

532
4-21

В. И. Чарномскій.

ЗАДАЧИ

НА

УСТАНОВИВШЕЕСЯ НЕРАВНОМЪРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ВОДЫ

ВЪ ОТКРЫТЫХЪ ПРЯМЫХЪ РУСЛАХЪ

СЪ

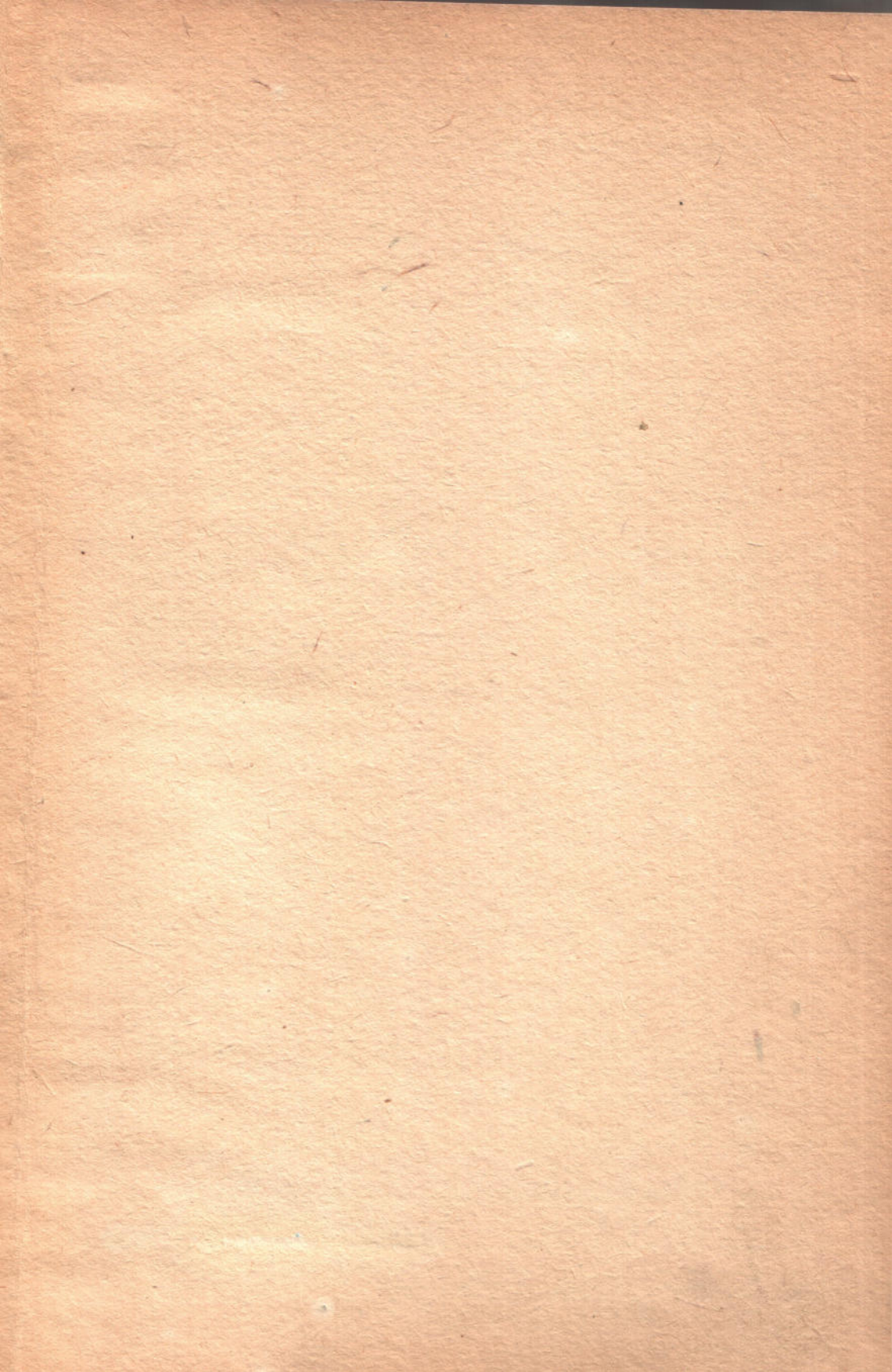
ПРЯМОУГОЛЬНЫМЪ И ТРАПЕЦИДАЛЬНЫМЪ ПОПЕРЕЧНЫМЪ СЪЧЕНИЕМЪ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія А. Э. Коллинсъ (бывш. Ю. Н. Эрлихъ), М. Дворянская, 19.

