

627.82
П-44

В. В. ПОДАРЕВ,
профессор С.-Х. Академии имени Тимирязева.

627.82 ✓
П-44

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

I

ПЛОТИНЫ

ВЫПУСК III.

С 121 чертежом в тексте.

Комиссией по учебникам Научно-Технической Секции Государственного Ученого Совета допущено, как пособие для ВТУЗ-ов.

Издание автора.

МОСКВА—1925

НОРЮНОВНА ФТБРС М833

П



В. В. ПОДАРЕВ,
профессор С.-Х. Академии имени Тимирязева.

у

627.84

п-44

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

проверено
1966 г.

ПЛОТИНЫ

ВЫПУСК III.

2027
53

✓

издание автора.



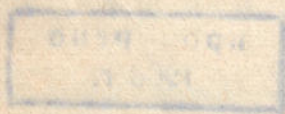
Т Р У Д Ы

лаборатории гидротехнических сооружений инженерно-агрономического факультета
Сельско-хозяйственной Академии.

МОСКВА

1925.

Отпечатано в 5-й
типо - литографии
«Мосполиграф»,
Мыльниковпер.,14,
в колич. 4.000 экз.
Главлит № 33285.
Москва.



VI. Деревянные шлюзы

Третий выпуск курса „плотин“, изданный благодаря содействию Туркводхоза, которому, в лице М. В. Рыкунова, Б. Х. Шлегеля и Н. Д. Прохорова, приношу свою глубокую благодарность, составляет продолжение первых двух выпусков книги, изданных „Новой Деревней“ Наркомзема и заключающих в себе первые пять глав книги, а именно:

- I. Задвижные плотинные затворы.
- II. Поворотные плотинные затворы с горизонтальной осью вращения.
- III. Поворотные плотинные затворы с вертикальной осью вращения и прочие типы затворов.
- IV. Автоматические плотинные затворы.
- V. Механизмы для маневрирования плотинными затворами.

В следующих четырех главах описывается конструкция и предлагается расчет шлюзов, т.-е. водопропускных отверстий в плотинах с затворами для регулирования расхода воды, подпертой сооружениями.

Так как в первых двух выпусках сочинения имеется 302 чертежа (в том числе 131 в тексте), то нумерация чертежей в третьем выпуске начата с 303-го номера.

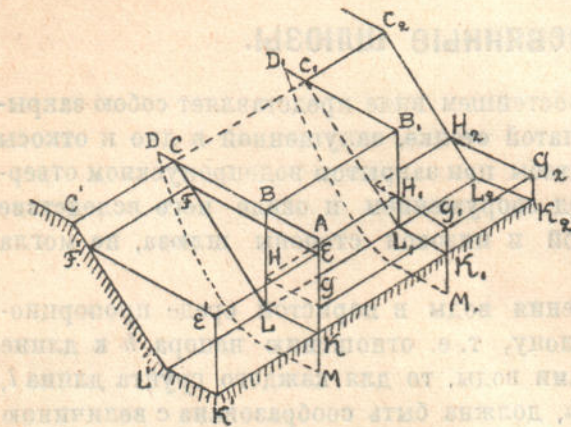
Проф. С.-Х. Академии имени К. А. Тимирязева **В. В. Подарев.**

1 января 1925 г.

Очертание этой стенки снизу и сбоку, при уровне верховой воды $EFE'F'$ и низовой GHG_1H_1 , а, следовательно, напоре $EG = h$ и фильтрационном коэффициенте k , равном, например:

$$k = l : h = 4,$$

определяется, при одинаковом грунте в дне и откосах русла, следующим образом (см. ч. 303, II).



Ч. 304.

Восставив из точек K и L перпендикуляры KM и LN к линии KL и из точки L , кроме того, перпендикуляр LO к линии откоса LH и к этой последней перпендикуляр HP из точки H откоса, лежащей на уровне низовой воды, отложим на этих перпендикулярах отрезки:

$$KM = LN = LO = HP = l : 2 = 2 \cdot h$$

и соединим M с N прямою MN , N с O дугою круга NO и O с P прямою OP .

Полученная таким образом линия $MNOP$ будет служить очертанием стенки снизу до точки P , потому что для всякой частицы воды, начинающей двигаться от линии KLH и обходящей сооружение, сначала спускаясь вдоль передней его грани и затем поднимаясь вдоль задней грани, кратчайший путь, на котором потеряется напор h , будет l .

Что же касается очертания низа стенки выше точки P , то оно должно идти по такой кривой PD , сумма расстояний каждой точки Q которой от линии откоса CH и от точки H равнялась бы l , например:

$$HQ + QR = l = 4 \cdot h,$$

при QR перпендикулярной к HC .

Приняв за оси координат HP и HC и обозначив QR через x и HQ через y , найдем:

$$HQ = \sqrt{x^2 + y^2}$$

и, следовательно:

$$-x + \sqrt{x^2 + y^2} = l, \text{ или: } \sqrt{x^2 + y^2} = l - x,$$

или: $x^2 + y^2 = l^2 + x^2 - 2 \cdot l \cdot x,$

или: $y^2 = l^2 - 2 \cdot l \cdot x = 2 \cdot l \cdot \left(\frac{l}{2} - x\right).$

Взяв новую ось координат PS , проходящую через P и параллельную HC и, следовательно, введя новую переменную:

$$x_1 = \frac{l}{2} - x,$$

получим:

$$y^2 = 2 \cdot l \cdot x_1$$

уравнение параболы с вершиною в P и осью HP .

При возрастании h можно, для увеличения l , вместо углубления стенки в русло, пристроить к прорезу KLB шлюза деревянный лоток $BB_1LL_1KK_1$ (см. ч. 304), в конце которого обыкновенно ставят вторую поперечную стенку $D_1C_1B_1L_1K_1M_1D_1$, причем:

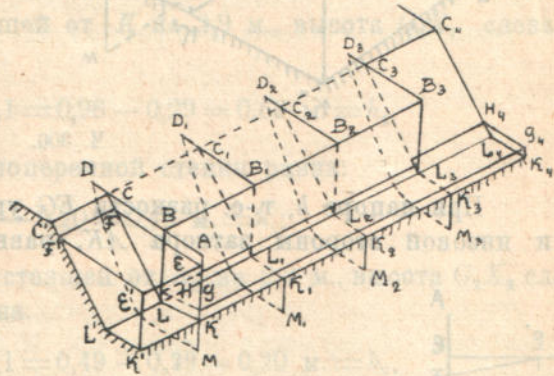
$$l = 2 \cdot KM + KK_1 + 2 \cdot K_1M_1$$

должно равняться напору EG , равному h , умноженному на фильтрационный коэффициент k .

При очень больших напорах к лотку пристраивают несколько промежуточных поперечных стенок $D_1C_1B_1L_1K_1M_1$, $D_2C_2B_2L_2K_2M_2$, $D_3C_3B_3L_3K_3M_3$ (см. ч. 305) и тогда l нужно считать равным:

$$2 \cdot KM + KK_1 + 2 \cdot K_1M_1 + K_1K_2 + 2 \cdot K_2M_2 + K_2K_3 + 2 \cdot K_3M_3,$$

причем расстояние между двумя смежными поперечными стенками, например, K_1K_2 между стенками $D_1B_1L_1K_1M_1$ и $D_2B_2L_2K_2M_2$ должно быть не меньше удвоенной величины большего из двух запусков: K_1M_1 и K_2M_2 для того, чтобы быть больше уверенным, что вода между стенками D_1M_1 и D_2M_2 пойдет по пути $M_1K_1K_2M_2$, а не по кратчайшему расстоянию M_1M_2 .



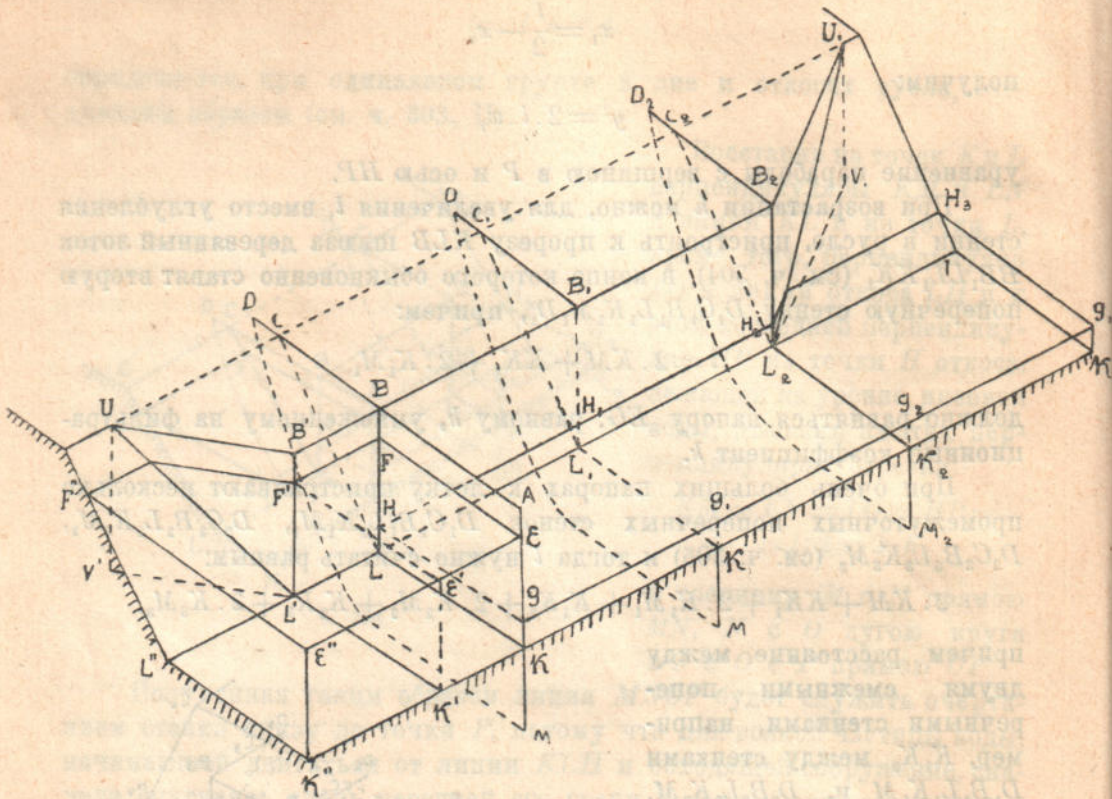
Ч. 305.

Таким образом, в самом общем виде деревянный однопролетный шлюз состоит из нескольких поперечных стенок, двух продольных и дна.

Продольные стенки и дно могут быть продолжены и с верховой стороны шлюзового затвора, причем для уменьшения водоворотов при входе воды в шлюз и выходе ее из шлюза и для увеличения коэффициента расхода воды, проходящей через шлюз, продольные стенки следует оканчивать откосными крыльями $B'L'U'V'$ и $B_2L_2U_1V_1$, как показано на ч. 306.

Давление воды на дно и стенки шлюза в разных местах по его длине определяется по пьезометрической линии следующим образом

(см. ч. 307, на котором масштаб для высот в два раза больше масштаба для горизонтальных расстояний).



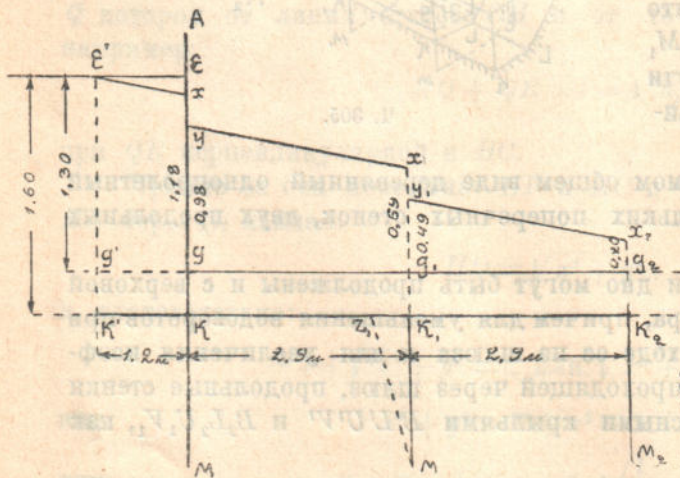
Ч. 306.

При напоре h , т.е. разности EG уровней EE' и GG_2 с верховой и низовой стороны затвора AK , равном 1,3 м. и фильтрационном коэффициенте $k = 10$ длина пути l , на котором потеряется напор h , должна быть:

$$l = k \cdot h = 10 \cdot 1,3 = 13 \text{ м.}$$

причем на каждый метр пути, пройденного частицей воды в грунте, потеряется напор 0,1 м. и при трех поперечных стенках с запусками:

$$KM = K_1 M_1 = K_2 M_2 = 1 \text{ м.}$$



Ч. 307.

длина пола должна быть:

$$13,0 - 3 \cdot 2,0 = 13,0 - 6,0 = 7,0 \text{ м.}$$

и длины отдельных частей пола взяты равными:

$$K'K = 1,2 \text{ м., } KK_1 = 2,9 \text{ м. и } K_1K_2 = 2,9 \text{ м.}$$

Ординаты пьезометрической линии отсчитываются от уровня пьезометрической воды $G'G_2$ и в начале линии пьезометрическая высота

$$h_1 = G'E',$$

т.е. полному напору h , равному 1,3 м.;

в точке K , отстоящей от K' на 1,2 м., слева от поперечной стенки высота

$$h_2 = GX$$

меньше $G'E'$ на $1,2 \cdot 0,1$, т.е. на 0,12 м. и равна:

$$1,30 - 0,12 = 1,18 \text{ м.,}$$

а высота GY справа от поперечной стенки меньше GX на $2 \cdot 0,1 = 0,2$ м и разность

$$1,18 - 0,20 = 0,98 \text{ м.} = h_3;$$

затем, в точке K_1 , отстоящей от K на 2,9 м., высота G_1X_1 слева от поперечной стенки равна:

$$0,98 - 2,9 \cdot 0,1 = 0,98 - 0,29 = 0,69 \text{ м.} = h_4,$$

а высота G_1Y_1 справа от поперечной стенки равна:

$$0,69 - 0,20 = 0,49 \text{ м.} = h_5;$$

и, наконец, в точке K_2 , отстоящей от K_1 на 2,9 м., высота G_2X_2 слева от поперечной стенки равна:

$$0,49 - 2,9 \cdot 0,1 = 0,49 - 0,29 = 0,20 \text{ м.} = h_6,$$

а высота h_7 справа от поперечной стенки равна:

$$0,20 - 2 \cdot 0,1 = 0,20 - 0,20 = 0.$$

Таким образом давление на один квадратный метр пола снизу и боковой стенки сбоку будет, например, в сечении K_1 шлюза, слева от поперечной стенки 0,69 тонн, а справа 0,49 тонн, а в сечении K , справа от поперечной стенки, давление на один квадратный метр пола снизу и боковой стенки сбоку будет 0,98 тонн.

В части пола $K'K$ давление на пол снизу почти полностью уравновешивается давлением воды на пол сверху и потому перед шлюзовым затвором досчатый пол может быть заменен каменной мостовой на слое уплотненной глины (по английски „puddle“).

Давление воды на каждую из поперечных стенок, например, на K_1M_1 изменяется по закону треугольника, уменьшаясь от

$$K_1Z_1 = X_1Y_1$$

у пола или боковой стенки до нуля у низа и бока поперечной стенки.

На поперечную стенку KM , в которой помещен шлюзовой затвор, передается, кроме того, полное давление воды на затвор.

В простейших случаях поперечная стенка устраивается из горизонтальных досок, соединенных в четверть и прибитых со стороны напора воды к остову из брусчатых стоек и поперечин, поставленному в вырытой поперек русла водотока траншее, которая затем плотно затрамбовывается глинистой землей (см. чч. 313, 314, 315, 319).

При грунте, пропитанном водою, углубление траншеи дальше известного предела становится затруднительным и тогда нижнюю часть поперечной стенки устраивают в виде шпунтового досчатого или брусчатого ряда, т.-е. из вертикальных досок или брусьев, соединенных в шпунт и забитых в дно траншеи (см. чч. 316, 318, 320, 321, 322).

Иногда при основании, устроенном в виде шпунтового ряда, и верхняя часть поперечной стенки делается из шпунтовых, забитых в грунт, досок, как показано на ч. 317.

При больших напорах и грунте, допускающем забивку свай, верхняя часть поперечных стенок делается из ряжей (см. чч. 324, 325).

Продольные стенки в простейших случаях устраиваются, как представлено на чч. 314, 315, 317, 319, 321, 322, из горизонтальных досок, соединенных в четверть и прибитых со стороны напора земли к стойкам брусчатых прямоугольных рам, поставленных поперек шлюза на расстоянии 1—2 метра одна от другой, причем поперечины рам служат распорками для боковых стенок, а нижние поперечины, кроме того, для прикрепления пологого досчатого настила.

Давление на один погонный метр продольной стенки, на которую при закрытом водопропускном отверстии, кроме земли давит и вода, определяется следующим образом (см. М. Мёллер. Таблицы для определения давления земли. Перев. Лавриновича, 1910 г.).

На один погонный метр верхней части стенки

$$AB = h \text{ м.},$$

(см. ч. 308, I), расположенной над уровнем воды BF , приходится давление P_1 , соответствующее весу призмы обрушения с основанием ABD и высотой, равную 1 м.;

при угле естественного откоса грунта, равном φ ,

$$\angle ABD = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}$$

и при весе 1 куб. метра = γ кил.,

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \text{Tang}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right);$$

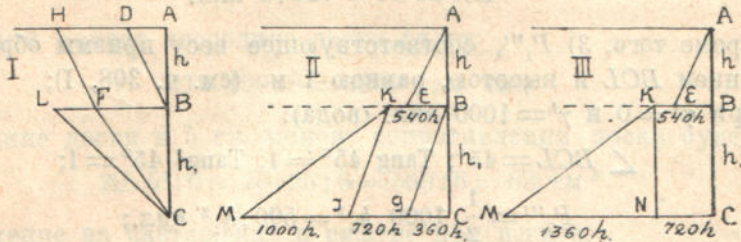
при $\varphi = 33^\circ$ и $\gamma = 1800$ кил.,

$$45^\circ - \frac{\varphi}{2} = 45^\circ - 16^\circ 30' = 28^\circ 30'; \text{ Tang } 28^\circ 30' = 0,54; \text{ Tang}^2 28^\circ 30' = \\ = 0,29 \text{ или } \infty 0,3;$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \cdot 1800 \cdot 0,3 \cdot h^2 = 270 \cdot h^2 \text{ кил.};$$

графически это давление выразится площадью треугольника ABE (см. ч. 308, II) при:

$$AB = h \text{ и } BE = 540 \cdot h \text{ кил.}$$



Ч. 308.

На нижнюю часть стенки:

$$BC = h_1 \text{ м.}$$

приходятся давления:

1) P_2' , соответствующее весу призмы обрушения с основанием BCF и высотой, равною 1 м. (см. ч. 308, I);

при угле естественного откоса грунта, пропитанного водою, равною φ_1 ,

$$\angle BCF = 45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}$$

и при весе одного кубического метра земли, пропитанной водою и находящейся под гидростатическим давлением $= \gamma_1$ кил.,

$$P_2' = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot h_1^2 \cdot \text{Tang}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2} \right);$$

при $\varphi_1 = 24^\circ$

и $\gamma_1 = 1900$ (вес 1 куб. метра земли, пропитанной водою) — 1000 (вес 1 куб. метра воды) = 900 кил.,

$$45^\circ - \frac{\varphi_1}{2} = 45^\circ - 12^\circ = 33^\circ; \text{ Tang } 33^\circ = 0,65; \text{ Tang}^2 33^\circ = 0,42 = \infty 0,4;$$

$$P_2' = \frac{1}{2} \cdot 900 \cdot 0,4 \cdot h_1^2 = 180 \cdot h_1^2 \text{ кил.};$$

графически это давление представится площадью треугольника BCG (см. ч. 308, II) при:

$$BC = h_1 \text{ и } CG = 360 \cdot h_1 \text{ кил.}$$

2) P_2'' , соответствующее весу призмы обрушения с основанием $DBFH$ и высотой, равной 1 м. (см. ч. 308, I);

P_2'' так относится к P_2' , как вес призмы $DBFH$ относится к весу призмы BCF :

$$P_2'' = 180 \cdot h_1^2 \cdot BF \cdot h \cdot \gamma : \frac{1}{2} \cdot BF \cdot h_1 \cdot \gamma_1 = 360 \cdot h \cdot h_1 \cdot \gamma : \gamma_1 = \\ = 360 \cdot h \cdot h_1 \cdot 1800 : 900 = 720 \cdot h \cdot h_1 \text{ кил.};$$

графически это давление выразится площадью параллелограмма $BGIK$ (см. ч. 308, II) при:

$$BK = GI = 720 \cdot h \text{ кил.}$$

Кроме того, 3) P_2''' , соответствующее весу призмы обрушения с основанием BCL и высотой, равной 1 м. (см. ч. 308, I);

при $\varphi' = 0$ и $\gamma' = 1000$ кил. (вода):

$$\angle BCL = 45^\circ; \text{Tang } 45^\circ = 1; \text{Tang}^2 45^\circ = 1;$$

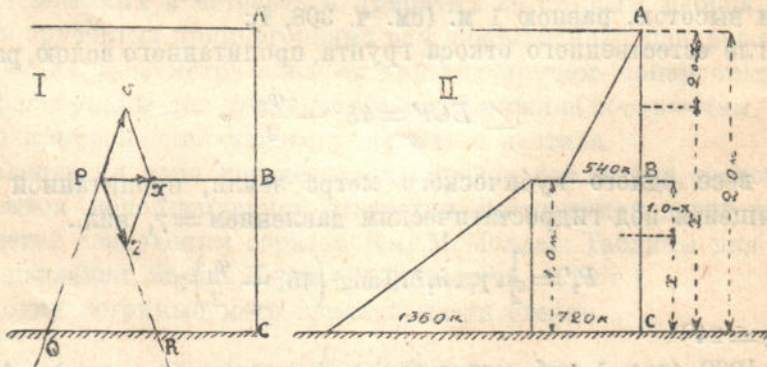
$$P_2''' = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot h_1^2 = 500 \cdot h_1^2 \text{ кил.};$$

это давление графически выразится площадью треугольника KIM (см. ч. 308, II) при:

$$IM = 1000 \cdot h_1 \text{ кил.}$$

Полное давление на один погонный метр стенки, равно:

$$P_1 + P_2' + P_2'' + P_2''',$$



Ч. 309.

выразится графически суммой площадей двух прямоугольных треугольников ABE и BCG , параллелограмма $BGIK$ и косоугольного треугольника KIM , или, проще, суммой площадей двух прямоугольных треугольников ABE и KNM и прямоугольника $BCNK$ (см. ч. 308, III).

При $h = h_1 = 1$ м.,

т.е. при полной высоте стенки в 2 м. и слое воды за стенкой в 1 м. (см. ч. 309, II),

полное давление на один погонный метр стенки равно:

$$\frac{1}{2} \cdot 540 + \frac{1}{2} \cdot 1360 + 1 \cdot 720 = 270 + 680 + 720 = 1670 \text{ кил.}$$

Давление на 1 кв. м. стенки у ее основания равно:

$$1360 + 720 = 2080 \text{ кил.,}$$

и, при расстоянии между стойками в 1 м. и ширине доски в 0,2 м. на нижнюю доску придется давление:

$$0,2 \cdot 2080 = 416 \text{ кил.;}$$

изгибающий момент посредине доски будет:

$$416 \cdot 100 : 8 = 5200 \text{ кил. см.;}$$

при толщине доски в 5 см. момент сопротивления доски будет:

$$20 \cdot 5^2 : 6 = 20 \cdot 25 : 6 = 500 : 6 = 83 \text{ см.}^3$$

и напряжение на растяжение и сжатие при изгибе:

$$5200 : 83 = 63 \text{ кил. на кв. см.}$$

Момент давления земли и воды на стойку относительно опоры С стойки будет:

$$270 \cdot \frac{4}{3} + 680 \cdot \frac{1}{3} + 720 \cdot \frac{1}{2} = 360 + 227 + 360 = 947 \text{ кил. м.;}$$

реакция опоры А:

$$947 : 2 = 474 \text{ кил.;}$$

реакция опоры С:

$$1670 - 474 = 1196 \text{ кил.}$$

При x , обозначающем расстояние произвольного сечения стойки от точки В, отсчитываемое вниз от В, наибольший изгибающий момент для стойки будет:

$$474 \cdot (x + 1) - 270 \cdot \left(x + \frac{1}{3}\right) - 720 \cdot x^2 \cdot \frac{1}{2} - 1360 \cdot x^3 \cdot \frac{1}{6}$$

для такого значения x , при котором производная от последнего выражения по x равна нулю, т.е. при:

$$474 - 270 - 720 \cdot x - 1360 \cdot x^2 \cdot \frac{1}{2} = 0,$$

или:

$$204 - 720 \cdot x - 680 \cdot x^2 = 0,$$

или:

$$x^2 + 1,06 \cdot x - 0,30 = 0,$$

откуда:

$$x = -0,53 + \sqrt{0,28 + 0,30} = -0,53 + \sqrt{0,58} = -0,53 + 0,76 = 0,23 \text{ м.,}$$

и, следовательно, наибольший изгибающий момент для стойки будет:
 $474 \cdot 1,23 - 270 \cdot 0,56 - 360 \cdot 0,053 - 227 \cdot 0,012,$

или:

$$583 - 151 - 19 - 3 = 410 \text{ кил. м.}$$

При допускаемом напряжении на растяжение и сжатие при изгибе равном:

$$60 \text{ кил. на кв. см.},$$

момент сопротивления стойки должен быть:

$$41000 : 60 = 683 \text{ см.}^3,$$

для чего достаточно взять стойку квадратного сечения со стороной в 16 см., так как

$$16^3 : 6 = 4096 : 6 = 683 \text{ см.}^3$$

При длине верхней распорки:

$$l = 4 \text{ м.} = 400 \text{ см.}$$

и ее диаметре:

$$d = 10 \text{ см.},$$

$$l : d = 400 : 10 = 40; (l : d)^2 = 40^2 = 1600.$$

$$\frac{1}{400} \cdot 1600 = 4; 1 + 4 = 5;$$

и, следовательно, коэффициент φ уменьшения основного напряжения на сжатие при продольном изгибе будет:

$$\frac{1}{5}$$

(см. Hütte, 1921, ч. III, стр. 1316).

Таким образом, для нашего случая допускаемое напряжение на сжатие равно:

$$\frac{1}{5} \cdot 60 = 12 \text{ кил. на кв. см.};$$

действительное же напряжение в распорке будет:

$$474 : \frac{\pi \cdot 100}{4} = 474 : 78 = 6 \text{ кил. на кв. см.}$$

В широких шлюзах применение верхних распорок для стенок становится затруднительным и нужно заменять стенные стойки сваями, забитыми в землю, или, при стойках, применять анкерные сваи.

При тяге, скрепляющей с анкерной сваей верх стойки, высотой два метра (см. ч. 309, II), изгибающий момент для анкерной сваи будет:

$$947 \text{ кил. м.};$$

момент сопротивления сваи должен быть равен:

$$94700 : 60 = 1580 \text{ см.}^3$$

и диаметр сваи равен:

$$\sqrt[3]{32 \cdot 1580 : 3,14} = \sqrt[3]{15800} = 25 \text{ см.}$$

Прогиб верха сваи, а вместе с тем и верха стойки, равен:

$$\begin{aligned} 474 \cdot 2^3 : 3 \cdot E \cdot J &= 474 \cdot 8 : 3 \cdot 1000000000 \cdot 0,001580 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,25 = \\ &= 158 \cdot 8 : 10000 \cdot 158 \cdot \frac{1}{8} = 64 : 10000 = 0,0064 \text{ м.} \end{aligned}$$

Если анкерную тягу прикрепить к стойке посредине высоты последней, то прогиб верха анкерной сваи будет:

$$\begin{aligned} 947 \cdot 1^3 : 3 \cdot 1000000000 \cdot 0,001580 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,25 &= 316 \cdot 8 : 10000 \cdot 158 = \\ &= 16 : 10000 = 0,0016 \text{ м.} \end{aligned}$$

Для сечения стойки, отстоящего от точки *B* прикрепления анкерной тяги, считая книзу, на *x* м., изгибающий момент будет (см. ч. 309, II):

$$947 \cdot x - 270 \cdot \left(x + \frac{1}{3}\right) - 720 \cdot x^2 \cdot \frac{1}{2} - 1360 \cdot x^3 \cdot \frac{1}{6};$$

наибольшее значение момента получится при значении *x*, удовлетворяющем уравнению:

$$947 - 270 - 720 \cdot x^2 - 680 \cdot x^3 = 0;$$

или:

$$x^3 + 1,06 \cdot x - 0,99 = 0;$$

откуда:

$$x = -0,53 + \sqrt{0,28 + 0,99} = -0,53 + \sqrt{1,27} = -0,53 + 1,13 = 0,60 \text{ м.};$$

и, следовательно, наибольший изгибающий момент для стойки будет:

$$\begin{aligned} 947 \cdot 0,6 - 270 \cdot 0,93 - 360 \cdot 0,36 - 227 \cdot 0,216 &= \\ = 568 - 251 - 130 - 49 &= 138 \text{ кил. м.} \end{aligned}$$

В точке *B* прикрепления анкерной тяги изгибающий момент для стойки будет:

$$270 \cdot \frac{1}{3} = 90 \text{ кил. м.}$$

Если скрепить анкерную тягу *BP* с парой анкерных свай *PQ* и *PR*, наклоненных одна к другой под углом 40° (см. ч. 309, I), то приходящееся на анкерную тягу усилие *PX*, равное 947 кил., разложится на две силы:

PY и *PZ*,

действующих: первая по PQ и вторая по PR ; каждая из этих сил равна:

$$947 : (2 \cdot \sin 20^\circ) = 947 : (2 \cdot 0,34) = 947 : 0,68 = 1392 \text{ кил.}$$

Сила PY будет растягивать сваю PQ и должна быть уравновешена силою трения земли о боковую поверхность сваи.

Если принять силу трения земли в 0,1 кил. на квадратный сантиметр боковой поверхности сваи, забитой в землю (см. Max Möller. Grundriss des Wasserbaues. 1906. Band I. Ss. 66 und 67), то, при диаметре сваи:

$$d = 20 \text{ см.},$$

глубина l забивки сваи PQ определится из равенства:

$$13920 = \pi \cdot d \cdot l,$$

откуда:

$$l = 13920 : (3,14 \cdot 20) = 13920 \cdot 62,8 = \infty 200 \text{ см.} = 2 \text{ м.}$$

Что касается силы PZ , то она будет сжимать сваю PR , вызывая в этой последней продольный изгиб, и должна быть уравновешена силою трения земли о часть боковой поверхности сваи, находящуюся под землею.

Принимая для этого случая силу трения в 0,3 кил. на один квадратный сантиметр боковой поверхности сваи, найдем, что глубина забивки сваи PR должна быть в три раза меньше глубины забивки сваи PQ , т.е. должна равняться:

$$2 : 3 = 0,67 \text{ м.}$$

Если при той же высоте ABC стенки, равной 2 м., и той же величине давления земли и воды на один погонный метр стенки, равной 1670 кил., с тем же моментом относительно низа стенки, равным 947 кил. м., заменить стенные стойки забитыми в землю сваями, расположенными на том же расстоянии в 1 м. одна от другой, то рассматривая сваю, как балку с заделанным концом C , получим для нижней части сваи, в сечении, отстоящем на x м. от C (см. ч. 309, II), изгибающий момент равным:

$$\begin{aligned} & 270 \cdot \left(1 - x + \frac{1}{3}\right) + 720 \cdot \frac{1}{2} \cdot (1 - x)^2 + 1360 \cdot \frac{1}{6} \cdot (1 - x)^3 = \\ & = 270 \cdot \left(\frac{4}{3} - x\right) + 360 \cdot (1 - 2x + x^2) + 227 \cdot (1 - 3x + 3x^2 - x^3) = \\ & = 360 - 270 \cdot x + 360 - 720 \cdot x + 360 \cdot x^2 + 227 - 680 \cdot x + 680 \cdot x^2 - 227 \cdot x^3 = \\ & = -227 \cdot x^3 + 1040 \cdot x^2 - 1670 \cdot x + 947. \end{aligned}$$

Интегрируя это выражение, получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{4} \cdot 227 \cdot x^4 + \frac{1}{3} \cdot 1040 \cdot x^3 - \frac{1}{2} \cdot 1670 \cdot x^2 + 947 \cdot x = \\ & = -56,75 \cdot x^4 + 346,70 \cdot x^3 - 835,00 \cdot x^2 + 947,00 \cdot x \dots \quad (1); \end{aligned}$$

при $x=1$ м. значение этого интеграла будет:

$$- 56,7 + 346,7 - 835,0 + 947,0 = 402 \dots (1').$$

Интегрируя, затем, выражение (1), получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{5} \cdot 56,75 \cdot x^5 + \frac{1}{4} \cdot 346,70 \cdot x^4 - \frac{1}{3} \cdot 835,00 \cdot x^3 + \frac{1}{2} \cdot 947,00 \cdot x^2 \\ & = -11,35 \cdot x^5 + 86,67 \cdot x^4 - 278,33 \cdot x^3 + 473,50 \cdot x^2 \dots (2); \end{aligned}$$

при $x=1$ м. значение этого интеграла будет:

$$- 11,35 + 86,67 - 278,33 + 473,50 = 270,5 \dots (2').$$

Для верхней части сваи в сечении, отстоящем на x м. от C (см. ч. 309, II), изгибающий момент будет:

$$\begin{aligned} & 540 \cdot \frac{1}{6} \cdot (2-x)^3 = \\ & = 90 \cdot (-x^3 + 6 \cdot x^2 - 12 \cdot x + 8) = \\ & = -90 \cdot x^3 + 540 \cdot x^2 - 1080 \cdot x + 720. \end{aligned}$$

Интегрируя это выражение, получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{4} \cdot 90 \cdot x^4 + \frac{1}{3} \cdot 540 \cdot x^3 - \frac{1}{2} \cdot 1080 \cdot x^2 + 720 \cdot x + C = \\ & = -22,5 \cdot x^4 + 180 \cdot x^3 - 540 \cdot x^2 + 720 \cdot x + C \dots (3); \end{aligned}$$

при $x=1$ м. значение этого интеграла будет:

$$\begin{aligned} & -22,5 + 180 - 540 + 720 + C = \\ & = 337,5 + C \dots (3'). \end{aligned}$$

Интегрируя, затем, выражение (3), получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{1}{5} \cdot 22,5 \cdot x^5 + \frac{1}{4} \cdot 180 \cdot x^4 - \frac{1}{3} \cdot 540 \cdot x^3 + \frac{1}{2} \cdot 720 \cdot x^2 + C \cdot x + D = \\ & = -4,5 \cdot x^5 + 45 \cdot x^4 - 180 \cdot x^3 + 360 \cdot x^2 + C \cdot x + D \dots (4); \end{aligned}$$

при $x=1$ м. значение этого интеграла будет:

$$\begin{aligned} & -4,5 + 45 - 180 + 360 + C + D = \\ & = 220,5 + C + D \dots (4'). \end{aligned}$$

Так как в точке B изогнутая линия сваи имеет общую касательную и общую ординату, то выражение (1') должно быть равно (3'), а выражение (2') должно быть равно (4'), т.е.:

$$402 = 337,5 + C \text{ и } 270,5 = 220,5 + C + D,$$

откуда:

$$C = 64,5 \text{ и } D = -14,5.$$

Таким образом, прогиб сваи в ее части, расположенной над B , определится из равенства:

$$f = (-4,5 \cdot x^5 + 45 \cdot x^4 - 180 \cdot x^3 + 360 \cdot x^2 + 64,5 \cdot x - 14,5): E \cdot J,$$

а в части, расположенной ниже B , из равенства:

$$f = (-11,35 \cdot x^5 + 86,67 \cdot x^4 - 278,33 \cdot x^3 + 473,50 \cdot x^2) : E \cdot J.$$

Прогиб сваи у ее верха будет:

$$\begin{aligned} & (-4,5 \cdot 32 + 45 \cdot 16 - 180 \cdot 8 + 360 \cdot 4 + 64,5 \cdot 2 - 14,5) : E \cdot J = \\ & = (-144,0 + 720,0 - 1440,0 + 1440,0 + 129,0 - 14,5) : E \cdot J = \\ & = (849,0 - 158,5) : E \cdot J = \\ & = 690,5 : E \cdot J, \end{aligned}$$

а для середины сваи прогиб найдем равным:

$$\begin{aligned} & (-4,5 + 45,0 - 180,0 + 360,0 + 64,5 - 14,5) : E \cdot J = \\ & (469,5 - 199,0) : E \cdot J = \\ & = 270,5 : E \cdot J. \end{aligned}$$

При анкерной свае, скрепленной при помощи тяги с верхом стеной сваи, получим величину усилия p в тяге, при одинаковом диаметре у обеих свай, из равенства:

$$(p \cdot 2^3 : 3 \cdot E \cdot J) = (690,5 : E \cdot J) - (p \cdot 2^3 : 3 \cdot E \cdot J),$$

или:

$$\frac{8}{3} \cdot p = 690,5 - \frac{8}{3} \cdot p,$$

откуда:

$$p = 690,5 \cdot 3 : 16 = 130 \text{ кил.}$$

Наибольший изгибающий момент для анкерной сваи будет:

$$130 \cdot 2 = 260 \text{ кил. м.},$$

а для стеной сваи:

$$947 - 260 = 687 \text{ кил. м.}$$

Если же анкерная свая будет скреплена со стеной свайей на середине высоты последней, то величина усилия p в анкерной тяге определится из равенства:

$$(p \cdot 1^3 : 3 \cdot E \cdot J) = (270,5 : E \cdot J) - (p \cdot 1^3 : 3 \cdot E \cdot J),$$

или:

$$\frac{1}{3} \cdot p = 270,5 - \frac{1}{3} \cdot p,$$

откуда:

$$p = 270,5 \cdot 3 : 2 = 406 \text{ кил.}$$

Наибольший изгибающий момент для анкерной сваи будет:

$$406 \cdot 1 = 406 \text{ кил. м.},$$

а для стеной сваи:

$$947 - 406 = 541 \text{ кил. м.}$$

Для того, чтобы обе сваи, при одинаковом диаметре, были напряжены одинаково, нужно поместить тягу на таком расстоянии от низа свай, чтобы:

$$p \cdot x = 947 - p \cdot x,$$

при:

$$(p \cdot x^3 : 3 \cdot E \cdot J) = f - (p \cdot x^3 : 3 \cdot E \cdot J),$$

или:

$$2 \cdot p \cdot x = 947, \text{ при } 2 \cdot p \cdot x^3 : 3 \cdot E \cdot J = f,$$

откуда:

$$947 \cdot x^2 : 3 \cdot E \cdot J = f$$

Подставив сюда вместо f найденное раньше выражение, получим по сокращении обеих частей уравнения на $E \cdot J$ и на x^2 :

$$\frac{1}{3} \cdot 947 = -11,35 x^3 + 86,67 x^2 - 278,33 x + 473,50;$$

$$11,35 x^3 - 86,67 x^2 + 278,33 x - 157,8 = 0;$$

$$x^3 - 7,64 x^2 + 24,5 x - 13,9 = 0;$$

положив:

$$x = y - \frac{1}{3} \cdot (-7,64) = y + 2,55,$$

получим:

$$y^3 + 3 \cdot 2,55 \cdot y^2 + 3 \cdot 2,55^2 \cdot y + 2,55^3 - 7,64 \cdot (y^2 + 2 \cdot 2,55 \cdot y + 2,55^2) + 24,5 \cdot (y + 2,55) - 13,9 = 0;$$

$$y^3 + (3 \cdot 6,5 - 7,64 \cdot 5,1 + 24,5) \cdot y + 16,6 - 6,5 \cdot 7,64 + 24,5 \cdot 2,55 - 13,9 = 0;$$

$$y^3 + (19,5 - 39,0 + 24,5) \cdot y + 16,6 - 49,7 + 62,5 - 13,9 = 0;$$

$$y^3 + 5,0 \cdot y + 15,5 = 0.$$

Решая это уравнение с помощью гиперболических функций, найдем:

$$\frac{1}{2} \cdot q = \frac{1}{2} \cdot 15,5 = 7,75;$$

$$\frac{1}{3} \cdot p = \frac{1}{3} \cdot 5,0 = 1,67; \quad \sqrt{\frac{1}{3} \cdot p} = \sqrt{1,67} = 1,29;$$

$$\operatorname{Sin} h \varphi = \frac{1}{2} \cdot q : \left(\frac{1}{3} \cdot p \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot p} \right) = 7,75 : (1,67 \cdot 1,29) = 7,75 : 2,15 = 3,60;$$

$$\varphi = 1,99; \quad \frac{1}{3} \cdot \varphi = 0,66; \quad \operatorname{Sin} h \frac{1}{3} \cdot \varphi = 0,71;$$

$$y = -2 \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot p} \operatorname{Sin} h \frac{1}{3} \cdot \varphi = -2 \cdot 1,29 \cdot 0,71 = -2,58 \cdot 0,71 = -1,83;$$

и, следовательно:

$$x = y + 2,55 = -1,83 + 2,55 = 0,72 \text{ м.}$$

Для проверки вычислений решим уравнение:

$$y^3 + 5,0 \cdot y + 15,5 = 0$$

по формуле Кардана.

$$\frac{1}{2} \cdot q = \frac{1}{2} \cdot 15,5 = 7,75; \left(\frac{1}{2} \cdot q\right)^2 = 7,75^2 = 60,0625;$$

$$\frac{1}{3} \cdot p = \frac{1}{3} \cdot 5,0 = 1,67; \left(\frac{1}{3} \cdot p\right)^3 = 1,67^3 = 4,6575;$$

$$\left(\frac{1}{2} \cdot q\right)^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot p\right)^3 = 60,0625 + 4,6575 = 64,7200;$$

$$\sqrt[3]{64,7200} = 8,05;$$

$$-\frac{1}{2} \cdot q + \sqrt[3]{\left(\frac{1}{2} \cdot q\right)^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot p\right)^3} = -7,75 + 8,05 = +0,30;$$

$$-\frac{1}{2} \cdot q - \sqrt[3]{\left(\frac{1}{2} \cdot q\right)^2 + \left(\frac{1}{3} \cdot p\right)^3} = -7,75 - 8,05 = -15,80;$$

$$y = \sqrt[3]{+0,300} + \sqrt[3]{-15,800} = +0,67 - 2,50 = -1,83;$$

$$x = y + 2,55 = -1,83 + 2,55 = 0,72 \text{ м.},$$

т.е. тоже, что нашли по другому способу.

Затем, усилие p в анкерной тяге определится из равенства:

$$2 \cdot p \cdot x = 947;$$

откуда:

$$p = 947 : (2 \cdot 0,72) = 947 : 1,44 = 658 \text{ кил.}.$$

наибольший момент для анкерной сваи будет:

$$658 \cdot 0,72 = 474 \text{ кил. м.},$$

а для стеной сваи:

$$947 - 474 = 473 \text{ кил. м.}$$

При больших напорах для боковых стенок шлюза применяется ряжевая конструкция (см. чч. 324 и 325).

Шлюзовой пол рассчитывается следующим образом.

Если, например, в данном месте пола давление воды снизу на половые доски определилось в 1 тонну на 1 кв. м., то, при ширине досок в 20 см. и расстоянии между двумя смежными полами балками в 1 м., наибольший изгибающий момент для доски будет:

$$\frac{1}{8} \cdot 200 \cdot 100 = \frac{1}{8} \cdot 20000 = 2500 \text{ кил. см.};$$

при толщине доски в 5 см., момент сопротивления доски будет:

$$\frac{1}{6} \cdot 20 \cdot 5^2 = \frac{1}{6} \cdot 20 \cdot 25 = \frac{1}{6} \cdot 500 = 83 \text{ см}^3,$$

и напряжение на растяжение и сжатие при изгибе определится в:

$$2500 : 83 = 30 \text{ кил. на кв. см.}$$

Каждая доска должна быть прибита к каждой полой балке двумя гвоздями, так что на каждый гвоздь придется выдергивающая сила:

$$200 : 4 = 50 \text{ кил.}$$

При пролете полой балки в 2 м. и ее диаметре $d = 22$ см., момент сопротивления балки будет:

$$\frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{10} \cdot d^3 = \frac{1}{10} \cdot 22^3 = \frac{1}{10} \cdot 10648 = 1065 \text{ см.}^3.$$

изгибающий момент:

$$\frac{1}{8} \cdot 2000 \cdot 200 = \frac{1}{8} \cdot 400000 = 50000 \text{ кил. см.}$$

и напряжение на растяжение и сжатие при изгибе:

$$50000 : 1065 = 47 \text{ кил. на кв. см.}$$

Кроме того напряжение на сжатие балки, работающей как распорка у боковых стенок шлюза, будет:

$$1196 : \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = 1196 : \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 22^2 = 1196 : 3,14 \cdot 121 = 1196 : 380 = 3 \text{ кил. на кв. см.}$$

Так что, в общей сложности, наибольшее напряжение на сжатие в балке будет:

$$47 + 3 = 50 \text{ кил. на кв. см.,}$$

т.е. не больше допускаемого напряжения:

$$\varphi \cdot 60 = 0,83 \cdot 60 = 50 \text{ кил. на кв. см.}$$

при коэффициенте φ уменьшения основного напряжения на сжатие

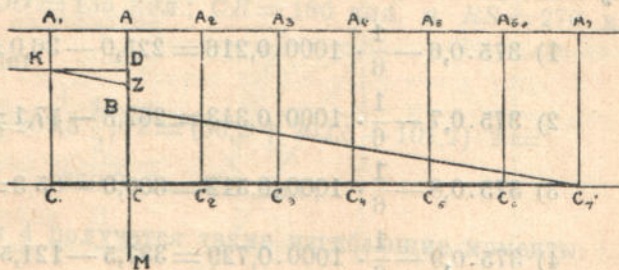
$$\begin{aligned} \varphi &= 1 : \left[1 + \frac{1}{400} \cdot \left(\frac{l}{d} \right)^2 \right] = 1 : \left[1 + \frac{1}{400} \cdot \left(\frac{200}{22} \right)^2 \right] = 1 : \left[1 + \left(\frac{10}{22} \right)^2 \right] \\ &= 1 : [1 + 0,45^2] = 1 : [1 + 0,2] = 1 : 1,2 = 0,83. \end{aligned}$$

Сваи, забитые под полыми балками, должны быть рассчитаны каждая на выдерживающее усилие в 2 тонны и, следовательно, глубина забивки определится в:

$$20000 : 3,14 \cdot 22 = 20000 : 69 = \infty 300 \text{ см., или 3 м.,}$$

если принять диаметр свай в 22 см.

Та стенная стойка, в которую упирается своим концом шлюзовой затвор, рассчитывается следующим образом (см. чч. 310 и 311).



Ч. 310.

Если C_1C_7 представляет собою пол шлюза при $C_1C = 1$ м. и $CC_7 = 6$ м.; $SM = 1$ м. есть запуск поперечной стенки, в которой расположен задвижной затвор CD высотой в 1,5 м., и A_1A_7 есть верх боковой стенки шлюза при $AC = 2$ м.,

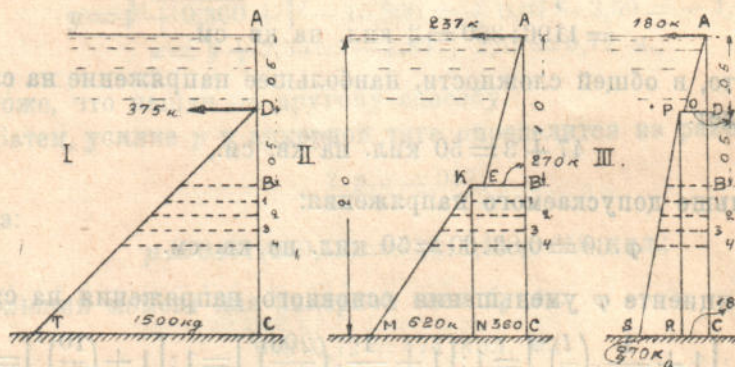
то пьезометрическая линия будет $KZBC$, при $DZ=0,17$ м.; $ZB=0,33$ м. и $BC=1,00$ м. и, при расстоянии между двумя смежными стенными стойками по 1 м., на стойку AC будут передаваться следующие давления:

I) Половина давления воды на щитовой затвор; при ширине щита в 2 м., это давление будет:

$$\frac{1}{2} \cdot 1,5^2 = \frac{1}{2} \cdot 2,25 = 1,125 \text{ тонн.} = 1125 \text{ кил.};$$

предположив, что стойка AC будет подперта в D подкосом, расположенным в плоскости боковой стенки шлюза, а внизу имеет упор в C , реакция опоры D будет:

$$\frac{1}{3} \cdot 1125 = 375 \text{ кил.}$$



Ч. 311.

и для момента, изгибающего стойку в плоскости боковой стенки в сечениях 1, 2, 3 и 4 (см. ч. 311, I), отстоящих от середины B стойки на

0,1; 0,2; 0,3 и 0,4 м.,

получаются величины:

$$1) 375 \cdot 0,6 - \frac{1}{6} \cdot 1000 \cdot 0,216 = 225,0 - 36,0 = 189,0 \text{ кил. м.};$$

$$2) 375 \cdot 0,7 - \frac{1}{6} \cdot 1000 \cdot 0,343 = 262,5 - 57,1 = 205,4$$

$$3) 375 \cdot 0,8 - \frac{1}{6} \cdot 1000 \cdot 0,512 = 300,0 - 85,3 = 214,7$$

$$4) 375 \cdot 0,9 - \frac{1}{6} \cdot 1000 \cdot 0,729 = 337,5 - 121,5 = 216,0$$

II) половина давления земли и воды на часть стенки ACA_2C_2 (см. ч. 310); приняв слой воды за стенкой высотой

$$BC=1 \text{ м.},$$

выразим это давление графически площадью фигуры $ABCNMKEA$ (см. ч. 311, II) при:

$$AB=1; BC=1; BE=270 \text{ кил.}; CN=360 \text{ кил. и } NM=680 \text{ кил.};$$

при опорах для стойки в A и C реакция опоры A будет:

$$\left(135 \cdot \frac{4}{3} + 360 \cdot \frac{1}{2} + 340 \cdot \frac{1}{3}\right) : 2 = (180 + 180 + 112) : 2 = 473 : 2 = 237 \text{ кил.};$$

для сечений 1, 2, 3 и 4 получатся следующие величины изгибающего момента:

$$\begin{aligned} 1) \quad & 237 \cdot 1,1 - 135 \cdot 0,43 - 36 \cdot 0,05 - \frac{1}{6} \cdot 68 \cdot 0,01 = \\ & = 260,7 - 58,0 - 1,8 - 0,1 = 200,8 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad & 237 \cdot 1,2 - 135 \cdot 0,53 - 72 \cdot 0,10 - \frac{1}{6} \cdot 136 \cdot 0,04 = \\ & = 284,4 - 71,5 - 7,2 - 0,9 = 204,8 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad & 237 \cdot 1,3 - 135 \cdot 0,63 - 108 \cdot 0,15 - \frac{1}{6} \cdot 204 \cdot 0,09 = \\ & = 308,1 - 85,0 - 16,2 - 3,1 = 203,8 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad & 237 \cdot 1,4 - 135 \cdot 0,73 - 144 \cdot 0,20 - \frac{1}{6} \cdot 272 \cdot 0,16 = \\ & = 331,8 - 98,5 - 28,8 - 7,3 = 197,2 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

III) и половина давления земли на часть стенки ACA_1C_1 (см. ч. 310);

приняв слой воды за стенкой =

$$= C_1K = CD = 1,5 \text{ м.},$$

выразим графически это давление площадью фигуры $ADCRSPOA$ (см. ч. 311, III) при:

$$AD=0,5; CD=1,5; DO=135 \text{ кил.}; CR=180 \text{ кил. и } RS=270 \text{ кил.};$$

реакция опоры A будет:

$$\begin{aligned} \left(33,7 \cdot \frac{5}{3} + 270 \cdot \frac{3}{4} + 202,5 \cdot \frac{1}{2}\right) : 2 = (56,2 + 202,5 + 101,2) : 2 = \\ = 359,9 : 2 = 180 \text{ кил.}; \end{aligned}$$

для сечений 1, 2, 3 и 4 получатся такие изгибающие моменты:

$$\begin{aligned} 1) \quad & 180 \cdot 1,1 - 33,7 \cdot 0,76 - 108 \cdot 0,30 - \frac{1}{6} \cdot 108 \cdot 0,36 = \\ & = 198,0 - 25,6 - 32,4 - 6,5 = 133,5 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad & 180 \cdot 1,2 - 33,7 \cdot 0,86 - 126 \cdot 0,35 - \frac{1}{6} \cdot 126 \cdot 0,49 = \\ & = 216,0 - 29,0 - 44,1 - 10,3 = 132,6 \text{ кил. м.}; \end{aligned}$$

$$3) 180.1,3 - 33,7.0,96 - 144.0,40 - \frac{1}{6} \cdot 144.0,64 = \\ = 234,0 - 32,4 - 57,6 - 15,3 = 128,7 \text{ кил. м.};$$

$$4) 180.1,4 - 33,7.1,06 - 162.0,45 - \frac{1}{6} \cdot 162.0,81 = \\ = 252,0 - 35,8 - 72,9 - 21,9 = 121,4 \text{ кил. м.}$$

Таким образом, сумма моментов, изгибающих стойку в плоскости перпендикулярной к боковой стенке шлюза, будет для сечений 1, 2, 3 и 4:

$$1) 201 + 134 = 335 \text{ кил. м.};$$

$$2) 205 + 133 = 338 \text{ " "};$$

$$3) 204 + 129 = 333 \text{ " "};$$

$$4) 197 + 121 = 318 \text{ " "};$$

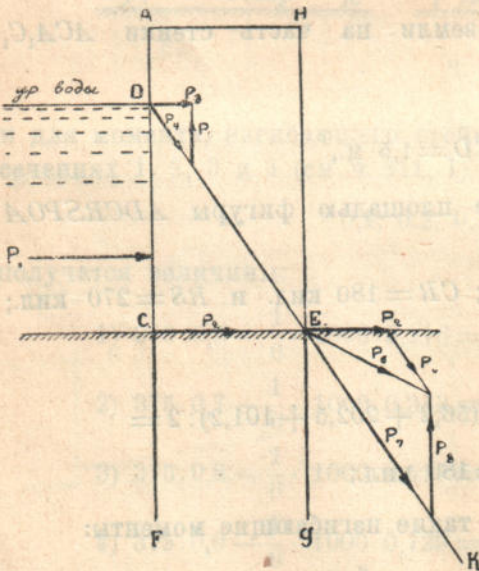
и, в общей сложности, получим для изгибающего момента во взятых сечениях величины:

$$1) \sqrt{335^2 + 189^2} = \sqrt{112225 + 35721} = \sqrt{147946};$$

$$2) \sqrt{338^2 + 205^2} = \sqrt{114244 + 42025} = \sqrt{156269};$$

$$3) \sqrt{333^2 + 215^2} = \sqrt{110889 + 46225} = \sqrt{157114};$$

$$4) \sqrt{318^2 + 216^2} = \sqrt{101124 + 46656} = \sqrt{147780};$$



Ч. 312.

и наибольший момент, для сечения, отстоящего от B на 0,3 м, будет:

$$\sqrt{157114} = 396 \text{ кил. м.};$$

причем диаметр стойки возьмем:

$$d = 20 \text{ см.};$$

соответствующее напряжение на растяжение и сжатие при изгибе будет:

$$39600 : \frac{1}{10} \cdot d^3 = 39600 : \frac{1}{10} \cdot 8000 = \\ = 39600 : 800 = 50 \text{ кил. на кв. см.}$$

В многопролетных шлюзах промежуточные опоры рассчитываются следующим образом.

Если стойка ADC, в которую упираются своими краями два щита, смежные со стойкою, служит в то же время, вместе с другой стойкой EN, для поддержания мостового настила AN; (см. ч. 312),

высота щита

$$a = CD = 1,5 \text{ м.},$$

и его пролет

$$= 2,0 \text{ м.},$$

DE подкос и CE распорка,

а CF , EG и EK сваи, забитые:

первая под стойкой ADC и две последние под узлом E ,

причем CF и EG — вертикальны,

и $CE = 1,0 \text{ м.}$,

то давление воды P_1 будет равно:

$$2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,5^2 = 2,25 \text{ т.} = 2250 \text{ к.},$$

причем из этого давления часть:

$$P_2 = \frac{2}{3} \cdot 2250 = 1500 \text{ к.},$$

передастся в узел C и, сжимая распорку CE , затем передастся в узел E ,

а другая часть:

$$P_3 = \frac{1}{3} \cdot 2250 = 750 \text{ к.},$$

передастся в узел D и затем разложится на две силы:

$$P_4 \text{ и } P_5.$$

Так как:

$$DE = \sqrt{1,0^2 + 1,5^2} = \sqrt{1,00 + 2,25} = \sqrt{3,25} = 1,8 \text{ м.},$$

то:

$$P_4 = 1,8 \cdot 750 = 1350 \text{ к.},$$

$$P_5 = 1,5 \cdot 750 = 1125 \text{ к.},$$

Сила P_5 будет растягивать стойку ADC и выдергивать из земли сваю CF , сила же P_4 , сжимая подкос DE , передастся в узел E .

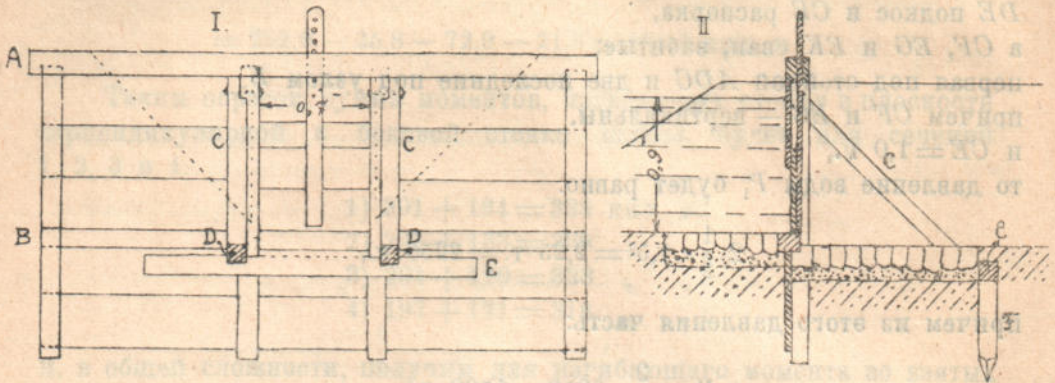
Затем нужно равнодействующую P_6 из сил P_2 и P_4 разложить на две:

P_7 , вдавливающую сваю EK в землю, и P_8 , выдергивающую сваю EG из земли.

Кроме того, нужно принять во внимание сжатие стоек ADC и HE , а, следовательно, и вдавливание в землю свай CF и EG , от действия собственного веса моста, подвижной на нем нагрузки, а также веса щитов и приходящегося на них трения при под'еме затворов.

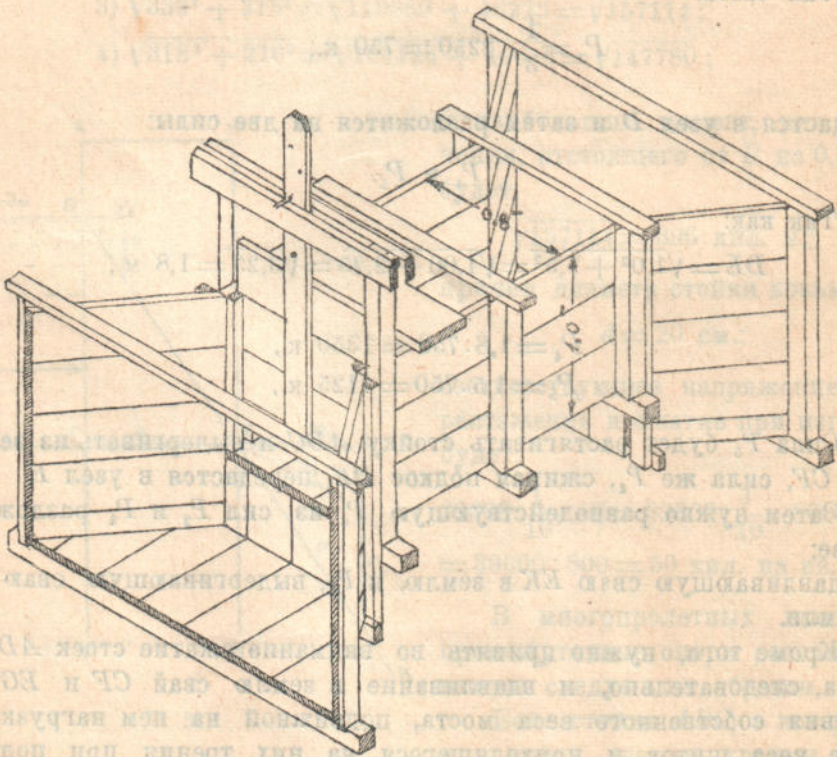
При больших напорах для устройства промежуточных шлюзовых опор применяется рязжевая конструкция.

В однопролетном шлюзе, представленном на ч. 313, осто́в досчатой поперечной стенки состоит из двух поперечин, *A* и *B*, скрепленных с четырьмя стойками, причем каждая из двух средних стоек с нижней стороны шлюза скреплена с подкосом *C*, упирающимся вни-



Ч. 313.

зу в продольную балку *D*, прикрепленную, как к стенке, так и к поперечной балке *E*, представляющей собою насадку двух свай *F*, забитых в землю.



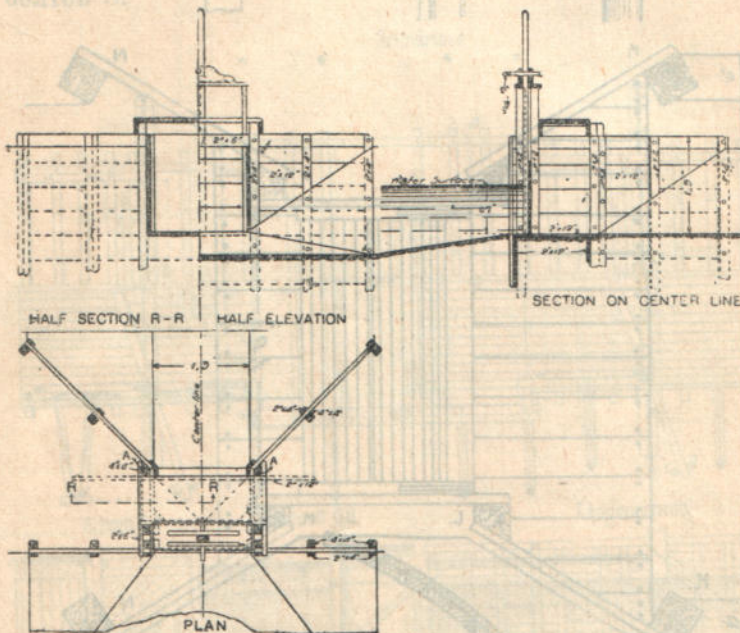
Ч. 314.

Дно и откосы русла, как с верхней, так и с нижней стороны затвора, укреплены каменной мостовой (м. 1:50).

Ч. 314. Остов однопролетного шлюза состоит из пяти брусчатых рам, к стойкам которых прибиты доски для образования продольных стенок шлюза и его откосных крыльев, а к нижним поперечинам поперечные доски.

(Изометрическая проекция; м. 1:50)

Ч. 315. Передняя поперечная стенка однопролетного шлюза состоит из семи рядов досок, сболченных с шестью парами стоек, имеющих поперечные размеры: перед стенкою $4'' \times 2''$, а за стенкою $4'' \times 4''$, причем два нижних ряда и верхний ряд досок идут во всю ширину стенки, а остальные четыре доходят с боков только до водопропускного отверстия; что касается двух откосных крыльев, прилегающих к задней поперечной стенке, то каждое из них состоит из шести досок, сболченных с тремя парами стоек (м. 1:100).



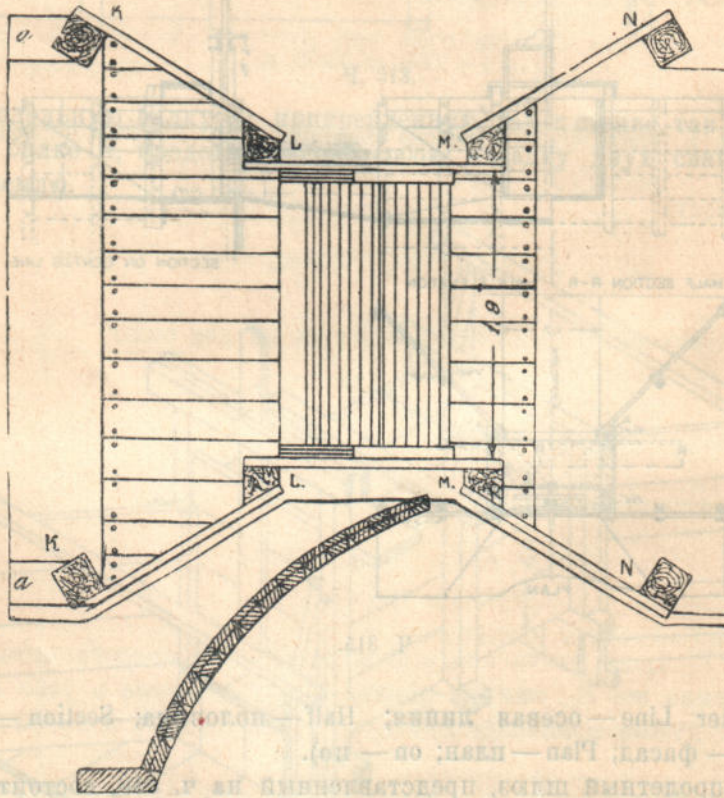
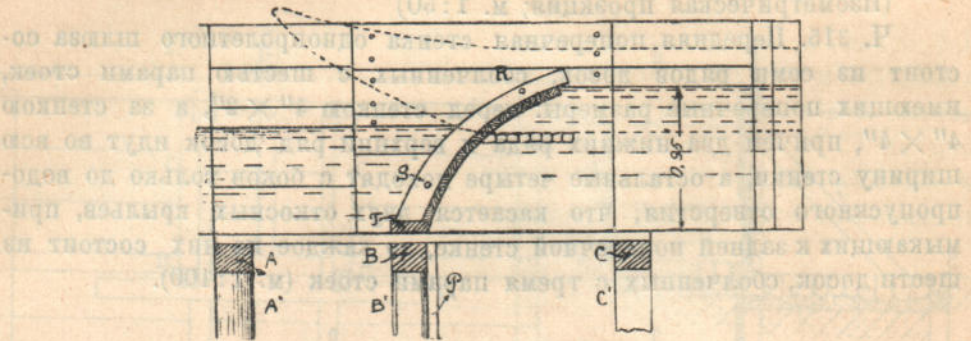
Ч. 315.

(Center Line — осевая линия; Half — половина; Section — разрез; Elevation — фасад; Plan — план; on — по).

Однопролетный шлюз, представленный на ч. 316, состоит из пола, доски которого прикреплены к трем поперечным балкам, *A*, *B* и *C*, скрепленным с забитыми в землю сваями, *A'*, *B'* и *C'*, двух продольных стенок, каждая из которых, имея по откосному крылу с верхней и нижней стороны шлюза, устроена из досок, прибитых к четырем сваям *K*, *L*, *M* и *N*, и поперечной стенки в виде шпунтового ряда *P*.

К каждой из продольных стенок прикреплен двумя болтами, *R* и *S*, из которых первый легко вынимается из его гнезда в стенке,

изогнутый брусок, служащий упором для затвора, принадлежащего к системе поворотных с горизонтальной осью вращения, а именно состоящего из ряда деревянных брусков со скошенными кромками, обращенными к верховой воде, и соединенных между собой при помощи



Ч. 316.

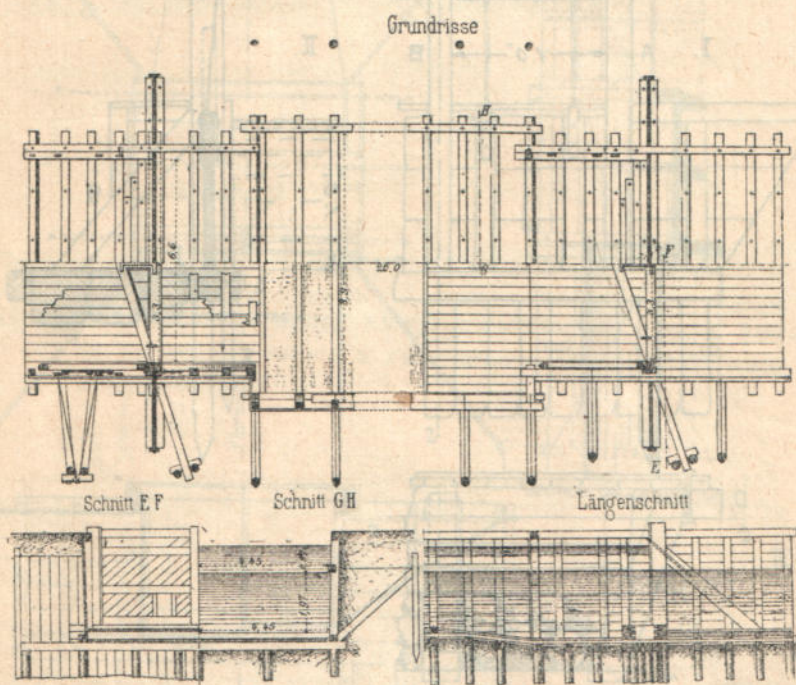
нескольких ремней, проходящих приблизительно посредине толщины брусков; ремни закреплены в брусках при помощи клиньев и прибиты гвоздями к доске *T*, прижатой к дну шлюза упорными брусками.

Для большей водонепроницаемости затвора каждая из впадин между двумя смежными брусками прикрыта полосой кожи, прибитой гвоздями к одному из брусков.

При прохождении лодки через шлюз верхние бруски затвора отжимаются один за другим носовою частью лодки от упоров, погружаясь в воду и поворачиваясь один около другого, и, после того, как лодка прошла через шлюз, сами немедленно поднимаются, занимая первоначальное положение.

Для пропуска через шлюз больших расходов воды прижимают затвор к дну шлюза при помощи подкосов, упертых в изогнутые боковые бруски.

Для того, чтобы можно было вынуть затвор из шлюза в случае его ремонта, закрывают водопропускное отверстие при помощи шандоров, упертых в сваи *M*, *M* и затем, вынув болты *R* из их гнезд, отводят нижние концы упорных брусков от доски *T*, вращая бруски около болтов *S*.



Ч. 317.

