

П. М.

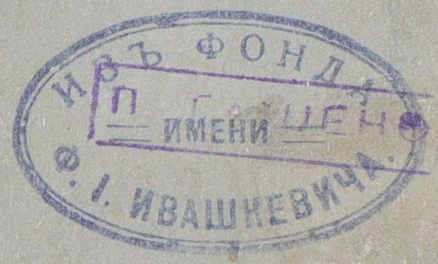
628

986

III - 18  
№ 568

# СЪБЪРАЖЕНІЕ ВОДОСТОКОВЪ

## ЧИСЛОВЫЯ И ГРАФИЧЕСКІЯ ТАБЛИЦЫ



№ 234

П. М. ЦЕНЪ

М. Ясюновичъ  
" Ушакоръ  
Н. Ушакоръ

1910  
С. ПЕТЕРБУРГЪ

20 стр.  
май, 1991

1991

Ассигновка на расходы  
Тех. фонд  
Дата *10.07*

~~ПОГА. ЧО~~  
~~№ 18~~  
~~кн. 668~~

# РАСЧЕТЪ ВОДОСТОКОВЪ

ЧИСЛОВЫЯ И  
ГРАФИЧЕСКІЯ  
ТАБЛИЦЫ

0,5  
~~ПОРАЩЕНО~~

628.  
986

38372

~~кн. № 234~~

ФОНДА  
ИМЕНИ  
Ф. И. ИВАШКЕВИ

~~ОНЕ~~ *В 58*

84.

М. Ясюковичъ  
и  
Н. Ушаковъ

1910  
С.-ПЕТЕРБУРГЪ

1975

# І. Расчетъ водостоковъ.

## ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

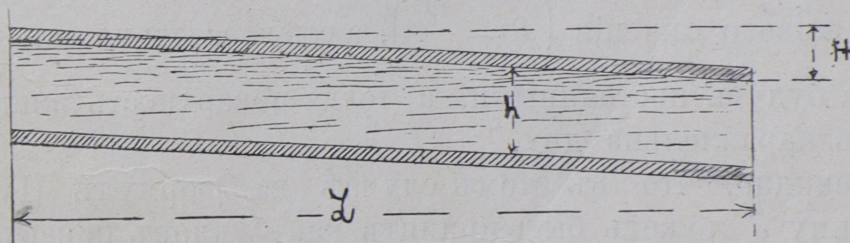
### Основныя задачи расчета водосточныхъ системъ.

#### 1) Расчетъ водостоковъ при полномъ заполненіи.

Основная задача расчета водостоковъ можетъ быть формулирована такъ: по водостоку длиною  $L$  метровъ опредѣленнаго типа профили (т. е. сѣченія круглаго, овоидальнаго, лотковаго и т. п.), должно протечь отъ начала до конца нѣкоторое количество жидкости,  $Q$  куб. метр. въ часъ, заполняя водостокъ до верха, при чемъ поверхность жидкости должна имѣть опредѣленный гидравлическій уклонъ

$$J = \frac{H}{L},$$

гдѣ  $H$  разность отмѣтокъ поверхности жидкости въ началѣ и концѣ водостока. Требуется опредѣлить размѣръ профили



водостока (для круга діаметръ, для другихъ профилей— какое нибудь измѣреніе, по которому опредѣляются остальные) и среднюю скорость.

При расчетѣ водостоковъ чаще всего пользуются слѣдующей формулой:

$$v = c \sqrt{R} \cdot \sqrt{J} \dots \dots \dots (I).$$

гдѣ  $v$  есть скорость въ метрахъ въ секунду,  $R$  гидравлическій радиусъ, т. е. отношеніе  $\frac{F}{p}$ , площади живого сѣченія къ смоченному периметру, ( $R$  выражается въ метрахъ),  $J$  есть уклонъ поверхности жидкости, а  $c$  коэффициентъ. Этотъ коэффициентъ обыкновенно опредѣляется по сокращенной формулѣ Гангилье-Куттера, которая при указанныхъ единицахъ измѣренія принимаетъ такой видъ:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23n}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (II),$$

гдѣ  $n$  коэффициентъ шероховатости стѣнокъ, который для водостокровъ можетъ быть принятъ равнымъ 0,013, тогда

$$c = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} \dots \dots \dots (III).$$

и

$$v = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R} \cdot \sqrt{J} = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{J} \dots \dots (IV).$$

Если мы имѣемъ открытый каналъ, какого бы то ни было одинаковаго по всей его длинѣ поперечнаго сѣченія, по которому отъ начала до конца протекаетъ нѣкоторое постоянное количество жидкости  $Q$  куб. м. въ часъ, то при условіи неразрывности струи и установившемся движеніи скорость будетъ одинаковою по всей длинѣ, ибо на каждой единицѣ длины какъ работа тренія, такъ и работа вѣса жидкости будутъ постоянными величинами. Разъ  $Q$  и  $v$  постоянны, площадь живого сѣченія  $\left( S = \frac{Q}{v} \right)$ , а слѣдовательно и глубина потока будутъ постоянными, а тогда поверхность жидкости будетъ параллельна дну.

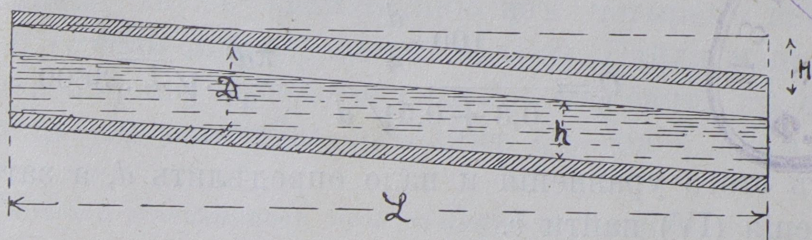
Очевидно, что въ этомъ случаѣ въ формулѣ (IV), за величину  $J$  можетъ быть принятъ какъ уклонъ поверхности жидкости, такъ и уклонъ дна канала \*).

Совершенно то же будетъ и въ случаѣ, когда по водостоку постоянной профили протекаетъ отъ начала до

\*) Всѣ водостоки рассчитываются такъ, чтобы жидкость въ нихъ не находилось подъ давленіемъ, т. е. чтобы пизометрическая высота совпала съ ея поверхностью.

конца постоянное количество жидкости, независимо отъ того, заполняетъ ли жидкость всю трубу или имѣетъ мѣсто неполное заполненіе, опредѣляемое вообще отноше-  
ніемъ  $\frac{h}{d}$ .

На всемъ протяженіи канала и водостока не мѣняется ни живое сѣченіе, ни смоченный периметръ, почему не мѣняется и гидравлическій радіусъ  $R$ , такъ что формула (IV) можетъ быть примѣнена сразу ко всей длинѣ  $L$  канала или водостока.



При расчетѣ городскихъ уличныхъ водостоковъ обыкновенно принимается, что кромѣ количества жидкости  $Q$ , поступающаго въ началѣ даннаго водостока и собраннаго предшествующими ему участками системы, въ него поступаетъ еще по пути нѣкоторое количество  $P$ , равномерно по всей длинѣ, т. е. на каждой единицѣ длины равными порціями  $p = \frac{P}{L}$ , причемъ къ концу водостока накапливается всего  $Q+P$ .

Въ этомъ случаѣ нѣтъ основанія утверждать, что поверхность жидкости будетъ параллельна дну водостока и потому  $R$ , вообще говоря, будетъ измѣняться, почему формула (IV) не можетъ быть примѣнена сразу ко всей длинѣ водостока.

Итакъ формула (IV) относится непосредственно лишь къ тому случаю, когда поверхность жидкости параллельна дну и количество жидкости по длинѣ не измѣняется.

При этихъ двухъ предположеніяхъ и построены всѣ таблицы.

Вернемся теперь къ поставленной въ началѣ основной задачѣ. Намъ даны  $Q$  и  $J$ , и мы хотимъ опредѣлить напр. для круглаго сѣченія  $d$  и  $v$ .

По формулѣ IV

$$v = \frac{100 R}{0,3 + \frac{L}{d}} \dots \dots \dots (IV).$$

Кромѣ того

$$Q = v \dots \dots \dots (V),$$

Если вычислить по формулѣ Кутера величины расходовъ  $Q_{0,1}, Q_{0,2}, \dots, Q_{0,3}, Q_{0,9}$  и  $Q$ , отвѣчающія заполнениямъ 0,1, 0,2, ..., 0,8, 0,9, и полному, для различныхъ диаметровъ входящихъ въ таблицу и сравнить для каждаго діаметра расходъ при неполномъ заполненіи, то оказывается что отношеніе  $\frac{Q_{0,1}}{Q} = \alpha_0, \frac{Q_{0,2}}{Q} = \alpha_{0,2}$ , остается практически постояннымъ, т. е.  $\alpha_{0,1} = \alpha_{0,2} = \alpha$ .

