

А. Меръ Эммануильяницъ.

Студ. Инст. Инж. П. С.

**ДІАГРАММЫ**  
Д Л Я  
ОПРЕДѢЛЕНІЯ ОТВЕРСТІЙ  
МАЛЫХЪ МОСТОВЪ.



ИЗДАНИЕ

Студ. Библиотеки Института Инж. П. С.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.  
Типографія А. Б. Левера Фонтанка № 108.  
1912.

## Графическій разчетъ отверстій малыхъ мостовъ по формуламъ:

$$\begin{array}{ll}
 Q = q & y = k - a - s \approx 0,50 \text{ саж.} \\
 q = \omega \cdot u & s = h + z - f \\
 u = c \sqrt{f} & z = \frac{V^2 - u^2/4}{9,2} \\
 c = \frac{R}{\sqrt{R\alpha^1 + \beta^1}} & V = \beta \sqrt[3]{(Q/X)^2} \\
 R = \omega/p & 
 \end{array}$$

Гдѣ  $Q$  — расходъ, опредѣленный по Кестлину или какъ нибудь заданный.

$q$  — теоретическій расходъ.

$\omega$  — живое сѣченіе, при которомъ  $Q = q$ .

$u$  — средняя скорость теченія.

$h$  — глубина потока до постройки моста.

$p$  — подводный периметръ.

$R$  — подводный радіусъ.

$\alpha^1$   $\beta^1$  — величины, данныя Дарси  $\alpha^1 = 0,000597$ ;  $\beta^1 = 0,00035$

$X$  — принимаемое отверстие моста.

$y$  — свободная высота между низомъ фермы и подпертымъ горизонтомъ высокихъ водъ.

$a$  — величина, зависящая отъ типа перекрытія, назначенія линіи и толщины балластнаго слоя.

$f$  — стрѣла прогиба лотка.

$z$  — подпоръ при высокомъ горизонтѣ.

$k$  — красная отмѣтка моста = отмѣткѣ бровки — отмѣтка обрѣза фундамента.

$V$  — дѣйствительная скорость подь мостомъ.

$\beta$  — величина, приводимая въ таблицяхъ, зависящая отъ

$$\beta = \frac{0,00063012 (13,8h - u^2)^3}{(Q/X)^2}$$

Долгая и непроизводительная трата энергій и времени при подборѣ отверстій малыхъ мостовъ Кумской линіи Влк. ж. д. привела меня къ мыслямъ объ упрощеніи и ускореніи той утомительной работы, которую приходится исполнять, подбирая отверстия, въ особенности, когда подь рукой нѣтъ аринометра.

Графическимъ построениемъ формулъ я достигъ упрощенія и ускоренія рѣшенія задачи и по прилагаемымъ при семь диаграммамъ закончилъ расчетъ оставшихся несчитанными отверстій 9-ти мостовъ. Предлагая на судъ читателя выработанныя мною диаграммы съ описаніемъ теоріи и способа пользования, имѣю заявить, что по первой диаграммѣ для опредѣленія живого сѣченія, а слѣдовательно и средней скорости и, требуется 4-5 минутъ, а по второй диаграммѣ подпоръ  $z$  опредѣляется максимумъ въ одну минуту.

Кромѣ того надо присовокупить, что по диаграммамъ очень легко ориентироваться въ данныхъ, т. е. наглядна зависимость между гидравлическими и геометрическими величинами.

### I Первая диаграмма.

Опредѣленіе живого сѣченія и средней скорости.