1914.

1700



Изданіе Института Инженеровъ Путей Сообщенія Императора Александра I.

В. И. Чарномскій.

532.
7-21.

ЗАДАЧИ

НА

УСТАНОВИВШЕЕСЯ НЕРАВНОМЪРНОЕ

проблеме
1866 г.
ТЕЧЕНИЕ ВОДЫ

ВЪ ОТКРЫТЫХЪ ПРЯМЫХЪ РУСЛАХЪ

съ

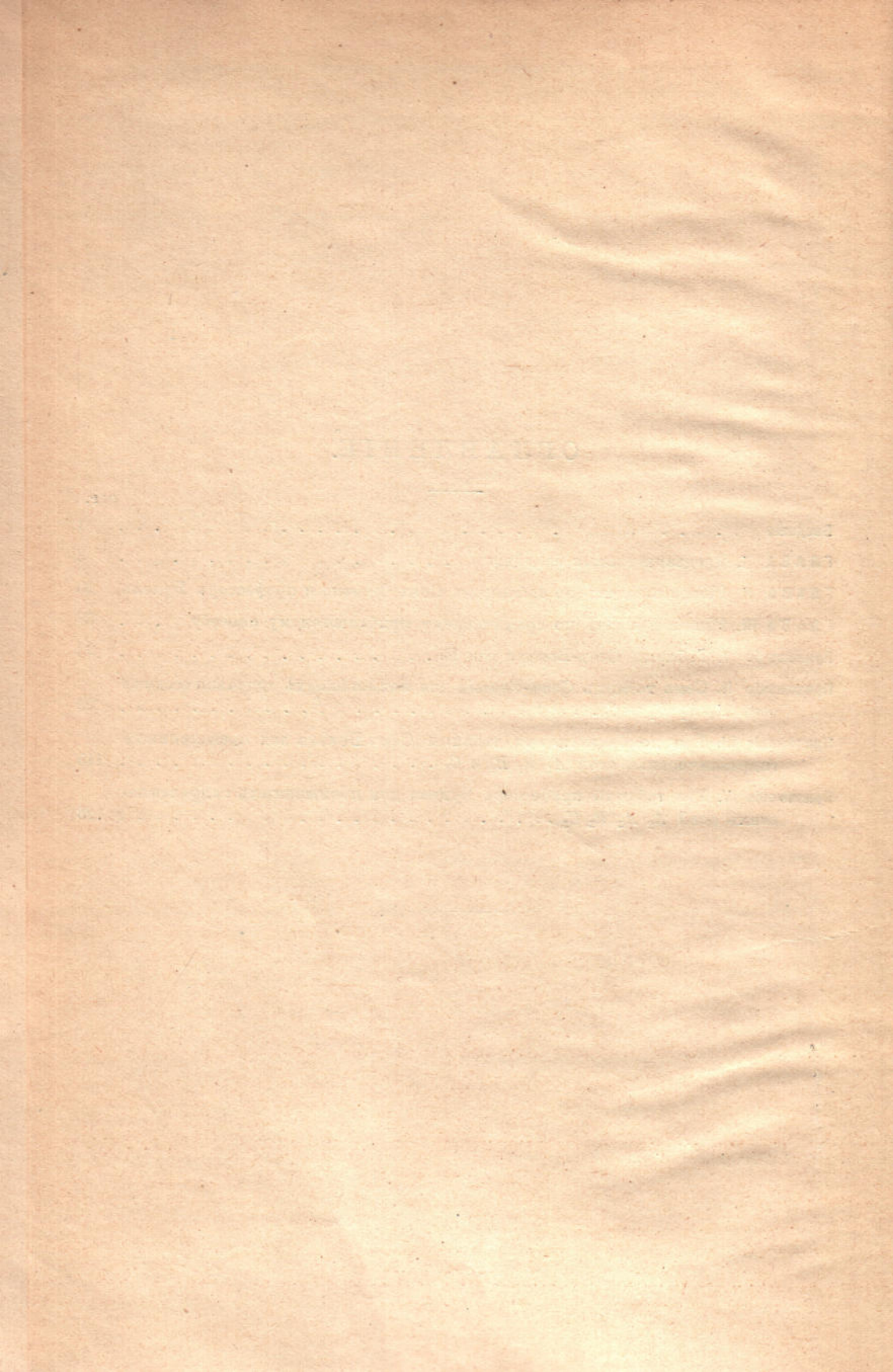
ПРЯМОУГОЛЬНЫМЪ И ТРАПЕЦОИДАЛЬНЫМЪ ПОПЕРЕЧНЫМЪ СЪЧЕНИЕМЪ.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Типографія А. Э. Коллинсъ (бывш. Ю. Н. Эрлихъ), М. Дворянская, 19.
1914.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	СТР.
Введеніе	1
ГЛАВА I. Предварительныя свѣдѣнія	3
ГЛАВА II. Рѣшеніе задачъ по таблицамъ Сенъ Венана и профессора Будена	20
ГЛАВА III. Рѣшеніе задачъ по графическому приближенному способу	38
Приложеніе I. Таблицы Сенъ-Венана для R_i	93
Приложеніе II. Семь таблицъ Сенъ-Венана для повышенныхъ гидравлическихъ осей A_1 B_1 B_2 и C_1	99
Приложеніе III. Три дополнителныя таблицы Сенъ-Венана для повышенныхъ гидравлическихъ осей A_1 B_1 B_2 и C_1	115
Приложеніе IV. Три таблицы профессора Будена для пониженныхъ гидравлическихъ осей A_2 A_3 B_3 C_3	123