Слѣдовательно для полученія изъ  $Q$  напр.  $Q_{0,1}$  надо  $Q$  умножить  $\alpha_{0,1}$  или раздѣлить на  $\frac{1}{\alpha_{0,1}}$ .

Въ числовой таблицѣ № 3 приведены относительныя значенія расхода и скорости при неполномъ заполненіи, т. е. отношенія  $\frac{Q_1}{Q} = \alpha$  и  $\frac{V_1}{V} = \beta$ .

Для того, чтобы отыскать количество жидкости  $Q_1$  и скорость  $V_1$  при какой нибудь степени заполнения  $\frac{h}{D}$ , надо взять величины соотвѣствующихъ значеній  $\alpha$  и  $\beta$  таблицы и умножить на значеніе величинъ  $Q$  и  $V$  при полномъ заполненіи.

Напр. для круглаго сѣченія и полного заполнения при  $J = 0,002$  и  $D = 100$  сант. найдено значеніе  $Q = 3951$  куб. мет.-часъ и  $v = 1,397$  мет.-сек.

Для того чтобы найти значенія  $Q_1$  и  $V_1$ , при степени заполнения  $\frac{h}{D} = 0,6$ , надо въ соотвѣствующей графѣ таблицы найти значенія  $\alpha = \frac{Q_1}{Q}$  и  $\beta = \frac{V_1}{V}$  для  $\frac{h}{D} = 0,6$  и умножить ихъ на величины  $Q$  и  $V$  при полномъ заполненіи.

$$Q_1 = 3951 \times 0,678 = \mathbf{2678} \text{ куб. метр.-час.}$$

$$v_1 = 1,397 \times 1,083 = \mathbf{1,513} \text{ метр.-сек.}$$

Та же задача можетъ быть рѣшена графическимъ способомъ при помощи основнй логариомографической таблицы I и вспомогательныхъ масштабовъ.

Построеніе масштаба для значенія величины  $Q$ , при разныхъ степеняхъ заполнения, производилось слѣдующимъ образомъ:

На ординатахъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 1 сантим., отложены внизъ, въ масштабъ расходовъ, значенія  $1g \frac{1}{\alpha}$ , для количества  $\alpha$ , отвѣчающихъ заполнениямъ 0,1, 0,2 и т. д. до 1. Очевидно, что каждая ордината построенной кривой показываетъ, насколько надо опуститься, чтобы изъ расхода при полномъ заполненіи получить расходъ при степени заполнения, обозначенной противъ нея на горизонтальной оси.

Удобнѣй всего, вырѣзавъ масштабъ, накладывать его на основную логарифмо-графическую таблицу такъ, чтобы основная линия, обозначенная на чертежѣ стрѣлкой, приходилась противъ точки пересѣченія  $J$  и  $D$  и лѣвый край масштаба совпадалъ съ линіей  $J$ .

Для того, чтобы найти, напр., величину  $Q$ , отвѣчающую степени заполнения  $\frac{h}{D} = 0,4$ , беремъ точку на кривой  $Q$ , обозначенную черезъ 0,4 и отъ нея идемъ влѣво до края таблицы, гдѣ читаемъ значеніе  $Q$ , соответствующіе  $J$ ,  $D$  и  $\frac{h}{D} = 0,4$ .

При помощи этого масштаба легко найти и степень заполнения, если даны  $J$ ,  $D$  и  $Q_1$ . Для этого надо масштабъ наложить на основную таблицу такъ, чтобы линия, обозначенная стрѣлкой, проходила черезъ пересѣченіе  $J$  и  $D$  и лѣвый край совпадалъ съ  $J$ .

Затѣмъ линия  $Q_1$  продолжается по масштабу вправо до точки пересѣченія съ кривою—абсцисса этой точки опредѣлитъ степень заполнения.

Точно также, задавшись степенью заполнения  $\frac{h}{H}$ ,  $Q_1$  и  $J$ , можно найти  $D$ , при чемъ масштабъ накладывается такъ, чтобы линия  $Q_1$  пришлась противъ точки кривой соответствующей данному заполненію, тогда основная линия обозначенная стрѣлкой опредѣлитъ  $D$ .

Совершенно аналогично построеніе и пользованье масштабомъ скоростей, причемъ масштабъ построенъ такъ, что его надо прикладывать горизонтально, т. е. чтобы верхній край совпадалъ съ линіей  $Q$  и чтобы начальная линия, обозначенная стрѣлкой, совпадала съ точкой пересѣченія линій отвѣчающихъ—уклону  $J$  и диаметру  $D$ .

Примѣръ:

$$\text{Дано } \frac{h}{D} = 0,30, \quad Q = 100 \text{ к. мет.-часъ}, \quad J = 0,001.$$

По масштабу для  $Q$  находимъ  $D = 0,55$  мет. (Т. II).

По масштабу для  $v$  при  $D = 0,55$  находимъ  $v = 0,48$ .

## ОТДѢЛЪ ВТОРОЙ.

### Способъ построения таблицъ.

1) *Общія формулы и соображенія для построения таблицъ.*

Построение логарифмо-графической таблицы № 1, основано на слѣдующихъ соображеніяхъ.

По уравненію IV

$$v = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{J} \dots \dots \dots \text{(IV)},$$

а по уравненію V

$$Q = F \cdot v \cdot 3600.$$

Слѣдовательно

$$Q = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{J} \cdot F \cdot 3600 \dots \dots \dots \text{(VII)},$$

По этой формулѣ и построены таблицы. При полномъ заполненіи, которое принято основнымъ при составленіи таблицъ, какъ  $F$  такъ и  $p$ , а слѣдовательно и  $R$ , будутъ пропорціональны опредѣленнымъ степенямъ какого нибудь основного измѣренія сѣченія данной профили, при чемъ для каждой формы профили коэффициенты пропорціональности вполне опредѣлены и могутъ быть легко вычислены. Такъ напр. для круга

$$F = \frac{\pi d^2}{4}, \quad p = \pi d, \quad R = \frac{F}{p} = \frac{d}{4}.$$



Говоря же вообще для любой опредѣленной формы сѣченія  $F = fd^2$ ,  $R = gd$ , гдѣ  $g$  и  $f$  опредѣленные числа для данной формы сѣченія.

Подставляя вмѣсто  $F$  и  $R$  эти значенія въ уравненіе (VII), получимъ

$$Q = \frac{100 \cdot gd}{0,3 + \sqrt{g} \sqrt{d}} \cdot f \cdot d^2 \sqrt{J} \cdot 3600,$$

или

$$Q = \frac{d^3}{0,3 + \sqrt{g} \cdot \sqrt{d}} \cdot g \cdot f \cdot \sqrt{J} \cdot 3600 \cdot 100 \dots \quad (\text{VIII}).$$

Изъ этой формулы видно, что, задавшись опредѣленными  $d$ ,  $f$  и  $g$ , т. е. опредѣленнымъ по формѣ и размѣрамъ поперечнымъ сѣченіемъ канала, мы получимъ уравненіе вида

$$Q = M \sqrt{J} \quad \text{или} \quad Q^2 = M^2 \cdot J.$$

Если принять одну изъ координатныхъ осей за ось  $Q$ , другую за ось  $J$ , и построить это уравненіе, то получится кривая линія (парабола), отвѣчающая выбранному сѣченію, пользуясь которой можно будетъ по любому  $Q$  находить  $J$  и обратно. Такія кривыя и приводятся въ нѣкоторыхъ сочиненіяхъ.

Но если предварительно уравненіе прологариѣмировать, т. е. написать его въ формѣ

$$\lg Q = \lg M + \frac{\lg J}{2}$$

и затѣмъ по осямъ координатъ откладывать не величины  $Q$  и  $J$ , а ихъ логариѣмы, то графическое изображеніе составленнаго уравненія дастъ прямую линію. Сравнивая логариѣмическую форму этого уравненія съ общимъ уравненіемъ прямой  $y = ax + b$ , заключаемъ, что требующаяся намъ прямая пересѣкаетъ ось  $Q$  на разстояніи  $\lg M$  отъ начала координатъ и образуетъ съ осью  $J$  уголъ,  $\text{tg}$  котораго  $1/2$ . Величина  $\lg M$  зависитъ отъ размѣровъ и формы сѣченія, а  $\text{tg}$  угла наклона остается равнымъ  $1/2$  для всѣхъ сѣченій.

