\left(\frac{a^2}{3} + \frac{a^3}{6L}\right)$$

и уравнения 2 и 3, но подстановку найденныхъ значений принимаемъ видъ

$$-EI \frac{dy}{dx} = P\left(\frac{x^2}{2} - \frac{ax^2}{2L} + \frac{a^2}{2} - \frac{a^3}{3} - \frac{a^3}{6L}\right) \dots (4)$$

$$-EI \frac{dy'}{dx} = P\left(ax - \frac{ax^2}{2L} - \frac{a^2}{3} - \frac{a^3}{6L}\right) \dots (4')$$

$$-EI y = P\left(\frac{x^3}{6} - \frac{ax^3}{6L} + \frac{a^2x}{2} - \frac{a^2x}{3} - \frac{a^3x}{6L}\right) \dots (5)$$

$$-EI y' = P\left(\frac{ax^2}{2} - \frac{ax^3}{6L} - \frac{a^2x}{3} - \frac{a^3x}{6L} + \frac{a^3}{6}\right) \dots (5')$$

Подставляя въ уравнение (4) $x = 0$, а въ уравнен. (4') $x = \frac{L}{2}$ и $x = L$, получимъ

$$\left. \begin{aligned} \tau_A &= \frac{Pa}{EI} \left(\frac{1}{3} + \frac{a^2}{6L} - \frac{a}{2}\right) \\ \tau_B &= -\frac{PaL}{24EI} \left(1 - \frac{4a^2}{L^2}\right) \\ \tau_C &= \frac{PaL}{6EI} \left(1 - \frac{a^2}{L^2}\right) \end{aligned} \right\} \dots \dots (6)$$

и прогибъ f середины балки при $x = \frac{L}{2}$ изъ уравнения (5')

$$f = Pa \left(\frac{3L^2 - 4a^2}{48EI}\right) \dots \dots (7)$$

Если сила Q приложена къ серединѣ балки и направлена съ низу вверхъ, то отъ нея отрицательный прогибъ по формулѣ (7) (съ перемѣной знака) при $a = \frac{L}{2}$ будетъ

$$F = -\frac{QL^3}{48EI}$$

и тангенсы по уравнениямъ (6) также съ перемѣною знака, полагая $a = \frac{L}{2}$ равны

$$\tau_A = -\frac{QL^2}{16EI}, \tau_B = 0 \text{ и } \tau_C = +\frac{QL^2}{16EI} \dots \dots (8)$$

Чтобы перейти теперь къ балкѣ на трехъ опорахъ, нужно дать такую величину силы Q, чтобы отъ совокупнаго ея дѣйствія съ грузомъ Р прогибъ середины балки обратился въ нуль, т.е. чтобы

$$Pa \left(\frac{3L^2 - 4a^2}{48EI}\right) - \frac{QL^3}{48EI} = 0$$

откуда

$$Q = \frac{Pa}{L} \left(3 - \frac{4a^2}{L^2}\right)$$

При этомъ давленія на опоры

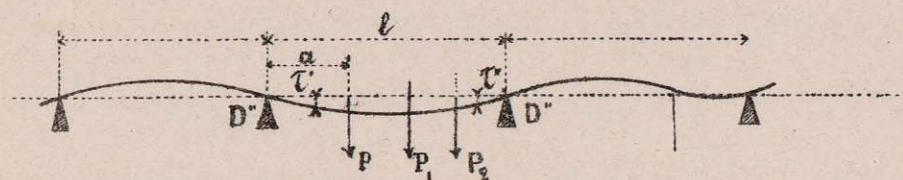
$$\left. \begin{aligned} A &= P - \frac{Pa}{L} - \frac{Q}{2} = P\left(1 - \frac{5a}{2L} + \frac{2a^3}{L^3}\right) = P\left(1 - \frac{5a}{4l} + \frac{a^3}{4l^3}\right) \\ C &= \frac{Pa}{L} - \frac{Q}{2} = -P\left(\frac{a}{2L} - \frac{2a^3}{L^3}\right) = -P\left(\frac{a}{4l} - \frac{a^3}{4l^3}\right) \\ B &= P - A - C = P\left(\frac{3a}{2L} - \frac{a^3}{2L^3}\right) \end{aligned} \right\} (9)$$

и тангенсы угловъ

$$\left. \begin{aligned} \tau_A &= \frac{Pa}{EI} \left(\frac{1}{3} + \frac{a^2}{6L} - \frac{a}{2}\right) - \frac{QL^2}{16EI} = \frac{Pa}{EI} \left(\frac{7}{48} + \frac{5a^3}{12L^2} - \frac{a^2}{2}\right) = \frac{Pa}{EI} \left(\frac{7}{24} + \frac{5a^3}{24L^2} - \frac{a^2}{2}\right) \\ \tau_B &= -\frac{PaL}{24EI} \left(1 - \frac{4a^2}{L^2}\right) + 0 = \frac{PaL}{12EI} \left(1 - \frac{a^2}{L^2}\right) \\ \tau_C &= -\frac{PaL}{6EI} \left(1 - \frac{a^2}{L^2}\right) + \frac{QL^2}{48EI} = \frac{PaL}{48EI} \left(1 - \frac{4a^2}{L^2}\right) = \frac{PaL}{24EI} \left(1 - \frac{a^2}{L^2}\right) \end{aligned} \right\} (10)$$

Второй способ

Поэтому способу неизвестны определяются из общих двух уравнений неразрывной балки, введенных Вильером в статью "Внешние силы, действующие на прямая балки" переводъ Федяковского, стр. 28 изд. 1871 г., а именно:



$$\tau' = + \frac{l}{6EI} (2M' + M'' - 2M' - M'') \dots (1)$$

$$\tau'' = - \frac{l}{6EI} (M + 2M - M' - 2M'') \dots (2)$$

где τ' и τ'' означают тангенсы над двух смежных опорах D' и D'' неразрывной балки, M' и M'' — соответствующие им опорные моменты, а M' и M'' — опорные моменты для однопролетной балки $D'D''$ отъ находящейся на ней нагрузки в случае горизонтальной задатки ее концов, выражаемые, какъ известно, слѣдующимъ образомъ:

$$M' = - \sum \frac{Pa(l-a)^2}{l^2} \quad (3), \quad M'' = - \sum \frac{Pa^2(l-a)}{l^2} \quad (3')$$

По уравнениямъ 1 и 2 найдется для угла τ_n на n -ой опору, рассматривая его какъ τ'' для n -аго отъверстия и какъ τ' для $(n+1)$ -аго отъверстия.

$$6EI\tau_n = -l_n (M_{n-1} + 2M_n - M'_n - 2M''_n)$$

$$6EI\tau_n = +l_{n+1} (2M_n + M_{n+1} - 2M'_{n+1} - M''_{n+1})$$

Откуда получается слѣдующее общее соотношение между тремя последовательными опорными моментами неразрывной балки.

$$M_{n+1} l_n + 2M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} l_{n+1} = (M'_n + 2M''_n) l_n + (M''_{n+1} + 2M'_{n+1}) l_{n+1} \quad (4)$$

которое позволитъ опредѣлить ихъ величины.

А. Грузъ на консоли

Подставляя въ предыдущее уравнение $M_{n-1} = M_A = -Pa$, $M_{n+1} = M_C = 0$, $M_n = M_B$, $l_n = l_{n+1} = l$ и $M'_n = M''_n = M'_{n+1} = M''_{n+1} = 0$, ибо нагрузки между A и B и между B и C

непальнется, получимъ $M_B = \frac{Pa}{4}$. Но $M_B = Al - P(a+l)$, слѣдовательно

$$A = P \left(1 + \frac{5a}{4l} \right)$$

Далѣе взявъ моменты всѣхъ силъ, приложенныхъ къ балкамъ, относительно точки C и приравнявъ его нулю, имеемъ

$$2Al + Bl - P(2l + a) = 0.$$

Откуда противодѣйствіе опоры B опредѣлится.

$$B = - \frac{3Pa}{2l} \quad \text{и} \quad C = P - A - B = P \frac{a}{4l}$$

Подставляя величины опорныхъ моментовъ

$$M_A = -Pa, \quad M_B = +\frac{Pa}{4} \quad \text{и} \quad M_C = 0$$

въ выражения 1 и 2 для тангенсовъ τ' и τ'' сперва значения $M' = -Pa$ и $M'' = \frac{Pa}{4}$ а потомъ въ уравненіи (2) $M' = \frac{Pa}{4}$ и $M = 0$, имеемъ сперва

$$\tau_A = - \frac{7Pal}{24EI}, \quad \tau_B = + \frac{Pal}{12EI}$$

и потомъ

$$\tau_C = - \frac{Pal}{24EI}$$

также все значения, какія найдены были выше.

В. Грузъ между опорами A и B на разстояніи a отъ первой

Подставляя въ ур. (4) $M_{n-1} = M_A = 0$, $M_{n+1} = M_C = 0$, $M_n = M_B$, $M'_n = -\frac{Pa(l-a)^2}{l^2}$, $M''_n = -\frac{Pa^2(l-a)}{l^2}$, $M'_{n+1} = M''_{n+1} = 0$ (ибо нагрузки въ пролетѣ BC нѣтъ) получимъ

$$M_B = - \frac{Pa}{4} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} \right), \quad \text{но} \quad M_B = Al - P(l-a), \quad \text{слѣдовательно}$$

$$A = P \left(1 - \frac{5a}{4l} + \frac{a^3}{l^3} \right)$$

Опорное противодѣйствіе B найдемъ изъ условія статики

$$2Al + Bl - P(2l - a) = 0$$

откуда

$$B = P \left(\frac{3a}{2l} - \frac{a^3}{2l^3} \right)$$

$$\text{и} \quad C = P - A - B = -P \left(\frac{a}{4l} - \frac{a^3}{4l^3} \right).$$

Значенія тангенсовъ для опоръ A , B и C находимъ изъ выраженій 1 и 2, замѣняя

сперва M' и M'' на значениями $-\frac{Pa(l-a)^2}{l^2}$ и $\frac{Pa^2(l-a)}{l^2}$ и величины M' и M'' через 0 и $-\frac{Pa}{4}(1-\frac{a^2}{l^2})$, а потом на же в уравнении (2) через $-\frac{Pa}{4}(1-\frac{a^2}{l^2})$ и 0 и $M' = M'' = 0$,

$$\tau_A = + \frac{P}{8J} \left(\frac{7}{24} al + \frac{5a^3}{24l} - \frac{a^2}{2} \right)$$

$$\tau_B = - \frac{Pal}{12J} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} \right)$$

$$\tau_C = + \frac{Pal}{24J} \left(1 - \frac{a^2}{l^2} \right)$$

также значения, что и выше были найдены.

Случаи расположения груза на втором пролете ВС или второй консолью могут быть выведены из двух здесь рассмотренных нами, а потому теперь можно сгруппировать результаты сообразно различным положениям груза Р на балку следующим образом:

I. Груз на левой консоли на расстоянии α от опоры А

$$A = + P \left(1 + \frac{5\alpha}{4l} \right), B = - \frac{3Pa}{2l} \text{ и } C = + \frac{Pa}{4l}$$

$$\tau_A = - \frac{7Pal}{24J}, \quad \tau_B = + \frac{Pal}{12J} \text{ и } \tau_C = - \frac{Pal}{24J}$$

II. Груз на левом пролете АВ на расстоянии α от опоры А.

$$A = + P \left(1 - \frac{5\alpha}{4l} + \frac{\alpha^3}{4l^3} \right), B = + P \left(\frac{3\alpha}{2l} - \frac{\alpha^3}{2l^3} \right) \text{ и } C = - P \left(\frac{\alpha}{4l} - \frac{\alpha^3}{4l^3} \right)$$

$$\tau_A = + \frac{Pal}{8J} \left(\frac{7}{24} + \frac{5\alpha^2}{24l^2} - \frac{\alpha}{2l} \right), \tau_B = - \frac{Pal}{12J} \left(1 - \frac{\alpha^2}{l^2} \right) \text{ и } \tau_C = + \frac{Pal}{24J} \left(1 - \frac{\alpha^2}{l^2} \right)$$

III. Груз на правом пролете ВС на расстоянии c от опоры С.

$$A = - P \left(\frac{c}{4l} - \frac{c^3}{4l^3} \right), B = + P \left(\frac{3c}{2l} - \frac{c^3}{2l^3} \right) \text{ и } C = + P \left(1 - \frac{5c}{4l} + \frac{c^3}{4l^3} \right)$$

$$\tau_A = - \frac{Pcl}{24J} \left(1 - \frac{c^2}{l^2} \right), \tau_B = + \frac{Pcl}{12J} \left(1 - \frac{c^2}{l^2} \right) \text{ и } \tau_C = - \frac{Pcl}{8J} \left(\frac{7}{24} + \frac{5c^2}{24l^2} - \frac{c}{2l} \right)$$

IV. Груз на правой консоли на расстоянии c от опоры С.

$$A = \frac{Pc}{4l}, \quad B = - \frac{3Pc}{2l} \text{ и } C = P \left(1 + \frac{5c}{4l} \right)$$

$$\tau_A = + \frac{Pcl}{24J}, \quad \tau_B = - \frac{Pcl}{12J} \text{ и } \tau_C = + \frac{7Pcl}{24J}$$

На основании этих результатов нетрудно составить выражения для момента и поперечной или вертикаль-

ной силы в какомнибудь сечении балки сообразно четырем указанным положениям груза на ней; при этом достаточно для расчета ограничиться определением усилий в половине рассматриваемой балки и так как расчеты и усилия в консоли не зависят от средней части ABC балки, рассматриваемой как брус, закрепленный концом в ступицу, то нам нужно только, пользуясь введенными формулами найти усилия в левом пролете АВ данной балки обозначая расстояние сечения до опоры А через x .

Величины внешних сил для сечения между А и В на расстоянии x от опоры А от груза Р приложенного на:

I.) левой консоли

$$M_x = - P \alpha \left(1 - \frac{5x}{4l} \right)$$

$$V_x = \frac{5Pa}{4l}$$

II.) левом пролете.

$$M'_x = P \left(\alpha - \frac{5\alpha x}{4l} + \frac{\alpha^3 x}{4l^3} \right) \text{ когда } \alpha < x$$

$$\text{и } M''_x = P \left(x - \frac{5\alpha x}{4l} + \frac{\alpha^3 x}{4l^3} \right) \text{ когда } \alpha > x$$

$$V'_x = P \left(- \frac{5\alpha}{4l} + \frac{\alpha^3}{4l^3} \right) \text{ когда } \alpha < x$$

$$\text{и } V''_x = P \left(1 - \frac{5\alpha}{4l} + \frac{\alpha^3}{4l^3} \right) \text{ когда } \alpha > x.$$

III.) правом пролете

$$M_x = P \left(- \frac{cx}{4l} + \frac{c^3 x}{4l^3} \right)$$

$$\text{и } V_x = P \left(- \frac{c}{4l} + \frac{c^3}{4l^3} \right)$$

IV.) правой консоли.

$$M_x = \frac{Pcx}{4l}$$

$$V_x = \frac{Pc}{4l}$$

Наибольшие значения внешних сил от сплошной нагрузки.

Из непосредственного рассмотрения значений момента M_x в данном сечении, при переменном положении груза Р, нетрудно видеть, что груз на левой консоли дает отрицательную

величину для момента, пока $X < \frac{4}{5}l$, и положительную — при $X > \frac{4}{5}l$; груз на правой консоли дает всегда положительную величину для M_x , а груз на левом пролете — всегда отрицательную. Груз на левом пролете, примененный вправо от данного сечения ($\alpha > X$) дает положительное значение для M_x , в чем легко убедиться, придав M_x вид

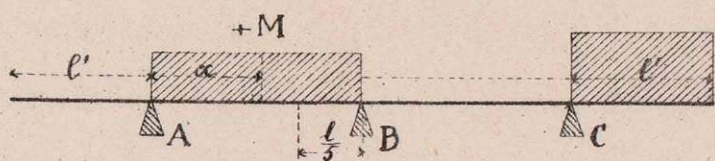
$$P_x \left(1 - \frac{\alpha}{l}\right) \left(1 - \frac{\alpha}{4l} - \frac{\alpha^2}{4l^2}\right)$$

Что же касается положения груза вправо от данного сечения, то оно может дать в некоторых случаях значения с различными знаками. Значение α , при котором в данном сечении переменяется положительный знак у M_x на отрицательный, получим, приравняв его величину нулю. Это значение

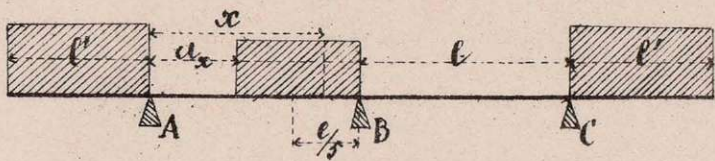
$$\alpha_x = l \sqrt{5 - \frac{4l}{x}}$$

будет действительным только для $X > \frac{4}{5}l$.