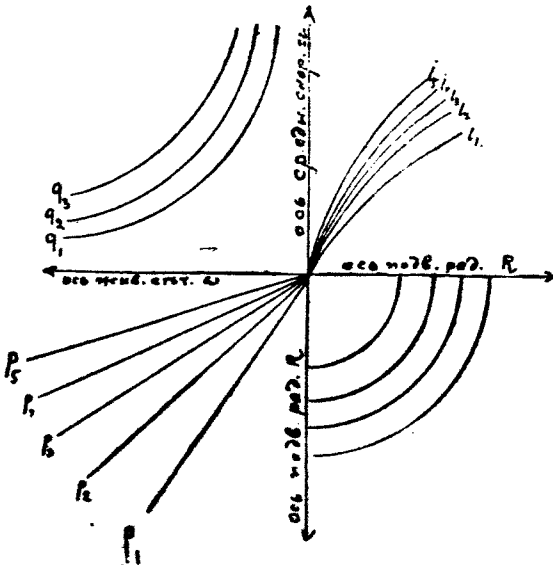
1. Теорія. Формулы  $Q=q$

$$I) q = \omega \cdot u$$

$$II) u = c \sqrt{i} = \frac{R}{\sqrt{R \alpha^4 + \beta^4}} \sqrt{i}$$

$$III) R = \omega \cdot p$$

Если занять три угла координатъ, то будемъ имѣть въ лѣвомъ верхнемъ углу  $f(\omega, u) = 0 \dots (I)$  при параметрѣ  $q$  — разныя равнобочныя гиперболы; въ правомъ верхнемъ углу  $f(u, R) = 0 \dots (II)$  при параметрѣ  $i$  разныя кривыя и, наконецъ, въ лѣвомъ нижнемъ углу  $f_{\omega}(\omega, R)$  разныя прямыя при параметрѣ  $p$ ; если теперь заполнить четвертый уголъ концентрическими окружностями для переноса  $R$ , будемъ имѣть полную картину первой диаграммы.

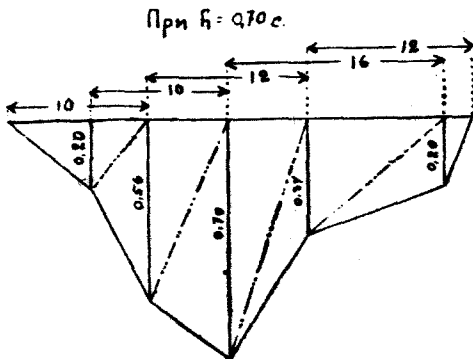


2 Процессъ нахождения живого сѣченія и средней скорости и. На кривой  $f(u, \omega) = 0$  при данномъ  $Q = q$  беремъ три какихъ угодно точки, ведемъ направо горизонтальныя линіи до пересѣченія съ кривой  $f(u, R) = 0$  заданнаго уклона мѣстности, абсциссу пересѣченія переводимъ по концентрическимъ кругамъ до вертикальной обращенной внизъ оси  $R$ . Проводя затѣмъ горизонтали черезъ найденныя точки до вертикальныхъ линій, проведенныхъ черезъ первоначально взятыхъ точки, въ пересѣченіяхъ найдемъ точки, геометрическое мѣсто которыхъ будетъ кривая, удовлетворяющая гидравлическимъ заданіямъ.

Итакъ получится нѣкоторая  $F(\omega, R) = 0$  изъ гидравлическихъ соображеній. Теперь надо для нахождения точки найти новую  $F(\omega, R) = 0$ . [пересѣченіе  $F(\omega, R) = 0$  и  $F(\omega, R) = 0$  будетъ искомая точка], но изъ геометрическихъ соображеній. Для этого имѣемъ нивелировку лога по оси полотна желѣзной дороги. Выбираемъ нѣкоторую высоту  $h$ , вычисляемъ площадь живого сѣченія  $\omega$  и  $R$ ; это дастъ намъ одну точку, а другую точку находимъ, беря новый  $h$ , площ. живого сѣченія  $\omega$  и  $R$ . Проводя прямую черезъ полученныя точки будемъ имѣть  $F(\omega, R) = 0$  изъ геометрическихъ соображеній. Пересѣченіе  $F(\omega, R) = 0$  и  $F(\omega, R) = 0$  дастъ искомую  $\omega$ ,  $u$ ,  $R$ ,  $p$ , что понятно по диаграммѣ.

Можетъ возникнуть вопросъ о точности  $F(\omega, R) = 0$  по двумъ точкамъ. Неоднократное передѣлываніе  $\omega$ ,  $p$ ,  $R$ , безъ вывода математическихъ формулъ, даетъ возможность предполагать слишкомъ малые предѣлы  $R$ , а слѣдовательно слишкомъ большой радіусъ кривизны  $F(\omega, R) = 0$ , поэтому, съ точностью свойственной всѣмъ графическимъ способамъ, можно безъ погрѣшности по двумъ точкамъ строить  $F(\omega, R) = 0$ , т. е. геометрическую зависимость между  $\omega$  и  $R$ , по условіямъ лога.