Такимъ путемъ и построены на логариѣмической сѣткѣ таблицы I, отвѣчающія этому уравненію прямая.

Самая логариѣмическая сѣть построена такъ.

По вертикальной оси снизу вверх отложены въ произвольномъ масштабѣ логариёмы значеній  $Q$  отъ 1 до 100000, т. е. величины отъ 0 до 5, причемъ противъ дѣленій записаны не логариёмы, а самыя значенія  $Q$ .

По горизонтальной оси въ томъ же масштабѣ отложены величины логариёмовъ различныхъ значеній  $J$  отъ 0,1 до 0,0001, т. е. величинъ логариёмовъ отъ—1, до—4.

На таблицѣ I начало координатъ лежитъ на единицу (въ масштабѣ логариёмовъ) лѣвѣе крайней лѣвой точки сѣти и на низшей линіи. За положительное направленіе оси  $J$  принято направленіе справа налѣво.

Имѣя самую сѣть, остается для тѣхъ діаметровъ (или основныхъ измѣреній), для которыхъ желательно имѣть расчетныя прямыя линіи, вычислить величины

$$\lg M = \lg \left[ \frac{d^3}{0,3 + \sqrt{g} \cdot \sqrt{d}} g \cdot f \cdot 3600 \cdot 100 \right]$$

и, отложивъ эти величины по вертикальной оси  $Q$ , провести черезъ полученныя точки рядъ параллельныхъ линій съ уклономъ  $1/2$ .

Значенія  $\lg M$  слѣдуетъ откладывать по вертикальной линіи, проходящей черезъ точку  $J = 1$ , но такъ какъ этой линіи нѣтъ на чертежѣ, то можно наносить величины, соотвѣтствующія не

$$J = 1, \text{ а } J = 0,01.$$

Уравненіе

$$\lg Q = \lg M + \frac{1}{2} \lg J$$

при

$$J = 0,01, \text{ т. е. при } \lg J = -2$$

обращается въ зависимость

$$\lg Q = \lg M - \frac{2}{2} = \lg M - 1,$$

показывающую, что по линіи  $J = 0,01$  надо откладывать не величины  $\lg M$ , а тѣ же величины, уменьшенныя единицею.

Перейдемъ теперь къ построению линий равныхъ скоростей, т. е. линий соединяющихъ такія точки на прямыхъ одинаковаго основного размѣра, для которыхъ при опредѣляемыхъ ими  $Q$  и  $J$  получаются одинаковыя скорости, равныя послѣдовательно 1, 2, 3 и т. д. метрамъ въ секунду.

Для вывода уравненій этихъ линий поступимъ такъ.

$$Q = F \cdot v \cdot 3600 = fd^2 \cdot v \cdot 3600.$$

Слѣдовательно

$$d = \frac{\sqrt{Q}}{60 \cdot \sqrt{f} \cdot \sqrt{v}}, \quad R = gd = \frac{g \cdot \sqrt{Q}}{60 \cdot \sqrt{f} \cdot \sqrt{v}},$$

$$\sqrt{R} = \frac{\sqrt{g} \cdot \sqrt[4]{Q}}{7,746 \sqrt[4]{f} \cdot \sqrt[4]{v}}.$$

Мы имѣли уравненіе IV:

$$v = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{J}$$

или

$$100 \cdot R \cdot \sqrt{J} = 0,3 v + v \sqrt{R}.$$

Подставивъ сюда вмѣсто  $R$  и  $\sqrt{R}$  найденныя для нихъ выраженія, получимъ

$$\sqrt{J} \cdot \frac{100 \cdot g \cdot \sqrt{Q}}{60 \sqrt{f} \cdot \sqrt{v}} = 0,3 v + \frac{v \cdot \sqrt{g} \sqrt[4]{Q}}{7,746 \sqrt[4]{f} \cdot \sqrt[4]{v}}$$

т. е.

$$100 \cdot \sqrt{J} \cdot \sqrt{Q} = \frac{18 \cdot \sqrt{f} \cdot \sqrt{v^3}}{g} + \frac{60 \cdot \sqrt{f} \cdot \sqrt{v} \cdot \sqrt{g} \cdot \sqrt[4]{Q}}{7,746 \sqrt[4]{f} \cdot \sqrt[4]{v} \cdot g}$$

или

$$100 \cdot \sqrt{J} \cdot \sqrt{Q} = \frac{18 \sqrt{f} \cdot \sqrt{v^3}}{g} + \frac{7,746 \cdot \sqrt[4]{f}}{\sqrt{g}} \cdot \sqrt[4]{Q} \cdot \sqrt[5]{v^5} \dots \text{ (IX).}$$

Если въ этомъ уравненіи задаться опредѣленнымъ  $v$ , то по ряду значеній  $Q_1, Q_2, Q_3$ , и т. д. можно опредѣлить рядъ значеній  $J_1, J_2, J_3$ , и т. д. Соединивъ точки  $(Q_1, J_1), (Q_2, J_2)$  и т. д., получимъ кривую, соответствующую выбранной постоянной скорости  $v$ .

*завис. между Q и J при const v*  
*линия*

2) Построение таблицы I для водостоковъ круглаго сѣченія.

Для построения прямыхъ равнаго діаметра возьмемъ уравненіе VIII

$$Q = \frac{d^3}{0,3 + \sqrt{g \cdot \sqrt{d}}} \cdot g \cdot f \sqrt{J} \cdot 3600 \cdot 100.$$

и подставимъ въ него значенія  $f$  и  $g$  для круга.

$$F = \frac{\pi d^2}{4} = 0,785 d^2; \quad f = 0,785;$$

$$R = \frac{\pi d^2}{4 \cdot \pi d} = 0,25 d; \quad g = 0,25;$$

$$Q = \frac{d^3}{0,3 + 0,5\sqrt{d}} \cdot 0,785 \cdot 0,25 \cdot 3600 \cdot 100 \sqrt{J}$$

$$Q = \frac{d^3}{0,3 + 0,5\sqrt{d}} \cdot 70650 \cdot \sqrt{J}.$$

$$\lg Q = \lg \left( \frac{d^3}{0,3 + 0,5\sqrt{d}} \cdot 70650 \right) + \frac{\lg J}{2}.$$

Сравнивая это уравненіе съ уравненіемъ прямой  $y = ax + b$ , получаемъ

$$b = \lg \left( \frac{d^3}{0,3 + 0,5\sqrt{d}} \cdot 70650 \right)$$

Задаваясь затѣмъ различными  $d$ , указанными въ первой графѣ слѣдующей таблицы, находимъ для нихъ значенія  $b$ .

$D$ метр.	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25	0,30	0,35	0,40
$b$	2,187	2,461	2,69	2,87	3,03	3,30	3,52	3,705	3,865
$D$ метр.	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1	1,10	1,20
$b$	4,005	4,13	4,346	4,528	4,685	4,823	4,946	5,057	5,158
$D$ метр.	1,30	1,40	1,50	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3
$b$	5,251	5,337	5,417	5,595	5,749	5,884	6,00	6,114	6,214

Отложимъ эти величины, уменьшенные единицей (по причинѣ объясненной выше), на вертикальной линіи  $J = 0,01$  и проведемъ черезъ нихъ рядъ параллельныхъ линій съ наклономъ  $\frac{Q}{J} = \frac{1}{2}$ . Линіи эти и будутъ отвѣчать діаметрамъ  $d = 2$  метр., 1,5 метр. и т. д. Полезно сдѣлать провѣрку пересѣченія этими линіями (всѣми или нѣкоторыми) хоть какой нибудь изъ вертикальныхъ линій сѣтки.

Для построения линій скоростей возьмемъ уравненіе IX

$$100 \sqrt{J} \cdot \sqrt{Q} = \frac{18 \sqrt{f} \sqrt{v^3}}{g} + \frac{7,746 \sqrt[4]{f}}{\sqrt{g}} \cdot \sqrt[4]{Q} \sqrt[4]{v^5}$$

Для круга

$$\begin{aligned} f &= 0,785; & \sqrt{f} &= 0,886; & \sqrt[4]{f} &= 0,94. \\ g &= 0,25; & \sqrt{g} &= 0,5. \end{aligned}$$

Стало быть

$$100 \sqrt{J} \cdot \sqrt{Q} = 63,8 \sqrt{v^3} + 14,56 \sqrt[4]{Q} \cdot \sqrt[4]{v^5} \dots \dots \dots (X).$$

Чтобы опредѣлить видъ этихъ кривыхъ, построимъ одну изъ нихъ, на примѣръ, для  $v = 1$  по точкамъ

тогда

*при v = 1,*  
*Зависимость J от Q*

$$\sqrt{J} = \frac{0,638}{\sqrt{Q}} + \frac{0,1456}{\sqrt[4]{Q}}$$

Задаваясь различными значеніями  $Q$ , найдемъ значенія для  $J$  (см. слѣдующую таблицу).