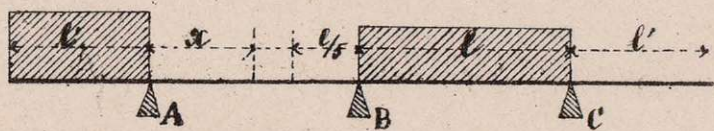
На основании всего изложенного, наибольшему положительному моменту соответствует следующее расположение нагрузки при $X < \frac{4}{5}l$



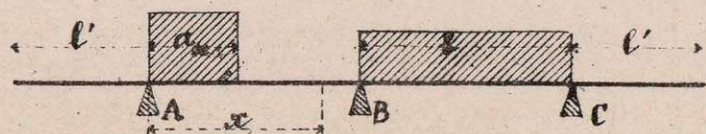
и при $X > l$



Для наибольшему отрицательному моменту M_x отвечает обратное положение нагрузки, а именно при $X < \frac{4}{5}l$



а при $X > \frac{4}{5}l$



Обозначив через K нагрузку на погонную единицу длины для консолей и через K' — нагрузку для левого или правого пролета при полном нагружении его, а через K_x — при неполном, соответственно величины α_x , и заменив во предыдущих формулах P через $K\alpha$ или $K'\alpha$ и проинтегрировав их в указанных пределах получим окончательные формулы для предельных значений моментов

$$\max(+M) = \frac{Kl^2}{16} \frac{x}{l} \left(7 - \frac{8x}{l}\right) + \frac{K'l^2}{2} \frac{x}{4l} \quad \text{при } X < \frac{4}{5}l. \quad (1a)$$

$$\text{и } \max(+M) = \frac{K_x l^2}{16} \left(16 \frac{l}{x} - 40 + 32 \frac{x}{l} - \frac{8x^2}{l^2}\right) + \frac{K'l^2}{2} \left(\frac{3x}{2l} - 1\right). \quad (1b)$$

при $X > \frac{4}{5}l$

$$\max(-M) = \frac{Kl^2}{16} \frac{x}{l} + \frac{K'l^2}{2} \left(1 - \frac{5x}{4l}\right) \quad \text{при } X < \frac{4}{5}l. \quad (2a)$$

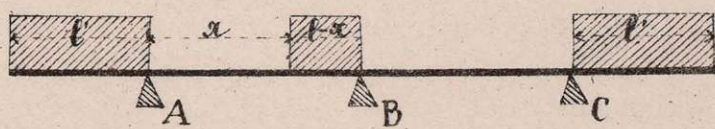
$$\max(-M) = \frac{Kl^2}{16} \frac{x}{l} + \frac{K_x l^2}{16} \left(16 \frac{l}{x} - 40 + 25 \frac{x}{l}\right) \quad \text{при } X > \frac{4}{5}l. \quad (2b)$$

и от постоянной нагрузки p и p' на погонную единицу длины средней части и консолей

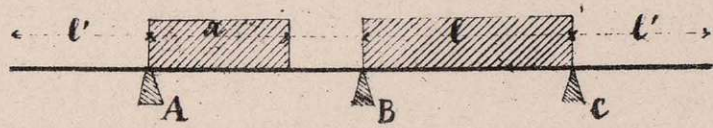
$$M^c = \frac{pl^2}{16} \frac{x}{l} \left(6 - \frac{8x}{l}\right) - \frac{p'l^2}{2} \left(1 - \frac{3x}{2l}\right). \quad (3)$$

Для наибольших положительных или отрицательных значений поперечной силы определяются подобно предыдущему следующие положения нагрузки и величины этих сил

$$\max(+V) = \frac{Kx}{16} \left(7 - \frac{16x}{l} + \frac{10x^2}{l^2} - \frac{x^4}{l^4}\right) + K'l' \frac{3l}{4l}. \quad (4)$$



$$\max(-V) = \frac{Kl}{16} + \frac{17x}{16} \left(\frac{10x^2}{l^2} - \frac{x^4}{l^4}\right). \quad (5)$$



и от постоянной нагрузки

$$V^c = pl \left(\frac{3}{8} - \frac{x}{l}\right) + p'l' \frac{3l}{4l}. \quad (6)$$

Можно также находить для опорных противодействий

$$\left. \begin{aligned} \max(+A) &= \frac{7}{16} Kl + K'l' \left(1 + \frac{3l}{4l}\right) - \max(-A) = \frac{Kl}{16} \\ \text{и } A^c &= \frac{3}{8} pl + p'l' \left(1 + \frac{3l}{4l}\right) \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\max(+B) = \frac{5}{4} Kl', \quad \max(-B) = \frac{3l'}{2l} Kl' \text{ и}$$

$$B^e = \frac{5}{4} pl - \frac{3l'}{2l} pl' \dots \dots \dots (8)$$

Максимумы предельных значений для усилий

$$+ \max(+T_A) = \frac{Kl^3}{32 EJ} + \frac{K'l'^3}{48 EJ} \dots \dots \dots (9a)$$

$$- \max(-T_A) = \frac{1}{48 EJ} Kl'^3 + \frac{Kl^3}{96 EJ} \dots \dots \dots (9b)$$

$$T_A^e = \frac{pl^3}{48 EJ} - \frac{p'l'^3}{8 EJ} \dots \dots \dots (9c)$$

$$\max(+T_B) = \frac{K'l'^3}{24 EJ} + \frac{Kl^3}{48 EJ} \dots \dots \dots (10a)$$

$$- \max(-T_B) = \frac{K'l'^3}{24 EJ} + \frac{Kl^3}{48 EJ} \dots \dots \dots (10b)$$

$$T_B^e = 0$$

Для нахождения численных значений по этим формулам за величину нагрузки K будем принимать значения ее, соответствующие разрывной балке такой же длины, как загружаемая часть размениваемой, от поезда, составленного по циркуляру М.Д.Д. ж.д. дорож от 5 Января 1885 г. № 60. При этом считаем нужным упомянуть здесь, что на все полученные таким образом величины для усилий в поясах и раскосах следует смотреть как на предельные, которые никогда не будут иметь места в действительности, ибо способ одновременного нагружения балки по двум или трем частям ее в практике не встречается и во вторых — приняты в этих случаях значения для нагрузки соответствующие двум или трем упомянутым поездам, одновременно находящимся на мосту, между тем как для нагрузки его дается только один поезд из 3^х восьмиколесных паровозов и грузевых вагонов. Указанное обстоятельство необходимо иметь в виду при оценке ста-

пени безопасности допущенных в частях фермы напряжений.

В. Расчет главных ферм.

1. Пояса.

Усилия в поясах представляются отношением $\frac{M}{l}$ для одного из узловых торцов, как известно, при передаче нагрузки на ферму помощью продольных балок соответствуют вообще наибольшим значениям момента. Рассмотрим двумя частями пояса, разделив его узлом, к которому не прилагается раскос, соответствующим равным усилиям, ибо, выразив узел и приравняв проекции внутренних и внешних сил на горизонтальную ось нулю, получим указанное равенство.

Для определения численных величин $\frac{M}{l}$, преобразуем видо выражений $\frac{M}{l}$, записав в них

x	l	l'	p	p'	l'	d	K'	и K	(для $\max M$)
									через
мл	15д	24	35	25	60	$\frac{44}{3}$	64.5	47.3	

Таким образом окончательно получим

$$\frac{M^e}{l} = 39.214 l (45 - 4n) - 187.5 (10 - n).$$

$$\max(+\frac{M}{l}) = 80.7n + \frac{121}{216} Kl (105 - 8n), \text{ при } n \leq 12$$

$$\text{и } \max(+\frac{M}{l}) = 484.1 (n - 10) + 4.482 K_n (60n - n^2 - 1125 + \frac{6750}{n}) \text{ при } n > 12$$

$$- \max(-\frac{M}{l}) = 4841 - 6n, \text{ при } n \leq 12$$

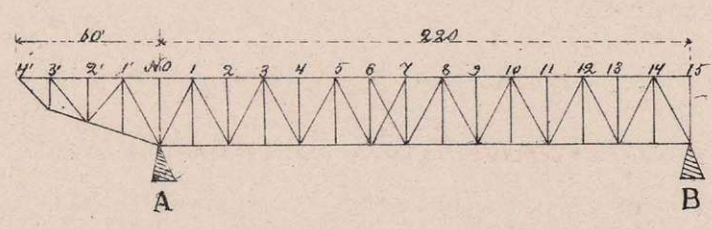
$$- \max(-\frac{M}{l}) = 397.5 n + \frac{210 K_n}{n} (12 - n)^2 \text{ при } n > 12$$

где K_n находится в зависимости от

$$a_n = 220 \sqrt{5 - \frac{60}{n}} \text{ в футах.}$$

Таблица значений $\frac{M}{h}$. № 2

$n = \frac{x}{d}$	x в фут.	$\frac{M^e}{h}$ в пуд.	R для max +M	max $(\frac{+M}{h})$	R для max (-M)	max $(\frac{-M}{h})$	max $(\frac{+M}{h})$ + $\frac{M^e}{h}$	max $(\frac{-M}{h})$ + $\frac{M^e}{h}$	Обозна- ние по- са на- мем, ко- кой соот- ветствует усилие.
0	0	-1875	47.30	0	47.3	-4841	-1875	-6716	O_1
1	$14\frac{2}{3}$	-80	47.12	+2641	47.3	-4835	+2561	-4915	U_1 и U_2
2	$29\frac{1}{3}$	+1400	46.94	+4742	47.3	-4829	+6142	-3429	O_2 и O_3
3	44	+2570	46.76	+6607	47.3	-4823	+9177	-2253	U_3 и U_4
4	$58\frac{2}{3}$	+3424	46.58	+7942	47.3	-4817	+11366	-1393	O_4 и O_5
5	$73\frac{1}{3}$	+3964	46.40	+8851	47.3	-4811	+12815	-847	U_5 и U_6
6	88	+4191	46.22	+9339	47.3	-4805	+13530	-614	O_6 и O_7
7	$102\frac{2}{3}$	+4104	46.04	+9411	47.3	-4799	+13515	-695	O_8 и U_7
8	$117\frac{1}{3}$	+3703	46.54	+9107	47.3	-4793	+12810	-1090	U_8 и U_9
9	132	+2989	46.22	+8416	47.3	-4787	+11405	-1798	O_9 и O_{10}
10	$146\frac{2}{3}$	+1961	46.40	+7305	47.3	-4781	+9266	-2820	U_{10} и U_{11}
11	$161\frac{1}{3}$	+619	46.58	+5767	47.3	-4775	+6386	-4156	O_{11} и O_{12}
12	176	-1036	46.76	+3797	47.3	-4769	+2761	-5185	U_{12} и U_{13}
13	$190\frac{2}{3}$	-3006	54	+2904	47.3	-6053	-102	-9059	O_{13} и O_{14}
14	$205\frac{1}{3}$	-5289	68	+2287	47.3	-8595	-3002	-13884	U_{14} и U_{15}
15	220	-7886	—	+2421	47.3	-11922	-5465	-19808	O_{15}



Усилия в поясах 7" панели, имеющей два вытянутых раскоса, определяются из таблицы, принимая во внимание, что из двух раскосов при наибольшем усилии в пояс работает восходящий из них, ибо шестому узлу, как видно из этой же таблицы, соответствуют в обоих случаях max M, а следовательно — и переменная положительная знака у поперечной или поперезывающей силы на отрицательный.

Кроме того от принятой расчетной высоты $h = 24$ фт. истинные значения ее несколько отличаются, и хотя

это влияние обыкновенно не принимается в расчет усилий поясов, но для точности в следующую таблицу введены будут соответственно поправленные значения их, а именно — увеличенные в отношении $\frac{24}{h}$, где h — истинное расстояние между центрами тяжести верхнего и нижнего поясов. Значения в следующей же таблице будут даны как действительные напряжения в пояс, так и допускаемые напряжения R и на сжатие $R_m = \frac{R}{1 + \frac{8l^2\omega}{10^5 J}}$ где R берется равным 285 пуд. на кв. д., хотя для литого железа эту величину, согласно распоряжения Т. Министра Путей Сообщения от 13 Июня 1885 года предполагалось увеличить до 320 пуд. (8 кв. на кв. мм). За свободную длину l принята длина L панели = 176" — для изгиба в плоскостях вертикальной и горизонтальной (теоретическая же величина l для сжатой стойки длиной L при заданных двух концах ее равна $\frac{1}{2} L$).

Указанные коэффициенты R и R_m , в случае переменного знака в усилиях пояса, уменьшаются по Вейсбаху в отношении $(1 - \frac{m}{2M})$, где m — меньший, а M — больший предельный ^{усилия} пояс; при одинаковом же знаке допускаемые коэффициенты увеличиваются в отношении $(1 + \frac{m}{2M})$.

Положительные моменты соответствуют положительным усилиям поясов — сжатию верхнего и вытягиванию нижнего, а отрицательные моменты дают в поясах отрицательные усилия — вытягивание — верхнего и сжатие нижнего

Верхний пояс.

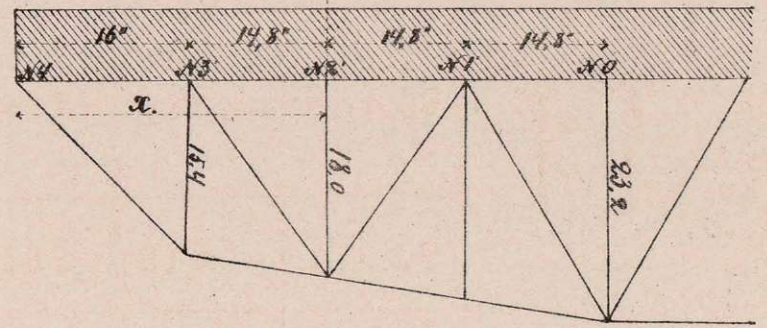
В нижеследующей таблице помещены составы и площади стоев верхнего пояса, усилия в них и соответствующие им напряжения, при чем ослабление стоев — netto указывается в 1/8" диаметром принято для:

- Вертикального листа 27x1/2 . . 6 отверстий
- каждого уголка 1 отверстие.
- планки 8" на 1/2" 2 отверстия.
- горизонтального листа 26x1/16 — 2 или 4 отверст.
- и вертикального листа 23x1/2 . . 4 отверстия.

№ панели	Составы стоев	Площади стоев		h	Усилия от вертикальной нагрузки (+сжатие)		Величина R_m	Напряжения	
		netto	gross		max 0	min 0		Действительное	Допущенное
1		36.268	23.20	19.40	-6944	1.1395	-	-192	-325
2		40.910	37.516	23.20	+6364	-3543	0.7216	276	+156 +199
3			23.27					-95	-234
4		46.775	42.998	23.34	+11679	-1431	0.9387	275	+250 +258
5			23.48					-34	
6			23.68		+13753	-615	0.9773	274	+260 +267
7		53.508	48.910	23.58				-13	-278
8			23.58		+13767	-707	0.9742	274	+257 +267
9		46.775	42.998	23.48	+11647	-1836	0.9212	275	+251 +253
10			23.34					-43	-262
11		40.910	37.516	23.13	+6616	-4306	0.6746	276	+162 +186.0
12			23.06					-115	-190
13		37.516	23.06		-106	-9412	1.0056	-	
14			23.28					-254	-286.6
15		72.746	23.52	5574	-20204	1.1380	-	-278	-324

Для консоли наибольшие усилия, выходящая верхний пояс, по-

лучаются при полном ее загрузлении, когда наиболее тяжелые грузы стоят у самого конца ее.