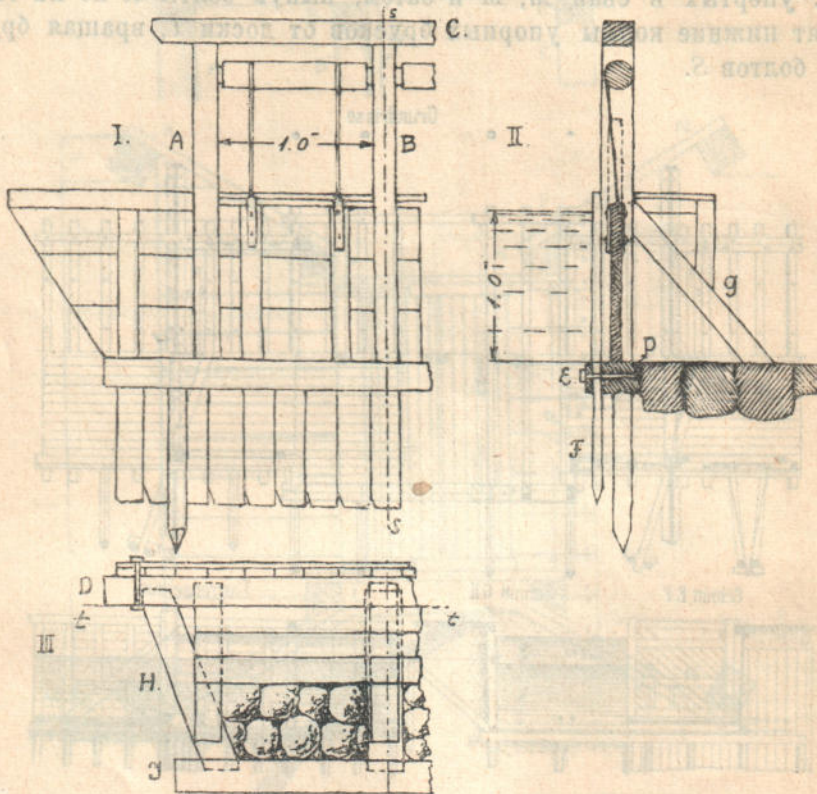
Такая система затворов применяется на небольших судоходных каналах в болотистой северозападной части Германии (около г. Бремена и в Ганноверской области).

При пролете шлюза в $5\frac{1}{2}$ ф. и напоре воды в 9 дюймов, составляют затвор из 14 брусков, толщина которых изменяется от $1\frac{7}{8}$ дм. вверху затвора до $2\frac{1}{4}$ дм. внизу, при 3—4 ремнях, шириною $2\frac{1}{2}$ дм. (Продольный разрез и план шлюза, м. 1:50; поперечный разрез затвора, м. 1:25).

Несколько наклонные стойки продольных стенок судоходного камерного шлюза, изображенного на ч. 317, соединены внизу шипом

с продольной балкой, прикрепленной к половым балкам шлюза, служащим в то же время распорками для стенок, а сверху притянуты при помощи другой продольной балки и железных тяг к анкерным сваям, каждая из которых подперта подкосом, упирающимся внизу в нижнюю продольную балку.

Как в верхней, так и в нижней голове шлюза у обеих боковых стенок имеется по стойке, подпертой подкосом, для упора полотен двухстворчатых деревянных шлюзовых ворот обычного типа (см. третью главу курса), а оба порога образованы каждый из двух брусьев („усовиков“), сходящихся на оси шлюза под тупым углом, обращенным



Ч. 318.

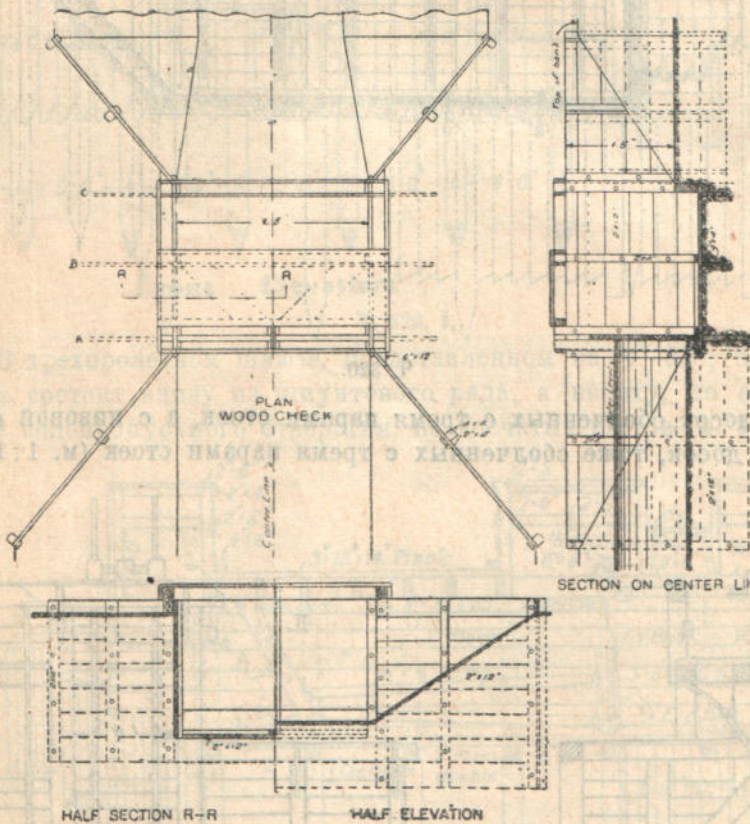
вершиною к верховой воде и соединенным при помощи подпорки („пня“) с поперечным брусом („королевой колодой“), идущим от одной стенки шлюза до другой, причем все эти брусья скреплены с забитыми под ними сваями и, кроме того, под „королевой колодой“ забит шпунтовый ряд, верх которого с обеих сторон шлюза почти доведен до уровня верховой воды (м. 1:250).

(Grundrisse — планы; Schnitt — разрез; Längenschnitt — продольный разрез).

Ч. 318. Каждая из трех стоек двухпролетного шлюза: двух боковых, А и А, и промежуточной, В, соединенных между собою поверху

общей насадкой *C* и скрепленных внизу со свайной насадкой *D*, с которой сболчен при помощи схватки *E* деревянный шпунтовый ряд *F*, подперта с низовой стороны шлюза подкосом *G*, поддерживающим, в то же время, и служебный мостик и упирающимся нижним концом в продольную балку *H*, связанную со свайной насадкой *D* и поперечной балкой *I*.

С боков водопропускного отверстия поперечная стенка над шпунтовым рядом состоит из досчатых щитов, скрепленных с боковыми стойками *A* и со шпунтовым рядом; (I половина фасада; II продольный разрез; III план; м. 1:50).



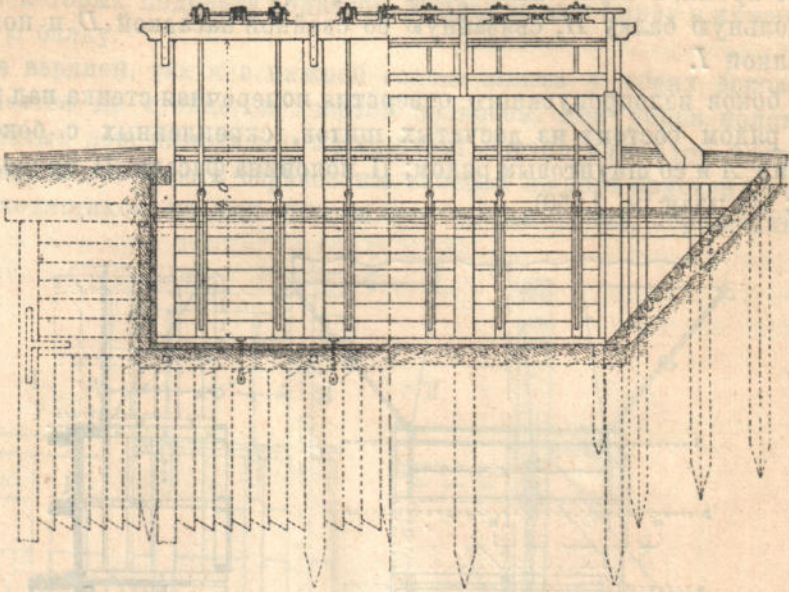
Ч. 319.

Ч. 319. Каждая из поперечных стенок *B* и *C* двухпролетного шлюза состоит из семи досок, а стенка *A* из восьми досок, сболченных с шестью парами стоек, причем в стенках *B* и *C* во всю их ширину идет только нижний ряд досок, а в стенке *A* два нижних ряда досок.

Продольные стенки состоят каждая из шести досок, сболченных с тремя парами стоек, распертых вверху и внизу поперечинами, причем к нижним поперечинам прибит половой настил, а верхние поперечины служат также для поддержания служебного мостика.

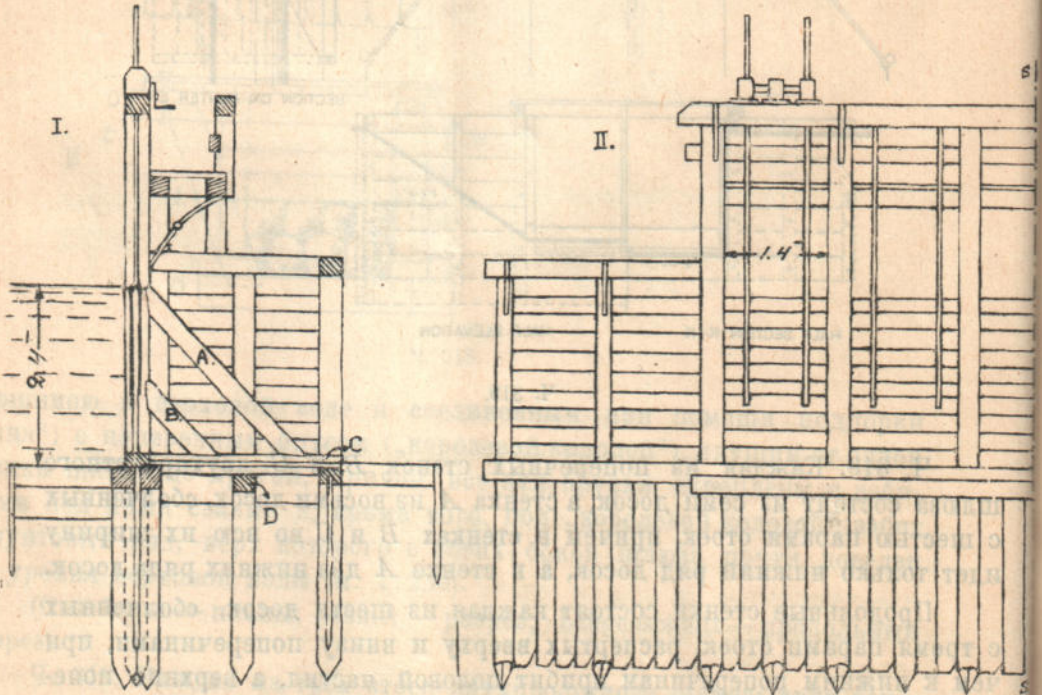
Кроме того, при входе и выходе из шлюза имеются откосные крылья, каждое из которых состоит с верхней стороны шлюза из

Schnitt und Ansicht



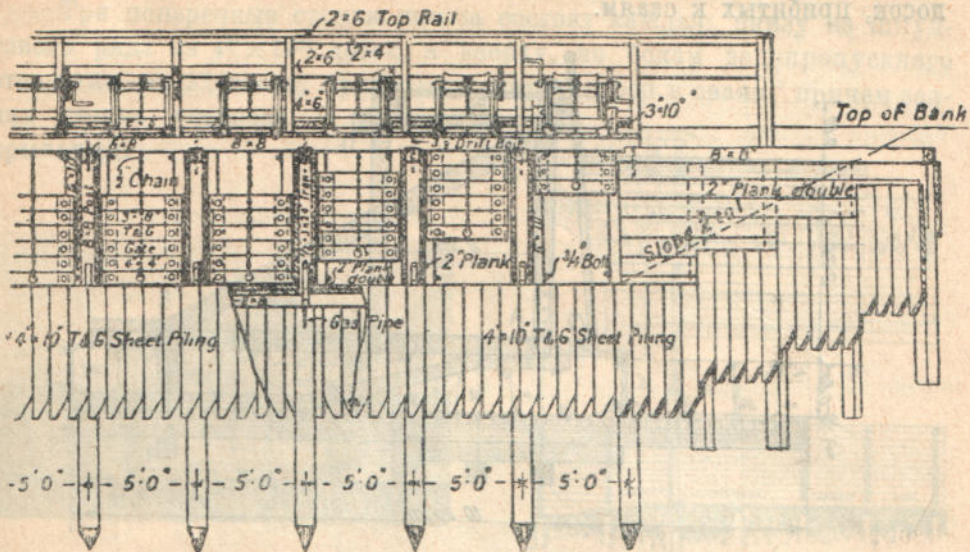
Ч. 320.

восьми досок, сболченных с тремя парами стоек, а с низовой стороны из семи досок, тоже сболченных с тремя парами стоек (м. 1:100).



Ч. 321.

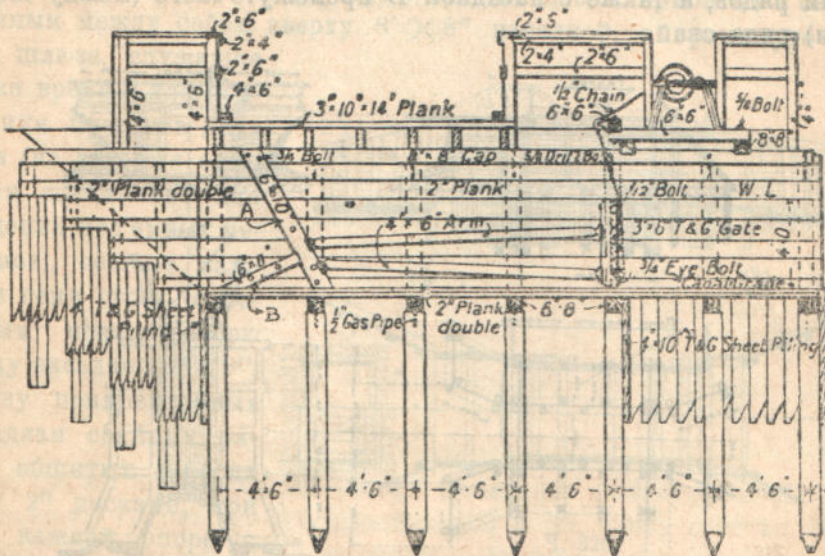
(Wood Check - деревянный шлюз; Center Line—осевая линия; Half—половина, Section—разрез; Elevation—фасад; Plan—план; on—по).



Front Elevation.

Ч. 322, I.

В трехпролетном шлюзе, представленном на ч. 320, поперечная стенка состоит внизу из шпунтового ряда, а вверху, по обеим сторонам водопропускного отверстия, из досчатых щитов (м. 1:100).



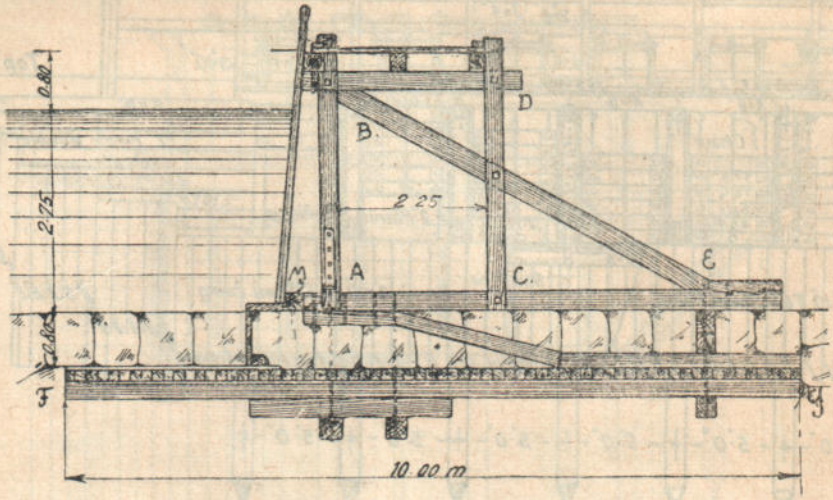
Section.

Ч. 322, II.

(Schnitt—разрез; Ansicht—фасад).

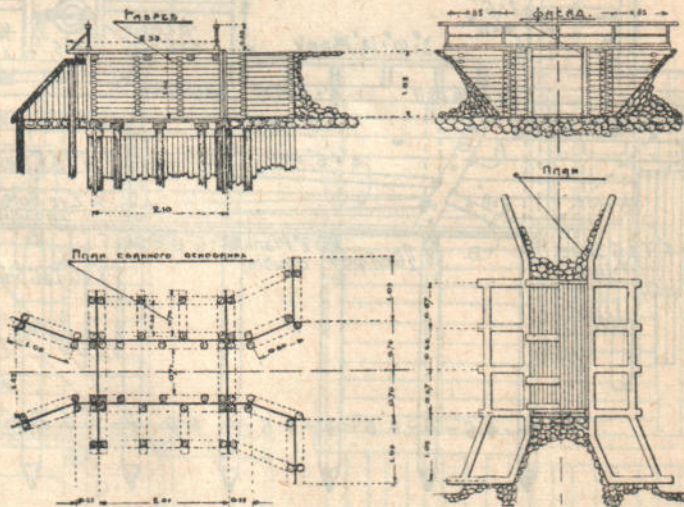
Ч. 321. Обе поперечные стенки пятипролетного шлюза состоят внизу из шпунтового досчатого ряда, а вверху, с боков водопропуск-

ного отверстия, из досок, заложенных в пазы стоек, скрепленных с шапчатым брусом шпунтового ряда, боковые же стенки устроены из досок, прибитых к сваям.



Ч. 323.

Каждая из промежуточных опорных стоек шлюза подперта с нижней стороны двумя подкосами *A* и *B*, упирающимися внизу в продольную балку *C*, скрепленную с шапчатыми брусками обоих шпунтовых рядов, а также с насадкой *D* промежуточного (между шпунтовыми) ряда свай.

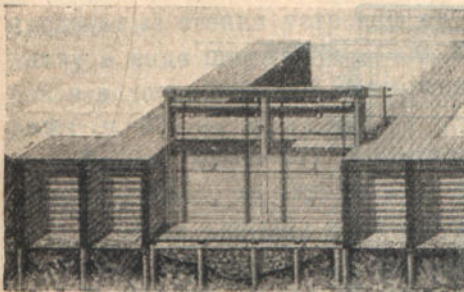


Ч. 324.

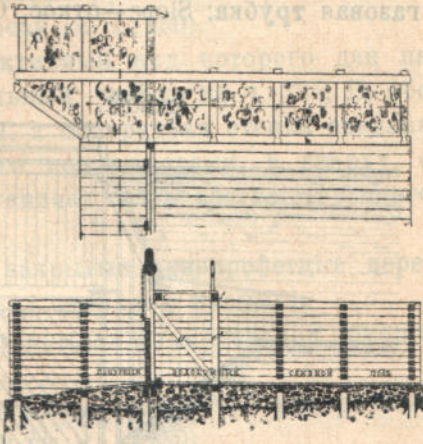
Служебный мостик прикреплен к опорным стойкам шлюза при помощи кронштейнов (I продольный разрез; II половина поперечного разреза шлюза; м. 1:100).

На ч. 322, I и 322, II представлен многопролетный шлюз в голове ирригационного канала Кальгари (Calgary) в Канаде.

Три поперечные стенки шлюза состоят каждая: внизу из шпунтового ряда из 4"×10" досок, а сверху, по бокам водопропускного отверстия, из 2" досок, прибитых с двух сторон к сваям, причем задняя стенка устроена с откосными крыльями.



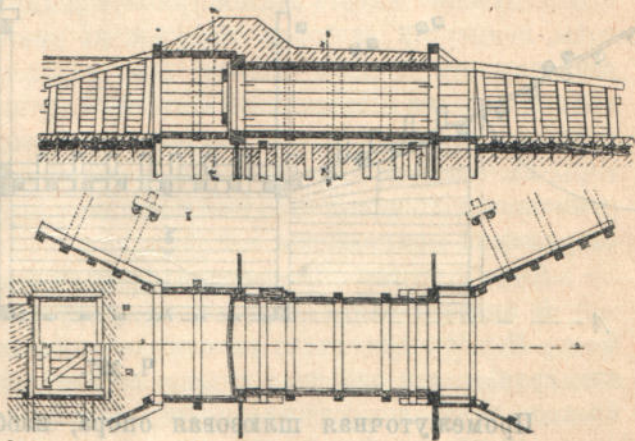
Ч. 325, А.



Ч. 325, Б.

Пол сделан из двух слоев 2" досок, прибитых к насадкам семи рядов свай, забитых на расстоянии 4½ футов ряд от ряда и в каждом ряду на 5 футов от центра до центра свай.

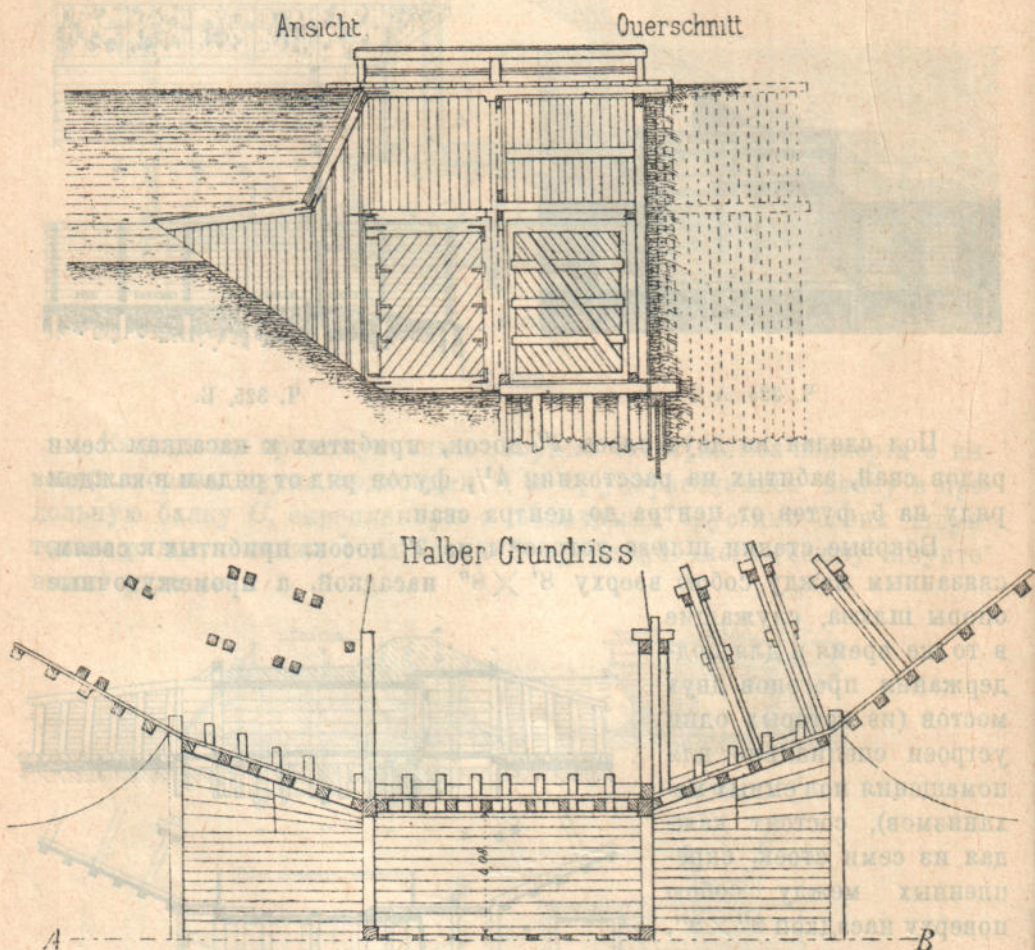
Боковые стенки шлюза устроены из 2" досок, прибитых к сваям, связанным между собою сверху 8'×8" насадкой, а промежуточные опоры шлюза, служащие в то же время и для поддержания прогонов двух мостов (из которых один устроен специально для помещения подъемных механизмов), состоят каждая из семи стоек, скрепленных между собою поверху насадкой 8"×8", а внизу прикрепленных к насадкам свайных рядов и обшитых с обеих сторон 2" досками, причем к каждой опоре с обеих боков прикреплено по подкосу А из 6"×10" бруса, подпертому другим подкосом В из 6"×6" бруса и служащему для помещения подшипников осей сегментных затворов, описанных во второй главе курса (см. ч. 89 атласа).



Ч. 326.

Насадки соединены со сваями, вместо шипов, газовыми ½" трубами (м. 1:100).

(Front Elevation—фасад; Section—разрез; Top—верх; Rail—рельс; Bank—насыпь; Chain—цепь; Plank—доска; double—двойной; Cap—насадка; Bolt—болт; drift—забивной; W. L.—Water Level—уровень воды; Gate—затвор; T. a. G.—Tongue and Groove—гребень и паз; T. a. G. Sheet Piling—шпунтовый ряд, Eye—проушина; Arm—подкос; Gas Pipe—газовая трубка; Slope—откос; Canal Grade—дно канала).



Ч. 327.

Промежуточная шлюзовая опора, изображенная на ч. 323, состоит из двух стоек *AB* и *CD*, подкоса *BE*, связанного с обеими стойками, и двух поперечин, из которых верхняя, *BD*, служит для поддержания трех мостовых прогонов, а нижняя, *AE*, при помощи трех анкерных тяг, скреплена с деревянной платформою *FG*, загруженной камнем.

Затвор состоит из деревянных спиц, упирающихся верхним концом в передний мостовой прогон, а нижним в балку *M*, скрепленную с передними концами нижних поперечин (м. 1:100).

В однопролетном шлюзе, представленном на ч. 324, обе поперечные стенки образованы внизу из шпунтового ряда, а сверху, с боков водопропускного отверстия, составляют часть ряжа, образующего соответствующую продольную стенку шлюза и его откосное крыло с верховой стороны, причем под лицевыми гранями обоих ряжей тоже забито по шпунтовому ряду, а оба откосных крыла с низовой стороны шлюза устроены из забитых стоймя досок (м. 1:250).

В двухпролетном шлюзе, перспективный вид которого дан на ч. 325, А, а половина плана и продольный разрез на ч. 325, Б, обе продольные стенки устроены из ряжей, а поперечная стенка сделана внизу в виде шпунтового ряда забитого под затворами, а сверху, с боков водопропускного отверстия, составляет часть соответствующего ряжа (ч. 325, Б, м. 1:250).

На чч. 326 и 327 представлены закрытые однопролетные деревянные шлюзы, то есть, в виде труб под земляною насыпью.

В обоих случаях сваи в откосных крыльях усилены при помощи анкерных свай.

Ч. 326. (I разрез по оси сопряжения, II план, III поперечный разрез по *aa*, IV поперечный разрез по *bb*; м. 1:250).

Ч. 327. (М. 1:250).

(Ansicht—фасад; Querschnitt—поперечный разрез; Halber Grundriss—половина плана).

VII. Каменные шлюзы.

Каменный (или бетонный) однопролетный шлюз, так же, как и деревянный, в общем случае состоит из двух продольных (боковых) каменных (или бетонных) стенок, устраиваемых обыкновенно с откосными крыльями, нескольких поперечных стенок, которые, обычно, в нижней своей части состоят из деревянного или железного шпунтового ряда, а в верхней части, по обеим сторонам водопропускного отверстия, из каменной кладки (или бетона), и пола, который в передней части шлюза, перед затвором, устраивается из каменной мостовой на слое глины, общей толщиной (в больших индийских сооружениях) до 5 футов, а в задней части из каменной (или бетонной) кладки, толщина которой в каждой точке пола определяется по соответствующей высоте пьезометрической линии $FSTUVh$ (CF —уровень воды, подпертой затвором de ; уровень низовой воды предполагается совпадающим с дном шлюза) (см. ч. 328) так, чтобы вес кладки, считая на один квадратный метр пола и принимая во внимание потерю веса в воде, был больше веса воды, соответствующего давлению воды на квадратный метр пола, примерно, на одну треть, причем наименьшая толщина кладки у конца пола для больших индийских сооружений принимается в 2 фута.

(См. W. G. Bligh. The practical design of irrigation works. London. 1912.)

В средней части сооружения, у мостовой опоры (по ч. 328 от Ge до Hg) боковая стена шлюза делается всегда с отвесною наружною гранью, а в передней и задней части шлюза, для более плавного прохода воды, без отжима и без водоворотов, через шлюзовые пролеты, следовало бы делать боковую стену с наклонною наружною гранью при постепенно изменяющейся степени пологости откоса и, например, по ч. 328 боковой стене шлюза приданы откосы:

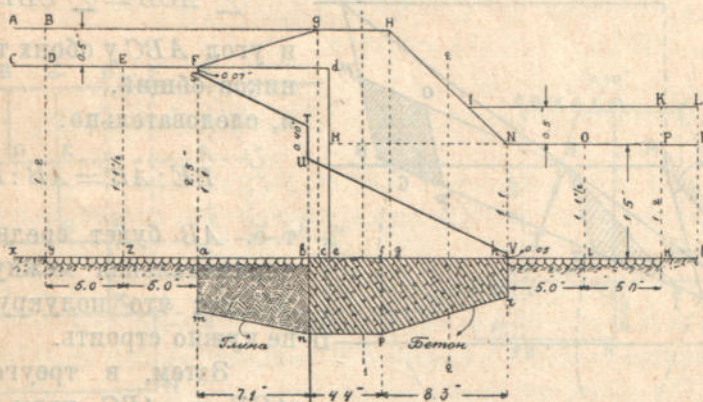
1:1 в Fa и Nh

и 1:1,5 в EZ и Oi ,

причем при откосах:

1:2 в DY и Pk ,

что соответствует углу естественного откоса мокрой земли около 24° , бока русла канала от EZ до DY и от O_i до Pk укреплены каменной мостовой, так же, как и дно русла от Y до a и от b до k ; что касается высоты боковой стены в различных ее сечениях, то с верховой стороны верх стены идет сначала, от E до F , наравне с уровнем Cd подпертой воды и поднимается затем по наклонной линии FG , причем G выше Cd на $0,5$ м., а с низовой стороны шлюза верх стены идет сначала по наклонной линии HN , при H , расположенной на одном уровне с G , достигая в N уровня MR воды в канале при открытых затворах, что соответствует глубине воды в $1,5$ м., и затем до O по MR .



Ч. 328.

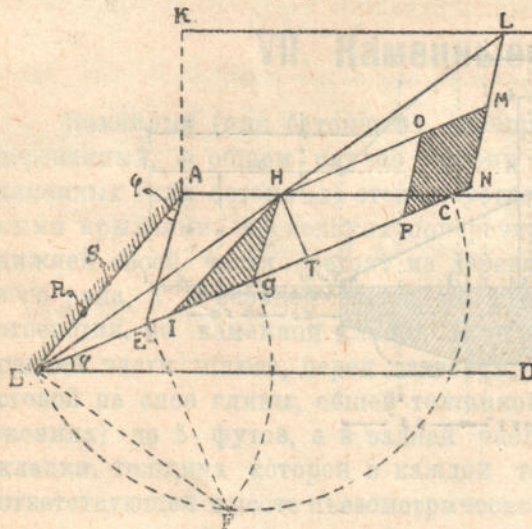
При подборе поперечного сечения стены для различных участков по ее длине по данным: высоте стены для каждого участка, степени пологости наружной грани стены, возвышению над верхом стены поверхности земли, которую будем считать горизонтальной, и положению уровня воды перед и за стеной, будем исходить из требования, чтобы ни в одном из горизонтальных швов стены линия давления не выходила из средней трети шва и чтобы единичное давление на подошву стены не превосходило допускаемой величины, при чем при вертикальной внутренней грани стены проще пользоваться аналитическим выражением для давления земли и воды на стену (см. гл. VI курса), а при наклонной внутренней грани следует применять графический прием для определения давления земли, как более простой.

Нужно при этом заметить, что если не принимать во внимание трение земли о стену, то при горизонтальной поверхности AC земли, давящей на стену AB , обычное построение „треугольника давления“ значительно упрощается (см. ч. 329).

А именно, по общему правилу, построив на горизонтальной линии BD у B угол CBD , равный углу φ естественного откоса земли

причем C есть точка встречи стороны BC этого угла с AC , и затем на AB у A угол BAE , равный тоже углу φ , сторона AE которого встречает BC в точке E , следовало бы отложить на BC от B отрезок BG , равный средней пропорциональной между BE и BC , что обычно делается, строя на BC , как на диаметре, полукруг BFC , затем восставляя в E перпендикуляр EF к BC и засекая в G диаметр из B , как из центра, радиусом, равным хорде BE , и тогда отрезок GH линии GH , проведенной через G параллельно AE до встречи в H с линией AC , будет одной из сторон треугольника давления, а другой стороной служит отрезок GI , равный GH ;

но в нашем случае треугольники ABE и ABC подобны, потому что:



Ч. 329.

$$\angle ACB = \angle CBD = \varphi$$

и угол ABC у обоих треугольников общий, и, следовательно:

$$BE : AB = AB : BC,$$

т.е. AB будет средняя пропорциональная между AE и AC , так что полукруга BFC не нужно строить.

Затем, в треугольниках ABE и ABC углы AEB и BAC равны между собою, так что угол BGH , который должен быть равен углу AEB , будет равен углу BAH и, при

равенстве BG и BA , GH и AN тоже должны быть равны между собою.

Таким образом, в нашем случае, для определения давления земли на стену AB нужно, построив при горизонтальной линии BD угол CBD , равный углу естественного откоса земли φ , отложить на BC от B отрезок BG , равный AB , отыскать на AC точку H , равноотстоящую от A и G , соединить ее с G прямою GH и опустить из H перпендикуляр HT на BC .

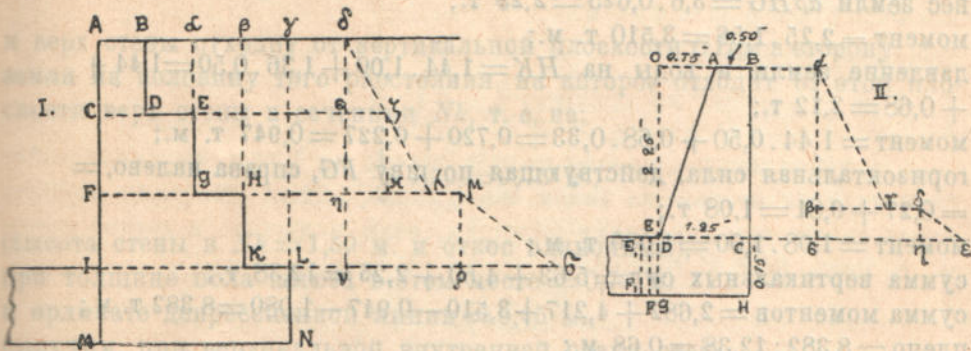
Произведение половины GH на HT , помноженное на вес единицы объема насыпи, даст величину давления земли на AB , причем давление будет перпендикулярно к AB и пройдет через точку R , отстоящую от B на одну треть AB .

Если над поверхностью земли AC находится равномерно распределенная нагрузка, „приведенная высота“ которой есть AK , то для определения дополнительного давления на стену AB от насыпи $CAKL$, заменяющей нагрузку, нужно, продолжив линию BH , соединяющую B с H , до пересечения с KL , параллельной AC , в точке L , провести через L линию LN , параллельную GH до встречи с BC в точке N ,

а через H линию HM , параллельную BN до встречи с LN в точке M и, отложив на HM от M отрезок MO , равный LM , и на BN от N отрезок NP тоже равный LM , соединить O с P прямою OP , $MNPO$ будет „параллелограмм давления“ с высотой, равной HT и площадью, равной $LM \cdot HT$, или, проще, $(LN - GH) \cdot HT$;

соответствующее давление земли, направленное перпендикулярно к AB и проходящее через точку S , равноотстоящую от A и B , получим, помножив площадь параллелограмма на вес единицы объема насыпи.

Для сечения 1—1 стены (см. ч. 328), где высота стены над полом шлюза = 3,0 м., толщина пола = 1,0 м., ордината депрессионной линии = 1,0 м., а наружная грань стены вертикальна, делаем внутреннюю грань стены ступенчатую, как показано на ч. 330, I, при:



Ч. 330.

$$AB = DE = GH = KL = 0,625 \text{ м.};$$

$$AC = CF = FI = IM = 1,0 \text{ м.};$$

получим:

1) для шва CD :

вес кладки $ABDC = 2,4 \cdot 0,625 = 1,50 \text{ т.};$

момент относительно $C = 1,50 \cdot 0,312 = 0,468 \text{ т. м.};$

давление земли на $BD = 0,5 \cdot 0,54 = 0,27 \text{ т.};$

момент = $0,27 \cdot 0,33 = 0,090 \text{ т. м.};$

момент равнодействующей = $0,468 - 0,090 = 0,378 \text{ т. м.};$

плечо = $0,378 : 1,5 = 0,25 \text{ м.};$

$\frac{1}{3} \cdot 0,63 = 0,21 \text{ м.} < 0,25 \text{ м.};$

2) для шва FG :

вес кладки $CEGF = 2 \cdot 1,5 = 3,00 \text{ т.};$

момент относительно $F = 3,00 \cdot 0,625 = 1,875 \text{ т. м.};$

вес земли $BaED = 1,8 \cdot 0,625 = 1,13 \text{ т.};$

момент = $1,13 \cdot 0,937 = 1,059 \text{ т. м.};$

давление земли на $EG = 0,54 \cdot 1,00 + 0,54 \cdot 0,50 = 0,54 + 0,27 = 0,81 \text{ т.};$

момент $= 0,54 \cdot 0,50 + 0,27 \cdot 0,33 = 0,270 + 0,090 = 0,360$ т. м.;
горизонтальная сила, действующая по шву CD , справа налево, $=$
 $= 0,27$ т.;

момент $= 0,27 \cdot 1,00 = 0,270$ т. м.;

сумма вертикальных сил $= 1,50 + 3,00 + 1,13 = 5,63$ т.;

сумма моментов $= 0,378 + 1,875 + 1,059 - 0,360 - 0,270 = 2,682$ т. м.;

плечо $= 2,682 : 5,63 = 0,48$ м.;

$\frac{1}{3} \cdot 1,25 = 0,42$ м. $< 0,48$ м.;

3) для шва IK :

вес кладки $FHKI = 3 \cdot 1,50 = 4,50$ т.;

момент относительно $I = 4,50 \cdot 0,937 = 4,217$ т. м.;

вес земли $\alpha\beta HG = 3,6 \cdot 0,625 = 2,25$ т.;

момент $= 2,25 \cdot 1,56 = 3,510$ т. м.;

давление земли и воды на $HK = 1,44 \cdot 1,00 + 1,36 \cdot 0,50 = 1,44 +$
 $+ 0,68 = 2,12$ т.;

момент $= 1,44 \cdot 0,50 + 0,68 \cdot 0,33 = 0,720 + 0,227 = 0,947$ т. м.;

горизонтальная сила, действующая по шву FG , справа налево, $=$
 $= 0,27 + 0,81 = 1,08$ т.;

момент $= 1,08 \cdot 1,00 = 1,080$ т. м.;

сумма вертикальных сил $= 5,63 + 4,50 + 2,25 = 12,38$ т.;

сумма моментов $= 2,682 + 4,217 + 3,510 - 0,947 - 1,080 = 8,382$ т. м.;

плечо $= 8,382 : 12,38 = 0,68$ м.;

$\frac{1}{3} \cdot 1,88 = 0,63$ м. $< 0,68$ м.;

4) для шва MN :

вес кладки $ILNM$ за вычетом давления воды снизу $= (2,4 - 2,0) \cdot 2,5 =$
 $= 0,4 \cdot 2,5 = 1,00$ т.;

момент относительно $M = 1,00 \cdot 1,25 = 1,250$ т. м.;

вес земли и воды $\beta\gamma LK = (3,6 + 1,9) \cdot 0,625 = 5,5 \cdot 0,625 = 3,44$ т.;

момент $= 3,44 \cdot 2,19 = 7,534$ т. м.;

горизонтальная сила, действующая по шву IK , справа налево, $=$
 $= 1,08 + 2,12 = 3,20$ т.;

момент $= 3,20 \cdot 1,00 = 3,200$ т. м.;

давление земли и воды на LN не принимаем во внимание, счита-
тая, что это давление передастся на пол шлюза и уравнивается со-
ответствующим давлением на пол у противоположной стороны шлюза;

сумма вертикальных сил $= 12,38 + 1,00 + 3,44 = 16,82$ т.;

сумма моментов $= 8,382 + 1,250 + 7,534 - 3,200 = 13,966$ т. м.;

плечо $= 13,966 : 16,82 = 0,83$ м.;

$\frac{1}{3} \cdot 2,50 = 0,83$ м.;

напряжение грунта у $M = 2 \cdot 16,82 : 2,50 = 16,82 : 1,25 = 13,5$ т. на
кв. м. $= 1,35$ к. на кв. см.

При наивысшем уровне воды в шлюзе на 1,50 м. выше дна шлюза и воде за стеной на таком же уровне, линия давления тоже проходит как раз через левую третнюю точку подошвы MN стены.

К напряжению в кладке от собственного веса средней части стены и от давления на стену земли и воды нужно еще прибавить напряжение от веса моста, для которого стена служит устоем, и от давления шлюзового затвора на устой, а также от давления ветра на мост.

Подберем еще поперечные размеры для сечений 2-2 и Lh стены (см. ч. 328).

Для первого сечения, где высота стены над дном шлюза равна половине высот Hg и Nh , т.-е.

$$\frac{1}{2} \cdot (3,00 + 1,50) = \frac{1}{2} \cdot 4,50 = 2,25 \text{ м.},$$

и верх стены отходит от вертикальной плоскости $GHgc$ в сторону земли на половину того расстояния, на которое отходит от этой плоскости верх стены в сечении Nh , т.-е. на:

$$\frac{1}{2} \cdot 1,50 = 0,75 \text{ м.},$$

(высота стены в $Nh = 1,50$ м. и откос одиночный),

при толщине пола шлюза в этом месте $= 0,75$ м.

и ординате депрессионной линии $= 0,45$ м.,

получим, при вертикальной внутренней грани стены

и $AB = 0,50$ м, а $CD = 1,25$ м. (см. ч. 330, II):

1) для шва CD :

вес кладки $OBCD = 2,4 \cdot 2,25 \cdot 1,25 = 5,4 \cdot 1,25 = 6,75$ т.;

" " $OAD = 5,4 \cdot 0,37 = 2,03$ т.;

" " $ABCD = 6,75 - 2,03 = 4,72$ т.;

момент относительно $D = 6,75 \cdot 0,63 - 2,03 \cdot 0,25 = 4,253 - 0,508 = 3,745$ т. м.;

давление земли и воды на $BC =$

$$= 0,54 \cdot 1,8 \cdot 0,9 + 0,72 \cdot 1,8 \cdot 0,45 + 1,36 \cdot 0,45 \cdot 0,22 = \\ = 0,87 + 0,59 + 0,13 = 1,59 \text{ т.};$$

момент $= 0,87 \cdot 1,05 + 0,59 \cdot 0,22 + 0,13 \cdot 0,15 = 0,914 + 0,130 + 0,020 = \\ = 1,064$ т. м.;

момент равнодействующей $= 3,745 - 1,064 = 2,681$ т. м.;

плечо $= 2,681 : 4,72 = 0,57$ м.;

$\frac{1}{3} \cdot 1,25 = 0,42$ м. $< 0,57$ м.;

2) для шва FH (при $FG = 0,10$ м):

вес кладки $DCHG$, за вычетом давления воды снизу:

$$= (0,75 \cdot 2,4 - 1,2) \cdot 1,25 = 0,6 \cdot 1,25 = 0,75 \text{ т.};$$

момент относительно $G = 0,75 \cdot 0,63 = 0,473$ т. м.;
 вес кладки $EDGF$, за вычетом давления воды снизу,
 $= 0,6 \cdot 0,10 = 0,06$ т.;

момент $= 0,06 \cdot 0,05 = 0,003$ т. м.;
 давление земли и воды на CH не принимаем во внимание, считая, что это давление уравнивается таким же давлением на пол с противоположной стороны шлюза.

Горизонтальная сила, действующая по шву CD , справа налево, $= 1,59$ т.;

момент $= 1,59 \cdot 0,75 = 1,193$ т. м.;

сумма вертикальных сил $= 4,72 + 0,75 + 0,06 = 5,53$ т.;

сумма моментов $= 2,681 + 0,473 - 0,003 - 1,193 = 1,958$ т. м.;

плечо $= 1,958 : 5,53 = 0,35$ м.;

$0,35 + 0,10 = 0,45$ м.;

$\frac{1}{3} \cdot (1,25 + 0,10) = \frac{1}{3} \cdot 1,35 = 0,45$ м. $= 0,45$ м.

При наивысшем уровне воды в шлюзе на 1,50 м. выше дна шлюза и воде за стеной на таком же уровне, линия давления пройдет через левую третнюю точку подошвы, если включить в состав стены часть пола DGF_1E_1 при:

$$F_1G = 0,20 \text{ м.}$$

Для сечения Nh стены, где высота стены над дном шлюза $= 1,50$ м., откос наружной грани $= 1:1$, толщина фундамента стены $= 0,50$ м. и над верхом стены имеется слой земли толщиной $= 0,50$ м., получим, в предположении, что уровень воды перед и за стеной на 1,50 м. выше дна шлюза, при толщине стены вверху $= 0,30$ м. и внизу $= 0,75$ м. (см. ч. 331):

1) Для шва CD :

рассматривая площадь $ABCD$, как разность площади $\alpha B \beta D$ и суммы площадей αAD и $BC \beta$:

вес $\alpha B \beta D = 1,5 \cdot 2,4 \cdot 1,8 = 3,6 \cdot 1,8 = 6,48$ т.;

" $\alpha AD = 3,6 \cdot 0,75 = 2,70$ т.;

" $BC \beta = 3,6 \cdot 0,52 = 1,87$ т.;

вес кладки $ABCD = 6,48 - 2,70 - 1,87 = 1,91$ т.;

момент относительно $D =$

$= 6,48 \cdot 0,90 - 2,70 \cdot 0,50 - 1,87 \cdot 1,45 = 5,832 - 1,350 - 2,712 = 1,770$ т. м.;

горизонтальные составляющие давления воды на грани AD и BC взаимно уравновесятся, вертикальные же составляющие будут:

для $AD = 1,50 \cdot 0,75 = 1,13$ т., сверху вниз,

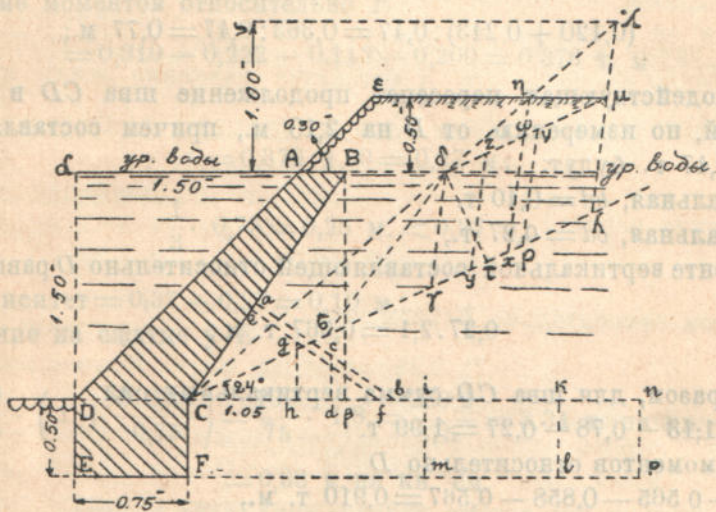
для $BC = 1,50 \cdot 0,52 = 0,78$ т., снизу вверх,

с моментами:

для первой $1,13 \cdot 0,50 = 0,565$ т. м., по часовой стрелке,

для второй $0,78 \cdot 1,10 = 0,858$ т. м., против часовой стрелки.

Давление земли на грань BC стены определим, построив угол gCh , равный 24° , отложив затем на стороне Cg отрезок $C\gamma$, равный BC , и проведя через точку δ , лежащую на горизонтальной линии Ad , проведенной через верх стены, и равноотстоящую от B и γ , прямую $C\kappa$ до встречи в κ с горизонтальной линией $\zeta\chi$, отстоящую от верха стены на 1,00 м., то есть на двойное расстояние от верха стены поверхности земли $e\eta$, так как ниже Ad земля в воде, а выше воды нет, и удельный вес сухой земли принят равным удвоенному удельному весу земли в воде, под гидростатическим давлением; затем проводится линия $\kappa\lambda$, параллельная линии $\gamma\delta$, на ней откладывается отрезок $\lambda\mu$, равный отрезку $\gamma\delta$, точка μ соединяется с точкой δ прямою $\delta\mu$, откладывается:



Ч. 331.

$\mu\eta = \lambda\varrho = \chi\mu =$ (по измерению) 0,50 м.;

τ соединяется с ϱ прямою $\varrho\tau$;

откладывается:

$\gamma\sigma = \gamma\delta =$ (по измерению) 0,75 м.;

δ соединяется с σ прямою $\delta\sigma \Delta$;

из δ опускается перпендикуляр $\delta\tau$ на $\gamma\sigma$, равный (по измерению) 0,60 м.;

поэтому площадь треугольника $\gamma\delta\sigma$

$$= 0,75 \cdot 0,30 = 0,225 \text{ кв. м.}$$

■ соответствующее давление земли

$$= 0,9 \cdot 0,225 = 0,20 \text{ т.},$$

■ площадь параллелограмма $\mu\varrho\lambda$

$$= 0,50 \cdot 0,60 = 0,30 \text{ кв. м.}$$

■ соответствующее давление земли

$$= 0,9 \cdot 0,30 = 0,27 \text{ т.};$$

так как длина грани BC равна (по измерению) 1,80 м., то у давления земли в 0,20 т., перпендикулярного к BC и приложенного в точке, отстоящей от C на одну треть BC , момент относительно C будет: $0,20 \cdot 0,6 = 0,120$ т. м.,

а у давления земли в 0,27 т., приложенного к BC в точке, отстоящей от C на половину BC , момент относительно C будет:

$$0,27 \cdot 0,9 = 0,243 \text{ т. м.},$$

так что равнодействующая давлений, равная:

$$0,20 + 0,27 = 0,47 \text{ т.},$$

пройдет через точку a , отстоящую от C на:

$$(0,120 + 0,243) : 0,47 = 0,363 : 0,47 = 0,77 \text{ м.};$$

эта равнодействующая пересечет продолжение шва CD в точке b , отстоящей, по измерению, от D на 2,10 м., причем составляющие у силы в 0,47 т. будут:

горизонтальная, $bd = 0,40$ т.

и вертикальная, $cd = 0,27$ т.,

при моменте вертикальной составляющей относительно D равном:

$$0,27 \cdot 2,1 = 0,567 \text{ т. м.};$$

таким образом, для шва CD сумма вертикальных сил $= 1,91 + 1,13 - 0,78 - 0,27 = 1,99$ т.

и сумма моментов относительно D

$$= 1,770 + 0,565 - 0,858 - 0,567 = 0,910 \text{ т. м.},$$

с плечем $= 0,910 : 1,99 = 0,46$ м.;

$$\frac{2}{3} \cdot 0,75 = 0,50 \text{ м.} > 0,46 \text{ м.};$$

2) для шва EF :

давление воды снизу, за вычетом веса кладки $CDEF$, равно:

$$(2,0 - 0,5 \cdot 2,4) \cdot 0,75 = 0,8 \cdot 0,75 = 0,60 \text{ т.}$$

с моментом относительно E

$$= 0,60 \cdot 0,37 = 0,222 \text{ т. м.};$$

давление земли на CF , графически выражающееся площадью треугольника, уравновесится таким же давлением на грань DE и останется давление земли на CF по прямоугольнику $iklm$ при:

$$im = 0,5 \text{ и } ik = (1,50 + 1,00) \cdot 0,36 = 2,5 \cdot 0,36 = 0,90 \text{ т.};$$

это давление равно:

$$0,90 \cdot 0,5 = 0,45 \text{ т.},$$

с моментом относительно E :

$$= 0,45 \cdot 0,25 = 0,112 \text{ т. м.};$$

кроме того от силы в $0,40$ т., действующей по CD , справа налево, получится момент:

$$0,40 \cdot 0,5 = 0,200 \text{ т. м.},$$

так что для шва EF сумма вертикальных сил будет

$$= 1,99 - 0,60 = 1,39 \text{ т.},$$

при сумме моментов относительно E

$$= 0,910 - 0,222 - 0,112 - 0,200 = 0,376 \text{ т. м}$$

и плече

$$= 0,376 : 1,39 = 0,27 \text{ м.};$$

$$\frac{1}{3} \cdot 0,75 = 0,25 \text{ м.} < 0,27 \text{ м.};$$

эксцентриситет $= 0,37 - 0,27 = 0,10$ м.;

напряжение на сжатие у E

$$\begin{aligned} &= \frac{1,39}{0,75} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,10}{0,75} \right) = \frac{139}{75} \cdot 1,8 = \frac{250,2}{75} = 3,34 \text{ т. на кв. м.} \\ &= 0,33 \text{ к. на кв. см.} \end{aligned}$$

Если вода в плюзе будет находиться только наравне с дном плюзы, то для определения давления земли на BC послужит тот же треугольник $\gamma\delta\omega$, с площадью равной $0,225$ кв. м., и параллелограмм $\omega\omega'$, при:

$\omega\omega' = \eta\omega$ (по измерению) $0,25$ м.

и, следовательно, (с площадью)

$$= 0,25 \cdot 0,6 = 0,150 \text{ кв. м.};$$

соответствующие давления земли будут:

$$1,8 \cdot 0,225 = 0,40 \text{ т. и } 1,8 \cdot 0,150 = 0,27 \text{ т.},$$

с моментами относительно C равными:

$$0,40 \cdot 0,6 = 0,240 \text{ т. м. и } 0,27 \cdot 0,9 = 0,243 \text{ т. м.};$$

равнодействующая давлений встретит BC в точке e , отстоящей от

$$(0,240 + 0,243) : (0,40 + 0,27) = 0,483 : 0,67 = 0,72 \text{ м.}$$

и продолжение шва CD в точке f , отстоящей от D (по измерению) на 2,00 м.;

составляющие силы fg , равной 0,67 т., будут:

горизонтальная $fh = 0,55$ т.,

и вертикальная $gh = 0,35$ т.,

причем момент вертикальной составляющей относительно D будет:

$$0,35 \cdot 2,0 = 0,700 \text{ т. м.};$$

затем, вес кладки $CDEF$, за вычетом давления воды снизу, будет:

$$(0,5 \cdot 2,4 - 0,5) \cdot 0,75 = 0,7 \cdot 0,75 = 0,53 \text{ т.},$$

с моментом относительно E равным:

$$0,53 \cdot 0,37 = 0,196 \text{ т. м.};$$

давление земли и воды на CF по треугольнику уравнивается таким же давлением земли на DE и останется давление земли на CF по прямоугольнику $impr$ при:

$$im = 0,5 \text{ и } pr = 0,72 \cdot 2,0 = 1,44 \text{ т.};$$

это давление равно:

$$1,44 \cdot 0,50 = 0,72 \text{ т.},$$

с моментом относительно E равным:

$$0,72 \cdot 0,25 = 0,180 \text{ т. м.};$$

кроме того, от силы:

$$fh = 0,55 \text{ т.},$$

действующей по CD , справа налево, получится момент:

$$0,55 \cdot 0,50 = 0,275 \text{ т. м.};$$

таким образом, для подошвы стены получится:

сумма вертикальных сил:

$$= 1,91 - 0,35 + 0,53 = 2,09 \text{ т.};$$

и сумма моментов:

$$= 1,770 - 0,700 + 0,196 - 0,180 - 0,275 = 0,811 \text{ т. м.},$$

с плечем

$$= 0,811 : 2,09 = 0,40 \text{ м.},$$

т.-е. равнодействующая сил пройдет близко от середины подошвы стены.

Глубина заложения основания стены на 0,50 м. ниже дна шлюза достаточна для того, чтобы не могло произойти выдавливания грунта из под подошвы сооружения, потому что высота столба земли, соответствующего давлению стены на единицу площади основания,

$$= (2,09 : 0,75) : 1,9 = 1,5 \text{ м.}$$

и при угле естественного откоса земли, пропитанной водою, в 24° ,

$$\text{Tang}^4\left(45^\circ - \frac{1}{2} \cdot 24^\circ\right) = \text{Tang}^4 33^\circ = 0,18;$$

$$1,5 \cdot 0,18 = 0,27 \text{ м.} < 0,50 \text{ м.}$$

При этом предполагается, что глубина промерзания меньше глубины заложения подошвы стены.

В многопролетных каменных шлюзах промежуточные опоры устраиваются из каменной кладки на растворе (или бетонные), или же в виде железных ферм.

Каменные опоры рассчитываются таким образом, чтобы ни в одном из горизонтальных сечений опоры, ни при какой из возможных комбинаций действующих на опору сил, линия давления не вышла из средней трети сечения, считая, как по ширине его (измерение параллельное фасаду шлюза), так и по длине, и чтобы наибольшее давление на квадратную единицу грунта не превышало допускаемой величины.

Если, например, (см. ч. 332);

высота опоры $IT = 4,0$ м.;

длина „ $IK = 3,5$ м.;

ширина „ $ab = 1,0$ м.;

$edef$ — дно шлюза;

$ghik$ — возвышенный порог шлюза;

5 — 1, $ghno$ и 2 — 6, $ikpq$ — половины двух смежных затворов,

а gn и kq — соответствующие вертикальные осевые линии;

$gh = 3,0$ м.; $ik = 3,0$ м.; $ID = ad = 1,0$ м.; $DU = dh = 1,0$ м.;

$UO = ho = 1,0$ м.; $OT = or = 1,0$ м.;

давление KL воды на квадратный метр основания опоры у точки K равно 2,0 т.,

и давление IN воды на квадратный метр основания опоры у точки I будет 2,5 т., что соответствует фильтрационному коэффициенту равному 7,

то, при закрытом правом и открытом левом затворе, на опору будут действовать силы:

1) P_1 — собственный вес опоры, приложенный в точке A — центре тяжести опоры — и равный:

$$4 \cdot 3,5 \cdot 1 \cdot 2,4 = 14 \cdot 2,4 = 33,60 \text{ т.};$$

(2,4 — удельный вес кладки).

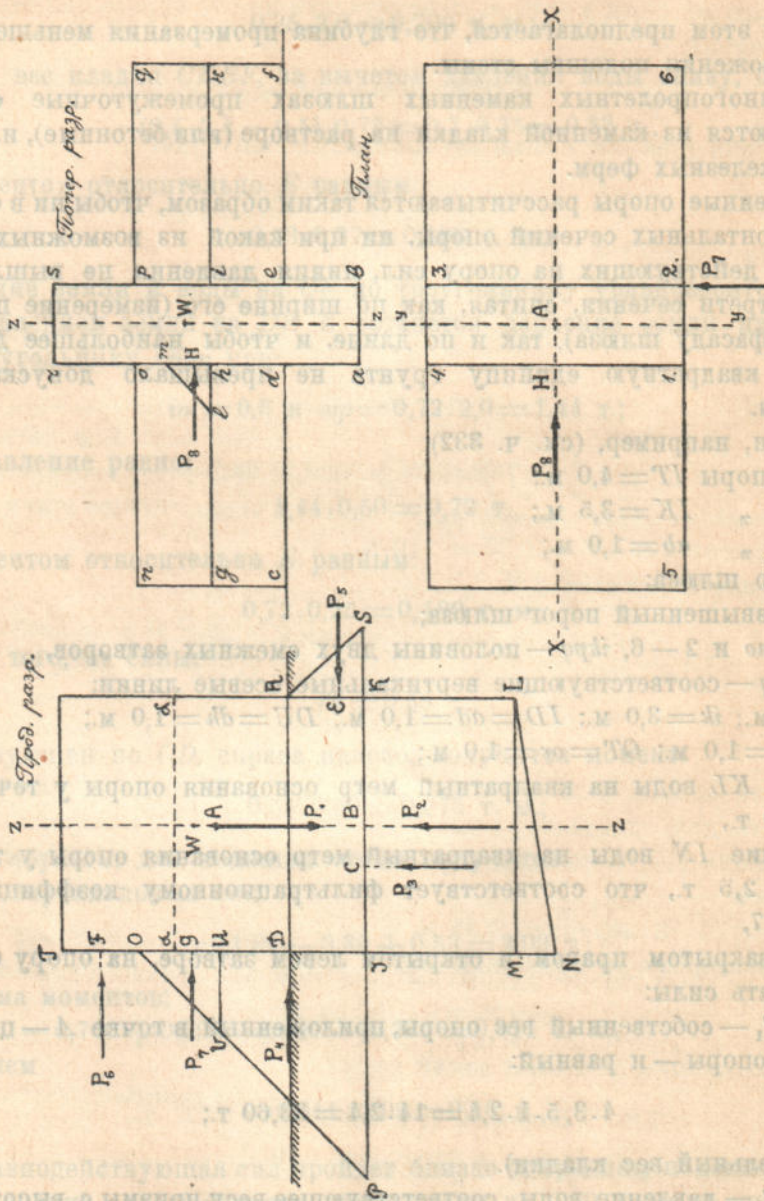
2) P_2 — давление воды, соответствующее весу призмы с высотой в 1,0 м. и основанием $IKLM$ и равное:

$$2 \cdot 3,5 \cdot 1 = 7,00 \text{ т.};$$

эта сила приложена в точке B — середине линии IK .

3) P_3 — давление воды, соответствующее весу призмы с высотой в 1,0 м. и основанием LMN и равно:

$$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 3,5 \cdot 1 = 0,87 \text{ т.};$$



Ч. 332.

это давление приложено в точке C , отстоящей от I на одну треть IK , а, следовательно, от B на одну шестую IK , или на 0,58 м.; приложив в точке B две прямопротивоположные силы P'_3 и P''_3 , равные P_3 , причем сила P'_3 направлена вверх, заменим действие силы

P_3 на опору действием силы P_3' , приложенной в B , и пары с моментом M_3 , равным:

$P_3 \cdot BC$, или $0,87 \cdot 0,58 = 0,51$ т. м., по часовой стрелке.

Равнодействующая из сил P_1 , P_2 и P_3' , равная:

$$33,60 - 7,00 - 0,87 = 33,60 - 7,87 = 25,73 \text{ т.},$$

будет сжимать грунт под основанием опоры с напряжением:

$$25,73 : 3,5 = 7,3 \text{ т. на кв. м.} = 0,73 \text{ к. на кв. см.}$$

4) P_4 — давление воды на переднюю грань опоры, соответствующее весу призмы с высотой в 1,0 м. и основанием IOF при:

$$IF = IO = 3,0 \text{ м.}$$

и равное, поэтому:

$$\frac{1}{2} \cdot 3,0 \cdot 3,0 \cdot 1,0 = \frac{1}{2} \cdot 9,0 = 4,50 \text{ т.};$$

это давление приложено в точке D — середине линии de — и дает для сечения опоры по ее основанию момент M_4 , равный:

$P_4 \cdot ID = 4,5 \cdot 1,0 = 4,50$ т. м., по часовой стрелке.

5) P_5 — давление воды на заднюю грань опоры, соответствующее весу призмы с высотой в 1,0 м. и основанием KRS при:

$$KS = KR = 1,0 \text{ м.}$$

и равное:

$$\frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,50 \text{ т.};$$

это давление приложено в точке E на середине соответствующей горизонтальной линии при:

$$EK = 0,33 \text{ м.}$$

и дает для сечения опоры по ее основанию момент M_5 , равный:

$0,50 \cdot 0,33 = 0,17$ т. м., против часовой стрелки.

6) P_6 — давление ветра на часть передней грани опоры с высотой OT , равной 1,0 м.;

это давление принято равным 0,24 т. ($= 235$ к. на кв. м.) и приложено в точке F — середине линии OT ;

для сечения опоры по ее основанию получится от этой силы момент M_6 , равный:

$0,24 \cdot 3,5 = 0,84$ т. м., по часовой стрелке.

7) P_7 — давление на опору опорной стойки правого затвора, соответствующее весу призмы с высотой в 3,0 м. и основанием OUV при:

$$UV = OU = 1,0 \text{ м.};$$

это давление равно, поэтому:

$$\frac{1}{2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 1,50 \text{ т.}$$

и приложено в точке G , отстоящей от U на 0,33 м. и, следовательно, от I на 2,33 м.;

приложив в точке W — центре тяжести горизонтального сечения опоры, соответствующего точке G — две прямопротивоположные силы P'_7 и P''_7 , равные P_7 , причем P'_7 направлено в ту же сторону, как и P_7 , сведем действие силы P_7 к действию силы P'_7 с моментом M_7 для сечения опоры по ее основанию =

$$= P'_7 \cdot GI = 1,50 \cdot 2,33 = 3,50 \text{ т. м., по часовой стрелке,}$$

и пары с моментом:

$$P_7 \cdot \frac{1}{2} \cdot ab = 1,5 \cdot 0,5 = 0,75 \text{ т. м.,}$$

скручивающим опоры;

этот скручивающий момент уравновесится с соответствующим реактивным скручивающим моментом от действия на опору кладки возвышенного порога и дна шлюза.

Сумма моментов M_3 , M_4 , M_5 , M_6 и M_7 , равная:

$$0,51 + 4,50 - 0,17 + 0,84 + 3,50 = 9,18 \text{ т. м.} = 9180 \text{ к. м.,}$$

вызовет в точках 3 и 4 основания опоры сжимающие напряжения, равные:

$$9180 : \frac{1}{6} \cdot (3,5)^2 = 9180 : \frac{1}{6} \cdot 12,25 = 9180 : 2,04 = 4500 \text{ к. на кв. м.} = \\ = 0,45 \text{ к. на кв. см.,}$$

и такие же растягивающие напряжения в точках 1 и 2 основания опоры.

8) P_8 — давление воды на левую боковую грань опоры, соответствующее весу призмы с высотой в 3,5 м. и основанием hlm при:

$$hl = hm = 0,6 \text{ м.}$$

(таким слоем, равным критической глубине, то есть 0,6 от напора в 1,0 м., будет течь вода над порогом слева от опоры);

это давление будет равно:

$$\frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 3,5 = 0,18 \cdot 3,5 = 0,63 \text{ т.}$$

и, будучи приложено в точке H , отстоящей от a на:

$$ah + hH = 2,0 + 0,2 = 2,2 \text{ м.,}$$

даст для сечения опоры по ее основанию момент M_8 , равный:

$$0,63 \cdot 2,2 = 1,39 \text{ т. м.,}$$

вызвав в точках 2 и 3 сжимающие напряжения

$$= 1,39 : \frac{1}{6} \cdot 3,5 = 1,39 : 0,58 = 2,4 \text{ т. на кв. м.} = 0,24 \text{ к. на кв. см.}$$

и такие же растягивающие напряжения в точках 1 и 4.

В общей сложности, от действия на опору всех сил $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7$ и P_8 в точках 1, 2, 3 и 4 получатся сжимающие напряжения:

- 1) в 1-ой точке $0,73 - 0,45 - 0,24 = 0,49 - 0,45 = 0,04$ к. на кв. см.
- 2) " 2-ой " $0,73 - 0,45 + 0,24 = 0,97 - 0,45 = 0,52$ " " " "
- 3) " 3-ей " $0,73 + 0,45 + 0,24 = 0,97 + 0,45 = 1,42$ " " " "
- 4) " 4-ой " $0,73 + 0,45 - 0,24 = 0,49 + 0,45 = 0,94$ " " " "

При обоих закрытых затворах сумма M_2, M_4, M_5, M_6, M_7 и M_7 будет:

$$9,18 + 3,50 = 12,68 \text{ т. м.};$$

соответствующее сжимающее напряжение в точках 3-ей и 4-ой будет:

$$12,68 : 2,04 = 6,2 \text{ т. на кв. м.} = 0,62 \text{ к. на кв. см.},$$

при таком же растягивающем напряжении в точках 1-ой и 2-ой и, следовательно, в общем, сжимающие напряжения будут:

$$\begin{aligned} \text{в 1-ой и 2-ой точках } & 0,73 - 0,62 = 0,11 \text{ к. на кв. см.}, \\ \text{" 3-ей " 4-ой " } & 0,73 + 0,62 = 1,35 \text{ " " " " } \end{aligned}$$

При обоих открытых затворах сумма моментов M_3, M_4, M_5 и M_6 будет:

$$0,51 + 4,50 - 0,17 + 0,84 = 5,68 \text{ т. м.};$$

соответствующее сжимающее напряжение в 3-ей и 4-ой точках будет:

$$5,68 : 2,04 = 2,8 \text{ т. на кв. м.} = 0,28 \text{ к. на кв. см.},$$

при таком же растягивающем напряжении в 1-ой и 2-ой точках и, следовательно, в общем, сжимающие напряжения будут:

$$\begin{aligned} \text{в 1-ой и 2-ой точках: } & 0,73 - 0,28 = 0,45 \text{ к. на кв. см.}, \\ \text{" 3-ей " 4-ой " } & 0,73 + 0,28 = 1,01 \text{ " " " " } \end{aligned}$$

Если над шлюзом имеется мост, то к напряжениям в кладке от собственного веса опоры и от давления на нее воды нужно будет еще прибавить напряжения от веса моста и от давления на мост ветра.

Что касается железных шлюзовых опор, то они меньше стесняют живое сечение водотока, чем каменные опоры, но должны быть надлежащим образом скреплены с кладкою в дне шлюза, для того, чтобы можно было считать их достаточно устойчивыми.

По большей части, до уровня высокой воды, железные опоры обшиваются досками (см. ч. 367), или забетониваются (см. ч. 368) для того, чтобы между стойками и раскосами опор не могли застревать плавающие тела: деревья, льдины и т. п.

В виде примера рассчитаем железные опоры для многопролетного каменного шлюза с катковыми затворами при пролетах в свету по 3,66 м. и напоре в 2,50 м.

Ширина каждого из щитов 9,00 м.;
расстояние между осями концевых стоек, устроенных из двутаврового железа № 45, равно:

$$9,00 - 0,17 \text{ (ширина стойки)} = 8,83 \text{ м.};$$

расстояние между осями двух смежных промежуточных стоек, из корытного железа № 16, по 0,75 м.;

ось нижнего ребра, устроенного из клепаной двутавровой балки, выше низа щита на 0,16 м.;

ось верхнего ребра, для которого взята двутавровая балка № 45, ниже верха щита на 0,09 м.;

расстояние между осями ребер 2,25 м., так что высота щита равна:

$$2,25 + 0,16 + 0,09 = 2,50 \text{ м.};$$

обшивка щита из листового железа, толщиной 10 мм.;

уровень воды, подпертой щитом, может подняться на 0,30 м. выше верха щита.

При этих данных, давление на один погонный метр щита определилось в 3875 к., и на половину щита равно:

$$3875 \cdot 4,5 = 17438 \text{ к.},$$

так что, при коэффициенте трения качения равном 0,001 м. и радиусе катков равном 0,05 м.,

сила трения, соответствующая половине щита, будет:

$$17438 \cdot 0,001 : 0,05 = 1743,8 : 5 = 349 \text{ к.}$$

и каждая из двух подъемных цепей, прикрепленных к верхнему ребру затвора и отстоящих одна от другой на 4,5 м., должна быть рассчитана на усилие:

$349 + 1096$ (вес половины верхнего ребра и четверти промежуточных стоек и обшивки) $= 1445 \text{ к.}$

Что касается веса нижнего ребра, концевых стоек и нижней половины промежуточных стоек и обшивки, а также половины веса двух катковых рам, то он будет уравновешен при помощи двух противовесов на проволочных канатах, прикрепленных к концевым стойкам, причем на каждый придется по 1977 к. (в том числе 63 к. для уравновешивания половины веса катковой рамы).

Подъемные цепи должны быть расположены на 14 см., а проволочные канаты, идущие к противовесам, на 22 см. от наружной грани обшивки, соответственно положению центров тяжести частей затвора, весом в 1096 к. и 1977 к.

(Подробности смотри В. В. Подарев. Расчеты гидротехнических сооружений. Москва. 1924.)