$Q$	1	10	100	1.000	10.000	100.000
$J$	0,61	0,078	0,012	0,002	0,00042	0,0001

Построивъ затѣмъ рядъ точекъ съ координатами (1, 0,61), (10, 0,078), (100, 0,012) и т. д., соединимъ ихъ плавной кривой  $v = 1$ . Полученная кривая въ предѣлахъ значеній для діаметровъ,  $D = 0,10 - 0,30$  м.,  $D = 0,30 - 0,60$  м.,  $D = 0,60 - 1,00$  м.,

$D=1,00—2,00$  м.,  $D=2,00—3,00$  м., почти не отличается отъ прямой и потому практически можетъ быть замѣнена ломаной линіей.

То же самое можетъ быть выполнено для другихъ значеній  $v$ . Отсюда получаемъ для различныхъ значеній  $v$  съѣтъ ломаныхъ линій, параллельныхъ между собой въ указанныхъ предѣлахъ.

Для опредѣленія точекъ, черезъ которыя надо провести эти прямыя, были опредѣлены величины  $Q$ , при различныхъ скоростяхъ, для діаметровъ  $D=0,10$  м.,  $D=0,30$  м.,  $D=0,60$  м.,  $D=1$  м.,  $D=2$  м.,  $D=3$  м. по формулѣ:

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4} 3600.$$

$$v = 0,1 — 0,2 — 0,3 . . . . . 10 \text{ метр.-сек.}$$

$$D = 10 \text{ с., } 30 \text{ с., } 60 \text{ с., } 100 \text{ с., } 200 \text{ с., } 300 \text{ с.м.}$$

Полученныя значенія величинъ  $Q$  опредѣляли на прямыхъ  $D=0,10$  м.,  $D=0,20$  м., и т. д., точки, черезъ которыя должны проходить линіи скоростей  $v$ .

Соединивъ между собой эти точки, получимъ ломаная линіи скоростей  $v$ .

### ОТДѢЛЪ ТРЕТІЙ.

#### Способъ пользованія таблицами.

Положимъ, что мы имѣемъ такъ называемое обыкновенное овоидальное сѣченіе, т. е. такое, въ которомъ  $H=1,5 D$ , гдѣ  $H$  высота и  $D$  ширина овоида.

Если вычислить по формулѣ Куттера величины расходовъ при одинаковыхъ  $J$  для ряда водостоковъ круглаго и овоидальнаго сѣченія и сравнить между собой эти расходы, то оказывается, что въ предѣлахъ практически примѣняемыхъ діаметровъ  $D$  (отъ 0,1 до 6 мет.) расходъ  $Q$  овоидальнаго водостока, при ширинѣ  $D$ , при полномъ заполненіи всегда равенъ  $1,61 Q_0$  расхода водостока круглаго сѣченія съ діаметромъ, равнымъ  $D$ , при его полномъ заполненіи.

Точно также скорость  $v_1$  для овоидальнаго сѣченія будетъ равна  $1,1 v_0$  скорости водостока круглаго сѣченія

$$Q_1 = 1,61 Q_0$$

$$v_1 = 1,1 v_0$$

$Q_1$  и  $v_1$  относятся къ овоиду,  $Q_0$  и  $v_0$  къ кругу, у котораго діаметръ  $D$  равенъ ширинѣ овоида.

Изъ этого слѣдуетъ, что для расчета водостока овоидальнаго сѣченія не надо имѣть особыхъ таблицъ, такъ какъ величины  $Q_1$  и  $v_1$  для овоидальнаго сѣченія можно получить изъ соотвѣствующихъ величинъ  $Q_0$  и  $v_0$  для круглаго сѣченія посредствомъ умноженія на числа  $1,61$  и  $1,1$ .

Примѣръ:

Дано:  $\left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ Водостокъ овоидальнаго сѣченія } 3:2 \\ 2) \text{ Ширина овоида } D = 1,00 \text{ метр.} \\ 3) Q_1 = 1500 \text{ метр.}^3\text{-часъ} \\ 4) \text{ Полное заполненіе} \end{array} \right.$

Найти:  $\left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ Скорость } v \\ 2) \text{ Уклонъ } J. \end{array} \right.$

По числовой таблицѣ № 1 находимъ для  $D = 100$  сантим.

$$Q_0 = 883,57$$

$$v_0 = 0,3125.$$

Такъ какъ по предыдущему найдено, что  $Q = Q_0 \times 1,61$ , то

$$1500 = 1,61 \times 883,57 \times x,$$

гдѣ  $x$  значеніе  $100\sqrt{J}$  (таблица № 2)

$$x = \frac{1500}{883,57 \times 1,61} = \frac{1500}{1422,55} = 1,054.$$

Отсюда изъ таблицы № 2 видимъ, что наиболѣе подходящій уклонъ  $J$  будетъ лежать между **0,0001** и **0,00015**.

Скорость  $v$

$$v = 1,1 \times 0,3125 \times 1,054 = 0,3623 \text{ метр.-сек.}$$

Ту же задачу можно рѣшить, пользуясь основной логарифмо-графической таблицей для круглаго сѣченія. Для этого надо рассчитывать овоидальный водостокъ ширины  $D$  — какъ кругъ съ діаметромъ равнымъ  $D$  и вмѣсто значеній  $Q_0$  брать значенія  $Q_1$  по линіи, лежащей выше линіи  $Q_0$  на величину  $lg 1,61$ , а вмѣсто скорости  $v_0$ , скорость  $v_1$  по линіи лежащей правѣе на величину  $lg 1,1$ .

При неполномъ заполненіи овоидальнаго сѣченія расходъ и скорости получаются изъ расхода и скорости при полномъ заполненіи умноженіемъ на рядъ чиселъ  $\alpha$  и  $\beta$ , приведенныхъ въ числовой таблицѣ № 3 и соответствующихъ данной степени заполнения.

Примѣръ:

$$\text{Дано: } \left\{ \begin{array}{l} J = 0,0015 \\ \text{Овоидъ } 3 : 2 \\ D = 0,5 \text{ метр.} \\ \frac{h}{H} = 0,75 \end{array} \right. \quad \text{Найти: } \left\{ \begin{array}{l} v \\ Q \end{array} \right.$$

По числовой таблицѣ № 1 для  $D = 0,5$  м.

$$Q_0 = 135,399$$

$$v_0 = 0,1916$$

По числовой таблицѣ № 2 для  $J = 0,0015$

$$100 \sqrt{J} = 3,873$$

По числовой таблицѣ № 3 для  $\frac{h}{H} = 0,75$

$$\alpha = \frac{Q_1}{Q_0} = 0,839$$

$$\beta = \frac{v_1}{v_0} = 1,118$$

$$Q_1 = 1,61 \times 135,399 \times 3,873 \times 0,839 = \mathbf{708,35} \text{ метр.}^3\text{-часъ.}$$

$$v = 1,1 \times 0,1916 \times 3,873 \times 1,118 = \mathbf{0,9125} \text{ метр.-сек.}$$

Та же задача можетъ быть рѣшена графическимъ способомъ, пользуясь основной логарифмо-графической табли-



цей для круглаго сѣченія и вспомогательными графическими таблицами кривыхъ расходовъ и скоростей (табл. III) при разныхъ степеняхъ заполнения, построенныхъ совершенно аналогично круглому сѣченію.

Для того, чтобы пользоваться этими кривыми при не-  
вполнѣ заполненномъ овоидальномъ сѣченіи по основной логариѣмо-графической таблицѣ для круглаго сѣченія, необходимо увеличить значенія расходовъ  $Q_0$  на  $lg\ 1,61$  и скоростей—на  $lg\ 1,1$ .

Графически это достигается тѣмъ, что ниже основной линіи (при заполненіи  $\frac{h}{H} = 1$ ), прочерчивается линія, обозначенная стрѣлкой, и находящаяся отъ нея въ разстояніи  $lg\ 1,61$  для  $Q$  и  $lg\ 1,1$  для  $v$ .

Прикладываемъ масштабъ расходовъ  $Q$  на основную логариѣмо-графическую таблицу вертикально лѣвымъ краемъ по линіи  $J$  такъ, чтобы *стрѣлка приходилась противъ точки пересѣченія линіи  $D$*  (діаметръ круглаго сѣченія равный ширинѣ овоида  $D$ ) *съ  $J$* .