Для крайней панели № 4' усилие верхнего пояса определяется непосредственным разложением соответствующего крайнему узлу давления, слагающегося из вынесленного для поперечной балки № 4' опорного противодействия $A = 1489$ пуд. и собственного веса фермы на длину получаемой.

$$= \frac{32}{2} \times \frac{16}{2} = 128, \text{ всего } 1617 \text{ пуд.}$$

Так как истинная высота стоек № 3 = 15.4, то усилие пояса

$$O_{4'} = 1617 \times \frac{16}{15.4} = 1678 \text{ пуд.}$$

Для остальных панелей оно определяется по формуле

$$O_x = \frac{M}{h} = \frac{(p+k)x^2}{2h}$$

где $h = 18.0$ для узла № 2' и $h = 23.2$ для узла № 0, $p = 25$, а значение подвижной равномерной нагрузки k , равнозначущей вышесказанному погрузу, взято из таблицы, помещенной в журнале Министерства в. с. 1887 г. № 15

Поэтому

$$O_{3'} = O_{2'} = \frac{M_{2'}}{h} = \frac{(25+82)(30.67)^2}{36} = 2796 \text{ пуд.}$$

$$\text{и } O_{1'} = \frac{(25+64.5)60^2}{46.4} = 6944 \text{ пуд.}$$

Таблица № 3.

№№ панелей	Состав сечения	Площадь ω_{netto}	Усилие от вер- тикаль- ной на- грузки Q	Напряжение	
				Допуска- емое	Дейст- вительн
1'		32.268	-6944	-285	-215
2'		23.176	-2796	-285	-120
3'					
4'		23.176	-1678	-285	-77

Д.Сижкий пояс.

В нижнем поясе, кроме усилия от вертикальной нагрузки, дейст-

вием ветра вызывается еще доба-
вочное усилие, соответствующее
мизерным горизонтальным свя-
зам, которого значения будут
определяемы ниже. В прилага-
емой здесь таблице помещены
данные, необходимые для провер-
ки прочности материала мизер-
ного пояса, причем ослабление соеди-
нений частей пояса принято такое,
что и для верхнего, и будет опре-
дленно ниже.

Таблица № 4.

№№ панелей	Состав сечения	Площадь сече- ния Ω		Усилия от вер- тикальной нагрузки h	Усилия от вер- тикальной нагрузки		$\alpha = \frac{1 + \frac{11v}{2M}}$	$\frac{R}{1 + \frac{8l^2\omega}{10^5 J}}$		Допускае- мое напря- жение		0.6 P' усилие от ветра	max и	min и	Действитель- ная напря- жения	
		netto	$\frac{1}{2}$ netto		max и	min и		R 285	R 300	без ветра	при ветре		увеличенное на 0.6 P'	без ветра	при ветре	
1		37.516	40.910	23.20	+2645	-5079	0.7396	276	2905	-204	-215	567	+3212	-5646	-124	-133
2													553	+3198	-5632	+71
3		41.482	45.204	23.27	+9451	-2321	0.8772	—	—	+250	+263	846	+10185	-3167	+228	+254
4													1073	+10524	-3394	-52
5		50.628	55.554	23.48	+13087	-867	0.9669	—	—	-275	-290	1220	+14307	-2087	+259	+284
6													1297	+14384	-2164	-16
7		51.840	56.876	23.58	+13752	-707	0.9742	—	—	+277	+292	1298	+15050	-2005	+266	+290
8				23.58	+13034	-1109	0.9575	—	—	+273	+287	1298	+14332	-2407	+252	+277
9												1225	+14259	-2334	-20	-42
10		42.694	46.526	23.34	+9521	-2898	0.8478	—	—	+241	+254	1077	+10598	-3975	+223	+248
11													856	+10377	-3754	-62
12		37.516	40.910	23.06	+2869	-5387	0.7338	276	2905	-203	-214	572	+3441	-5959	-132	-151
13													804	+3673	-6191	+77
14		51.840	56.876	23.28	-3092	-14301	1.1306	275	2895	-311	-327	1344	+4436	-15645	-252	-286
15													1955	+5047	-16256	

Для консоли наибольшие усилия
нижнего пояса, соответствующия
моменту его, получаются как и для верх-
него пояса, при таком же расположе-
нии нагрузки и подобными же образом

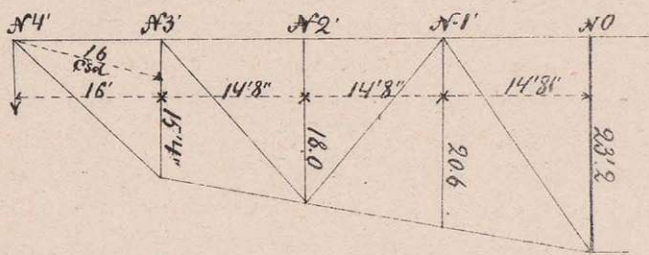
определяются: для двух крайних пане-
лей №№ 4' и 3' — разложением в них опре-
деленной нагрузки 1617 нрд. В узлах № 4'
и для остальных панелей №№ 1' и 2'
по формулам:

14.

$$u_{Csa} = \frac{M}{h} = \frac{(p+k) x^2}{2h}$$

$$\text{где } \operatorname{tg} \alpha = \frac{23.2 - 15.4}{44} = \frac{7.8}{44}, \quad h = 20.6,$$

$$x = 45.33 \quad \text{и} \quad k = 70$$



Для панели № 4'

$$u_{4'} = 1617 \frac{\sqrt{16^2 + 15.4^2}}{15.4} = 2329 \text{ н/д.}$$

Для ступицы № 3'

$$u_{3'} = u_{4'} \frac{16}{\frac{Csa}{\sqrt{16^2 + 15.4^2}}} = 1706 \text{ н/д.}$$

Для остальных

$$u_{1'} = u_{2'} = \frac{(25+70)(45.33)^2}{2 \times 20.6 Csa} = 4812 \text{ н/д.}$$

Таблица № 4'

№ панели	Состав пояса	Усилие u	Допускаемое R_{nv}		О.б.Р' усил. от ветра	$u +$ О.б.Р'	Действительное напряжение	
			285	300			без ветра	при ветре
1'		4812	271	286	747	5559	190	219
2'			271	286	454	5266	190	204
3'		1706	271	286	251	1976	67	83
4'		2329	257	270	126	2515	72	77

Стыки поясов. Требуемое число заклепок в стыках поясов определяется для вертикального листа $27 \times \frac{1}{2}$

$$n = \frac{10.872 \times 285}{2 \times 141} + 20\% = 13$$

Вертикального листа $23 \times \frac{1}{2}$

$$n = \frac{9.750 \times 285}{2 \times 141} + 20\% = 12$$

Вертикального листа $20 \times \frac{1}{2}$

$$n = \frac{8.248 \times 285}{2 \times 141} + 20\% = 10$$

горизонтального листа $26 \times \frac{7}{16}$

$$n = \frac{9.844 \times 285}{141} + 20 = 24$$

горизонтального листа $26 \times \frac{7}{8}$

$$n = \frac{9.094 \times 285}{141} + 20\% = 22$$

панели $8 \times \frac{1}{2}$

$$n = \frac{3.124 \times 285}{141} + 20\% = 8$$

уголка $4 \times 4 \times \frac{1}{2}$

$$n = \frac{3.339 \times 285}{144} + 20\% = 8$$

II. Раскосы.

Усилия раскосов находятся по наибольшему значению поперечной или вертикальной силы, а именно — из условия, что вертикальные проекции первых равны вторым, в чем не трудно убедиться, разбивая ферму разрезом на две части и приравняв нулю сумму вертикальных проекций всех сил, приложенных к отделенной части фермы.

Для вычисления значений поперечной силы, соответствующей данному раскосу, обратимся к выведенным выше общим формулам для нее, приняв за величину x расстояние средины раскоса от любой опоры и обозначая положительным знаком направление силы снизу вверх. Заменяя в общих формулах величины

$$l \quad x \quad d \quad l' \quad p \quad p' \quad k \quad k'$$

через

$$15d \quad \text{на } \frac{44}{3} \quad 60' \quad 35 \quad 25 \quad 47.3 \quad 64.5$$

получим их в окончательном виде

$$\max(+V) = \frac{44}{3} K_n \left(\frac{105}{16} - n + \frac{n^2}{24} - \frac{n^4}{54000} \right) + 792$$

$$-\max(-V) = \frac{11}{18} K_n \left(n^2 - \frac{n^4}{2250} \right) + 650$$

$$\text{и } V^c = 3194 - 514 n.$$

Пологая в этих формулах

последовательно $n = \frac{1}{2}, \frac{3}{2}, \frac{5}{2}, \dots, \frac{29}{2}$ соответственно раскосам панелей № 1, 2, 3, ..., 15, составим следующую таблицу наибольших значений поперечной силы или вертикальных проекций усилий раскосов.

Таблица № 5^а


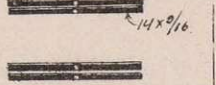
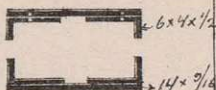
№ панели	$n = \frac{x}{d}$	K_n для $\max(+V)$	$\max + V$	K_n для $\max(-V)$	$\max - V$	V_c	$\max(+V) + V_c$	$\max(-V) + V_c$
1	$\frac{1}{2}$	48.00	+5067	150.00	-673	+2937	+8004	+2264
2	$\frac{3}{2}$	49.00	+4493	97.60	-784	+2423	+6921	+1639
3	$\frac{5}{2}$	50.31	+4014	74.08	-932	+1909	+5923	+977
4	$\frac{7}{2}$	51.50	+3439	67.53	-1153	+1395	+4834	+242
5	$\frac{9}{2}$	52.30	+3037	63.10	-1424	+881	+3918	-543
6	$\frac{11}{2}$	54.36	+2631	60.00	-1745	+367	+2998	-1378
7	$\frac{13}{2}$	55.47	+2243	57.72	-2113	-147	+2101	-2260
8	$\frac{15}{2}$	56.53	+1910	56.53	-2546	-661	+1249	-3207
9	$\frac{17}{2}$	57.72	+1618	55.47	-3055	-1177	+443	-4230
10	$\frac{19}{2}$	60.00	+1334	54.36	-3523	-1639	-305	-5217
11	$\frac{21}{2}$	63.10	+1191	52.30	-4033	-2203	-1012	-6236
12	$\frac{23}{2}$	67.53	+1039	51.50	-4563	-2717	-1678	-7285
13	$\frac{25}{2}$	74.08	+923	50.31	-5165	-3231	-2308	-8396
14	$\frac{27}{2}$	97.60	+851	49.00	-5665	-3745	-2903	-9410
15	$\frac{29}{2}$	150.0	+802	43.00	-6241	-4259	-3455	-10500

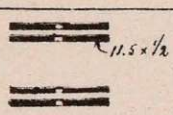
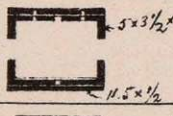
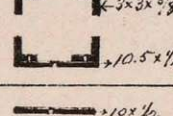
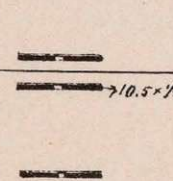
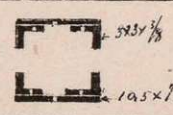
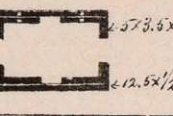
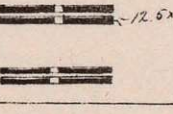
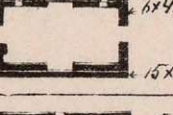
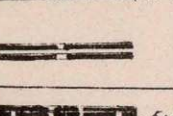

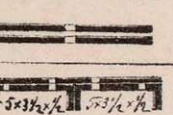
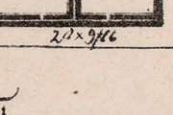
Для перехода от вертикальных сил к усилиям раскосов необходимо первую увеличить в отношении $\frac{\sqrt{n^2 + d^2}}{n} = \sqrt{1 + \frac{d^2}{n^2}}$, где d означает длину панели, а n — вертикальное расстояние между центрами пересечения рассматриваемого раскоса с двумя соседними. — Полученные таким образом значения усилий в раскосах приведены в следующей таблице с положитель-

ными знаками в случае растяжения раскосов и отрицательными — в случае сжатия их. Таким же путем составь и площадь сечения раскосов, напряжения действительные и допускаемые на вытягивание 285 нудов и на сжатие $\frac{275}{1 + \frac{8l^2\omega}{10^5J}}$, которые для сжатовытянутых раскосов должны быть еще уменьшены по Вейбуху.

Каждая пара раскосов сходящаяся в каком нибудь узле, ограничивается широким фасонным листом, посредством которого они прикрепляются к поясу. Вследствие подобного жесткого своего соединения с поясами, раскосы могут быть разбиты в плоскости фермы, как стойки с закрепленными обоими концами и потому за величину l можно быть принята в этом случае $\frac{1}{2}$ действительной их длины 290", считая последнюю между смежными ребрами вертикальных листов обеих поясов. Для большей определенности принято для расчета $l = \frac{3}{4} \times 300 = 225$ и $l = 300$ для изгиба в плоскости перпендикулярной ферме.

Таблица № 6

№№ панелей	Состав сечения рас- косов	n	Площадь сечения		Усилия N раскосов		$\alpha = \frac{1 + \frac{11}{2} \frac{M}{n}}{1 - \frac{11}{2} \frac{M}{n}}$	$\frac{1}{3}$	275 $1 + \frac{8 l^2}{10^3 J}$	Напря- жения		
			$\frac{1}{2}$ netto	netto	max (+N)	max (-N)				Dopusk. напря- жение	Действ. напря- жение	
1		23.20	42.476	—	-9482	-2972	24.2	236	-236	-223		
2		23.27	—	22.532	+8191	+1939	—	—	+285	+277		
3		23.34	32.996	—	-7004	-1155	23.3	234	-234	-213		

№ раскосов	Состав раскосов	h	Наклад сечение		Усилия N		$\frac{m}{2N}$	mm	g	Напря- жение	
			$\frac{1}{2}$ netto	netto	max (+N)	max (-N)				Donner euse	Donner euse
4		23.48	-	21.248	+5765	+437		-	-	+285	-271
5		23.58	25.856	24.104	-4631	+640	0.9309	15.9	220	-205	-179
6		23.58	17.898	16.804	+3534	-1624	0.7702	14.0	214	+220	+210
7		23.58	-	9.124	+2477	0	1.00	-	-	+285	+272
8		23.58	17.898	16.804	-1473	+3781	0.8052	14.0	214	+229	+225
9		23.58	25.050	23.408	+523	-4994	0.9474	19.1	226	-214	-199
10		23.48	-	23.248	+361	+6159		-	-	+285	+265
11		23.34	32.456	-	-1197	-7376		27.4	240	-240	-228
12		23.13	-	31.784	+1992	+8641		-	-	+285	+272
13		23.28	42.476	-	-2733	-9849		24.2	236	-236	-230
14		23.52	-	39.656	+3415	+11103		-	-	+285	+281
15		23.52	51.930	-	-4160	-12369		51.1	241	-241	-237

Примечание: Кроме раскоса на-
м № 15, для остальных всех значения $\frac{J}{W}$
относятся к изгибу в плоскости фер-
мы.