Каждая цепь огибает вверху „звездочку“ (цепной блок) *D*, насаженную на „ведомый“ вал *FL*, вращающийся в четырех подшипниках *G*, *H*, *I* и *K* (см. ч. 333), прикрепленных к станинам в виде тра-

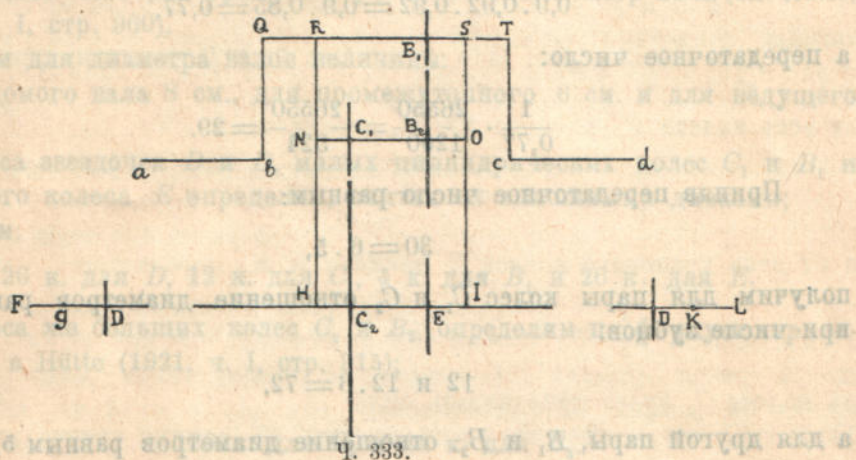
печей с широким основанием, из корытного железа, а станины скреплены с соответствующими поперечными балками „служебного“ моста, т.-е. моста, устроенного над шлюзом исключительно для обслуживания сооружения.

Ведомый вал приводится в движение „ведущим“ валом QT при помощи промежуточного вала NO и двух пар цилиндрических колес C_1, C_2 и B_1, B_2 , а ведущий вал вращают двое рабочих, прилагая каждый усилие в 15 к. при радиусе ручек bQ и cT , равном 40 см.

E —храповое колесо.

Соответственно усилию в 1445 к., диаметр цепного железа определяется в 17 мм. и радиус начальной окружности звездочки в 9 см.

(См. Hütte, 1921, ч. I, стр. 993 и 996).



Если положить, что затвор будем поднимать на 2,50 м., причем верх затвора будет наравне с низом продольной балки моста, и принять высоту последней = 0,40 м., высоту поперечной балки = 0,10 м., толщину пологого настила = 0,05 м. и возвышение верха звездочки над полом моста равным

1,00 м. (возвышению оси ведомого вала над полом) + 0,09 м. (радиусу звездочки),

то длина подъемной цепи должна быть равна, по крайней мере:

$$2,50 + 0,40 + 0,10 + 0,05 + 1,00 + 0,09 = 4,14 \text{ м.}$$

Так как свободный конец цепи должен свешиваться со звездочки, то принимаем длину цепи равной, с запасом, 4,50 м.

При весе одного погонного метра цепи = 6,5 к. (см. Hütte, 1921, ч. I, стр. 994) вес цепи будет:

$$6,5 \cdot 4,5 = 29,25 \text{ к.}$$

так что на звездочку придется усилие:—

$$1445 + 30 = 1475 \text{ к.}$$

Момент на ведомом валу будет равен:
 2 (число звездочек) $\times 1475$ (усилие, соответствующее одной звездочке) $\times 9$ (радиус звездочки) $= 26550$ к. см.

Момент на ведущем валу равен:
 2 (число рабочих) $\times 15$ (усилие, соответствующее одному рабочему) $\times 40$ (радиус ручки) $= 1200$ к. см.

Коэффициент полезного действия звездочки принят равным $0,9$, а коэффициент полезного действия двух пар цилиндрических колес по $0,92$ (см. Берлов. Детали машин. Сокращенное руководство. Спб., 1913, стр. 62), и, соответственно, коэффициент полезного действия всего механизма определится в:

$$0,9 \cdot 0,92 \cdot 0,92 = 0,9 \cdot 0,85 = 0,77,$$

а передаточное число:

$$\frac{1}{0,77} \cdot \frac{26550}{1200} = \frac{26550}{924} = 29.$$

Приняв передаточное число равным:

$$30 = 6 \cdot 5,$$

получим для пары колес C_1 и C_2 отношение диаметров равным 6 , при числе зубцов:

$$12 \text{ и } 12 \cdot 6 = 72,$$

а для другой пары, B_1 и B_2 , отношение диаметров равным 5 , при числе зубцов:

$$12 \text{ и } 12 \cdot 5 = 60.$$

При скручивающем моменте для колеса C_2 равно

$$26550 : 0,9 = 29500 \text{ к. см.},$$

находим (см. Берлов. Детали машин, стр. 63) шаг зацепления:

$$t = 41,6 \text{ мм.},$$

и, принимая модуль зацепления $m = 13$, получим, затем:

$$t = 3,14 \cdot 13 = 40,8 \text{ мм.},$$

при диаметрах делительных окружностей для колес:

$$C_1 = 12 \cdot 13 = 156 \text{ мм.}; \quad C_2 = 72 \cdot 13 = 936 \text{ мм.}$$

Скручивающий момент для колеса B_2 будет:

$$29500 : (6 \cdot 0,92) = 29500 : 5,52 = 5344 \text{ к. см.};$$

$$t = 25,1 \text{ мм.}$$

и при $m=5$; $t=3,14 \cdot 9=28,3$ мм.,
а диаметры делительных окружностей колес будут:

для $B_1=12 \cdot 9=108$ мм.; для $B_2=60 \cdot 9=540$ мм.

Так как механизм не самотормозящий, то снабжаем его храповым колесом с собачкой, получим по Киферу (Грузоподъемные машины), что: шаг зацепления t должен быть 10 см., радиус внешней окружности $R=16$ см., ширина колеса $b=5$ см. и высота зуба $h=2,5$ см.

Исходя, затем, из требования, чтобы угол скручивания был не более одной четверти градуса ($1/4^\circ$) на погонный метр вала (см. Hütte, 1921, ч. I, стр. 960), получим для диаметра валов величины: для ведомого вала 8 см., для промежуточного 6 см. и для ведущего 4 см.

Веса звездочек D и D , малых цилиндрических колес C_1 и B_1 и храпового колеса E определим, считая их сплошными дисками; получим:

26 к. для D , 12 к. для C_1 , 4 к. для B_1 и 26 к. для E .

Веса же больших колес C_2 и B_2 определим по формуле, приведенной в Hütte (1921, ч. I, стр. 915); найдем:

120 к. для C_2 и 44 к. для B_2 .

Веса подшипников принимаем по таблице, приведенной в Hütte (1921, ч. I, стр. 982): для ведомого 27 к., промежуточного 19 к., ведущего 7 к.

Что касается веса валов, то он будет, считая на один погонный метр: для ведомого 39 к., промежуточного 22 к., ведущего 10 к. (см. Hütte, 1921, ч. I, стр. 731).

Для ведомого вала:

$FG=6$ см. (половина ширины подшипника);

$GD=6$ см. (половина ширины подшипника) + 8 см. (половина ширины звездочки) = 14 см.;

$DH=200$ см.;

$HC_2 = \frac{1}{4} \cdot HI = \frac{1}{4} \cdot 50 = 12,5$ см.,

$C_2E=25$ см.;

$EI=12,5$ см.;

$ID=200$ см., $DK=14$ см., $KL=6$ см.

Следовательно, длина вала FH равна:

$FG + GD + DH = 6 + 14 + 200 = 220$ см.;

его вес $= 39 \cdot 2,2 = 86$ к.;

из этого веса, считая вал FL разрезанным в H и I , передается

$$86 \cdot 110 : 214 = 44 \text{ к. в } G$$

и $86 - 44 = 42$ к. в H ;

точно также от веса вала IL передается 42 к. в I и 44 к. в K ;

вес части вала HI , длиною 50 см. будет:

$$39 \cdot 0,5 = 20 \text{ к.},$$

причем в H и I передается по 10 к.

В общей сложности, от веса вала FL , считая его разрезной балкой, получатся нагрузки:

$$\text{в } G \text{ и } K \text{ по } 44 \text{ к.}, \text{ а в } H \text{ и } I \text{ по } 42 + 10 = 52 \text{ к.}$$

Будем считать, что веса звездочек D и D целиком передадутся в G и K ;

от веса колеса C_2 , равного 120 к., передается:

$$\frac{3}{4} \cdot 120 = 90 \text{ к. в } H \text{ и } \frac{1}{4} \cdot 120 = 30 \text{ к. в } I,$$

и от веса храпового колеса E , равного 26 к., передается:

$$\frac{1}{4} \cdot 26 = 6 \text{ к. в } H \text{ и } \frac{3}{4} \cdot 26 = 20 \text{ к. в } I;$$

на колесо C_2 будет действовать сила:

29500 (момент, соответствующий колесу): 47 (радиус колеса) = 628 к.;

из этой силы передается:

$$\frac{3}{4} \cdot 628 = 471 \text{ к. в } H \text{ и } \frac{1}{4} \cdot 628 = 157 \text{ к. в } I;$$

а силы в 1475 к., действующие на звездочки D и D , будем считать целиком передающимся в G и K .

Таким образом, в общей сложности, получим нагрузки на станины:

1) в G : вал 44, подшипник 27, звездочка 26, сила, действующая на звездочку, 1475, всего 1572 к.;

2) в H : вал 52, подшипник 27, колесо C_2 и действующая на него сила $90 + 471$, храповое колесо 6, всего 646 к.;

3) в I : вал 52, подшипник 27, колесо C_2 и действующая на него сила $30 + 157$, храповое колесо 20, всего 286 к.;

4) в K : вал 44, подшипник 27, звездочка 26, сила, действующая на звездочку, 1475, всего 1572 к.

(Проверка:

$$\begin{aligned} & 1572 + 646 + 286 + 1572 = 4076 = \\ & = 2 \cdot 86 + 20 + 4 \cdot 27 + 2 \cdot 26 + 120 + 26 + 2 \cdot 1475 + 628 = \\ & = 172 + 20 + 108 + 52 + 120 + 26 + 2950 + 628 = 4076). \end{aligned}$$

Длина отдельных частей промежуточного вала NO такова:

$$NC_1 = 12,5 \text{ см.}, C_1B_2 = 25 \text{ см. и } B_2O = 12,5 \text{ см.},$$

полная длина вала = 60 см.

и его вес = $22 \cdot 0,6 = 13,2$ к.,

из которых на N и O передается по 7 к.;

на колесо C_1 будет действовать такая же сила 628 к., как на колесо C_2 , только в обратном направлении, т.-е. вверх, причем:

$$\frac{3}{4} \cdot 628 = 471 \text{ к. передается на } N \text{ и}$$

$$\frac{1}{4} \cdot 628 = 157 \text{ к. на } O,$$

а на колесо B_2 будет действовать сила:

628×8 (радиус колеса C_1): $0,92$ (коэффициент полезного действия пары цилиндрических колес) $\times 27$ (радиус колеса B_2) = 202 к., вверх, причем:

$$\frac{1}{4} \cdot 202 = 50 \text{ к. передается на } N \text{ и}$$

$$\frac{3}{4} \cdot 202 = 152 \text{ к. на } O.$$

В общей сложности получатся нагрузки:

1) в N : вал 7, подшипник 19, колесо C_1 три четверти от 12, т.-е. 9, сила, действующая на колесо—471 (вверх); колесо B_2 одна четверть от 44, т.-е. 11, сила, действующая на колесо—50 (вверх), а всего—475 к. (вверх);

2) в O : вал 7, подшипник 19, колесо C_1 одна четверть от 12, т.-е. 3, сила, действующая на колесо—157 (вверх), колесо B_2 три четверти от 44, т.-е. 33, сила, действующая на колесо—152 (вверх), а всего—247 к. (вверх).

(Проверка:

$$-475 - 247 = -722 =$$

$$= 14 + 2 \cdot 19 + 12 + 44 - 628 - 202 = -722).$$

Принимая, для упрощения расчета, что ручки ведущего вала сделаны из такого же круглого железа, как самый вал, получим, что, при:

$$ab = cd = bQ = cT = 40 \text{ см.}; QR = ST = 15 \text{ см. и } RS = 50 \text{ см.},$$

полная длина вала будет:

$$4 \cdot 40 + 2 \cdot 15 + 50 = 160 + 30 + 50 = 240 \text{ см.}$$

и его вес = $10 \cdot 2,4 = 24$ к.,

причем на R и S передается по 12 к.

Затем, от силы 202 к., действующей на колесо B_1 , передается:

$$\frac{1}{4} \cdot 202 = 50 \text{ к. в } R \text{ и } \frac{3}{4} \cdot 202 = 152 \text{ к. в } S,$$

так что, в общей сложности, получатся нагрузки:

1) в *K*: вал 12, подшипник 7, колесо B_1 одна четверть от 4, то-есть 1, сила действующая на колесо, 50, усилие одного рабочего 15, а всего 85 к.;

2) в *S*: вал 12, подшипник 7, колесо B_1 три четверти от 4, то-есть 3, сила действующая на колесо, 152, усилие одного рабочего 15, а всего 189 к.

(Проверка:

$$85 + 189 = 274 =$$

$$= 24 + 2.7 + 4 + 202 + 2.15 = 274).$$

По расчету, от совместного действия изгиба и кручения в валах механизма получатся наибольшие напряжения:

221 к. на кв. см. в вале

FL, рассматривая его, как неразрезную балку на четырех опорах,

343 к. на кв. см. в вале *NO* и

161 к. на кв. см. в вале *RS*.

Подшипники *H*, *N* и *R* привинчены к балке корытного сечения *abcd* № 12, прикрепленной при помощи четырех наклонных стоек из такого же железа к мостовой поперечной балке (см. ч. 334, II).

Станина для подшипников *I*, *O* и *S* устроена таким же образом.

$$aH = 20 \text{ см.}, \quad Hb = 20 \text{ см.},$$

$$bN = 35 \text{ см.},$$

$$Hb + bN = 20 + 35 = 55 = 47 + 8,$$

т.е. расстоянию между осями ведомого и промежуточного валов;

$$Nc = 13 \text{ см.}, \quad cR = 20 \text{ см.};$$

$$Nc + cR = 13 + 20 = 33 = 27 + 6,$$

т.е. расстоянию между осями промежуточного и ведущего валов.

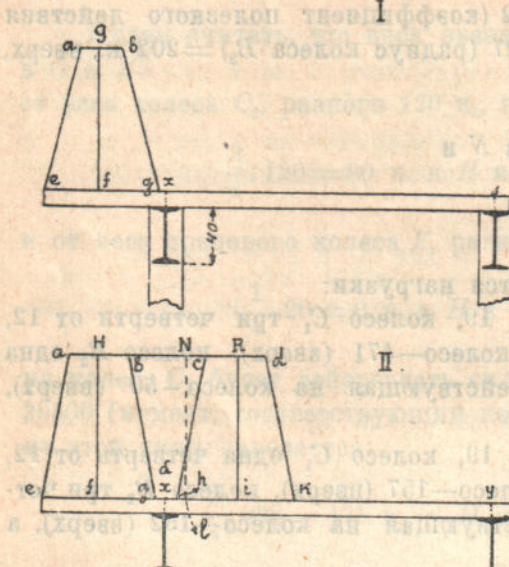
$$Rd = 20 \text{ см.};$$

$$ef = fg = 38 \text{ см.}, \quad hi = ik = 38 \text{ см.};$$

$$gh = Hb + bN + Nc + cR - fg - hi = 55 + 33 - 38 - 38 = 12 \text{ см.};$$

α есть середина расстояния между *g* и *h*;

$$ga = 6 \text{ см.}$$



Ч. 334.

Центр подшипника для ведомого вала выше подошвы подшипника приблизительно на 10 см. (см. Hütte), толщина досчатого мостового настила 5 см. и для того, чтобы ось вала была выше настила на 1 м. (обычное требование, предъявляемое к ручной лебедке для более легкой на ней работы), нужно, чтобы верх станины возвышался над верхом поперечной мостовой балки на:

$$100 + 5 - 10 = 95 \text{ см.},$$

причем длина стоек определяется в:

$$\sqrt{95^2 + (38 - 20)^2} = 97 \text{ см.}$$

Считая, что каждая стойка будет отогнута внизу на 10 см. для прикрепления ее к мостовой балке и что на такую же длину должны быть отогнуты вверху стойки bg и ch для прикрепления их к корыту $abcd$, на каждую станину пойдет:

$$4 \cdot (0,97 + 0,10) + 2 \cdot 0,40 + 0,48 \text{ (длина } bc) + 2 \cdot 0,10 = 5,76 \text{ м.}$$

корытного железа № 12 весом:

$$13,6 \cdot 5,76 = 78 \text{ к.};$$

прибавляя сюда вес около 2,4 м. уголкового железа

$$55 \times 55 \times 8 \text{ мм.},$$

равный около 16 к.,

для прикрепления каждой станины к продольной мостовой балке и к смежной станине и, затем, вес болтов для прикрепления подшипников к станине и станины к поперечной мостовой балке, найдем, что станина будет весить около 100 к.

Считая верх станины разрезной балкой, для изгибающего момента в H , получится величина:

$$\frac{646,40}{4} = 6460 \text{ к. см.}$$

и, при моменте сопротивления $= 11,7 \text{ см.}^3$,

для напряжения величина:

$$6460 : 11,7 = 552 \text{ к. на кв. см.}$$

Станинам для прикрепления подшипников G и K даем очерта-ние, показанное на ч. 334, I;

$$aG = Gb = 15 \text{ см.}; ef = fg = 38 \text{ см.}; Gf = 95 \text{ см.};$$

$$ae = \sqrt{95^2 + (38 - 15)^2} = 98 \text{ см.}$$

Считая, что каждая стойка будет отогнута внизу на 10 см. для прикрепления ее к поперечной мостовой балке, на каждую станину пойдет:

$$2 \cdot (0,98 + 0,10) + 0,30 = 2,46 \text{ м.}$$

корытного железа № 12 весом:

$$13,6 \cdot 2,46 = 33 \text{ к.};$$

прибавляя сюда вес 1,2 м. углового железа

$$55 \times 55 \times 8 \text{ мм.},$$

равный 8 к.,

для прикрепления станины к продольной мостовой балке, и вес болтов для прикрепления подшипника к станине и станины к поперечной мостовой балке, найдем, что станина будет весить около 45 к.

При моменте сопротивления корытного железа = 11,7 см.³ и изгибающем моменте в G равном;

$$\frac{1572 \cdot 30}{4} = 393 \cdot 30 = 11790 \text{ к. см.},$$

для напряжения на растяжение и сжатие при изгибе получим:

$$11790 : 11,7 = \infty 1000 \text{ к. на кв. см.}$$

Каждая стойка будет сжата силою:

$$\frac{1572}{2} \cdot \frac{98}{95} = 811 \text{ к.}$$

с напряжением:

$811 : 17,3$ (площадь поперечного сечения стойки) = 47 к. на кв. см., а, при наименьшем моменте инерции = 44,9 см.⁴, радиус инерции

$$r = \sqrt{44,9 : 17,3} = \sqrt{2,60} = 1,6;$$

$l : r = 98 : 1,6 = 61$

и допускаемое напряжение на продольный изгиб по таблице Ясинского (см. Тимошенко. Курс сопротивления материалов, 1923, стр. 490) =

$$= \frac{1}{5} \cdot 2485 = 497 \text{ к. на кв. см.}$$

Так как ось подъемной цепи отстоит на 14 см. от наружной грани обшивки затвора (см. выше), то при толщине обшивки 1 см., толщине опорной стойки затвора 45 см. и диаметре катков 10 см., расстояние оси цепи от наружной (т.е. обращенной к верховой воде) грани мостовой стойки будет:

$$1 + 45 + 10 - 14 = 42 \text{ см.}$$

и, при толщине стойки = 22 см.,

(стойка образована из корыта № 22, поставленного широкою гранью перпендикулярно к оси моста, листа 8×1 см. и уголка $8 \times 8 \times 1$ см., прикрепленного к листу со стороны стойки, обращенной к боковой стене шлюза),

ось цепи будет отстоять от оси мостовой стойки на:

$$42 + 11 = 53 \text{ см.}$$

и на такое же расстояние от оси продольной мостовой балки, устроенной из двутаврового железа № 40.

Так как радиус звездочки = 9 см., то центр подшипника G будет отстоять от оси x передней продольной мостовой балки на:

$$53 - 9 = 44 \text{ см.,}$$

и, обозначая проекцию G на поперечную мостовую балку xy через f , (y есть ось задней продольной мостовой балки), получим:

$$fx = 44 \text{ см.}$$

и, при расстоянии xy между осями продольных балок равном 220 м., $fy = 220 + 44 = 264$ см. (см. ч. 334, I).

При нагрузке на поперечную балку xy под станиной G = 1572 (нагрузка на станину) + 45 (собственный вес станины) = 1617 к., на x передастся:

$$1617 \cdot fy : xy = 1617 \cdot 264 : 220 = 1940 \text{ к.}$$

и $1617 - 1940 = -323$ к. (вверх) на y .

Считая, что половина от нагрузки в G , т.е. 808 к., целиком передастся на продольную балку x (так как подошва g стойки bg отстоит от x на 6 см., а половина ширины полки двутаврового железа № 40 = 8 см.) и принимая пролет балки ex равным:

$$ef + fx - \text{половина ширины полки балки } x,$$

$$\text{т.е. } 38 + 44 - 8 = 74 \text{ см.,}$$

получим для момента, изгибающего балку ex , величину:

$$808 \cdot 74 = 59792 \text{ к. см.,}$$

и так как балка составлена из двух корыт № 10, поставленных одно около другого, то на каждое придется момент:

$$59792 : 2 = 29896 \text{ к. см.;}$$

прибавляя сюда момент от собственного веса поперечной балки равный 10,9 (вес одного погонного метра балки) $\cdot 0,74 \cdot 37 = 296$ к. см.,

и принимая допускаемое напряжение на растяжение и сжатие при изгибе = 1000 к. на кв. см.,

найдем, что момент сопротивления балки должен быть равен:

$$(29896 + 296) : 1000 = 30 \text{ см.}^3,$$

между тем, как, в действительности, момент сопротивления у корыта № 10, ослабленного одной заклепкой, диаметром 1,5 см., равен 38 см.³.

Относительный прогиб поперечной балки определим по формуле (см. Тимошенко. Курс сопротивления материалов, 1923, стр. 181):

$$\frac{l^3}{E \cdot J} \cdot \left(\frac{P}{3} + \frac{q \cdot l}{8} \right).$$

где P — сосредоточенная сила, а $q \cdot l$ — сплошная нагрузка; так как

$$l = 74 \text{ см.}, E = 2000000 \text{ к. на кв. см.}, J = 213 \text{ см}^4.,$$

$$P = 404 \text{ к.}, q \cdot l = 10,9 \cdot 0,74 = 8 \text{ к.},$$

то для относительного прогиба получится величина:

$$5500 \cdot 136 : 2000000 \cdot 213 = 1 : 570.$$

Длина поперечной балки exy будет:

$$82 + 220 + 8 \text{ (половина ширины полки задней продольной балки)} = 310 \text{ см.},$$

и вес балки =

$$= 2 \cdot 10,9 \cdot 3,1 = 67,6 = \infty 68 \text{ к.};$$

из этого веса передается на x :

$$67,6 \cdot \left(\frac{310}{2} - 8 \right) : 220 = 67,6 \cdot 147 : 220 = 45 \text{ к.}$$

и $68 - 45 = 23 \text{ к. на } y$.

Для балки exy , расположенной под станиной HNR , будет такая нагрузка (см. ч. 334, II):

646 к. в H , — 475 к. (вверх) в N и 85 к. в R ;

вес самой станины, равный 100 к., проходит через точку α , совпадающую с x , потому что:

$$fl = HN = 55 \text{ см.}, li = NR = 33 \text{ см.}, fi = fl + li = 55 + 33 = 88 \text{ см.},$$

и $fa = 88 : 2 = 44 \text{ см.}$, т. е. fx ;

затем, $xl = fl - fx = 55 - 44 = 11 \text{ см.};$

$$xi = fx = 44 \text{ см.};$$

$$fy = fx + xy = 44 + 220 = 264 \text{ см.};$$

$$ly = xy - xl = 220 - 11 = 209 \text{ см.};$$

$$iy = xy - xi = 220 - 44 = 176 \text{ см.}$$

На x придется:

$$(646 \cdot 264 - 475 \cdot 209 + 85 \cdot 176) : 220 = (170544 - 99275 + 14960) : 220 =$$

$$= 86229 : 220 = 392 \text{ к.},$$

а вместе с весом станины:

$$392 + 100 = 492 \text{ к.},$$

и на y придется:

$$\begin{aligned} (-646.44 - 475.11 + 85.44) : 220 &= (-28424 - 5225 + 3740) : 220 = \\ &= -29909 : 220 = -136 \text{ к. (вверх)}. \end{aligned}$$

(Проверка:

$$646 - 475 + 85 + 100 = 356 = 492 - 136).$$

Так как на станину *IOS* действуют силы:

$$286 \text{ к. в } I, -247 \text{ к. (вверх) в } O \text{ и } 189 \text{ к. в } S,$$

то на опоры поперечной балки, находящейся под станиной *IOS*, придутся нагрузки:

на x :

$$\begin{aligned} (286.264 - 247.209 + 189.176) : 220 &= (75504 - 51623 + 33264) : 220 = \\ &= 57145 : 220 = 260 \text{ к.}, \end{aligned}$$

а вместе с весом станины:

$$260 + 100 = 360 \text{ к.}$$

и на y :

$$\begin{aligned} (-286.44 - 247.11 + 189.44) &= (-12584 - 2717 + 8316) : 220 = \\ &= 6985 : 220 = -32 \text{ к. (вверх)}. \end{aligned}$$

(Проверка:

$$286 - 247 + 189 + 100 = 328 = 360 - 32).$$

По концам моста поместим по короткой поперечной одиночной балке $1-1_1$ и $10-10_1$, из корыт № 10, отодвинув их на 5 см. от осей $a-a_1$ и $b-b_1$ мостовых опор, для возможности проведения около них, под мостовым досчатым настилом, проволочных канатов, идущих к противовесам;

на такой же короткой балке поместим в промежутках:

- 1) между длинными балками $3-3_1$ и $5-5_1$;
- 2) " " " " $6-6_1$ и $8-8_1$;
- 3) между короткой балкой $1-1_1$ и длинной $3-3_1$;
- 4) " " " " $10-10_1$ " " $8-8_1$.

При длине короткой балки =

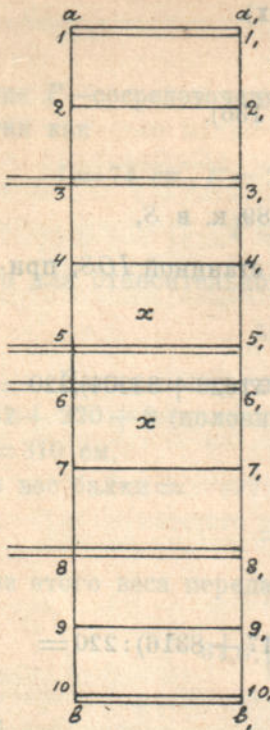
$$= 5 \text{ (половина ширины продольной балки)} + 220 \text{ (расстояние между продольных балок)} + 8 \text{ (половина ширины другой продольной балки)} = 236 \text{ см,}$$

то будет:

$$10,9 \cdot 2,36 = 26 \text{ к.},$$

на каждую из опор передается по 13 к.

При пролете моста, считая между осями опор $a-a_1$ и $b-b_1$, равном 884 см (см. ч. 335),



и расстоянии между 3—3₁ и 8—8₁ равном:
 450 (расстояние между подъемными цепями) + 2.14 (двойное расстояние от цепи до центра подшипника ведомого вала) =
 $= 478$ см.,

а между 5—5₁ и 6—6₁ равном
 50 см.;

расстояние между 3—3₁ и 5—5₁, а также между 6—6₁ и 8—8₁, определится в:
 $(478 - 50) : 2 = 428 : 2 = 214$ см.,

при пролетах:

$$3-4 = 4-5 = 6-7 = 7-8 = 107 \text{ см.};$$

затем, сумма четырех пролетов:

$$1-2, 2-3, 8-9 \text{ и } 9-10 \text{ будет:}$$

$$884 - 2.5 - 478 = 396 \text{ см.}$$

и величина каждого из них:

$$396 : 4 = 99 \text{ см.}$$

При толщине деревянного пола в 5 см. и весе одного кубического метра соснового дерева 600 к., вес одного квадратного метра настила =

$$= 600 : 20 = 30 \text{ к.};$$

вес полосы длиной 1 м. и шириной 2,36 м. =

$$= 30 \cdot 2,36 = 70,8 \text{ к.}$$

и вес площадок:

длиною 0,05:

$$70,8 \cdot 0,05 = 4 \text{ к., при нагрузке на узел } = 4 : 2 = 2 \text{ к.};$$

длиною 0,99:

$$70,8 \cdot 0,99 = 70 \text{ к., при нагрузке на узел } = 70 : 4 = 18 \text{ к.};$$

длиною 1,07:

$$70,8 \cdot 1,07 = 76 \text{ к., при нагрузке на узел } = 76 : 4 = 19 \text{ к.};$$

длиною 0,50:

$$70,8 \cdot 0,50 = 36 \text{ к., при нагрузке на узел } = 36 : 4 = 9 \text{ к.};$$

так что от веса пологого настила получится нагрузка:

$$\text{для узлов 1 и 10 передней балки по } 2 + 18 = 20 \text{ к.};$$

$$\text{" " 2 " 9 " " " } 18 + 18 = 36 \text{ к.};$$

$$\text{" " 3 " 8 " " " " } 18 + 19 = 37 \text{ к.};$$

$$\text{" " 4 " 7 " " " " } 19 + 19 = 38 \text{ к.};$$

$$\text{" " 5 " 6 " " " " } 19 + 9 = 28 \text{ к.};$$

и такая же нагрузка для соответствующих узлов задней продольной мостовой балки.

Считая, что рабочим, при вращении ведущего вала подъемного механизма, нужно поместиться на площадках:

$$4 - 5 - 4_1 - 5_1 \text{ и } 6 - 7 - 6_1 - 7_1,$$

приблизительно на равных расстояниях от поперечных балок и от задней продольной балки на расстоянии вдвое большем, чем от передней балки, получим, что, при весе рабочего в 80 к. (5 пуд.)

на узлы 4, 5, 6 и 7 передастся по 27 к.

и на узлы 4₁, 5₁, 6₁ и 7₁ передастся по 13 к.

В общей сложности от:

а) веса станин и сил, которые приходится на станины,

б) " поперечных балок,

в) " пологого настила,

г) " рабочих,

получим следующую нагрузку на узлы передней мостовой продольной балки, в килограммах:

расстояния	5	99	99	107	107	50	107	107	99	99	5	оп	сумма
№№ узлов	оп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	оп	сумма
а)			1940		492	360		1940					4732
б)		13	13	45	13	45	45	13	45	13	13		258
в)		20	36	37	38	28	28	38	37	36	20		318
г)				27	27	27	27						108
сумма	33	49	2022	78	592	460	78	2022	49	33			5416;

реакция левой опоры =

$$= 33 + 49 + 2022 + 78 + (592.467 + 460.417) : 884 \\ = 2182 + (276464 + 191820) : 884 = 2182 + 468284 : 884 = \\ = 2182 + 530 = 2712 \text{ к.};$$

реакция правой опоры =

$$= 33 + 49 + 2022 + 78 + (592.417 + 460.467) : 884 \\ = 2182 + (246864 + 214820) : 884 = 2182 + 461684 : 884 = \\ = 2182 + 522 = 2704 \text{ к}$$

(Проверка:

$$2712 + 2704 = 5416).$$

Изгибающий момент в узле № 5 =

$$= -78.107 - 2022.214 - 49.313 - 33.412 + 2712.417 = \\ = -8346 - 432708 - 15337 - 13596 + 1130904 = 660917 \text{ к. см.};$$

Изгибающий момент посередине балки =

$$= 660917 + (2712 - 78 - 2022 - 49 - 33 - 592).25 = \\ = 660917 - 62.25 = 660917 - 1550 = 659367 \text{ к. см.};$$

собственный вес балки—

$$= 93.8,84 = 822 \text{ к};$$

изгибающий момент посредине балки от собственного веса

$$= 822.884 : 8 = 411.221 = 90831 \text{ к. см};$$

в общей сложности момент посредине балки—

$$= 659367 + 90831 = \infty 750000 \text{ к. см.}$$

Относительный прогиб по формуле

(см. Тимошенко. Курс сопротивления материалов, 1923, стр. 188):

$$\frac{5}{384} \cdot q \cdot \frac{l^3}{EJ}, \text{ или } \frac{5}{48} \cdot \frac{l}{EJ} \cdot \frac{q \cdot l^2}{8},$$

где $\frac{q \cdot l^2}{8}$ есть изгибающий момент посредине балки от равномерно распределенной нагрузки, приблизительно, в виду довольно равномерного распределения сосредоточенных сил по длине балки, получится равным:

$$\frac{5}{48} \cdot \frac{884}{2000000.29000} \cdot 750000, \text{ или } \frac{5.221.75}{12.29.200000}, \text{ или } \frac{221}{4.29.1600},$$

$$\text{или } \frac{1}{840};$$

при моменте сопротивления балки

$$= 1459 \text{ см.}^3,$$

напряжение на растяжение и сжатие при изгибе—

$$= 750000 : 1500 = \infty 500 \text{ к. на кв. см.}$$

На узлы задней продольной мостовой балки придется нагрузки, в килограммах:

расстояния	5	99	99	107	107	50	107	107	99	99	5	
№№ узлов—оп	—1	—2	—3	—4	—5	—6	—7	—8	—9	—10	—оп	—сумма
а)			—323		—136	—32			—323			—814
б)	13	13	23	13	23	23	13	23	13	13		170
в)	20	36	37	38	28	28	38	37	36	20		318
г)				13	13	13	13					52
сумма	33	49	—263	64	—72	32	64	—263	49	33		—274;

реакция левой опоры—

$$= 33 + 49 - 263 + 64 + (-72.467 + 32.417) : 884 =$$

$$= -117 - (-33624 + 13344) : 884 = -117 - 20280 : 884 =$$

$$= -117 - 23 = -140 \text{ к};$$

реакция правой опоры =

$$\begin{aligned} &= 33 + 49 - 263 + 64 + (-72.417 + 32.467) : 884 = \\ &= -117 + (-30024 + 14944) : 884 = -117 - 15080 : 884 = \\ &= -117 - 17 = -134 \text{ к.} \end{aligned}$$

(Проверка:

$$-140 - 134 = -274).$$

В дальнейшем расчете для обеих опор передней балки принята нагрузка в:

$$\frac{2712 + 2704}{2} = 2708 \text{ к.}$$

и для опор задней балки в:

$$-\frac{140 + 134}{2} = -137 \text{ к.,}$$

а, вместе с весом самих балок и затвора с противовесом:

для передней балки:

$$2708 + 411 + 1977 + 63 \text{ (половина веса катковой рамы)} = 5159 \text{ к.}$$

и для задней балки:

$$-137 + 411 + 1977 = 2251 \text{ к.}$$

Для того, чтобы при полном подъеме затвора его низ возвышался над дном шлюза на высоту несколько большую, чем высота затвора, равная 2,5 м., и чтобы к передней мостовой стойке *ABCD* возможно было прикрепить над затвором консоль со шкивом для проволочного каната, проведенного под мостовым настилом к противовесу, расположенному у противоположной стороны моста, высота части *AB* передней стойки принята равной 2,9 м., причем, при весе одного погонного метра железа, входящего в состав сечения стойки:

30,6 к. для корыта № 22,

38,5 · 0,08 = 6,3 к. для листа 8 см. × 1 см.

и 11,9 к. для уголка 8 см. × 8 см. × 1 см.,

вес одного погонного метра стойки определен в:

$$30,6 + 6,3 + 11,9 = 48,8 \text{ к.}$$

и вес части *AB* в:

$$48,8 \cdot 2,9 = 141,5 \text{ к.,}$$

и вместе с весом половины распорки *AE* и половины раскоса *AF*, сделанных из корыт № 12, и с весом фасонного листа, для приращения распорки и раскоса к стойке, в:

$$190 \text{ к., или } 0,19 \text{ т.}$$

Длина распорки *AE* = расстоянию между осями стоек, равному 2,20 м., без толщины стойки, равной 0,22 м., = 1,98 м.;

половина этой длины = 0,99 м.;

длина раскоса $AF =$

$$= \sqrt{2,2^2 + 2,9^2} = \sqrt{4,84 + 8,41} = \sqrt{13,25} = 3,64 \text{ м.};$$

половина этой длины = 1,82 м.;

$$0,99 + 1,82 = 2,81 \text{ м.};$$

13,6 (вес погонного метра корыта № 12) \times 2,81 = 38,2 к.;

$$141,5 + 38,2 = 179,7 \text{ к.};$$

вес фасонного листа принят равным 10,3 к.] (см. ч. 336).

Так как с моста на стойку $ABCD$ передается нагрузка в 5,16 т., то на B придется нагрузка:

$$5,16 + 0,19 = 5,35 \text{ т.},$$

которая, затем, на протяжении BC , равном высоте затвора, уменьшится на величину силы трения при подеме затвора, т.-е. на 0,35 т.

Для мостовой стойки $EFGH$, устроенной только из корыта № 22, вес части EF будет:

$$30,6 \cdot 2,9 = 88,7 \text{ к.},$$

а вместе с весом половины распорки AE и половины раскоса AF и весом фасонных листов для прикрепления распорки и раскоса к стойке =

$$= 140 \text{ к.}, \text{ или } 0,14 \text{ т.},$$

и так как с моста в E на стойку передается нагрузка 2,25 т., то в F будет нагрузка:

$$2,25 + 0,14 = 2,39 \text{ т.}$$

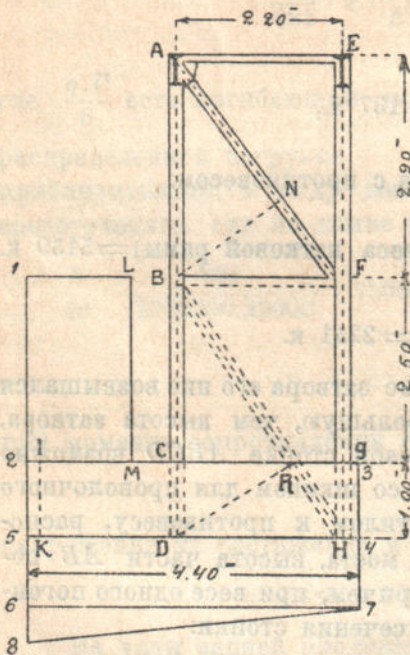
Часть опоры $BCFG$ на высоту, равную высоте затвора, т.-е. 2,5 м., предполагается забетонировать для того, чтобы между стойками и раскосом BH не могли застревать плавающие тела: деревья, льдины и т. п.;

при длине этой части равной:

$$2,20 \text{ (расстояние между осями стоек)} + 0,22 \text{ (толщина стоек)} = 2,42 \text{ м.},$$

толщине 0,25 м.

и весе 1 к. м. бетона с железом = 2,4 т..



Ч. 336.

вес забетонированной части опоры будет:

$$2,5 \cdot 2,42 \cdot 0,25 \cdot 2,4 = 3,63 \text{ т.}$$

Стойки и раскос *BH* неразрывно связаны с бетонным массивом 2—3—4—5, составляющим часть дна шлюза, при помощи продольной железобетонной балки 2—3—4—5, расположенной под каждой опорой, трех поперечных железобетонных балок *IK*, *CD* и *GH*, идущих от одной опоры до другой, и железобетонных плит:

CG, расположенной у верха бетонного массива и

KD, " " " " " "

Шарнира массива, т.е. измерение, параллельное оси моста, принята равной:

9,00 (ширина щита) — 2,017 (двойная ширина опорных стоек моста, или, что то же самое, двойная длина катков) + 2,025 (двойная ширина мостовых опор) =

$$= 9,00 - 0,34 + 0,50 = 9,16 \text{ м.}$$

и, при длине массива 2 — 3 = 4,4 м.,

толщине 1,0 м.

и весе 1 к. м. бетона с железом, в воде, = 1,4 т.,

вес половины массива, соответствующий одной опоре, определен в:

$$4,58 \cdot 4,4 \cdot 1,0 \cdot 1,4 = 28,21 \text{ т.}$$

На массив давит вода:

сверху, соответственно весу воды, заключенной в призме с основанием 1 — 2 — *L* — *M*,

при 1 — 2 = 2,5 м. и 2 — *M* = 1,33 м.,

и высотой = 4,58 м.,

т.е. с силою:

$$2,5 \cdot 1,33 \cdot 4,58 \cdot 1,0 = 15,23 \text{ т.,}$$

и снизу, соответственно весу воды, заключенной в призмах:

1) с основанием 4 — 5 — 6 — 7 при:

4 — 5 = 4,4 м.

и 4 — 7 = 0,88 м., т.е. пьезометрической высоте, соответствующей точке 3 дна шлюза,

и высотой = 4,58 м.,

т.е. с силою:

$$0,88 \cdot 4,4 \cdot 4,58 \cdot 1,0 = 17,73 \text{ т.,}$$

и 2) с основанием 6 — 7 — 8 при:

6 — 7 = 4,4 м.

и 6 — 8 = 0,44 м., т.е. разности пьезометрических высот в точках 2 и 3 дна шлюза (при фильтрационном коэффициенте = 10)

и высотой = 4,58 м.,

т.-е. с силою:

$$0,22 \cdot 4,4 \cdot 4,58 \cdot 1,0 = 4,43 \text{ т.}$$

Таким образом, сумма вертикальных сил, действующих на по-
дошву основания сооружения, будет:

$$\begin{aligned} & 5,00 \text{ (сила, передающаяся на основание со стойки } ABCD) + \\ & + 2,39 \text{ (" " " " " " } EFGH) + \\ & + 3,63 \text{ (забетонированная часть опоры)} + \\ & + 28,21 \text{ (бетонный массив)} + \\ & + 15,23 \text{ (давление воды сверху)} - \\ & - 17,73 \text{ (" " снизу)} - \\ & - 4,43 \text{ (" " " ")} = \\ & = 32,30 \text{ т.} \end{aligned}$$

При коэффициенте трения $= \frac{2}{3}$ сила трения будет:

$$\frac{2}{3} \cdot 32,30 = 21,53 \text{ т.}$$

Так как давление воды на щит и на мостовую опору =

$$= 2,5 \cdot 1,25 \cdot 4,58 = 14,31 \text{ т.,}$$

и давление ветра на переднюю продольную мостовую балку, высотой
0,4 м., равно:

$$0,25 \text{ (давление ветра на 1 кв. м.)} \cdot 0,4 \cdot 4,5 = 0,45 \text{ т.,}$$

(давление ветра на мостовую стойку и пр. не принято во внимание
по его незначительности),

то сумма горизонтальных сил, действующих на сооружение =

$$= 14,31 + 0,45 = 14,76 \text{ т.}$$

и коэффициент устойчивости на сдвиг =

$$= 21,53 : 14,76 = 1,5.$$

Беря моменты всех сил относительно точки 4, получим:
для удерживающих сил:

- 1) $5,00 \cdot 2,40 = 12,000$
- 2) $2,39 \cdot 0,20 = 0,478$
- 3) $3,63 \cdot 1,30 = 4,719$
- 4) $28,21 \cdot 2,20 = 62,062$
- 5) $15,23 \cdot 3,73 = 56,808$

$$\text{сумма} = 136,067 \text{ т. м.}$$

для опрокидывающих сил:

- 6) $17,73 \cdot 2,20 = 39,006$
- 7) $4,43 \cdot 2,93 = 12,980$
- 8) $14,31 \cdot 1,83 = 26,187$
- 9) $0,45 \cdot 6,20 = 2,790$

$$\text{сумма} = 80,963 \text{ т. м.}$$

коэффициент устойчивости на опрокидывание =

$$136,067 : 80,963 = \infty 1,7;$$

расстояние точки приложения к подошве основания равнодействующей вес сил от точки 4 =

$$(136,067 - 80,963) : 32,30 = 55,104 : 32,3 = 1,706 \text{ м.};$$

эксцентриситет =

$$= \frac{1}{2} \cdot 4,400 - 1,706 = 2,200 - 1,706 = 0,494 \text{ м.};$$

напряжения у точек 4 и 5 получатся по формуле:

$$\frac{P}{a \cdot b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b} \right),$$

где $P = 32,3 \text{ т.}$, $a = 4,58 \text{ м.}$, $b = 4,40 \text{ м.}$, $e = 0,494 \text{ м.}$;

$$a \cdot b = 4,58 \cdot 4,4 = 20,15;$$

$$32,3 : 20,15 = 1,603 \text{ т.};$$

$$\frac{6 \cdot 0,494}{4,4} = \frac{3 \cdot 0,247}{1,1} = \frac{7,41}{11} = 0,674;$$

напряжение у точки 4 = $1,603 \cdot 1,674 = 2,683 \text{ т. на кв. м.}$,

" " " 5 = $1,603 \cdot 0,326 = 0,523 \text{ " " " "}$

Так как разность напряжений у точек 4 и 5, при расстоянии 4 — 5 = 4,4 м., равна:

$$2,683 - 0,523 = 2,16 \text{ т.}$$

при расстоянии 5 — D = 2,0 м., напряжение у D будет больше напряжения у 5 на:

$$\frac{2,16 \cdot 2,0}{4,4} = 0,982 \text{ т.},$$

напряжение у 4 больше напряжения у D на:

$$\frac{2,16 \cdot 2,4}{4,4} = 1,178 \text{ т.}$$

(Проверка:

$$0,982 + 1,178 = 2,160).$$

Напряжение у D будет:

$$0,523 + 0,982 = 1,505 \text{ т.}$$

Таким образом, на основание сооружения действует нагрузка, равная на один погонный метр по ширине подошвы:

1) сверху, от веса массива, по прямоугольнику 5 — 4 — 5' — 4' при:

$$4 — 4' = 1,400 \text{ т.};$$

2) сверху, от давления воды, по прямоугольнику $5' - \alpha' - 5_0 - \alpha_0$ при:

$$5' - 5_0 = 2,500 \text{ т.};$$

3) снизу, от давления воды, по трапеции $5 - 4 - 5'' - 4''$ при:

$$4 - 4'' = 0,880 \text{ т.};$$

$$D - D'' = 0,880 + 0,240 = 1,120 \text{ т.};$$

$$5 - 5'' = 1,120 + 0,200 = 1,320 \text{ т.};$$

(см. ч. 337,1);

4) снизу, от давления грунта на подошву основания, по трапеции $5 - 4 - 5''' - 4'''$ при:

$$5 - 5''' = 0,523 \text{ т.};$$

$$D - D''' = 0,523 + 0,982 = 1,505 \text{ т.};$$

$$4 - 4''' = 1,505 + 1,178 = 2,683 \text{ т.};$$

(см. ч. 337, II).

Затем, нагрузку по прямоугольнику $5 - 4 - 5' - 4'$ и трапециям $5 - 4 - 5'' - 4''$ и $5 - 4 - 5''' - 4'''$ можно заменить нагрузкой по трапеции $5 - 4 - 5_1 - 4_1$ при:

$$4 - \beta_2 = 0,880 + 1,505 + 0,240 - 1,400 = 1,225 \text{ т.};$$

$$\beta_2 - 4_1 = 1,178 - 0,240 = 0,938 \text{ т.};$$

$$D - \gamma_2 = 1,120 + 0,200 + 0,523 - 1,400 = 0,443 \text{ т.};$$

$$\gamma_2 - D_1 = 0,982 - 0,200 = 0,782 \text{ т.};$$

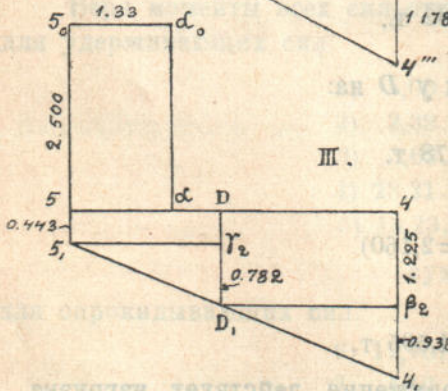
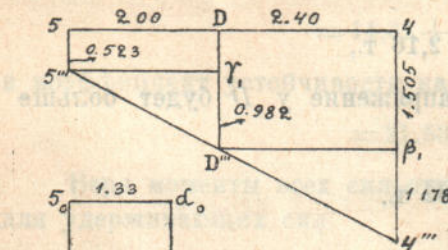
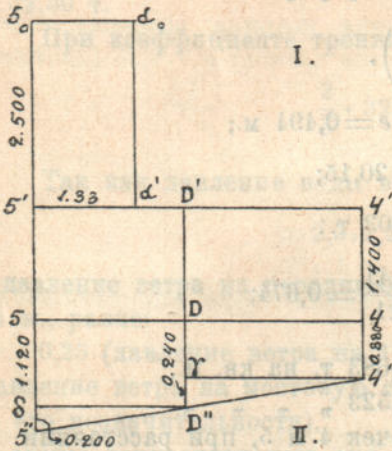
(см. ч. 337, III).

От нагрузки по трапеции $D - 4 - D_1 - 4_1$ (снизу вверх), в точке D будет момент:

$$1,225 \cdot 2,4 \cdot 1,2 + 0,938 \cdot 1,2 \cdot 1,6 = 3,528 + 1,801 = 5,329 \text{ т. м.},$$

и на один погонный метр балки GH , отстоящей от D на 2,20 м., придется сила, снизу вверх:

$$5,329 : 2,20 = 2,42 \text{ т.};$$



ч. 337.

от нагрузки по трапеции $5-D-5_1-D_1$ (снизу вверх) в точке D будет момент:

$$0,443 \cdot 2,0 \cdot 1,0 + 0,782 \cdot 1,0 \cdot 0,67 = 0,886 + 0,521 = 1,407 \text{ т. м.},$$

и на один погонный метр балки IK , отстоящей от D на 1,80 м., придется сила, снизу вверх:

$$1,407 : 1,80 = 0,78 \text{ т.}$$

На балку CD от нагрузок по трапециям $D-4-D_1-4_1$ и $5-D-5_1-D_1$ придется сила, снизу вверх:

$$(1,225 \cdot 2,4 + 0,938 \cdot 1,2) - 2,42 = (2,94 + 1,13) - 2,42 = \\ = 4,07 - 2,42 = 1,65 \text{ т.};$$

слева:

$$(0,443 \cdot 2,0 + 0,782 \cdot 1,0) - 0,78 = (0,89 + 0,78) - 0,78 = \\ = 1,67 - 0,78 = 0,89 \text{ т.}$$

От нагрузки по прямоугольнику $5-\alpha-5_0-\alpha_0$ (сверху вниз) в точке D будет момент:

$$1,33 \cdot 2,5 \cdot 1,33 = 3,33 \cdot 1,33 = 4,422 \text{ т. м.},$$

и на один погонный метр балки IK придется сила, сверху вниз:

$$4,422 : 1,80 = 2,46 \text{ т.},$$

а на один погонный метр балки CD сила, сверху вниз:

$$3,33 - 2,46 = 0,87 \text{ т.}$$

В общей сложности, получится нагрузка на один погонный метр:

$$2,46 - 0,78 = 1,68 \text{ т.}, \text{ сверху вниз, для балки } IK,$$

$$-1,65 - 0,89 + 0,87 = -1,67 \text{ т.}, \text{ снизу вверх, для балки } CD$$

$$-2,42 \text{ т.}, \text{ снизу вверх, для балки } GH.$$

(Проверка:

$$1,68 - 1,67 - 2,42 = -2,41 = -4,07 - 1,67 + 3,33).$$

При ширине бетонного массива = 9,16 м. и пролете балок IK , CD и GH по 8,84 м.

Для получения изгибающих моментов для балок нужно умножить нагрузку на один погонный метр на:

$$\frac{9,16 \cdot 8,84}{8} = 4,58 \cdot 2,21 = 10,$$

получим:

16800 к. м. для балки IK ,

16700 " " " " " CD и

24200 " " " " " GH .

Для балки 2—3—4—5 (см. ч. 336) изгибающий момент в сечении

CD будет:

справа:

- | | |
|---|---|
| 1) от давления воды на щит и опору | 26187 |
| 2) " " ветра на продольную мостовую балку | 2790 |
| 3) " нагрузки на стойку <i>EFGH</i> | $2390 \cdot 2,2 = 5258$ |
| 4) " веса забетонированной части опоры | $\frac{3630}{2,42} \cdot \frac{2,31^2}{2} = 4000$ |
| 5) от веса бетонного массива и давления на него снизу воды и грунта | $5329 \cdot 4,58 = 24407$ |

итого 13828 к. м.;

слева:

- | | |
|---|---|
| 1) от веса забетонированной части опоры | $\frac{3630}{2,42} \cdot \frac{0,11^2}{2} = 10$ |
| 2) " " бетонного массива и давления на него воды сверху и воды и грунта снизу | |

$$(4422 - 1407) \cdot 4,58 = 3015 \cdot 4,58 = 13809$$

итого 13819 к. м.;

а в среднем: 13823 к. м.

При ширине балки в 40 см. и допуске напряжении для железа на растяжение 1000 к. на кв. см. и для бетона на сжатие 30 к. на кв. см. высота балки и площадь сечения стержней определится по формулам:

(см. Астафьев. Бетоностроительный календарь на 1915 г., отд. второй, стр. 191):

$$1) h - a = 0,49 \cdot \sqrt{\frac{13823}{0,40}} = 0,49 \cdot \sqrt{34557} = 0,49 \cdot 186 = 91 \text{ см.}$$

$$2) fe = 0,228 \cdot \sqrt{13823 \cdot 0,40} = 0,228 \cdot \sqrt{5529} = 0,228 \cdot 75 = 17,1 \text{ см}^2.$$

Берем 8 прутьев $\frac{5}{8}$ " с площадью 15,90 и 2 прута $\frac{3}{8}$ " с площадью 1,43, а всего с площадью 17,33 см²;

(см. Астафьев, стр. 189),

размещая прутья в два ряда, причем тонкие прутья пройдут около широких граней мостовых стоек.

Балки *IK*, *CD* и *GH* рассчитываются подобным же образом.

Для железобетонной плиты *CG* реакция левой опоры, считая на один погонный метр по ширине бетонного массива, будет 1,65 т. и для сечения, отстоящего на *x* м. от левой опоры, момент =

$$= 1,65 \cdot x - 1,225 \cdot \frac{x^2}{2} - \frac{0,938}{2,4} \cdot \frac{x^3}{6}$$

наибольшая величина момента получится при x , определенном из уравнения (беря производную от момента):

$$1,65 - 1,225 \cdot x - \frac{0,938}{4,8} \cdot x^2 = 0,$$

или:

$$x^2 + 6,28 \cdot x - 8,44 = 0;$$

$$x = 1,14 \text{ м.};$$

наибольшая величина момента =

$$1,14 \cdot \left(1,65 - 1,225 \cdot \frac{1,14}{2} - \frac{0,938}{2,4} \cdot \frac{1,14^2}{6} \right) =$$

$$= 1,14 \cdot (1,65 - 0,70 - 0,08) = 1,14 \cdot 0,87 = 0,992 \text{ т. м.} = 992 \text{ к. м.};$$

для толщины плиты и площади сечения стержней получим величины:

$$1) h - a = 0,49 \cdot \sqrt{992} = 0,49 \cdot 31,5 = 15,4 \text{ см.}$$

$$2) f_e = 0,228 \cdot \sqrt{992} = 0,228 \cdot 31,5 = 7,2 \text{ см}^2.$$

Берем 10 прутьев по $\frac{3}{8}$ " с площадью 7,1 см².

(см. Астафьев, стр. 189)

Плита KD рассчитывается подобным же образом.

Ось распорки AE ниже верха мостовых стоек на 0,06 м. и выше оси распорки BF на 2,90 м.;

длина раскоса AF =

$$= \sqrt{2,20^2 + 2,90^2} = 3,64 \text{ м.};$$

ось распорки BF выше низа бетонного массива на:

$$3,50 - 0,06 = 3,44 \text{ м.}$$

■ длина раскоса BH =

$$= \sqrt{2,20^2 + 3,44^2} = 4,08 \text{ м.};$$

расстояние BN раскоса AF от узла B =

$$= \frac{2,9 \cdot 2,2}{3,64} = 1,75 \text{ м.},$$

■ расстояние DK раскоса BH от узла D =

$$= \frac{3,44 \cdot 2,2}{4,08} = 1,86 \text{ м.}$$

(см. ч. 336).

Так как ось продольной мостовой балки выше оси распорки

$$2,90 + 0,06 - 0,20 = 2,76 \text{ м.},$$

то от давления ветра на мостовую балку раскос AF будет сжат силою:

$$\frac{0,45 \cdot 2,76}{1,75} = 0,71 \text{ т.},$$

а стойка AB будет вытянута силою:

$$\frac{0,45 \cdot 2,76}{2,20} = 0,56 \text{ т.};$$

затем, стойка FH будет сжата силою:

$$\frac{0,71 \cdot 2,90}{3,64} = 0,57 \text{ т.},$$

а распорка BF будет вытянута силою:

$$\frac{0,71 \cdot 2,20}{3,64} = 0,43 \text{ т.},$$

наконец, стойка BD будет вытянута силою:

$$\frac{0,43 \cdot 3,44}{2,20} = 0,67 \text{ т.},$$

а раскос BH будет сжат силою:

$$\frac{0,43 \cdot 4,08}{2,20} = 0,80 \text{ т.}$$

(причем, для упрощения расчета, давление ветра на узел B не принято во внимание).

От давления воды на щит и опору раскос BH будет сжат силою:

$$\frac{26,187}{1,86} = 14,08 \text{ т.},$$

а стойка BD будет растянута силою:

$$\frac{26,187}{2,20} = 11,90 \text{ т.}$$

В общей сложности раскос BH будет сжат силою:

$$14,08 + 0,80 = 14,88 \text{ т.}$$

Составляя раскос BH из двух корыт № 18 и листа 18×1 см., получим площадь сечения = 77 см^2 . при наименьшем моменте инерции = 612 см^4 . (оба brutto) и радиусе инерции =

$$r = \sqrt{612 : 77} = \sqrt{8} = 2,8;$$

$$l : r = 408 : 2,8 = 146,$$

и допускаемое напряжение на продольный изгиб по таблице Ясинского =

(см. Тимошенко. Курс сопротивления материалов, 1923, стр. 490)

$$= 1002 : 5 = 200 \text{ к. на кв. см.},$$

между тем, как действительное напряжение на сжатие =

$$= 14880 : 77 = 193 \text{ к. на кв. см.}$$

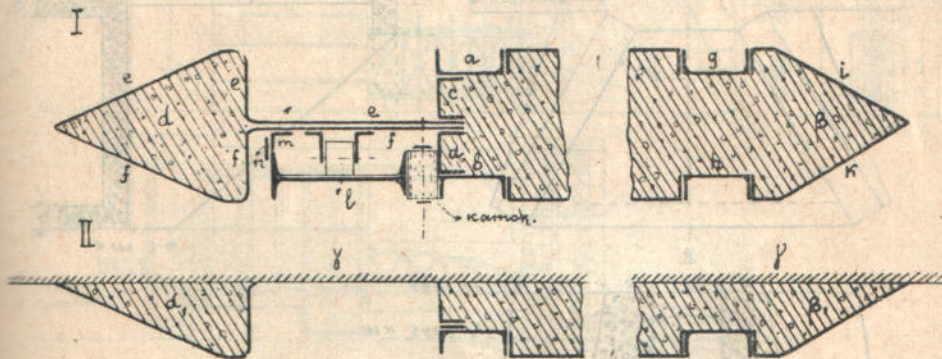
Стойка *ABCD* в части *BCD* будет растянута силою:

$$11,90 + 0,56 + 0,67 - 5,00 = 8,13 \text{ т.}$$

с напряжением значительно меньше допускаемого.

Точно также напряжения в верхней части *AB* передней стойки, в задней стойке *EFGH*, распорке *BF* и раскосе *AF* не превосходят допускаемых величин.

Промежуточные опоры сооружения, каждая из которых, поддерживая служебный мост, в то же время служит для упора двух смежных щитовых затворов, устроены несколько иначе, чем концевые одиночные опоры, а именно:



Ч. 338.

Передняя стойка опоры, в части *BD*, состоит из двух корыт № 22, *a* и *b*, обращенных полками внаружу, двух корыт № 16, *c* и *d*, приклепанных к корытам *a* и *b*, широкими гранями внаружу, и двух листов железа, толщиной 1 см., *e* и *f*, по оси опоры; листы изогнуты так, как показано на ч. 338, для образования пазов для затворов, и сходятся с верховой стороны опоры под острым углом, для более легкого прохождения воды через шлюзовые пролеты и для отклонения от катковой рамы струй воды и наносов, влекаемых водою;

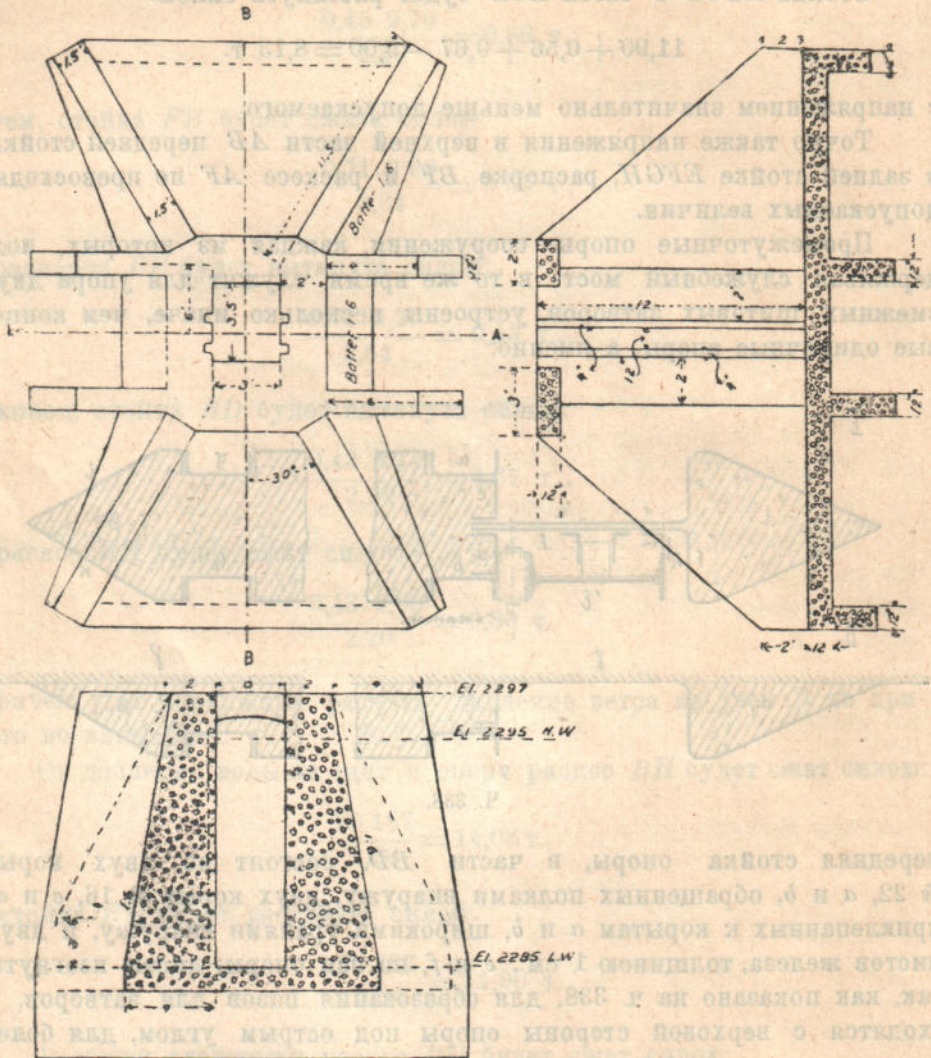
Задняя стойка опоры, в части *FH*, состоит из двух корыт № 22, *a* и *b*, и двух листов железа, толщиной 1 см., *i* и *k*, сходящихся с нижней стороны опоры под острым углом;

Ширина промежуточной опоры, равная 50 см., вдвое более ширины концевой (одиночной) опоры;

При такой ширине опор в пазах имеется достаточно места для размещения направляющих боковых колес *l*, служащих для того, что-

бы затвор при движении не перекашивался, и для помещения уголка *m*, к которому, при опущенном затворе, прижимается медная пластинка *n*, привинченная к обшивке затвора и служащая для уплотнения затвора сбоку.

Промежутки: α , между листами *e* и *f*, и β , между листами *i* и *k*, забетонированы,



Ч. 339.

а соответствующие выступы α_1 и β_1 у концевой опоры составляют одно целое с боковой стенкой шлюза γ .

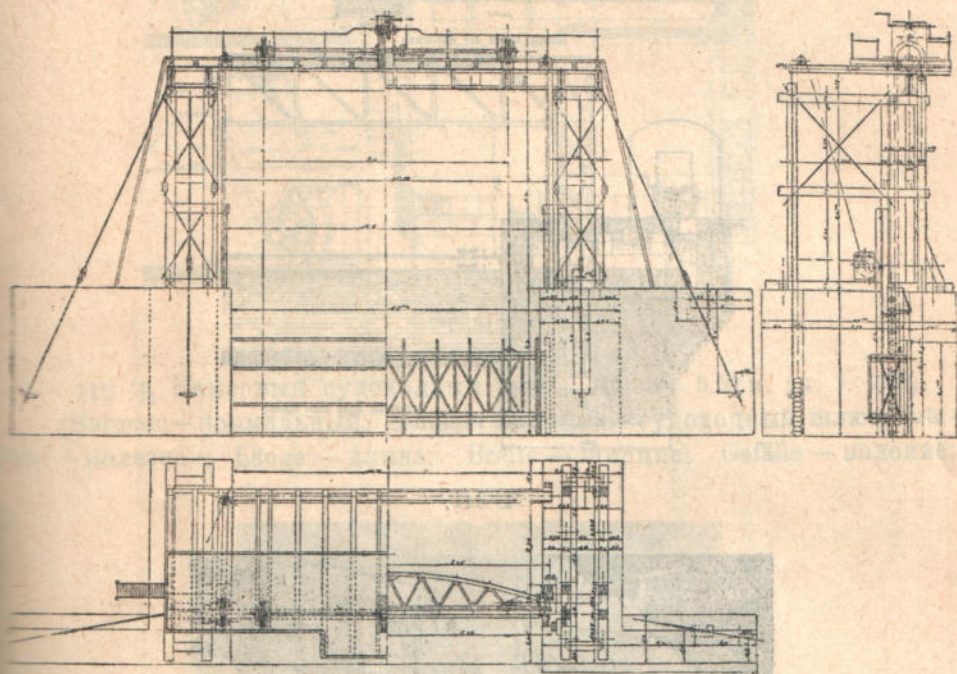
Опоры устроены по типу в роде представленного в книге В. В. Подарева: Гидротехнические сооружения. I. Плотины, выпуск первый, ч. 38 атласа.

Ч. 339. Из четырех поперечных стенок две средних запущены в дно и бока русла канала, а две крайних только в дно, между откос-

ными крыльями продольных стенок; пролет, в 3 фута, шлюза перекрыт бетонной аркой с прорезом для двух рядов шандоров, закладываемых в пазы, устроенные в боковых стенках шлюза (м. 1:100).

(Batter—откос; El = Elevation — отметка; H. W = High Water—высокая вода).

Ч. 340. Шлюз на Аа — Двинском лесосплавном канале в Латвии со Стонеевским затвором; пролет = 1,00 м.; высота затвора = 3,2 м. (м. 1:250).



Ч. 340.

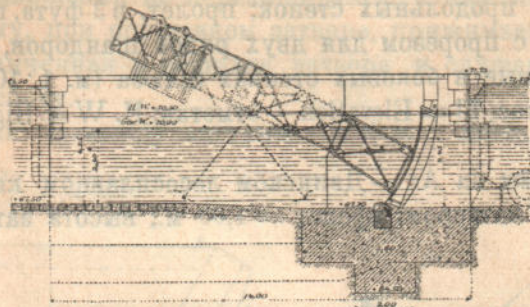
Ч. 341. Шлюз на Дортмунд-Эмском судоходном канале в северозападной Германии с сегментным затвором, обычно поднятым над каналом и опускаемым при ремонте канала (Sicherheitstor) (м. 1:250)

(Schnitt — разрез; längs — вдоль; quer — поперек; Kanalaxe — ось канала).

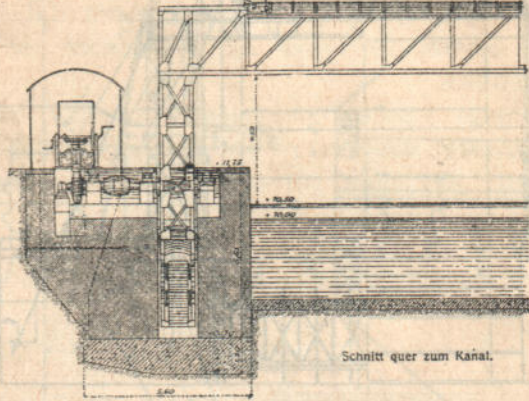
Ч. 342. Шлюз с Карстаньеновским затвором на Ландверском канале (Landwehrkanal) в Берлине, в Германии („Untere Freiarche“ — нижний водослив с затвором); пролет 5,6 м.; высота затвора 1,6 м.

Ч. 343. Шлюз с Карстаньеновским затвором у Киссингена, на реке Заале в Баварии (Германия); пролет 10,0 м; высота затвора 2,7 м. (м. 1:250).

(Wehranlage bei Kissingen—плотина у Киссингена; Saale—Заала; H. W = Hohes Wasser — высокая вода; Widerlager устой; angetriebenes Ende — конец затвора, на который накинута цепь, идущая к подемному механизму).

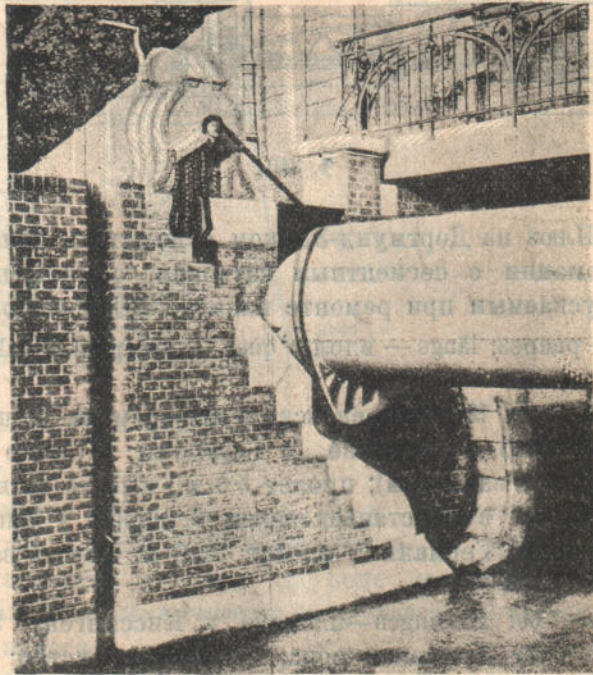


Schnitt längs der Kanalaxe



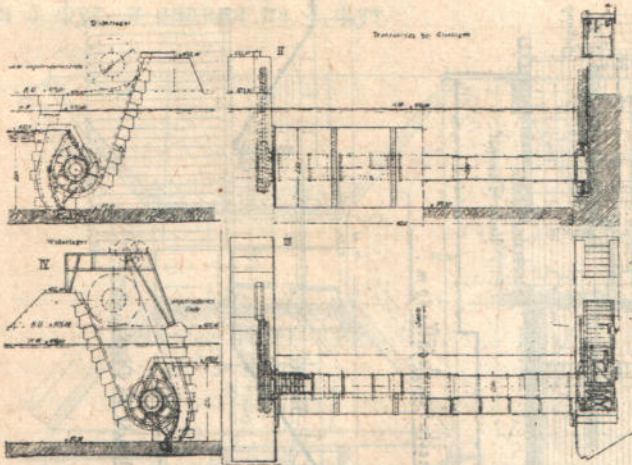
Schnitt quer zum Kanal.