Противъ основной линіи, проходящей черезъ  $\frac{h}{H} = 1$ , мы найдемъ расходъ  $Q_1$  овоидальнаго сѣченія при полномъ заполненіи, а противъ точекъ кривой масштаба, съ абсциссами 0,1, 0,2, 0,3 . . . . . до 1,—расходы  $Q_{0,1}$ ,  $Q_{0,2}$ ,  $Q_{0,3}$  для степеней заполнения 0,1, 0,2, 0,3 . . . . . до 1.

Совершенно также построенъ масштабъ скоростей, который накладывается на таблицу горизонтально.

Примѣръ:

Дано  $J = 0,0015$ ;  $D = 0,5$ ;  $\frac{h}{H} = 0,75$ .

Прикладывая вертикально масштабъ расходовъ  $Q_1$  (Т. III) стрѣлкой къ точкѣ пересѣченія  $J = 0,0015$  и  $D = 0,5$ , находимъ противъ горизонтальной линіи, обозначающей заполненіе  $\frac{h}{H} = 0,75$ , величину  $Q = 708$  к. метр.-час.

Точно также прикладывая масштабъ скоростей  $v_1$  горизонтально стрѣлкой къ точкѣ пересѣченія  $J = 0,0015$  и

$D = 0,5$  получимъ противъ заполнения  $\frac{h}{H} = 0,7$  величину  $v = 0,9$  м. с.

Для другихъ сѣченій мы точно также получаемъ, что отношеніе  $Q_1$  расхода, къ расходу  $Q_0$  при кругломъ сѣченіи (при ширинѣ сѣченія  $b$  равномъ диаметру  $D$  круглаго сѣченія) и скорости  $v_1$  къ  $v_0$ —будутъ величинами постоянными.

Отсюда расчетъ водостоконъ различного сѣченія производится по основной логариѣмо-графической таблицѣ I и вспомогательнымъ масштабамъ, какъ указано для овоидальнаго сѣченія.

Значенія этихъ постоянныхъ отношеній приведены въ слѣдующей таблицѣ.

	Овоидальное. $\frac{H}{D} = 1,5.$	Лотковое.	Круглое съ лоткомъ.	Круглое съ прямой средней частью и клинообраз. дномъ.	Обратно-овоидальное съ лоткомъ.	Овальное.
$\frac{Q_1}{Q_0}$	1,61	0,50	0,90	0,95	1,40	1,72
$\frac{v_1}{v_0}$	1,1	0,81	0,99	0,97	1	1,12

Примѣры:

Дано:  $\left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ Обратнo-овoидальное сѣченіе съ лоткомъ} \\ 2) Q_1 = 1000 \text{ куб. метр.-часъ} \\ 3) \text{ Степень заполнения } \frac{h}{H} = 0,75 \\ 4) D = 0,5 \text{ метр.} \end{array} \right.$

Найти:  $v$  и  $J$

По числовой таблицѣ № 1 для  $D = 0,5$

$$Q_0 = 135,399$$

$$v_0 = 0,1916$$

По числовой таблицѣ № 3 для  $\frac{h}{H} = 0,75$

$$\alpha = \frac{Q_1}{Q_0} = 0,908$$

$$\beta = \frac{v_1}{v_0} = 1,122$$

$$Q_1 = 1000 = 1,40 \times 135,399 \times 100\sqrt{J} \times 0,908$$

$$100\sqrt{J} = \frac{1000}{172,119} = 5,807$$

$$J = 0,0034$$

$$v = 0,1916 \times 5,807 \times 1,122 = 1,248 \text{ м. с.}$$

Та же задача можетъ быть рѣшена помощью логариѳической таблицы и вспомогательнаго масштаба (Т. VII).

Для этого масштабъ расходовъ  $Q_1$  накладываютъ на таблицу вертикально стрѣлкой къ линіи  $D = 0,5$  м. и передвигаютъ масштабъ такъ, чтобы горизонтальная линія масштаба,

обозначающая заполненіе  $\frac{h}{H} = 0,75$ , пришлась на линіи

$Q = 1000$  к. метр. Тогда вертикальная линія, проходящая черезъ точку пересѣченія линіи  $D = 0,5$  метр. съ основной линіей масштаба, обозначенной стрѣлкой, укажетъ величину  $J = 0,0034$ .

Для опредѣленія скорости  $v$  прикладываемъ масштабъ скоростей горизонтально стрѣлкой къ точкѣ пересѣченія линій  $J = 0,0034$  и  $D = 0,5$  м., тогда вертикальная линія,

проходящая черезъ заполненіе  $\frac{h}{H} = 0,75$ , укажетъ величину

$v = 1,24$  метр. сек.

Примѣръ 2.

Дано:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Круглое сѣченіе съ прямой средней частью и} \\ \text{клинообразнымъ дномъ} \\ J = 0,0015 \\ D = 1,00 \text{ метр.} \\ \frac{h}{H} = 0,50. \end{array} \right.$

Найти:  $v$  и  $Q$ .

По числовой таблицѣ № 1

$$Q_0 = 883,575 \text{ м.}^3\text{-часъ}$$

$$v_0 = 0,3125 \text{ м.-сек.}$$

По числовой таблицѣ № 2

$$100 \sqrt{J} = 3,873$$

По числовой таблицѣ № 3

$$\alpha = \frac{Q_1}{Q_0} = 0,475$$

$$\beta = \frac{v_1}{v_0} = 0,974$$

$$Q_1 = 0,95 \times 883,575 \times 3,873 \times 0,475 = \mathbf{1544,216} \text{ м.}^3\text{-часъ.}$$

$$v_1 = 0,97 \times 0,3125 \times 3,873 \times 0,974 = \mathbf{1,143} \text{ м.-сек.}$$

Для рѣшенія задачи графическимъ способомъ поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Масштабъ расходовъ  $Q_1$  (Т. VI) накладываемъ на основную логарифмическую таблицу вертикально стрѣлкой къ пересѣченію линій  $J = 0,0015$  и  $D = 1,00$  м., тогда горизонтальная линія масштаба, соотвѣтствующая степени заполнения  $\frac{h}{H} = 0,50$ , укажетъ величину  $Q_1 = \mathbf{1550}$  м.<sup>3</sup>-часъ.

Для опредѣленія скорости  $v_1$  прикладываемъ масштабъ скоростей горизонтально такъ, чтобы линія, обозначенная стрѣлкой, проходила черезъ точку пересѣченія линій  $J = 0,0015$  и  $D = 1$  метр., тогда вертикальная линія, соотвѣтствующая заполненію  $\frac{h}{H} = 0,50$ , укажетъ величину  $v = \mathbf{1,14}$  метр.-сек.

Примѣръ 3.

Дано:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Лотковое сѣченіе} \\ J = 0,001 \\ D = 0,80 \text{ метр.} \\ v = 0,7 \text{ метр.-сек.} \end{array} \right.$

Найти:  $Q_1$  и  $\frac{h}{H}$ .

По числовой таблицѣ № 1

$$Q_0 = 484,365$$

$$v_0 = 0,2677$$

По числовой таблицѣ № 2

$$100 \sqrt{J} = 3,1623$$

$$v_1 = 0,7 = 0,81 \times 0,2677 \times 3,1623 \times \beta$$

$$\beta = 1,020.$$

Отсюда по числовой таблицѣ № 3 видимъ, что искомое заполненіе  $\frac{h}{H} = 0,50$  (между 0,50 и 0,55)

$$Q = 0,50 \times 484,365 \times 3,1623 \times 0,563 = \mathbf{431,176} \text{ м.}^3\text{-часъ.}$$

Для опредѣленія степени заполнения и величины  $Q_1$  графически поступаемъ слѣдующимъ образомъ. Масштабъ скоростей  $v_1$  (Т. V) накладываемъ на основную таблицу горизонтально такъ, чтобы линія, обозначенная стрѣлкой, пришла въ точкѣ пересѣченія  $D = 0,80$  и  $J = 0,001$ , тогда вертикальная линія, проходящая черезъ точку пересѣченія  $D = 0,80$  и  $v = 0,70$ , опредѣлитъ на кривой скоростей степень заполнения лежащую между  $\frac{h}{H} = \mathbf{0,50}$  и  $\frac{h}{H} = \mathbf{0,55}$ .

Величина  $Q_1$  находится также какъ въ примѣрѣ 2 и при  $\frac{h}{H} = 0,50$  равна  $Q = \mathbf{430}$  метр.<sup>3</sup>-часъ.