Необходимое число заклепок
в прикреплении составных ча-
стей раскосов.

$$N1. 16 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16}; \quad n = \frac{3.508 \times 223}{141} + 20\% = 16$$

$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{3.808 \times 223}{141} + 20\% = 7.2$$

$$L 3 \times 3 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{2.558 \times 223}{141} + 20\% = 4.8$$

$$N2. 14 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{7}{8}; \quad n = \frac{7.383 \times 217}{141} + 20\% = 17.4$$

$$N3. 14 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{7}{8}; \quad n = \frac{7.383 \times 213}{141} + 20\% = 13.3$$

$$L 6 \times 4 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{4.558 \times 213}{141} + 20\% = 8.3$$

$$N4. 11.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{5.312 \times 271}{141} + 20\% = 12.2$$

$$N5. 11.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{5.312 \times 179}{141} + 20\% = 8$$

$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{3.808 \times 179}{141} + 20\% = 5.8$$

$$N6. 10.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{4.812 \times 210}{141} + 20\% = 8.6$$

$$N7. \begin{cases} 10.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; & n = \frac{4.812 \times 277}{2 \times 141} + 20\% = 6 \\ 10 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; & n = \frac{4.562 \times 272}{2 \times 141} + 20\% = 5.4 \end{cases}$$

$$N8. 10.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{4.812 \times 225}{141} + 20\% = 9.2$$

$$L 3 \times 3 \times \frac{3}{8} - \frac{7}{8} \times \frac{3}{8}; \quad n = \frac{1.795 \times 225}{141} + 20\% = 3.4$$

$$N9. 12.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{5.812 \times 199}{141} + 20\% = 9.8$$

$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{7}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{7}{16} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{3.356 \times 199}{141} + 20\% = 5.6$$

$$N10. 12.5 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{5.812 \times 265}{141} + 20\% = 13.0$$

$$N11. 15 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{7.062 \times 228}{141} + 20\% = 13.7$$

$$L 6 \times 4 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{4.558 \times 228}{141} + 20\% = 8.9$$

$$N12. 15 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16}; \quad n = \frac{7.946 \times 272}{141} + 20\% = 18.4$$

$$N13. 16 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16}; \quad n = \frac{8.558 \times 232}{141} + 20\% = 16.6$$

$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{3.808 \times 232}{141} + 20\% = 7.5$$

$$L 3 \times 3 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{2.558 \times 232}{141} + 20\% = 5.0$$

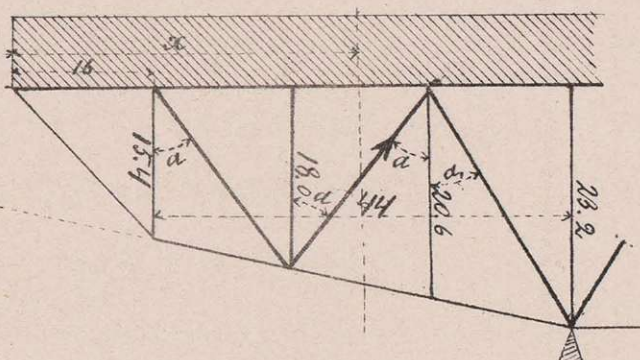
$$N14. 18.5 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16}; \quad n = \frac{9.914 \times 281}{141} + 20\% = 23.8$$

$$N15. 20 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16}; \quad n = \frac{10.758 \times 216}{141} + 20\% = 19.7$$

$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}; \quad n = \frac{3.808 \times 216}{141} + 20\% = 7.00$$

Листы раскосов передают свои уси-
лия полностью на фасонный лист, не
доходя до вертикального листа пояса,
а уголки - только до него, чтобы не
перейти его.

Для консоли наибольших усилий в раскосах получаются, как и в поясах, при полном загружении консоли. Величины этих усилий определяем, проведя вертикальный разрез по средине раскоса и взяв моменты относительно точки пересечения обонх поясов.



$$\alpha = \frac{15.4 \times 44}{23.2 - 15.4} - 16 = 70.86$$

Для раскоса панели №3', $x = 16 + \frac{22}{3} = 23.33$, $K_x = 94.5$, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{44}{3 \times 18} = \frac{22}{27}$, и потому усилие его

$$N_{3'} = \frac{(25 + 94.5) 23.33 (74.2 + \frac{1}{2} \times 23.33)}{(70.86 + 16) \operatorname{tg} \alpha} = 3424$$

для раскоса панели №2' $x = 38$, $K_x = 73.0$, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{22}{27}$

$$\text{и } N_{2'} = \frac{(25 + 73) 38 (74.2 + 2 \times 38)}{(70.86 + 45.33) \operatorname{tg} \alpha} = 3746$$

и для раскоса панели №1' $x = 52.67$, $K_x = 67$, $\operatorname{tg} \alpha = \frac{44}{3 \times 23.2}$ и усилие его

$$N_{1'} = \frac{(25 + 67) 52.67 (74.2 + \frac{1}{2} \times 52.67)}{(70.86 + 45.33) \operatorname{tg} \alpha} = 4822$$

Таблица № 6

№ панели	Состав сечения раскосов	Площадь сечения	Усилия раскосов	$\frac{I}{\omega}$	Напряжение	
					Допускаемое.	Истинное.
1'		25.498	4822	11.5	-203	-190
2'		16.248	3746	—	+275	+220
3'		23.340	3424	10.2	-238	-147

* Для опорных стоек №№ 0, 15 величина N представляет усилие от действия ветра на поперек и ферму вместе, так как все это усилие передается на опоры через стойки и вертикальные диагональные связи №№ 0 и 15.

Необходимое при этом число заклепок в прикреплениях раскосов:

$$N1'. 10 \times \frac{9}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{9}{16} = 5.133; N = \frac{5.133 \times 190}{141} + 20\% = 8.3$$

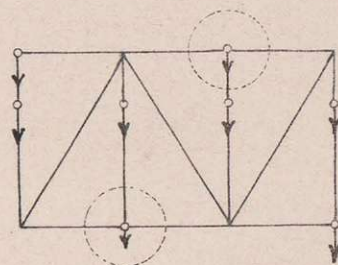
$$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 3.808; N = \frac{3.808 \times 190}{141} + 20\% = 6.2$$

$$N2'. 9 \times \frac{7}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{7}{16} = 4.062; N = \frac{4.062 \times 220}{141} + 20\% = 7.6$$

$$N3'. 9 \times \frac{1}{2} - \frac{7}{8} \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = 4.281; N = \frac{4.281 \times 147}{141} + 20\% = 5.3$$

$$L 3 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{7}{16} - \frac{7}{8} \times \frac{7}{16} \times \frac{1}{2} = 2.481; N = \frac{2.481 \times 147}{141} + 20\% = 3.0$$

III. Стойки.



Если мы выдвинем из фермы какой-нибудь узел, к которому не приложены раскосы, то непосредственно из условия равновесия приложимых к нему сил получим, что стойки №№ 1, 3, 5, 8, 10, 12 и 14 — вытянуты, а №№ 0, 2, 4, 9, 11, 13 и 15 — сжаты нагрузкой соответствующего узла. Величина этой нагрузки для частей стойки от разматываемого узла и до прикрепления к ней поперечной балки выражается $\frac{35-9}{2} \times 14.67 = 192$ пуд., для остальной же части стойки это значение нужно увеличить на усиление, передаваемое поперечной балкой от вертикальной нагрузки 1435 пуд. и той горизонтальной H от действия ветра на поперек, которая передается через стойку в нижнюю связь и которой значение будет определено при расчете усилий в связях*. Таким образом стойка принимает усилия во ферме, связях и поперечной части; во виду различных

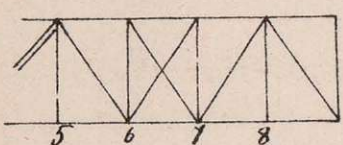
безопасно допускаемых для них нагрузок 275, 300 и 235 пудов, необходимо для определения степени стойки привести их к одному из этих коэффициентов. Если бы стойка не принадлежала к пропущенной части, то необходимая для нее площадь, подобно таковой же для поясов, определялась бы по формуле

$$\Omega = \frac{P + 0.6H}{R} = \frac{192 + 0.6H}{275};$$

в настоящем случае ее нужно увеличить на площадь $\frac{1435}{235}$ кв. д., соответствующую передаваемому поперечной балкой усилию 1435 пуд., следовательно, необходимое для стойки усилие будет

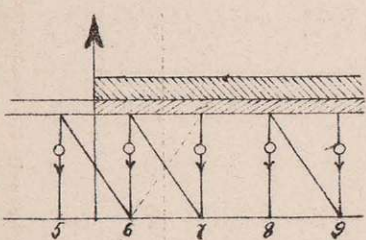
$$\Omega = \frac{(\frac{192 + 0.6H}{275} \cdot 235 + 1435)}{235} = \frac{1604 + 0.5H}{235} \text{ кв. д.},$$

где $1604 + 0.5H$ представляет нам усилие стойки, приведенное к коэффициенту $R = 235$ пуд., который еще нужно будет уменьшить по формуле $\frac{R}{1 + \frac{8l^2}{10^5 q^2}}$ для расчета стоек.



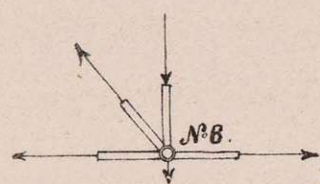
Что же касается стоек №№ 6 и 7, принимающих усилие от смежных с ними раскосов, то для определения сил проявляющихся в этих стойках, воспользуемся уже упомянутой таблицей значений поперечной или вертикальной силы, исходя при этом из следующих соображений.

Когда расположение нагрузки дает наибольшее положительное значение 2998 вертикальной силы для середины 6^{го} панели, то для середины 7^{го} панели значение ее будет $2998 - (54.36 + 35) \times 14.67 = 1687$ пуд., — величина также положительная; следова-

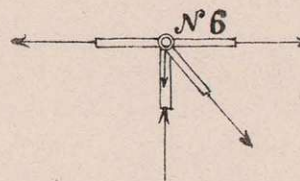


тельно, восходящий раскос 7^{го} панели не работает при указанном положении нагрузки и непосредственно из условия равновесия выдвинутого из фермы узла №6 можно найти, что усилие сжимающее нижнюю часть стойки №6, равно вертикальной составляющей раскоса 6^{го} панели за вычетом постоянной узловой нагрузки 192 пуд. всего, следовательно,

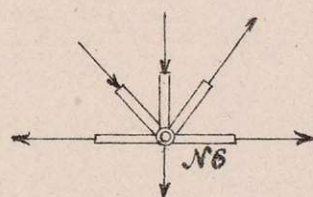
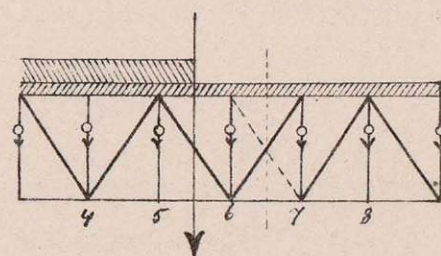
$$2998 - 192 = 2806 \text{ пуд.}$$



При этом условии равновесия верхнего узла №6, выдвинутого также из фермы, определим нам величину силы сжимающей верхнюю часть стойки №6, а именно, она равна вертикальной составляющей нисходящего раскоса 7^{го} панели 1687, увеличенной на узловую нагрузку 192 пуд. всего следовательно, 1879 пуд.; разность двух найденных значений для стойки 927 пуд. соответствует усилию, передаваемому ей поперечной балкой.



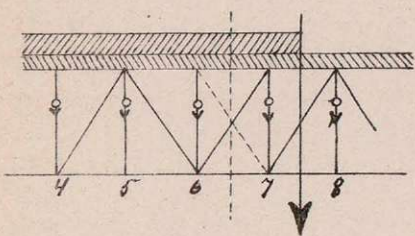
При наибольшем отрицательном значении поперечной силы в 6^{го} панели (-1378), значения ее в 7^{го} панели $-1378 - 35 \times 14.67 = -1891$ оказывается также величина отрицательной, поэтому из равновесия нижнего узла №6^{го} следует, что усилие стойки №6^{го} равно вертикальной составляющей вытянутого восходящего раскоса 7^{го} панели 1891 за вычетом вертикальной



вертикальной, поэтому из равновесия нижнего узла №6^{го} следует, что усилие стойки №6^{го} равно вертикальной составляющей вытянутого восходящего раскоса 7^{го} панели 1891 за вычетом вертикальной

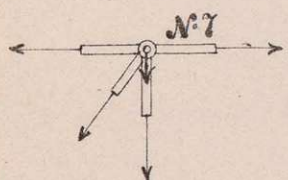
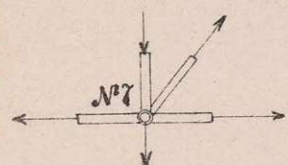
составляющей сжатого раскоса 6 панелей 1378 и узловой нагрузки 192, всего 321 пуд.

Таким образом наименьшее усилие для стойки №6 буд. 321 пуд., а наибольшее 2806 пуд., причем оба соответствуют сжатию стойки.



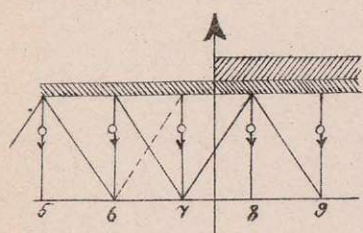
Затем для стойки №7, при расположении нагрузки, дающей наибольшее отрицательное

значение поперечной силы по середине 8^й панели (-3207), и соответствующим ее значений в 7^й панели $-3207 - (35 + 56.53) \times 14.67 = -1865$ пуд. при котором исходящий рас-



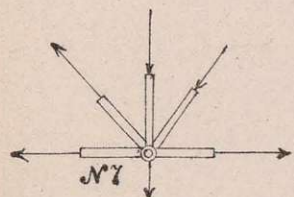
кос №7^й не работает, по условию равновесия нижнего узла №7 находим, что усилие в нижней части стойки №7^й равно $3207 - 192 = 3015$ пуд. и верхний ее части $= 1865 + 192 = 2057$,

так, что от поперечной балки получается усилие $3015 - 2057 = 958$ пуд.



Далее, при наибольшем положительном значении поперечной силы в 8^й панели 1249 и соответствующим значением ее в 7^й панели

$1249 + 35 \times 14.67 = 1762$ пуд., по условию равновесия нижнего узла №7^й, усилие в



нижней части стойки №7^й определяется $1762 - 1249 - 192 = 321$ п.

Следовательно, полные усилия в стойках №№ 6 и 7, приведенные к коэффициенту $R = 235$, будут

$$(1879 + 0.6H) \frac{235}{275} + 927 = 2533 + 0.5H \text{ для } \text{№} 6$$

$$\text{и } (2057 + 0.6H) \frac{235}{275} + 958 = 2716 + 0.5H \text{ для } \text{№} 7$$

Из нижеследующей таблицы даны составы стоек, усилия для

них и соответствующая им напряжения действительная и допускаемая. За величину l в сжатых стойках может быть принято $\frac{3}{4}$ ее свободной длины.

$$= \frac{3}{4} L = (300 - 54) \frac{3}{4} = 185$$

или полная длина ее, считаемая от центра поперечной балки до верхнего ребра нижнего пояса, пренебрегая при этом сравнительно малой постоянной узловой нагрузкой, приложенной к верхнему концу стойки, т.е. принимая $l = 300 - 27 - 74 = 199$.

Для расчета же нами взято $l = 220$.

Таблица №7

№ стоек	Составы стоек	Нормальные напряжения	$\frac{I}{\omega}$ или ρ^2	Допускаемое напряжение	V (в раскосе от поперечной балки до нижнего узла, в пуд.)	$H = \frac{218V}{192}$	Полное усилие в стойке (сжатие)	Полное усилие в раскосе	Необходимое число $\frac{1}{8}$ "закрепок" для чучка + 20%.
0		12.232	74.4	-224	1545	1754	-2481	-203	4.9
1		7.932	—	+235	456	517	+1862	+235	4.0
2		12.548	7.60	-155	395	448	-1828	-146	3.8
3		7.932	—	+235	340	386	+1797	+222	3.7
4		11.588	7.17	-153	291	330	-1769	-153	3.7
5		7.932	—	+235	247	280	+1744	+220	3.6
6		16.048	9.93	-168	207	235	-2693	-168	5.6
7		18.232	10.00	-169	213	241	-2879	-159	6.0
8		7.932	—	+235	254	288	+1748	+220	3.6
9		11.588	7.17	-153	300	340	-1774	-153	3.7
10		7.932	—	+235	350	397	+1803	+227	3.7
11		12.548	7.60	-155	404	459	-1834	-147	3.8
12		7.932	—	+235	461	523	+1866	+235	4.0
13		12.548	7.60	-155	534	606	-1907	-153	4.0
14		8.680	—	+235	586	665	+1937	+223	4.0
15		16.500	76.4	-224	2620	2975	-3092	-229	6.1

Для вытянутой стойки №1 постоянная нагрузка на нижний узел равна

$$\frac{302 \times 235}{275} + 1435 = 1693$$
$$237 \frac{235}{275} + 1431 = 1634 \text{ mgd.}$$

моменту Выхватных сил, которыми в насто-
ящее время являются давление D_4 и D_3 в
узлах № 3' и 4'. Значение D_4 равно всей по-
лучаемой фермой со связями = 128 туд., увели-
ченному на давление поперечной балки 152 и
давления от подвижной нагрузки

$$3 \times \frac{651 \times 7.67}{16} + \frac{915}{2} \times \frac{4.33}{16} = 469 + 124 = 593, \text{ a b c e r o}$$

$$D_4 = 128 + 152 + 593 = 873 \text{ нгд.}$$

Плечо также и значение D_3 равно нагрузке на нижний узел 123 пуд., увеличенной на усилие поперечной балки постоянное 148 пуд. и переменное от подвижной нагрузки =

$$= \frac{915}{2} \times \frac{11.67}{16} + \frac{3 \times 915}{2} \frac{(14.67 - 4.33)}{14.67} = 1301 \text{ пуд.}$$

Следовательно, число стоек №3 рав-

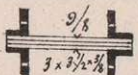
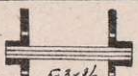
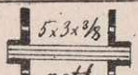
$$\frac{74.2 D_4 + 90.2 D_3}{90.2} = \frac{74.2 D_4}{90.2} + D_3 = 708 + D_3 = 831 + 1449$$

гдѣ 1449 относится давленіе поперечной
балки, а 831 — къ оферменту.