Ч. 341.



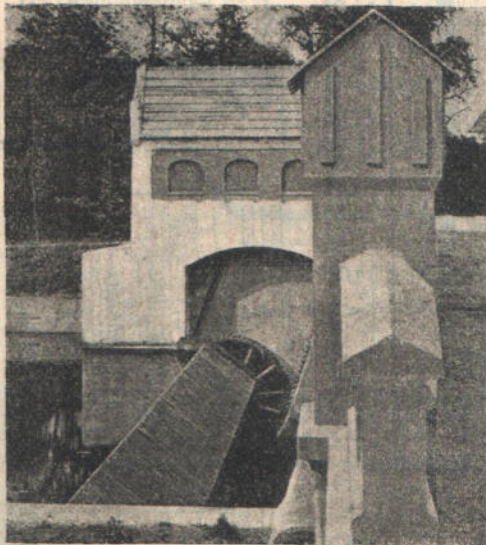
Ч. 342.

Ч. 344. Шлюз с Карстаньеновским затвором на р. Бодe, в г. Нейгаттерслебене у Магдебурга, в Германии; пролет 17,5 м.; высота затвора 3,0 м.



Ч. 343.

Ч. 343. Камерный судоходный шлюз; пролет 5,2 м. (м. 1:250).
(Normale—нормальный; Schiffahrtsschleuse—судоходный шлюз; nutzbar—полезный; Länge—длина; Breite—ширина; Gefälle—падение;

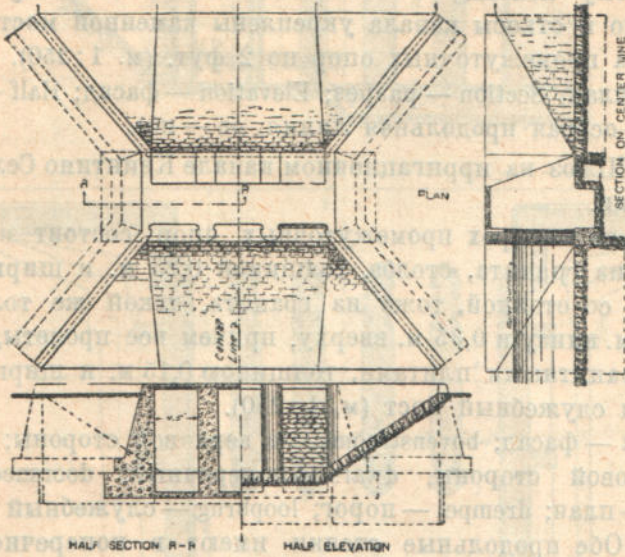


Ч. 344.

Lockkammer—шлюзовая камера; Längenschnitt—продольный разрез; Grundriss—план; Querschnitt—поперечный разрез; Ansicht—фасад; obere—верхний; untere—нижний; Haltung—бьеф; Haupt—голова; Dremmel—порт; Kasten—шкаф; Wendenische—упорный угол шкафа; Flügel—

откосное крыло; Pegel — водомерная рейка; Dammbalken — шандоры; Falze — паз; Treppe — лестница).

Ч. 346. Обе поперечные бетонные стенки шлюза устроены с откосными крыльями и запущены во всю ширину стенок в дно шлюза передняя на 5 фут. и задняя на 3 фут.

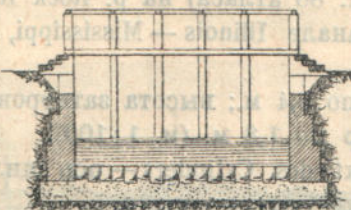


Ч. 346.

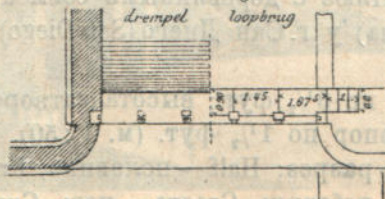
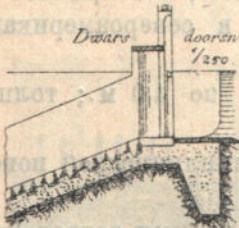
Aanzicht bovenstrooms 1/250



Aanzicht benedenstrooms 1/250



Platte grond 1/250



Ч. 347.

В поперечном сечении эти стенки, так же, как и продольные, тоже бетонные, стенки, имеют сверху трапециoidalный, а внизу ступенчатый вид.

В дне шлюза, против каждого из трех пролетов, по 4,5 фут., закрываемых шандорами и перекрытых бетонными плитами, имеется по водобойному колодцу с бетонным полом, а между откосными крыльями дно и откосы канала укреплены каменной мостовой.

Толщина промежуточных опор по 2 фут. (м. 1:250).

(Plan — план; Section — разрез; Elevation — фасад; Half — половина; Center Line — осевая продольная линия; on — по).

Ч. 347. Шлюз на ирригационном канале Квинтино Селла (Quintino Sella) в Италии.

Каждая из четырех промежуточных опор состоит из цельного, вытесанного из гранита, столба, толщиной 0,25 м. и шириной 0,60 м., скрепленного со стойкой, тоже из гранита, такой же толщины, при ширине 0,40 м. внизу и 0,35 м. вверху, причем все пролеты, по 1,20 м., перекрыты гранитными плитами, толщиной 0,15 м. и шириною 0,90 м., образующими служебный мост (м. 1:250).

(Aanzicht — фасад; bovenstrooms — с верховой стороны; benedenstrooms — с низовой стороны; dwars — поперечный; doorsnede — разрез; platte grond — план; drempel — порог; loopbrug — служебный мост.)

Ч. 348. Обе продольные стенки имеют в поперечном сечении ступенчатый вид, с уступами, обращенными к земле, а каждый из пяти пролетов, по 2,4 м., отделенных друг от друга промежуточными опорами, толщиной по 2 м., перекрыт полуциркульной каменной аркой и закрывается тремя рядами шандоров (м. 1:500).

(Inlaatsluis van het kanaal Cherkawieh in Egiypte — головной шлюз на ирригационном канале Херкавиэ в Египте).

Ч. 349. Семипролетный шлюз в Константине (Constantine), в североамериканском штате Мичиган (Michigan).

Ч. 350. Шлюз с деревянными сегментными затворами (см. вторую главу курса, ч. 88 атласа) на р. Rock River, в Стерлинге (Sterling), на судоходном канале Illinois — Mississippi, в североамериканском штате Иллинойс.

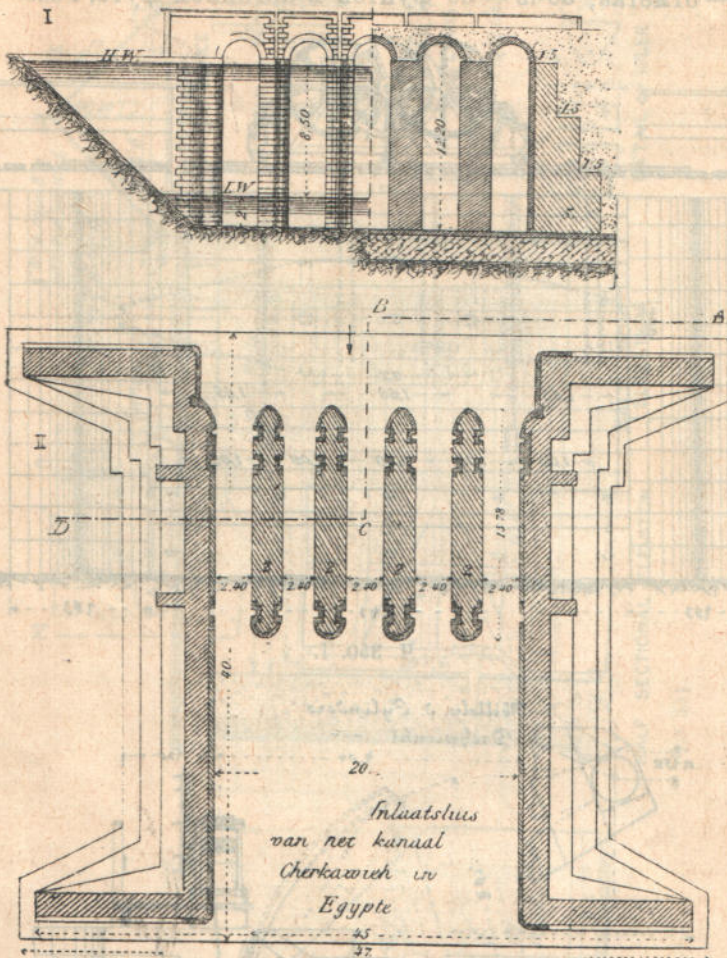
Пролеты по 6,4 м.; высота затворов по 4,0 м.; толщина промежуточных опор по 1,8 м. (м. 1:100).

(Mittelpunkt des Cylinders — ось цилиндрической поверхности затвора; Drehpunkt — ось вращения).

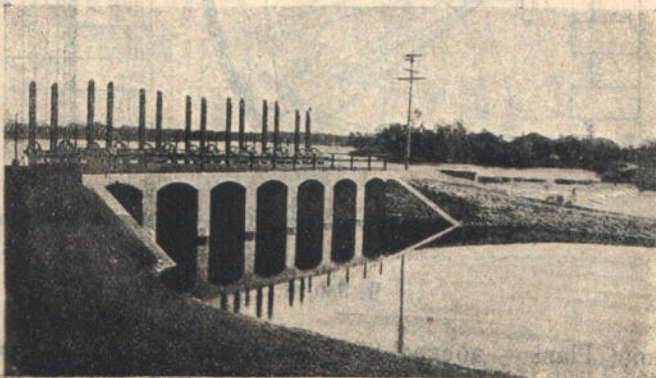
Ч. 351. Шлюз с деревянными сегментными затворами в плотине Морена (Morena) у г. Сан Диего (San Diego) в североамериканском штате Калифорния.

Пролеты по 8½ фут.; высота затворов по 6 фут.; толщина промежуточных опор по 1½ фут. (м. 1:50).

(Section — разрез; Half — половина; Front Elevation — фасад; Frame Crib — станок лебедки; Groove — паз; Guard Rails — охранные рельсы; Holder — крюк (на котором висит поднятый затвор); Clevis — кольцо

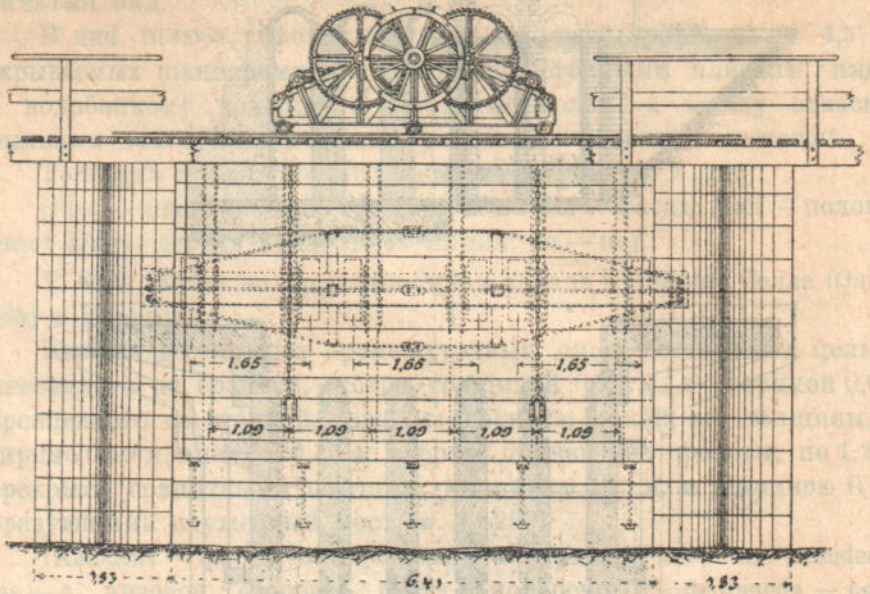


Ч. 348.

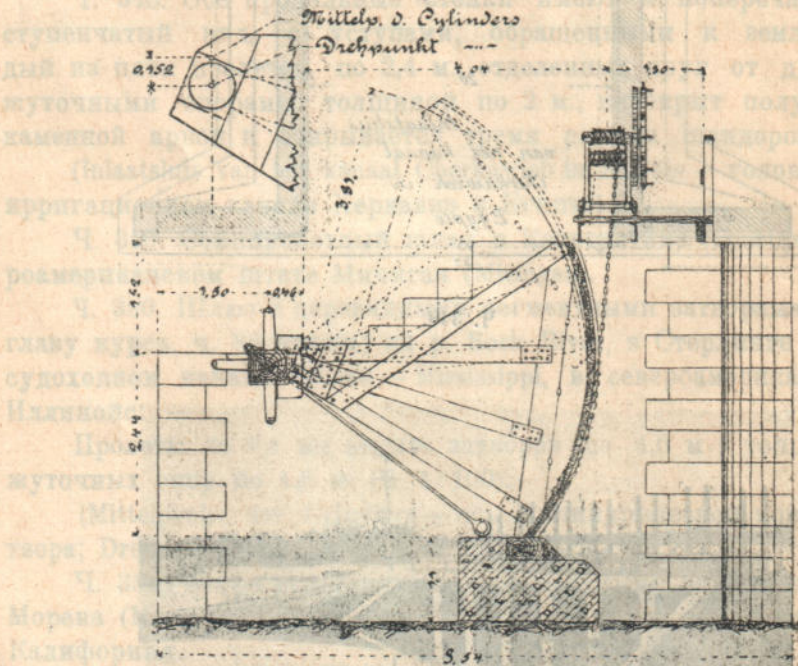


Ч. 349.

(в которое вдевается крюк); Light — легкий; Bent — изогнутый; El. — Elevation — отметка; 30-lb — 30 фунтов в погонном футе; Post — стойка;



Ч. 350. I.

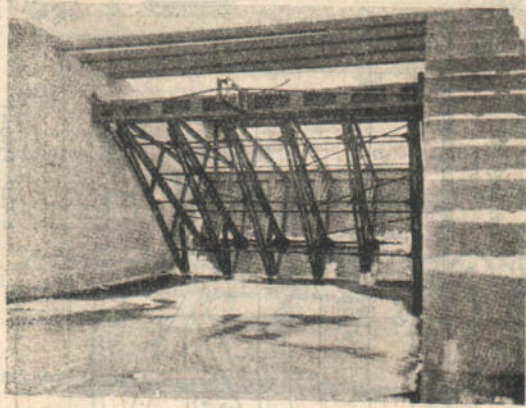


Ч. 350. II.

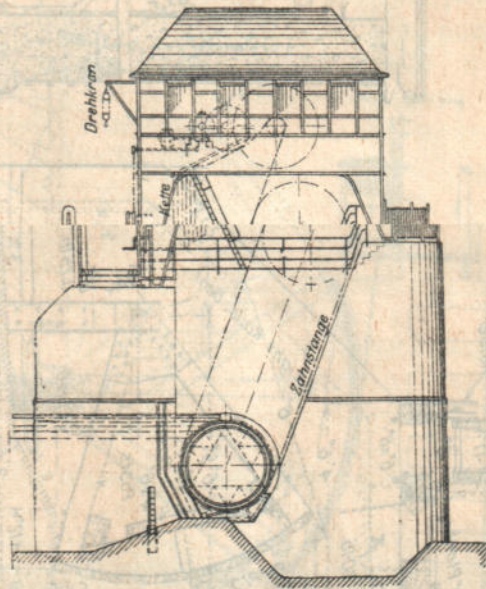
Brace — раскос; Plank — доска; 8" — корытное железо высотой 8";
Wheels — колеса; Wire Rope — проволочный канат; C.L = Center Line —
осевая линия; Gate — затвор; lg = long — длиною; With — с; Eye — про-

ушина; Splice — сращивать; each — каждый; End — конец; Detail — деталь; Hoisting — подъемный; Device — механизм; Idler — шкив; Plate — плита; Sheating — обшивка).

Ч. 352. Шлюз с железными сегментными затворами на р. Rock River, в Стерлинге (Sterling), на судоходном канале Illinois — Mississippi, в североамериканском штате Иллинойс.



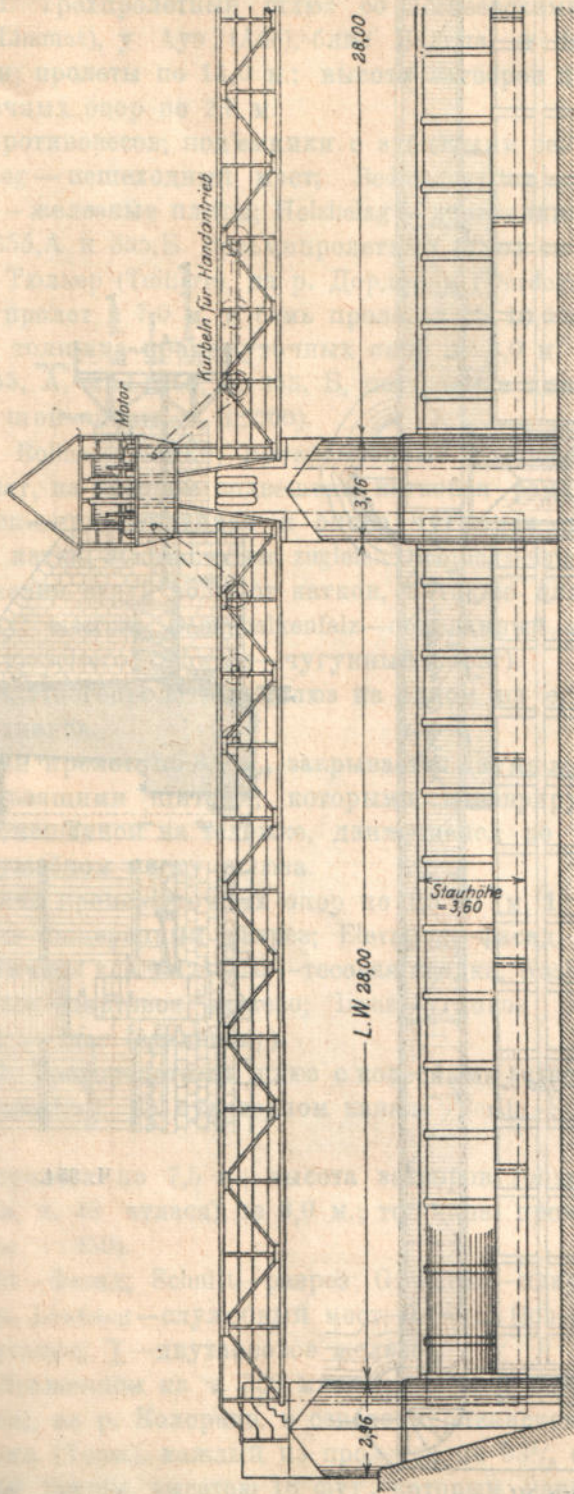
Ч. 352.



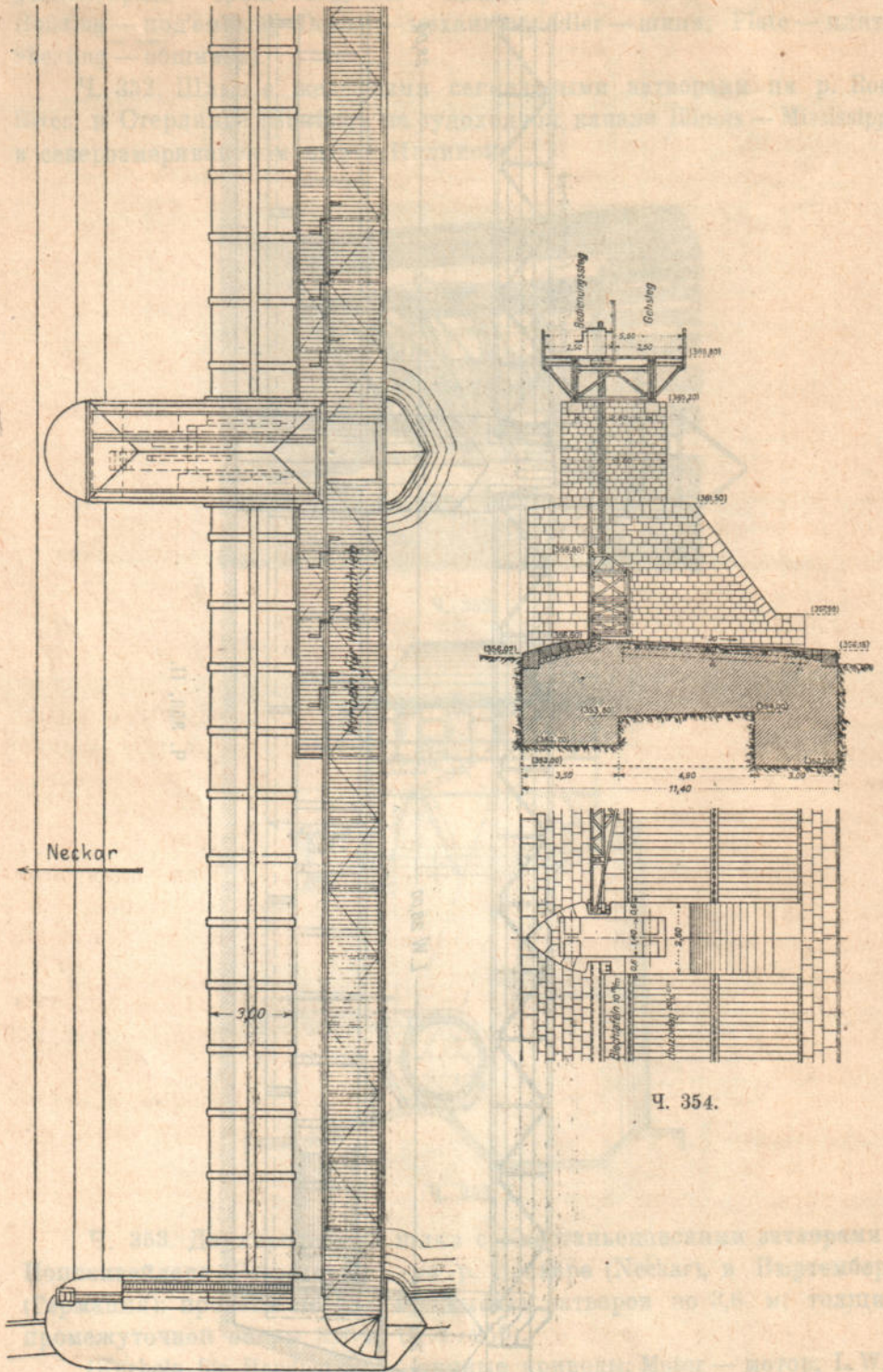
Ч. 353, I.

Ч. 353. Двухпролетный шлюз с Карстаньеновскими затворами в Поппенвейлере (Poppenweiler), на р. Неккаре (Neckar), в Вюртемберге (Германия); пролеты по 28,0 м.; высота затворов по 3,6 м.; толщина промежуточной опоры 3,8 м. (м.1:250).

(Kurbeln für Handbetrieb — ручные приводы; Motor — мотор; L.W. = Lichte Weite — пролет в свету; Zahnstange — зубчатая полоса; Kette — цепь; Drehkran — поворотный кран).



Т. 853, II.



Ч. 353, III.

Ч. 354.

Ч. 354. Трехпролетный шлюз со Стонеевскими затворами на р. Лиммат (Limmat), у Ауэ (Aue), близ Бадена, в кантоне Ааргау, в Швейцарии; пролеты по 14,0 м.; высота затворов по 3,2 м.; толщина промежуточных опор по 2,6 м.

Без противовесов; подьмники с зубчатыми рейками (м. 1:250).

(Gehsteg — пешеходный мост; Bedienungssteg — служебный мост; Blechtafeln — железные плиты; Holzbelag — деревянный настил).

Ч. ч. 355, А и 355, Б. Восемипролетный шлюз со Стонеевскими затворами в Тюльер (Tuilière), на р. Дордоньи (Dordogne), во Франции.

Один пролет в 7,0 м. и семь пролетов по 10,0 м.; высота затворов по 13,0 м.; толщина промежуточных опор по 3,0 м.

(Ч. 355, А, м. 1:250; ч. 355, Б, построение линии давления для промежуточной опоры, м. 1:500).

(Feste Rollen — ролики, прикрепленные к опоре; Aufhängeseil der Rollen — канат, на котором подвешена катковая рама; feste Walzenbahn aus Gusseisen — прикрепленная к опоре чугунная полоса, в которую упираются катки; Stromabweiser, zugleich Dichtungsleiste — приспособление для отклонения струй воды от катков, а также для уплотнения затвора сбоку; eiserner Dammbalkenfalz — обделанный железом паз для шандоров; gusseiserne Schwelle — чугунный порог).

Ч. 356. Многопролетный шлюз на одном из египетских ирригационных каналов.

Каждый пролет, по 3,0 м., закрывается двумя железными задвижными скользящими щитами, которыми маневрируют при помощи лебедки, помещенной на тележке, движущейся по рельсам, уложенным на служебном мосту шлюза.

Толщина промежуточных опор по 1,3 м. (м. 1:100).

(Section — поперечный разрез; Elevation — фасад; Plan — план; Brickwork — кирпичная кладка; Ashlar — тесовая кладка; Washer — шайба; Web — стенка; Plate — листовое железо; Irons — угловое железо; Rivet — заклепка; Pitch — шаг (заклепок)).

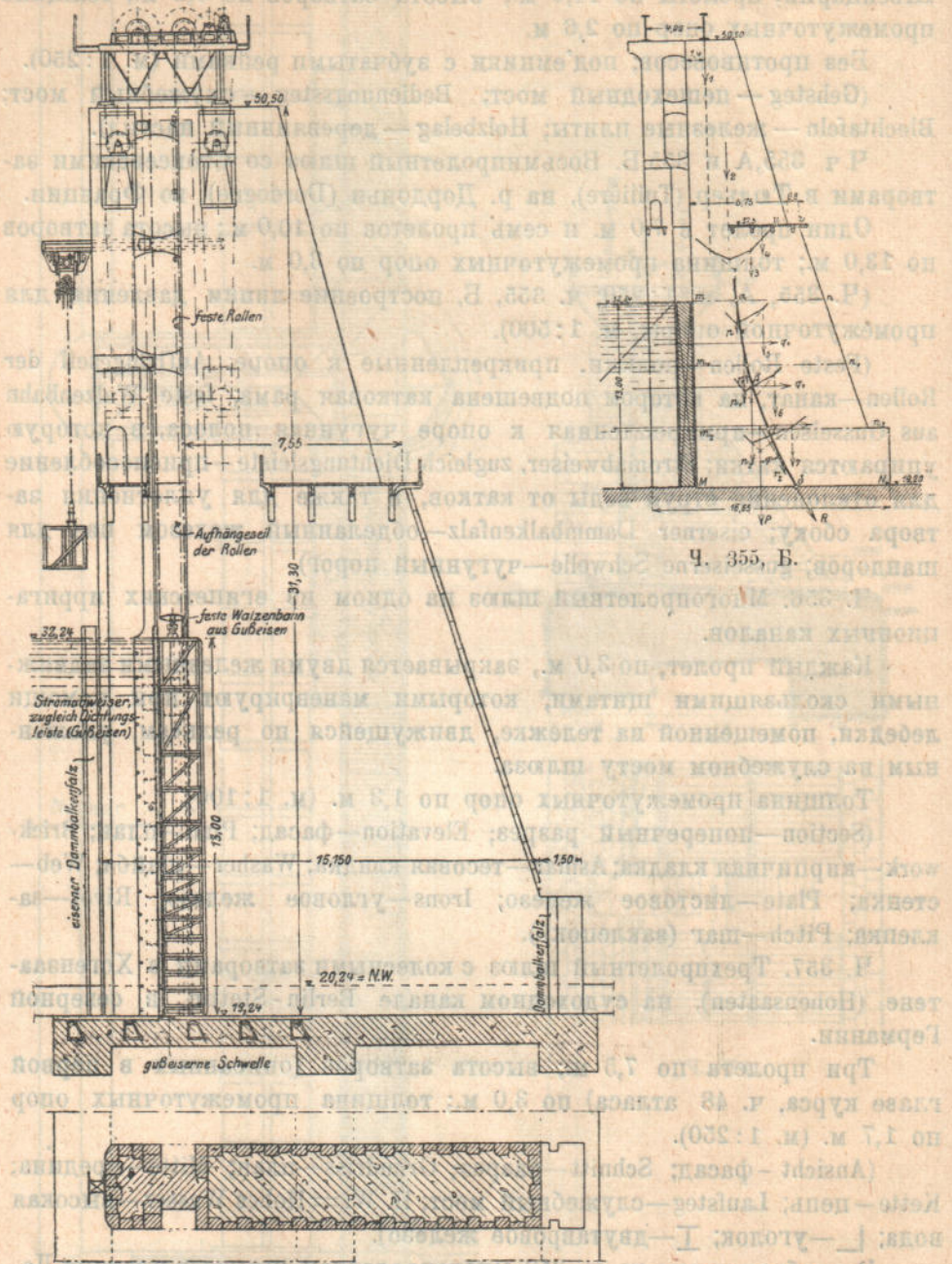
Ч. 357. Трехпролетный шлюз с колесными затворами в Хогензаатене (Hohensaaten), на судоходном канале Berlin-Stettin, в северной Германии.

Три пролета по 7,5 м.; высота затворов (описанных в первой главе курса, ч. 48 атласа) по 3,0 м.; толщина промежуточных опор по 1,7 м. (м. 1:250).

(Ansicht — фасад; Schnitt — разрез; Grundriss — план; Mitte — середина; Kette — цепь; Laufsteg — служебный мост; H. W. — Hohes Wasser — высокая вода; L — уголок; I — двутавровое железо).

В изображенном на ч. 358 многопролетном шлюзе в плотине Лагуны (Laguna), на р. Колорадо, в североамериканском штате Аризона, около г. Юма (Yuma), каждый из пролетов, по $33\frac{1}{3}$ фут., закрывается Стонеевским щитом, высотой 18 фут., которым маневрируют при помощи лебедки, прикрепленной к служебному мосту, а на случай ремонта затворов, в каждом пролете имеется с верховой стороны шлюза.

с обеих сторон водопропускного отверстия, по пазу для отдельного Стонеевского затвора, общего для всех пролетов и подвешенного к

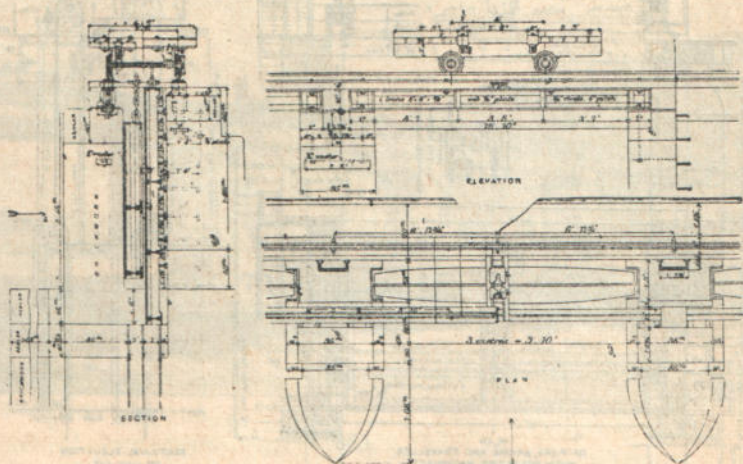


Ч. 355, Б.

Ч. 355, А. лебедке, помещенной на тележке, которую можно перекачивать по рельсам, уложенным вдоль всего шлюза, причем во всех промежуточных опорах, толщиной по 8 фут., с верхней стороны шлюза имеются

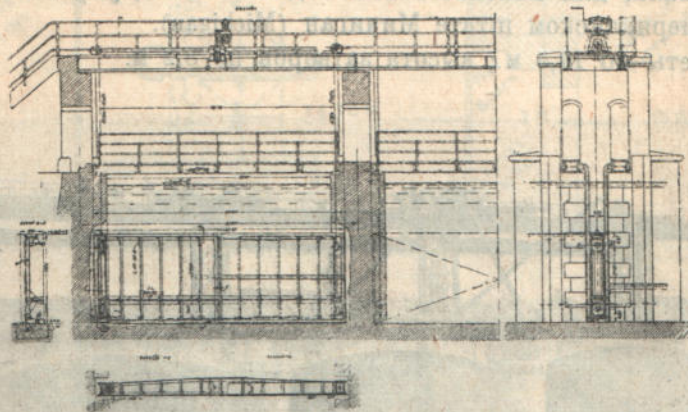
соответственные прорезы для прохода поднятого вверх затвора (м. 1:250).

(Gate — затвор; Operating Machinery — подъемный механизм; Weir — плотина; River — река; Sectional Elevation — поперечный разрез; on Line —



Ч. 356.

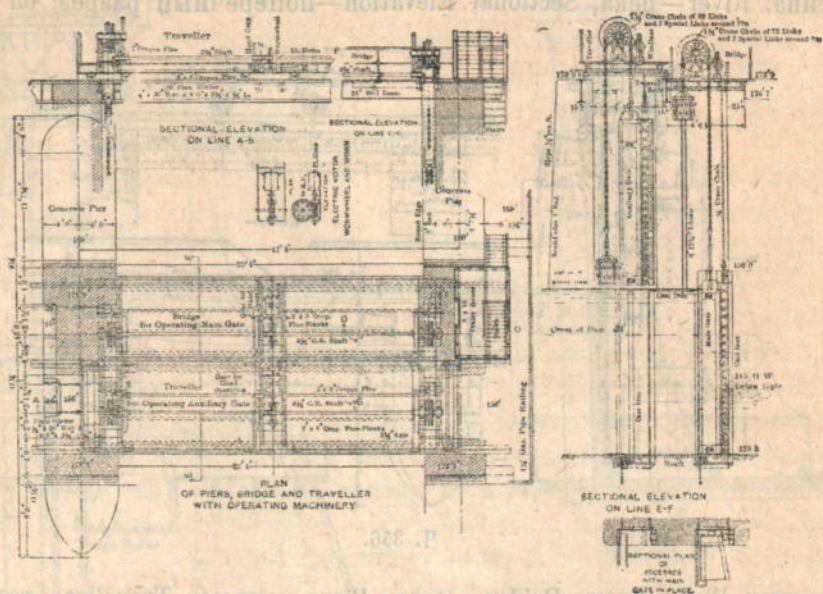
по линии; Plan — план; Bridge — мост; Piers — опоры; Traveller — тележка; Crest — гребень; Dam — плотина; main — главный; auxiliary — вспомогательный; Cast Iron — чугун; Chain — цепь; round Edge — закругленный край;



Ч. 357.

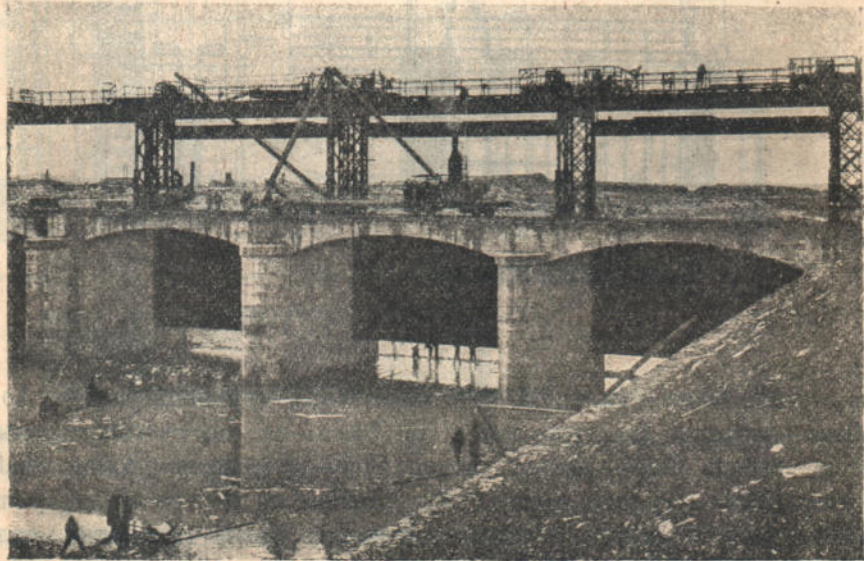
— выше; below — ниже; H. W. = High Water — уровень высокой воды; Winlass — лебедка; Recesses — пазы; in Place — на месте (опущенный); Concrete — бетон; Slope — откос; Oregon Pine — оregonская сосна; Shaft — вал; Hand Gear — ручной привод; El. (= Electric) Motor — электромотор; Worm — червяк; Wormwheel — червячное колесо; Beam — прокатная балка; Flange — фланцевая балка; Plate — листовое железо; Web — стенка; Ls — двутавровая балка; Counterweight — противовес; Link — звено;

Crane — кран; special — специальный; around — вокруг; Pin — шкворень;
Stairs — ступеньки; Frame House — досчатая будка; Rock — скала; H. P. — Horse Power — лошадиная сила).



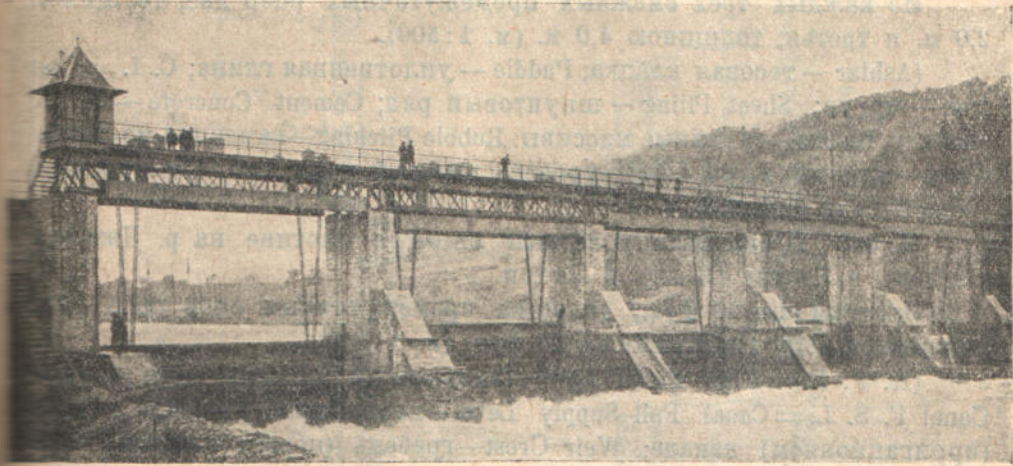
Ч. 358.

Ч. 359. Четырехпролетный шлюз со Стоневскими затворами в
голове канала, для использования водяной силы, у „Sault Ste Marie“
в североамериканском штате Мичиган (Michigan).
Пролеты по 14,5 м.; высота затворов по 8,2 м.



Ч. 359.

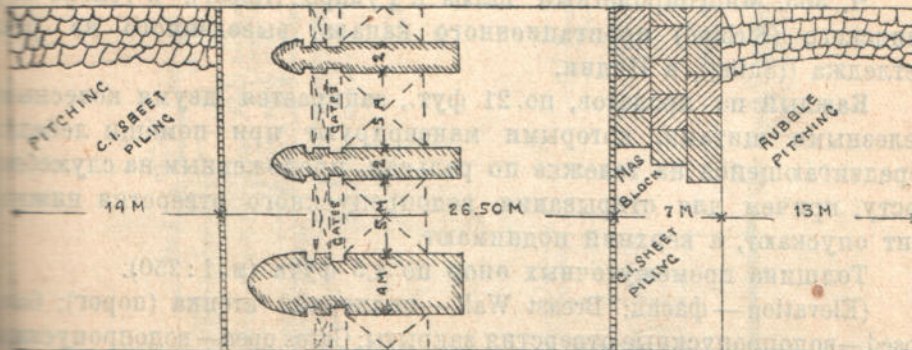
Ч. 360. Семипролетный шлюз со Стонеевскими затворами в плотине „Beznau“ на р. Ааре, у Дёттингена (Döttingen), в Швейцарии.



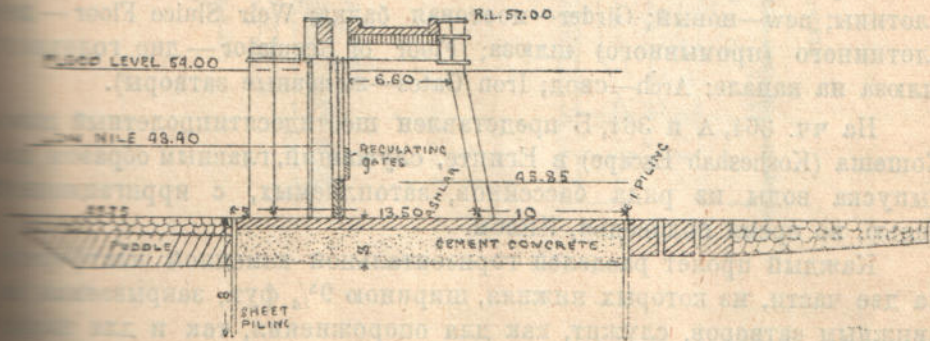
Ч. 360.

Пролеты по 15,0 м.; высота затворов по 6,3 м.

Ч. 361. Многопролетный шлюз на р. Ниле, в Ассиуте, в Египте.



Ч. 361, I.



Ч. 361, II.

В каждом пролете, по 5,0 м., по два щита, общей высотой 4,7 м., подпирающих воду на 2,6 м.

Из каждых трех смежных промежуточных опор две, толщиной 2,0 м. и третья, толщиной 4,0 м. (м. 1:500).

(Ashlar — тесовая кладка; Puddle — уплотненная глина; C. I. = Cast Iron — чугун; Sheet Piling — шпунтовый ряд; Cement Concrete — бетон; Masonry Blocks — каменные массивы; Rubble Pitching — каменная мостовая; Gates — затворы; Flood Level — уровень высокой воды; Low Nile — уровень низкой воды в Ниле).

Ч. 362. Двенадцатипролетный шлюз в плотине на р. Джилум (Jhelum), в Разуле (Rasul), в Индии.

Пролеты по 20 фут.; толщина промежуточных опор по 5 фут.; подпирают воду (спицами) на 10 фут. (м. 1:500).

(H. F. L. = High Flood Level — наивысший уровень воды в реке; Canal F. S. L. = Canal Full Supply Level — наивысший уровень воды в (ирригационном) канале; Weir Crest — гребень (порог) плотины; Weir Shutter Crest — верх затворов, поставленных на гребне плотины; Sand — песок; Gravel — гравий; Stone — камень; Deer — толщина; Blocks — массивы; Bay — пролет; Flank Wall — боковая стенка; wooden — деревянный; Needles — спицы; Rails for Traveller — рельсы для тележки с лебедкой; Needle Box Beam (Steel) — стальная балка, служащая упором для спиц).

Ч. 363. Многопролетный шлюз в Рупаре (Rupar), в голове Сирхиндского (Sirhind) ирригационного канала, выведенного из реки Сетледжа ((Sutlej), в Индии.

Каждый из пролетов, по 21 фут., запирается двумя колесными железными щитами, которыми маневрируют при помощи лебедки, передвигающейся на тележке по рельсам, проложенным на служебном мосту, причем для открывания водопропускного отверстия нижний щит опускают, а верхний поднимают.

Толщина промежуточных опор по 4,5 фута (м. 1:250).

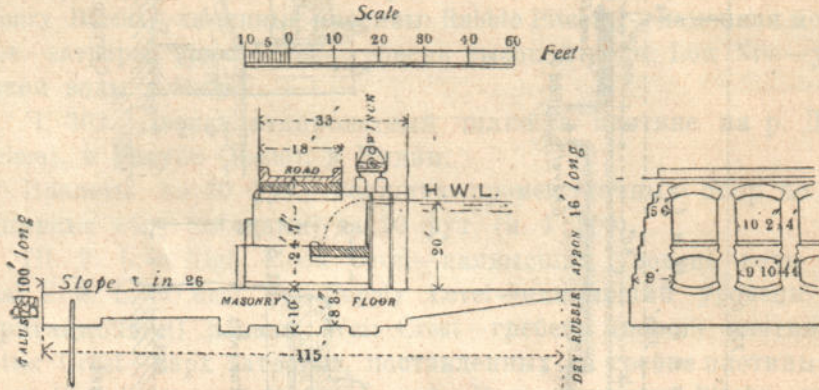
(Elevation — фасад; Breast Wall — подпорная стенка (порог); Gates closed — водопропускные отверстия закрыты; Gates open — водопропускные отверстия открыты; H. F. L. = High Flood Level — наивысший уровень воды в реке; Weir Shutter Crest — верх затворов, поставленных на гребне плотины; new — новый; Girder — мостовая балка; Weir Sluice Floor — дно плотинного (промывного) шлюза; Floor of Regulator — дно головного шлюза на канале; Arch — свод; Iron Gates — железные затворы).

На чч. 364, А и 364, Б представлен шестидесятипролетный шлюз Кошеша (Kosheshah Escape) в Египте, служащий, главным образом, для выпуска воды из ряда бассейнов, затопляемых, с ирригационной целью, во время половодья, Нилом.

Каждый пролет разделен горизонтальной каменной платформой на две части, из которых нижняя, шириною $9\frac{5}{8}$ фут., закрываемая задвижным затвором, служит, как для опорожнения, так и для наполнения бассейнов, а верхняя, шириною $10\frac{1}{8}$ фут., с поворотным затвором, служит только для выпуска воды (ч. 364, А, м. 1:500).

(Scale — масштаб; Feet — футы; Road — дорога; Winch — лебедка; H. W. L. = High Water Level — наивысший уровень воды; Talus — рисберма; Floor — пол; Apron — укрепленное дно (покрышка); long — длиною; Masonry — каменная кладка на растворе; Dry Rubble — сухая кладка; Slope — уклон).

KOSHESHAN ESCAPE



Ч. 364, А.

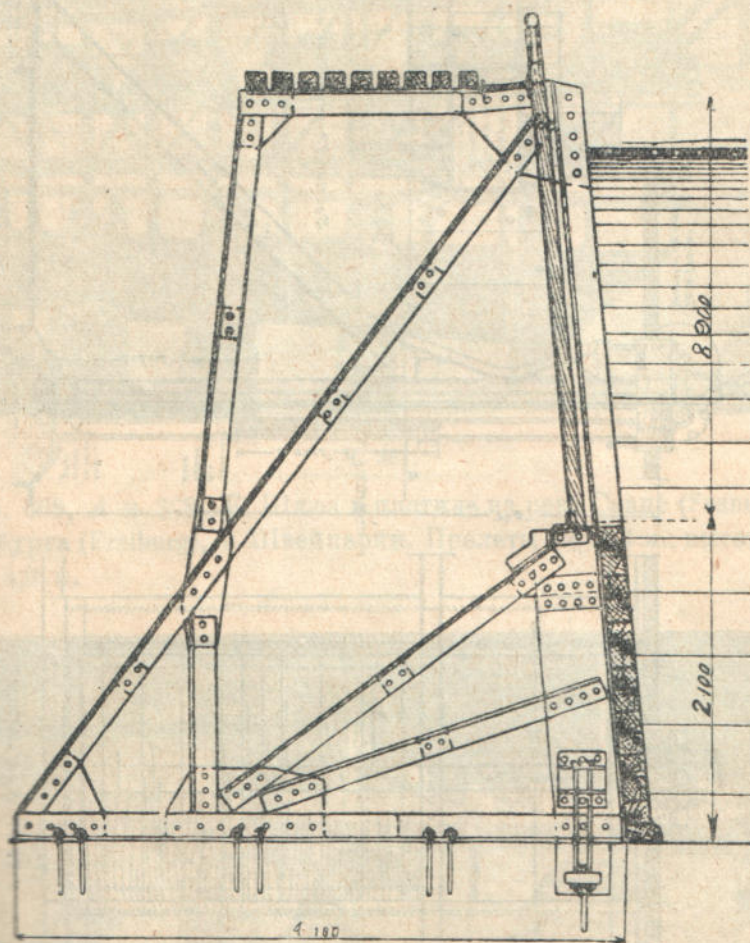
Многопролетные шлюзы с железными опорами изображены на чч. 365—368.



Ч. 364, Б.

Ч. 365. Шлюз на р. Скиен (Skien), в Норвегии (Bandakkanal).

Опора в виде фермы с двумя стойками, двумя поперечинами и тремя раскосами. Обе поперечины, задняя стойка и раскосы образованы, каждая часть, из пары уголков; передняя стойка: сверху—из пары уголков, внизу—из листа и пары уголков. Во всех узлах имеются вставные фасонные листы; затворы образованы: внизу из шандоров, сверху из спиц (м. 1:50).

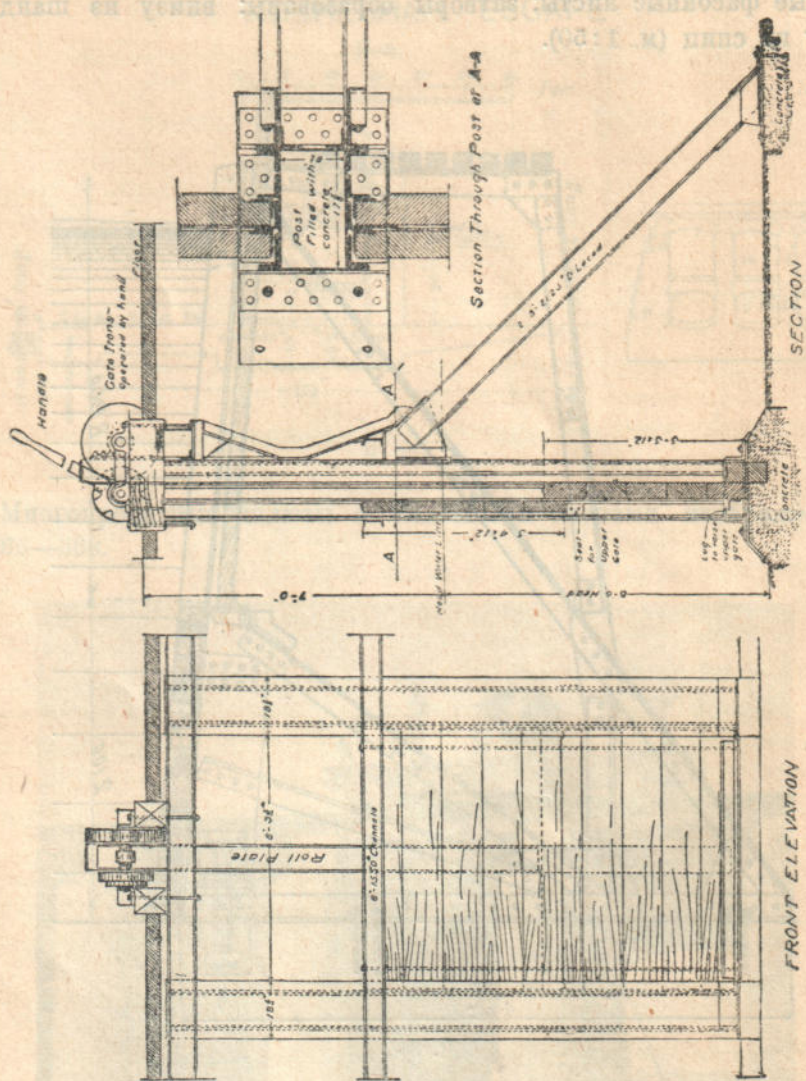


Ч. 365.

Ч. 366. Шлюз в Рокфорде (Rockford), в североамериканском штате Иллинойс (Illinois). Пролеты по $6\frac{1}{4}$ фута.

Опора состоит из стойки, склепанной из четырех листов и четырех раскосов, с заполнением пространства между листами бетоном, и прикрепленной к стойке с низовой стороны шлюза подкоса из двух швеллеров, и все стойки скреплены между собою поверху двумя парами шандоров, из которых на верхней расположен служебный мост с подъемными механизмами, приводимыми в движение вручную и состоящими для каждого пролета, из пары цилиндрических колес и реечного

колеса, сцепляющегося с зубчатой полосой, прикрепленной к нижнему из двух деревянных щитов, закрывающих каждый пролет и движущихся в отдельных пазах, причем верхний щит может подниматься или опускаться только вместе с нижним щитом после того, как он обонрется о выступ, имеющийся у низа нижнего щита, при соответ-

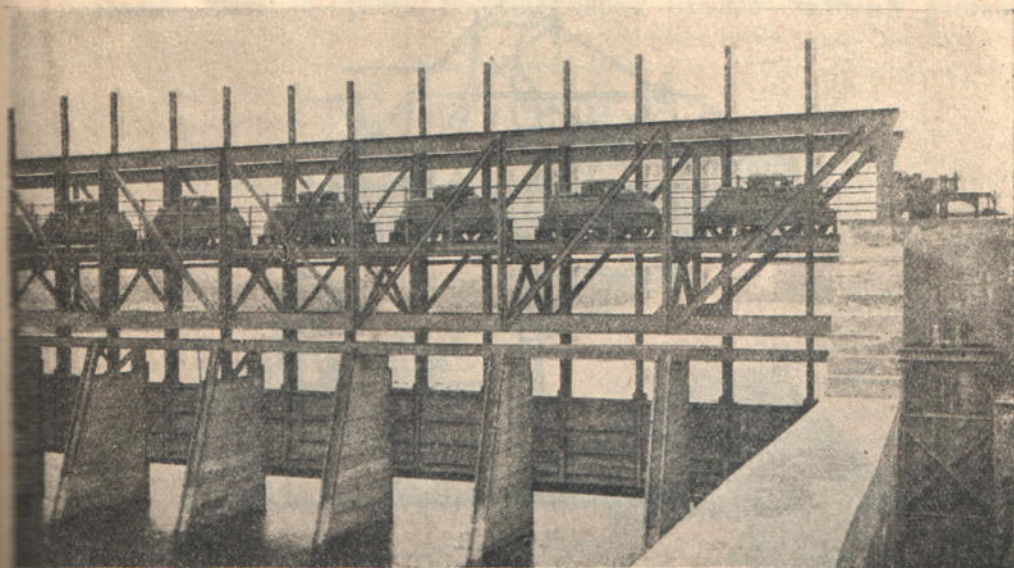


Ч. 366.

ствующем положении последнего; в своем же нижнем положении верхний щит удерживается выступами, имеющимися у опорных стоек шлюза (м. 1 : 50).

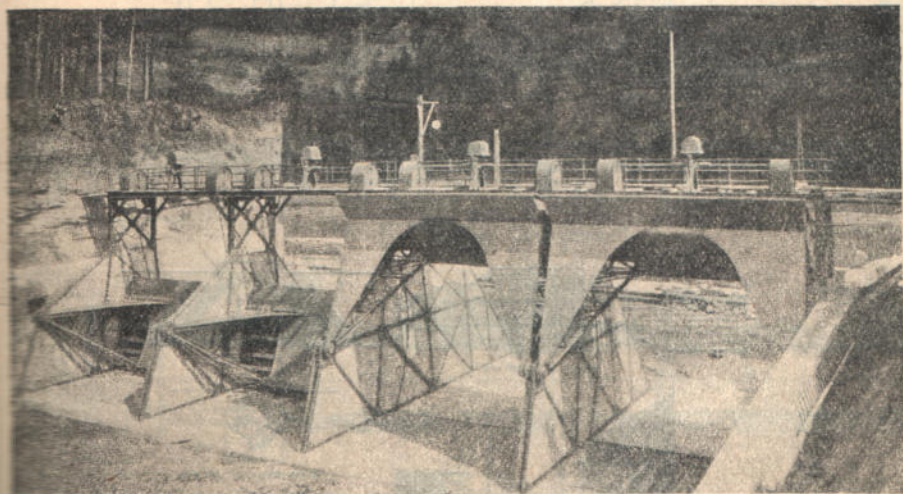
(Front Elevation — фасад; Section — разрез; through — через; Post — стойка; filled with Concrete — заполненная бетоном; Handle — ручка; Gate — затвор; upper — верхний; Seat — опора; Lug — выступ; to raise — для подъема; Head Water Line — напорный горизонт; Gate Irons operated by Hand — приводимые в движение вручную).

Ч. 367. Шлюз (промывной) в плотине Ванген (Wangen), на реке Ааре (Aare), в Швейцарии. Пролеты по 3,3 м.
Опоры обшиты деревянными досками.



Ч. 367.

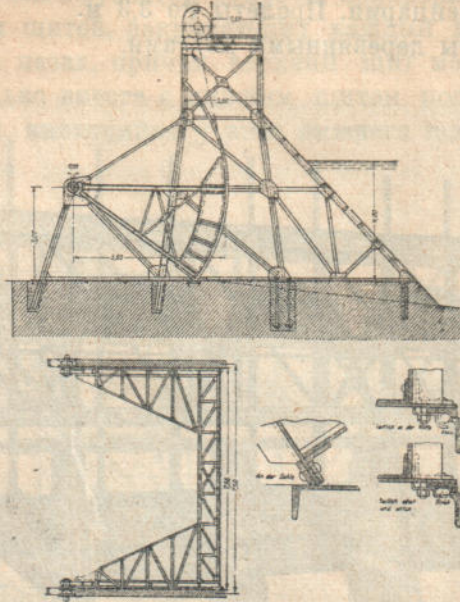
Чт. 368, А и 368, Б. Шлюз в плотине на реке Саане (Saane, Sarine) у Фрейбурга (Freiburg), в Швейцарии. Пролеты по 7,3 м.; высота затворов по 4,0 м.



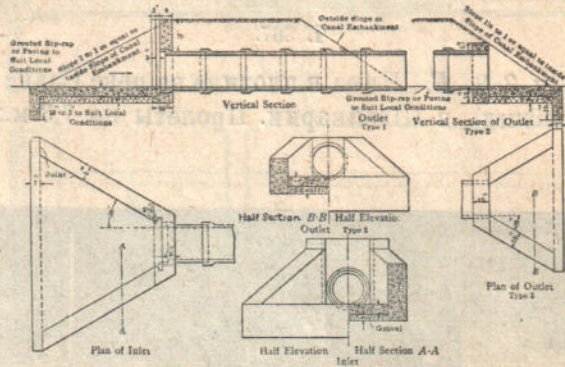
Ч. 368. А.

Опоры забетонированы (м. 1:250).

На чч. 369—379 представлены закрытые каменные шлюзы, то-есть, в виде труб под земляною насыпью.

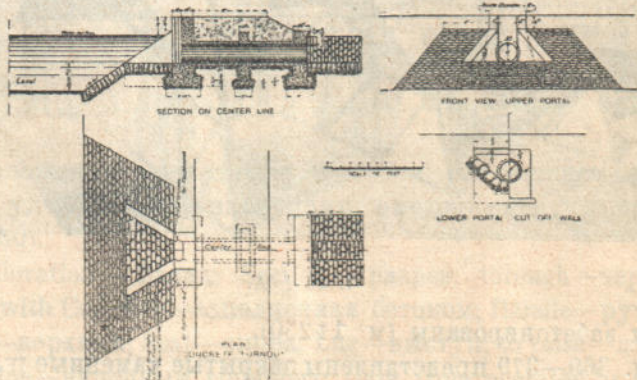


Ч. 368, Б.



Turnout of vitrified pipe with concrete inlet and outlet.

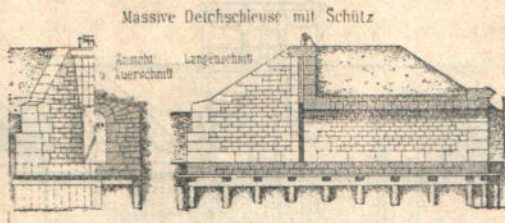
Ч. 369.



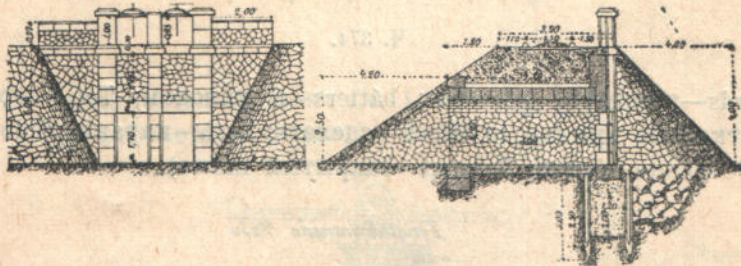
Ч. 370.

Ч. 369. С применением гончарных труб.

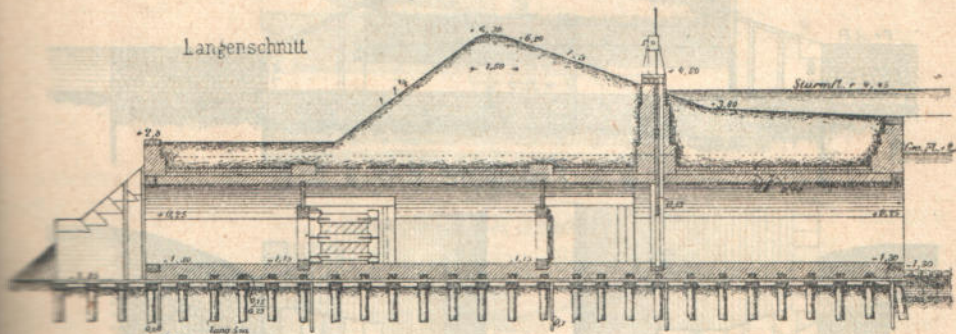
(Turnout—закрытый шлюз; vitrified—глазурованный; Pipe—труба; with—с; Concrete—бетон; Inlet—вход; Outlet—выход; Plan—план; Half—половина; Elevation—фасад; Section—разрез; Grouted—залитый раство-



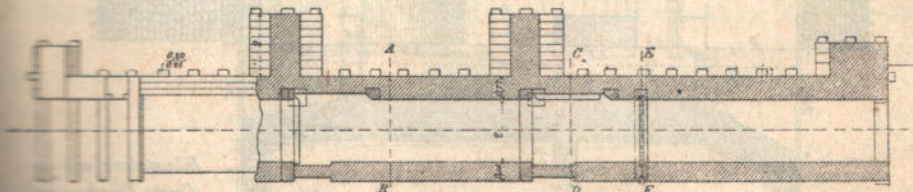
Ч. 371.



Ч. 372.



Halber Grundriss.

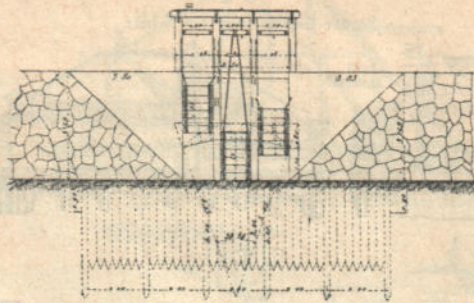


Ч. 373.

... Paving (Rip—Rap)—мостовая; or—или; to suit—сообразно; local—... Conditions—условия; Slope—откос; equal—равный; inside—вну- ... outside—внешний; Canal—канал; Embankment—насыпь; Joint— ... Gravel—гравий; vertical—вертикальный).

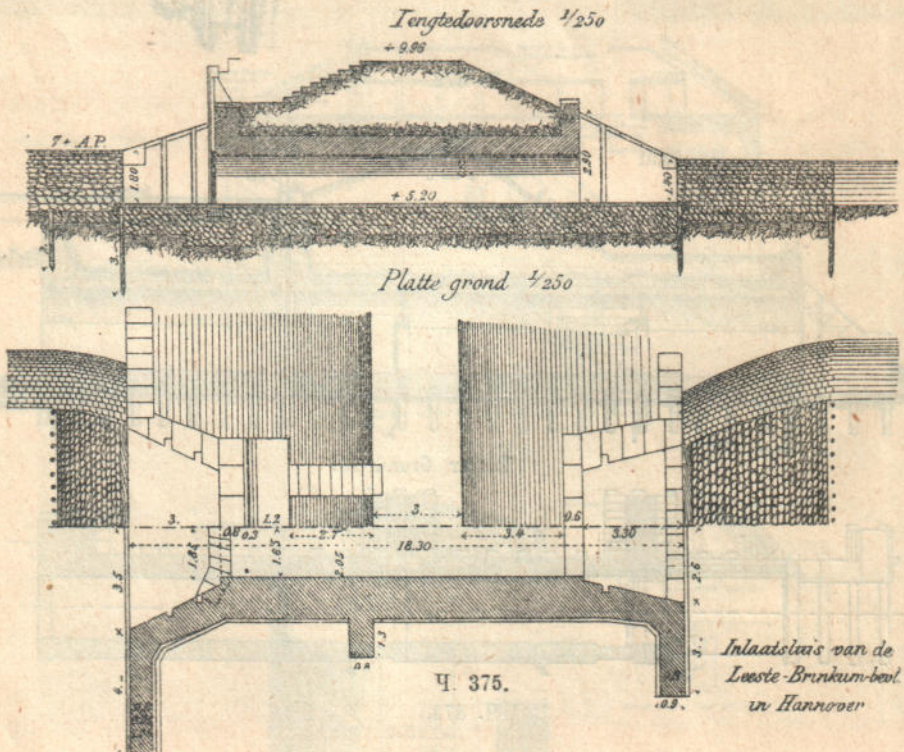
Ч. 370. С тремя поперечными стенками (м. 1:250).

(Scale—масштаб; Feet—футы; Plan—план; Section—разрез; Front View—фасад; upper Portal—вход; lower Portal—выход; Wall—стенка; cut off—защитный; Center Line—осевая линия; on—по; Canal—канал; Water Surface—уровень воды; inside—внутренний; Grooves—пазы; for—для;



Ч. 374.

Flashboards—шандоры; All—все; batters—с уклоном; Top—верх; Wing Walls—откосные крылья; to finish—сделать; flush—наравне; Side Slopes—откосы; Concrete—бетон; Turnout—закрытый шлюз).



Ч. 375.

*Inlaatsluik van de
Leeste Brinkum-beel
in Hannover*

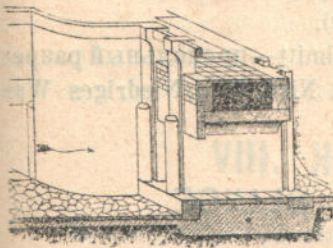
Ч. 371. Пролет 0,8 м. (м. 1:250).

(Deichschleuse—шлюз в земляной плотине; massive—из каменной кладки; mit—с; Schütz—затвор; Ansicht—фасад; u—und—и; Querschnitt—поперечный разрез; Längenschnitt—продольный разрез).

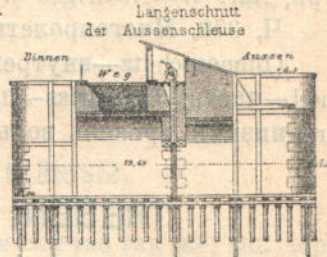
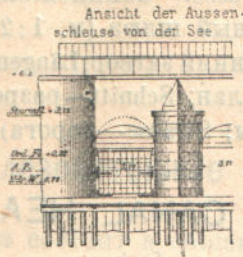
Ч. 372. Двухпролетный шлюз (м. 1:250).

Ч. 373. Двухпролетный шлюз (м. 1:250).

(Längenschnitt — продольный разрез; Halber Grundriss — половина плана; Gw. Fl — gewöhnliche Flut — нормальный уровень воды в море во время прилива; Sturmfl — Sturmflut — наивысший уровень во время бурь).



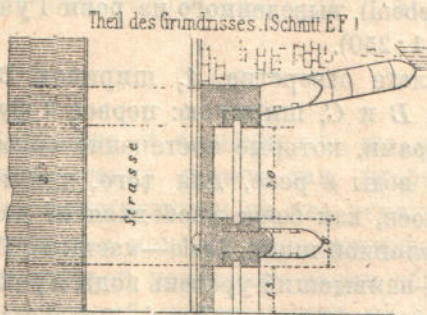
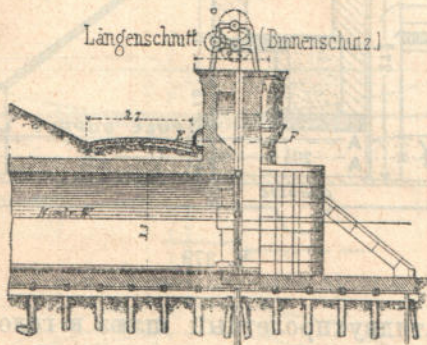
Ч. 376.



Ч. 377.

Ч. 374. Трехпролетный шлюз (м. 1:250).

Ч. 375. Трехпролетный шлюз (м. 1:250).



Ч. 378.

(Inlaatsluis van de Leeste — Brinkum — bevl. in Hannover — шлюз в голове Бринкумского ирригационного канала в Ганноверской области (Германия); Lengtedoorsnede — продольный разрез; Platte grond — план).

Ч. 376. Многопролетный шлюз.

(Анометрическая проекция, м. 1:250).

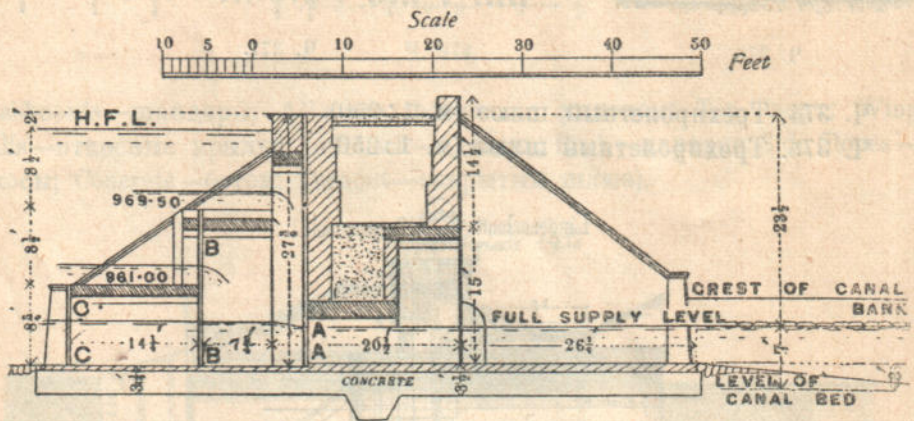
Ч. 377. Многопролетный шлюз (м. 1:500).

(Aussenschleuse—внешний шлюз; Binnen—внутри; Aussen—вне; Weg—дорога; Längenschnitt—продольный разрез; Ansicht—фасад; von der See—со стороны моря; A. P.—Amsterdamer Pegel—нуль Амстердамской водомерной рейки; ord Fl—ordentliche Flut—обычный уровень воды в море во время прилива; Sturmfl—Sturmflut—наивысший уровень во время бурь; Ndr. W—Niedriges Wasser—наиниший уровень воды).

Ч. 378. Многопролетный шлюз (м. 1:250).

(Binnenschütz—внутренний затвор; Längenschnitt—продольный разрез; Theil—часть; Grundriss—план; Schnitt—разрез; Niedr. W.—Niedriges Wasser—низкий уровень воды; Strasse—дорога).

TREBENI CANAL HEAD SLUICE



Ч. 379.

Ч. 379. Двадцатидвухпролетный шлюз в голове ирригационного канала Требени (Trebeni), выведенного из реки Гундук (Gunduk), в Бенгале (в Индии) (м. 1:250).

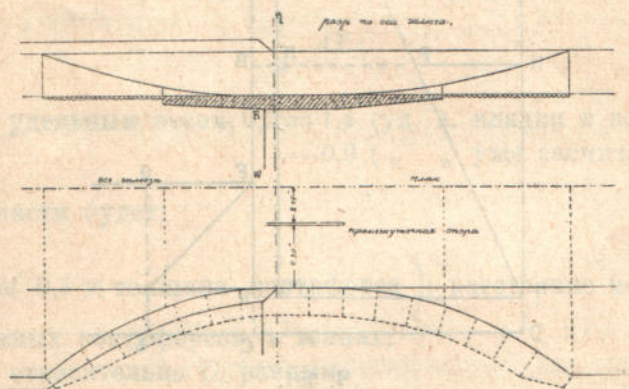
В каждом пролете отверстие А, шириною 6 футов, закрывается щитом, а отверстия В и С, шириною: первое 7 футов и второе 7½ футов, закрываются шандорами, которые постепенно снимаются по мере того, как падает уровень воды в реке, для того, чтобы в канал поступала вода из верхних слоев, как более свободная от наносов.