*Графическій расчетъ водостока прямоугольнаго сѣченія* (Таблица VIII).

Для пользованія основной логариѣмо-графической таблицей при расчетѣ водостоковъ прямоугольнаго сѣченія за основной размѣръ  $D$  принимается ширина водостока.

Способъ употребленія таблицы не отличается отъ остальныхъ.

При расчетѣ надо различать два случая: 1) когда водостокъ открытый или хотя и закрытый, но не вполнѣ заполненный, т. е. когда жидкость касается только стѣнокъ и дна;

въ этихъ случаяхъ пользуются кривыми  $Q$  и  $v$ , прочерченными сплошными линиями; 2) когда закрытый каналъ заполненъ доверху—въ этомъ случаѣ пользуются пунктирными кривыми, а вмѣсто степеней заполнения берется отношеніе высоты канала къ ширинѣ.

*Графическій расчетъ водостока трапециoidalнаго сѣченія* (табл. IX).

За основной размѣръ въ данномъ случаѣ принята ширина дна канала  $D$ . Вмѣсто величинъ заполнения здѣсь приходится имѣть дѣло съ отношеніемъ  $\frac{h}{D}$ , т. е. глубины къ ширинѣ дна, и для различныхъ значеній этого отношенія отъ 0,1 до 1 построены кривыя  $Q$  и  $v$ .

Основныя начальныя точки, обозначенныя на другихъ масштабахъ, здѣсь будутъ различаться въ зависимости отъ *уклона и материала стѣнокъ водостока*.

Въ данномъ случаѣ приняты слѣдующія значенія величины  $b$  въ формулѣ Куттера

$$v = \frac{100 \cdot R}{b + \sqrt{R}} \sqrt{J}$$

$b = 0,35$  — для бетонныхъ стѣнокъ;

$b = 0,6$  — для гладкой каменной одежды;

$b = 0,75$  — для грубой каменной одежды;

$b = 1,5$  — для дерновой одежды.

Уклонъ стѣнокъ принять въ 1:1, 1:1,5 и 1:2.

Расходъ  $Q = k Q_0$

Скорость  $v = k_1 v_0$

гдѣ  $Q_0$  и  $v_0$  расходъ и скорость для круглаго сѣченія діаметромъ  $D$ , а  $k$  и  $k_1$  коэффициенты, зависящіе отъ величины  $b$  и отъ уклона стѣнокъ.

Величины значений $K$ и $K_1$ .					
Уклонъ стѣнокъ.		$b = 0,35$ для бетона.	$b = 0,60$	$b = 0,75$	$b = 1,5$ для дерна.
			Для каменной одежды.		
			гладкой.	грубой.	
1 : 1	$v$	1,66	1,3	1,2	0,8
	$Q$	4,22	3,4	3,1	2,0
1 : 1,5	$v$	1,70	1,3	1,2	0,8
	$Q$	5,42	4,3	4,0	2,3
1 : 2	$v$	1,71	1,3	1,2	0,8
	$Q$	6,50	5,2	4,7	3,1

Имѣя значенія коэффициентовъ  $k$  и  $k_1$ , легко построить для уклоновъ 1:1, 1:1,5, 1:2 три вспомогательныя кривыя. Для этого на горизонтальной линіи отложены длины, пропорціональныя значеніямъ  $b$ . На вертикальныхъ линіяхъ, проходящихъ черезъ точки  $b = 0,35$ ,  $b = 0,60$ ,  $b = 0,75$ ,  $b = 1,5$ , отложены значенія логариѐмовъ  $k_1$ , отвѣчающихъ уклонамъ 1:1, 1:1,5, 1:2 и значеніямъ  $b$ . Точки, отвѣчающія одинаковымъ уклонамъ, соединены кривыми.

Для опредѣленія величины  $Q$ , при какой-либо степени заполнения, напр.  $\frac{h}{H} = 0,8$  и при значеніяхъ, напр.  $b = 1,5$  и уклонѣ стѣнокъ 1:1, накладываемъ масштабъ на основную логариѐмо-графическую таблицу вертикально по линіи, отвѣчающей гидравлическому уклону  $J$ , стрѣлкой, отвѣчающей пересѣченію  $b = 1,5$  и кривой уклона 1:1, противъ линіи, отвѣчающей заданному  $D$ . Тогда горизонтальная линія, проходящая черезъ кривую  $Q$  для заполнения 0,8, укажетъ на таблицѣ величину  $Q$ .

На масштабѣ скоростей не приходится строить вспомогательныхъ кривыхъ потому, что значеніе коэффициентовъ  $k$ , какъ видно изъ таблицы, не измѣняется, почему на масштабѣ прочерчены стрѣлки, отвѣчающія значеніямъ  $b = 0,35$ , 0,6, 0,75 и 1,5.

*Графическій расчетъ водостоконъ клинообразнаго сѣченія (табл. X).*

За основной размѣръ, при расчетѣ водостоконъ клинообразнаго сѣченія, принята глубина жидкости и слѣдовательно здѣсь мы не будемъ имѣть дѣло съ различными степенями заполнения.

Здѣсь для каждаго даннаго случая придется найти на масштабѣ одну горизонтальную линію для  $Q$  и одну для  $v$ .

$$\text{Расходъ} \quad Q = k Q_0$$

$$\text{Скорость} \quad v = k_1 v_0$$

гдѣ  $Q_0$  и  $v_0$  расходъ и скорость для круглago сѣченія діаметра  $D$ , равнаго высотѣ жидкости водостока; а  $k$  и  $k_1$  коэффициенты, зависящіе отъ  $b$  и уклона стѣнокъ.

В е л и ч и н ы з н а ч е н і й  $K$  и  $K_1$ .

Уклонъ стѣнокъ.		$b = 0,35$ для бетона.	$b = 0,60$   $b = 0,75$		$b = 1,5$ для дерна.
			Для каменной одежды.		
			гладкой.	грубой.	
1 : 1	$v$	1,27	1,0	0,9	0,6
	$Q$	1,62	1,3	1,2	0,8
1 : 1,5	$v$	1,42	1,1	1,0	0,7
	$Q$	2,72	2,2	2,0	1,3
1 : 2	$v$	1,5	1,2	1,1	0,8
	$Q$	3,81	3,0	2,8	1,8

По имѣющимся значеніямъ  $k$  и  $b$  строятся вспомогательныя кривыя также какъ и для трапецидальнаго сѣченія.

Для опредѣленія величины  $Q$  поступаютъ совершенно также, какъ и при трапецидальномъ сѣченіи съ той разницей, что линія, опредѣляющая расходъ  $Q$  и скорость  $v$ , остается постоянной.



Примѣръ:

$$\text{Дано: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Трапециoidalное сѣченіе} \\ \text{Каменная гладкая отводка } (b = 0,6) \\ \text{Заполненіе } \frac{h}{H} = 0,80 \\ \text{Уклонъ стѣнокъ } 1 : 2 \\ D = 1,10 \text{ м.} \\ J = 0,0003 \end{array} \right.$$

Найти  $Q, v$ .

Накладываемъ вертикально масштабъ расходовъ  $Q$  (Т. IX) на основную логарифмо-графическую таблицу стрѣлкой, отвѣчающей  $b = 0,6$  и заложению  $= 2$  высотамъ, къ пересѣченію линій  $D = 1,10$  м. и  $J = 0,0003$ . Противъ заполнения  $\frac{h}{H} = 0,80$  получимъ  $Q = 6700$  м.<sup>3</sup>-часъ.

Изъ масштаба скоростей также находимъ  $v = 0,68$  м.-сек.

Примѣръ 2.

$$\text{Дано: } \left\{ \begin{array}{l} \text{Клинообразное сѣченіе} \\ \text{Дерновая одежда } (b = 1,5) \\ \text{Уклонъ стѣнокъ } 1 : 1 \\ J = 0,0007 \\ Q = 1000 \end{array} \right.$$

Найти  $D, v$ .

Накладывая по предыдущему масштабъ расходовъ  $Q$  (Т. X) на линію  $J = 0,0007$ , передвигаемъ масштабъ такъ, чтобы линія, опредѣляющая расходъ  $Q$  (обозначенная большой стрѣлкой), пришлась противъ  $Q = 1000$  м.<sup>3</sup>-ч., тогда линія отвѣчающая  $b = 1,5$  и уклону стѣнокъ  $1 : 1$ , укажетъ  $D = 0,80$  метр.