Таким образом приведенное усилие для стойки №3' вместе с усилием от ватра $H = 113$ окончательно определяется.

$$V_3 = 831 \times \frac{235}{275} + 0.5 H + 1449 = 2216 \text{ m/s}.$$

Таблица № 7^н!

№ стоек	Состав стения	Нам- надо стения	$\frac{7}{\omega}$ или q z	Допускаемое напряжение	Н усл- ие опы- ты	Полное усилие	Действитель- ное напряжение	На 1 кв.м. необхо- димое число ст- инок + 20%.
1'		7.932 netto	—	+235	306	+1693	+208	3.5
2'		10.836 $\frac{1}{2}$ netto	7.48	-190	198	-1634	-152	3.5
3'		10.180 netto	—	+235	113	+2216	+218	4.7

С. Связи.

Для противодѣйствія горизонталь-
нымъ силамъ отъ вѣтра наклоняся ори-
зонтальныя веранія и низверженія связи изъ

поясов, смежных распорок и вытянутых диагоналей. Нижняя связь расположена в плоскости нижнего пояса главных ферм, а верхняя — в плоскости верхних ребер поперечных балок.

Площадь, подверженная действию ветра, определяется на кв. ф. для верхних связей $\frac{25}{4} + \frac{2}{2} = 7.25$ кв. ф. от фермы и пропускной части и $10 \times 0.6 = 6$ кв. ф. от поезда

и для нижних связей

$$\frac{25}{4} = 6.25 \text{ кв. ф. от фермы}$$

$$\text{и } 10 \times 0.6 = 6 \text{ кв. ф. от поезда.}$$

Переходя к консоли, нужно взять 6.2 вместо 7.25 для верхних связей и 5.2 вместо 6.25 — для нижних.

Полная нагрузка на кв. ф. в $\frac{3}{4}$ пуда при поезде и $\frac{1}{3}$ пуда — в случае отсутствия его на мосту, получим следующие значения постоянной и подвижной нагрузки на кв. ф. средней части и консолей.

1.) При поезде

верхняя связь

нижняя связь

$$R_B = 7.25 \times \frac{3}{4} = 5.44 \text{ п.}$$

$$R_H = 6.25 \times \frac{3}{4} = 4.69 \text{ п.}$$

$$K_B = 6 \times \frac{3}{4} = 4.50 \text{ п.}$$

$$K_H = 6 \times \frac{3}{4} = 4.50 \text{ п.}$$

$$R'_B = 6.2 \times \frac{3}{4} = 4.65 \text{ п.}$$

$$R'_H = 5.2 \times \frac{3}{4} = 3.90 \text{ п.}$$

$$K'_B = 6 \times \frac{3}{4} = 4.50 \text{ п.}$$

$$K'_H = 6 \times \frac{3}{4} = 4.50 \text{ п.}$$

и 2.) Без поезда

верхняя связь

нижняя связь

$$R_B = 7.25 \times \frac{4}{3} = 9.67 \text{ п.}$$

$$R_H = 6.25 \times \frac{4}{3} = 8.33 \text{ п.}$$

$$R'_B = 6.2 \times \frac{4}{3} = 8.27 \text{ п.}$$

$$R'_H = 5.2 \times \frac{4}{3} = 6.93 \text{ п.}$$

Усилия в поясах правой панели вообще представляются большей величиной от момента $\frac{M}{h}$ для одного из узлов $(n-1)$ -ого или n -ого, а усилия в распорках и диагоналях определяются значениями поперечной силы V для середины соответственной панели. Составление этих значений

делается при помощи следующих уже основных формул для неразрывной двупролетной балки, — представим их, при $n=16$, по преобразовании, в следующем виде

1.) При поезде

верхняя связь

нижняя связь

$$\frac{M^e}{h} = 464n^2 - 36.5n - 523$$

$$\frac{M^e}{h} = 398n - 31.5n^2 - 439$$

когда $n \leq 12$

$$\max(+\frac{M}{h}) = 406n - 30.25n^2$$

$$-\max(-\frac{M}{h}) = 506 + 14.5n$$

когда $n > 12$

$$\max(+\frac{M}{h}) = 454(\frac{450}{n} - \frac{n^2}{15}) + 1867n - 34556$$

$$-\max(-\frac{M}{h}) = 56.7(\frac{3600}{n} - 600 + 26n)$$

$$V^e = 506 - 80n$$

$$V^e = 435 - 34.5n$$

$$\max(+V) = 55 + 66(\frac{105}{16} - n + \frac{n^2}{24} - \frac{n^4}{54000})$$

$$-\max(-V) = 62 + \frac{11}{4}(n^2 - \frac{n^4}{2250})$$

2.) Без поезда

$$\frac{M}{h} = 825n - 65n^2 - 934$$

$$\frac{M}{h} = 708n - 56n^2 - 780$$

$$V^e = 900 - 142n$$

$$V^e = 773 - 122n$$

Для составления этих формул составлены следующие таблицы.

Таблица № 8.

n	При поезде							
	$\frac{M^e}{h}$		Для верхних связей		Для нижних связей		Для средних связей	
	Для верхних связей	Для нижних связей	$\max(+\frac{M}{h})$	$\max(-\frac{M}{h})$	$\frac{M^e}{h} + \max(+\frac{M}{h})$	$\frac{M^e}{h} + \max(-\frac{M}{h})$	$\frac{M^e}{h} + \max(+\frac{M}{h})$	$\frac{M^e}{h} + \max(-\frac{M}{h})$
0	-523	-439	0	-506	-523	-1029	-439	-945
1	-96	-73	+376	-521	+280	-617	+303	-594
2	+259	+231	+691	-535	+950	-276	+922	-304
3	+540	+471	+939	-550	+1479	-10	+1410	-79
4	+749	+649	+1140	-564	+1889	+185	+1789	+85
5	+885	+763	+1274	-579	+2159	+306	+2033	+184
6	+947	+815	+1347	-593	+2294	+353	+2162	+222
7	+936	+803	+1360	-608	+2296	+328	+2163	+195
8	+853	+729	+1312	-622	+2165	+231	+2041	+107
9	+698	+591	+1204	-637	+1902	+61	+1795	-46
10	+467	+391	+1305	-651	+1502	-184	+1426	-260
11	+164	+127	+806	-666	+970	-502	+953	-539
12	-211	-199	+516	-680	+305	-891	+317	-879
13	-660	-589	+316	-751	-344	-1411	-273	-1340
14	-1181	-1041	+249	-1799	-932	-2380	-772	-2240
15	-1775	-1557	+259	-1711	-1516	-3476	-1298	-3258

Таблица № 9²

При по н о з д и т о .								
n.	Vc		Для верхних и нижних связей		Для верхних связей		Для нижних связей	
	Для верхних связей	Для нижних связей	max (+ V)	max (- V)	Vc +	Vc +	Vc +	Vc +
					max(+V)	max(-V)	max(+V)	max(-V)
1/2	+466	+401	+456	- 63	+ 222 N1	+403	+ 857 N1	+338
3/2	+386	+332	+395	- 68	+ 781 N2	+318	+ 727 N2	+264
5/2	+306	+263	+340	- 79	+646 N3	+227	+603 N3	+184
7/2	+226	+194	+291	- 95	+517 N4	+125	+485 N4	+ 99
9/2	+146	+125	+247	-117	+393 N5	+ 29	+372 N5	+ 8
11/2	+ 66	+ 56	+207	-144	+273 N6	- 78	+263 N6	- 88
13/2	- 14	- 13	+166	-176	+152 N7	-190 N6	+153 N7	-189 N6
15/2	- 94	- 82	+144	-213	-50	-307 N7	+ 62 N8	-295 N7
17/2	-174	-151	+119	-254	-55	-428 N8	- 32	-405 N8
19/2	-254	-220	+100	-300	-154	-554 N9	-120	-520 N9
21/2	-334	-289	+ 84	-350	-250	-684 N10	-205	-639 N10
23/2	-414	-358	+ 72	-404	-342	-818 N11	-286	-762 N11
25/2	-494	-427	+ 63	-461	-431	-955 N12	-364	-888 N12
27/2	-574	-496	+ 58	-534	-516	-1108 N13	-438	-1030 N13
29/2	-654	-565	+ 55	-586	-599	-1240 N14	-510	-1151 N14

Примечание. Отрицательные значения поперечной силы числами расшоракъ представляют усилія въ поясахъ.

Таблица № 10²

Б о з з н о н з д а .					
n	M		n	V	
	Верхняя связи	Нижняя связи		Верхняя связи	Нижняя связи
0	I - 934	I - 780	-	-	-
1	- 171	- 128	1/2	+ 829	+ 712
2	II + 456	II - 412	3/2	+ 687	+ 590
3	III + 266	III + 840	5/2	+ 545	+ 468
4	IV + 1326	IV + 1156	7/2	+ 403	+ 346
5	V + 1566	V + 1360	9/2	+ 261	+ 224
6	VI и VII + 1667	VI и VII + 1452	11/2	+ 119	+ 102
7	VIII + 1656	VIII + 1432	13/2	- 23	- 20
8	IX + 1506	IX + 1300	15/2	- 165	- 142
9	X + 1226	X + 1056	17/2	- 307	- 264
10	XI + 816	XI + 700	19/2	- 449	- 386
11	+ 276	+ 232	21/2	- 591	- 508
12	XII - 394	XII - 348	23/2	- 733	- 630
13	XIII - 1194	XIII - 1040	25/2	- 875	- 752
14	XIV - 2124	XIV - 1844	27/2	- 1017	- 874
15	XV - 3184	XV - 2760	29/2	- 1159	- 996

Для оснований предыдущихъ таблицъ, здѣ указаны усилія и соотвѣствующія имъ нагрузки, ниско даются всѣ данныя для проверки прочности связей, въ которыхъ, согласно постановленію Министерства Путей Сообщенія 1875 г. № 54 допускается - 360 нуд. для сжатія и вытягиванія и 300 для перерыванія (или 180 нуд. на 7/8 заделки).

Таблица № 11²
для поясовъ.

№№ на н о л е й	Пояса Составъ сечения	Верхнихъ связей		Пояса нижнихъ связей			
		Нагрузка по нуд. netto	Допускаемое напряженіе $\frac{360}{1+8 \times \frac{132^2}{10^5 g^2}}$	Наиб. болыи. усиліе пояса	Двиет. напряженіе	Наибол. мезуи. ие P'	0.6 P'
1		9637	225	1174	129	965	567
2				950	98	922	553
3				1479	153	1410	846
4		10760	278	1889	170	1789	1073
5				2159	201	2033	1220
6				2294	213	2163	1297
7				2296	213	2163	1298
8				2296	213	2163	1298
9				2165	201	2041	1225
10				1902	170	1795	1077
11		9637	225	1502	156	1426	856
12				970	101	953	572
13				1411	147	1340	804
14		10760	278	2380	221	2240	1344
15				3476	215	3258	1955

Таблица №12^а
для диагоналей

№ панели	Верхняя диагональ				Нижняя диагональ					
	Состав сечения	Момент инерции	Момент сопротивления	Усилия диагоналей	Состав сечения	Момент инерции	Момент сопротивления	Усилия диагоналей	Усилия диагоналей	
1	2L3x3½x⅜	3.966	922	1251	316	2L3x3x⅜	3.590	857	1163	324
2	2L3x3x⅜	3.590	781	1060	295	L5x3x⅞	2.946	727	985	335
3	L5x3x⅜	2.733	646	877	321	L5x3x⅜	2.545	603	818	322
4	L5x3x⅜	2.545	517	702	276	L3x3½x⅜	1.983	485	658	332
5	L3x3x⅜	1.795	393	533	296	L3x3x⅜	1.795	372	505	281
6	L3x3x⅜	1.795	273	371	206	L3x3x⅜	1.795	263	357	199
7	L3x3x⅜	1.795	190	258	144	L3x3x⅜	1.795	189	258	143
8	L3x3x⅜	1.795	307	417	232	L3x3x⅜	1.795	295	401	223
9	L3x3x⅜	1.795	428	581	323	L3x3x⅜	1.795	405	550	306
10	L5x3x⅜	2.545	554	752	296	L5x3x⅜	2.545	520	706	278
11	L5x3½x⅜	2.733	684	929	340	L5x3½x⅜	2.733	639	867	317
12	2L3x3x⅜	3.590	818	1110	309	2L3x3x⅜	3.590	762	1034	287
13	2L3½x3½x⅜	4.340	955	1296	299	2L3½x3x⅜	3.966	888	1205	304
14	2L5x3x⅜	5.090	1108	1504	296	2L5x3x⅜	5.090	1030	1393	275
15	2L5x3x⅜	5.090	1240	1684	331	2L5x3x⅜	5.090	1151	1562	307

Усилия в распорках уже были отпечены в таблице №9, за исключением распорок №0 и №15, в которых усилия представляются опорными давлениями, вызываемыми действием ветра на ферму и поезд, и определяются по формулам

$$A = \frac{7}{16} Kl + K'l' (1 + \frac{3l'}{4l}) + \frac{3}{8} pl + p'l' (1 + \frac{3l'}{4l})$$

$$\text{и } B = \frac{5}{4} Kl + \frac{5}{4} pl - \frac{3l'}{2l} p'l'.$$

Таблица №13
для распорок.

№ распорки	Распорки нижних связей					Усилия распорок верхних связей.
	Состав сечения	Момент инерции	$\frac{360}{1 + \frac{8 \times 174^2}{10^5 \rho^2}}$	Усилия распорок	Действие ветра на распорки.	
0	2Л.16 x ⅜ и 4L3x3x⅜	18.60	336	1427	77	1542
1	4L3x3½x⅜	7.230	343	857	118	922
2	4L3x3x⅜	6.606	343	727	110	781
3			343	603	92	646
4			343	485	74	517
5			343	372	57	393
6			343	263	40	273
7			343	295	45	307
8			343	405	61	428
9			343	520	80	554
10			343	639	97	684
11			343	762	115	818
12	4L3x3½x⅜	7.230	343	888	123	955
13	4L3x3½x⅜	7.230	343	1030	142	1108
14	4L3½x3½x⅜	7.898	343	1151	146	1240
15	2Л.16 x ⅜ и 4L3x3x⅜	18.60	336	2432	131	2620

Для консоли наибольшие усилия в горизонтальных связях получают при полном загрузлении ее и соседней пары «сопрягающих» балок, действие ветра на которые представляется в узле №4' горизонтальной силой

$$H = (10 + 3) \frac{3}{4} \times \frac{16}{2} = 78 \text{ туд.}$$

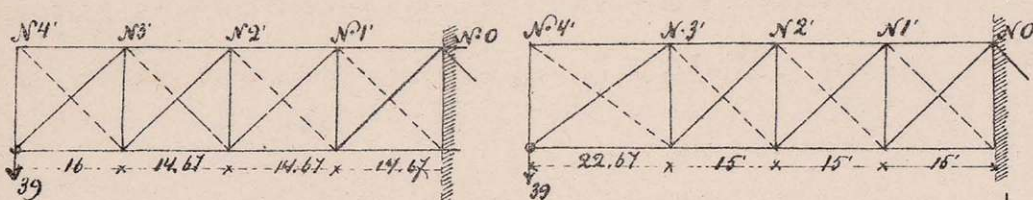
так, что консоль, для расчета ее связей, будет рассматриваться как балка, закрепленная одним концом и подверженная

сосредоточенному давлению 78 нуд. и равномерной нагрузке на погон. футы ее:

$$4.65 + 4.50 = 9.15 \text{ для верхних связей}$$

$$\text{и } 3.90 + 4.50 = 8.40 \text{ для нижних связей}$$

Усилия в поясах определяются от отношения $\frac{M}{h}$ для одного из узлов, а усилия диагоналей и распорок — значениями поперечной силы для ^{средней} соответствующей панели



Усилия в поясах.