Чтобы не быть голословнымъ приведемъ примѣръ:



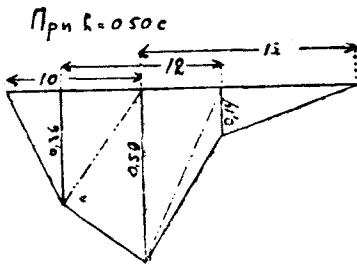
при  $h = 0,70$

$$\omega = \frac{1}{2} [ 0, 2.10 + 0,56.10 + 0,7.12 + 0,34.16 + 0,20.12 ] = 11,92 \text{ кв.с.}$$

$$p = 10 + 12 + 12 = 34$$

Саж. (принебрегаемъ разностью между гипотенузой и катетомъ).

$$R = \omega/p = \frac{11,92}{34} = 0,351$$

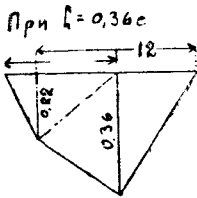


при  $h=0,50$ .

$$\omega = \frac{1}{2}[0,36 \cdot 10 + 0,50 \cdot 12 + 0,14 \cdot 16] = 5,92 \text{ кв. с.}$$

$$p = 10 + 16 = 26 \text{ саж.}$$

$$R = \frac{5,92}{26} = 0,227.$$



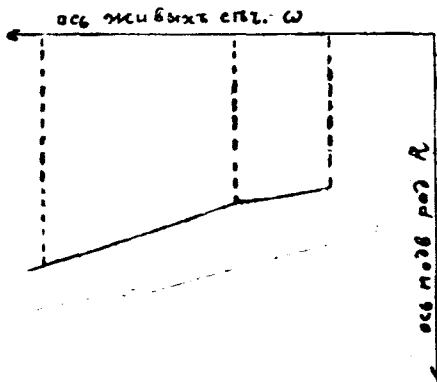
при  $h=0,36$ .

$$\omega = \frac{1}{2}[0,22 \cdot 8,44 + 0,36 \cdot 12] = 3,09 \text{ кв. с.}$$

$$p = 8,44 + 6 = 14,44 \text{ саж.}$$

$$R = \frac{3,09}{14,44} = 0,213.$$

Итакъ имѣемъ



при  $\omega=11,92$   $R=0,351$ .

при  $\omega=5,92$   $R=0,227$ .

при  $\omega=3,09$   $R=0,213$ .

На диаграммѣ пунктиромъ приведень примѣръ при  $Q=5.0$  и куб. с.  $i=0.006$ . Чтобы не портить диаграммы, можно построение пересѣченія кривыхъ въ лѣвомъ нижнемъ углу дѣлать на кускѣ восковки или кальки.

## II Вторая диаграмма.

Опредѣленіе подпора  $z$ .

Послѣ того какъ по первой диаграммѣ выяснилось значеніе  $\omega$ , а слѣдовательно и наибольшей глубины  $h$ , по интерполяціи между взятыми первоначально глубинами, значеніе средней скорости  $v$ , и имѣемъ кромѣ того расходъ по Кестлину или какъ нибудь иначе опредѣленный, величину подпора  $z$  опредѣляемъ по второй диаграммѣ максимумъ въ одну минуту при принятомъ отверстіи  $X$ .

**3. Теорія.** Величину  $z = \frac{V^2 - u^2/4}{9,2}$  можно построить, если имѣемъ кривую  $\frac{V^2}{9,2}$  и въ томъ же масштабѣ масштабъ  $\frac{u^2}{4 \cdot 9,2}$ . но величина  $\frac{V^2}{9,2}$  зависитъ отъ  $\beta; \alpha; X$ , а именно:  $V = \beta \sqrt[3]{Q/X}$ , а  $\beta$  въ свою очередь зависитъ отъ  $\alpha = 0,00063012 \frac{(13,8h - u^2)^3}{(Q/X)^2}$  и вообще  $\alpha$  — кубической функціи  $(13,8h - u^2)$  и квадратной  $(Q/X)$ , поэтому при разныхъ  $(Q/X)$  будемъ имѣть разныя кубическія параболы, гдѣ  $\frac{0,00063012}{(Q/X)^2}$  будетъ параметромъ, а абсциссой будетъ выраженіе  $(13,8h - u^2)$ , что состоитъ изъ  $13,8h$  и  $u^2$ , откладываемыхъ въ разныхъ масштабахъ. Каждой  $\alpha$  соотвѣтствуетъ изъ таблицы  $\beta$ , но мы не  $\beta$  нанесемъ на чертежъ, а  $\frac{V^2}{9,2} = \frac{\beta^2}{9,2} \sqrt[3]{(Q/X)^2}$ , т. е. значеніе  $\frac{V^2}{9,2}$  при разныхъ  $(Q/X)$ .