Введение.

Равномерное течение воды въ открытомъ прямомъ руслѣ, съ постояннымъ расходомъ, постояннымъ продольнымъ уклономъ дна и постоянной шириной возможно только для опредѣленной глубины воды въ руслѣ; съ измѣненіемъ глубины въ одномъ изъ поперечныхъ сѣченій русла течение дѣлается неравномернымъ.

При равномерномъ теченіи гидравлическая ось потока (или продольная профиль поверхностной струи потока) есть прямая линия параллельная продольной профили дна русла. При неравномерномъ теченіи гидравлическая ось потока образуетъ параболическую кривую, касательныя къ которой наклонены къ продольной профили дна русла.

Опредѣленіе вида и характера гидравлической оси для даннаго установившагося неравномернаго теченія и рѣшеніе задачъ, относящихся къ установившемуся неравномерному теченію въ руслахъ съ прямоугольнымъ и трапециoidalнымъ поперечнымъ сѣченіемъ, составляютъ предметъ сего труда.

Руководствами служили слѣдующія сочиненія:

М. Boudin Professeur. «De l'axe hydraulique des cours d'eau contenus dans un lit prismatique». Annales des travaux publics de Belgique tome XX 1863 г.

М. Boudin Professeur. Cours d'hydraulique enseigné à l'Ecole speciale des Ingenieurs de Gand 1875 г.

De Saint-Venant. «Formules et tables nouvelles pour la solution des problèmes relatifs aux eaux courantes». Annales des mines 1851 2^{ième} semestre.

A. Merten Ingenieur. «Recherches sur la forme des axes hydrauliques dans un lit prismatique». Annales de l'association des Ingenieurs sortis des Ecoles speciales de Gand tome V 1906 г.

I. Davignaud Ingenieur. «Note sur les axes hydrauliques». Annales des travaux publics de Belgique 1906 № 6.

A. Boulanger. «Hydraulique generale». Deux volumes 1909. Paris Encyclopedie scientifique publiée sous la rédaction de D-r Toulouse.

SECRET

Faded text at the top of the page, appearing to be a header or introductory paragraph.

Second paragraph of faded text, continuing the document's content.

Third paragraph of faded text, likely containing a list or detailed information.

Fourth paragraph of faded text, possibly a transition or another section.

Fifth paragraph of faded text, continuing the narrative or report.

Sixth paragraph of faded text, likely the concluding part of the document.

Г Л А В А I.

Предварительныя свѣдѣнія.