Верхний пояс

Длинные пояса.*

$$O_1 = \frac{9.15 \times 60^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 60}{16} = 1174, \quad U_1 = \frac{8.4 \times 67.67^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 67.67}{16} = 1354$$

$$O_2 = \frac{9.15 \times 45.33^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 45.33}{16} = 698, \quad U_2 = \frac{8.4 \times 52.67^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 52.67}{16} = 850$$

$$O_3 = \frac{9.15 \times 30.67^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 30.67}{16} = 344, \quad U_3 = \frac{8.4 \times 37.67^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 37.67}{16} = 464$$

$$O_4 = \frac{9.15 \times 16^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 16}{16} = 112, \quad U_4 = \frac{8.4 \times 22.67^2 \times \frac{1}{2} + 39 \times 22.67}{16} = 189$$

Усилия в распорках.

Верхняя связь Длинные связи

$$V_1 = 39 + 52.67 \times 9.15 = 521, \quad V_1 = 39 + 8.4 \times 60.33 = 546$$

$$V_2 = 39 + 9.15 \times 38.0 = 387, \quad V_2 = 39 + 8.4 \times 45.17 = 419$$

$$V_3 = 39 + 9.15 \times 23.33 = 253, \quad V_3 = 39 + 8.4 \times 30.17 = 293$$

$$V_4 = 39 + 9.15 \times 8 = 112$$

Усилия в диагоналях

Верхняя связь

Длинные связи

$$N_1 = 521 \sqrt{\frac{16^2 + 14.67^2}{16}} = 707, \quad N_1 = 546 \sqrt{\frac{15^2 + 16^2}{16}} = 748$$

$$N_2 = 387 \sqrt{\frac{16^2 + 14.67^2}{16}} = 525, \quad N_2 = 419 \sqrt{\frac{15^2 + 16^2}{16}} = 574$$

$$N_3 = 253 \sqrt{\frac{16^2 + 14.67^2}{16}} = 344, \quad N_3 = 293 \sqrt{\frac{15^2 + 16^2}{16}} = 401$$

$$N_4 = 112 \sqrt{\frac{16^2 + 16^2}{16}} = 159, \quad N_4 = 112 \sqrt{\frac{22.67^2 + 16^2}{16}} = 194$$

* Для расчета нижний пояс предполагается выпрямленным и потому, сохраняя на погон. футы ту же нагрузку 8.4 нуд., получаем усилия в поясе несколько преувеличенные.

Таблица № 14^и
для верхних связей

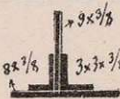
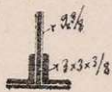
№ панели	Пояса				Диагонали.				
	Состав сечения	Площадь $\frac{1}{2}$ netto.	Усилия пояса	Напря-жение		Состав сечения	Площадь netto	Усилия диаго-налей	Диаметры
				Прямые	Поперечные				
1'		9.637	1174	122	225	L 5x3 1/2 x 1/2	3.589	707	197
2'			698	100	154	L 3 1/2 x 3 1/2 x 7/16	2.509	525	209
3'		6.965	344	49	154	L 3 x 3 x 3/8	1.795	344	191
4'			112	16	140	L 3 x 3 x 3/8	1.795	159	88

Таблица № 15^и
для нижних связей

№ панели	Распорки					Диагонали			
	Состав сечения	Площадь $\frac{1}{2}$ netto	Усилия распорки	Напряжения.		Состав сечения	Площадь netto	Усилия диагоналей	Напряжения.
				Продольное.	Поперечное.				
1'	4L 3x3x $\frac{5}{16}$	6.606	521	79	343	L 5x3 $\frac{1}{2}$ x $\frac{1}{2}$	3.589	748	209
2'		6.606	387	58	343	L 3 $\frac{1}{2}$ x3 $\frac{1}{2}$ x $\frac{7}{16}$	2.509	574	223
3'		6.606	253	39	343	L 3x3x $\frac{3}{8}$	1.795	401	223
4'		6.606	112	17	343	L 3x3x $\frac{3}{8}$	1.795	194	108

В. Опорные части

Все опорные части изготовляются из стали; средняя опора двоякая неподвижной, а две крайние — подвижные.

1. Крайняя или подвижная опора.

Наибольшее давление на крайнюю опору определяется по формуле:

$$\max A = \frac{7}{16} Kl + K_1 l_1 \left(1 + \frac{3l'}{4l}\right) + \frac{3}{8} pl + p_1 l_1 \left(1 + \frac{3l'}{4l}\right) =$$

$$\frac{7}{16} \times 47.3 \times 220 + 64.5 \times 60 \left(1 + \frac{3 \times 60}{4 \times 220}\right) + \frac{3}{8} \times 35 \times 220 + 25 \times 60 \left(1 + \frac{3 \times 60}{4 \times 220}\right) =$$

$$= 4553 + 4662 + 2888 + 1807 = 9215 + 4695 = 13910 \text{ нyd.}$$

Подвижная опора состоит из верхнего балансира, 5 кантов и нижней подушки.

а) Верхний балансирь.

Длина верхнего балансира 24", ширина его 40", высота балансира над шарниром 6" наибольший изгибающий момент для середины балансира

$$\max M = \frac{13910}{2} \times 6 = 41730 \text{ н.д.}$$

Следовательно наибольшее напряжение материала

$$R = \frac{M}{W} = \frac{6M}{bh^2} = \frac{6 \times 41730}{40 \times 6^2} = 174 \text{ нyd.}$$

Для стали R допускается до 300 нyd.

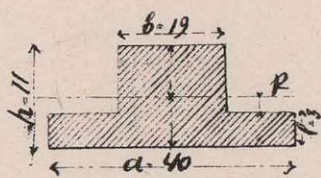
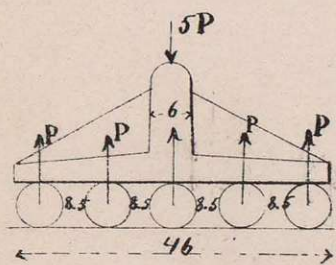
б) Нижний балансирь

Необходимый диаметр d шарнира определяется по формуле

$$d = \frac{4A}{Rl} = \frac{4 \times 13910}{250 \times 40} = 5.5" \text{ принять } 6"$$

Нижний балансирь лежит на кантах; при расчете рассматриваем его как брус, закрепленный по середине и подверженный действию 5 сосредоточенных кругов

$$P = \frac{13910}{5} = 2782 \text{ нyd.}$$



Самое слабое сечение балансира в 3" от середины его, где начинаются реборды; высота в этом месте 11". Приведенное сечение представляет табрь

Момент инерции сечения

$$J = \frac{1}{3} \{ a Z_2^3 + b Z_1^3 - (a-b) f^3 \}$$

$$\text{где } Z_2 = \frac{1}{2} \times \frac{bh^2 + (a-b)l^2}{bh + (a-b)l} = 4.57"$$

$$Z_1 = 11 - Z_2 = 6.43, \quad f = Z_2 - e = 1.57$$

$$\text{поэтому } J = \frac{1}{3} \{ 40 \times 4.57^3 + 19 \times 6.43^3 - 21 \times 1.57^3 \} = 2929.$$

Наибольший изгибающий момент.

$$\max M = P (8\frac{1}{2} + 17) = 25.5 \times 2782 = 60941 \text{ нyd.}$$

Следовательно напряжение стали

$$R = \frac{MZ_1}{J} = \frac{60941}{455.5} = 134 < 300 \text{ нyd.}$$

с. Канты

Число кантов 5, диаметр их 7", длина 40". Давление на кв. дм. горизонтальной проекции их

$$R = \frac{13910}{5 \times 7 \times 40} = 10.0 \text{ нyd.}$$

д. Шлифованная подушка.

Площадь подушки $48 \times 48 = 2304 \text{ кв. дм.}$, так что давление на кв. дм.

$$R = \frac{13910}{2304} = 6.0 \text{ нyd.}$$

II. Средняя или неподвижная опора.

Неподвижная опора состоит из двух балансиров - верхнего и нижнего и вставного шарнира с клином для точного регулировки высоты опоры.

Наибольшее давление на среднюю опору определяется формулой

$$\max B = \frac{5}{4} Kl + \frac{5}{4} pl - \frac{3l'}{2l} = p_1 l_1 =$$

$$\frac{5}{4} \times 47.3 \times 220 + \frac{5}{4} \times 35 \times 220 - \frac{3 \times 60}{2 \times 220} \times 25 \times 60 =$$

$$13007 + 9625 - 614 = 13007 + 9011 = 22018 \text{ н.}$$

а) Верхний балансирь.

Длина верхнего балансира неподвижной опоры 36", ширина 40", высота над шарниром 8"; наибольший изгибающий момент для середины балансира

$\omega (\frac{1}{2} \text{ netto}) = 44.5$, $\omega_1 (\text{netto}) = 42.8$ и $h = 280$
и для консоли

$\omega (\text{netto}) = 24.0$, $\omega_1 (\frac{1}{2} \text{ netto}) = 25.8$ и $h = 232$

Таким образом последовательно находим прогибы консоли:

от поперечной нагрузки

$$f^c = -\frac{pl^3 l_1}{48 EJ} + \frac{p_1 l_1^3 l}{8 EJ} + \frac{p_1 l_1^4}{8 EJ} = -0.603 + 0.192 + 0.134 = -0.277''$$

От продольной нагрузки наибольший положительный изгиб (вниз)

$$\max(+f) = \frac{kl^3 l_1}{96 EJ} + \frac{7k_1 l_1^3 l}{48 EJ} + \frac{k_1 l_1^4}{8 EJ} = 0.408 + 0.579 + 0.346 = +1.333''$$

и наибольший отрицательный (вверх)

$$\max(-f) = -\frac{kl^3 l_1}{32 EJ} - \frac{k_1 l_1^3 l}{48 EJ} = -1.223 - 0.083 = -1.306''$$

Следовательно, предельный прогиб конца консоли вниз оказывается

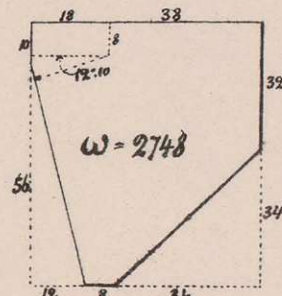
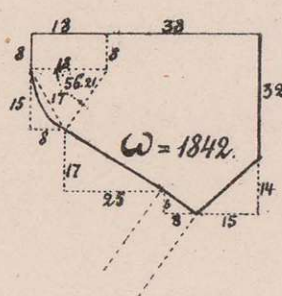
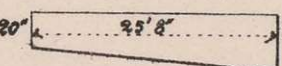
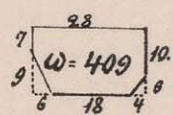
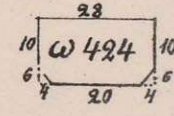
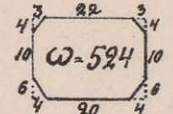
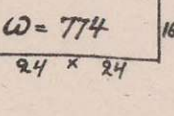
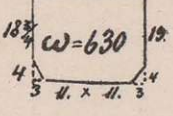
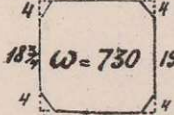
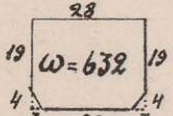
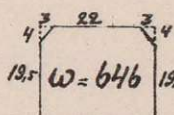
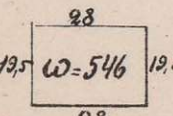
$$f^c + \max(+f) = -0.277 + 1.333 = +1.056''$$

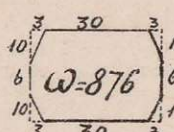
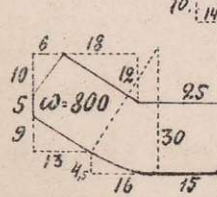
и вверх

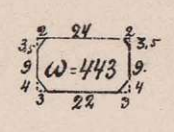
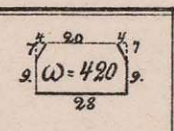
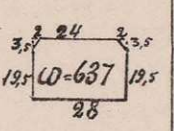
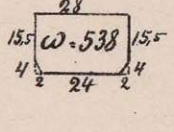
$$f^c + \max(-f) = -0.277 + (-1.306) = -1.583''$$

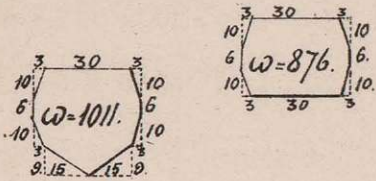
Исчисление вѣса

Верхняго строенія двухпролетнаго моста черезъ р. Суну
отверстіемъ 60 саженей.

Наименованіе частей	Число частей	Размѣры въ фут. и дюйм.			Общая длина	Вѣсъ въ погон. нѣмъ фунт.	Полный вѣсъ въ тѣсахъ
		Толщина	Ширина	Глубина			
<u>Въ одной фермѣ.</u>							
<u>I Верхній поясъ</u>							
<u>Вертикальные листы</u>							
	2	1/2			Куд. 2. 2748	21.16	
	2	1/2			1842	14.18	
	4	1/2	20	20'8"			
	4			21'4" 168'	0.924	155.23	
	4	1/2	23.5	25'8" 102'8"	1.086	111.50	
	4	1/2	27	27'			
	24			28'8"			
	2			20'	836'	1.248 1043.33	
	4	1/2	23	17'4" 69'4"	1.063	73.70	
<u>Накладки</u>							
	4	3/8			Куд. 2. 764	5.88	
	4	3/8			614	4.73	
	4	3/8			636	4.90	
	4	1/2			786	6.05	
	4	3/8			1548	11.92	
	4	3/8			945	7.28	
	4	3/8			1095	8.43	
	24	3/8			5688	43.80	
	20	3/8			4845	37.31	
	8	3/8			1638	12.61	
<u>Уголки L 4x4x1/2</u>							
	4	1/2		22'4"			
	4			20'4"			
	4			26'			
	4			27'8"			
	20			28'8"			
	4			34'8"			
	2			14'			
	4			21'			
	4			27'			
	4			19'4"	1394'8"	0.349 486.74	
<u>Накладки 4x4x1/2</u>							
	46	1/2		3'4"	153'4"	0.349 53.51	
<u>Уголки L 3 1/2x3x3/8</u>							
	4	3/8		24'8"			
	4			25'			
	8			11'10"			
	4			11'4"			
	4			24'8"			
<u>Накладки къ нимъ</u>							
	8			3'4"			
	8			3'2"			
	4			3'3"			
	4			3'6"			
	8			4'11"			
<u>Уголки L 3 1/2x3x3/8</u>							
	4	3/8		24'6"			
	4			24'4"	751'	0.214 160.71	
<u>L 3 1/2x3x1/2</u>							
	2	1/2		24'			
<u>Накладки</u>							
<u>Горизонтальные листы</u>							
	4	1/2		5'10"	71'4"	0.280 12.97	
	2	3/8	26	28'8"			
	2			29'4"			
	2			24'			
	2			24'4"	212'8"	0.901 191.61	
	4	3/16	26	27'8"			
	2			25'4"			

Прокладки Накладки			8 x 1/2					
	2		26'4"					
	1		24'4"					
	1		21'4"	259'8"	1,051	272,91		
	6	1/16	26	1'6"	9'	0,150	1,35	
	17	7/16				Куп. д. 6515	50,17	
	1	1/2	8	14'4"				
	1			17'8"				
	1		2'8"	34'8"	0,370	12,83		
	4	3/8	26	3'				
Накладка Планки в углах Верхняя ргшетка Распорки Диagonalи	2		2'6"	17'	0,901	15,32		
	30	3/8	2.5	2'1"				
	28			3'				
	24			2'10"				
	20			1'4"	24'2"	0,087	20,98	
	12	5/16		1'3.5"				
	24			8"	31'6"	0,165	5,20	
	154	3/8	2.5	2'6"				
	10			2'2"				
	4			2'				
Нижняя ргшетка: Распорки L 3x3x5/16 Диagonalи	2		2'8"	420'	0,087	36,54		
	2	5/16	15.5	2'4"	4'8"	0,448	2,09	
	1	5/16	15.5	3'4"	3'4"	0,436	1,45	
	4	5/16		2'4"	9'4"	0,165	1,54	
	Всего						2914,39	
Диафрагмы у опор L 3x3x5/16	4	1/2	20	17'9"				
	4			23'3"	164'	0,924	151,54	
	4	1/2			Куп. д. 12326	94,91		
	4	1/2	27	24'				
	20			28'8"				
	4			29'				
	4			23'8"	880'	1,248	1098,24	
	4	3/8			Куп. д. 740	5,70		
	4	3/8			740	5,70		
	4	1/2			2422	0,0077	18,65	
Накладки: 	4	1/2			1600		12,32	