(Head Sluice—головной шлюз; Scale—масштаб; Feet—футов; H. F. L.—High Flood Level—наивысший уровень воды в реке; Full Supply Level—наивысший уровень воды в канале; Level—уровень; Canal—канал; Bed—дно; Crest—верх; Bank—насыпь; Concrete—бетон).

VIII. Железобетонные шлюзы.

Железобетонный шлюз состоит в общем случае так же, как деревянный и каменный, из двух продольных стенок, нескольких поперечных и дна; последнее, обычно, делается каменное, а железобетон применяется как материал для стенок, а также для промежуточных опор.

В узких шлюзах горизонтальные давления на боковые стенки могут быть взаимно уравновешены при помощи распорок, помещен-



Ч. 380.

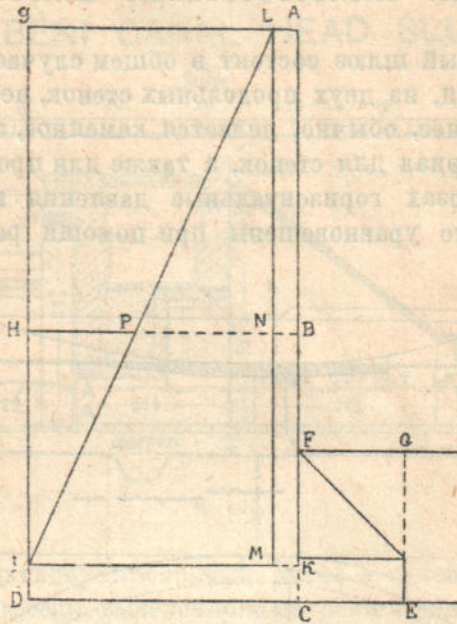
ны сверху и внизу шлюза, в большинстве же случаев приходится рассчитывать боковую стенку шлюза так, чтобы она сама по себе могла сопротивляться действующим на нее усилиям, для чего стенку обязательно связывают при помощи ряда контрфорсов с горизонтальной плитой, ширину которой подбирают таким образом, чтобы равнодействующая из всех усилий, действующих на один погонный метр сооружения, пересекла его подошву в средней трети последней и чтобы наибольшее давление на квадратную единицу грунта под плитой было меньше допустимой величины.

Рассчитаем, например, железобетонную боковую стенку шлюза, изображенного на ч. 380, в том его сечении, где ордината депрессионной линии равна 0,8 м., верх стенки выше дна шлюза на 2,8 м. и глубина заложения подошвы стенки, считая от дна шлюза, равна 1,2 м., причем должно быть выполнено условие, чтобы при углах

естественного откоса: сухой земли = 33° и земли в воде = 24° , весе одного кубического метра: сухой земли = 1,8 т., земли в воде = 0,9 т., бетонной кладки над водой = 2,4 т. и под водой = 1,4 т., напряжение грунта на сжатие было от 0,9 до 1,0 к. на кв. см.

При определении суммы вертикальных сил, действующих на один погонный метр сооружения, и момента этой суммы относительно *C*, для упрощения расчета вместо того, чтобы отдельно вычислять вес:

I) сухой земли, заключенной в призме *GLNH* в пролете между центрами двух смежных контрфорсов, за вычетом объема, занятого контрфорсом *LNP*;



Ч. 381.

II) земли в воде, помещающейся в призме *HNMI* в пролете между центрами двух смежных контрфорсов, за вычетом объема, занятого контрфорсом *MNPI*;

III) кладки под водой, заключенной в призме *CDIK*;

IV) " " " занимающей призму *BKMN*;

V) " над " заключенной в призме *ABNL*;

VI) " под " в контрфорсе *MNPI* и

VII) " над " " *LNP*,

произведем вычисления, определив последовательно веса следующих частей (см. ч. 381):

- 1) *ACDG* с удельным весом 0,9 = (уд. в. земли в воде);
- 2) *ABHG* " " 0,9 = 1,8 (" " сухой земли) —
— 0,9 (" " уже засчитанный в 1);
- 3) *CDIK* " " 0,5 = 1,4 (" " кладки в воде) —
— 0,9 (" " уже засчитанный в 1);

в сумме вес частей 1-ой, 2-ой и 3-ей будет:

$$CD. (AC. 0,9 + AB. 0,9 + CK. 0,5) \text{ тонн,}$$

с плечом, относительно C , равным:

$$\frac{1}{2} \cdot CD;$$

4) $AKML$ с удельным весом $0,5 = 1,4$ (уд. в. кладки в воде) —

— 0,9 (" " уже засчитанный в 1);

5) $ABNL$ " " " $0,1 = 2,4$ (" " кладки над водой) —

— 0,9 (" " уже засчитанный в 1) —

— 0,9 (" " " " " " 2) —

— 0,5 (" " " " " " 4);

в сумме вес частей 4-ой и 5-ой будет:

$$AL. (AK. 0,5 + AB. 0,1) \text{ тонн,}$$

с плечом, относительно C , равным:

$$\frac{1}{2} \cdot AL;$$

6) ILM с удельным весом $0,5 = 1,4$ (уд. в. кладки в воде) —

— 0,9 (" " уже засчитанный в 1);

вес этой части будет:

$\left(\frac{1}{3} \cdot LM \cdot IM \cdot 0,5 \times \text{толщина контрфорса} \right)$: расстояние между центрами двух смежных контрфорсов, в тоннах,

с плечом, относительно C , равным:

$$AL + \frac{1}{3} \cdot IM;$$

7) LNP с удельным весом $0,1 = 2,4$ (уд. в. кладки над водой) —

— 0,9 (" " засчитанный в 1) —

— 0,9 (" " " " " " 2) —

— 0,5 (" " " " " " 6);

вес этой части будет:

$\left(\frac{1}{3} \cdot LN \cdot NP \cdot 0,1 \times \text{толщина контрфорса} \right)$: расстояние между центрами двух смежных контрфорсов, в тоннах,

с плечом, относительно C , равным:

$$AL + \frac{1}{3} \cdot NP.$$

К этим семи силам нужно еще прибавить вес части $CEQF$, расположенной справа от C , за вычетом давления воды снизу на подошву этой части; соответствующая сила будет:

$(CF \cdot 2,4 - BC) \cdot CE$, в тоннах,
с плечом, относительно C , равным:

$$\frac{1}{2} \cdot CE.$$

Для нашего случая, при:

$$CB = 1,8 \text{ м.}, CE = 0,7 \text{ м.}, CF = 1,0 \text{ м.},$$

$$AB = 2,0 \text{ м.}, BC = 1,8 \text{ м.},$$

$$DI = 0,20 \text{ м.}, AL = 0,15 \text{ м.},$$

$$IM = 1,80 - 0,15 = 1,65 \text{ м.},$$

$$NP = 1,65 \cdot 2,0 : (3,8 - 0,2) = 1,65 \cdot 20 : 36 = 1,65 \cdot 5 : 9 = 8,25 : 9 = 0,92 \text{ м.};$$

толщине контрфорсов по 0,25 м.

и расстоянии между центрами двух смежных контрфорсов по 2,2 м.

получим для величины сил:

1-ой, 2-ой и 3-ей, в сумме:

$$1,8 \cdot (3,8 \cdot 0,9 + 2,0 \cdot 0,9 + 0,2 \cdot 0,5) = 1,8 \cdot (3,42 + 1,80 + 0,10) = 1,8 \cdot 5,32 = 9,576 \text{ т.};$$

4-ой и 5-ой, в сумме:

$$0,15 \cdot (3,6 \cdot 0,5 + 2,0 \cdot 0,1) = 0,15 \cdot (1,8 + 0,2) = 0,15 \cdot 2 = 0,300 \text{ т.};$$

6-ой:

$$(1,8 \cdot 1,65 \cdot 0,5 \cdot 0,25) : 2,2 = 0,169 \text{ т.};$$

7-ой:

$$(1,0 \cdot 0,92 \cdot 0,1 \cdot 0,25) : 2,2 = 0,010 \text{ т.};$$

8-ой:

$$(1,0 \cdot 2,4 - 1,8) \cdot 0,7 = (2,4 - 1,8) \cdot 0,7 = 0,6 \cdot 0,7 = 0,420 \text{ т.}$$

Сумма семи сил, расположенных слева от C ,
 $= 9,576 + 0,300 + 0,169 + 0,010 = 10,055 \text{ т.},$

а полная равнодействующая всех вертикальных сил, действующих на один погонный метр сооружения =

$$= 10,055 + 0,420 = 10,475 \text{ т.}$$

Сумма моментов сил, расположенных слева от C относительно C , будет:

$$9,576 \cdot 0,90 + 0,300 \cdot 0,075 + 0,169 \cdot 0,70 + 0,010 \cdot 0,46 =$$

$$= 8,618 + 0,023 + 0,118 + 0,005 = 8,764 \text{ т. м.};$$

затем, момент 8-ой силы, расположенной справа от C , будет:

$$- 0,420 \cdot 0,35 = - 0,147 \text{ т. м.},$$

потому момент равнодействующей всех вертикальных сил, относительно C , =

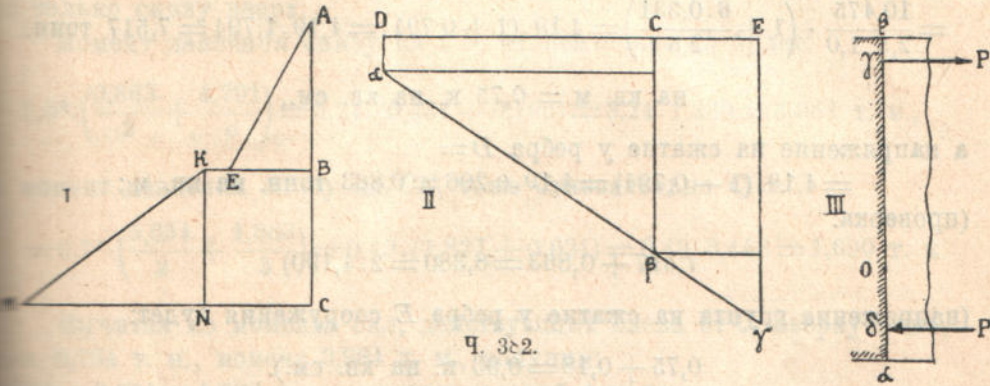
$$= 8,764 - 0,147 = 8,617 \text{ т. м.},$$

считая на один погонный метр сооружения (против часовой стрелки),

а момент равнодействующей всех вертикальных сил относительно E =
 $= 8,617 + 10,475 \cdot 0,7 = 8,617 + 7,333 = 15,950 \text{ т. м.}$

Давление земли и воды на один погонный метр стенки ABC , при:
 $AB = h = 2,0$ м., $BC = h_1 = 1,8$ м.
 и уровне BK воды за стенкой,
 графически выразится суммой площадей:
 (см. ч. 382, I)

- 1) треугольника ABE при:
 $BE = 0,54 \cdot h = 0,54 \cdot 2,0 = 1,080$ т.;
 $1,080 \cdot 1,0 = 1,080$ т.;
- 2) прямоугольника $BCNK$ при:
 $BK = 0,72 \cdot h = 0,72 \cdot 2,0 = 1,440$ т.;
 $1,440 \cdot 1,8 = 2,592$ т.;
- 3) треугольника KNM при:
 $MN = 1,36 \cdot h_1 = 1,36 \cdot 1,8 = 2,448$ т.;
 $2,448 \cdot 0,9 = 2,203$ т.



В сумме:
 $1,080 + 2,592 + 2,203 = 5,875$ т.

Момент этой силы относительно C (а также относительно E)
 $= 1,080 \cdot (1,80 + 0,67) + 2,592 \cdot 0,9 + 2,203 \cdot 0,6 =$
 $= 2,668 + 2,333 + 1,322 = 6,323$ т. м.

Коэффициент устойчивости сооружения на опрокидывание
 $= 15,950 : 6,323 = 2,5$.

Коэффициент устойчивости сооружения на сдвиг, при коэффициенте трения, равном половине,

$$= \frac{1}{2} \cdot (10,475 + 4,500) : 5,875 = \frac{1}{2} \cdot 14,975 : 5,875 = 7,487 : 5,875 = \infty 1,3$$

$4,500 = 2,5 \cdot 1,8$ есть давление воды на грунт под подошвой сооружения).

Момент равнодействующей всех сил (вертикальных и горизонтальных) относительно $C =$

$$= 9,517 - 6,323 = 2,294 \text{ т. м.};$$

равнодействующая пересечет подошву сооружения в точке, отстоящей от C на:

$$2,294 : 10,475 = 0,219 \text{ м.}$$

а от E на:

$$0,700 + 0,219 = 0,919 \text{ м.}$$

и так как

$$0,919 > \frac{1}{3} \cdot 2,50 (= 0,833),$$

то равнодействующая всех сил, действующих на сооружение, не выйдет из средней трети его подошвы, проходя на расстоянии 9 см. от правой третней точки.

Эксцентриситет =

$$= \frac{1}{2} \cdot 2,500 - 0,919 = 1,250 - 0,910 = 0,331 \text{ м.}$$

и напряжение на сжатие в подошве у ребра E =

$$= \frac{10,475}{2,5 \cdot 1,0} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot 0,331}{2,5}\right) = 4,19 \cdot (1 + 0,794) = 4,19 \cdot 1,794 = 7,517 \text{ тонн.}$$

на кв. м. = 0,75 к. на кв. см.,

а напряжение на сжатие у ребра D =

$$= 4,19 \cdot (1 - 0,794) = 4,19 \cdot 0,206 = 0,863 \text{ тонн. на кв. м.};$$

(проверка:

$$7,517 + 0,863 = 8,380 = 2 \cdot 4,190)$$

(напряжение грунта на сжатие у ребра E сооружения будет:

$$0,75 + 0,18 = 0,93 \text{ к. на кв. см.}).$$

Таким образом, напряжение на сжатие в подошве плиты DE изменяется по закону трапеции (см. ч. 382, II), причем, при изменении длины на 2,5 м., напряжение изменяется на:

$$7,517 - 0,863 = 6,654 \text{ т.}$$

и, следовательно, в сечении C , отстоящем от D на 1,8 м., напряжение будет больше, чем в D , на:

$$6,654 \cdot \frac{1,8}{2,5} = 119,772 : 25 = 4,791 \text{ т.,}$$

а в E больше, чем в C , на:

$$6,654 \cdot \frac{0,7}{2,5} = 1,863 \text{ т.}$$

(Проверка:

$$0,863 + 4,791 = 5,654; 5,654 + 1,863 = 7,517).$$

Площадь трапеции $CDa\beta$, графически выражающая давление спизу на один погонный метр левой части подошвы,

$$= 1,8 \cdot (0,863 + 2,396) = 1,8 \cdot 3,259 = 5,866 \text{ т.,}$$

а площадь трапеции $CE\gamma\beta =$
 $= 0,7 \cdot (5,654 + 0,931) = 0,7 \cdot 6,585 = 4,609 \text{ т.}$

(Проверка:

$$5,866 + 4,609 = 10,475).$$

Если из суммы вертикальных сил, действующих слева от C , сверху вниз, то-есть из 10,055 т., отнять силу 5,866 т., действующую тоже слева от C , снизу вверх, получится:

$$10,055 - 5,866 = 4,189 \text{ т., сверху вниз;}$$

а если из силы 4,609 т., действующей справа от C , снизу вверх, отнять силу 0,420 т., действующую тоже справа от C , сверху вниз, получим тоже:

$$4,609 - 0,420 = 4,189 \text{ т.,}$$

то только снизу вверх.

Момент давления снизу на CD , относительно C , будет:

$$1,8^2 \cdot \left(\frac{0,863}{2} + \frac{4,791}{6} \right) = 3,24 \cdot (0,431 + 0,799) = 3,24 \cdot 1,230 = 3,984 \text{ т. м.,}$$

а момент давления снизу на CE , тоже относительно C , =

$$= 0,7^2 \cdot \left(\frac{5,654}{2} + \frac{1,863}{3} \right) = 0,49 \cdot (2,827 + 0,621) = 0,49 \cdot 3,448 = 1,690 \text{ т. м.}$$

Вычитая из момента сил, действующих слева от C , сверху вниз, 8,764 т. м., момент 3,984 т. м., получим:

$$8,764 - 3,984 = 4,780 \text{ т. м., против часовой стрелки;}$$

а вычтя из момента 1,690 т. м. момент сил, действующих справа от C , сверху вниз, то-есть 0,147 т. м., получим:

$$1,690 - 0,147 = 1,543 \text{ т. м., то же против часовой стрелки.}$$

В сумме:

$$4,780 + 1,543 = 6,323 \text{ т. м.,}$$

то моменту горизонтальных сил, относительно C , но только с обратным знаком.

Так как расстояние между серединами двух смежных контрфорсов = 2,2 м., то обозначив:

$$4,780 \cdot 2,2 = 10,516 \text{ т. м. через } M, \text{ а}$$

$$1,543 \cdot 2,2 = 3,395 \text{ т. м. } \text{ " } M_1$$

$$10,516 + 3,395 = 13,911 = 6,323 \cdot 2,2)$$

т. е. что левый контрфорс находится в положении балки, прикрепленной к плите CD и изгибаемой моментом M по часовой стрелке, а в то же время, в положении балки, прикрепленной к стенке AC

и изгибаемой таким же моментом M против часовой стрелки, а правый контрфорс CEF можно рассматривать, как балку, прикрепленную к стенке CF и изгибаемую моментом M_1 против часовой стрелки и, в то же время, как балку, прикрепленную к плите CE и изгибаемую таким же моментом M_1 по часовой стрелке.

Как известно, при одиночной арматуре, высота $0\alpha = x$ сжатой части поперечного сечения $\alpha\beta$ железобетонной балки с центром арматуры в γ (см. ч. 382, III) равна, приблизительно, трем десятым от $\alpha\gamma$, причем равнодействующая P сжимающих сил, равная растягивающей силе, приложенной в γ , проходит через точку δ , отстоящую от нейтральной оси O на величину:

$$O\delta = \frac{2}{3} \cdot x,$$

так что $\gamma\delta = 0,9 \cdot \alpha\gamma$

и, таким образом, величину силы P получим, приблизительно, разделив момент, изгибающий балку, на девять десятых высоты балки, считая от низа балки до центра арматуры.

При расчетных длинах, соответственно расположению арматуры в десяти сантиметрах от граней левого контрфорса (см. ч. 383, I):

$$ac = 3,6 \text{ м.}; cd = 1,7 \text{ м.};$$

$$ad = \sqrt{3,6^2 + 1,7^2} = \sqrt{12,96 + 2,89} = \sqrt{15,85} = 4,0 \text{ м.}$$

и, следовательно:

$$0,9 \cdot ac = 3,24 \text{ м.}; 0,3 \cdot ac = 1,08 \text{ м.}; 0,9 \cdot cd = 1,53 \text{ м.}; 0,3 \cdot cd = 0,51 \text{ м.},$$

получим, что момент:

$$M = 10,516 \text{ т. м.},$$

действующий по часовой стрелке, будет прижимать контрфорс к cd с силою:

$$gh = 10,516 : 1,53 = 6,873 \text{ т.},$$

причем напряжение бетона на сжатие будет:

$$2.6873 : 25.51 = 13746 : 1275 = 11 \text{ к. на кв. см.},$$

и с такою же силою di отрывать контрфорс от cd , при чем составляющие di по da и cd будут:

$$dk = \frac{6,873}{3,6} \cdot 4,0 = 1,909 \cdot 4,0 = 7,636 \text{ т.},$$

$$dl = \frac{6,873}{3,6} \cdot 1,7 = 1,909 \cdot 1,7 = 3,245 \text{ т.};$$

а момент M , действующий против часовой стрелки, будет прижимать контрфорс к ac с силою:

$$mn = 10,516 : 3,24 = 3,245 \text{ т.},$$

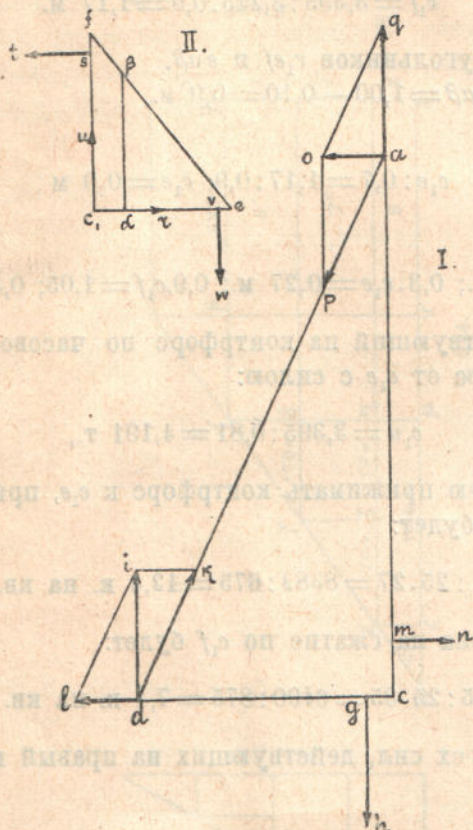
причем напряжение бетона на сжатие будет:

$$2.3245 : 25.108 = 6490 : 2700 = 2,4 \text{ к. на кв. см.},$$

и с такою же силою ao отрывать контрфорс от ac , причем составляющие ao по ad и ac будут:

$$ap = \frac{3,245}{1,7} \cdot 4,0 = 1,909 \cdot 4,0 = 7,636 \text{ т.},$$

$$aq = \frac{3,245}{1,7} \cdot 3,6 = 1,909 \cdot 3,6 = 6,873 \text{ т.}$$



ч. 383.

Система шести сил, действующих на контрфорс и равных по величине:

$$dk, ap, dl, mn, gh \text{ и } aq,$$

и обратных по направлению,

будет находиться в равновесии, п. ч.:

ap равна и прямопротивоположна pa ($= 7,636$ т.),

aq равна и параллельна mq , но действует в обратном направлении, ($= 3,245$ т.)

hg равна и параллельна qa , но действует в обратном направлении (= 6,873 т.)

и, кроме того:

$$m. cm = 3,245 \cdot 0,36 = hg \cdot cg = 6,873 \cdot 0,17 = 1,168 \text{ т. м.}$$

Для правого контрфорса подберем расчетные длины: c_1e , идущую по продолжению cd , и c_1f так (см. ч. 383, II), чтобы по направлению c_1e действовало такое же усилие, как по dl , то-есть 3,245 т., для чего нужно, чтобы $0,9 \cdot c_1f =$ моменту M_1 , деленному на 3,245 т.; таким образом:

$$c_1f = 3,395 : 3,245 \cdot 0,9 = 1,17 \text{ м.}$$

и, из подобия треугольников c_1ef и $e\alpha\beta$, где $e\alpha = 0,7$ м. и $\alpha\beta = 1,00 - 0,10 = 0,9$ м., найдем:

$$c_1e : 0,7 = 1,17 : 0,9; c_1e = 0,9 \text{ м.};$$

затем:

$$0,9 \cdot c_1e = 0,81 \text{ м.}; 0,3 \cdot c_1e = 0,27 \text{ м.}; 0,9 \cdot c_1f = 1,05; 0,3 \cdot c_1f = 0,35 \text{ м.}$$

Момент, действующий на контрфорс по часовой стрелке, будет отрывать контрфорс от c_1e с силою:

$$c_1u = 3,395 : 0,81 = 4,191 \text{ т.,}$$

и с такою же силою прижимать контрфорс к c_1e , причем напряжение бетона на сжатие будет:

$$2 \cdot 4191 : 25 \cdot 27 = 8382 : 675 = 12,4 \text{ к. на кв. см.,}$$

а напряжение бетона на сжатие по c_1f будет:

$$2 \cdot 3245 : 25 \cdot 35 = 6490 : 875 = 7,4 \text{ к. на кв. см.}$$

Система четырех сил, действующих на правый контрфорс и равных по величине:

$$c_1r, st, c_1u \text{ и } vw,$$

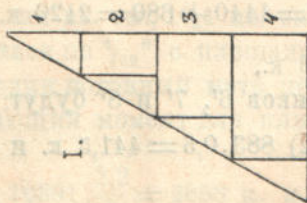
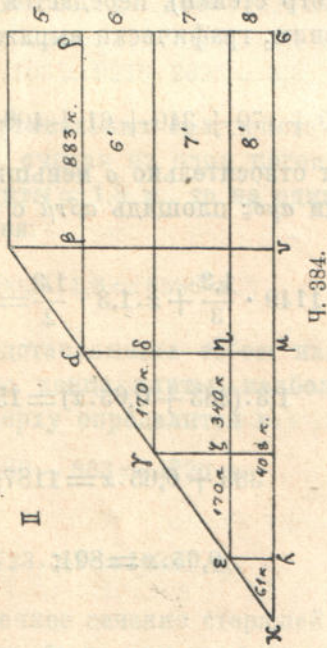
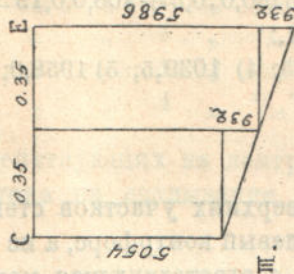
но обратных по направлению, будет находиться в равновесии, п. ч.:

ts равна и параллельна rc_1 (= 3,245 т.), но обратна по направлению uc_1 равна и параллельна wv (= 4,191 т.), но обратна по направлению и, кроме того,

$$ts \cdot c_1s = 3,245 \cdot 1,05 = wv \cdot c_1v = 4,191 \cdot 0,81 = 3,40 \text{ т. м.}$$

При допускаемом напряжении на растяжение, равном около 1000 к. на кв. см., поперечное сечение арматуры должно быть:

по ad	7,64 кв. см.;	берем 4 прута	$\frac{5}{8}$ "	с площадью	7,94 кв. см.
" ac	6,87	" " "	4 "	$\frac{9}{16}$ "	6,42
" cd и c_1e	3,25	" " "	4 "	$\frac{7}{16}$ "	3,87
" c_1f	4,19	" " "	2 "	$\frac{5}{8}$ "	3,97



Из полного давления земли и воды на один погонный метр стенки, ~~получится~~ 5875 к., придется на отдельные участки стенки, высотой ~~1,5 м~~ и следующие давления: (см. ч. 384, I и ч. 384, II):

- 1) 67,5 к.;
- 2) $135,0 + 67,5 = 202,5$ к.;
- 3) $202,5 + 67,5 = 337,5$ к.;

- 4) $405,0 + 67,5 = 472,5$ к.;
 5) $720,0 + 170,0 = 890,0$ к.;
 6) $890,0 + 340,0 = 1230,0$ к.;
 7) $1230,0 + 340,0 = 1570,0$ к.;
 8) (высотой 0,30 м.) $3480,0 \cdot 0,3 + 408,0 \cdot 0,15 = 1044,0 + 61,0 = 1105,0$ к.,
 и на весь пролет в 2,2 м.:
 1) 148,5; 2) 445,5; 3) 742,5; 4) 1039,5; 5) 1958,0; 6) 2706,0; 7) 3454,0;
 8) 2431,0,
 а всего 12925,0 к.,
 то-есть 5875.2,2.

Давления на пять верхних участков стенки будем считать целиком передающимися на левый контрфорс, а из давлений на три нижних участка некоторая доля, соответствующая моменту 1,543 т. м., (считая на один погонный метр стенки), передается на правый контрфорс.

Так как давлению, графически выражающемуся треугольником *ахи* (см. ч. 384, II)

$$= 170 + 170 + 340 + 61 + 408 = 1149 \text{ к.},$$

соответствует момент относительно *о* меньший чем 1543 к. м., то нужно выделить из площади *аиос* площадь *авиу* с основанием $ав = x$ таким, чтобы:

$$1149 \cdot \frac{1,3}{3} + x \cdot 1,3 \cdot \frac{1,3}{2} = 1543;$$

или:

$$1,3 \cdot (383 + 0,65 \cdot x) = 1543,$$

или:

$$383 + 0,65 \cdot x = 1187;$$

или:

$$0,65 \cdot x = 804;$$

откуда $x = 1237$ к.

и так как:

$$ас = 1440 + 680 = 2120 \text{ к.},$$

то $βс = 2120 - 1237 = 883$ к.,

и площади прямоугольников 6', 7' и 8' будут:

$$1) 883 \cdot 0,5 = 441,5 \text{ к.}, \quad 2) 883 \cdot 0,5 = 441,5 \text{ к.} \quad \text{и} \quad 3) 883 \cdot 0,3 = 264,9 \text{ к.}$$

и для всего пролета:

$$1) 441,5 \cdot 2,2 = 971,3 \text{ к.}; \quad 2) 441,5 \cdot 2,2 = 971,3 \text{ к.} \quad \text{и} \quad 3) 264,9 \cdot 2,2 = 582,8 \text{ к.}$$

Таким образом, стенка будет отрываться от левого контрфорса силою: $148,5 + 445,5 + 742,5 + 1039,5 + 1958,0 + 971,3 + 971,3 + 582,8 = 6859,4$ к. и потому должна быть прикреплена к контрфорсу горизонтальными стержнями, с площадью сечения, при допуске напряжении на растяжение около 1000 к. на кв. см.:

для первого участка	0,15	к. см.	ставим 4 прута	$\frac{1}{8}$ "	с площадью	0,32	кв. см.
" второго	0,45	" "	" 4	" $\frac{3}{16}$ "	" "	0,71	" "
" третьего	0,74	" "	" 4	" $\frac{3}{16}$ "	" "	0,71	" "
" четвертого	1,04	" "	" 4	" $\frac{1}{4}$ "	" "	1,27	" "
" пятого	1,96	" "	" 4	" $\frac{3}{16}$ "	" "	1,98	" "
" шестого	0,97	" "	" 4	" $\frac{1}{4}$ "	" "	1,27	" "
" седьмого	0,97	" "	" 4	" $\frac{1}{4}$ "	" "	1,27	" "
" восьмого	0,58	" "	" 4	" $\frac{3}{16}$ "	" "	0,71	" "

Затем, от усилий, действующих на контрфорсы, получатся следующие напряжения бетона на скалывание (для каждого сечения у нейтральной оси):

- 1) для cd $6859 : 25.153 = 6859 : 3825 = 1,86$ на кв. см.
- 2) " c_1e $(12925 - 6859) : 25.81 = 6066 : 2025 = 3,0$ на кв. см.
- 3) " ac $2,2.4189 : 25.324 = 9216 : 8100 = 1,1$ на кв. см.
- 4) " c_1f $2,2.4189 : 25.105 = 9216 : 2625 = 3,5$ " " "

Так как сумма всех вертикальных сил, действующих, сверху вниз, на левую плиту = 10055 к., считая на один погонный метр по длине сооружения, при длине плиты = 1,8 м., то на один квадратный метр плиты в среднем приходится:

$$10055 : 1,8 = 5586 \text{ к.}$$

И, за вычетом 863 к., представляющих собою наименьшее давление грунта на плиту, у левого конца плиты, наибольшее давление на квадратный метр плиты сверху определится в:

$$5586 - 863 = 4723 \text{ к.}$$

И на весь пролет в:

$$4723 \cdot 2,2 = 10391 \text{ к.,}$$

соответственно чему поперечное сечение стержней для прикрепления плиты к контрфорсу должно быть, при допускаемом напряжении на растяжение около 1000 к. на кв. см., 10,4 кв. см. и можно будет поставить (в два ряда) 12 прутьев по $\frac{7}{16}$ " с площадью поперечного сечения 11,6 кв. см., считая на один погонный метр по длине плиты.

Наибольший изгибающий момент для плиты, посередине ее, будет

$$10391 \cdot \frac{2,2}{8} = 2858 \text{ к. м.}$$

$$\sqrt{2858} = 53,5 ;$$

И при допускаемом напряжении для железа на растяжение 1000 к. на кв. см. и для бетона на сжатие 40 к. на кв. см., толщина плиты будет:

$$h - a = 0,39 \cdot 53,5 = 20,9 \text{ см.,}$$

и площадь арматуры:

$$f_e = 0,29 \cdot 53,5 = 15,5 \text{ кв. см.};$$

(см. Астафьев. Бетонностроительный календарь 1915 г., ч. II, стр. 191),
причем можно взять 12 прутьев по $\frac{1}{2}$ " , с площадью 15,2 кв. см.

Разделив длину правой части плиты, т.-е. 0,70 м., пополам, получим для нагрузки левого участка этой части величину:

$$\left[(5654 - 600) + \frac{1}{2} \cdot 932 \right] \cdot 0,35 = (5054 + 466) \cdot 0,35 = 5520 \cdot 0,35 = 1932 \text{ к.},$$

и для правого участка:

$$(5986 + 466) \cdot 0,35 = 6452 \cdot 0,35 = 2258 \text{ к.},$$

а для всего пролета:

$$1932 \cdot 2,2 = 4250 \text{ к. и } 2258 \cdot 2,2 = 4968 \text{ к.};$$

для правого участка плиты изгибающий момент посредине плиты будет:

$$4968 \cdot \frac{2,2}{8} = 1366 \text{ к. м.};$$

$$M : b = 1366 : 0,35 = 3903; \sqrt{3903} = 62,5;$$

$$M \cdot b = 1366 \cdot 0,35 = 478; \sqrt{478} = 21,9;$$

при допускаемом напряжении железа на растяжение и бетона на сжатие 1000 и 40 к. на кв. см.:

$$h - a = 62,5 \cdot 0,39 = 24,4 \text{ см.},$$

$$f_e = 21,9 \cdot 0,29 = 6,4 \text{ кв. см.},$$

(можно взять 4 прута по $\frac{9}{16}$ с площадью 6,4 кв. см.);

скалывающая сила на опоре = 2484 к.;

$$\frac{x}{3} = 0,125 \cdot (h - a);$$

$$h - a - \frac{x}{3} = 0,875 \cdot (h - a) = 0,88 \cdot 24,4 = 21,4; 21,4 \cdot 35 = 749 \text{ кв. см.};$$

скалывающее напряжение = $2484 : 749 = 3,3$ к. на кв. см.

Для частей стенки получатся следующие изгибающие моменты M посредине пролета и, соответственно, значения для $M : b$ и для $M \cdot b$:

$$1) M = 148,5 \cdot \frac{2,2}{8} = 41; M : b = 82; M \cdot b = 20;$$

$$2) \quad \text{"} \quad 445,5 \cdot \frac{2,2}{8} = 122; \quad \text{"} \quad 244; \quad \text{"} \quad 61;$$

- 3) " $742,5 \cdot \frac{2,2}{8} = 204$; " 408; " 102;
 4) " $1039,5 \cdot \frac{2,2}{8} = 286$; " 572; " 143;
 5) " $1958,0 \cdot \frac{2,2}{8} = 538$; " 1076; " 269;
 6) " $2706,0 \cdot \frac{2,2}{8} = 744$; " 1488; " 372;
 7) " $3454,0 \cdot \frac{2,2}{8} = 950$; " 1900; " 475;
 8) " $2431,0 \cdot \frac{2,2}{8} = 668$; " 2227; " 200.

При допускаемом напряжении для железа на растяжение и бетона на сжатие 1000 и 40 к. на кв. см., по Астафьеву (Бетонностроительный календарь, 1915 г., ч. II, стр. 191) $h - a$ и fe получатся для каждого участка стенки, умножая для первого, соответствующее значение $\sqrt{M:b}$ на 0,39, а для второго, соответствующее значение $\sqrt{M \cdot b}$ на 0,29.

Например, для седьмого участка получим:

$$M:b = 1900; \sqrt{1900} = 43,6; h - a = 43,6 \cdot 0,39 = 17,0 \text{ см.};$$

$$M \cdot b = 475; \sqrt{475} = 21,8; fe = 21,8 \cdot 0,29 = 6,3 \text{ кв. см.};$$

(можно взять 5 прутьев по $\frac{1}{2}$ " с площадью 6,3 кв. см.);

скалывающая сила = 1727 к.;

$$\frac{x}{3} = 0,125 \cdot (h - a);$$

$$h - a - \frac{x}{3} = 0,875 \cdot (h - a) = 0,88 \cdot 17 = 15; 15 \cdot 50 = 750 \text{ кв. см.};$$

скалывающее напряжение = $1727:750 = 2,3$ к. на кв. см.

Так как стенка и плиты CD и CE до некоторой степени заделаны на опорах, то половина прутьев на опорах отгибается: у стенки, — по направлению к левому контрфорсу, у плиты CD —верху, и у плиты CE —книзу.

Глубина заложения сооружения в 1,00 м. ниже дна шлюза оказывается достаточной для того, чтобы не было выпирания грунта из-под подошвы плиты.

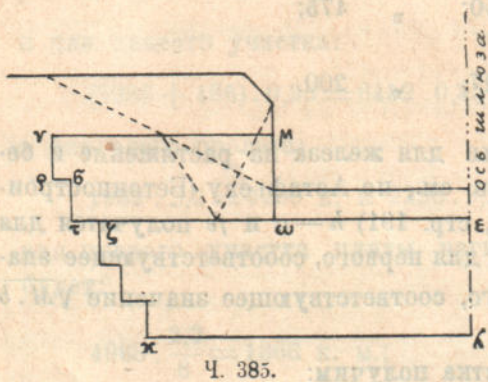
Шпунтовый ряд RW (см. ч. 380), проходящий под полом шлюза, должен быть запущен и за боковые стены шлюза, как показано на ч. 385, и продолжаться вверх в виде каменной или железобетонной стены *изоста*, которая должна быть запущена на достаточную длину в откос русла для того, чтобы при обходе водою сооружения, длина пути за продольной стенкой была не менее пути под дном шлюза.

На ч. 386 представлен однопролетный шлюз с автоматическим затвором, примененный для сброса воды из ирригационного канала Бель Фурш (Belle Fourche) в североамериканском штате Южная Дакота (South Dakota).

Продольные стенки, толщиной вверху: в передней части 12" и в задней 9".

Передняя поперечная стенка, толщиной 12", запущена в русло на 24".

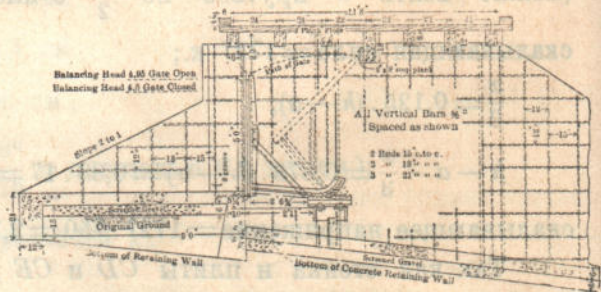
Пол ступенчатый, наклонный позади затвора.



Ч. 385.

Щитовой железный затвор, шириною и высотой по 5 футов, подперт с нижней стороны, по бокам, двумя железными подкосами, скрепленными с двумя горизонтальными железными балками, каждая из которых скреплена также со щитом и оканчивается изогнутой по дуге круга зубчатой полосой, сцепляющейся с горизонтальной зубчатой полосой, прикрепленной к соответствующей продольной стенке шлюза.

При напоре воды в 4,50 фута щит стоит вертикально, закрывая водопропускное отверстие, при повышении же уровня воды щит поднимается, поворачиваясь около горизонтальной оси, совпадающей с линией, по которой зубчатые круговые полосы соприкасаются с горизонтальными зубчатыми полосами, причем вода проходит под щитом, наивысшее положение которого соответствует напору в 4,95 фут; выше щит подняться не может, потому что при таком напоре верхний край щита упирается в железобетонную мостовую балку (м. 1:100).



Ч. 386.

(Bottom—подошва; Retaining Wall—боковая стенка шлюза; Original Ground—материк; Screened Gravel—просеянный гравий; Slope—уклон; 2 to 1—два к одному; Balancing Head—при напоре; Gate—затвор; open—поднят; closed—опущен; Path—путь; Plank—доска; Floor—пол; stop—упорный; Rods (Bars)—стержни, прутья; C. to C.—от центра до центра; All—все; Vertical—вертикальные; spaced—размещены; as shown—как показано).

В двухпролетном шлюзе, показанном на ч. 387 и примененном на ирригационной системе „Salt River“ (река Соленая) в североамериканском штате Аризона (Arizona), для маневрирования обоими щитовыми затворами, с обшивкой из лоткового железа и ребрами из двутаврового железа, служит один механизм, состоящий из электромотора, на вал которого насажено малое цилиндрическое колесо, сцепляющееся с большим цилиндрическим колесом, на вал которого надет червяк, сцепляющийся с винтовым колесом, а на вал последнего, по концам, насажено по реечному колесу, сцепляющемуся с зубчатой рейкой, прикрепленной к соответствующему щиту.

Пролеты по $7\frac{1}{2}$ фут.; высота щитов ∞ по 12 фут. (м. 1:100).

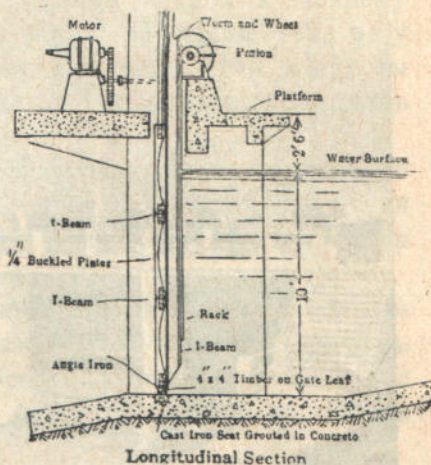
(Longitudinal Section—продольный разрез; Front Elevation—фасад с верховой стороны; Plan—план; Gate—затвор; Leaf—обшивка; Angle Iron—угловое железо; I—Beam—двутавровая балка; Cast Iron—чугун; Seat—подушка; grouted—втопленный; Concrete—бетон; Rack—зубчатая рейка; Buckled Plates—лотковое железо; $4" \times 4"$ Timber—деревянный брус $4" \times 4"$; Water Surface—уровень воды; Platform—мост; Guide—паз; Motor—мотор; Worm—червяк; Wheel—винтовое колесо; Pinion—реечное колесо; Gear and Pinion—большое цилиндрическое колесо и малое (шестерня); Bearing—подшипник).

На ч. 388 представлен четырехпролетный шлюз в голове канала выведенного из реки Изара (Isar) в Мюнхене, в Южной Германии (Бавария).

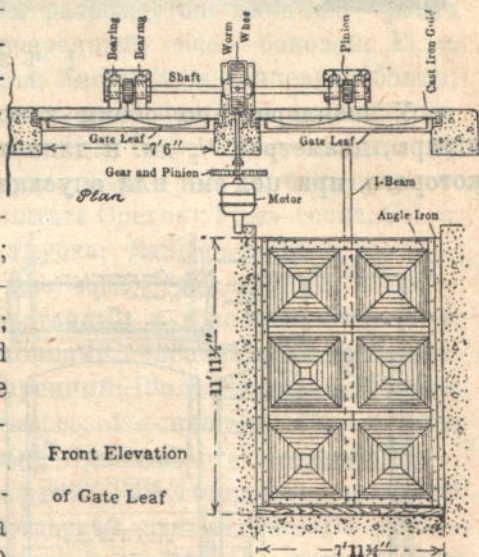
Промежуточные опоры и мост из железобетона.

В представленном на ч. 389 головном шлюзе ирригационного канала Юма (Yuma), выведенного при помощи плотины Лагуна (Laguna) из реки Колорадо, в североамериканском штате Аризона (Arizona), имеется 34 пролета по $7\frac{1}{2}$ фут.

Платформа, с которой производится маневрирование затворами, устроена из железобетона и бетонные промежуточные опоры, толщи-



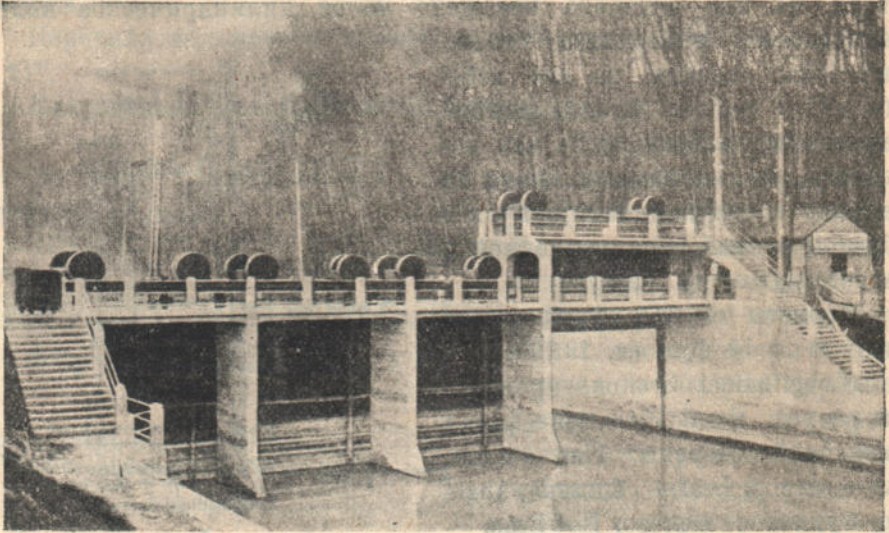
Longitudinal Section



Front Elevation
of Gate Leaf

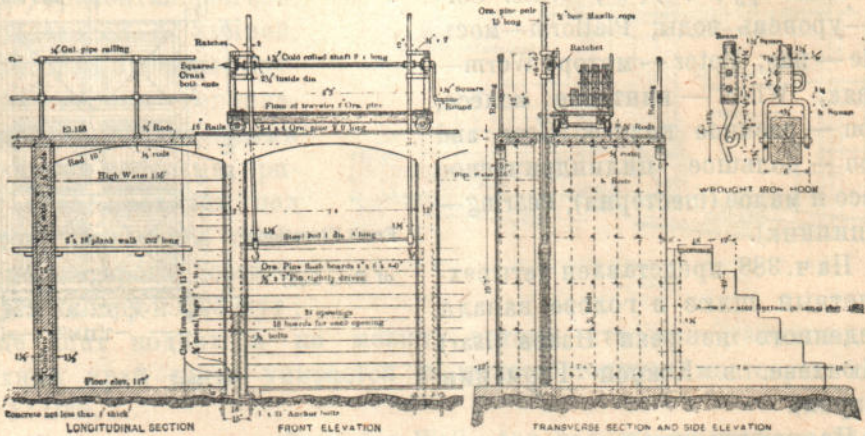
Ч. 387.

ною по 1 футу, тоже усилены железной арматурой. Каждый пролет закрывается 18 деревянными шандорами, длиною по 8 фут., толщиной по 4 дм. и вышиною по 6 дм., так что шлюз подпирает воду на $18 \times 6 = 108$ дм., или на 9 фут.



Ч. 388.

У шандоров, по обоим концам, имеется по горизонтальному штырю, диаметром $\frac{1}{2}$ дм. и длиною 7 дм., на оба выдающиеся конца которого, при подеме или опускании шандора, подводится по крюку,



Ч. 389.

прикрепленному к деревянному стержню, диаметром 2 дм. и длиною 15 фут., так что каждый шандор поднимают при помощи двух стержней.

Каждый из стержней проходит сверху через сделанное в платформе отверстие и, затем, через две обоймы, прикрепленные к стойке,

помещенной у соответствующего конца тележки, катящейся по рельсам, уложенным на платформе над всеми пролетами шлюза.

К обеим стойкам прикреплено также по подшипнику для вала, диаметром $1\frac{3}{4}$ дм., длиной $9\frac{1}{2}$ фут., который приводится во вращение при помощи ручек, надеваемых на оба конца вала.

На вал, против каждого стержня, насажено по барабану, около которого обернут канат, прикрепленный одним концом к верхнему концу стержня, а другим — к нижнему, и при вращении вала в ту или другую сторону, канат одним концом набегаёт на вал, а другим сбегаёт с вала и, вместе с ним, поднимается или опускается стержень с шандором.

На один из концов вала насажен также храповик, сцепляющийся с собачкой, прикрепленной к соответствующей стойке, для удержания стержней неподвижно при подвешивании к ним шандоров или при снятии последних.

Шандоры, вынутые из шлюзовых пролетов, укладываются на тележку, на которой их отвозят на берег канала или привозят с берега.

Шандорами маневрируют таким образом, чтобы из реки в канал сливался только верхний слой воды, более свободный от наносов (м. 1:100).

(Longitudinal Section — продольный разрез; Front Elevation — фасад с верховой стороны; transverse — поперечный; side — боковой; El. = Elevation — отметка; Floor — пол; Anchor Bolts — анкерные болты; Concrete not less than 4" thick — бетон не тоньше, чем 4 дм.; long — длина; Walk — пешеходный мост; Plank — доска; High Water — уровень высокой воды; Rad. = Radius — радиус; Rods — прутья; Rails — рельсы; oregon — орегонский (из североамериканского штата Орегон); Pine — сосна; Gal. = Galvanized — оцинкованный; Pipe — трубка; Railing — перила; ratchet — храповик; Cast Iron — чугун; Guide — паз; square — квадратный; round — круглый; Shaft — вал; cold rolled — прокатанный в холодном состоянии; squared Crank both Ends — вал с обоими концами, обделанными в виде квадрата (для с'ёмных ручек); inside — внутренний; Dia. = Diameter — диаметр; Traveller — тележка; steel — стальной; Flashboards — шандоры; Pin — штырь, шпворень; tightly driven — закрепленный; Openings — отверстия; Boards — брусья (шандоры); for — для; each — каждый; Pole — стержень, шест; best Manila Rope — канат из лучшей манильской пеньки; wrought Iron — кованое железо; Water Surface — уровень воды; normal — нормальный; Canal — канал).

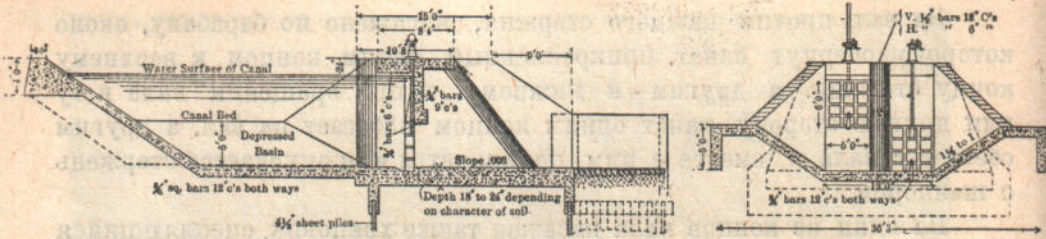
На чч. 390, 391 и 392 представлены шлюзы с водопропускными отверстиями в виде окон в поперечной железобетонной стенке.

Ч. 390. Двухпролетный шлюз для сброса воды из Нижне-Иеллоустонского ирригационного канала (Lower Yellowstone Canal), в североамериканских штатах Монтана (Montana) и Северная Дакота (North Dakota).

Пролеты по 5 фут.

Перед шлюзом, в канале, расположена песколовка, в виде бассейна, с пониженным (сравнительно с дном канала) дном (м. 1:250).

(Standard—образцовый; Sluiceway and Sand-Gate—шлюз при песколовке; Water Surface—уровень воды; Canal—канал; Bed—дно; Basin—бассейн; depressed—с пониженным дном; Depth—толщина; depending—зависящий; Character—род; Soil—грунт; Slope—уклон; sq. = square—

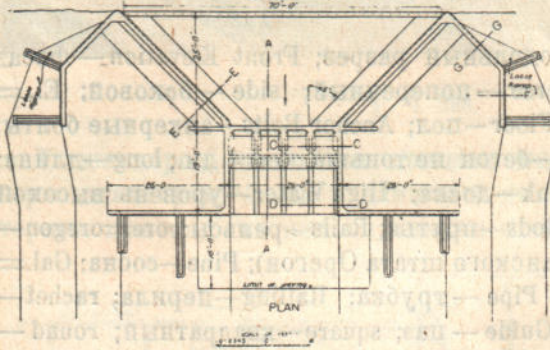


—Standard Sluiceway and Sand-Gate, Lower Yellowstone Canal, Montana-North Dakota.

Ч. 390.

квадратный; Bars—прутья; c's=centers—между центрами; both Ways—в обоих направлениях; Sheet piles—шпунтовый ряд).

Ч. 391. Четырехпролетный шлюз в голове ирригационного канала, выведенного из реки Сѳн (Sun) в североамериканском штате Монтана (м. 1 : 500).



Ч. 391.

(Loose Riprap—простая мостовая (без заливки цементным раствором); Limit—граница; Paving—мощение; Plan—план).

Чч. 392, А и 392, Б. Восьмипролетный шлюз в голове ирригационного канала Лисбѳрг (Leasburg), выведенного из реки Рио Гранде (Rio Grande) в североамериканском штате Новая Мексика (New Mexico).

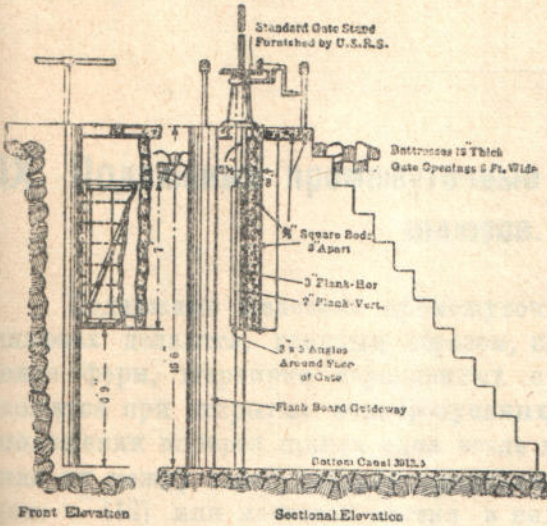
Пролеты по 5 фут.; высота деревянных щитов: 5 по 7 фут. и 3 по 8 фут. (мм.: 392, А, 1:100; 392, Б, 1:50).

(Front Elevation—фасад с верхней стороны; Sectional Elevation—боковой вид; Cross Section—поперечный разрез (горизонтальный); Details—детали; Gate—затвор, Note—примечание; each—каждый; Feet—футы; high—высотой; Rod—стержень; round—круглый; Angle Iron—угловое железо; around—вокруг; Face—лицевая сторона; Plank—доска; Bolt—болт; Rivet—заклепка; Standard—образцовый; Gate Stand—подъемный механизм; furnished—доставленный; U. S. R. S. = United States Reclamation Service—Североамериканский Отдел Земельных Улучшений; Buttresses—опоры; Thick—толщина; Openings—отверстия; Wide—шириною; Apart—на расстоянии; Guideway—паз; Flash Board—шандорный; hor. = horizontal; vert. = vertical).

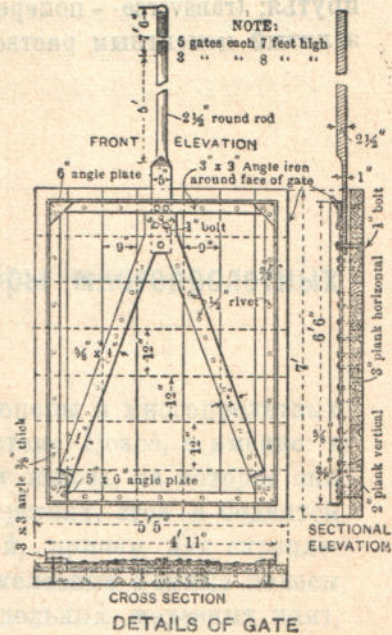
На чч. 393 и 394 изображены закрытые железобетонные шлюзы, то-есть, в виде труб под земляною насыпью.

Ч. 393 (м. 1:250).

(Plan—план; Longitudinal—продольный; Section—разрез; Elevation—фасад; up stream — с верхней стороны; Barrel —

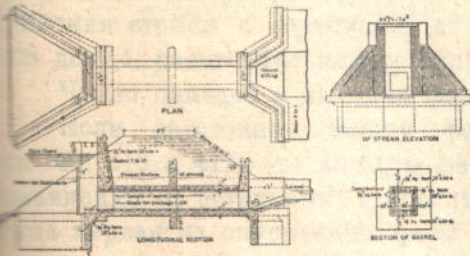


Ч. 392, А.

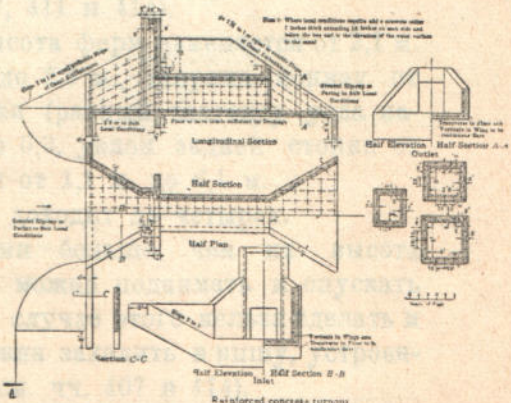


Ч. 392, Б.

труба; Gravel—гравий; Filling—заполнение; Slope—откос; Batter—уклон; Canal—канал; main—главный; lateral—боковой; Groove—паз; Flashboards—шандоры; sq = square — квадратный; bars—прутья; c. to c.—от центра до центра; Present Surface of Ground—



Ч. 393.



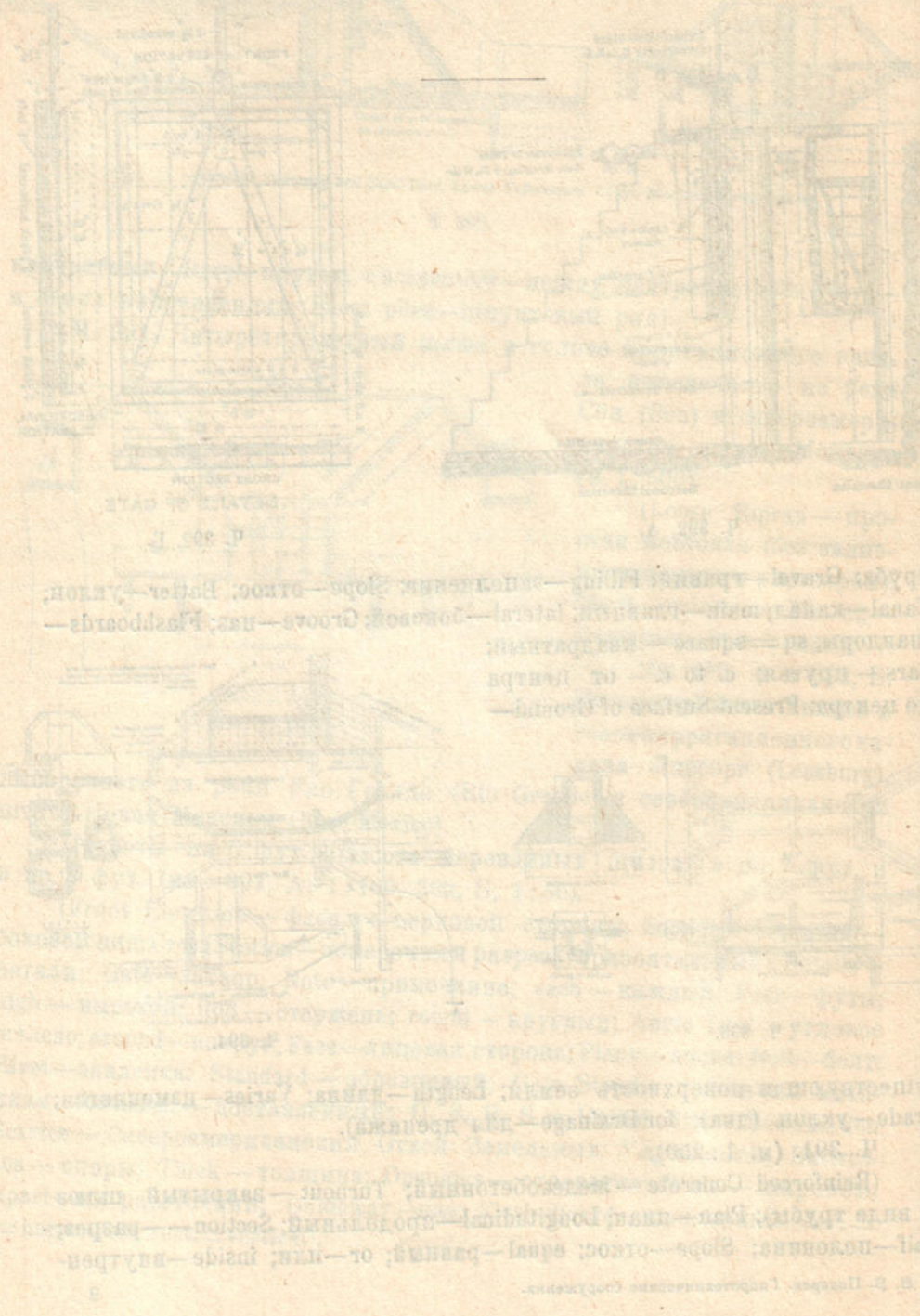
Ч. 394.

существующая поверхность земли; Length—длина; Varies—изменяется; Grade—уклон (дна); for Drainage—для дренажа).

Ч. 394. (м. 1:250).

(Reinforced Concrete — железобетонный; Turnout — закрытый шлюз (в виде трубы); Plan—план; Longitudinal—продольный; Section—разрез; Half—половина; Slope—откос; equal—равный; or—или; inside—внутрен-

ний; outside — внешний; Embankment — насыпь; Canal — канал; to suit — соответственно; local — местный; Conditions — условия; Floor — пол; to be — должен быть; on Grade — с уклоном; sufficient — достаточный; for Drainage — для дренажа; continuous — непрерывный; Wing — откосное крыло; Bars — прутья; transverse — поперечный; Rip-Rap (Paving) — мостовая; grouted — залитый цементным раствором).



IX. Подвижные промежуточные опоры многопролетных шлюзов.

Подвижные железные промежуточные опоры в многопролетных шлюзах делаются, главным образом, по системе Поарё, а именно: в виде ферм, шарнирно скрепленных с дном шлюза, на которое они ложатся при открытых водопропускных отверстиях, стоя в поднятом положении поперек шлюза одна возле другой, причем для скрепления их между собой поверху применяются железные с'емные полосы (см. ч. 412) или мостовой настил в виде отдельных железных плит, шарнирно скрепленных с фермами (см. чч. 407, 408, 409 и 413) или, наконец, с'емные железные мостки (см. чч. 410 и 411).

Поднимают или опускают, обыкновенно, по несколько ферм сразу при помощи цепи, приводимой в движение лебедкой, поставленной на одном из устоев шлюза (см. чч. 407, 411 и 414).

В существующих сооружениях высота ферм изменяется от 2,1 м. до 7,2 м., ширина поверху от 0,6 м. до 2,5 м., ширина понизу от 1,5 м. до 4,9 м., уклон передней стойки (равный тангенсу угла наклона стойки к вертикали) от 0 до 0,3, уклон задней стойки от 0,08 до 0,4, расстояние между фермами от 1,1 м. до 6,1 м.

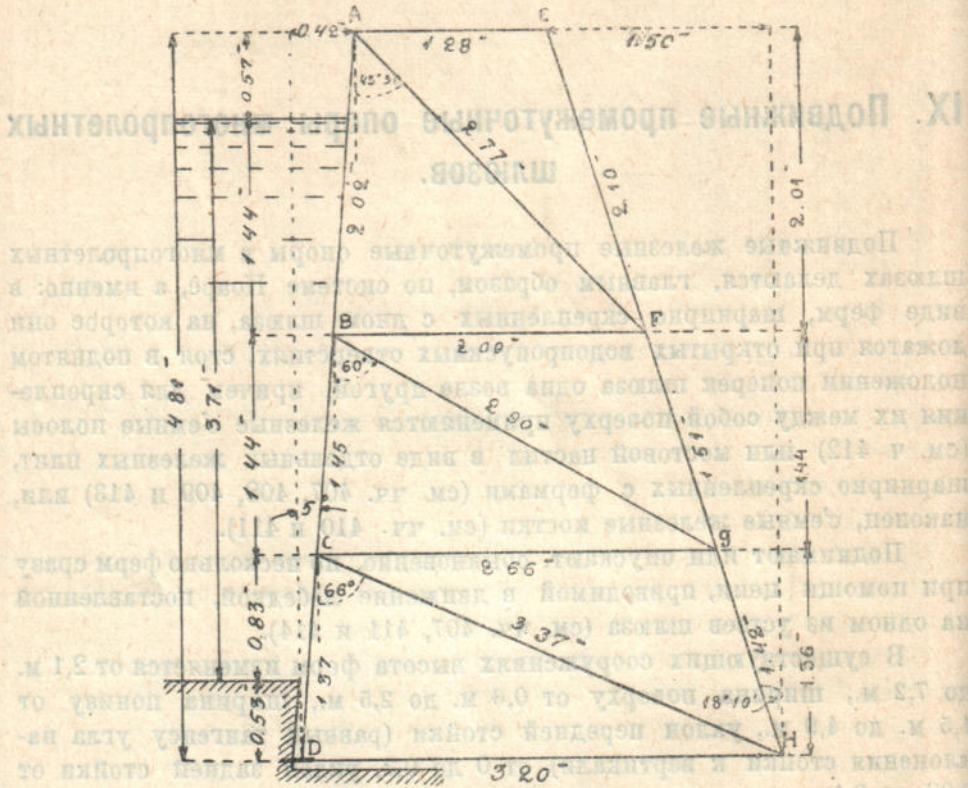
Число панелей в высоких фермах доходит до четырех.

Если расстояние между фермами больше, чем их высота (см. чч. 410 и 411), то каждую ферму можно поднимать и опускать независимо от остальных; в противном случае этого нельзя сделать и тогда первая из опускаемых ферм должна заходить в нишу, устроенную в соответствующем устое шлюза (см. чч. 407 и 414).

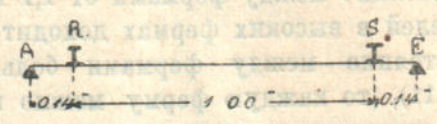
Затворами в шлюзах системы Поарё могут служить: 1) спицы (см. чч. 407 и 411); 2) щиты Буле (см. чч. 412—414); 3) шандоры (см. ч. 415); 4) шторы Камере.

Рассчитаем форму Поарё с очертанием (см. ч. 395, I; м. 1:50), взятым по Тяпкину (Н. Д. Тяпкин. Водоподъемные разборчатые плотины на реках. Пример расчета ферм системы Поарё для р. Северного Донца. 2-е издание. Москва. 1909), применив иной способ расчета, чем у этого автора.

Полная высота фермы = 4,81 м.;
 высота порога над осью вращения = 0,53 м.;
 глубина воды над порогом = 3,71 м.;
 из этой глубины приходится по 1,44 м. на долю верхнего и среднего участка фермы и 0,83 м. на долю нижнего участка.
 Высота верха фермы над уровнем воды = 0,57 м.
 Передняя стойка фермы наклонена к вертикали под углом 5°;



II.



Ч. 395.

длина верхней ее части $AB = 2,02$ м.,
 " средней " " $BC = 1,45$ " "
 " нижней " " $CD = 1,37$ " "

Задняя стойка наклонена к вертикали под углом $17^{\circ}20'$;
 (на ч. 395, I этот угол ошибочно показан равным $18^{\circ}10'$);

длина верхней ее части $EF = 2,10$ м.,
 " средней " " $FG = 1,51$ " "
 " нижней " " $GH = 1,42$ " "

Длина поперечин:

$$AE = 1,28 \text{ м}; BF = 2,09 \text{ м}; CG = 2,66 \text{ м}; DH = 3,20 \text{ м}.$$

Длина раскосов:

$$AF = 2,77 \text{ м}; BG = 2,90 \text{ м}; CH = 3,37 \text{ м}.$$

Расстояние между двумя смежными формами = 1,07 м.

Давление воды на один погонный метр щитовых затворов системы Буле будет графически выражаться площадью треугольника IMN (см. ч. 396), при:

$$AI = 0,57; IB = 1,45; BC = 1,45; CN = 0,84; ND = 0,53;$$

$$IN = IB + BC + CN = 1,45 + 1,45 + 0,84 = 3,74;$$

$$NM = 3,71 \text{ т};$$

$$BK = 3,71 \cdot 1,45 : 3,74 = 1,438 \text{ т}.$$

$$CP = LP = BK = 1,438 \text{ т};$$

$$NO = CL = CP + LP = 1,438 + 1,438 = 2,876 \text{ т};$$

$$MO = 3,710 - 2,876 = 0,834 \text{ т}.$$

(Проверка:

$$MO = 3,71 \cdot 0,84 : 3,74 = 0,834 \text{ т}).$$

Ч. 396.

$$\text{Площадь треугольника } IKB = \frac{1}{2} \cdot 1,438 \cdot 1,45 = 1,043 \text{ т};$$

$$\text{„ прямоугольника } BKPC = 1,438 \cdot 1,45 = 2,085 \text{ т};$$

$$\text{„ треугольника } KLP = \frac{1}{2} \cdot 1,438 \cdot 1,45 = 1,043 \text{ т};$$

$$\text{„ прямоугольника } CLON = 2,876 \cdot 0,84 = 2,416 \text{ т};$$

$$\text{„ треугольника } LMO = \frac{1}{2} \cdot 0,834 \cdot 0,84 = 0,350 \text{ т};$$

сумма площадей IKB , $BKPC$, KLP , $CLON$ и LMO будет = $1,043 + 2,085 + 1,043 + 2,416 + 0,350 = 6,937 \text{ т}.$

(Проверка:

площадь треугольника IMN равна

$$\frac{1}{2} \cdot 3,74 \cdot 3,71 = 6,937 \text{ т}).$$

Соответствующие давления на ферму:

$$1,043 \cdot 1,07 = 1,116 \text{ т};$$

$$2,085 \cdot 1,07 = 2,231 \text{ т};$$

$$1,043 \cdot 1,07 = 1,116 \text{ т};$$

$$2,416 \cdot 1,07 = 2,585 \text{ т};$$

$$0,350 \cdot 1,07 = 0,375 \text{ т};$$

а всего:

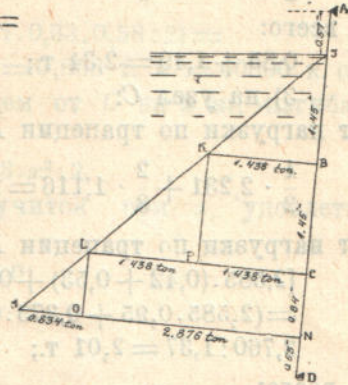
$$1,116 + 2,231 + 1,116 + 2,585 + 0,375 = 7,423 \text{ т}.$$

(Проверка:

$$6,937 \cdot 1,07 = 7,423 \text{ т}).$$

На узлы A , B , C и D фермы придутся давления:

1) на узел A :



$$1,116 \cdot \frac{1}{3} \cdot 1,45 : (1,45 + 0,57) = 1,116 \cdot 1,45 : 3 \cdot 2,02 = 1,618 : 6,06 = 0,27 \text{ т.};$$

2) на узел *B*:

от нагрузки по треугольнику *IKB*:

$$1,12 - 0,27 = 0,85 \text{ т.};$$

от нагрузки по трапеции *KBCL*:

$$\frac{1}{2} \cdot 2,231 + \frac{1}{3} \cdot 1,116 = 1,115 + 0,372 = 1,49 \text{ т.};$$

а всего:

$$0,85 + 1,49 = 2,34 \text{ т.};$$

3) на узел *C*:

от нагрузки по трапеции *KBCL*:

$$\frac{1}{2} \cdot 2,231 + \frac{2}{3} \cdot 1,116 = 1,115 + 0,744 = 1,86 \text{ т.};$$

от нагрузки по трапеции *LCNM*:

$$\begin{aligned} & [2,585 \cdot (0,42 + 0,53) + 0,375 \cdot (0,28 + 0,53)] : (0,84 + 0,53) = \\ & = (2,585 \cdot 0,95 + 0,375 \cdot 0,81) : 1,37 = (2,456 + 0,304) : 1,37 = \\ & 2,760 : 1,37 = 2,01 \text{ т.}; \end{aligned}$$

а всего:

$$1,86 + 2,01 = 3,87 \text{ т.};$$

4) и на узел *D*:

$$2,58 + 0,37 - 2,01 = 0,94 \text{ т.};$$

в сумме

$$0,27 + 2,34 + 3,87 + 0,94 = 7,42 \text{ т.}$$

то-есть = полному давлению воды на ферму.