Изъ масштаба скоростей найдемъ для

$$D = 0,80$$

$$v = 0,42 \text{ метр.-сек.}$$

## ОТДѢЛЪ ЧЕТВЕРТЫЙ.

*Расчетъ водостоковъ при притокѣ въ началѣ и по пути.*

Какъ было уже указано, поверхность жидкости въ этомъ случаѣ не будетъ параллельною дну водостока. До сихъ поръ всѣ авторы сочиненій по канализаціи принимали, что скорость опредѣляется уклономъ поверхности, т. е., что въ уравненіи  $v = C \sqrt{R} \sqrt{J}$  подъ  $J$  надо разумѣть этотъ уклонъ. Въ настоящее время профессоромъ Саткевичемъ высказана мысль, что теоретическая идея, вложенная въ формулу расчета водостоковъ, требуетъ подъ уклономъ  $J$  разумѣть уклонъ той линіи, которая представляетъ собой путь нѣкоторой средней точки, являющейся центромъ протекающихъ черезъ каждое сѣченіе массъ жидкости; точка эта совпадала бы съ геометрическимъ центромъ сѣченій всего потока, если бы скорости въ различныхъ точкахъ каждаго сѣченія были одинаковыми; при неравенствѣ же этихъ скоростей она отклоняется въ сторону струй, быстрѣе движущихся.

Однако взгляды этотъ еще подробно не разработаны и потому пока приходится руководствоваться прежними приемами.

Итакъ, примемъ (фиг. 5), что намъ заданъ уклонъ поверхности жидкости  $AC$  въ нѣкоторомъ водостокѣ, который въ началѣ принимаетъ 4000 куб. метр. въ часъ и кромѣ того по пути пропорціонально длинѣ еще 5000 к. м. въ часъ. Пусть заданный уклонъ  $J = 0,01$ , а длина водостока  $L = 100$  метр. (на чертежѣ вертикальный масштабъ въ 10 разъ больше горизонтальнаго). Задаваться при расчетѣ именно уклономъ поверхности жидкости, а не уклономъ дна всегда цѣлесообразно по той причинѣ, что водостокъ долженъ провести жидкость съ одного опредѣленнаго уровня на другой, причемъ дно его можетъ быть расположено круче или положе.

На нижнемъ чертежѣ (фиг. 5) построена наклонная прямая, показывающая, какъ измѣняется количество жидкости въ водостокѣ. Такъ какъ мы не можемъ примѣнить построенныя таблицы сразу ко всей длинѣ водостока, то

раздѣлимъ его по длинѣ на участки такой длины, чтобы измѣненіе  $R$  на ихъ протяженіи не было чувствительнымъ, т. е. чтобъ къ каждому участку можно было примѣнить построенныя таблицы.

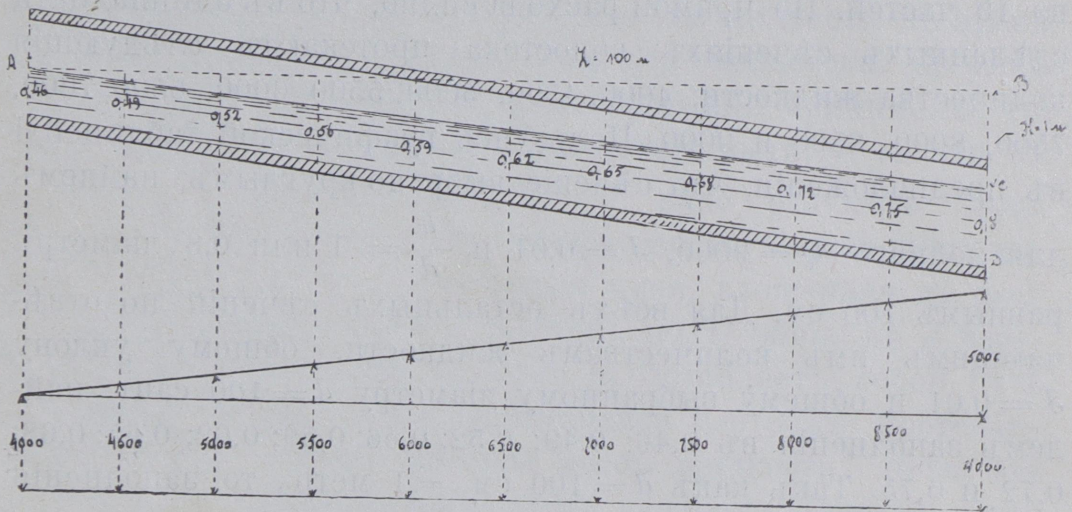
Положимъ, напр., что съ этой цѣлью мы раздѣлили его на 10 частей. По прямой расхода видно, что въ одиннадцати сдѣланныхъ сѣченіяхъ водостока протекають слѣдующія количества жидкости: 4000, 4500, 5000, 5500, 6000, 6500, 7000, 7500, 8000, 8500 и 9000. Пользуясь графической таблицей I въ предположеніи, что сѣченіе выбрано круглымъ, найдемъ для полнаго  $Q = 9000$ ,  $J = 0,01$  и  $\frac{h}{d} = 1$  или 0,8 діаметръ равнымъ 100 см. Для всѣхъ остальныхъ сѣченій по отвѣчающимъ имъ количествамъ жидкости, общему уклону  $J = 0,01$  и общему выбранному діаметру  $d = 100$  сант. найдемъ заполнения въ 0,46; 0,49; 0,52; 0,56; 0,59; 0,62; 0,65; 0,68; 0,72 и 0,75. Такъ какъ  $d = 100$  см. = 1 метр., то заполнения эти представляютъ собою одновременно и глубины жидкости  $h$  въ метрахъ въ каждомъ сѣченіи.

Поэтому, отложивъ ихъ въ каждомъ сѣченіи внизъ отъ линіи  $AC$ , получимъ рядъ точекъ, опредѣляющихъ дно канала. Оказывается, что всѣ эти точки лежатъ на одной общей прямой, продолженіе которой пересѣкаетъ послѣднее одиннадцатое сѣченіе на 0,8 метра ниже линіи  $AC$ . Изъ этого слѣдуетъ, что если для послѣдняго сѣченія принять заполненіе не 1, а 0,8, то дно канала на всемъ протяженіи выражается прямой линіей, которую легко построить, опредѣляя только заполнения перваго и послѣдняго сѣченій. Линія, соединяющая отдѣльныя точки дна, оказалась прямой не случайно, и будетъ такою всегда, когда  $\frac{h}{d}$  измѣняется въ предѣлахъ отъ 0,4 до 0,8, потому что, какъ видно изъ кривой для  $Q$  (фиг. 6), въ этихъ предѣлахъ зависимость  $Q$  отъ  $\frac{h}{d}$  выражается почти точно прямой линіей. А если мы эту линію примемъ за прямую, то называя

$$\frac{h}{d} = Z,$$

найдемъ, что  $Q = b + az$ .

По заданію же  $Q = Q_1 + p Z$ , слѣдовательно  
 $Q_1 + p Z = b + a z$  или  $Z = \frac{Q_1 - b}{a} + \frac{p}{a} L$ , т. е. зависимость  
 $Z$  отъ  $L$  тоже должна изображаться прямою линіей, ко-  
 торая и есть линія дна.



*Handwritten notes:*  
 4000 / 5000  
 0,66

# ЧИСЛОВЫЯ ТАБЛИЦЫ.

## Таблица № 1.

Для круглаго сѣченія

$$v = \frac{100 R}{0,3 + \sqrt{R}} \sqrt{J}$$

$$Q = v \frac{\pi D^2}{4} \times 3.600$$

Полное заполненіе для уклона

$$J_1 = \frac{1}{10000}$$

$D$ сант.	$v$ мет. сек.	$Q$ куб. мет. часъ.	$D$ сант.	$v$ мет. сек.	$Q$ куб. мет. часъ.	$D$ сант.	$v$ мет. сек.	$Q$ куб. мет. часъ.
10	0,0546	1,547	55	0,2049	175,189	140	0,3925	2.175,03
12,5	0,0655	2,895	60	0,2182	222,06	150	0,4110	2.614,60
15	0,0759	4,832	65	0,2311	276,044	175	0,4550	3.939,88
17,5	0,0859	7,440	70	0,2436	337,454	200	0,4965	5.615,30
20	0,0955	10,798	75	0,2558	406,750	225	0,5357	7.667,95
25	0,1136	20,077	80	0,2677	484,365	250	0,5731	10.127,43
30	0,1307	33,254	90	0,2905	665,233	275	0,6089	13.019,62
35	0,1468	50,845	100	0,3125	883,575	300	0,6432	16.367,48
40	0,1622	73,440	110	0,3335	1.140,93	350	0,7082	24.529,18
45	0,1770	101,314	120	0,3538	1.440,405	400	0,7692	34.797,87
50	0,1916	135,399	130	0,3735	1.784,687	450	0,8268	47.338,83
						500	0,8814	62.302,64

$$R = \frac{\pi D^2}{4} / \pi D = \frac{D}{4}$$

$R$  — мет.