   	4	3/8			Куп. д. 630		4,85	
	4	3/8			665		5,12	
	28	3/8			6689		51,51	
	16	3/8			3228		24,86	
	12	3/8	12.5	2'4"	28'	0,676	18,93	
	4	1/2		28'2"				
	4			22'				
	4			23'4"				
	6			21'8"				
	4			30'				
Углки L 4x4x1/2	12			28'8"				
	10			29'				
	4			24'				
	4			24'4"				
	4			26'8"				
	4			12'8"				
	4			20'8"				
	4			20'9"				
	56			3'4"	1881'	0,349	656,77	
	4	1/2	3.5	3'4"	13'4"	0,162	2,16	
Накладки L 3x3 1/2 x 3/8	4	3/8		13'4"				
	4			27'10"				
	4			24'6"				
	4			24'10"				
	4			25'				
	4			24'2"				
	4			3'2"				
	12			3'	607'4"	0,214	129,97	
	4	1/2		13'8"				
	4			24'7"				
L 3x3 1/2 x 1/2	4			24'8"				
	4			23'8"				
	4			3'8"				
	4			3'10"				
	8			3'2"				
	4			3'4"				
	4			3'	427'	0,231	119,56	
	4	3/8	26	21'8"				
	2			23'				
	2			23'4"				
Горизонтальные листы	2			22'4"				
	3			21'				
	2			22'8"				



Нижняя рышетка
Распорки
Диагонали
Верхняя рышетка
Диагонали

Диафрагмы

Уголки 4x4x1/2

Планки

В уголь №3 планка сверху L

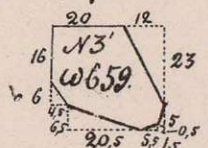
III. Раскосы

Раскос №3 l=23'6" / теоретическая длина

Листы

L 3x3 1/2 x 7/16

Накладка в верхнем угле №3

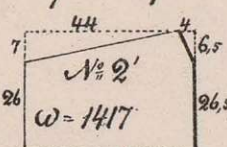


Рышетка

Раскос №2 l=23'6"

Листы

Накладка в нижнем угле №2



Рышетка раскоса

L 3x3x5/16

Прокладка

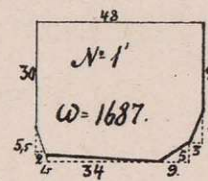
2			27'8"		
2			28'4"	503'8"	0,901 453,80
2			29'8"		
14	3/8			Куп. 2. 4599	35,41
4	3/8			1517	11,68
2	1/2	8	22'4"		
4			21'8"		
2			16'8"		
2			20'4"		
1			21'		
8			2'8"	247'8"	0,370 91,64
22	3/8	2,5	2'1"		
48			2'10"		
212			2'6"		
8			2'3"		
6			2'4"		
2			2'		
6			2'8"	763'10"	0,087 66,45
2	3/8	15,5	1'4"	2'8"	0,537 1,43
4	1/2		1'8"	6'8"	0,349 2,33
2	3/8	25,5	1'3"	2'6"	0,384 2,21
2	5/16	16	3'2"	6'4"	0,462 2,93
				Всего	3068,37

Шайбы
Раскос №1 l=27'8"

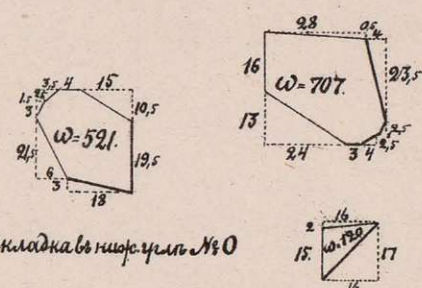
Листы

L 5x3 1/2 x 1/2

Рышетка раскоса



Накладки



Прокладка в нижнем угле №0

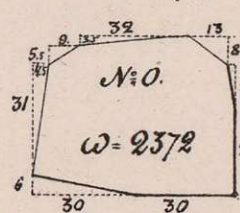
Раскос №1 l=27'5"

Листы

L 5x3 1/2 x 1/2

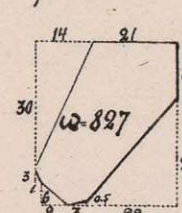
L 3x3x1/2

Раскосный лист в нижнем угле №0



Накладка нижняя

Верхняя



Рышетка

Раскос №2 l=27'6"

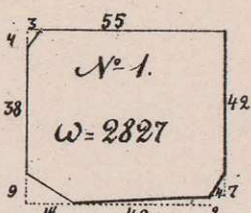
Листы

Рышетка его

L 3x3x5/16

Прокладки

Шайбы



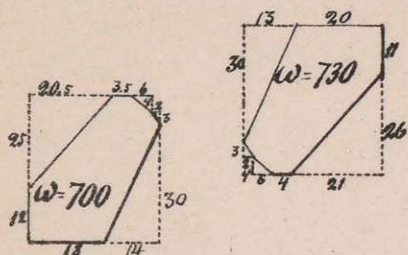
Раскос №3 l=27'7"

Листы

L 6x4x1/2

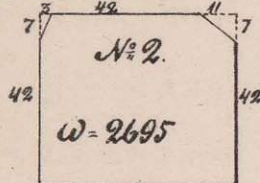
64	9/16			64 штык	0,0306 1,96
4	9/16	10	21'9"	87'	0,520 45,24
8	1/2		27'10"	222'8"	0,372 82,83
92	3/8	2,5	1'7"		
8			1'3"	155'8"	0,087 13,54
4	5/16	16	1'8"	6'8"	0,462 3,08
4	9/16			Куп. 2. 3796	29,23
4	1/2			1414	10,89
4	1/2			1042	8,02
4	1/2			240	1,85
4	9/16	16	20'4"	81'4"	0,332 67,67
8	1/2		29'3"	234'	0,372 87,05
8	1/2		29'3"	234'	0,257 60,14
4	1/2			Куп. 2. 4744	36,53
4	9/16			5337	41,09
4	1/2			2078	0,0077 16,00
4	9/16			1861	14,33
92	3/8	2,5	1'7"		
8			1'3"	155'8"	0,087 13,54
8	5/16	16	1'8"	13'4"	0,462 6,16
8	9/16	14	23'9"	190'	0,728 138,32
18	3/8	2,5	2'6"	45'	0,087 3,92
20	5/16		7"	11'8"	0,165 1,92
20	9/16	3	7"	11'8"	0,156 1,82
76	9/16				0,0306 2,33
4	9/16			Куп. 2. 6361	48,28
4	9/16	14	20'8"	82'8"	0,728 60,18
8	1/2		29'3"	234'	0,442 103,43

Накладки листа 14x9/16



Рышетка

Фасонный лист



Раскос №4 $\ell = 27'8''$

Листы

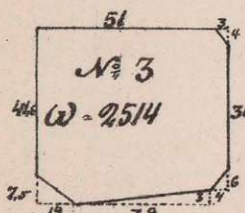
Рышетка

$L 3 \times 3 \times 5/16$

Прокладки

Фасонная прокладка вынор. угля №4

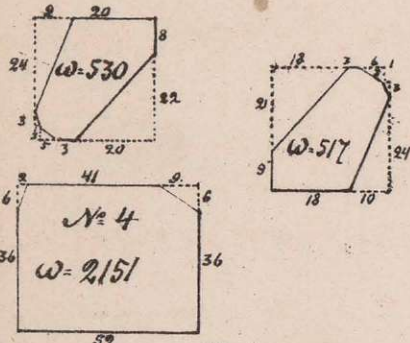
Шайбы



Раскос №5 $\ell = 27'10''$

Листы

$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$

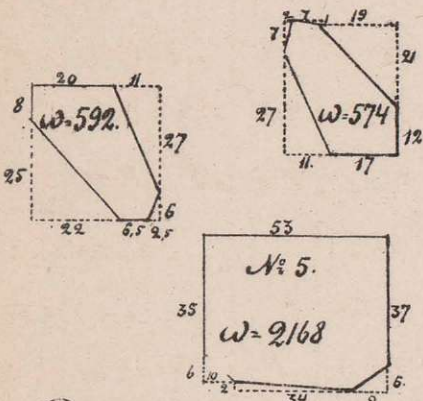


Рышетка

Раскос №6 $\ell = 27'10''$

Листы

$L 3 \times 3 \times 3/8$

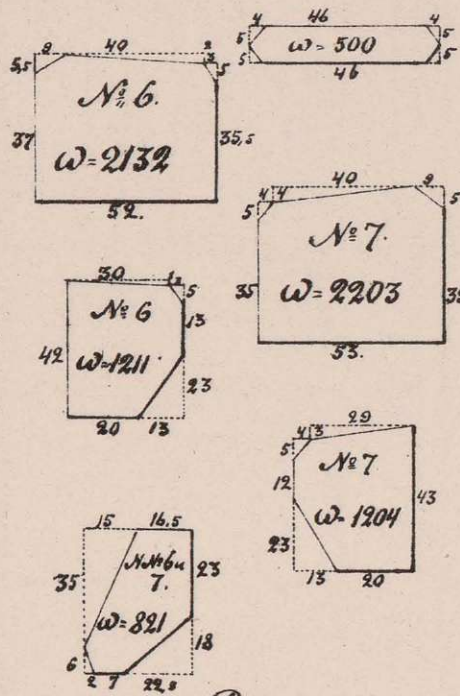


Рышетка

4	9/16			Куп. 2.	1643	12,65
4	9/16				1575	12,13
92	3/8	2,5	1'7"			
8			1'3"		155'8"	0,087 13,54
8	5/16	16	1'8"		13'4"	0,462 6,16
4	9/16			Куп. 2.	6064	46,69
8	1/2	11,5	23'10"		190'8"	0,531 101,24
18	3/8	2,5	2'6"		45'	0,087 3,92
20	5/16		7"		11'8"	0,165 1,93
20	9/16	3	7"		11'8"	0,156 1,82
4	1/16			Куп. 2.	52	0,40
84	9/16					0,0306 2,57
4	9/16			Куп. 2.	5656	43,55
4	1/2	11,5	21'2"		84'8"	0,531 44,96
8	1/2		29'4"		234'8"	0,372 87,30
4	1/2			Куп. 2.	1060	8,16
4	1/2				1034	7,96
4	1/2				4302	33,13
92	3/8	2,5	1'7"			
8			1'3"		155'8"	0,087 13,54
8	5/16	16	1'8"		13'4"	0,462 6,16
4	1/2	10,5	20'8"		82'8"	0,485 40,09
4	3/8		27'10"			
4			28'5"		225'	0,196 44,10
4	1/2			Куп. 2.	1148	8,84
4	1/2				1184	9,12
4	1/2				4336	33,39
92	3/8	2,5	1'7"			
8			1'3"		155'8"	0,087 13,54

Раскос №7 $\ell = 27'10''$

Листы



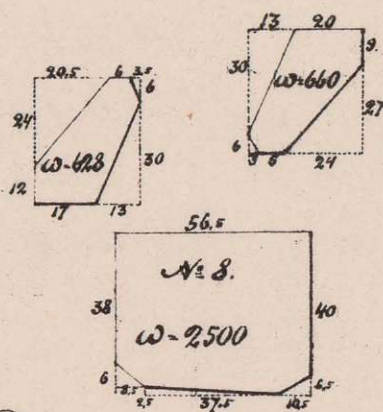
Рышетка

$L 3 \times 3 \times 5/16$

Раскос №8 $\ell = 27'10''$

Листы

$L 3 \times 3 \times 3/8$



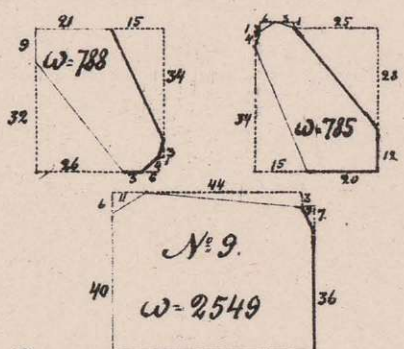
Рышетка

Раскос №9 $\ell = 27'10''$

Листы

$L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$

Накладки



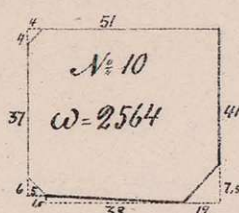
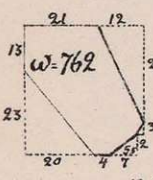
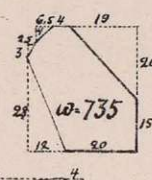
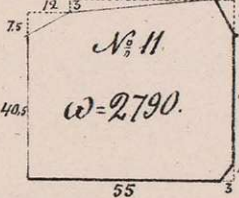
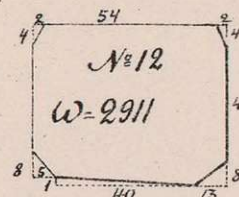
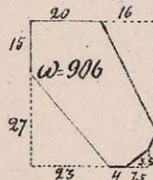
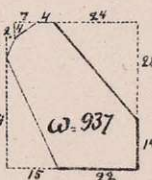
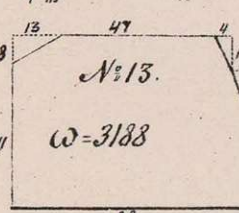
Рышетка

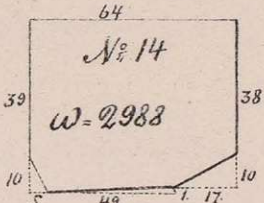
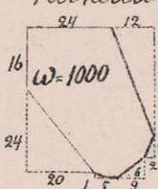
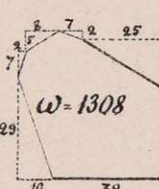
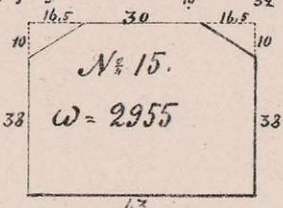
Раскос №10 $\ell = 27'8''$

Листы

Рышетка

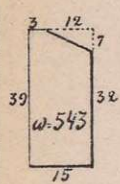
4	5/16	16	1'8"	6'8"	0,462	3,08
8	1/2	10	11'7"	92'8"	0,462	42,81
4		10,5	24'2"	96'8"	0,485	46,88
8	3/8			Куп. 2.	1500	11,55
4	1/2				4264	32,83
4	1/2				4406	33,93
4	1/2				2422	18,65
4	1/2				2408	18,54
16	1/2				6568	50,58
40	3/8	2,5	2'6"	100'	0,087	8,70
44	5/16		7"	25'8"	0,165	4,24
4	1/2	10,5	20'6"	82'	0,485	39,77
4	3/8		27'10"			
4			28'5"	225'	0,196	44,10
4	1/2			Куп. 2.	1320	10,16
4	1/2				1256	9,67
4	1/2				5000	38,50
92	3/8	2,5	1'7"			
8			1'3"	155'8"	0,087	13,54
4	5/16	16	1'8"	6'8"	0,462	3,08
4	1/2	12,5	20'2"	80'8"	0,578	46,62
8	1/2		29'3"	234'	0,372	87,05
4	1/2			Куп. 2.	1570	12,09
4	1/2				1576	12,14
4	1/2				5098	39,25
92	3/8	2,5	1'7"			
8			1'3"	155'8"	0,087	13,54
8	5/16	16	1'8"	13'4"	0,462	6,16
8	1/2	12,5	23'10"	190'8"	0,578	110,21
18	3/8	2,5	2'6"	45'	0,087	3,92

L 3x3x 5/16		20	5/16	7"	11' 8"	0,165	1,93		
Прокладки		20	1/2	3	7"	11' 8"	0,139	1,62	
Шайбы		84	1/2		84 мм.	0,0272	2,28		
		4	1/2		Каб. д.	5128	39,49		
Раскосы № 11 l=27' 7"									
Листы		4	1/2	15	20' 9"	83'	0,693	57,52	
L 6x4x 1/2		8	1/2		29' 5"	235' 4"	0,442	104,02	
		4	1/2		Каб. д.	1470	11,32		
		4	1/2			1524	11,73		
		4	1/2			5580	42,97		
Решетка		92	3/8	2,5	1' 7"				
		8			1' 3"	155' 8"	0,087	13,54	
		8	5/16	16	1' 8"	13' 4"	0,462	6,16	
Раскосы № 12 l=27' 5"									
Листы		8	9/16	15	23' 10"	130' 8"	0,780	148,72	
Решетка		18	3/8	2,5	2' 6"	45'	0,087	3,92	
L 3x3x 5/16		20	5/16		7"	11' 8"	0,165	1,93	
Прокладки		20	9/16	3	7"	11' 8"	0,156	1,82	
Шайбы		76	9/16				0,0306	2,33	
Орасная прок. вьширо. гр.ц. № 11		4	1/16			Каб. д.	86	0,0077	0,66
		4	9/16			6550	50,44		
Раскосы № 13 l=27' 7"									
Листы		4	9/16	16	20'	80'	0,832	66,56	
L 5x3 1/2 x 1/2		8	1/2		29' 5"	235' 4"	0,372	87,54	
L 3x3x 1/2		8	1/2		29' 5"	235' 4"	0,257	60,48	
Накладки:		4	9/16			Каб. д.	2108	16,28	
		4	9/16			2039	15,70		
		4	9/16			7173	55,23		
		4	9/16						
Решетка		92	3/8	2,5	1' 7"				
		8			1' 3"	155' 8"	0,087	13,54	
		8	5/16	16	1' 8"	13' 4"	0,462	6,16	
Раскосы № 14 l=27' 9"									
Листы		8	9/16	18,5	23' 8"	189' 4"	0,962	182,14	
Решетка		16	3/8	2,5	2' 6"	40'	0,087	3,48	