При подсчете узловых давлений, для упрощения расчета и в пользу прочности конструкции, передняя стойка рассматривается, как разрезная балка, и для отдельных частей стойки будем иметь:

1) для части *AB* в сечении, отстоящем от *I* на *x* м., изгибающий момент:

$$\begin{aligned} & 0,27 \cdot (x + 0,57) - 1,07 \cdot 1,438 \cdot x^2 : 6 \cdot 1,45 = \\ & = 0,27 \cdot (x + 0,57) - 1,07 \cdot 0,33 \cdot x^2 : 2, \end{aligned}$$

и наибольшее значение момента будет при значении *x*, обращающем первую производную от последнего выражения по *x* в нуль, т.-е. при:

$$0,27 - 1,07 \cdot 0,99 \cdot x^2 : 2 = 0,$$

откуда:

$$x^2 = 0,50; \quad x = 0,71 \text{ м.},$$

и наибольшее значение изгибающего момента =

$$\begin{aligned} & = 0,27 \cdot (0,71 + 0,57) - 1,07 \cdot 0,33 \cdot 0,358 : 2 = 0,27 \cdot 1,28 - 1,07 \cdot 0,059 = \\ & = 0,3456 - 0,0676 = 0,2780 \text{ т. м.} = 27800 \text{ к. см.}; \end{aligned}$$

2) для части *BC*, в сечении, отстоящем от *B* на *x* м.,

изгибающий момент будет:

$$1,49 \cdot x - 1,07 \cdot 1,438 \cdot x^2 : 2 - 1,07 \cdot 0,33 \cdot x^3 : 2,$$

и наибольшее значение момента получится при x , удовлетворяющем уравнению:

$$1,49 - 1,07 \cdot 1,438 \cdot x - 1,07 \cdot 0,99 \cdot x^2 : 2 = 0,$$

или:

$$x^2 + 2,90 \cdot x - 2,81 = 0,$$

откуда:

$$x = -1,45 + \sqrt{2,10 + 2,81} = -1,45 + \sqrt{4,91} = -1,45 + 2,21 = 0,76 \text{ м.},$$

и наибольшее значение момента =

$$= 0,76 \cdot (1,49 - 1,07 \cdot 1,438 \cdot 0,76 : 2 - 1,07 \cdot 0,33 \cdot 0,58 : 2) =$$

$$= 0,76 \cdot (1,49 - 0,59 - 0,10) = 0,76 \cdot 0,80 = 0,608 \text{ т. м.} = 60800 \text{ к. см.},$$

3) для части CD в сечении, отстоящем от C на x м., изгибающий момент =

$$= 2,01 \cdot x - 1,07 \cdot 2,876 \cdot x^2 : 2 - 1,07 \cdot 0,33 \cdot x^3 : 2,$$

и наибольшая величина момента получится при x , удовлетворяющем уравнению:

$$2,01 - 1,07 \cdot 2,876 \cdot x - 1,07 \cdot 0,99 \cdot x^2 : 2 = 0,$$

или:

$$x^2 + 5,81 \cdot x - 3,80 = 0,$$

откуда:

$$x = -2,9 + \sqrt{8,41 + 3,80} = -2,9 + \sqrt{12,21} = -2,9 + 3,5 = 0,60 \text{ м.},$$

и наибольшее значение момента =

$$= 0,6 \cdot (2,01 - 1,07 \cdot 2,876 \cdot 0,6 : 2 - 1,07 \cdot 0,33 \cdot 0,36 : 2)$$

$$= 0,6 \cdot (2,01 - 0,92 - 0,06) = 0,6 \cdot 1,03 = 0,618 \text{ т. м.} = 61800 \text{ к. см.}$$

Кроме давления воды, на ферму, при закрытых обоих смежных пролетах, будут действовать силы:

(не принимая пока во внимание собственного веса фермы):

1) вес деревянного настила в четыре доски $2'' \times 8''$:

$$4 \cdot 0,05 \times 0,20 \cdot 1,07 \cdot 750 = 32 \text{ к.},$$

и 2) вес двух рельсовых полос для тележки с краном:

$$2 \times 1,5 \text{ пуда} = 48 \text{ к.},$$

а всего:

$$32 + 48 = 80 \text{ к.},$$

причем на узлы A и E фермы передается поровну, то есть по 40 к.

Строим диаграмму Кремоны для сил:

$$ab = 0,04 \text{ т.}; bd = 0,04 \text{ т.}; de = 0,27 \text{ т.}; eh = 2,34 \text{ т.}; hl = 3,87 \text{ т.}; ln = 0,94 \text{ т.}$$

(см. ч. 397, I, II, III;

обозначения по способу Бау;

масштаб на ч. 397, I, 1:100,

" " " 397, II, 1 тонна = 160 мм.,

" " " 397, III, 1 тонна = 20 мм.);

$$ac \parallel EF; bc \parallel AE; bc = 2,0 \text{ мм.} = 0,012 \text{ т.}; ac = 7,2 \text{ мм.} = 0,045 \text{ т.};$$

$$ef \parallel AB; cf \parallel AF; ef = 30,5 \text{ мм.} = 0,19 \text{ т.}; cf = 55,3 \text{ мм.} = 0,35 \text{ т.};$$

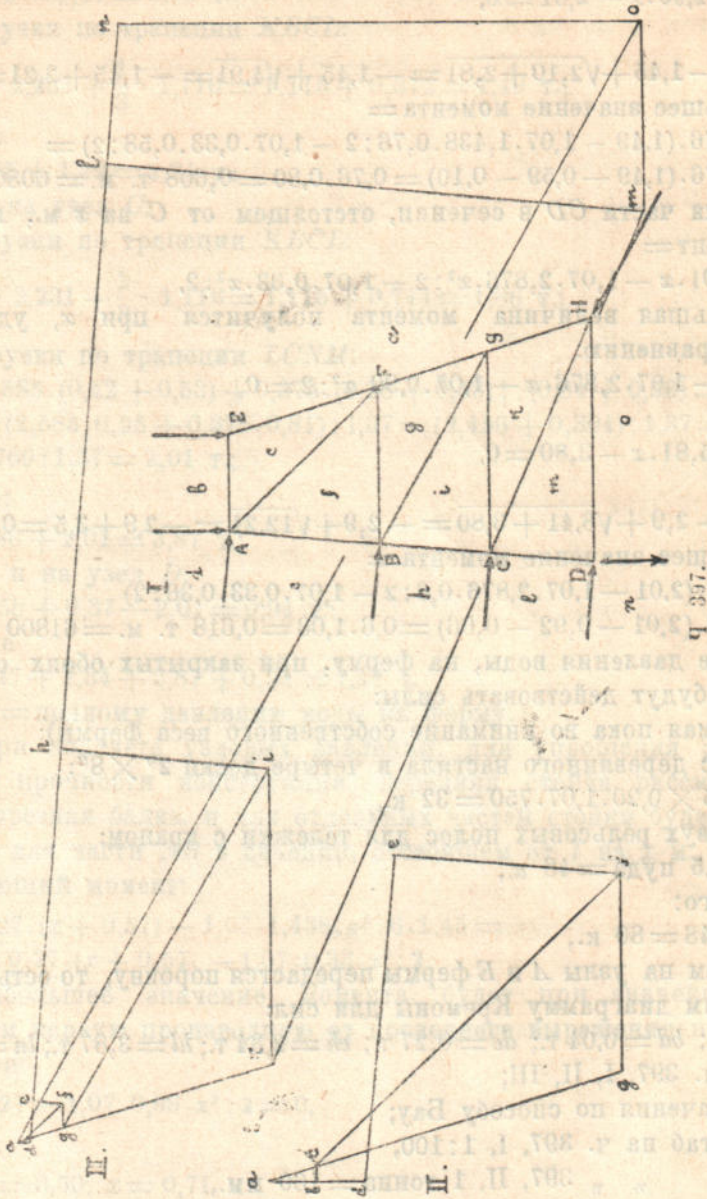
$$ag \parallel FG; fg \parallel BF; ag = 51,0 \text{ мм.} = 0,32 \text{ т.}; fg = 25,0 \text{ мм.} = 0,16 \text{ т.};$$

$$hi \parallel BC; gi \parallel BG; hi = 26,0 \text{ мм.} = 1,30 \text{ м.}; gi = 54,8 \text{ мм.} = 2,74 \text{ т.};$$

$$ak \parallel GH; ik \parallel CG; ak = 35,9 \text{ мм.} = 1,80 \text{ т.}; ik = 39,4 \text{ мм.} = 1,97 \text{ т.};$$

$$lm \parallel CD; km \parallel CH; lm = 65,5 \text{ мм.} = 3,27 \text{ т.}; km = 121,0 \text{ мм.} = 6,05 \text{ т.};$$

$mo \parallel DH$; no вертикальна;
 $mo = 25,8 \text{ мм.} = 1,29 \text{ т.}$;
 $no = 64,5 \text{ мм.} = 3,22 \text{ т.}$;
 $ao = 168,4 \text{ мм.} = 8,42 \text{ т.}$



Таким образом, при закрытых затворах на части фермы приходятся следующие усилия:

(+ вытягивающие, — сжимающие)

а) передняя стойка:

$AB + 0,19 \text{ т.}; BC + 1,30 \text{ т.}; CD + 3,27 \text{ т.};$

б) задняя стойка:

$$EF - 0,05 \text{ т.}; FG - 0,32 \text{ т.}; GH - 1,80 \text{ т.};$$

в) поперечины:

$$AE - 0,01 \text{ т.}; BF + 0,16 \text{ т.}; CG + 1,97 \text{ т.}; DH - 1,29 \text{ т.};$$

г) раскосы:

$$AF - 0,35 \text{ т.}; BG - 2,74 \text{ т.}; CH - 6,05 \text{ т.}$$

Когда один из двух пролетов, смежных с фермой, закрыт, а в другом вынуты все досчатые шандоры и поднимают верхний щит Буле, высотой 0,76 м., через верх которого, находящийся наравне с узлом B фермы, переливается вода слоем в 1,44 м., то давление воды на два нижние узла фермы будет такое же, как в первом случае, то-есть:

$$0,94 \text{ т. на узел } D,$$

$$\text{и } 3,87 \text{ т. на узел } C,$$

а на узел A придется:

$$\frac{1}{2} \cdot 0,27 = 0,13 \text{ т.},$$

и на узел B :

$$2,34 - \frac{1}{2} \cdot 0,85 = 2,34 - 0,43 = 1,91 \text{ т.}$$

Кроме того, на переднюю стойку AD фермы в узле B будет действовать вверх по направлению стойки сила, необходимая для подъема щита, равная, при коэффициенте трения железа по железу $= 0,5$ и давлении воды на верх щита $= 1,44$ т. на кв. метр, а на низ щита $= 1,44 + 0,76 = 2,20$ т. на кв. метр:

$$\frac{1}{2} \cdot 0,5 \cdot 1,07 \cdot \frac{1}{2} \cdot 0,76 \cdot (1,44 + 2,20) = 1,07 \cdot 0,19 \cdot (0,72 + 1,10) =$$

$$= 1,07 \cdot 0,346 = 0,37 \text{ т.},$$

а на верхнюю поперечину AE фермы будут действовать силы: (см. ч. 395, II)

а) вес деревянного настила $= 32$ к., равномерно распределенный по длине AE , причем на узлы A и E передается по 16 к.;

б) вес двух рельсовых полос в 48 к., сосредоточенный поровну в R и S и передающийся тоже поровну, по 24 к., на узлы A и E ;

в) половина веса тележки $= \frac{1}{2} \cdot 20$ пуд. или 160 к., передающаяся поровну, по 80 к., на R и S и затем на A и E ;

г) половина веса крана $= \frac{1}{2} \cdot 11$ пуд. или 88 к. и половина веса цепи $= \frac{1}{2} \cdot 150$ к. или 75 к., т.е. вместе $88 + 75 = 163$ к.;

эта сила передается целиком на R , так что на узел A придется давление:

$$163 \cdot 114 : 128 = 163 \cdot 57 : 64 = 9291 : 64 = 145 \text{ к.},$$

и на узел E давление:

$$163 \cdot 14 : 128 = 163 \cdot 7 : 64 = 1141 : 64 = 18 \text{ к.},$$

(проверка:

$$145 + 18 = 163);$$

д) в S будет действовать вверх сила равная:

$$370.14. \cos 5^\circ : 100 = 5180.0,996 : 100 = 51,8.0,996 = 52 \text{ к.}$$

(т.е. равная под'емной силе, действующей по BA , умноженной на плечо этой силы относительно точки R и деленной на расстояние точки S от R);

такая же сила, но направленная вниз, будет действовать в точке R ; от этой пары сил получатся давления:

на узел A :

$$52.100 : 128 = 41 \text{ к.}$$

и такое же давление, но направленное вверх, на узел E ;

е) в R будет действовать вниз, параллельно AB , сила равная под'емной силе в 370 к.;

от вертикальной составляющей этой силы, равной:

$$370. \cos 5^\circ = 370.0,996 = 369 \text{ к.,}$$

получатся давления:

в узле A :

$$369.114 : 128 = 369.57 : 64 = 21033 : 64 = 329 \text{ к.,}$$

и в узле E :

$$369.14 : 128 = 369.7 : 64 = 2583 : 64 = 40 \text{ к.;}$$

(проверка:

$$329 + 40 = 369);$$

что касается горизонтальной составляющей силы 370 к., равной:

$$370. \sin 5^\circ = 370.0,087 = 32 \text{ к.,}$$

то она целиком передается на узел A , сжимая часть AR поперечины AE ;

ж) вес одного рабочего = 5 пуд., или 80 к., равномерно распределенный по длине поперечины AE , причем на узлы A и E передается поровну, то-есть, по 40 к.

Таким образом, в общей сложности, от сил, перечисленных в а)—ж), в узлах A и E получатся вертикальные давления, направленные сверху вниз и равные:

для узла A :

$$16 + 24 + 80 + 145 + 41 + 329 + 40 = 675 \text{ к., или } 0,68 \text{ т.,}$$

и для узла E :

$$16 + 24 + 80 + 18 + 41 + 40 + 40 = 177 \text{ к., или } 0,18 \text{ т.,}$$

и наибольший изгибающий момент для поперечины AE , в сечении R , определится в:

$$675.14 + (32 + 80).14.7 : 128 = 9450 + 86 = 9364 \text{ к. см.}$$

Строим диаграмму Кремоны для сил:

$$ab = 0,18 \text{ т.; } bb_1 \text{ (по } EA) = 0,03 \text{ т.; } b_1d = 0,68 \text{ т.;}$$

$$de = 0,13 \text{ т.; } ee_1 \text{ (по } BA) = 0,37 \text{ т.; } e_1h = 1,91 \text{ т.; } hl = 3,87 \text{ т.,}$$

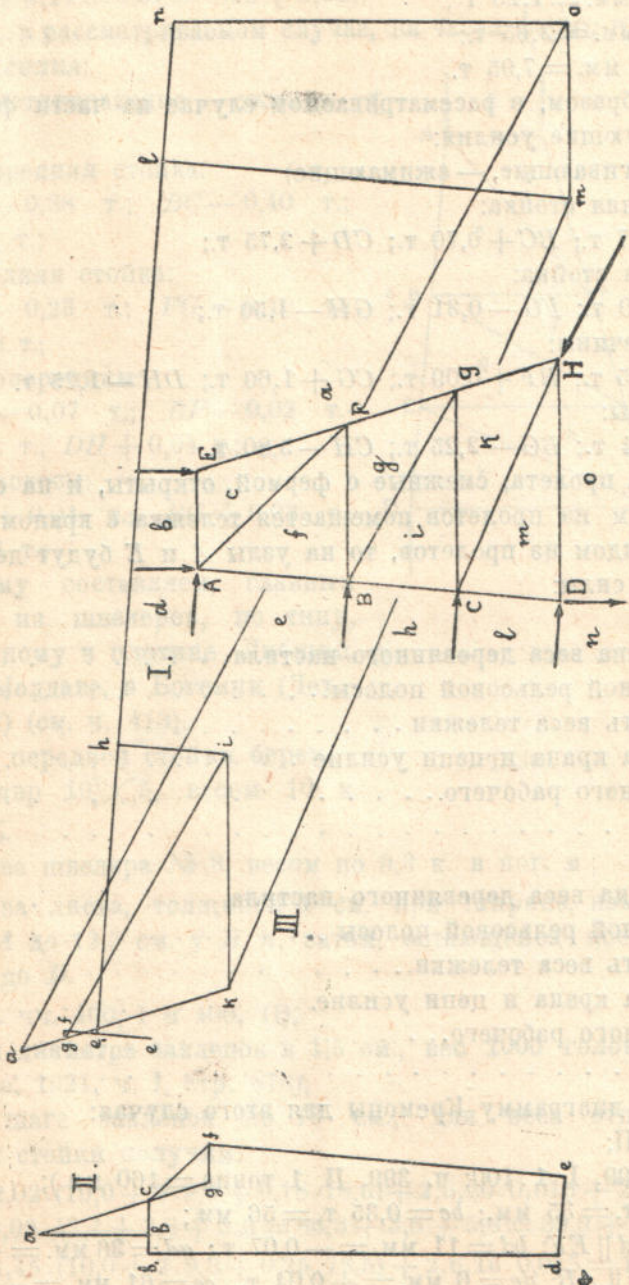
$m = 0,94$ т.;

(см. ч. 398, I, II, III;

масштаб на ч. 398, I; 1:100,

" " " 398, II; 1 тонна = 80 мм.,

" " " 398, III; 1 тонна = 20 мм.);



Ч. 398.

получим:

$bc \parallel AE$; $ac \parallel EF$; $bc = 4$ мм. = 0,05 т., $ac = 15$ мм. = 0,19 т.,
 $ef \parallel AB$; $cf \parallel AF$; $ef = 46$ мм. = 0,57 т.; $cf = 11$ мм. = 0,14 т.;

$ag \parallel FG; fg \parallel BF; ag = 24 \text{ мм.} = 0,31 \text{ т.}; fg = 7 \text{ мм.} = 0,09 \text{ т.};$
 $hi \parallel BC; gi \parallel BG; hi = 14 \text{ мм.} = 0,70 \text{ т.}; gi = 45 \text{ мм.} = 2,25 \text{ т.};$
 $ak \parallel GH; ik \parallel CG; ak = 30 \text{ мм.} = 1,50 \text{ т.}; ik = 32 \text{ мм.} = 1,60 \text{ т.};$
 $lm \parallel CD; km \parallel CH; lm = 55 \text{ мм.} = 2,75 \text{ т.}; km = 116 \text{ мм.} = 5,80 \text{ т.};$
 $mo \parallel DH; no$ — вертикальна;
 $mo = 25 \text{ мм.} = 1,25 \text{ т.};$
 $no = 53 \text{ мм.} = 2,65 \text{ т.};$
 $ao = 159 \text{ мм.} = 7,95 \text{ т.}$

Таким образом, в рассматриваемом случае на части фермы приходятся следующие усилия:

(+ растягивающие, — сжимающие)

а) передняя стойка:

$AB - 0,57 \text{ т.}; BC + 0,70 \text{ т.}; CD + 2,75 \text{ т.};$

б) задняя стойка:

$EF - 0,19 \text{ т.}; FG - 0,31 \text{ т.}; GH - 1,50 \text{ т.};$

в) поперечины:

$AE - 0,05 \text{ т.}; BF + 0,09 \text{ т.}; CG + 1,60 \text{ т.}; DH - 1,25 \text{ т.}$

г) раскосы:

$AF - 0,14 \text{ т.}; BG - 2,25 \text{ т.}; CH - 5,80 \text{ т.}$

Если оба пролета, смежные с фермой, открыты, и на служебном мосту в одном из пролетов помещается тележка с краном и по два рабочих в каждом из пролетов, то на узлы A и E будут действовать вертикальные силы:

на узел A :

- | | |
|--|---------|
| 1) половина веса деревянного настила | 16 к.; |
| 2) вес одной рельсовой полосы | 24 к.; |
| 3) четверть веса тележки | 80 к.; |
| 4) от веса крана и цепи усилие | 145 к.; |
| 5) вес одного рабочего | 80 к.; |
| а всего | 345 к.; |

на узел E :

- | | |
|--|--------|
| 1) половина веса деревянного настила | 16 к.; |
| 2) вес одной рельсовой полосы | 24 к.; |
| 3) четверть веса тележки | 80 к.; |
| 4) от веса крана и цепи усилие | 18 к.; |
| 5) вес одного рабочего | 80 к.; |
| а всего | 218 |

Построим диаграмму Кремоны для этого случая:

(см. ч. 399, I, II;

масштаб: ч. 399, I, 1:100; ч. 399, II, 1 тонна = 160 мм.);

$ab = 0,22 \text{ т.} = 35 \text{ мм.}; bc = 0,35 \text{ т.} = 56 \text{ мм.};$

$bd \parallel AE; ad \parallel EF; bd = 11 \text{ мм.} = -0,07 \text{ т.}; ad = 36 \text{ мм.} = -0,23 \text{ т.};$

$de \parallel AF; ce \parallel AB; de = 6 \text{ мм.} = +0,04 \text{ т.}; ce = 61 \text{ мм.} = -0,38 \text{ т.};$

$af \parallel FG; ef \parallel BF; af = 31 \text{ мм.} = -0,19 \text{ т.}; ef = 3 \text{ мм.} = -0,02 \text{ т.};$

$cg \parallel BC; fg \parallel BG; cg = 63 \text{ мм.} = -0,40 \text{ т.}; fg = 3 \text{ мм.} = +0,02 \text{ т.};$

$ah \parallel GH; gh \parallel CG; ah = 29 \text{ мм.} = -0,18 \text{ т.}; gh = 2 \text{ мм.} = -0,01 \text{ т.};$

$ci \parallel CD$; $hi \parallel CH$; $ci = 65 \text{ мм.} = -0,41 \text{ т.}$; $hi = 2 \text{ мм.} = +0,01 \text{ т.}$;
 $ik \parallel DH$;
 $ik = 6 \text{ мм.} = +0,04 \text{ т.}$; $ck = 64 \text{ мм.} = -0,40 \text{ т.}$
 $ak = 27 \text{ мм.} = -0,17 \text{ т.}$

(Проверка:
 $0,40 + 0,17 = 0,57 = 0,22 + 0,35$).

Итак, в рассматриваемом случае, на части фермы приходится следующие усилия:

(+ растягивающие, — сжимающие) I.

а) передняя стойка:

$AB - 0,38 \text{ т.}$; $BC - 0,40 \text{ т.}$;

$CD - 0,41 \text{ т.}$;

б) задняя стойка:

$EF - 0,23 \text{ т.}$; $FG - 0,19 \text{ т.}$;

$GH - 0,18 \text{ т.}$;

в) поперечины:

$AE - 0,07 \text{ т.}$; $BF - 0,02 \text{ т.}$;

$CG - 0,01 \text{ т.}$, $DH + 0,04 \text{ т.}$;

г) раскосы:

$AF + 0,04 \text{ т.}$; $BG + 0,02 \text{ т.}$;

$CH + 0,01 \text{ т.}$;

Ферму составляем, главным образом, из швелеров, по типу, примененному в плотине Либшиц, на реке Молдаве, в Богемии (Чехо-Словакия) (см. ч. 413).

Для передней стойки берем:

1) тавр 10×5 , весом 10 к.

в пог. м.;

2) два швелера № 8, весом по $9,3 \text{ к.}$ в пог. м.;

3) два листа, толщиной 1 см. при ширине, изменяющейся от 9 см. у A до $12,5 \text{ см.}$ у B и, затем, остающейся постоянно равной $12,5 \text{ см.}$ до D .

(См. чч. 400, I и 400, II).

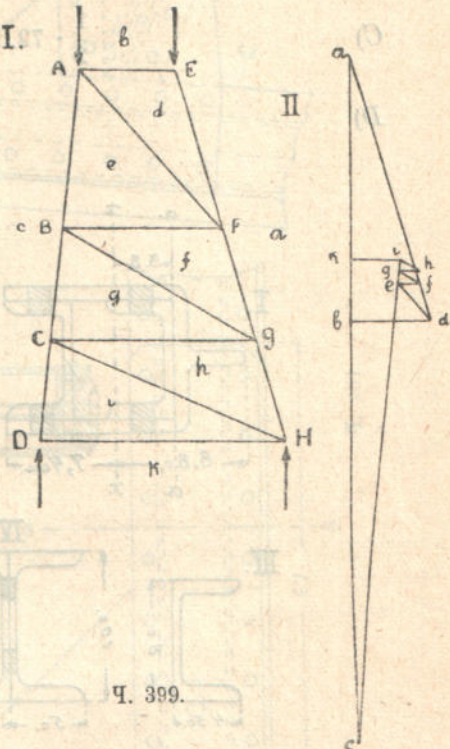
При диаметре заклепок в $1,5 \text{ см.}$, вес 1000 головок будет 15 к. (см. Hütte, 1921, ч. I, стр. 876);

и, при шаге заклепок по 10 см. , для веса отдельных частей передней стойки получим:

$$1) 2,02 \cdot (10,0 + 2 \cdot 9,3 + 0,18 \cdot 78,5) + 2 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 0,015 + 2,02 \cdot 0,035 \cdot 78,5 = \\ = 2,02 \cdot 42,7 + 3,6 + 5,6 = 86,3 + 3,6 + 5,6 = 89,9 + 5,6 = 95,5 \text{ к.};$$

$$2) 1,45 \cdot (10,0 + 2 \cdot 9,3 + 0,25 \cdot 78,5) + 2 \cdot 6 \cdot 15 \cdot 0,015 = 1,45 \cdot 48,2 + 2,7 = \\ = 69,9 + 2,7 = 72,6 \text{ к.};$$

$$3) 1,37 \cdot (10,0 + 2 \cdot 9,3 + 0,25 \cdot 78,5) + 2 \cdot 6 \cdot 14 \cdot 0,015 = 1,37 \cdot 48,2 + 2,5 = \\ = 66,0 + 2,5 = 68,5 \text{ к.};$$



Ч. 399.

вес всей стойки будет:

$$95,5 + 72,6 + 68,5 = 236,6 \text{ к.},$$

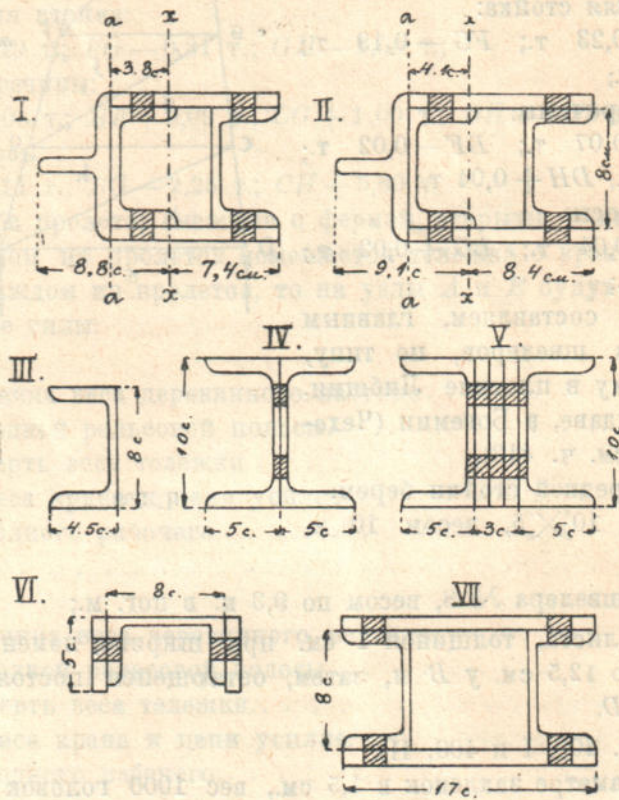
причем на узлы *A*, *B*, *C* и *D* фермы придется нагрузки:

$$A) \frac{1}{2} \cdot 89,9 + \frac{1}{3} \cdot 5,6 \dots \dots \dots = 46,9 \text{ к.};$$

$$B) \frac{1}{2} \cdot 89,9 + \frac{2}{3} \cdot 5,6 + \frac{1}{2} \cdot 72,6 \dots \dots \dots = 84,9 \text{ к.};$$

$$C) \frac{1}{2} \cdot 72,6 + \frac{1}{2} \cdot 68,5 = 70,6 \text{ к.};$$

$$D) \frac{1}{2} \cdot 68,5 = 34,2 \text{ к.}$$



Ч. 400.

(Проверка:

$$46,9 + 84,9 + 70,6 + 34,2 = 236,6).$$

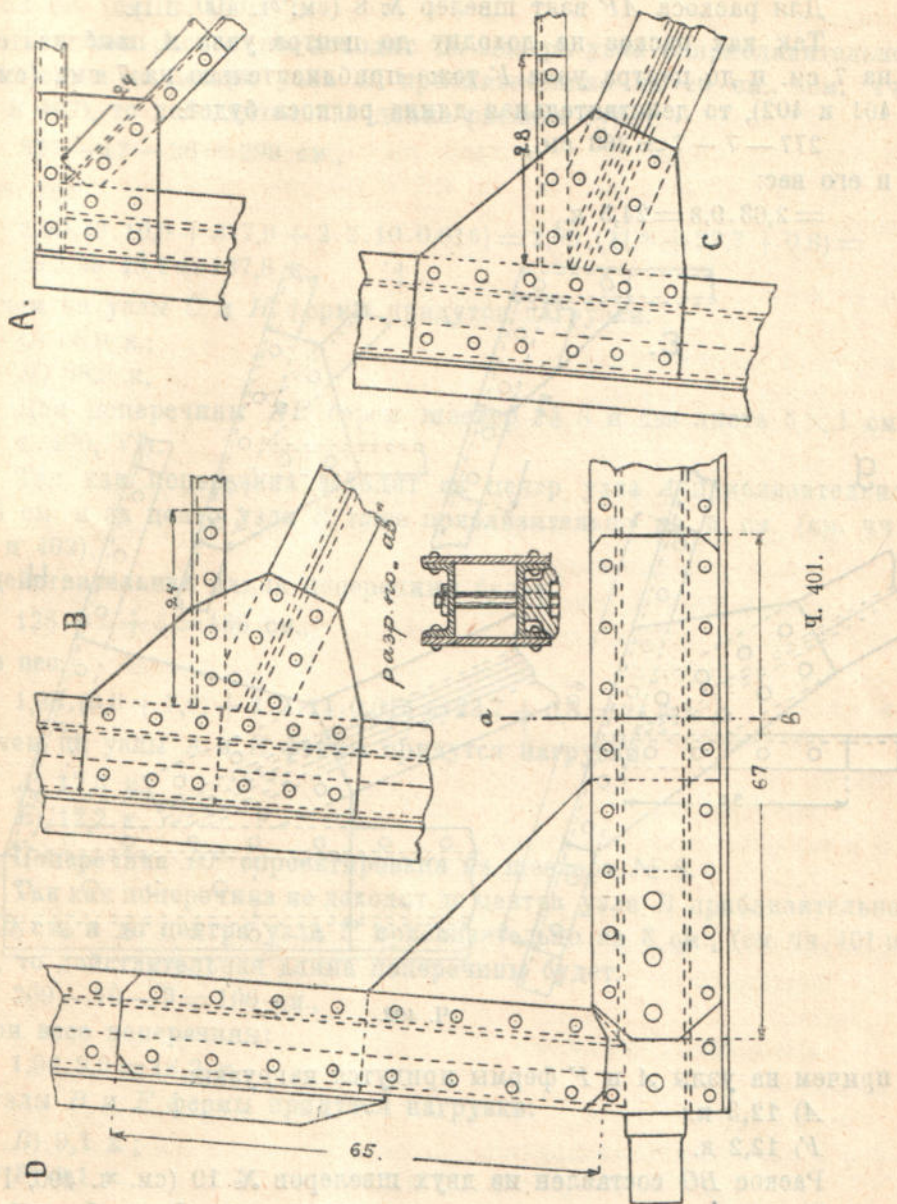
Вес отдельных частей задней стойки, спроектированной из швелера № 8, будет:

$$EF) 2,10 \cdot 9,3 = 19,5 \text{ к.};$$

$$FG) 1,51 \cdot 9,3 = 14,0 \text{ к.},$$

$$GH) 1,42 \cdot 9,3 = 13,2 \text{ к.}$$

причем на узлы E, F, G и H придутся нагрузки:



$$E) \frac{1}{2} \cdot 19,5 \dots \dots \dots = 9,8 \text{ к.};$$

$$F) \frac{1}{2} \cdot 19,5 + \frac{1}{2} \cdot 14,0 \dots \dots = 16,7 \text{ к.};$$

$$G) \frac{1}{2} \cdot 14,0 + \frac{1}{2} \cdot 13,2 = 13,6 \text{ к.};$$

$$H) \frac{1}{2} \cdot 13,2 = 6,6 \text{ к.}$$

(В сумме:

$$19,5 + 14,0 + 13,2 = 9,8 + 16,7 + 13,6 + 6,6 = 46,7 \text{ к.}$$

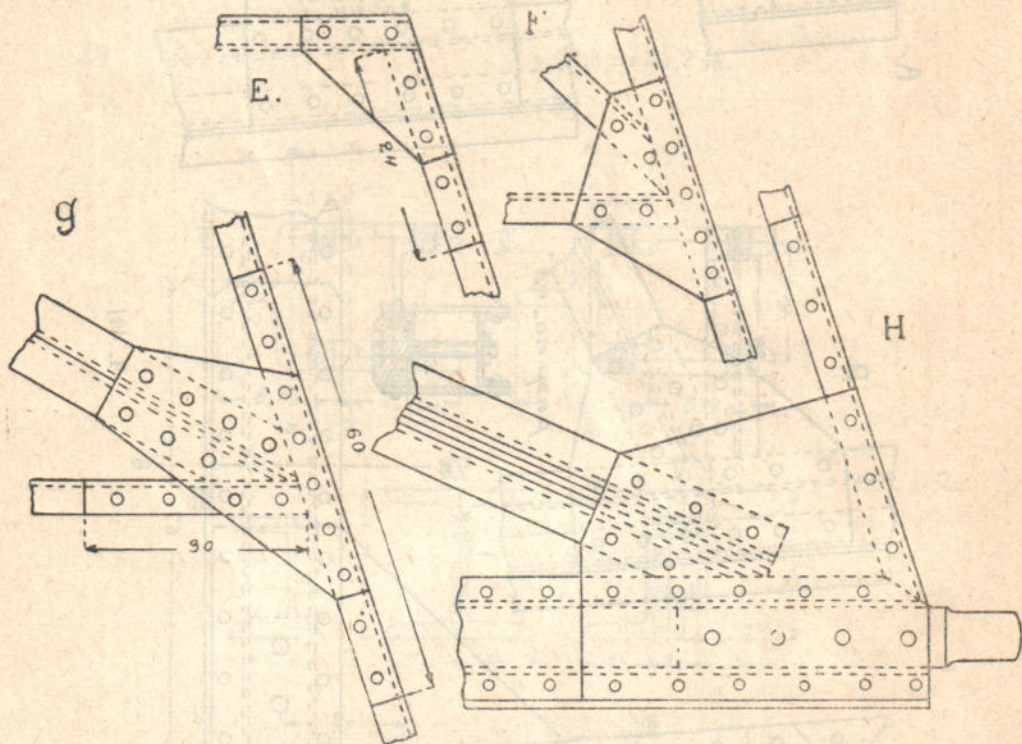
Для раскоса AF взят швеллер № 8 (см. ч. 400, III).

Так как раскос не доходит до центра узла A приблизительно на 7 см. и до центра узла F тоже приблизительно на 7 см., (см. чч. 401 и 402), то действительная длина раскоса будет:

$$277 - 7 - 7 = 263 \text{ см.},$$

и его вес:

$$= 2,63 \cdot 9,3 = 24,5 \text{ к.},$$



Ч. 402.

причем на узлы A и F фермы придется нагрузки:

A) 12,3 к.;

F) 12,2 к.

Раскос BG составлен из двух швеллеров № 10 (см. ч. 400, IV').

Так как раскос не доходит до центра узла B приблизительно на 10 см. и до центра узла G приблизительно на 6 см. (см. чч. 401 и 402), то действительная длина раскоса будет:

$$290 - 10 - 6 = 274 \text{ см.},$$

и его вес:

$$2 \cdot 2,74 \cdot 10,9 + 2 \cdot 2 \cdot 27 \cdot 0,015 = 59,7 + 1,6 = 61,3 \text{ к.},$$

причем на узлы B и G фермы придется нагрузки:

B) 30,7 к.;

G) 30,6 к.

Раскос *СН* составляем из двух швелеров № 10 и трех листов 10×1 см. (см. ч. 400, V).

Так как раскос не доходит до центра узла *С* приблизительно на 12 см. и до центра узла *Н* приблизительно на 26 см., (см. чч. 401 и 402), то действительная длина раскоса будет:

$$337 - 12 - 26 = 299 \text{ см.},$$

и его вес:

$$2,99 \cdot (2 \cdot 10,9 + 3 \cdot 7,9 + 2 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,015) = 2,99 \cdot (21,8 + 23,7 + 0,6) = \\ = 2,99 \cdot 46,1 = 137,8 \text{ к.},$$

причем на узлы *С* и *Н* фермы придутся нагрузки:

С) 68,9 к.;

Н) 68,9 к.,

Для поперечины *АЕ* берем швелер № 8 и два листа 5×1 см. (см. ч. 400, VI).

Так как поперечина заходит за центр узла *А* приблизительно на 5 см. и за центр узла *Е* тоже приблизительно на 5 см. (см. чч. 401 и 402),

то действительная длина поперечины будет:

$$128 + 5 + 5 = 138 \text{ см.},$$

и ее вес:

$$1,38 \cdot (9,3 + 7,9) + 2 \cdot 2 \cdot 14 \cdot 0,015 = 23,7 + 0,8 = 24,5 \text{ к.},$$

причем на узлы *А* и *Е* фермы придутся нагрузки:

А) 12,3 к.;

Е) 12,2 к.

Поперечина *ВF* спроектирована из швелера № 8.

Так как поперечина не доходит до центра узла *В* приблизительно на 10 см. и до центра узла *F* приблизительно на 3 см., (см. чч. 401 и 402), то действительная длина поперечины будет:

$$209 - 10 - 3 = 196 \text{ см.},$$

и при весе поперечины:

$$1,96 \cdot 9,3 = 18,2 \text{ к.}$$

на узлы *В* и *F* фермы придутся нагрузки:

В) 9,1 к.;

F) 9,1 к.

Поперечина *СG* спроектирована тоже из швелера № 8.

Так как поперечина не доходит до центра узла *С* приблизительно на 10 см. и до центра узла *G* приблизительно на 3 см., (см. чч. 401 и 402), то действительная длина поперечины будет:

$$266 - 10 - 3 = 253 \text{ см.},$$

и ее вес:

$$2,53 \cdot 9,3 = 23,5 \text{ к.},$$

причем на узлы *С* и *G* фермы придутся нагрузки:

С) 11,8 к.,

G) 11,7 к.

Поперечина DH , служащая также осью вращения фермы, составлена из двух швеллеров № 8 и двух листов 17×1 см. (см. ч. 400, VII), с двумя наконечниками из ковanej стали (см. ч. 404).

Вес одного погонного метра коробчатого сечения $= 2 \cdot (9,3 + 13,4) = 2 \cdot 22,7 = 45,4$ к.

и так как поперечина заходит за центр узла D на 7 см. и за центр узла H на 1 см. (см. чч. 401 и 402), то действительная длина поперечины $=$

$$320 + 7 + 1 = 328 \text{ см.}$$

и ее вес $=$

$$3,28 \cdot 45,4 + 2 \cdot 4 \cdot 33 \cdot 0,015 = 148,9 + 4,0 = 152,9 \text{ к.};$$

вес двух наконечников $=$

$$2 \cdot (50,2 \cdot 0,36 + 30,2 \cdot 0,09) = 2 \cdot (18,1 + 2,7) = 2 \cdot 20,8 = 41,6 \text{ к.},$$

так что полный вес поперечины будет:

$$152,9 + 41,6 = 194,5 \text{ к.}$$

От имеющихя в ферме для скрепления отдельных ее частей накладок, подкладок и вставок, толщиной все по 1 см., получатся следующие узловые нагрузки

1) для узла A (см. ч. 401, A):

две накладки площадью $21,13 + 25,17 = 273 + 425 = 698$ кв. см.,

„ подкладки „ $2 \cdot 24 \cdot 4,5 = 216$ „ „ ,

а всего:

$$698 + 216 = 914 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,091 = 7,1 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$$7,1 + 4 \cdot 0,03 = 7,1 + 0,1 = 7,2 \text{ к.};$$

2) для узла E (см. ч. 402, E):

две накладки площадью $24,14 + 21,4 = 336 + 84 = 420$ кв. см.,

„ подкладки „ $2 \cdot 24 \cdot 4,5 = 216$ „ „ ,

а всего:

$$420 + 216 = 636 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,064 = 5,0 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$$5,0 + 4 \cdot 0,03 = 5,0 + 0,1 = 5,1 \text{ к.};$$

3) для узла B (см. ч. 401, B):

две накладки площадью $37,9 + 35,21 + 29,3 + 16,36 = 112,77$ кв. см.,
 $= 333 + 735 + 87 + 576 = 1731$ кв. см.,

две подкладки площадью $2 \cdot 24 \cdot 4,5 = 216$ кв. см.,

а всего:

$$1731 + 216 = 1947 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,195 = 15,3 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$$15,3 + 20 \cdot 0,03 = 15,3 + 0,6 = 15,9 \text{ к.};$$

4) для узла F (см. ч. 402, F):

две накладки площадью $31.12 + 24.16 = 372 + 384 = 756$ кв. см.,

весом: $78,5 \cdot 0,076 = 6,0$ к.,

$$78,5 \cdot 0,076 = 6,0 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$6,0 + 18 \cdot 0,03 = 6,0 + 0,5 = 6,5$ к.;

5) для узла C (см. ч. 401, C):

две накладки площадью $33.17 + 36.23 + 16.36 =$

$= 561 + 828 + 576 = 1965$ кв. см.,

две подкладки площадью $2.28 \cdot 4,5 = 252$ кв. см.,

а всего:

$$1965 + 252 = 2217 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,222 = 17,4 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$$17,4 + 18 \cdot 0,03 = 17,4 + 0,5 = 17,9 \text{ к.};$$

6) для узла G (см. ч. 402, G):

две накладки площадью $43.4 + 46.24 = 172 + 1104 = 1276$ кв. см.,

" подкладки "

$$2 \cdot 90 \cdot 4,5 = 810 \text{ " " "}$$

а всего:

$$1276 + 810 = 2086 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,21 = 16,5 \text{ к.}$$

и с заклепочными головками:

$$16,5 + 40 \cdot 0,03 = 16,5 + 1,2 = 17,7 \text{ к.},$$

7) для узла D (см. ч. 401, D):

две вставки площадью $41.22 = 902$ кв. см.,

" накладки "

$$2 \cdot 17 \cdot 67 = 2278 \text{ " " "}$$

" " "

$$2 \cdot 12,5 \cdot 65 = 1625 \text{ " " "}$$

а всего:

$$902 + 2278 + 1625 = 4805 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,48 = 37,7 \text{ к.}$$

8) для узла H (см. ч. 402, H):

две накладки площадью $45.35 + 51.31 = 1575 + 1581 = 3156$ кв. см.,

" подкладки "

$$2 \cdot 48 \cdot 4,5 = 432 \text{ " " "}$$

а всего:

$$3156 + 432 = 3588 \text{ кв. см.},$$

весом:

$$78,5 \cdot 0,36 = 28,3 \text{ к.},$$

и с заклепочными головками:

$$28,3 + 22 \cdot 0,03 = 28,3 + 0,7 = 29,0 \text{ к.}$$

Таким образом, в общей сложности, на узлы фермы от собственного ее веса придется нагрузить:

1) на узел A:

$$46,9 + 12,3 + 12,3 + 7,2 = 78,7 \text{ к.};$$

отсюда нужно скинуть:

$$42,7 \cdot 0,03 = 1,3 \text{ к.},$$

так как передняя стойка не доходит до центра узла на 3 см., и прибавить:

$$10,0 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ к.},$$

так как тавр, входящий в состав передней стойки, переходит за центр узла на 5 см.;

получится:

$$78,7 - 1,3 + 0,5 = 77,9 = 78 \text{ к.};$$

2) на узел E:

$$9,8 + 12,2 + 5,1 = 27,1;$$

отсюда нужно скинуть:

$$9,3 \cdot 0,05 = 0,5 \text{ к.},$$

так как задняя стойка не доходит до центра узла на 5 см.;

получится:

$$27,1 - 0,5 = 26,6 = 27 \text{ к.};$$

3) на узел B:

$$84,9 + 30,7 + 9,1 + 15,9 = 140,6 = 141 \text{ к.};$$

4) на узел F:

$$16,7 + 12,2 + 9,1 + 6,5 = 44,5 = 45 \text{ к.};$$

5) на узел C:

$$70,6 + 68,9 + 11,8 + 17,9 = 169,2 = 169 \text{ к.};$$

6) на узел G:

$$13,6 + 30,6 + 11,7 + 17,7 = 73,6 = 74 \text{ к.};$$

7) на узел D:

$$34,2 + 37,7 = 71,9 \text{ к.};$$

отсюда нужно скинуть:

$$48,2 \cdot 0,04 = 1,9 \text{ к.},$$

так как передняя стойка не доходит до центра узла на 4 см., и еще скинуть:

$$10,0 \cdot 0,40 = 4,0 \text{ к.},$$

так как тавр, входящий в состав передней стойки, не доходит до центра узла на 40 см.;

получится:

$$71,9 - 1,9 - 4,0 = 66,0 = 66 \text{ к.};$$

8) на узел H:

$$6,6 + 68,9 + 29,0 = 104,5 \text{ к.};$$

отсюда нужно скинуть:

$$9,3 \cdot 0,07 = 0,7 \text{ к.},$$

так как задняя стойка не доходит до центра узла на 7 см.;

получится:

$$104,5 - 0,7 = 103,8 = 104 \text{ к.}$$

Построим диаграмму Кремены для узловой нагрузки от собственного веса фермы (см. ч. 403) в масштабе:

для сил 1 к. = 0,2 мм.,

для длин 1:100,

При:

$$ad = 78 \text{ к.} = 15,6 \text{ мм.}; dg = 141 \text{ к.} = 28,2 \text{ мм.}; gk = 169 \text{ к.} = 33,8 \text{ мм.};$$

$$km = 66 \text{ к.} = 13,2 \text{ мм.};$$

$$ab = 27 \text{ к.} = 5,4 \text{ мм.}; be = 45 \text{ к.} = 9,0 \text{ мм.}; eh = 74 \text{ к.} = 14,8 \text{ мм.};$$

$$hl = 104 \text{ к.} = 20,8 \text{ мм.};$$

получим:

$$ac \parallel AE; bc \parallel EF; ac = 2 \text{ мм.} = -10 \text{ к.};$$

$$bc = 6 \text{ мм.} = -30 \text{ к.};$$

$$cd \parallel AB; cd = 15,4 \text{ мм.} = -77 \text{ к.};$$

$$ef \parallel BF; ef \parallel FG; cf = 3 \text{ мм.} = -15 \text{ к.};$$

$$ef = 16 \text{ мм.} = -80 \text{ к.};$$

$$fg \parallel BC; fg = 45 \text{ мм.} = -225 \text{ к.};$$

$$fi \parallel CG; hi \parallel GH; fi = 4 \text{ мм.} = -20 \text{ к.};$$

$$hi = 31 \text{ мм.} = -155 \text{ к.};$$

$$ik \parallel CD; ik = 78 \text{ мм.} = -390 \text{ к.};$$

Таким образом передняя стойка сжата:

$$\text{в } AB \text{ силу } 77 \text{ к.};$$

$$\text{в } BC \text{ " } 225 \text{ к.};$$

$$\text{в } CD \text{ " } 390 \text{ к.};$$

задняя стойка сжата:

$$\text{в } EF \text{ силу } 30 \text{ к.};$$

$$\text{в } FG \text{ " } 80 \text{ к.};$$

$$\text{в } GH \text{ " } 155 \text{ к.};$$

три верхних поперечины сжаты:

$$AE \text{ силу } 10 \text{ к.};$$

$$BF \text{ " } 15 \text{ к.};$$

$$CG \text{ " } 20 \text{ к.};$$

Поперечина DH вытянута силою:

$$10 + 15 + 20 = 45 \text{ к.}$$

В узле D на поперечину DH от собственного веса фермы (не считая веса поперечины DH) действует нагрузка:

$$am = 78 + 141 + 169 + 66 = 454 \text{ к.},$$

а в узле H нагрузка:

$$la = 27 + 45 + 74 + 104 = 250 \text{ к.}$$

Теперь можно перейти к определению напряжений в отдельных частях фермы в самом неблагоприятном для каждой из них случае.

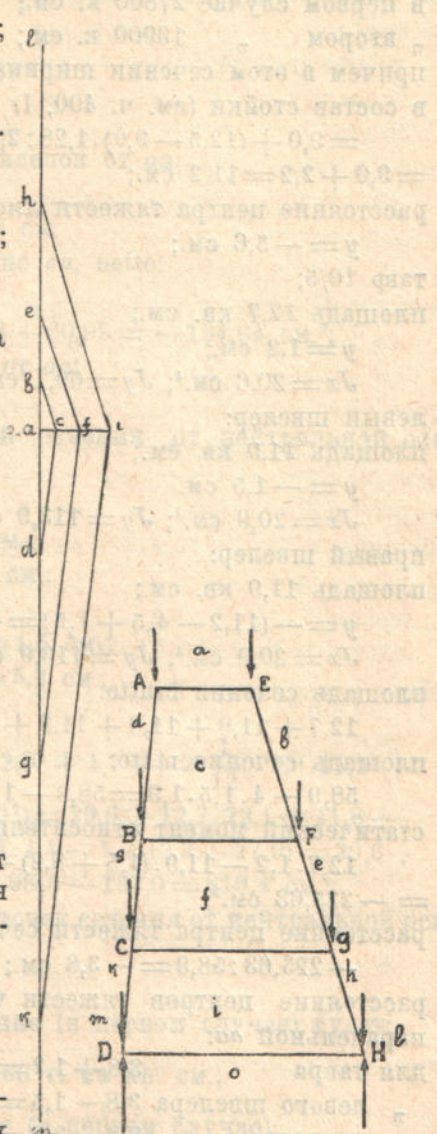
1) Передняя стойка в части AB :

от узловой нагрузки:

$$\text{в первом случае } \text{растянута} \text{ силою } 0,19 - 0,08 = 0,11 \text{ т.};$$

$$\text{в втором " " сжата " " } 0,57 + 0,08 = 0,65 \text{ т.};$$

$$\text{в третьем " " " " " " } 0,38 + 0,08 = 0,46 \text{ т.};$$



Ч. 403.

от собственного веса изогнута посредине моментом:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 5^\circ \cdot 95,5 \cdot 202 = \frac{1}{8} \cdot 0,087 \cdot 95,5 \cdot 202 = 212 \text{ к. см.}$$

и от давления воды изогнута в сечении, отстоящем от A на 128 см., моментом:

в первом случае 27800 к. см.;

„ втором „ 13900 к. см.;

причем в этом сечении ширина каждого из двух листов, входящих в состав стойки (см. ч. 400, I)

$$= 9,0 + (12,5 - 9,0) \cdot 1,28 : 2,02 = 9,0 + 3,5 \cdot 64 : 101 = 9,0 + 224 : 101 = 9,0 + 2,2 = 11,2 \text{ см.};$$

расстояние центра тяжести листов от aa :

$$y = -5,6 \text{ см.};$$

тавр 10/5;

площадь 12,7 кв. см.;

$$y = 1,2 \text{ см.};$$

$$J_x = 20,6 \text{ см.}^4; J_y = 69,1 \text{ см.}^4;$$

левый швеллер:

площадь 11,9 кв. см.;

$$y = -1,5 \text{ см.}$$

$$J_x = 20,9 \text{ см.}^4; J_y = 113,9 \text{ см.}^4;$$

правый швеллер:

площадь 11,9 кв. см.;

$$y = -(11,2 - 4,5 + 1,5) = -8,2 \text{ см.};$$

$$J_x = 20,9 \text{ см.}^4; J_y = 113,9 \text{ см.}^4;$$

площадь сечения brutto:

$$12,7 + 11,9 + 11,9 + 11,2 + 11,2 = 58,9 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения netto:

$$58,9 - 4 \cdot 1,5 \cdot 1,9 = 58,9 - 11,4 = 47,5 \text{ кв. см.};$$

статический момент относительно aa , brutto:

$$12,7 \cdot 1,2 - 11,9 \cdot (1,5 + 8,2) - 22,4 \cdot 5,6 = 15,24 - 115,43 - 125,44 = -225,63 \text{ см.}^3;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$-225,63 : 58,9 = -3,8 \text{ см.};$$

расстояние центров тяжести частей сечения от нейтральной оси xx , параллельной aa :

для тавра $3,8 + 1,2 = 5,0 \text{ см.};$

„ левого швеллера $3,8 - 1,5 = 2,3 \text{ см.};$

„ правого „ $8,2 - 3,8 = 4,4 \text{ см.};$

„ листов $5,6 - 3,8 = 1,8 \text{ см.};$

момент инерции J_x brutto:

$$20,6 + 12,7 \cdot 5,0^2 + 2 \cdot 20,9 + 11,9 \cdot (2,3^2 + 4,4^2) + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 11,2^3 + \\ + 22,4 \cdot 1,8^2 = 20,6 + 12,7 \cdot 25,0 + 41,8 + 11,9 \cdot (5,3 + 19,4) + \frac{1}{6} \cdot 1404,9 + \\ + 22,4 \cdot 3,2 = 20,6 + 317,5 + 41,8 + 293,9 + 234,1 + 71,7 = 979,6 \text{ см.}^4;$$

момент инерции J_y , brutto:

$$69,1 + 2 \cdot 113,9 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 11,2 \cdot 1,0^3 + 22,4 \cdot 4,5^2 = 69,1 + 227,8 + 1,9 +$$

$$+ 22,4 \cdot 20,3 = 298,8 + 454,7 = 753,5 \text{ см.}^4;$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{753,5 : 38,9} = \sqrt{12,79} = 3,6 \text{ см.};$$

длина стойки:

$$l = 202 \text{ см.};$$

$$l : r = 202 : 3,6 = 56;$$

$$\varphi = 0,73 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

Расстояния центров тяжести заклепок от aa :

для левой пары 2,0 см.,

„ правой „ 11,2 — 4,5 + 2,0 = 8,7 см.

Статический момент относительно aa , netto:

$$- 225,63 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot (2,0 + 8,7)$$

$$= - 225,63 + 5,7 \cdot 10,7 = - 225,63 + 60,99 = - 164,64 \text{ см.}^3;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$- 164,64 : 47,5 = - 3,5 \text{ см.};$$

расстояния центров тяжести частей сечения от нейтральной оси параллельной aa :

для тавра 3,5 + 1,2 = 4,7 см.;

„ левого швелера 3,5 — 1,5 = 2,0 см.;

„ правого швелера 8,2 — 3,5 = 4,7 см.;

„ листов 5,6 — 3,5 = 2,1 см.;

„ левой пары заклепок 3,5 — 2,0 = 1,5 см.;

„ правой „ „ 8,7 — 3,5 = 5,2 см.;

момент инерции J_x , netto:

$$20,6 + 12,7 \cdot 4,7^2 + 2 \cdot 20,9 + 11,9 \cdot (2,0^2 + 4,7^2) + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 11,2^3 +$$

$$+ 22,4 \cdot 2,1^2 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot (1,5^2 + 5,2^2) = 20,6 + 12,7 \cdot 22,1 + 41,8 +$$

$$+ 11,9 \cdot (4,0 + 22,1) + 234,1 + 22,4 \cdot 4,4 - 5,7 \cdot (2,3 + 27,0) = 20,6 +$$

$$+ 280,7 + 41,8 + 310,6 + 234,1 + 98,6 - 167,0 = 819,4 \text{ см.}^4;$$

при расстоянии наиболее удаленных точек сечения от нейтральной оси:

слева 5,0 + 3,5 = 8,5 см.,

справа 11,2 — 3,5 = 7,7 см.,

наибольшее напряжение на растяжение (в первом случае) будет:

$$\frac{27,80 \cdot 7,7}{819,4} + \frac{0,11}{47,5} + \frac{0,212 \cdot 7,7}{819,4} = 0,266 \text{ т. на кв. см.},$$

и наибольшее напряжение на сжатие (в первом случае):

$$\frac{27,80 \cdot 8,5}{819,4} - \frac{0,11}{47,5} + \frac{0,212 \cdot 8,5}{819,4} = 0,289 \text{ т. на кв. см.}$$

2) передняя стойка в части BC :

от узловой нагрузки:

в первом случае растянута силою 1,30 — 0,23 = 1,07 т.;

„ втором „ „ „ 0,70 — 0,23 = 0,47 т.;

„ третьем „ „ сжата „ 0,40 + 0,23 = 0,63 т.;

от собственного веса изогнута посредине моментом:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 5^\circ \cdot 72,6 \cdot 145 = 0,011 \cdot 10527 = 116 \text{ к. см.}$$

и от давления воды, в первом и втором случае, изогнута моментом 60800 к. см.;

для частей, входящих в состав сечения (см. ч. 400, II):

для тавра $y = 1,2 \text{ см.};$

„ левого швелера $y = -1,5 \text{ см.};$

„ правого „ $y = -(12,5 - 4,5 + 1,5) = -9,5 \text{ см.};$

„ листов „ $y = -6,3 \text{ см.};$

площадь сечения, brutto:

$$12,7 + 23,8 + 25,0 = 61,5 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения, netto:

$$61,5 - 4 \cdot 1,5 \cdot 1,9 = 61,5 - 11,4 = 50,1 \text{ кв. см.};$$

статический момент относительно aa , brutto:

$$12,7 \cdot 1,2 - 11,9 \cdot (1,5 + 9,5) - 25,0 \cdot 6,3 = 15,24 - 130,90 - 157,50 = -273,16 \text{ см.}^3;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$-273,16 : 61,5 = -4,5 \text{ см.};$$

расстояния центров тяжести частей сечения от нейтральной оси, параллельной aa :

для тавра $4,5 + 1,2 = 5,7 \text{ см.};$

„ левого швелера $4,5 - 1,5 = 3,0 \text{ см.};$

„ правого „ $9,5 - 4,5 = 5,0 \text{ см.};$

„ листов $6,3 - 4,5 = 1,8 \text{ см.};$

момент инерции J_x , brutto:

$$\begin{aligned} & 20,6 + 12,7 \cdot 5,7^2 + 2 \cdot 20,9 + 11,9 \cdot (3,0^2 + 5,0^2) + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 12,5^3 + \\ & + 25 \cdot 1,8^2 = 20,6 + 12,7 \cdot 32,5 + 41,8 + 11,9 \cdot 34,0 + \frac{1}{6} \cdot 1953,1 + 25 \cdot 3,2 = \\ & = 20,6 + 412,8 + 41,8 + 404,6 + 325,5 + 80,0 = 1285,3 \text{ см.}^4; \end{aligned}$$

момент инерции J_y , brutto:

$$\begin{aligned} & 69,1 + 2 \cdot 113,9 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 12,5 \cdot 1,0^3 + 25 \cdot 4,5^2 = 69,1 + 227,8 + 2,1 + \\ & + 25 \cdot 20,3 = 299,0 + 507,5 = 806,5 \text{ см.}^4; \end{aligned}$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{806,5 : 61,5} = \sqrt{13,11} = 3,7 \text{ см.};$$

длина стойки:

$$l = 145 \text{ см.};$$

$$l : r = 145 : 3,7 = 39;$$

$$\varphi = 0,80 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

Расстояния центров тяжести заклепок от aa :

для левой пары 2,0 см.;

„ правой „ $12,5 - 4,5 + 2,0 = 10,0 \text{ см.};$

статический момент относительно aa , netto:

$$- 273,16 + 2,1,5 \cdot 1,9 \cdot (2,0 + 10,0) = - 273,16 + 5,7 \cdot 12,0 = \\ = - 273,16 + 68,40 = - 204,76 \text{ см.}^3;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$- 204,76 : 50,1 = - 4,1 \text{ см.};$$

расстояния центров тяжести частей сечения от нейтральной оси, параллельной aa :

- для тавра $1,2 + 4,1 = 5,3 \text{ см.};$
 " левого швелера $4,1 - 1,5 = 2,6 \text{ см.};$
 " правого " $9,5 - 4,1 = 5,4 \text{ см.};$
 " листа $6,3 - 4,1 = 2,2 \text{ см.};$
 " левой пары заклепок $4,1 - 2,0 = 2,1 \text{ см.};$
 " правой " " $10,0 - 4,1 = 5,9 \text{ см.};$

момент инерции J_x , netto:

$$20,6 + 12,7 \cdot 5,3^2 + 2 \cdot 20,9 + 11,9 \cdot (2,6^2 + 5,4^2) + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 12,5^3 + \\ + 25,0 \cdot 2,2^2 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot (2,1^2 + 5,9^2) = 20,6 + 12,7 \cdot 28,1 + 41,8 + \\ + 11,9 \cdot (6,8 + 29,2) + \frac{1}{6} \cdot 1953,1 + 25,0 \cdot 4,8 - 5,7 \cdot (4,4 + 34,8) = \\ = 20,6 + 356,9 + 41,8 + 428,4 + 325,5 + 120,0 - 223,4 = 1069,8 \text{ см.}^4;$$

при расстоянии наиболее удаленных точек сечения от нейтральной оси:

слева $5,0 + 4,1 = 9,1 \text{ см.},$

справа $12,5 - 4,1 = 8,4 \text{ см.};$

наибольшее напряжение на растяжение (в первом случае) будет:

$$\frac{60,80 \cdot 8,4}{1069,8} + \frac{1,07}{50,1} + \frac{0,116 \cdot 8,4}{1069,8} = 0,478 + 0,021 + 0,001 = 0,500 \text{ т. на кв. см.}$$

и наибольшее напряжение на сжатие (во втором случае):

$$\frac{60,80 \cdot 9,1}{1069,8} - \frac{0,47}{50,1} + \frac{0,116 \cdot 9,1}{1069,8} = 0,517 - 0,009 + 0,001 = 0,509 \text{ т. на кв. см.}$$

3) Передняя стойка в части CD :

от узловой нагрузки:

в первом случае растянута силою $3,27 - 0,39 = 2,88 \text{ т.};$

" втором " " " " $2,75 - 0,39 = 2,36 \text{ т.};$

" третьем " сжата " " $0,41 + 0,39 = 0,80 \text{ т.};$

от собственного веса изогнута посредине моментом:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 5^\circ \cdot 68,5 \cdot 137 = 0,011 \cdot 9385 = 103 \text{ к. см.}$$

и от давления воды, в первом и втором случае, изогнута моментом 61800 к. см.;

для этой части взято то же сечение, что для BC ;

длина стойки:

$$l = 137 \text{ см.};$$

$$l : r = 137 : 3,7 = 37;$$

$$\varphi = 0,81 \text{ (по таблице Ясинского);}$$

наибольшее напряжение на растяжение (в первом случае):

$$\frac{61,80 \cdot 8,4}{1069,8} + \frac{2,88}{50,1} + \frac{0,103 \cdot 8,4}{1069,8} = 0,486 + 0,057 + 0,001 = 0,544 \text{ т. на кв. см.};$$

наибольшее напряженне на сжатие (во втором случае):

$$\frac{61,80 \cdot 9,1}{1069,8} - \frac{2,36}{50,1} + \frac{0,103 \cdot 9,1}{1069,8} = 0,526 - 0,047 + 0,001 = 0,480 \text{ т. на кв. см.}$$

4) Задняя стойка в части *EF*:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в третьем случае):

$$0,23 + 0,03 = 0,26 \text{ т.};$$

изгибающий момент посредине от собственного веса стойки:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 17^\circ 20' \cdot 19,5 \cdot 210 = 0,037 \cdot 19,5 \cdot 210 = 0,037 \cdot 4095 = 152 \text{ к. см.};$$

швелер № 8;

площадь, brutto: 11,9 кв. см.;

$$\text{netto: } 11,9 - 2 \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 11,9 - 2,7 = 9,2 \text{ кв. см.};$$

наименьший момент инерции = 20,9 см.⁴;

расстояние центра тяжести от широкой грани сечения = 1,5 см.;

напряжение на сжатие:

$$= \frac{0,26}{9,2} + \frac{0,152 \cdot 1,5}{20,9} = 0,028 + 0,011 = 0,039 \text{ т. на кв. см.}$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{20,9 : 11,9} = \sqrt{1,76} = 1,3 \text{ см.};$$

длина стойки:

$$l = 210 \text{ см.};$$

$$l : r = 210 : 1,3 = 162;$$

$$\varphi = 0,23 \text{ (по таблице Ясинского),}$$

5) Задняя стойка в части *FG*:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$0,32 + 0,08 = 0,40 \text{ т.};$$

изгибающий момент посредине от собственного веса стойки:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 17^\circ 20' \cdot 14,0 \cdot 151 = 0,037 \cdot 14,0 \cdot 151 = 0,037 \cdot 2114 = 78 \text{ к. см.};$$

швелер № 8,

напряжение на сжатие:

$$\frac{0,40}{9,2} + \frac{0,078 \cdot 1,5}{20,9} = 0,043 + 0,006 = 0,049 \text{ т. на кв. см.};$$

длина стойки:

$$l = 151 \text{ см.};$$

$$l : r = 151 : 1,3 = 116;$$

$$\varphi = 0,45 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

6) Задняя стойка в части *GH*:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$1,80 + 0,16 = 1,96 \text{ т.};$$

изгибающий момент посредине от собственного веса стойки:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 17^\circ 20' \cdot 13,2 \cdot 1,42 = 0,037 \cdot 13,2 \cdot 1,42 = 0,037 \cdot 18,74 = 69 \text{ к. см.};$$

швелер № 8;

напряжение на сжатие:

$$\frac{1,96 + 0,069 \cdot 1,5}{9,2 + 20,9} = 0,213 + 0,005 = 0,218 \text{ т. на кв. см.}$$

длина стойки:

$$l = 142 \text{ см.};$$

$$l:r = 142:1,3 = 109;$$

$$\varphi = 0,50 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

7) Раскос AF:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$0,35 \text{ т.};$$

изгибающий момент по середине от собственного веса раскоса:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 43^\circ 30' \cdot 24,5 \cdot 2,63 = \frac{1}{8} \cdot 0,69 \cdot 24,5 \cdot 2,63 = \frac{1}{8} \cdot 16,9 \cdot 2,63 =$$

$$= 2,1 \cdot 2,63 = 552 \text{ к. см.};$$

швелер № 8;

площадь, brutto: 11,9 кв. см.;

$$\text{netto: } 11,9 - 2 \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 11,9 - 2,7 = 9,2 \text{ кв. см.};$$

наименьший момент инерции = 20,9 см.⁴;

расстояние центра тяжести от широкой грани сечения = 1,5 см.;

напряжение на сжатие:

$$\frac{0,35 + 0,552 \cdot 1,5}{9,2 + 20,9} = 0,038 + 0,039 = 0,077 \text{ т. на кв. см.};$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{20,9:11,9} = \sqrt{1,76} = 1,3 \text{ см.};$$

длина раскоса:

$$l = 277 \text{ см.};$$

$$l:r = 277:1,3 = 213;$$

$$\varphi = 0,13 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

8) Раскос BG:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$2,74 \text{ т.};$$

изгибающий момент посредине от собственного веса раскоса:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 60^\circ \cdot 61,3 \cdot 2,74 = \frac{1}{8} \cdot 0,87 \cdot 61,3 \cdot 2,74 = 0,11 \cdot 61,3 \cdot 2,74 =$$

$$= 6,74 \cdot 2,74 = 1847 \text{ к. см.};$$

два швелера № 10, соприкасающиеся между собою широкими гранями (см. ч. 400, IV);

площадь одного швелера = 13,9 кв. см.;

толщина шейки = 0,6 см.;

расстояние центра тяжести от широкой грани = 1,6 см.;

$$J_x = 30,2 \text{ см.}^4; J_y = 213,2 \text{ см.}^4;$$

площадь сечения, brutto = $2 \cdot 13,9 = 27,8$ кв. см.;

" " netto = $27,8 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 = 27,8 - 3,6 = 24,2$ кв. см.;

момент инерции J_x , brutto:

$$2 \cdot (30,2 + 13,9 \cdot 1,6^2) = 2 \cdot (30,2 + 36,1) = 2 \cdot 66,3 = 132,6 \text{ см.}^4;$$

момент инерции J_y , brutto:

$$2 \cdot 213,2 = 426,4 \text{ см.}^4;$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{132,6 : 27,8} = \sqrt{4,80} = 2,2 \text{ см.};$$

длина раскоса:

$$l = 290 \text{ см.};$$

$$l : r = 290 : 2,2 = 132;$$

$$\varphi = 0,35 \text{ (по таблице Ясинского);}$$

момент инерции J_x , netto:

$$132,6 - 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 1,2^3 = 132,6 - 0,4 = 132,2 \text{ см.}^4;$$

напряжение на сжатие:

$$\frac{2,74}{24,2} + \frac{1,847 \cdot 5}{132,2} = 0,113 + 0,070 = 0,183 \text{ т. на кв. см.}$$

9) Раскос CH :

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае).

$$6,05 \text{ т.};$$

изгибающий момент посредине от собственного веса раскоса:

$$\frac{1}{8} \cdot \sin 66^\circ \cdot 137,8 \cdot 2,99 = \frac{1}{8} \cdot 0,91 \cdot 137,8 \cdot 2,99 = 0,91 \cdot 17,2 \cdot 2,99 = \\ = 15,7 \cdot 2,99 = 4694 \text{ к. см.};$$

два швелера № 10 с помещенными между широкими гранями швелеров тремя листами 10×1 см. (см. ч. 400, V);

площадь сечения, brutto:

$$2 \cdot 13,9 + 3 \cdot 10,0 = 27,8 + 30,0 = 57,8 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения, netto:

$$57,8 - 2 \cdot 1,5 \cdot 4,2 = 57,8 - 12,6 = 45,2 \text{ кв. см.};$$

момент инерции J_x , brutto:

$$2 \cdot (30,2 + 13,9 \cdot 3,1^2) + \frac{1}{12} \cdot 10,0 \cdot 3,0^3 = \\ = 2 \cdot (30,2 + 13,9 \cdot 9,6) + \frac{1}{12} \cdot 270,0 = 2 \cdot (30,2 + 133,4) + 22,5 = \\ = 2 \cdot 163,6 + 22,5 = 327,2 + 22,5 = 349,7 \text{ см.}^4;$$

момент инерции J_y , brutto:

$$2 \cdot 213,2 + \frac{1}{12} \cdot 3,0 \cdot 10,0^3 = 426,4 + 250,0 = 676,4 \text{ см.}^4;$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{349,7 : 57,8} = \sqrt{6,00} = 2,4 \text{ см.};$$

длина раскоса:

$$l = 337 \text{ см.};$$

$$l : r = 337 : 2,4 = 140;$$

$$\varphi = 0,31 \text{ (по таблице Ясинского);}$$

момент инерции J_x , netto:

$$249,7 - 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 4,2^3 = 349,7 - \frac{1}{4} \cdot 74,1 = 349,7 - 18,5 = 331,2 \text{ см.}^4;$$

напряжение на сжатие:

$$\frac{6,05}{45,2} + \frac{4,694 \cdot 6,5}{331,2} = 0,134 + 0,091 = 0,225 \text{ т. на кв. см.}$$

10) Поперечина АЕ:

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (во втором случае):

$$0,08 + 0,01 = 0,09 \text{ т.};$$

наибольший изгибающий момент в сечении R поперечины (см. ч. 395, II) от нагрузки на служебный мост (во втором случае):

$$9,36 \text{ т. см.};$$

изгибающий момент в R от собственного веса поперечины:

$$12,3 \cdot 14 - \frac{24,5}{138} \cdot 19 \cdot 9,5 = 172 - 0,18 \cdot 180,5 = 172 - 32 = 140 \text{ к. см.} = 0,14 \text{ т. см.};$$

поперечина составлена из швелера № 8 и двух листов $5 \times 1 \text{ см.}$ (см. ч. 400, VI);

площадь сечения, brutto = $11,9 + 2 \cdot 5,0 = 11,9 + 10,0 = 21,9 \text{ кв. см.};$

” ” netto = $21,9 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 = 21,9 - 5,7 = 16,2 \text{ кв. см.};$

статический момент относительно aa (широкой грани швелера), brutto:

$$-11,9 \cdot 1,5 - 10,0 \cdot 2,5 = -17,85 - 25,00 = -42,85 \text{ см.}^2;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$-42,85 : 21,9 = -2,0 \text{ см.};$$

расстояния центров тяжести частей сечения от нейтральной оси, параллельной aa :

для швелера $2,0 - 1,5 = 0,5 \text{ см.};$

” листов $2,5 - 2,0 = 0,5 \text{ см.};$

момент инерции J_x , brutto:

$$\begin{aligned} & 20,9 + 11,9 \cdot 0,5^2 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 5,0^3 + 5,0 \cdot 0,5^2 \right) = \\ & = 20,9 + 11,9 \cdot 0,25 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 125,0 + 5,0 \cdot 0,25 \right) = 20,9 + 3,0 + \\ & + 2 \cdot (10,4 + 1,2) = 23,9 + 2 \cdot 11,6 = 23,9 + 23,2 = 47,1 \text{ см.}^4; \end{aligned}$$

момент инерции J_y , brutto:

$$\begin{aligned} & 113,9 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 5,0 \cdot 1,0^3 + 5,0 \cdot 4,5^2 \right) = 113,9 + 2 \cdot (0,4 + 101,3) = \\ & = 113,9 + 2 \cdot 101,7 = 113,9 + 203,4 = 317,3 \text{ см.}^4; \end{aligned}$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{47,1 : 21,9} = \sqrt{2,15} = 1,5 \text{ см.};$$

длина поперечины:

$$l = 128 \text{ см.};$$

$$l : r = 128 : 1,5 = 85;$$

$$\varphi = 0,61 \text{ (по таблице Ясинского);}$$

расстояние центров тяжести заклепок от $aa = 2,0 \text{ см.};$

статический момент сечения относительно aa , netto:

$$- 42,85 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot 2,0 = - 42,85 + 11,40 = - 31,45 \text{ см.}^3;$$

расстояние центра тяжести сечения от aa :

$$- 31,45 : 16,2 = - 1,9 \text{ см.};$$

расстояния центров тяжести частей сечения от нейтральной оси, параллельной aa :

$$\text{для швелера } 1,9 - 1,5 = 0,4 \text{ см.};$$

$$\text{„ листов } 2,5 - 1,9 = 0,6 \text{ см.};$$

$$\text{„ заклепок } 2,0 - 1,9 = 0,1 \text{ см.};$$

момент инерции J_x , netto:

$$20,9 + 11,9 \cdot 0,4^2 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 5,0^3 + 5,0 \cdot 0,6^2 \right) - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot 0,1^2 =$$

$$= 20,9 + 11,9 \cdot 0,16 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 125,0 + 5,0 \cdot 0,36 \right) - 5,7 \cdot 0,01 =$$

$$= 20,9 + 1,9 + 2 \cdot (10,4 + 1,8) = 22,8 + 2 \cdot 12,2 = 22,8 + 24,4 = 47,2 \text{ см.}^4;$$

наибольшее напряжение на растяжение:

$$\frac{9,36 + 0,14}{47,2} \cdot 3,1 - \frac{0,09}{16,2} = \frac{9,5 \cdot 3,1}{47,2} - \frac{0,09}{16,2} = 0,624 - 0,006 =$$

$$= 0,618 \text{ т. на кв. см.};$$

наибольшее напряжение на сжатие:

$$\frac{9,5 \cdot 1,9}{47,2} + \frac{0,09}{16,2} = 0,382 + 0,006 = 0,388 \text{ т. на кв. см.}$$

11) Поперечина BF :

наибольшее растягивающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$0,16 - 0,02 = 0,14 \text{ т.};$$

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в третьем случае):

$$0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ т.};$$

изгибающий момент от собственного веса поперечины:

$$0,45 \text{ т. см.};$$

поперечина спроектирована из швелера №8;

площадь brutto: 11,9 кв. см.;

$$\text{„ netto: } 11,9 - 2 \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 11,9 - 2,7 = 9,2 \text{ кв. см.};$$

наименьший момент инерции = 20,9 см.⁴;

расстояние центра тяжести от широкой грани сечения = 1,5 см.;

наибольшее напряжение на растяжение:

$$\frac{0,14}{9,2} + \frac{0,45 \cdot 3,0}{20,9} = 0,015 + 0,065 = 0,080 \text{ т. на кв. см.};$$

наибольшее напряжение на сжатие:

$$\frac{0,04}{9,2} + \frac{0,45 \cdot 1,5}{20,9} = 0,005 + 0,032 = 0,037 \text{ т. на кв. см.};$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{20,9 \cdot 11,9} = \sqrt{1,76} = 1,3 \text{ см.};$$

длина поперечины:

$$l = 209 \text{ см.};$$

$$l:r = 209:1,3 = 161;$$

$$\varphi = 0,23 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

12) Поперечина CG:

наибольшее растягивающее усилие от узловых нагрузок (в первом случае):

$$1,97 - 0,02 = 1,95 \text{ т.};$$

наибольшее сжимающее усилие от узловых нагрузок (в третьем случае):

$$0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ т.};$$

изгибающий момент от собственного веса поперечины =

$$0,73 \text{ т. см.};$$

поперечина устроена тоже из швелера № 8;

площадь, brutto = 11,9 кв. см,

„ netto = 9,2 кв. см.