$v$  — мет.—сек.

$Q$  — куб.—мет.—часъ.

## Таблица № 2.

$100 \sqrt{J}$ ,

УКЛОНЪ $J$	$100 \sqrt{J}$	УКЛОНЪ $J$	$100 \sqrt{J}$	УКЛОНЪ $J$	$100 \sqrt{J}$	УКЛОНЪ $J$	$100 \sqrt{J}$	
1	100	—	—	—	—	—	—	
0,95	97,468	0,095	30,822	0,0095	9,7468	0,00095	3,0822	
0,90	94,868	0,090	30,000	0,0090	9,4868	0,00090	3,000	
0,85	92,195	0,085	29,155	0,0085	9,2195	0,00085	2,9155	
0,80	89,443	0,080	28,284	0,0080	8,9443	0,00080	2,8284	
0,75	86,603	0,075	27,386	0,0075	8,6603	0,00075	2,7386	
0,70	83,666	0,070	26,457	0,0070	8,3666	0,00070	2,6457	
0,65	80,623	0,065	25,495	0,0065	8,0623	0,00065	2,5495	
0,60	77,460	0,060	24,495	0,0060	7,7460	0,00060	2,4495	
0,55	74,162	0,055	23,452	0,0055	7,4162	0,00055	2,3452	
0,50	70,711	0,050	22,361	0,0050	7,0711	0,00050	2,2361	
0,45	67,082	0,045	21,213	0,0045	6,7082	0,00045	2,1213	
0,40	63,246	0,040	20,000	0,0040	6,3246	0,00040	2,0000	
0,35	59,161	0,035	18,708	0,0035	5,9161	0,00035	1,8708	
0,30	54,772	0,030	17,321	0,0030	5,4772	0,00030	1,7321	
0,25	50,000	0,025	15,811	0,0025	5,0000	0,00025	1,5811	
0,30	0,20	44,721	0,020	14,142	0,0020	4,4721	0,00020	1,4142
0,25	0,15	38,730	0,015	12,247	0,0015	3,8730	0,00015	1,2247
0,20	0,10	31,623	0,010	10,000	0,001	3,1623	0,0001	1
0,15								

0,10

$$\frac{v}{v_1} = \frac{\sqrt{J}}{\sqrt{J_1}} \quad \sqrt{J_1} = \sqrt{\frac{1}{10000}} = \frac{1}{100}$$

$\partial = \text{постоян.}$

$$v = v_1 \times 100 \sqrt{J}$$

$v_1, Q_1$  — значенія таблицы № 1.

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{v}{v_1} = \frac{\sqrt{J}}{\sqrt{J_1}}$$

$$Q = Q_1 \times 100 \sqrt{J}$$

$$Q = Q \times \sqrt{10000} =$$

3.16

100  
80  
122  
00

Таблица № 3.

Относительных значений расхода и скорости при неполномъ заполненіи.

Степень заполн. $h/D$ или $h/H$	Круглое сѣченіе		Овоидальное сѣченіе.		Лотковое сѣченіе.		Степень за- полненія $h/D$ или $h/H$ .	Круглое сѣченіе съ лоткомъ.		Круглое сѣченіе съ пря- мою средней частью п клинообр. дномъ.		Обратно овоидаль- ное съ лоткомъ.	
	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$		$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$	$\alpha = \frac{Q_1}{Q}$	$\beta = \frac{v_1}{v}$
1	1,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
0,95	<b>1,087</b>	1,108	<b>1,062</b>	1,109	<b>1,084</b>	1,078	0,95	<b>1,100</b>	1,124	<b>1,072</b>	1,094	<b>1,048</b>	1,091
0,90	1,082	1,142	1,037	1,130	1,073	1,122	0,90	1,072	1,137	1,061	1,121	1,035	1,110
0,85	1,048	1,157	0,983	<b>1,135</b>	1,051	1,135	0,85	1,046	1,155	1,022	<b>1,129</b>	1,006	1,121
0,80	0,994	<b>1,159</b>	0,917	1,130	1,000	<b>1,140</b>	0,80	0,987	<b>1,157</b>	0,964	<b>1,129</b>	0,963	<b>1,123</b>
0,75	0,927	1,152	0,839	1,118	0,954	1,118	0,75	0,905	1,153	0,898	1,122	0,908	1,122
0,70	0,850	1,137	0,755	1,098	0,889	1,113	0,70	0,819	1,136	0,822	1,107	0,844	1,113
0,65	0,766	1,113	0,672	1,075	0,802	1,106	0,65	0,730	1,113	0,738	1,084	0,771	1,097
0,60	0,678	1,083	0,585	1,043	0,745	1,091	0,60	0,636	1,081	0,652	1,054	0,693	1,077
0,55	0,589	1,045	0,501	1,000	0,652	1,054	0,55	0,540	1,040	0,565	1,019	0,611	1,050
0,50	0,500	1,00	0,423	0,975	0,563	1,013	0,50	0,451	1,000	0,475	0,974	0,525	1,015
0,45	0,414	0,948	0,348	0,930	0,478	0,969	0,45	0,354	0,934	0,391	0,924	0,438	0,968
0,40	0,332	0,889	0,278	0,883	0,394	0,923	0,40	0,268	0,867	0,310	0,865	0,352	0,915
0,35	0,256	0,821	0,216	0,829	0,314		0,35	0,189	0,782	0,232	0,792	0,270	0,848
0,30	0,188	0,748	0,159	0,769			0,30	0,119	0,682	0,160	0,703	0,191	0,764
0,25	0,129	0,661	0,111	0,702			0,25	0,086	0,624	0,095	0,589	0,122	0,659
0,20	0,080	0,565	0,072	0,628			0,20	0,057	0,558	0,052	0,499	0,063	0,526
0,15	0,043	0,457	0,040	0,536			0,15	0,033	0,472	0,024	0,402	0,039	0,562
0,10	0,017	0,333	0,018	0,424	0,021		0,10	0,014	0,363	0,008	0,299	0,020	0,468
$Q_0$ — количество жидкости $V_0$ — скорость	при кругломъ сѣченіи.		$Q = 1,61 Q_0$ $V = 1,1 V_0$	$Q =$ $V$			$Q = 0,90 Q_0$ $v = 0,99 v_0$	$Q = 0,95 Q_0$ $v = 0,97 v_0$	$Q = 1,40 Q_0$ $v = v_0$		При той же степени заполнения.		



## Т а б л и ц а № 4.

Определение размеров сточных труб работающих полным сбросом воды ливня. Вычисления сделаны согласно

1. Мощность дождя 25 мм.—часъ.
2. Съ площадей попадает ливневой воды:
  - а) При мощныхъ площадяхъ  $\frac{1}{3}$  водъ ливня.
  - б) При немощныхъ площадяхъ  $\frac{1}{6}$  водъ ливня.

чениемъ при данномъ уклонѣ и площади, съ которой должны отводиться воды ливня. Площади въ квадратныхъ метрахъ.

3. Скорость въ трубахъ:
  - до 25 с. не менѣе 0,90 мет.-сек.
  - до 50 с. не менѣе 0,70 мет.-сек.
  - болѣе 50 с. не менѣе 0,50 мет.-сек.

Уклонъ J.	Д И А М Е Т Р Ъ Т Р У Б Ъ														В Ъ С А Н Т И М Е Т Р А Х Ъ.													
	10		12,5		15		17,5		20		25		30		35		40		45		50		55		60		70	
	Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.		Площадь.	
	мощ.	нем.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.	мощен.	немощ.
0,0005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,0007	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,0009	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,001	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,002	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,004	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,005	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,006	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,007	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,008	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,009	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,02	—	—	4900	9800	8200	16400	12600	25200	18400	36800	34200	68400	56600	113200	86600	173200	125100	250200	172600	345200	230700	464400	298500	597000	378300	756600	575000	1150000
0,03	3200	6400	6000	12000	10000	20000	15500	31000	22500	45000	41900	83800	69400	138800	106100	212200	153200	303400	211400	422800	282500	565000	365600	731200	463400	926800	704200	1408400
0,04	3700	7400	7000	14000	11600	23200	17900	35800	26000	52000	48400	96800	80100	160200	122500	245000	176900	353800	244100	488200	326200	652400	422000	844000	535000	1070000	813100	1626200