$L 3 \times 3 \times \frac{5}{16}$	18	$\frac{5}{16}$	7"	10' 6"	0,165	1,73
Прокладки	18	$\frac{9}{16}$	3	7"	10' 6"	0,156 1,64
Шайбы	76	$\frac{9}{16}$			0,0306	2,33
	4	$\frac{9}{16}$			Каб. д. 6723	51,77
Раскосы № 15 $l = 27' 9"$						
Листы	4	$\frac{9}{16}$	20	20' 4"	81' 4"	1,039 84,51
$L 5 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	4	$\frac{1}{2}$		29' 4"		
	8			28' 7"		
	4			27'	454' 8"	0,372 168,89
Решетка	92	$\frac{3}{8}$	2,5	1' 7"		
	8			1' 3"	155' 8"	0,087 13,54
	6	$\frac{3}{8}$	16	2' 6"	15'	0,555 8,33
Накладки						
 	4	$\frac{9}{16}$			Каб. д. 2250	17,32
	4	$\frac{1}{2}$			2616	20,14
	2	$\frac{1}{2}$			Каб. д. 2955	22,75
	2	$\frac{9}{16}$			3324	25,59
					Всего	3895,00
<u>II Стойки.</u>						
Стойка № 3'						
$L 5 \times 3 \times \frac{3}{8}$	8	$\frac{3}{8}$		16' 7"	132' 8"	0,266 35,29
Решетка	4	$\frac{9}{16}$	3	2' 9"	11'	0,156 1,72
Шайбы	4	$\frac{9}{16}$			0,0306	0,12
Стойка № 2'						
$L 5 \times 3 \times \frac{3}{8}$	8	$\frac{3}{8}$		19' 4"	154' 8"	0,266 41,14
Прокладки: кь верт. листу пояса	8	$\frac{1}{2}$	5	2'	16'	0,237 3,70
кь диафрагмамь	8	$\frac{3}{8}$	3	1'	8'	0,104 0,83
Решетка	16	$\frac{9}{16}$	3	2' 9"		
	2			2' 1"	48' 2"	0,156 7,51
Диафрагмы	2	$\frac{3}{8}$	12	2'	4'	0,416 1,66
Шайбы	4	$\frac{9}{16}$			0,0306	0,12
Стойка № 1'						
$L 3 \times 3\frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$	8	$\frac{3}{8}$		22' 2"	177' 4"	0,214 37,95
Прокладки	4	$\frac{1}{2}$	8	1' 4"	5' 4"	0,370 1,97
	8	$\frac{1}{2}$	3,5	2' 2"	17' 4"	0,162 2,81
Решетка	12	$\frac{9}{16}$	3	2' 9"	33'	0,156 5,15
Шайбы	4	$\frac{9}{16}$			0,0306	0,12
Диафрагмы	2	$\frac{3}{8}$	12	2'	4'	0,416 1,66
	4	$\frac{3}{8}$	3	1'	4'	0,104 0,42
Стойка № 0.						
$L 3\frac{1}{2} \times 3\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	8	$\frac{1}{2}$		24' 11"	199' 4"	0,303 60,40

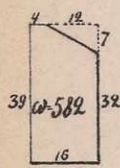
	4	1/2			Куп. 2. 2024	15,58
Рышетка	72	3/8	2,5	1'8"	120'	0,087 10,44
	40	3/8	3	2'10"		
	16			2'1"	146'8"	0,104 15,25
Стойка №1.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	2'	8'	0,370 2,96
Рышетка	14	9/16	3	2'11"	40'10"	0,156 6,37
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	4	3/8	3	1'	4'	0,104 0,42
	4	9/16				0,0306 0,12
Шайбы						
Стойка №2.						
└ 5x3x7/16	8	7/16		24'11"	199'4"	0,308 61,39
Прокладки	4	1/2	11	1'10"	7'4"	0,508 3,73
Рышетка	24	9/16	3	2'11"		
	2			2'	74'	0,156 11,54
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	8	3/8	3	1'	8'	0,104 0,83
	4	9/16				0,0306 0,12
Шайбы						
Стойка №3.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	1'8"	6'8"	0,370 2,46
Рышетка	14	9/16	3	2'9"	38'6"	0,156 6,01
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	4	3/8	3	1'	4'	0,104 0,42
Стойка №4.						
└ 5x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,283 56,41
Прокладки	4	1/2	11	1'6"	6'	0,508 3,05
	24	9/16	3	2'9"		
	2			2'	70'	0,156 10,92
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	24	1'	2'	0,832 1,66
	8	3,5	1'	8"		0,121 0,97
Стойка №5.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	1'6"	6'	0,370 2,22
Рышетка	14	9/16	3	2'9"	38'6"	0,156 6,01
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	4		3	1'	4'	0,104 0,42
Стойка №6.						
└ 6x4x1/2	8	1/2		24'11"	199'4"	0,442 88,10
Рышетка	24	9/16	3	2'9"		

	2			2'1"	70'2"	0,156 10,95
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	26	1'	2'	0,901 1,80
	8		4	1'	8'	0,139 1,11
Стойка №7.						
└ 6x4x1/2	8	1/2		24'11"	199'4"	0,442 88,11
Рышетка	24	9/16	3	2'9"		
	2			2'1"	70'2"	0,156 10,95
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	26	1'	2'	0,901 1,80
	8	3/8	4	1'	8"	0,139 1,11
Стойка №8.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	1'10"	7'4"	0,370 2,71
Рышетка	14	9/16	3	2'9"	38'6"	0,156 6,01
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	4		3	1'	4'	0,104 0,42
Стойка №9.						
└ 5x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,283 56,41
Прокладки	4	1/2	11	1'10"	7'4"	0,508 3,73
Рышетка	24	9/16	3	2'9"		
	2			2'	70'	0,156 10,92
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	24	1'	2'	0,832 1,66
	8	3/8	3,5	1'	8'	0,121 0,97
Стойка №10.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	1'9"	7'	0,370 2,59
Рышетка	14	9/16	3	2'9"	38'6"	0,156 6,01
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	4	3/8	3	1'	4'	0,104 0,42
Стойка №11.						
└ 5x3x7/16	8	7/16		24'11"	199'4"	0,308 61,39
Прокладки	4	1/2	11	1'10"	7'4"	0,508 3,73
Рышетка	24	9/16	3	2'9"		
	2			2'	70'	0,156 10,92
Шайбы	4	9/16				0,0306 0,12
Диафрагмы	2	3/8	23	1'	2'	0,797 1,59
	8		3	1'	8'	0,104 0,85
Стойка №12.						
└ 3x3 1/2 x 3/8	8	3/8		24'11"	199'4"	0,214 42,66
Прокладки	4	1/2	8	2'	8'	0,370 2,96



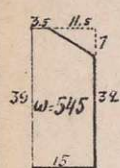
Прокладки

№№ 6 и 7 $L 3 \times 3 \times \frac{5}{16}$



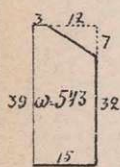
Рышетка

№ 9 $L 3 \times 3 \times \frac{5}{16}$



Рышетка

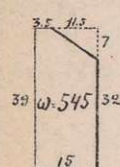
№ 13 $L 3 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$



Рышетка

Прокладки

№ 14 $L 3 \frac{1}{2} \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{5}{16}$

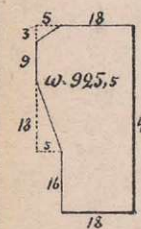


Рышетка

Прокладки

№ 15 $L 3 \times 3 \times \frac{5}{16}$

Листы



Рышетка

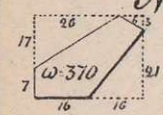
3. Вертикальные связи

№ 3' $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

№ 2' $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

№ 1' $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

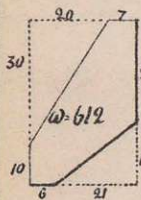
№ 0' $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$



Рышетка

№№ 1, 2, 14 $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

№ 15 $L 5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$



Рышетка

Всего по VII

VII. Поперечная часть

1. Продольные балки

Вертикальные листы

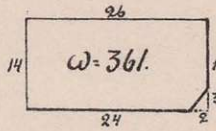
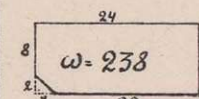
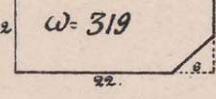
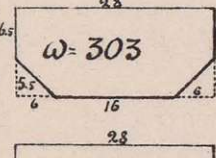
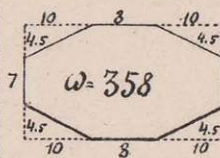
Накладки

Уголки $L 3 \times 3 \times \frac{3}{8}$

$L 3 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{7}{16}$

Горизонтальные листы

Накладки



Горизонтальные связи

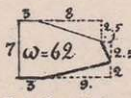
Диагонали $3 \times 2 \times \frac{5}{16}$

Распорки $L 3 \times 2 \times \frac{5}{16}$

Вертикальные связи.

Диагонали $3 \times 2 \times \frac{5}{16}$

Планки



Уголки жесткости $L 3 \times 2 \times \frac{5}{16}$

$L 3 \times 3 \times \frac{3}{8}$

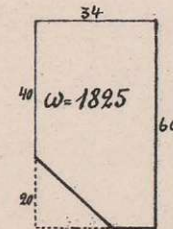
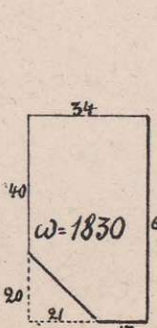
Консольные $L 3 \times 3 \times \frac{5}{16}$

Уголки для шпал $5 \times 3 \frac{1}{2} \times \frac{3}{8}$

$5 \times 5 \times \frac{3}{8}$

2. Поперечные балки

Вертикальные листы



№ п/п	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за единицу	Сумма	Итого
1	Листы	м ²	12	3/8	11588	89,23
2	Листы	м ²	48	3/8	45720	352,04
3	Листы	м ²	8	3/8	7830	60,29
4	Листы	м ²	4	3/8	2862	22,04
5	Листы	м ²	4	3/8	16	2,05
6	Листы	м ²	8	3/8	8'2"	0,555
7	Листы	м ²	8	3/8	1188	9,15
8	Листы	м ²	148	3/8	20646	158,97
9	Листы	м ²	8	3/8	645	4,97
10	Листы	м ²	24	3/8	25	3'4"
11	Листы	м ²	96	24	3'4"	320'
12	Листы	м ²	16	26	3'4"	53'4"
13	Листы	м ²	272	3/8	3	1'8
14	Листы	м ²	96	7/16	14'	453'4"
15	Листы	м ²	24		15'11"	0,104
16	Листы	м ²	16		13'10"	0,867
17	Листы	м ²	4		17'4"	0,832
18	Листы	м ²	4		15'6"	0,901
19	Листы	м ²	12	1/2	16'	453'4"
20	Листы	м ²	408	3/8	1'4,5"	0,308
21	Листы	м ²	74		2'2"	0,349
22	Листы	м ²	1	3/8	8,5	0,231
23	Листы	м ²	1		14'	166,63
24	Листы	м ²	5		10'4"	
25	Листы	м ²	4		12'	
26	Листы	м ²	2		17'4"	
27	Листы	м ²	2		13'2"	186'
28	Листы	м ²	2	1/2	9,5	0,295
29	Листы	м ²	4		10'8"	54,87
30	Листы	м ²	4		10'4"	
31	Листы	м ²	2		11'4"	85'4"
32	Листы	м ²	2	7/16	10	0,439
33	Листы	м ²	2		10'4"	44'8"
34	Листы	м ²	4	7/16	9,5	0,404
35	Листы	м ²	4		10'4"	86'8"
36	Листы	м ²	6	3/8	10	0,384
37	Листы	м ²	2		11'4"	33,28
38	Листы	м ²	8		10'4"	177'4"
39	Листы	м ²	6	3/8	9,5	0,347
40	Листы	м ²	6		10'4"	134'
41	Листы	м ²	8	3/8	9	0,329
42	Листы	м ²	8		12'	44,09
43	Листы	м ²	8	3/8	9	12'

Углы для жесткости	8			10'4"	178'8"	0,312	55,74
3x3x5/16	148			3'3"	481'	0,165	79,36
L 3 1/2 x 3 1/2 x 5/16	72	5/16		14'7"	1050'	0,194	203,70
Планки	144	5/16			14'2"	3150	24,25
Опалитальные части к							
поперечным балкам №15	4	3/8	26	5'	20'	0,901	18,32
№0	8		25	5'	40'	0,867	34,68
	6	3/8	15,5	5'	30'	0,537	16,11
Углы 3 1/2 x 3 1/2 x 3/8	36	3/8		5'	180'	0,231	41,58
3x3x3/8	24			1'4,5"			
У поперечных балок №4'	16			5'4"			
	4			2'5"			
Прокладки	4			2'2"	136'8"	0,196	26,79
	4	1/2			14'2"	272	2,09
3) Спрягающая балки.							3335,33
Вертикальные листы	4	3/8	24,5	16'	64'	0,849	54,34
Накладки							
	12	7/16			14'2"	3481	26,80
	12	7/16				1103	8,49
	4	3/8				497	3,83
Углы 3 1/2 x 3 x 7/16	16	7/16		16'			
	8			1'11"	271'4"	0,247	67,02
3x3x5/16	8	5/16		2'	16'	0,165	2,64
Горизонтальные листы	8	7/16	8	15'8"	125'4"	0,324	40,61
Распорки	2	3/8	23,5	5'11"	11'10"	0,815	9,65
Вертикальные листы	4	5/16	25	9'4"	37'4"	0,722	26,96
Углы 3x3x3/8	12	3/8		5'11"			
	4			5'4"	92'4"	0,196	18,10
3 1/2 x 3 1/2 x 7/16	8	7/16		9'4"	74'8"	0,267	19,94
Прикрепления							
L 6x4x1/2	4	1/2		8'			
	16			9'			
	16			6,5"	52'8"	0,442	23,28
Листы	8	1/2	4	8"	5'4"	0,185	0,99
	8	3/4	4	2'	16'	0,278	4,45
Углы 4x4x3/8	16	3/8		1'11"	30'8"	0,266	8,16
L 3x3x3/8	16	3/8		1'10"	29'4"	0,196	5,75
L 3x3x5/16	8	5/16		1'10"	14'8"	0,165	2,42
L 3 1/2 x 3 1/2 x 3/8	16	3/8		1'11"			
	8			1'3"			
	8			2'1"	57'4"	0,231	13,24

Болтовое	1.	Полон. фан	2360	0,073	172,28
					235,84
Чугунъ					
На одну стойку 0,544 трд.	168			0,544	91,39

Итого на весь мостъ требуется:

а.) Железа

I для верхних поясовъ	2 X	2914,39	=	5828,78
II " нижнихъ "	2 X	3068,37	=	6136,74
III " раскосовъ	2 X	3895,00	=	7790,00
IV " стоекъ	2 X	1261,54	=	2523,08
V " верхнихъ связей	2 X	671,93 + 687,05	=	2031,01
VI " нижнихъ "				1739,41
VII " проезжей части				7157,08
VIII " опорныхъ частей				336,62

Итого железа 33542,72

3½% на головки заклепок 1174,00

IX для перилъ 235,84

Всего железа 34952,56

б.) Сталь для опорныхъ частей 1929,22

в.) Чугунъ для перилъ 91,39

Всего металла въ верхн. строении 36973,17