Обозначенія. Постоянный секунднй расходъ воды въ прямоугольномъ каналѣ въ кубическихъ метрахъ выражается формулой

$$q = \omega v = hlv \frac{mt^3}{\text{сек.}},$$

гдѣ v — средняя скорость въ метрахъ въ секунду; $\omega = hl$ — площадь поперечнаго сѣченія канала въ кв. метр., l — ширина и h — глубина канала въ метрахъ; ψ — подводный периметръ $= l + 2h$; R — подводный радиусъ $= \frac{\omega}{\psi} = \frac{lh}{l + 2h}$; dS — разстоянiе, считая по дну канала отъ сѣченія съ глубиной h до сѣченія съ глубиной $h + dh$; g — ускоренiе силы тяжести $= 9,808 \frac{mt}{\text{сек.}}$; b — коэффициентъ сопротивленiя дна и стѣнонь канала.

$$b = \left(\frac{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}{87} \right)^2 \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ γ — коэффициентъ шероховатости, предложенный по Базену:

- для очень гладкихъ поверхностей (цементъ полированный, стекло, струганное дерево) $\gamma = 0,06$
- для гладкихъ поверхностей (неструганныя доски, кирпичъ, тесанный камень) . $\gamma = 0,16$
- для бутовой кладки $\gamma = 0,46$
- для разнородныхъ поверхностей (земля тщательно утрамбованная или лотки облицованные камнемъ) $\gamma = 0,85$
- для земляныхъ поверхностей въ обыкновенныхъ условiяхъ $\gamma = 1,30$
- для поверхностей исключительно шероховатыхъ (водоросли и прочее) . . . $\gamma = 1,75$

Для обыкновенных земляных каналовъ шириною 100 метровъ, глубиною около 1,50 метра, R около 1,326 и $\gamma = 1,30$ получится въ среднемъ $b = 0,0004$;

α — уголъ уклона дна канала съ горизонтомъ,

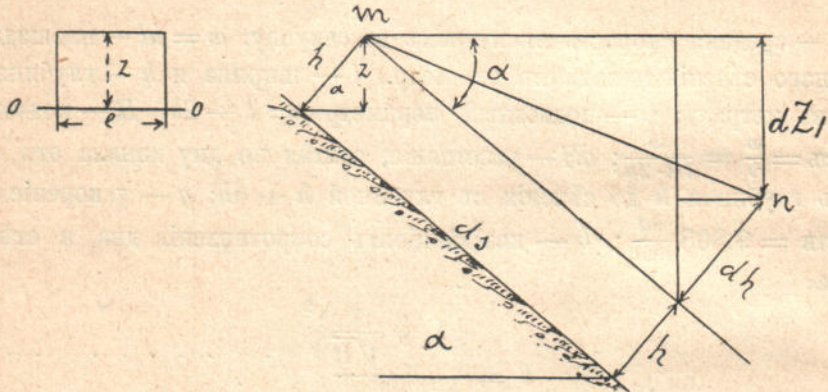
$$\sin \alpha = i, \quad \cos \alpha = \sqrt{1 - i^2};$$

для малыхъ же угловъ α , когда i не свыше 0,01, принимается

$$i = \operatorname{tg} \alpha \quad \text{и} \quad \cos \alpha = 1.$$

α_1 коэффициентъ принятый для болѣе точнаго выраженія живой силы элементарной струи ($\frac{v^2}{2g}$), выраженной въ средней скорости v . De Saint-Venant полагаетъ $\alpha_1 = 1, 1$, а профессоръ Будень признаетъ достаточнымъ для обыкновенныхъ каналовъ принять $\alpha_1 = 1,00$.

§ 1. Опредѣлить $\frac{dh}{ds}$, или тангенсъ угла, составленнаго касательной къ гидравлической оси потока mn съ направлениемъ дна канала (черт. 1).



Черт. 1.

Извѣстно, что потеря энергiи единицы вѣса элементарной струи при переходѣ отъ m къ n опредѣляется уравненiемъ

$$dZ_1 = \frac{d(\alpha_1 v^2)}{2g} + \frac{bv^2}{R} dS.$$

Но изъ чертежа видно, что

$$dZ_1 = \sin \alpha dS - \cos \alpha dh \quad \text{или} \quad = idS - \sqrt{1 - i^2} dh$$

и

$$d \left(\frac{\alpha_1 v^2}{2g} \right) = \frac{1}{2g} d \left(\frac{\alpha_1 q^2}{h^2 l^2} \right) = \frac{\alpha_1 q^2 dh}{gh^3 l^2},$$

а потому

$$\frac{dh}{dS} = \frac{i - \frac{bv^2}{R}}{\sqrt{1 - i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{gl^2 h^3}} = \frac{i - bq^2 \left(\frac{l + 2h}{l^3 h^3} \right)}{\sqrt{1 - i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{gh^3 l^2}} = \frac{N}{D} \dots \dots (2)$$

§ 2. Опредѣлить линіи глубинъ: H (равномѣрнаго теченія), H_1 (критическаго теченія) и H_2 (горизонтальныхъ площадокъ на гидравлическихъ кривыхъ), а также зависимость между H_1 , H и H_2 для даннаго расхода q и уклона дна i .