наименьший момент инерции = 20,9 см.⁴;

расстояние центра тяжести от широкой грани сечения = 1,5 см.;

наибольшее напряжение на растяжение:

$$\frac{1,95}{9,2} + \frac{0,73 \cdot 3,0}{20,9} = 0,212 + 0,105 = 0,317 \text{ т. на кв. см.};$$

наибольшее напряжение на сжатие:

$$\frac{0,03}{9,2} + \frac{0,73 \cdot 1,5}{20,9} = 0,003 + 0,052 = 0,055 \text{ т. на кв. см.};$$

наименьший радиус инерции:

$$r = 1,3 \text{ см.};$$

длина поперечины:

$$l = 266 \text{ см.};$$

$$l:r = 266:1,3 = 205;$$

$$\varphi = 0,14 \text{ (по таблице Ясинского).}$$

13) Поперечина DH:

составлена из двух швелеров № 8 и двух листов 17 × 1 см. с наконечниками из ковanej стали (см. чч. 400, VII и 404);

площадь коробчатого сечения поперечины, brutto:

$$2 \cdot (11,9 + 17,0) = 2 \cdot 28,9 = 59,8 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения, netto:

$$59,8 - 4 \cdot 1,5 \cdot 1,9 = 59,8 - 11,4 = 48,4 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения наконечника, brutto:

$$8,0 \cdot 8,0 = 64,0 \text{ кв. см.};$$

площадь сечения наконечника, netto, при диаметре болтов, при-
крепляющих наконечник к коробке, в 2 см., =

$$= 64,0 - 2,0 \cdot 8,0 = 64,0 - 16,0 = 48,0 \text{ кв. см.};$$

момент инерции коробчатого сечения J_x , brutto:

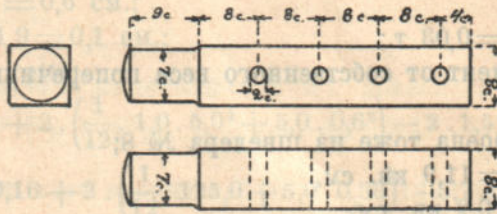
$$2 \cdot (20,9 + 11,9 \cdot 5,5^2 + \frac{1}{12} \cdot 1,0 \cdot 17,0^3) = 2 \cdot (20,9 + 11,9 \cdot 30,3 + \\ + \frac{1}{12} \cdot 4913,0) = 2 \cdot (20,9 + 360,6 + 409,4) = 2 \cdot 790,9 = 1581,8 \text{ см.}^4;$$

момент инерции коробчатого сечения J_y , brutto:

$$2 \cdot (113,9 + \frac{1}{12} \cdot 17,0 \cdot 1,0^3 + 17,0 \cdot 4,5^2) = 2 \cdot (113,9 + 1,4 + 17,0 \cdot 20,3) = \\ 2 \cdot (115,3 + 345,1) = 2 \cdot 460,4 = 920,8 \text{ см.}^4;$$

наименьший радиус инерции:

$$r = \sqrt{920,8 : 59,8} = \sqrt{15,40} = 3,9 \text{ см.};$$



Ч. 404.

длина поперечины:

$$l = 328 \text{ см.};$$

$$l : r = 328 : 3,9 = 84;$$

$\varphi = 0,61$ (по таблице Ясинского);

момент инерции коробчатого сечения J_x , netto:

$$1581,8 - 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,9 \cdot 1,5^3 + 1,9 \cdot 1,5 \cdot 6,0^2 \right) = \\ = 1581,8 - 4 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1,9 \cdot 3,4 + 1,9 \cdot 54,0 \right) = 1581,8 - 4 \cdot (0,5 + 102,6) = \\ = 1581,8 - 4 \cdot 103,1 = 1581,8 - 412,4 = 1169,4 \text{ см.}^4;$$

момент сопротивления W_x коробчатого сечения, netto:

$$1169,4 : 8,5 = 138 \text{ см.}^3;$$

момент сопротивления наконечника:

$$\frac{1}{12} \cdot 8,0 \cdot (8,0^3 - 2,0^3) : 4 = \frac{1}{6} \cdot (512,0 - 8,0) = \frac{1}{6} \cdot 504,0 = 84 \text{ см.}^3$$

При весе поперечины = 194,5 к. (см. раньше),

давления на опоры, отстоящие:

левая от узла D на:

$$8,0 + \frac{1}{2} \cdot 8,0 = 8,0 + 4,0 = 12,0 \text{ см.},$$

и правая от узла H на:

$$4,5 + \frac{1}{2} \cdot 9,0 = 4,5 + 4,5 = 9,0 \text{ см.},$$

будут:

на левую 97,3 к.

на правую 97,3 к.

и изгибающий момент от собственного веса поперечины будет:

для сечения *D* поперечины:

$$97,3 \cdot 12,0 - 2,7 \cdot 11,5 - 50,2 \cdot 0,07 \cdot 3,5 - 45,4 \cdot 0,07 \cdot 3,5 = \\ = 1168 - 31 - 12 - 11 = 1168 - 54 = 1114 \text{ к. см.};$$

и для сечения *H* поперечины:

$$97,2 \cdot 9,0 - 2,7 \cdot 9,0 - 50,2 \cdot 0,045 \cdot 2,2 - 45,4 \cdot 0,01 \cdot 0,5 = \\ = 875 - 24 - 5 = 875 - 29 = 846 \text{ к. см.};$$

от собственного веса фермы, не включая поперечину *DH*, получается нагрузка (см. выше):

на узел *D* 66 к. + 454 к. = 520 к. = 0,52 т.;

" " *H* 104 " + 250 " = 354 " = 0,35 " ;

затем давления:

на левую опору:

$$(0,52 \cdot 329 + 0,35 \cdot 9) : 341 = (171,08 + 3,15) : 341 = 174,23 : 341 = 0,51 \text{ т.};$$

на правую опору:

$$(0,52 \cdot 12 + 0,35 \cdot 332) : 341 = (6,24 + 116,20) : 341 = 122,44 : 341 = 0,36 \text{ т.},$$

и изгибающие моменты:

для сечения *D* поперечины:

$$0,51 \cdot 12 = 6,12 \text{ т. см.};$$

для сечения *H*:

$$0,36 \cdot 9 = 3,24 \text{ т. см.}$$

А) В первом случае, от узловых нагрузок, поперечина *DH* сжата силою:

$$1,29 - 0,05 = 1,24 \text{ т.}$$

и на узлы *D* и *H* приходятся давления:

на *D* вверх 3,22 т.;

на *H* вниз 4,10 т.;

величины соответствующих реакций опор:

$$\text{левой } (-3,22 \cdot 329 + 4,10 \cdot 9) : 341 = (-1059,38 + 36,90) : 341 = \\ = -1022,48 : 341 = -3,00 \text{ т. (вниз);}$$

$$\text{правой } (-3,22 \cdot 12 + 4,10 \cdot 332) : 341 = (-38,64 + 1361,20) : 341 = \\ = 1322,56 : 341 = 3,88 \text{ т.};$$

изгибающие моменты:

в сечении *D* $-3,00 \cdot 12 = -36,00$ т. см. (против часовой стрелки),

" " *H* $3,88 \cdot 9 = 34,92$ т. см.;

в общей сложности получатся моменты:

$$-36,00 + 1,11 + 6,12 = -28,77 \text{ т. см. для } D;$$

$$34,92 + 0,85 + 3,24 = 39,01 \text{ " " " } H;$$

Б) во втором случае, от узловых нагрузок, поперечина *DH* сжата силою:

$$1,26 - 0,05 = 1,21 \text{ т.},$$

и на узлы *D* и *H* приходятся давления:

на *D* вверх 2,65 т.,

на *H* вниз 3,90 т.;

величины соответствующих реакций опор:

левой: $(-2,65 \cdot 329 + 3,90 \cdot 9) : 341 = (-871,85 + 35,10) : 341 = -$
 $= -836,75 : 341 = -2,45$ т. (вниз),

правой: $(-2,65 \cdot 12 + 3,90 \cdot 332) : 341 = (-31,80 + 1294,80) : 341 =$
 $= 1263,00 : 341 = 3,70$ т.;

изгибающие моменты:

в сечении *D*: $-2,45 \cdot 12 = -29,40$ т. см. (против часовой стрелки),

" " *H*: $3,70 \cdot 9 = 33,30$ " "

В общей сложности получатся моменты:

$-29,40 + 1,11 + 6,12 = -22,17$ т. см. для *D*;

$33,30 + 0,85 + 3,24 = 37,39$ " " " *H*;

В) в третьем случае, от узловых нагрузок, поперечина *DH* растягивается силой:

$0,04 + 0,05 = 0,09$ т.,

и на узлы *D* и *H* приходятся давления:

на *D* вниз 0,40 т.,

" *H* " 0,17 т.;

величины соответствующих реакций опор:

левой: $(0,40 \cdot 329 + 0,17 \cdot 9) : 341 = (131,60 + 1,53) : 341 =$
 $= 133,13 : 341 = 0,39$ т.;

правой: $(0,40 \cdot 12 + 0,17 \cdot 332) : 341 = (4,80 + 56,44) : 341 =$
 $= 61,24 : 341 = 0,18$ т.;

изгибающие моменты:

в сечении *D*: $0,39 \cdot 12 = 4,68$ т. см.,

" " *H*: $0,18 \cdot 9 = 1,62$ " "

В общей сложности получатся моменты:

$4,68 + 1,11 + 6,12 = 11,91$ т. см. для *D*;

$1,62 + 0,85 + 3,24 = 5,71$ " " " *H*.

Таким образом, наибольшее напряжение на растяжение получится в сечении *H* поперечины, в первом случае, и будет:

$$\frac{39,01}{138} - \frac{1,24}{48,4} = 0,283 - 0,026 = 0,257 \text{ т. на кв. см.},$$

а наибольшее напряжение на сжатие тоже в сечении *H* и будет:

$$0,283 + 0,026 = 0,309 \text{ т. на кв. см.}$$

Так как реакция правой опоры в первом, самом неблагоприятном случае, будет:

$$3,88 + 0,10 + 0,36 = 4,34 \text{ т.},$$

то для шипа правого наконечника в сечении, отстоящем от опоры на 4,5 см., изгибающий момент будет:

$$4,34 \cdot 4,5 = 19,53 \text{ т. см.};$$

при диаметре шипа в 7 см.,

его момент сопротивления на изгиб будет:

$$3,14 \cdot 7^3 : 32 = 3,14 \cdot 343 : 32 = 1077 : 32 = 33,7 \text{ см.}^3,$$

напряжение на сжатие при изгибе:

$$19,53 : 33,7 = 0,58 \text{ т. на кв. см.};$$

при площади поперечного сечения:

$$38,5 \text{ кв. см.}$$

напряжение шпала на срезывание

$$= 4,34 : 38,5 = 0,11 \text{ т. на кв. см.}$$

В шпале левого концевника будут меньшие напряжения.

Считая вес фермы сосредоточенным в ее узлах при нагрузке:

78 к. на *A*; 141 к. на *B*; 169 к. на *C*; 66 к. на *D*;

27 к. на *E*; 45 к. на *F*; 74 к. на *G*; 104 к. на *H*;

и при расстояниях:

$$AB = 202 \text{ см.}, BC = 145 \text{ см.}; CD = 137 \text{ см.};$$

$$EF = 210 \text{ см.}; FG = 151 \text{ см.}; GH = 142 \text{ см.};$$

для подема фермы со дна шлюза придется приложить в узлах *A* и *E* вертикальные усилия:

в *A*:

$$\begin{aligned} & 78 + 141 \cdot (145 + 137) : (202 + 145 + 137) + 169 \cdot 137 : (202 + 145 + 137) = \\ & = 78 + 141 \cdot 282 : 484 + 169 \cdot 137 : 484 = 78 + 19881 : 484 + 23153 : 484 = \\ & = 78 + 82 + 48 = 208 \text{ к.}; \end{aligned}$$

в *E*:

$$\begin{aligned} & 27 + 45 \cdot (151 + 142) : (210 + 151 + 142) + 74 \cdot 142 : (210 + 151 + 142) = \\ & = 27 + 45 \cdot 293 : 503 + 74 \cdot 142 : 503 = 27 + 13185 : 503 + 10508 : 503 = \\ & = 27 + 26 + 21 = 74 \text{ к.} \end{aligned}$$

Наибольший изгибающий момент в стойке *AD* будет в узле *C* и будет равен:

$$\begin{aligned} & (208 - 78) \cdot (202 + 145) - 141 \cdot 145 = 130 \cdot 347 - 141 \cdot 145 = 45110 - \\ & - 20445 = 24665 \text{ к. см.}, \end{aligned}$$

а наибольший изгибающий момент в стойке *EH* будет в узле *G* и будет равен:

$$\begin{aligned} & (74 - 27) \cdot (210 + 151) - 45 \cdot 151 = 47 \cdot 361 - 45 \cdot 151 = 16967 - 6795 = \\ & = 10172 \text{ к. см.} \end{aligned}$$

Прикрепив подъемную цепь в такой точке *I* поперечины *AE*, (длина поперечины = 128 см.), что:

$$AI = 74 \cdot 128 : (74 + 208) = 74 \cdot 128 : 282 = 74 \cdot 64 : 141 = 4736 : 141 = 34 \text{ см.},$$

получим для момента, изгибающего поперечину, величину:

$$208 \cdot 34 = 7072 \text{ к. см.}$$

Так как для стоек *AD* и *EH* и поперечины *AE* моменты сопротивления относительно соответствующих осей будут:

для *AD*:

$$\begin{aligned} & [69,1 + 2 \cdot 113,9 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 12,5 \cdot 1,0^3 + 25,0 \cdot 4,5^2 - 4 \cdot 1,9 \cdot 1,5 \cdot 4,0^2] : 5 = \\ & = (69,1 + 227,8 + 2,1 + 507,5 - 182,4) : 5 = (806,5 - 182,4) : 5 = \\ & 624,1 : 5 = 125 \text{ см.}^2; \end{aligned}$$

для *EH*:

$$(113,9 - 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 \cdot 3,5^2) : 4 = (113,9 - 33,2) : 4 = 80,7 : 4 = 20 \text{ см.}^2;$$

для AE :

$$(113,9 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 5,0 \cdot 1,0^3 + 10,0 \cdot 4,5^2 - 2 \cdot 1,5 \cdot 1,9 \cdot 4,0^2) : 5 =$$

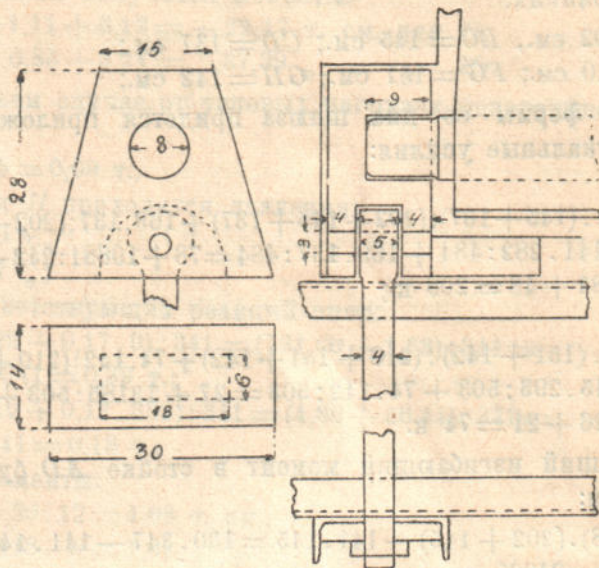
$$= (113,9 + 0,8 + 202,5 - 91,2) : 5 = (317,2 - 91,2) : 5 = 226,0 : 5 = 45 \text{ см.}^3,$$

то напряжения на растяжение и сжатие при изгибе будут:

для AD : $24665 : 125 = 197$ к. на кв. см.;

” EH : $10172 : 20 = 508$ ” ” ” ”

” AE : $7072 : 45 = 157$ ” ” ” ”



Ч. 405.

При толщине крышки переднего подшипника (см. ч. 405) в 8 см., напряжение на скалывание в крышке:

$$2390 : 2,9 \cdot 8 = 2390 : 144 = \infty 17 \text{ к. на кв. см.};$$

затем, при толщине кольца анкера в 3 см. и его ширине в 5 см., напряжение на растяжение в кольце:

$$= 2390 : 2 \cdot 3 \cdot 5 = 2390 : 30 = \infty 80 \text{ к. на кв. см.};$$

при диаметре болта в 4 см., напряжение на растяжение в болте:

$$2390 : 12,5 = \infty 200 \text{ к. на кв. см.};$$

расчет закрепления болта в кладке дна шлюза может быть произведен по способу, указанному в седьмой главе курса.

Задний подшипник изображен на ч. 406; его рассчитывают на силу в 7,33 т.

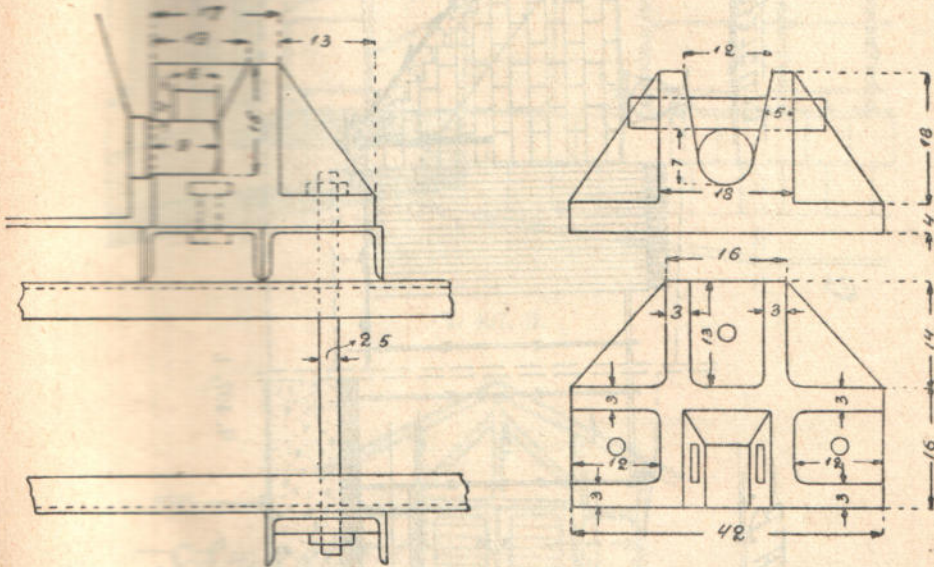
Ч. 407. Трехпанельные фермы, высотой по 3,7 м., размещенные на 1,2 м. одна от другой; четыре поперечины; один раскос, работающий на сжатие; помост из железных плит; затвор спицевый (м. 1:100).

(Ansicht—фасад; Schnitt—разрез; Grundriss—план).

Ч. 408. Двухпанельные фермы, высотой по 4,0 м., размещенные на 1,2 м. одна от другой; три поперечины; один раскос, рыбообраз-

ного вида (из двух полос и распорки), работающий на сжатие; помост из железных плит; затвор спицевый.

Для быстрого открывания водопропускного отверстия между двумя смежными фермами, верхний упорный брус для спиц устроен по системе Крамера, а именно: он шарнирно скреплен с верхней поперечной стеной фермы (по чертежу правой), а другим концом упирается в вертикальный полуцилиндр, помещенный в полый цилиндр, прикрепленный к верхней поперечине другой, смежной, фермы, для чего в оболочке полного цилиндра имеется соответствующий вырез, и, после того, как повернут полуцилиндр ключом на 90° и он отойдет



Ч. 406.

от упорного бруса, последний, под давлением воды на спицы, отходит вбок, а спицы всплывают, удерживаемые на месте, у шлюза, канатом, продетым через ушки спиц и привязанным к одной из ферм (мм. 1:50 и 1:25).

(Wehrbock — промежуточная опора шлюза; Ansicht — фасад; Stromabwärts — с верховой стороны; Schnitt — разрез; Nadellehne — упорный брус для спиц).

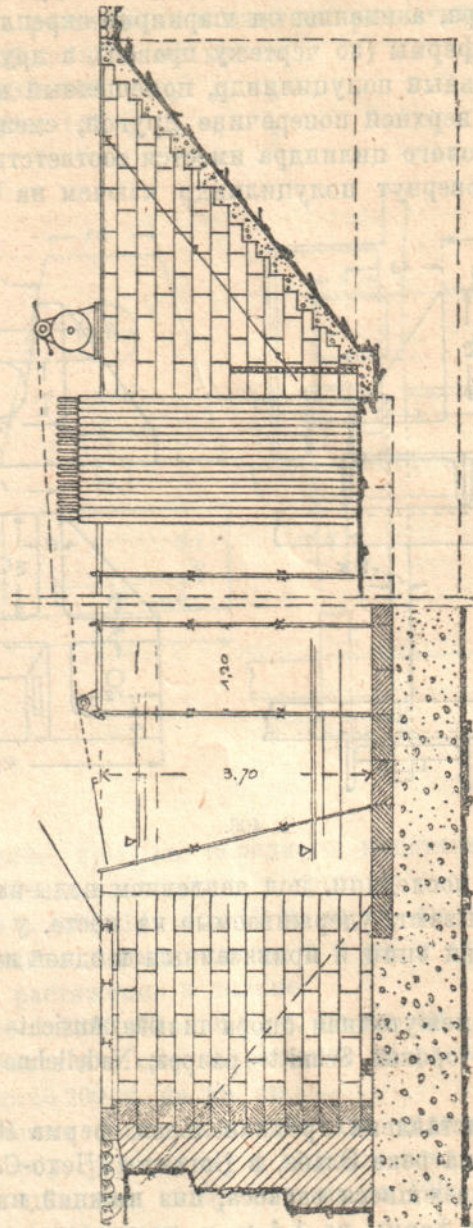
На ч. 409 представлена трехпанельная ферма Поаре в плотине Раудниц (Raudnitz), на реке Эльбе, в Богемии (Чехо-Словакия).

Два перекрещивающиеся раскоса; низ нижней из трех поперечин выше оси вращения фермы на 1,4 м. и, при расстоянии между двумя фермами в 3,0 м., в лежачем положении, верх одной фермы помещается внутри другой, смежной фермы; помост из железных плит; затвор спицевый.

Для частичного приоткрывания водопропускных отверстий у некоторых спиц имеется приспособление Гильемена (Guillemain), заключающееся в прикрепленной к спице обойме, обхватывающей круглый

— *Umsicht.* —

— *Schnitt A.B.* —

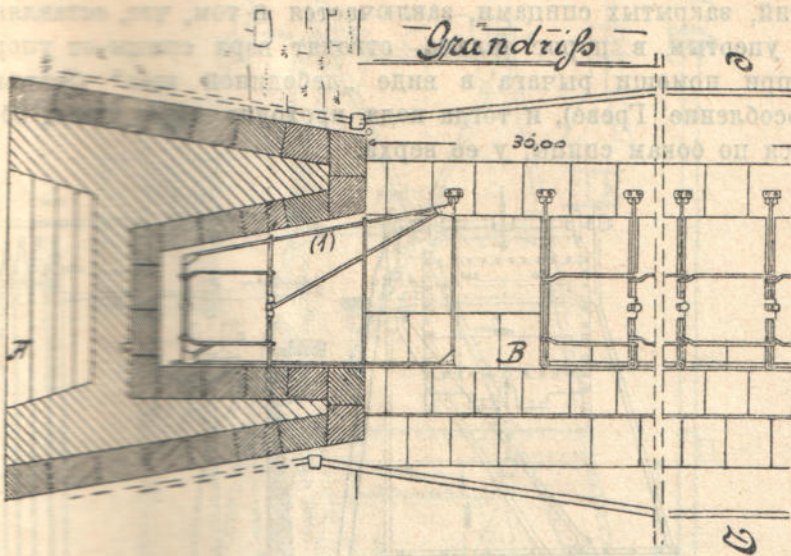


1,30

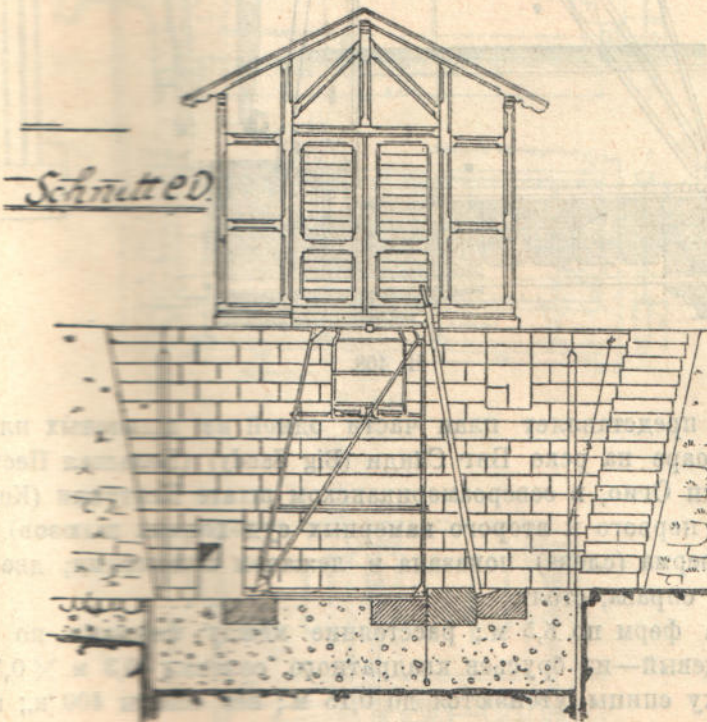
3,70

Ч. 407, I.

упорный брус, на котором спица висит в несколько наклонном положении, отжимается водю, после того, как спицу, при помощи рычага, приподнимут настолько, чтобы низ спицы отошел от порога (м. 1:50).



Ч. 407, II.

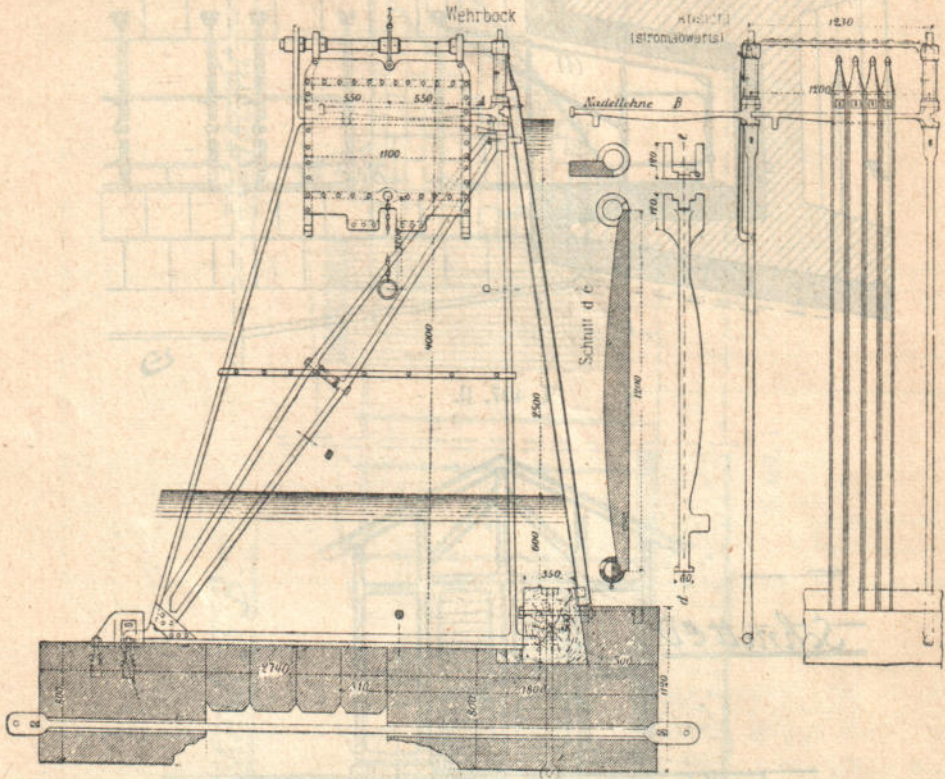


Ч. 407, III.

(Nadellehne—упорный брус для спиц; Böck—промежуточная опора; Mitte—середина; Achse der Lagerzapfen—ось вращения; Höhe—высота)

seitliche—боковой; Verriegelung—задвижка; Distanz—расстояние; benachbarter—смежный; niedergelegt—опущенный).

Другой способ для частичного приоткрывания водопропускных отверстий, закрытых спицами, заключается в том, что, оставляя низ спицы упертым в порог шлюза, отводят верх спицы от упорного бруса при помощи рычага в виде „лебединой шеи“ (Schwanhals) (приспособление Гreve), и тогда вода проходит через щели, образовавшиеся по бокам спицы, у ее верха.



Ч. 408.

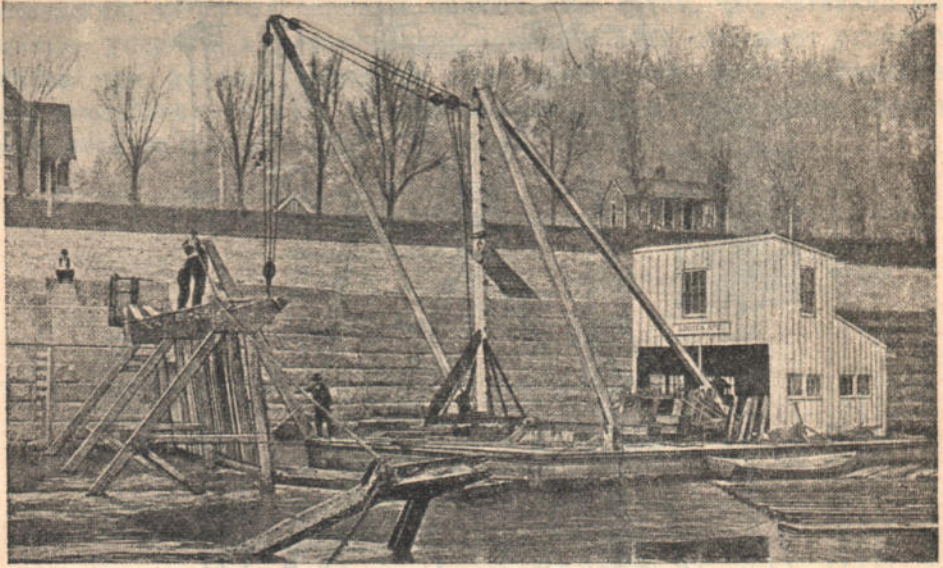
Ч. 410 представляет план части одной из шлюзовых плотин с фермами Поаре на реке Биг Сэнди (Big Sandy) (Большая Песчаная), притоке реки Огио, в североамериканском штате Кентукки (Kentucky) (плотины у первого и второго камерных судоходных шлюзов).

Одна ферма (слева) показана в лежащем положении; две смежные фермы, справа, стоят.

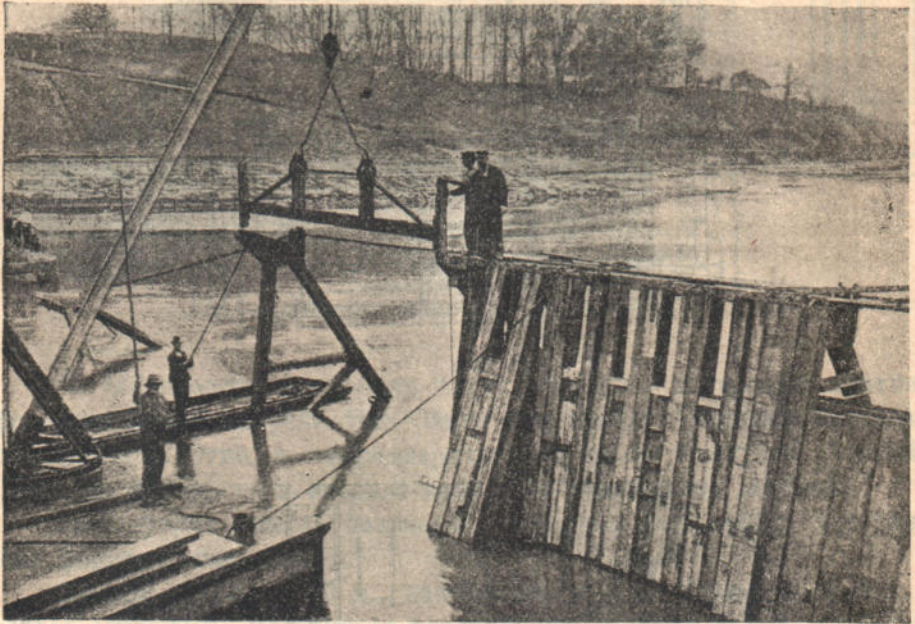
Высота ферм по 5,5 м.; расстояние между фермами по 6,1 м.; затвор спицевый—из брусьев квадратного сечения 0,3 м. × 0,3 м.; к самому верху спицы утоняются до 0,15 м.; вес спицы 400 к.; помост из железных горизонтальных ферм (м. 1:250).

(Böcke—промежуточные опоры; aufgestellt—поставленный; niedergelegt—положенный; aufgelegt—положенный; entfernt—удаленный; Nadel-lehnenbrücke—мостовой настил, в который упираются спицы).

На ч. 411, А и ч. 411, Б представлена еще одна шлюзовая плотина на той же реке Big Sandy (вторая плотина у г. Louisa), с фермами



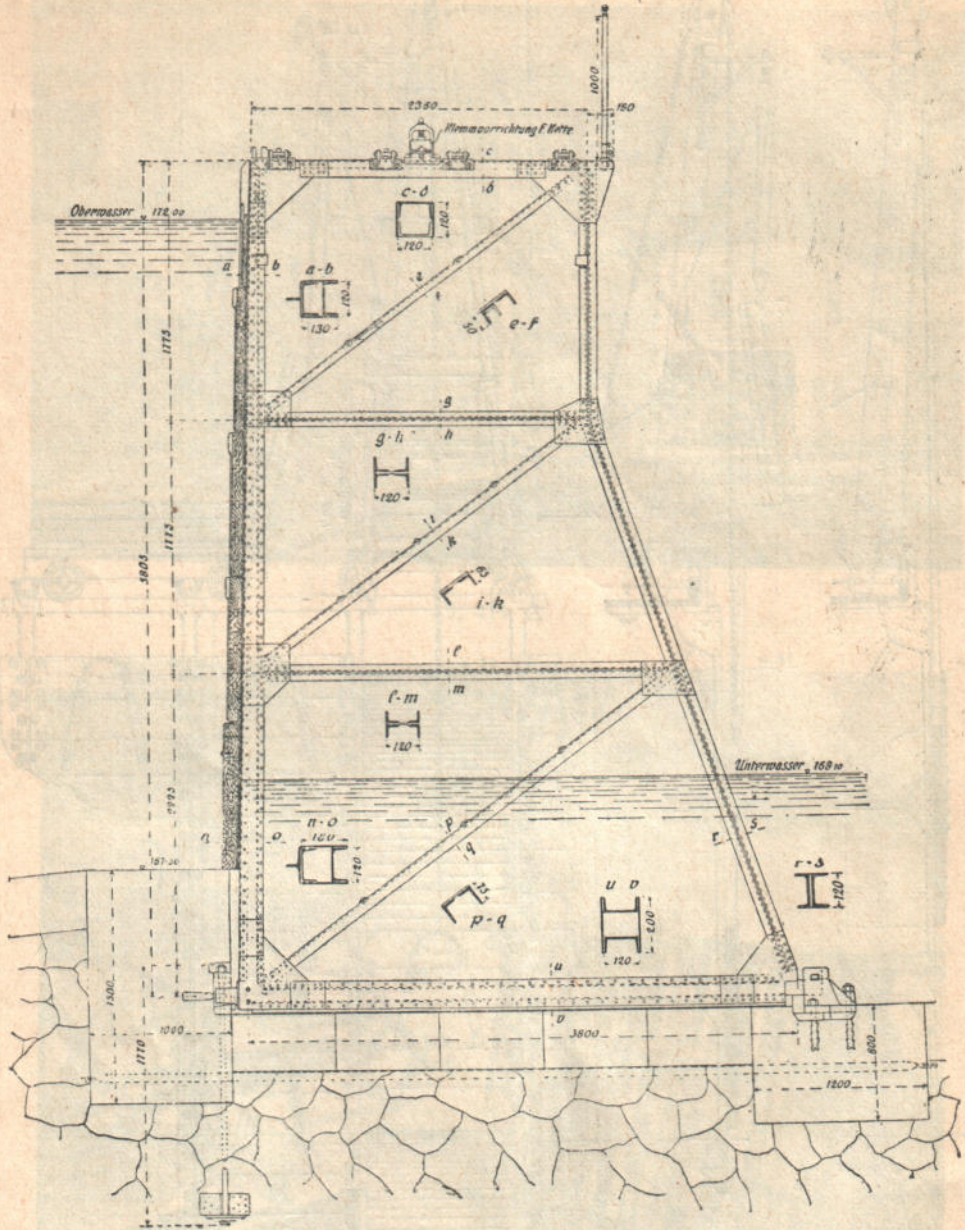
Ч. 411, А.



Ч. 411, Б.

Поаре тех же размеров, как в плотине, представленной на ч. 410 и при таком же расстоянии между фермами, но со с'емным мостовым настилом иного устройства и со спицами, образованными каждая из

трех сплоченных вместе брусьев, причем средний брус ниже крайних, для того, чтобы возможно было пропускать через плотину небольшие расходы воды, не поднимая спиц.

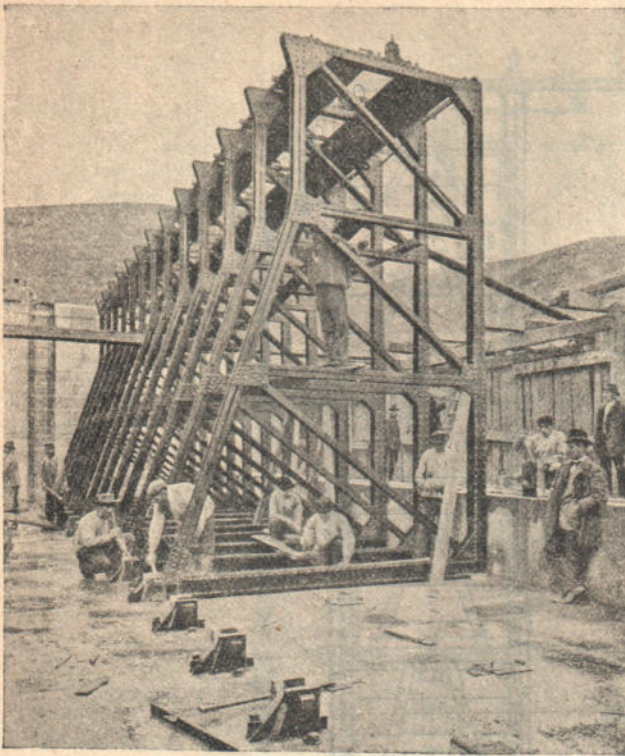


Ч. 413, А, I.

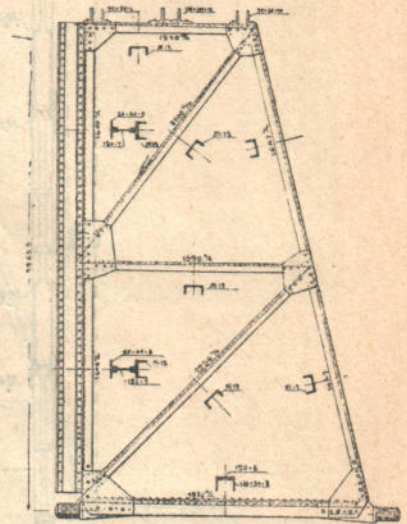
Как видно из обеих последних чертежей, маневрирование спицами и с'емным настилом производится при помощи пловучего крана, а опускание и поднимание самих ферм—при помощи цепи, приводимой в движение лебедкой, поставленной на правом устье шлюза.

Ч. 412. Шлюзовая плотина Port à l'Anglais, на реке Сене, во Франции; четырехпанельные фермы, высотой по 4,8 м., с пятью поперечи-

№ 12; верхняя поперечина—из корыта № 12 и двух листов, шириною по 12 см.; вторая и третья сверху поперечины—каждая из четырех уголков; нижняя поперечина—из двух корыт № 12 и двух листов, шириною по 20 см.; все три раскоса составлены каждый из двух уголков с полками, шириной: для верхнего раскоса 5 см.; для среднего 6,5 см. и для нижнего 7,5 см.

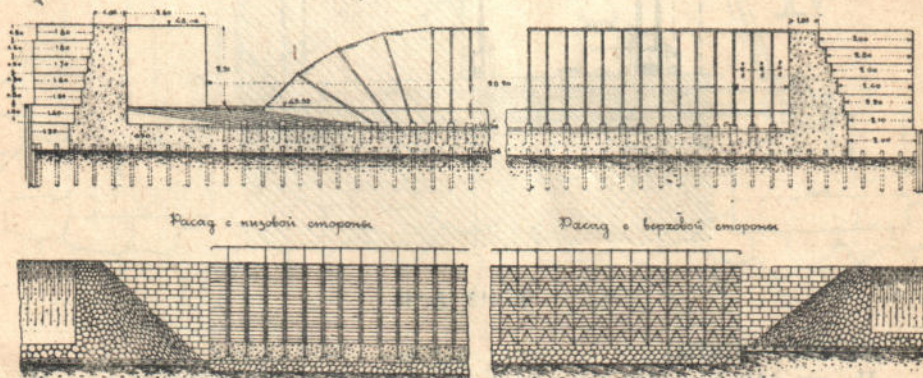


Ч. 413, Б.



Ч. 413.

Продольный разрез



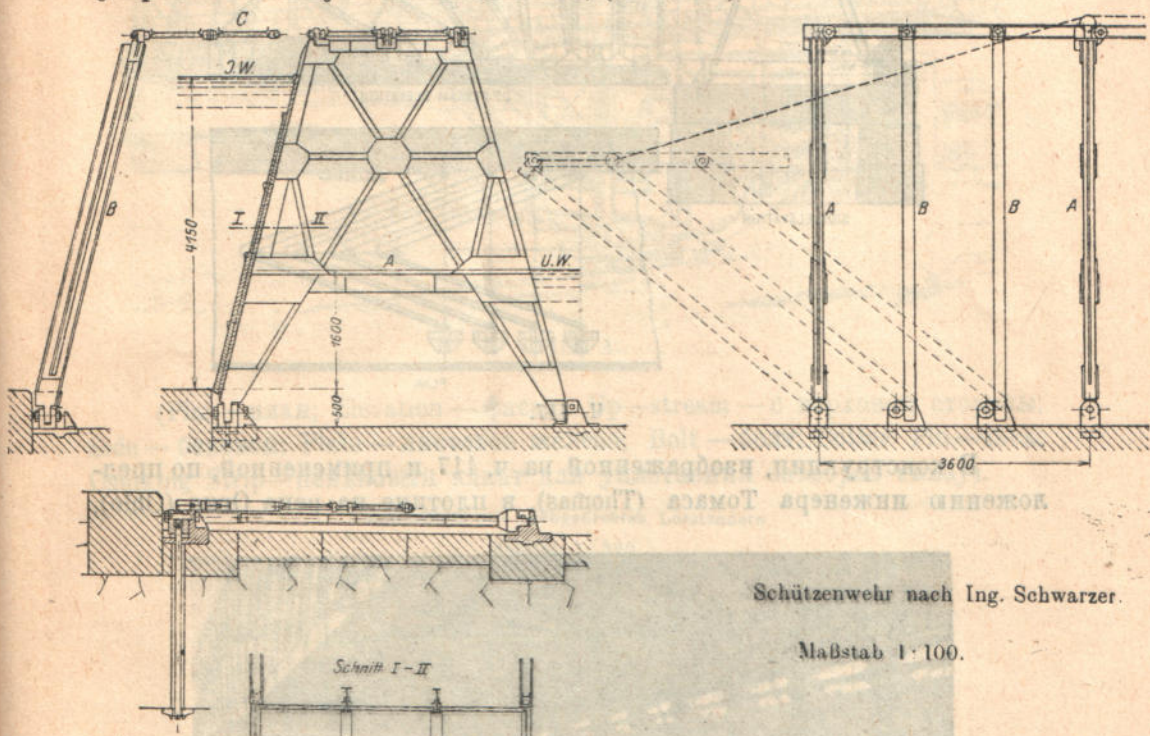
Ч. 414.

Помост из железных плит, шарнирно скрепленных с фермами. Затворы из щитов Буле. К помосту прикреплены две пары рельсов: одна для тележки, с краном для подъема и опускания щитов, другая для

тележки, на которой отвозят щиты с плотины или привозят на плотину (м. 1:50).

(Oberwasser = Stauwasser — уровень верховой воды; Unterwasser — уровень низовой воды; Klemmvorrichtung — зажим; f. = für — для; Kette — цепь).

Ч. 414. Шлюзовая плотина „Знаменитая“ на р. Сухоне, на судоходном канале, соединяющем приток Волги, Шексны, с притоком Северной Двины, Сухоною (так называемая Виртембергская система); устроена по типу плотины Либшиц (м. 1:250).



Шützenwehr nach Ing. Schwarzer.

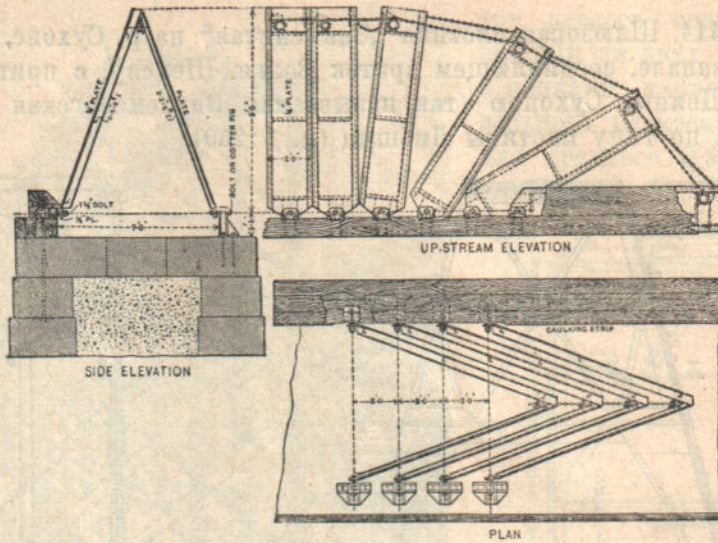
Maßstab 1:100.

Ч. 416.

Ч. 415. Еще одна из шлюзовых плотин на Виртембергской системе (м. 1:100).

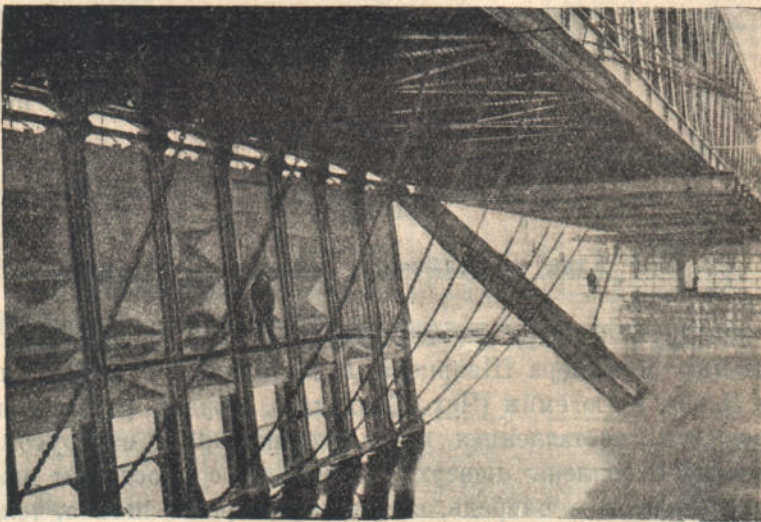
В конструкции, представленной на ч. 416 и примененной, по предложению инженера Шварцера, в Мельникской (Melnik) плотине на реке Эльбе, в Богемии (Чехо-Словакия), каждая ферма Поаре, высотой по 5,2 м., поставленная на расстоянии 3,6 м. от другой, смежной, фермы, скреплена поверху шарнирно с мостовым настилом, скрепленным, в свою очередь, с верхней стороны шлюза, тоже шарнирно, с двумя промежуточными стойками, которые скреплены с дном шлюза шарнирно таким образом, что в лежащем положении верх одной фермы заходит во внутрь другой, так как у каждой фермы нижняя поперечина отстоит от оси вращения фермы на 1,6 м., а настил вместе с промежуточными стойками располагается над фермами Поаре (м. 1:100).

(Schützenwehr — шлюз с щитовыми затворами; nach — по; Ing. — Ingenieur — инженер; Schnitt — разрез; Massstab — масштаб; O. W. — Oberes Wasser — уровень верховой воды; U. W. — Unteres Wasser — уровень низовой воды).



Ч. 417.

В конструкции, изображенной на ч. 417 и примененной, по предложению инженера Томаса (Thomas), в плотине на реке Огио (Ohio),

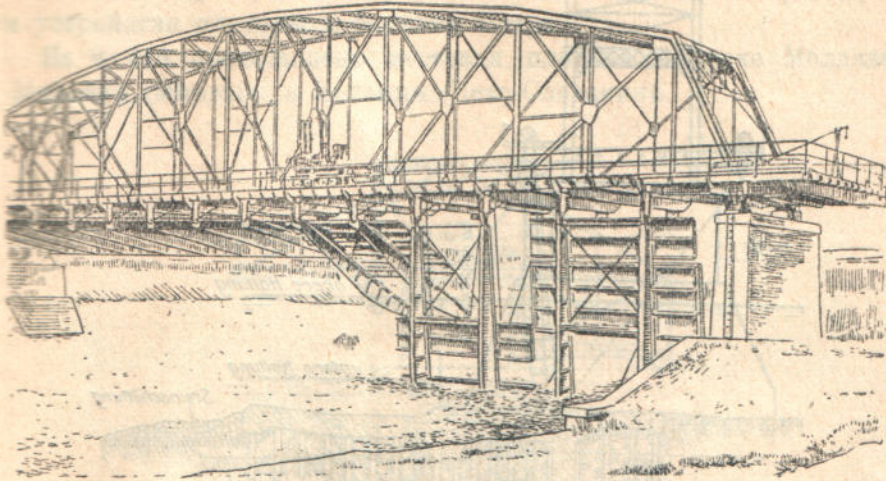


Ч. 418.

около Бивера (Beaver), в североамериканском штате Пеннсилвания, в поднятом положении фермы настолько плотно соприкасаются одна с другой, что сами, без каких бы то ни было затворов, подпирают воду своими широкими передними гранями.

Высота ферм по 9 фут.; ширина, по фасаду плотины, по 2 фут.
(м. 1:100).

Brücke mit Losständern und Schützen in verschiedenen Stellungen

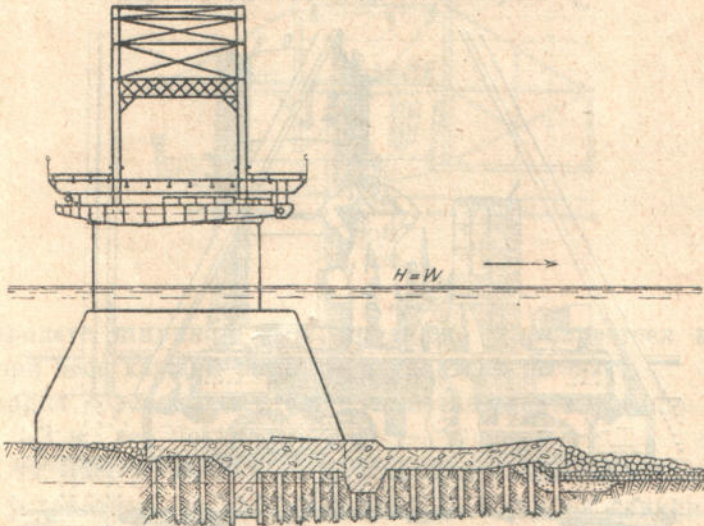


Ч. 419, А.

(Plan—план; Elevation—фасад; Up—stream—с верховой стороны;
Side—боковой; Plate—листовое железо; Bolt—болт; Cotter Pin—чека;
Caulking Strip—пеньковый канат для уплотнения затворов снизу).

Querschnitt mit hochgedrehten Losständern

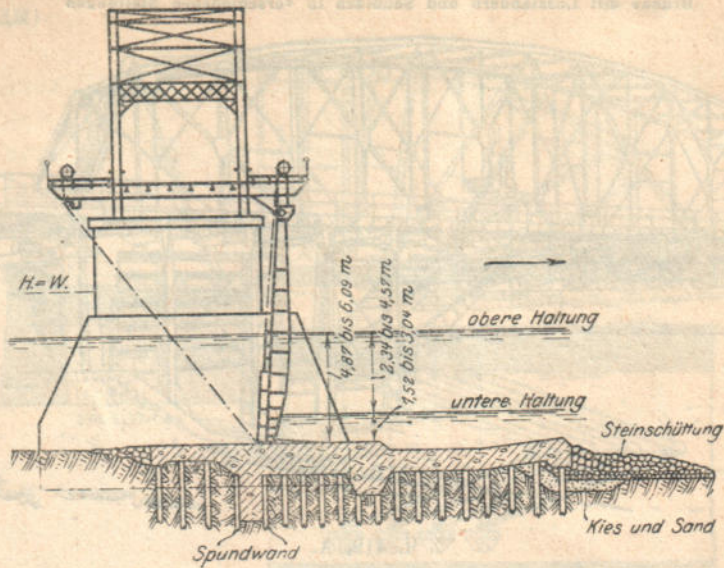
Maßstab 1:500



Ч. 419, Б.

Кроме системы Поаре, описанной выше, в плотинном деле применяется еще система Тавернье, заключающаяся в том, что подвижная шлюзовая промежуточная опора устраивается в виде стойки, шарнирно скрепленной с мостом, перекрывающим шлюз, и нижним

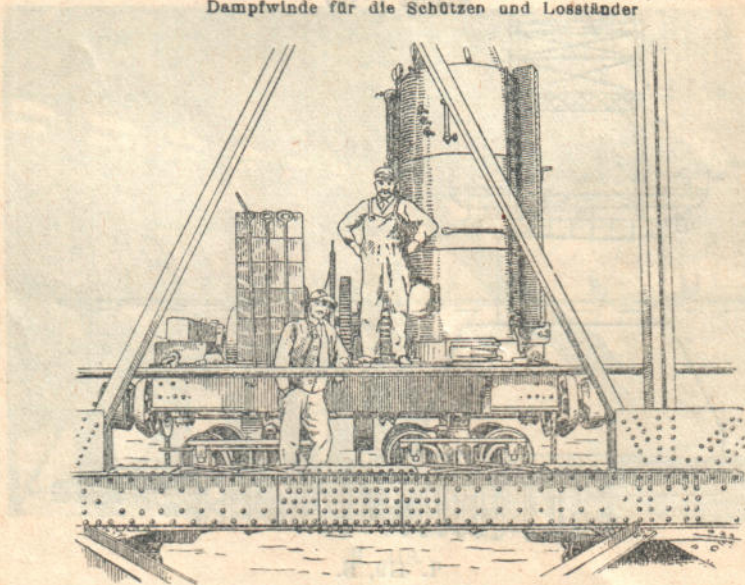
концом упирающейся в дно шлюза, при закрытых водопропускных отверстиях, а при открытых поднимается кверху, под мост.



Ч. 419, В.

При этом, обыкновенно, для большей жесткости конструкции в боковом направлении, соединяют по две смежные стойки в одну

Dampfwinde für die Schützen und Losständer

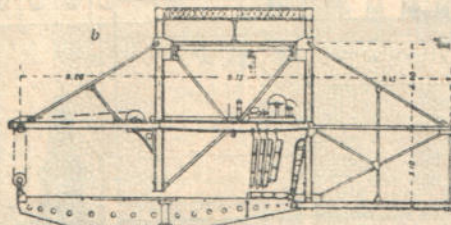
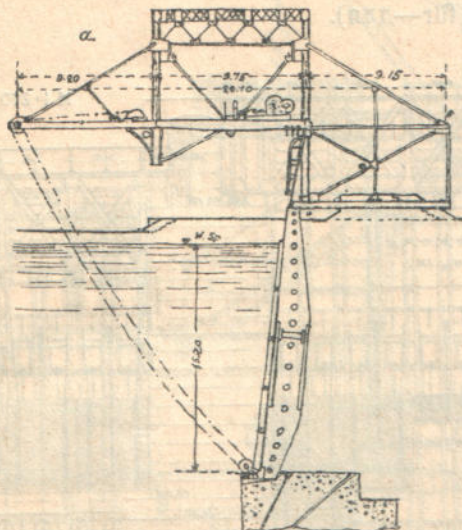


Ч. 419, Г.

раму (см. чч. 418 и 419); что же касается затворов, то применяют задвижные, скользящие или колесные щиты (см. чч. 418—420), или же шторы Камере (см. ч. 421).

Благодаря наличию места, достаточно возвышенного над дном шлюза для того, чтобы, при поднятых стойках, через шлюз можно было пропускать суда, устройство шлюза по системе Тавернье, или так называемой „мостовой плотины“, обходится, вообще говоря, дороже, чем устройство плотины с фермами Поаре.

На ч. 418 представлена мостовая плотина на реке Молдаве, у м. Мировиц (Mirowitz), в Богемии (Чехо-Словакия).



Schwebebühne (Drehbrücke mit Dualerücktrieb) unterhalb der oberen Φ-Büchsenbrücke

Ч. 420.

В пролете, шириной 56 м., помещено 25 пар стоек высотой по 10,4 м., при весе каждой рамы из двух стоек по 8,2 т.

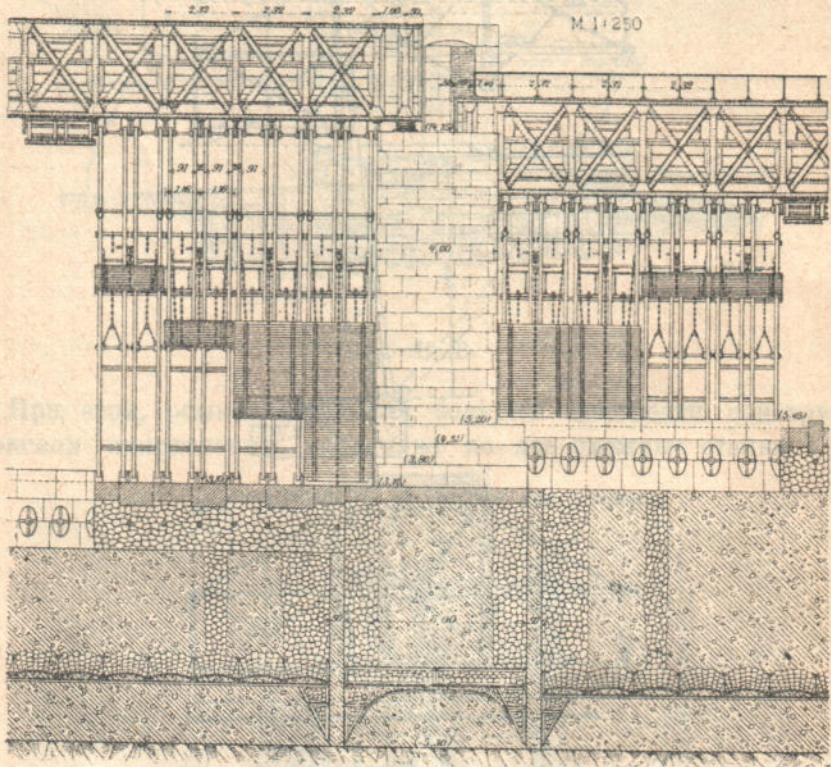
Ширина колесных щитовых железных затворов по 1,8 м.; высота по 5,3 м.; вес по 1,5 т.

На чч. 419, А, Б, В и Г представлена одна из восьми мостовых плотин, устроенных, по одному и тому же типу, на канализированной реке Mohawk, притоке реки Гудзона (Hudson), в североамериканском штате Нью Йорк.

При пролетах, изменяющихся от 46 м. до 73 м., высота стоек по 13,5 м.; стойки, весом каждая 3,9 т., расставлены на расстоянии 4,6 м. одна от другой и соединены попарно в рамы; водопропускное отверстие закрывается двумя рядами железных щитов, со свешивающимися

концами, шириною 9,0 м., при высоте: нижних щитов по 3,9 м. и верхних—по 2,3 м. (тч. 419, Б и В; м. 1:100).

(Brücke—мост; mit—с; Losständer—стойка; und—и; Schütze—щит; in verschiedenen Stellungen—в различных положениях; Querschnitt—поперечный разрез; hochgedreht—высоко поднятый; Massstab—масштаб; H. W. = Hohes Wasser—уровень высокой воды; obere—верхний; untere—нижний; Haltung—бьеф; bis—до; Steinschüttung—каменная наброска; Kies—гравий; Sand—песок; Spundwand—шпунтовый ряд; Dampfwinde—паровая лебедка; für—для).



Ч. 421, А.

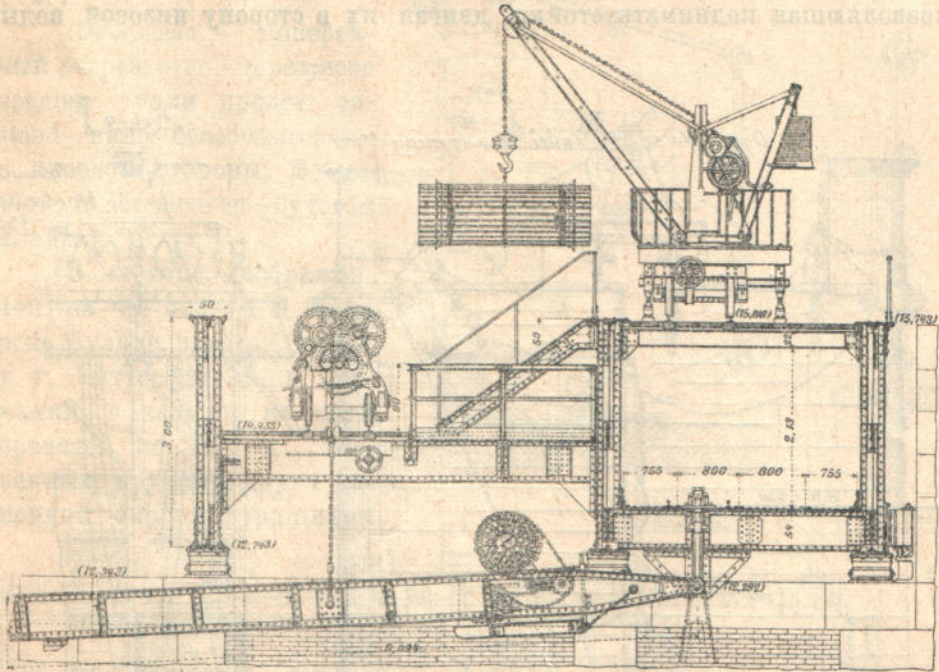
Ч. 420 представляет одну из трех мостовых плотин (с поворотным мостом), устроенных, по одному и тому же типу, на Панамском канале с верховой стороны камерных судоходных шлюзов: Gatun, Pedro Miguel и Miraflores и запираемых только в случае ремонта соответствующего шлюза.

Пролеты, по 33,5 м., закрываются 30 щитами шириною по 5,5 м., расположенными в 5 рядов, общей высотой 12,4 м.; в каждом пролете имеется по 6 пар стоек, при расстоянии между стойками по 2,8 м. (м. 1:250).

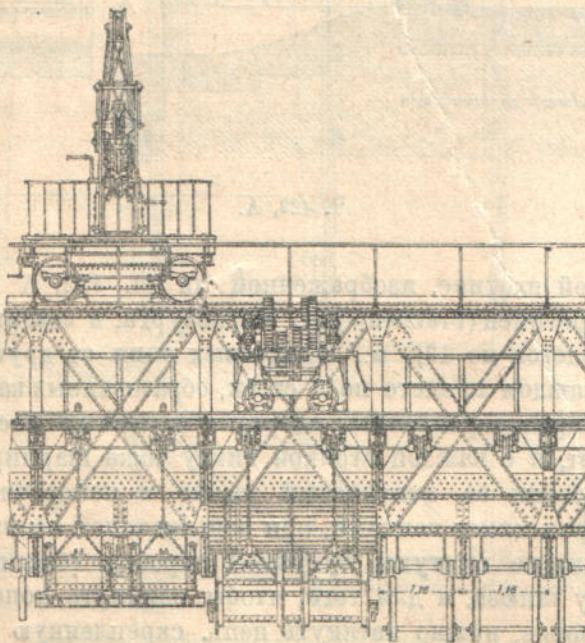
(Notverschluss—запасной затвор; Drehbrücke—поворотный мост; mit—с; Bouléschütze—щитовой затвор системы Буле; aussrhalb—вне;

ober — верхний; Schleusenaupt — голова камерного судоходного шлюза;
W. Sp. = Wasser Spiegel — уровень воды).

На чч. 421, А, Б и В представлена мостовая плотина со шторными затворами на р. Сене, у м. Поз (Poses), во Франции (мм.: ч. 421, А, 1:250; чч. 421, Б и В, 1:100).