Теперь достаточно изъ получившагося значенія  $\frac{V^2}{9,2} = \frac{\beta^2}{9,2} \sqrt[3]{(Q/X)^2}$  вычесть  $\frac{u^2}{4 \cdot 9,2}$ , выраженное въ томъ же масштабѣ, и мы получимъ интересующій насъ подпоръ  $z$ .

#### 4. Процессъ нахождения $z$ .

Задается  $Q$  — расходъ по нормамъ Кестлина и вообще какъ нибудь заданный.

$X$  — принимается отверстіе моста въ саж.

$h$  — и максимальная глубина потока и средняя скорость до постройки моста.

Дѣлимъ  $\frac{Q}{X}$ , получимъ величину, равную или находящуюся между десятыми частями единицы, что нанесено на кривыхъ увеличивающихся направо, т. е. на кривыхъ  $\alpha$ .

Циркулемъ беремъ величину  $u^2$  по масштабу  $u^2$ : откладываемъ эту величину налѣво отъ соотвѣтствующаго  $h$ , нанесеннаго на абсциссѣ внизу. На ординатѣ выбираемъ точку по интерполяции между десятыми частями, единицы гдѣ находится  $Q/X$ . [Для удобства интерполяции имѣется масштабъ: достаточно необходимому для интерполяции величину отложить на вертикали, гдѣ написано 0,1 и читать на соотвѣтственныхъ гипотенузѣхъ и необходимой долею вертикали, а для быстроты взять только величину получаемой ординаты циркулемъ и отложить внизъ по вертикали діаграммы  $\alpha$  отъ  $Q/X = 0$ , (цѣлое) меньшаго заданнаго  $Q/X$ ].

На горизонтали полученной точки между соотвѣтственными десятыми частями единицы на кривыхъ, увеличивающихся налѣво, т. е. кривыхъ  $\frac{V^2}{9,2}$ , по интерполяции по

тому же масштабу находимъ точку, отстоящую отъ оси  $Y$  на  $\frac{V^2}{9,2}$ ; вычтя изъ  $\frac{V^2}{9,2}$  по масштабу  $\frac{u^2}{4,9,2}$  соответственную величину, будемъ имѣть получаемый при заданныхъ обстоятельствахъ подпоръ  $z$ .

Такъ какъ при принятомъ масштабѣ діаграммы при  $\alpha < 0,01$  результаты сливаются, для ясности въ предѣлахъ  $0 < \alpha < 0,01$  въ углу направо приведенъ графикъ въ увеличенномъ 10 разъ масштабѣ.

Способъ пользованія одинъ и тотъ же.

5. Примеръ.

$$\begin{aligned} Q &= 1,70 \text{ куб. саж.} \\ X &= 2 \text{ саж.} \\ h &= 0,54 \\ u &= 0,376 \end{aligned}$$

$Q/X = 0,85$ . На масштабѣ  $u^2$  беремъ величину при  $u = 0,376$  (масштабъ мелкій: надо взять приблизительно). Взятую величину откладываемъ налѣво отъ 0,54 по абсциссѣ діаграммы, гдѣ написано  $h$ . На вертикали точки между кривыми  $\alpha$  при  $Q/X = 0,9$  и  $Q/X = 0,8$ , находимъ по интерполяціи точку, соответствующую  $Q/X = 0,85$  (точка находится на разстояніи 3,41 сотки отъ оси абсциссѣ, что значитъ, что  $\alpha = 0,341$ )

Затѣмъ на горизонтали этой точки между кривыми  $\frac{V^2}{9,2}$  при  $Q/X = 0,8$  и  $Q/X = 0,9$  по интерполяціи находимъ точку, отстоящую отъ оси  $Y$  на 0,213 по масштабу сотка = 0,1 саж. Вычтя изъ этой величины по масштабу  $\frac{u^2}{4,9,2}$  соответствующій отрѣзокъ при  $u = 0,376$  получаемъ  $z = 0,211 = 0,21$  саж.

6. Внизу чертежа приведено графическое сложение для полученія красной отмѣтки моста.

$k = a + y + z + h - f$  при разныхъ  $a$  для баварскихъ мостовъ при толщинѣ балласта подъ рельсомъ 0,12 саж.

Студентъ 5 курса Института Инженеровъ  
Путей Сообщенія

А. Теръ Эммануильянецъ.