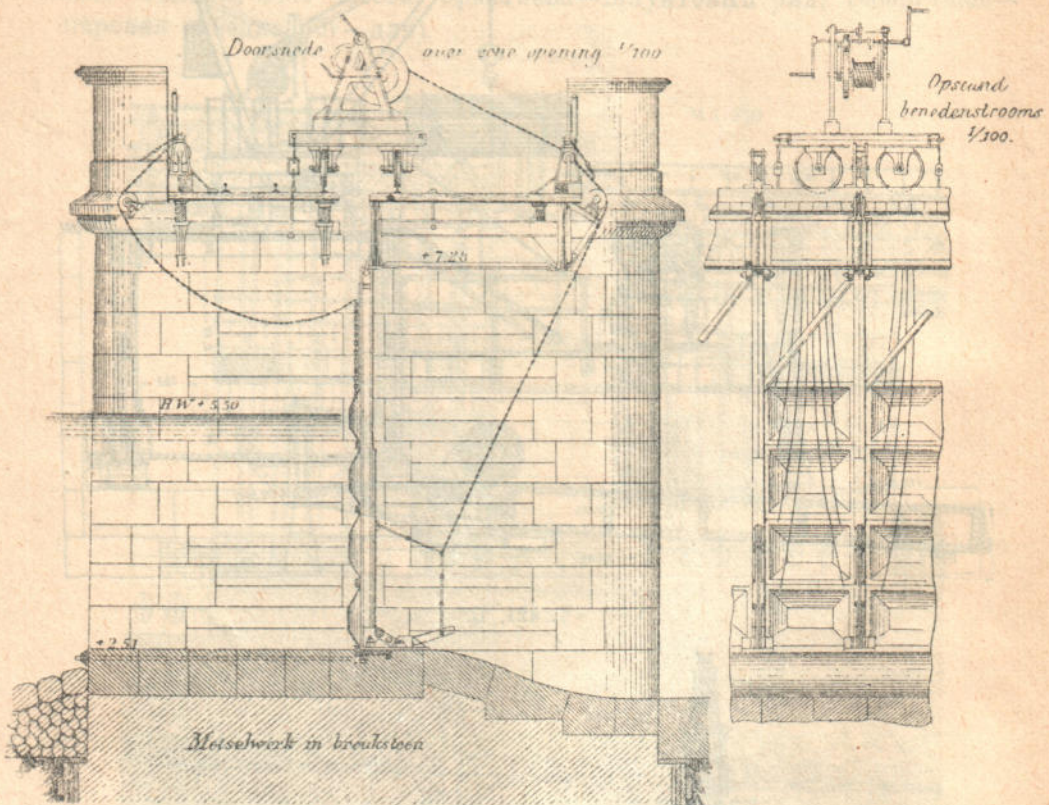


Ч. 421, Б.



Ч. 421, В.

В мостовых плотинах, при закрытых водопропускных отверстиях, стойки обыкновенно стоят несколько наклонно по течению (см. чч. 418—420) и их поднимают цепями, расположенными с верхней стороны стоек, но для того, чтобы легче производить разборку плотины во время ледохода, применяется также конструкция (см. чч. 422 и 423), позволяющая поднимать стойки, двигая их в сторону низовой воды.



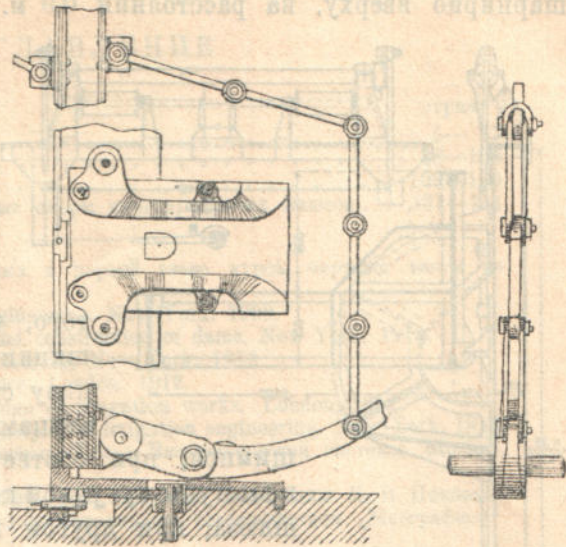
Ч. 422, А.

В мостовой плотине, изображенной на чч. 422, А и Б, на реке Эльбе, в м. Претциен (Pretzien), у г. Магдебурга, в северной Германии, имеется 9 пролетов по 12,6 м., отделенных один от другого каменной опорой, и в каждом пролете по 8 стоек, образованных каждая из двух корыт и шарнирно скрепленных вверху с железным мостом, перекрывающим пролет, и с каждой стойкой внизу тоже шарнирно скреплен, помещенный сзади ее, коленчатый рычаг с поперечным коротким стержнем, упирающимся концами, при вертикальном положении стойки, в соответствующие выступы чугунной коробки (башмака), прикрепленной к дну шлюза, а для того, чтобы сдвинуть поперечный стержень с его упоров, нужно натянуть цепь, скрепленную с коленчатым рычагом, и затем этой же цепью поднимают стойку под мост.

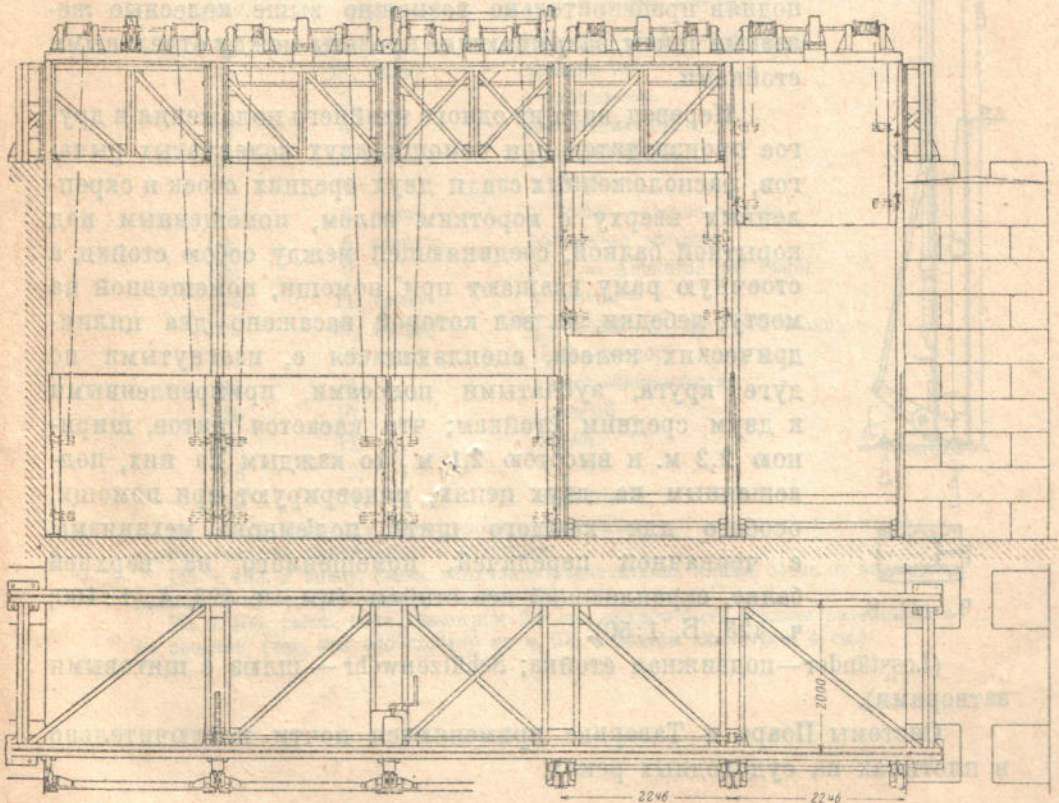
В каждом отдельном пролете, между двумя смежными стойками, помещаются четыре щита из лоткового железа, шириною по 1,3 м. и высотой по 0,84 м. (мм: ч. 422, А, 1:100; ч. 422, Б, 1:25).

(Doorsnede — поперечный разрез; over — через; eene opening — один пролет; orstand — вид; benedenstroms — с низовой стороны; Metselwerk in breuksteen — бутовая кладка).

В плотине, изображенной на чч. 423, 'А и Б, на реке Мульте, притоке Эльбы, у г. Биттерфельда, в Германии, в каждом из пяти пролетов, по 11,3 м., отделенных друг от друга каменной опорой, толщиной



Ч. 422, Б.



Losständer-Schützenwehr in der Mulde bei Bitterfeld. Maßstab 1:100

Ч. 423, А.

по 2,0 м., имеется по шести стоек, образованных: две крайних — каждая из одного корыта, а средние — из двух корыт, и скрепленных шарнирно вверху, на расстоянии 0,9 м. от верха стоек, при высоте



Ч. 423, Б.

стоек по 5,3 м., с передней продольной балкой железного моста, перекрывающего пролет плотины.

Между собою все стойки скреплены поверху балкой из корытного железа, а внизу уголком и, кроме того, валом, вращающимся в подшипниках, прикрепленных к самому низу стоек; вал снабжен двумя выступами у каждой стойки, упирающимися, при соответственном положении вала, в выступы чугунной коробки, прикрепленной к дну шлюза; при другом положении вала стойки уже не упрутся, через посредство вала и коробок, в дно шлюза, и можно поднять стоечную раму под мост, подняв предварительно возможно выше колесные железные щиты, закрывающие пролеты между отдельными стойками.

Перевод вала из одного крайнего положения в другое производится при помощи двух коленчатых рычагов, расположенных сзади двух средних стоек и скрепленных вверху с коротким валом, помещенным над корытной балкой, соединяющей между собою стойки, а стоечную раму вращают при помощи, помещенной на мосту, лебедки, на вал которой насажено два цилиндрических колеса, сцепляющиеся с, изогнутыми по дуге круга, зубчатыми полосами, прикрепленными к двум средним стойкам; что касается щитов, шириною 2,2 м. и высотой 2,1 м., то каждым из них, подвешенным на двух цепях, маневрируют при помощи, особого для каждого щита, подъемного механизма, с червячной передачей, помещенного на верхней балке, скрепляющей все стойки (мм.: ч. 423, А, 1:100; ч. 423, Б, 1:50).

(Losständer — подвижная стойка; Schützenwehr — шлюз с щитовыми затворами).

Системы Поаре и Тавернье применяются почти исключительно в плотинах на судоходных реках.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
VI. Деревянные шлюзы	5—37
VII. Каменные „	38—108
VIII. Железобетонные шлюзы	109—130
IX. Подвижные промежуточные опоры многопролетных шлюзов . .	131—184

Кроме источников, указанных в первой главе курса, чертежи взяты из следующих книг:

- 12) Mead. Water power engineering. New-York. 1908.
- 13) Wegmann. The design and construction of dams. New-York. 1912.
- 14) Wilson. Irrigation engineering. New-York. 1912.
- 15) Hanbury Brown. Irrigation. London. 1912.
- 16) Bligh. The practical design of irrigation works. London. 1912.
- 17) Newell and Murphy. Principles of irrigation engineering. New-York. 1913.
- 18) Петрашень. Отчет о переустройстве Вюртембергской системы. Москва. 1923 г.

№№ 303—312, 328—338, 380—385, 395—406 вычерчены К. В. Поповым. Клише для чертежей выполнены кооперативным товариществом „Мосграфика“.

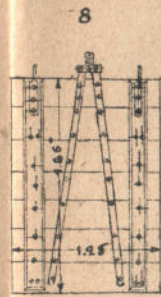
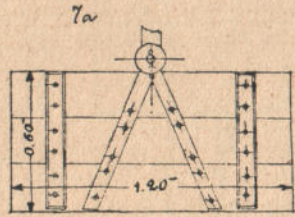
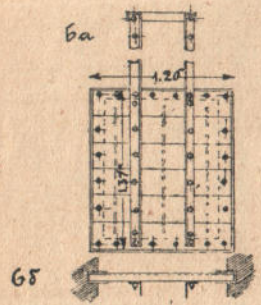
ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ:

стр.	строки.	следует читать.
15	18, сверху	$947-270-720x-680x^2=0$
45	11, снизу	прямую δ ;
47	9, „	с площадью=
77	6, „	расстояние $D\bar{R}$
81	7, сверху	пролет=10,0 м.;
83	4, „	ч. 34.5
93	17, снизу	\perp Irons—угловое железо
106	5, сверху	batters—с уклоном
108	3, „	A. P.=Amsterdamer Pegel
123	11, снизу	у стенки—
125	21, сверху	\perp —Beam—двутавровая балка;
128	9, снизу	Gate—затвор;
129	6, „	varies—изменяется;
129	10, „	главный
168	11, „	Ogäjo
176	5, „	„
180	1, „	ausserhalb

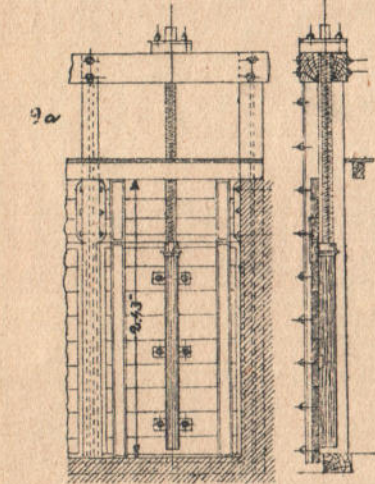
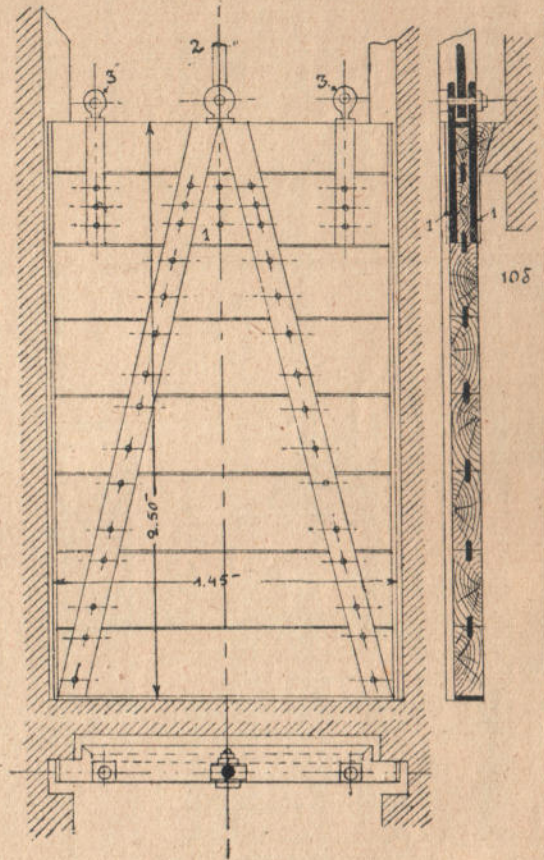
На ч. 402, E сверху, слева, нижняя горизонтальная линия, слева от накладки, должна быть не пунктирная, а сплошная;

На ч. 402, F внизу, слева, верхняя горизонтальная линия, слева от накладки, должна быть не пунктирная, а сплошная;

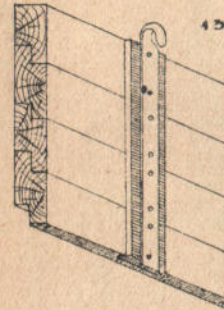
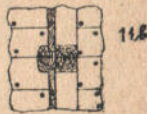
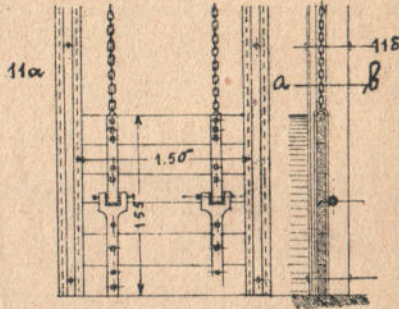
На ч. 406, слева, болт диаметром 2,5 см., должен быть показан разорванным по середине, (так, как это сделано на ч. 405 с болтом диаметром 4 см.).



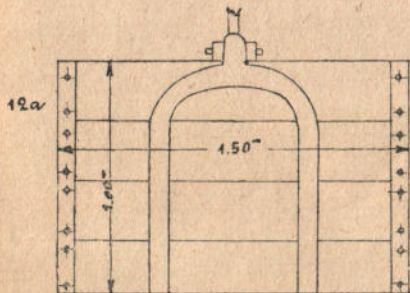
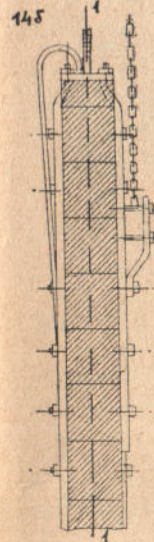
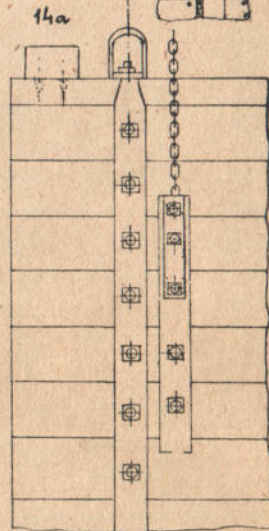
10a



9b



14a

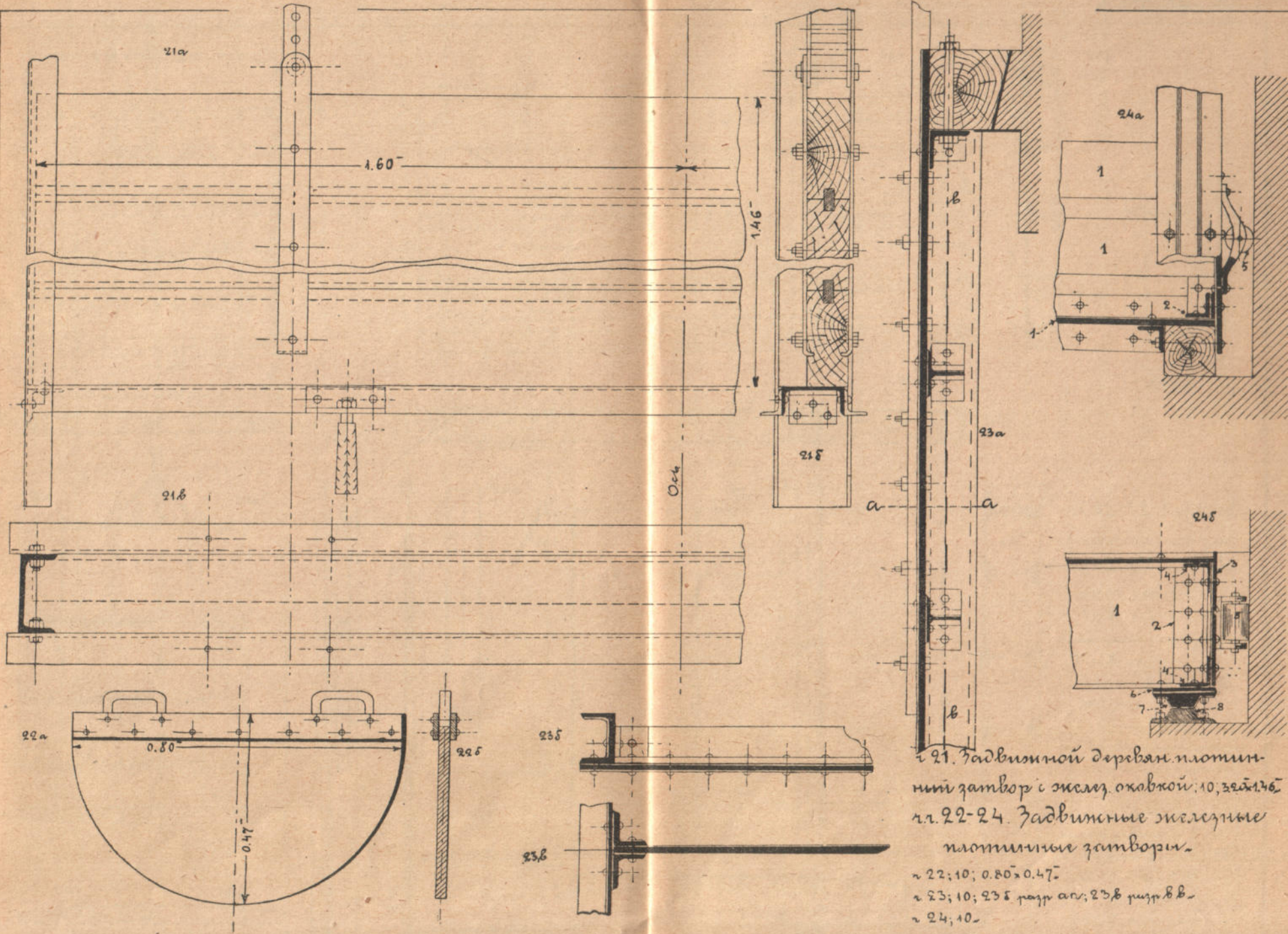


12b

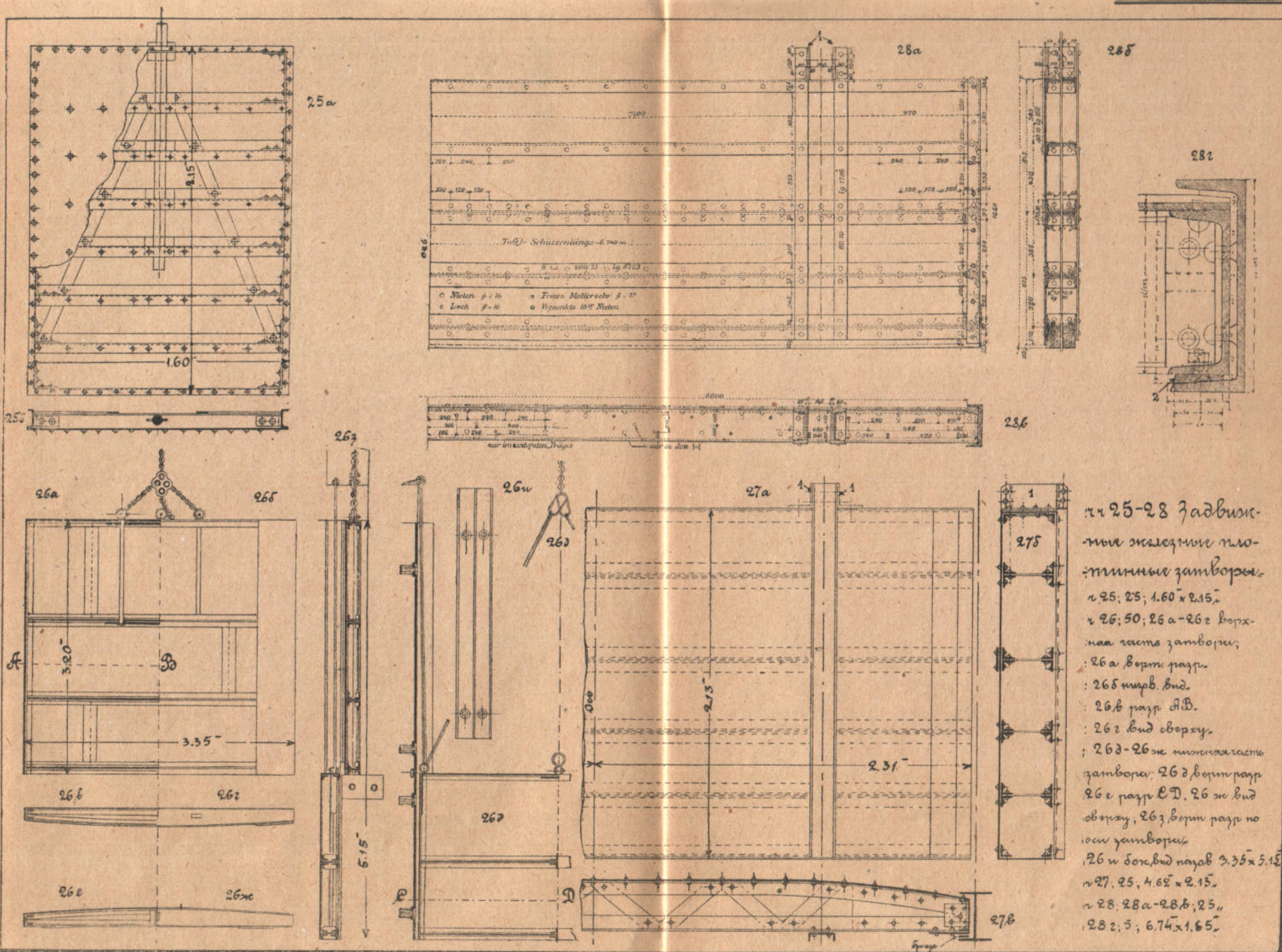


№ 6-14 Задвижные деревянные плотные затворы с железной окантовкой.

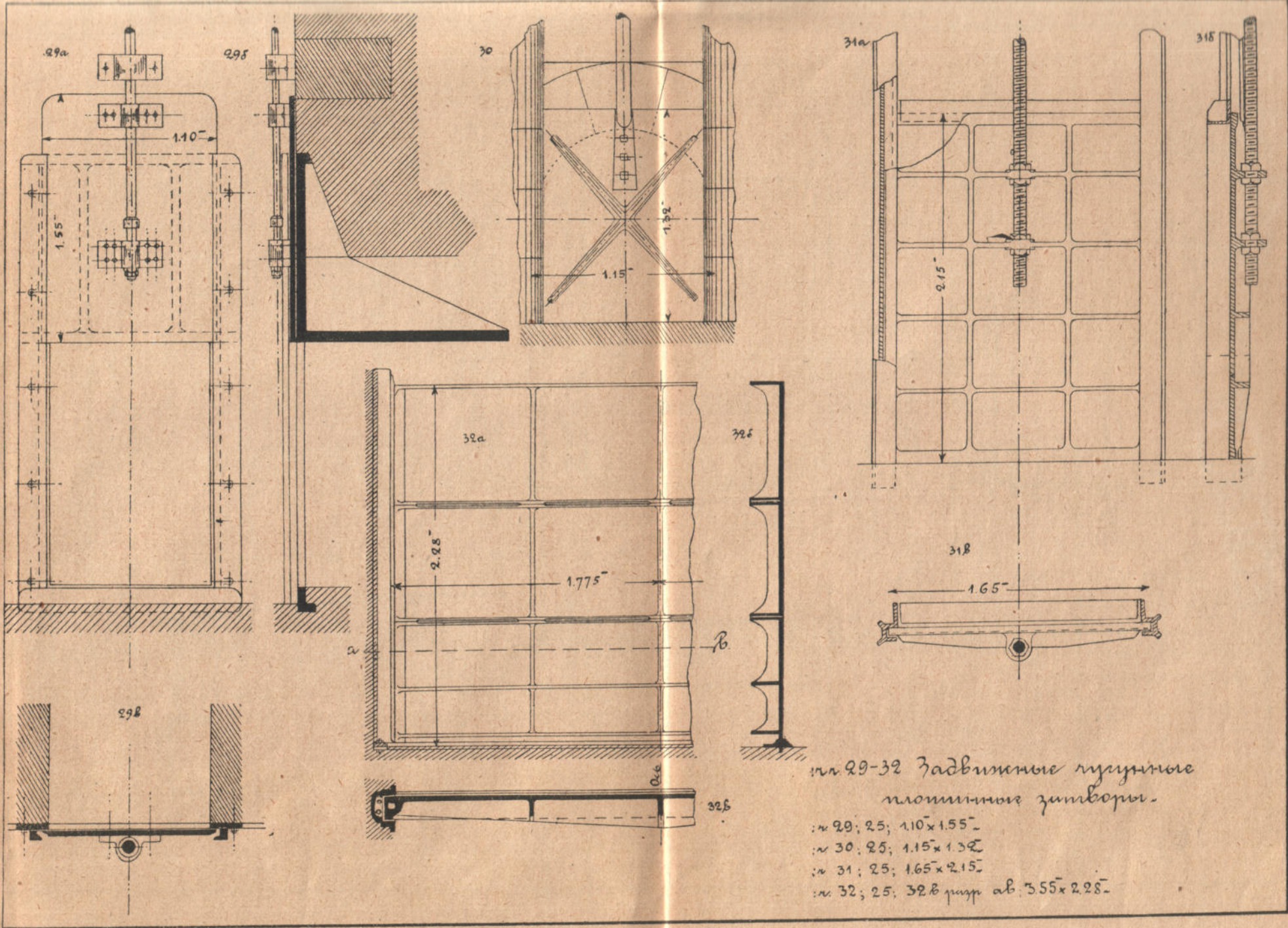
- ~ 6, 50; 1,20 x 1,37
- ~ 7, 25; 1,20 x 0,60
- ~ 8, 50; 1,28 x 1,85
- ~ 9, 50; 1,35 x 2,43
- ~ 10, 25; 1,45 x 2,50
- ~ 11, 50; 118 мм отв, 1,50 x 1,55
- ~ 12, 25; 1,50 x 0,60
- ~ 13, 25
- ~ 14, 25



21. Задвижной деревянный затвор с металлич. окантовкой; 10, 34x136
 ил. 22-24. Задвижные металлические
 затворы.
 ~ 22; 10; 0.80x0.47.
 ~ 23; 10; 23b разр. а-а; 23c разр. б-б.
 ~ 24; 10.

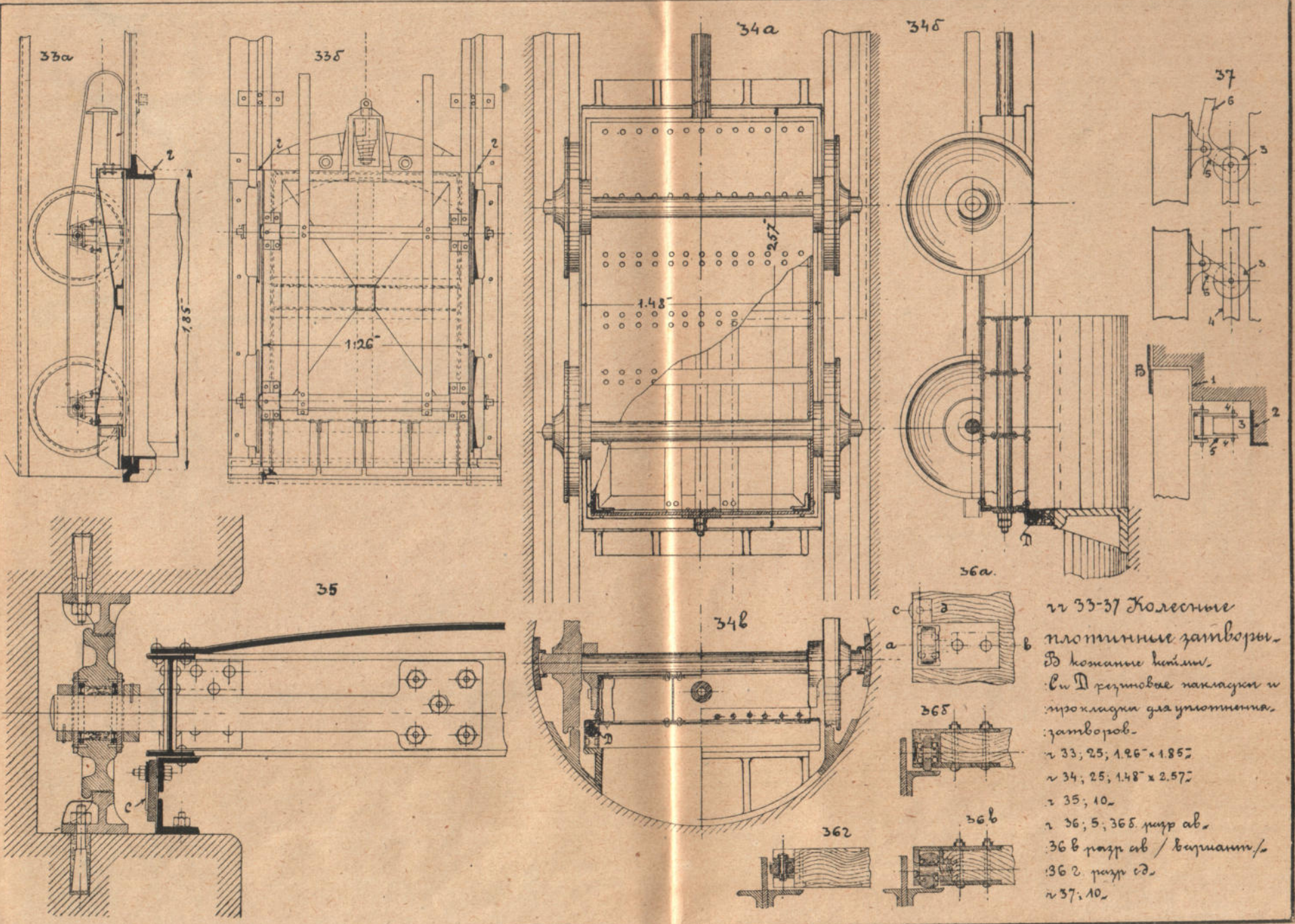


к 25-28 задвижные железные противотнпные затворы
 к 25; 25; 1.60 x 2.15
 к 26; 50; 26 а-26 г верхняя часть затвора;
 26 а верх разр.
 26 б шир. вид.
 26 в разр. А.В.
 26 г вид сверху.
 26 д-26 ж нижняя часть затвора; 26 д верх разр.
 26 е разр. С.Д. 26 ж вид сверху, 26 з верх разр по оси затвора
 26 и боц. вид разр 3.35 x 5.15
 к 27; 25; 4.62 x 2.15
 к 28; 28 а-28 б; 25
 28 г; 5; 6.74 x 1.65

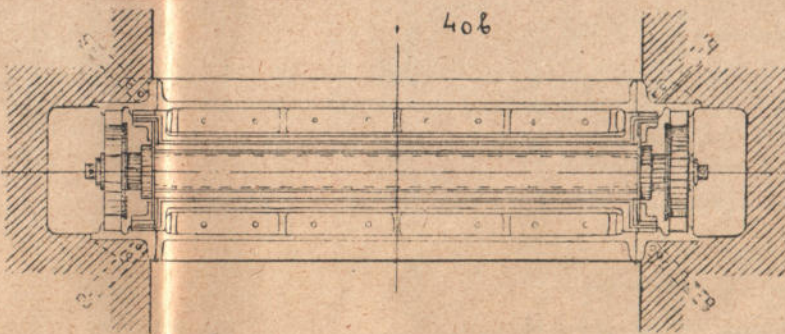
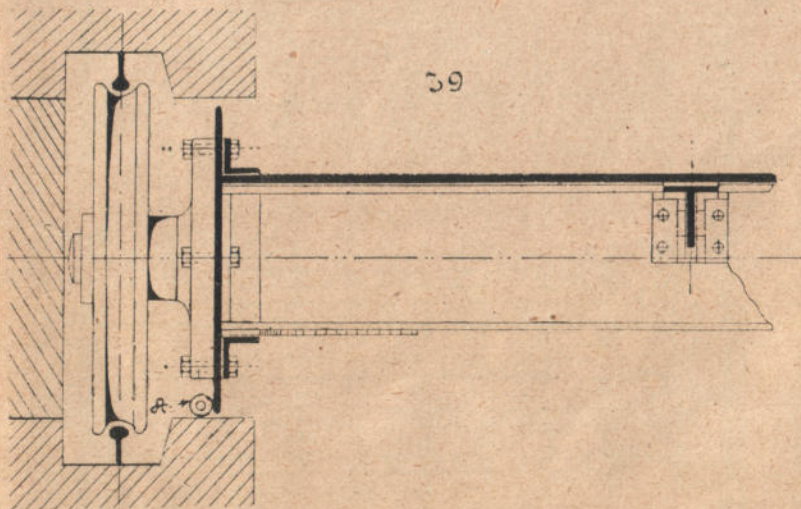
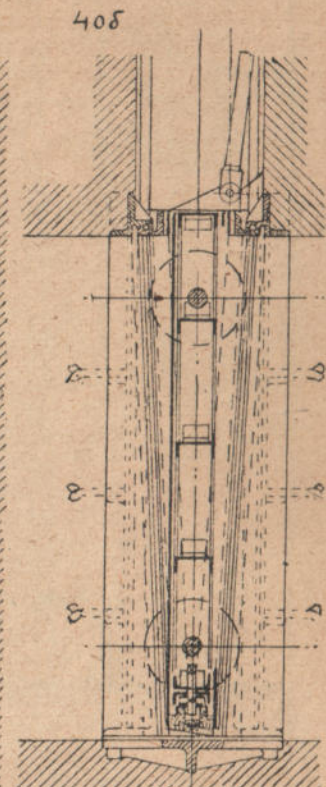
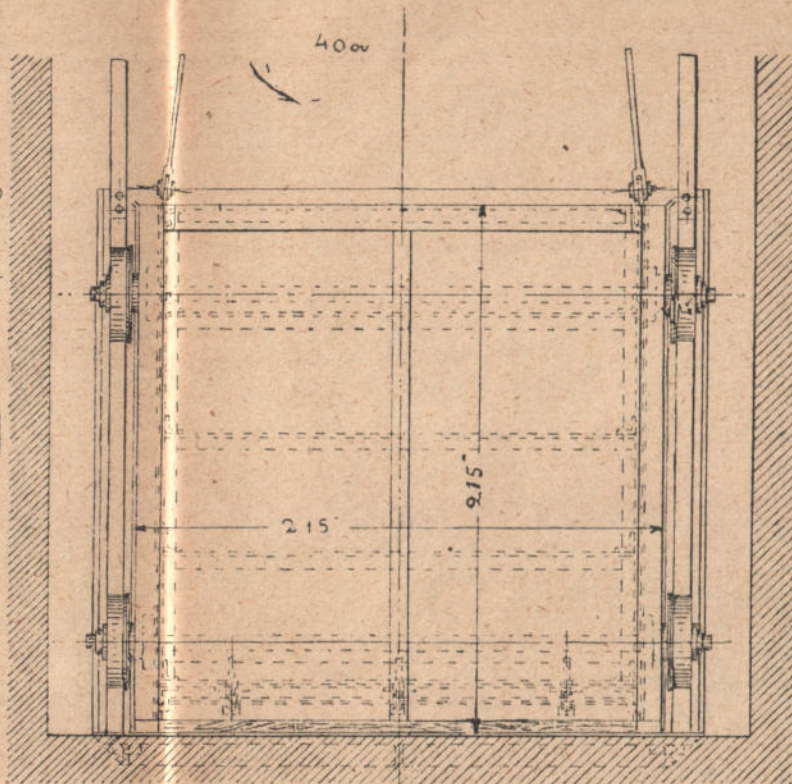
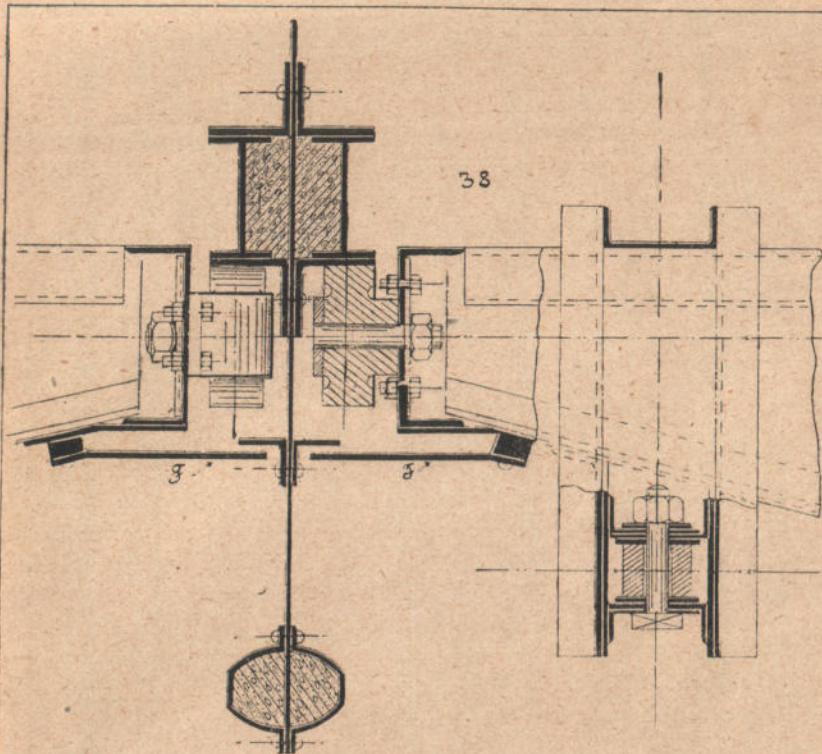


мн 29-32 Задвижные ступенчатые
пропильные рамы.

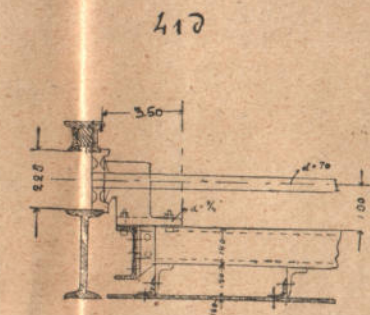
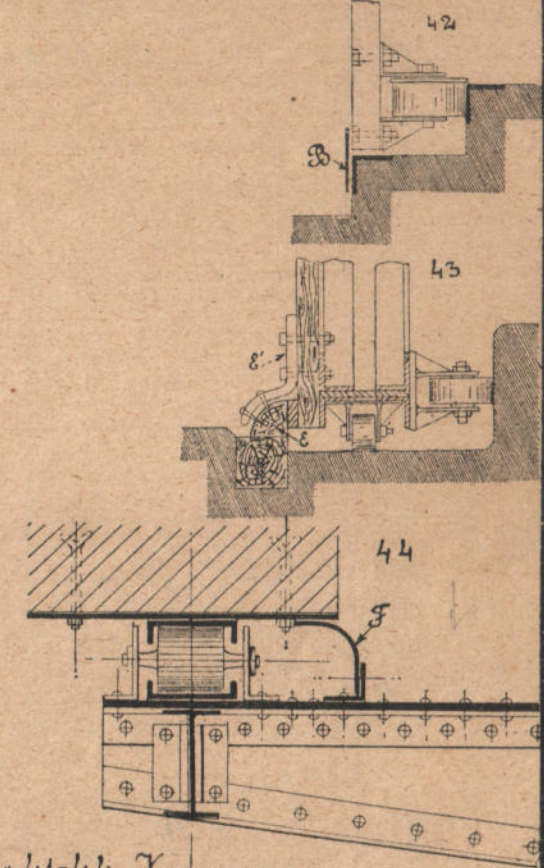
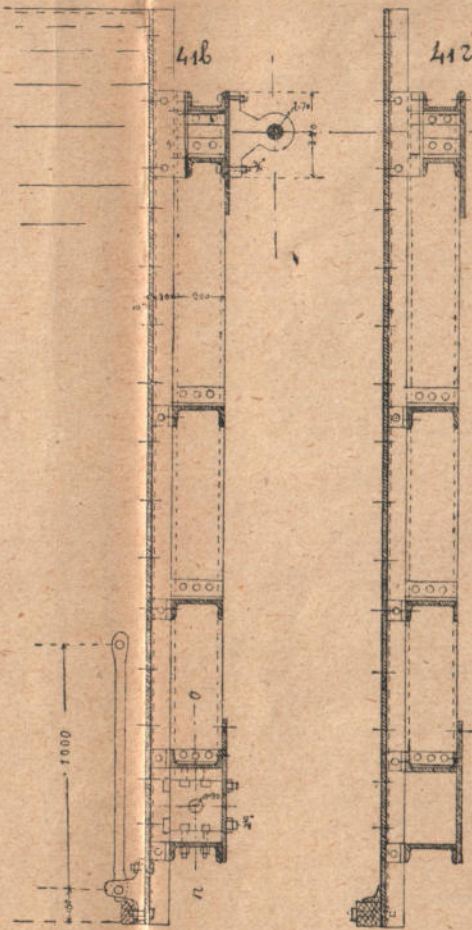
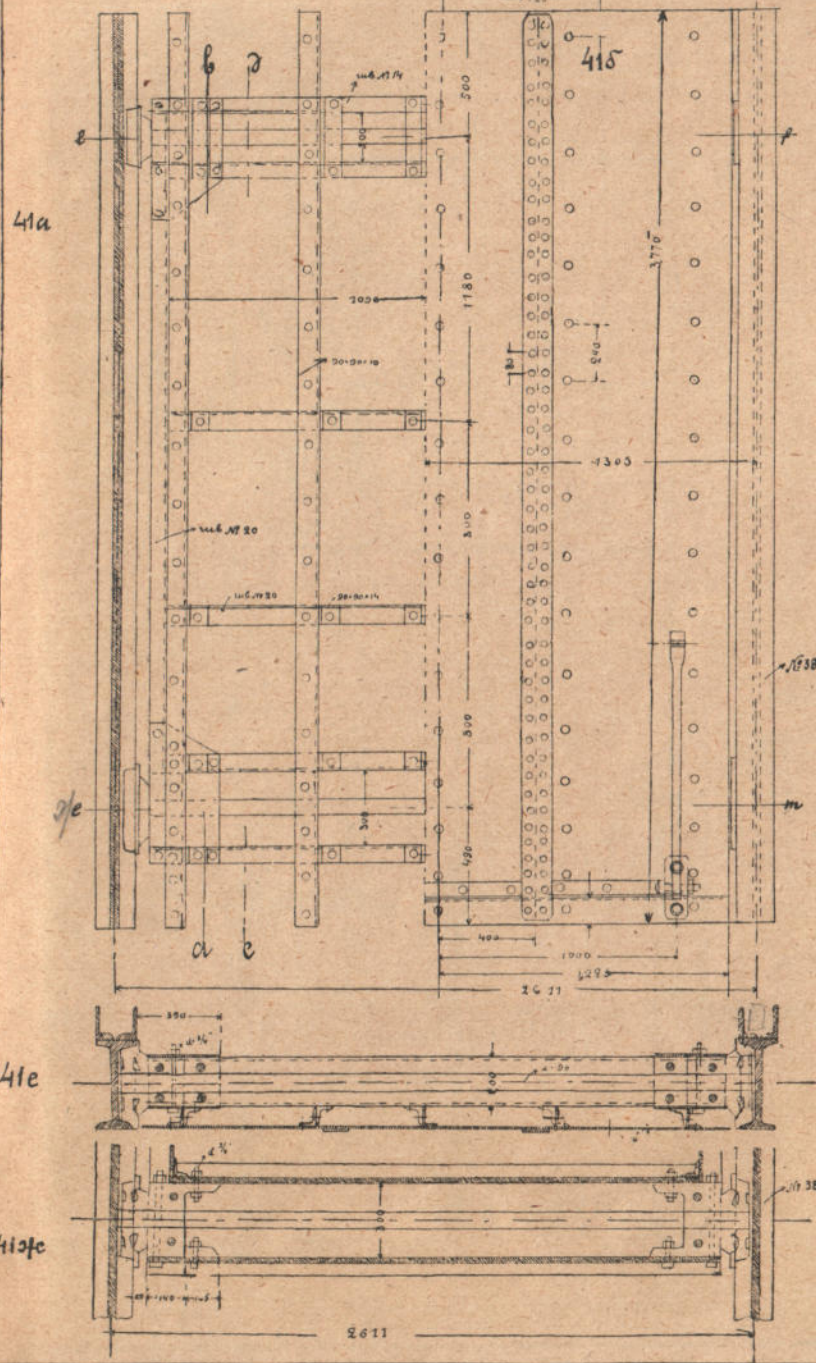
- м 29; 25; 1.10 x 1.55
- м 30; 25; 1.15 x 1.32
- м 31; 25; 1.65 x 2.15
- м 32; 25; 32в шаг об. 5.55 x 2.28



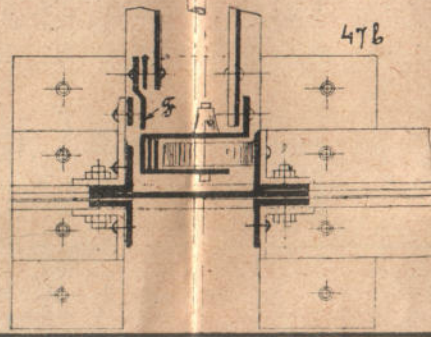
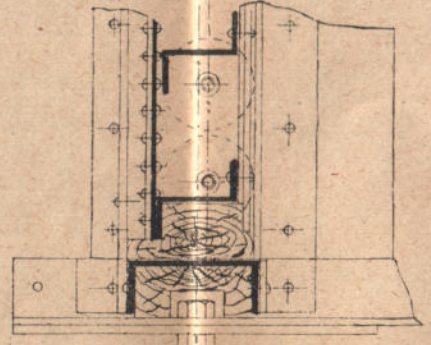
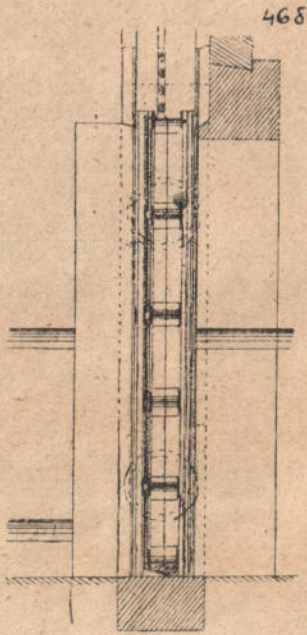
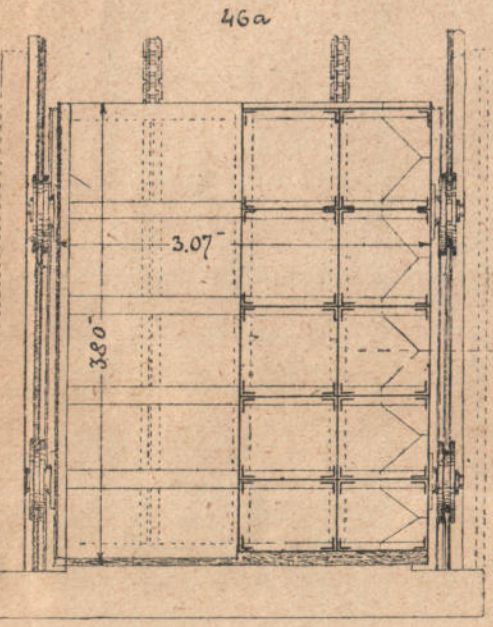
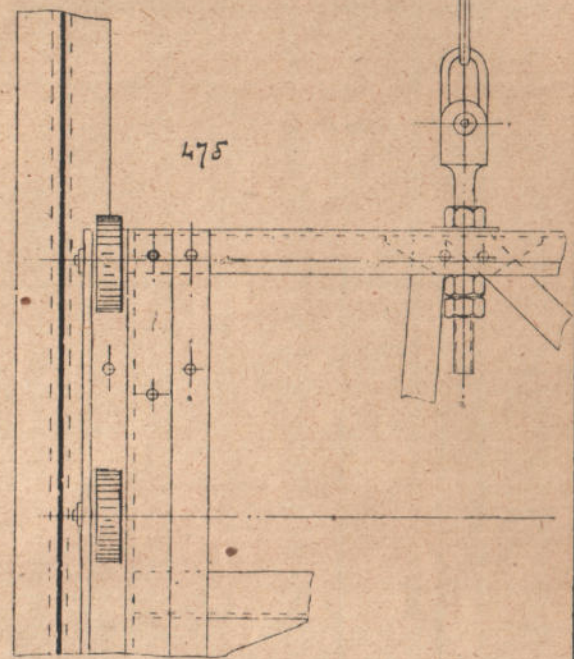
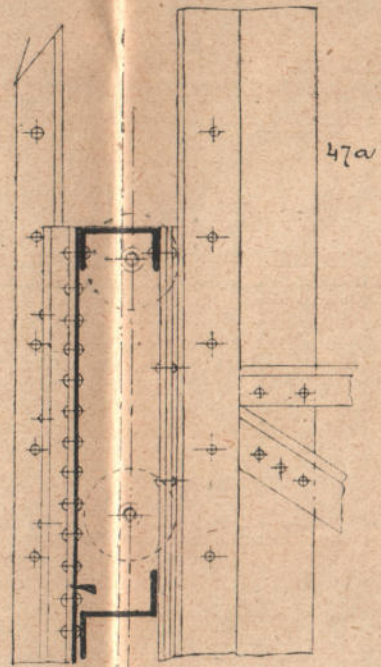
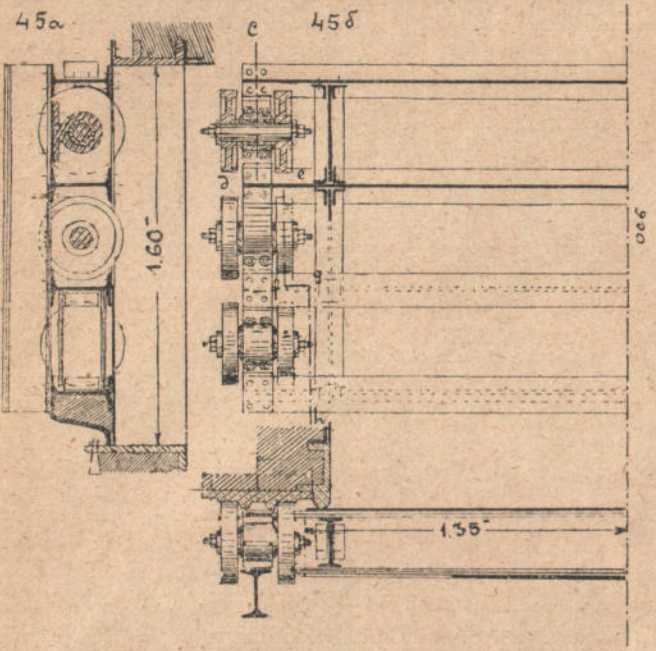
и 33-37 Колесные
плотинные затворы.
В кожаны колес,
в Д резиновые пакеты и
прокладки для уплотнения
затворов.
~ 33, 25; 1.85 x 1.85;
~ 34, 25; 1.48 x 2.57;
~ 35, 10;
~ 36, 5; 36б. разр ав,
36в разр ав / вариант /
36г разр од,
~ 37, 10.



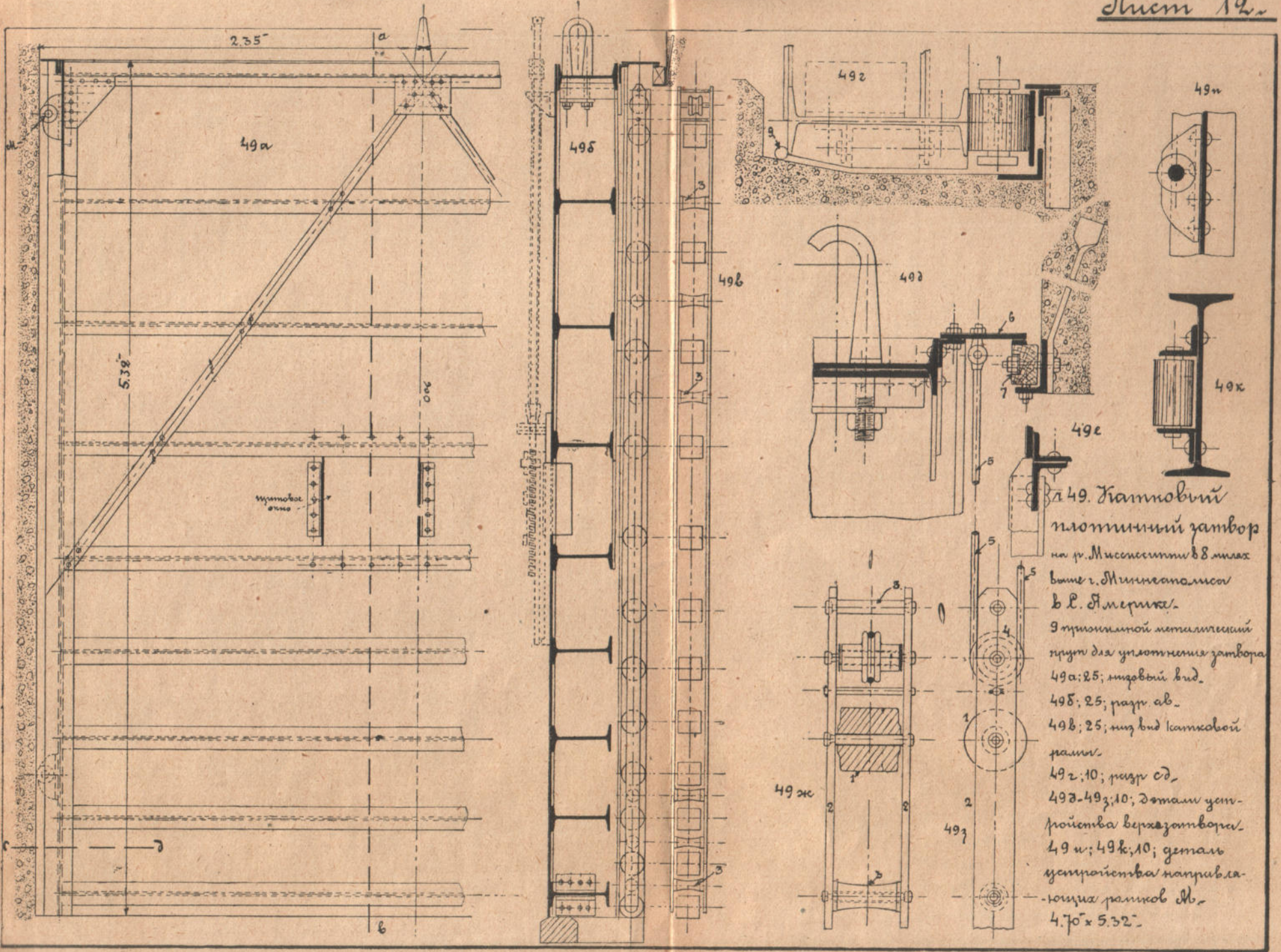
к. 38-40 Колесные
плотинные
затворы.
А латунные канаты.
Б прижимные металличе-
ские пластины
для уплотнения зат-
воров.
~ 38; 10,
~ 39; 10,
~ 40; 25, 2,15 x 2,15



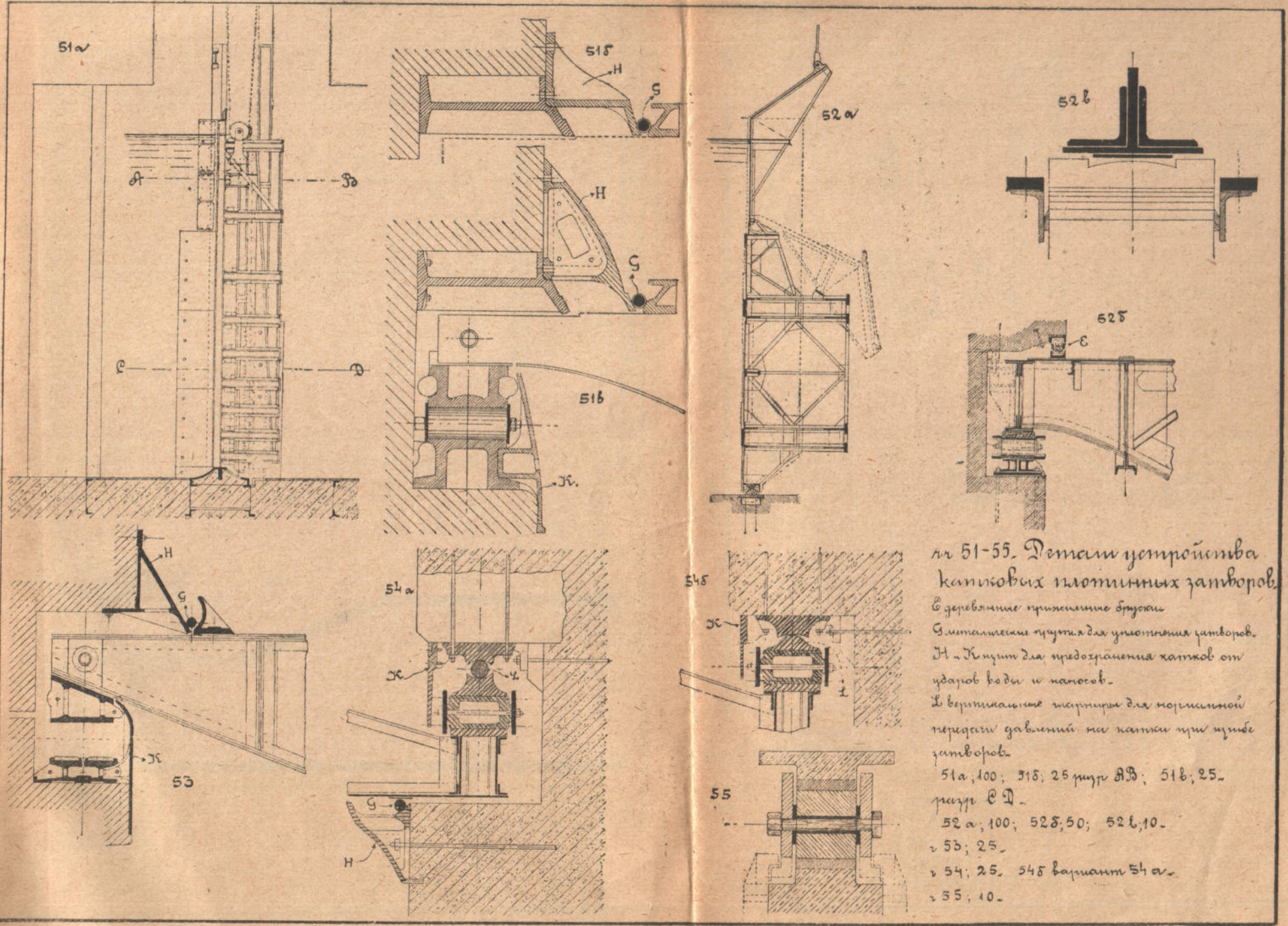
и 41-44 Коленные
 монтажные замборы.
 В колене каинт. Е деревянные прижимные
 брусья Ж металлические прижимные
 стипиты для уплотнения замборов.
 и 41; 25 41а верх. буг без обшивки,
 41б с обшивкой, 41в разр ав; 41г разр од,
 41д разр еф; 41е разр лш; 41 ж разр шш,
 2.45 x 3.77
 и 42; 25
 и 43; 25
 и 44; 10,



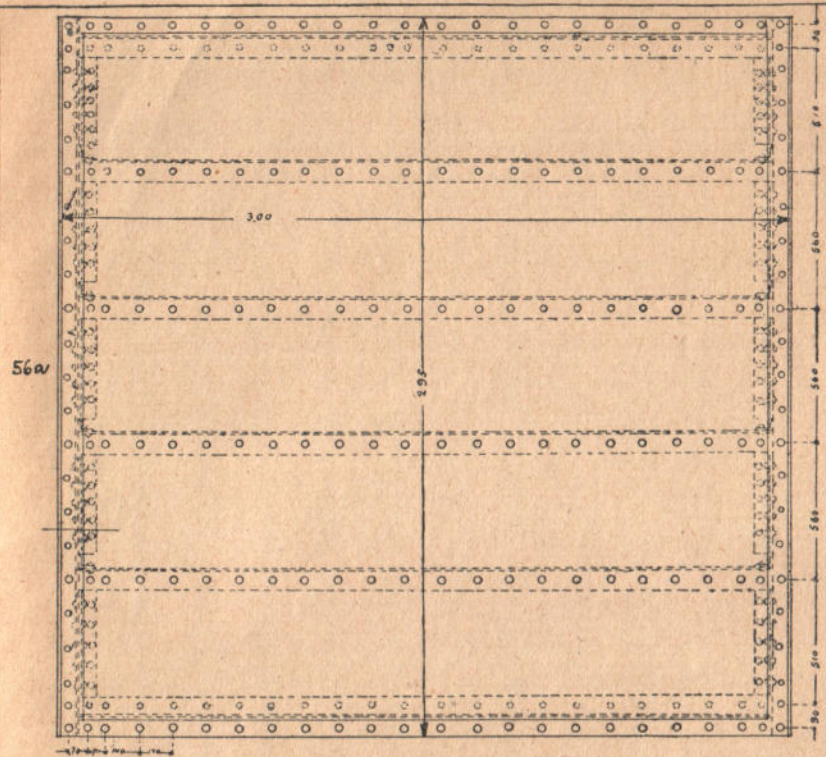
из 45-47 Железные плотные затворы.
 Функционные металлические пластины для
 уплотнения затворов.
 к 45; 25; 45а размер с д е г ж; на водонепроница-
 ной плетке Мюржана в Берлине.
 2.70 x 1.60
 к 46; 50; 3.07 x 3.80.
 к 47; 10.



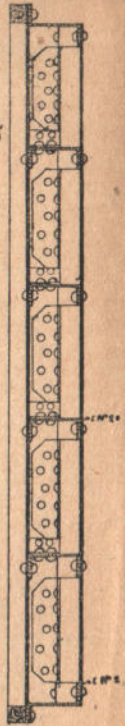
49. Каменный
плотный замок
на р. Миссисипи в 8 милях
выше г. Миннеаполиса
в Л. Америке.
9-тиштыковой металлический
прут для уплотнения замка
49а; 25; изогнутый вид.
49б; 25; разр. а-в.
49в; 25; изг. вид каменной
рамки.
49г; 10; разр. с-д.
49д-49з; 10; детали уст-
ройства верх. замка.
49и; 49к; 10; детали
устройства направля-
ющих рамков №
4.70 x 5.32.



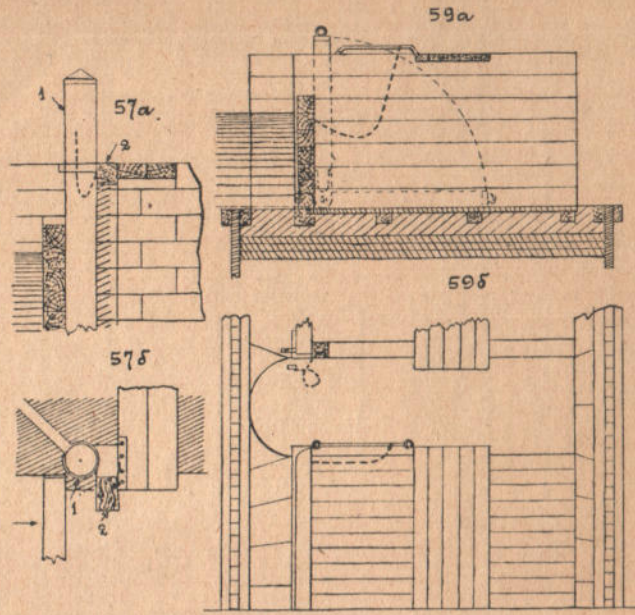
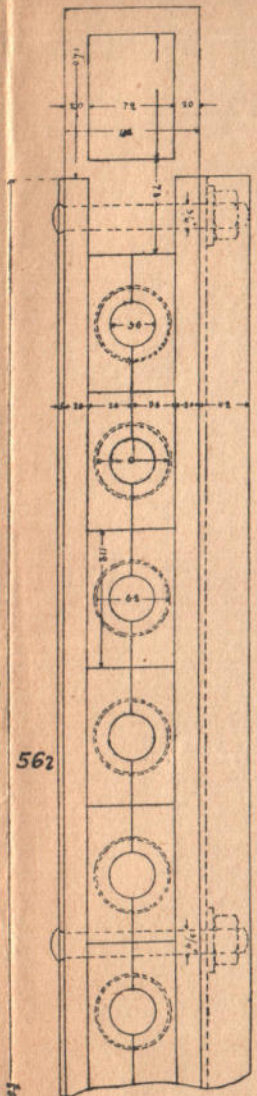
и 51-55. Детали устройства
 капиллярных плотных затворов.
 В деревянные прижимные бруски
 вставляются шпильки для уплотнения затворов.
 И - И шпильки для предохранения катушек от
 ударов воды и наносов.
 L вертикальные шпильки для нормального
 перепада давлений на катушки при работе
 затворов.
 51a, 100; 51b, 25 мм в диаметре; 51b, 25.
 52a, 100; 52c, 50; 52b, 10.
 53, 25.
 54, 25. 54b вариант 54a.
 55, 10.



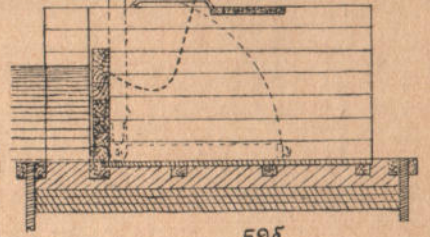
56b



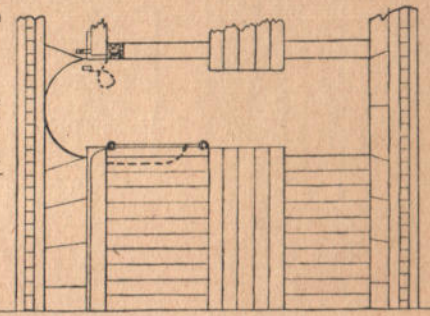
56c



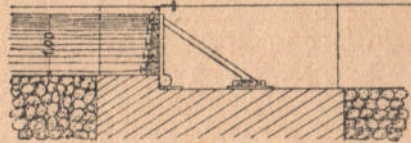
59a



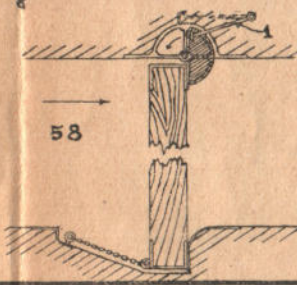
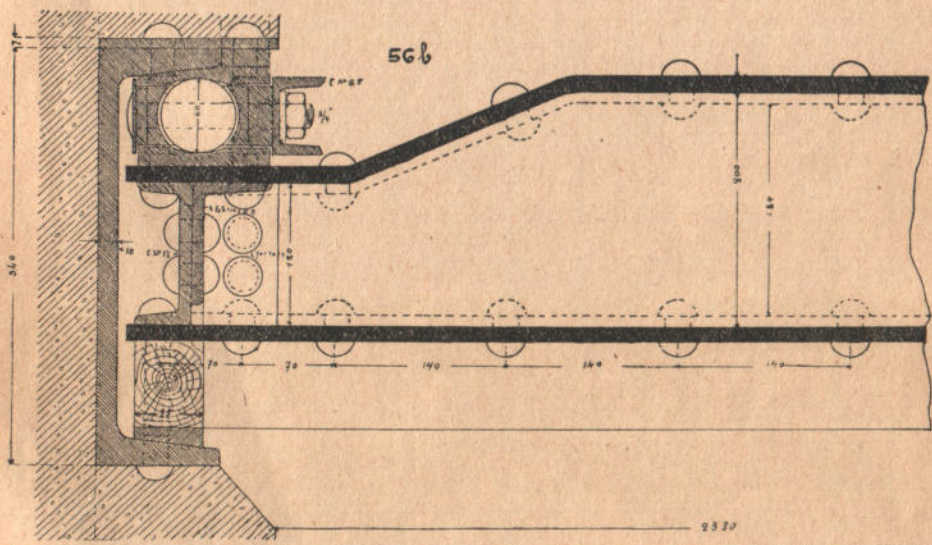
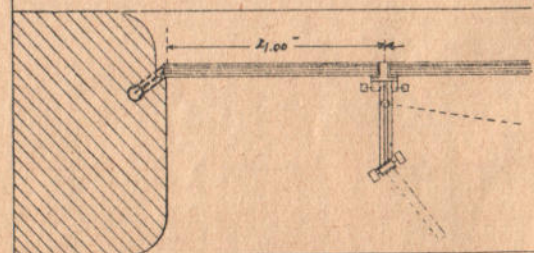
59b



60a



60b



~ 56 Плотинный затвор на тарихах.
 56a, 56b, 25; 56b; 56c; 5, 3.00 x 2.95.
 ~ 57-60 Мандорные плотинные
 затворы.
 ~ 57; 50.
 ~ 58; 25.
 ~ 59; 50.
 ~ 60; 100; 8.00 x 1.00.