Если въ числитель уравненія (2-го):

$$i - \frac{bq^2(l+2h)}{l^3h^3} = N$$

измѣнять постепенно глубину h

$$\text{отъ } h = 0 \text{ до } h = \infty,$$

то получимъ для N постепенно возрастающія значенія:

$$\text{отъ } N = -\infty \text{ до } N = i;$$

при переходѣ черезъ 0, т. е. когда $N = 0$, получается линія глубинъ H равномѣрнаго теченія, опредѣляемая уравненіемъ:

$$bq^2 \frac{(l+2H)}{l^3H^3} = i \dots \dots \dots (3)$$

Поэтому

- для значеній $h < H$, $N < 0$
- » » $h = H$, $N = 0$
- » » $h > H$, $N > 0$

Если въ знаменателѣ уравненія (2)

$$\sqrt{1-i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{gh^3l^3} = D$$

измѣнять постепенно глубину h

$$\text{отъ } h = 0 \text{ до } h = \infty,$$

то получимъ для D постепенно возрастающія значенія:

$$\text{отъ } D = -\infty \text{ до } D = \sqrt{1-i^2}$$

при переходѣ черезъ 0, т. е. когда $D = 0$, получается линія глубинъ H_1 критическаго теченія, опредѣляемая уравненіемъ:

$$\sqrt{1-i^2} = \frac{\alpha_1 q^2}{gH_1^3l^2}.$$

Поэтому

- для значеній $h < H_1$, $D < 0$
- » » $h = H_1$, $D = 0$
- » » $h > H_1$, $D > 0$

Глубина горизонтальных площадок H_2 определится из уравнения (2), когда

$$\frac{dh}{dS} = tg \alpha;$$

т. е. из уравнения

$$gb \left(\frac{2H_2 + l}{l} \right) = tg \alpha \dots \dots \dots (5)$$

Выведем последнее уравнение для общего случая, т. е. для произвольного сечения ω с переменной глубиной h и подводным периметром ψ ; поэтому пусть:

- при глубинѣ H , сечение будетъ Ω и ширина по дну L
- » » H_1 , » » Ω_1 » » » L_1
- » » H_2 , » » Ω_2 » » » L_2

Глубина H_2 горизонтальной площадки определится изъ

$$tg \alpha = \frac{i}{\sqrt{1-i^2}} = \frac{i - \frac{bq^2\psi_2}{\Omega_2^3}}{\sqrt{1-i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{g\Omega_2^3}}$$

или

$$tg \alpha = \frac{i}{\sqrt{1-i^2}} = gb \left(\frac{\psi_2}{L_2} \right) \dots \dots \dots (5')$$

а для прямоугольного сечения

$$tg \alpha = gb \left(\frac{2H_2 + l}{l} \right)$$

Изъ (5) и (5)' видно, что горизонтальная площадка образуется для данного русла всегда на одной глубинѣ H_2 независимо отъ расхода q . При $tg \alpha > gb$, $H_2 > 0$; при $tg \alpha = gb$, $H_2 = 0$ и при $tg \alpha < gb$, $H_2 < 0$.

Опредѣлимъ зависимость между H_1 , H и H_2 при данныхъ величинахъ для q и i .

Глубина H определится изъ

$$i = \frac{\psi}{\Omega^3} bq^2$$

и H_1 — изъ

$$\sqrt{1-i^2} = \frac{1}{g} \frac{L_1 q^2}{\Omega_1^3}$$

раздѣляя почленно получимъ:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{i}{\sqrt{1-i^2}} = gb \left(\frac{\psi}{\Omega^3} \right) \frac{\Omega_1^3}{L_1}$$

но изъ (5)':

$$\operatorname{tg} \alpha = g \left(\frac{b\psi_2}{L_2} \right),$$

а потому

$$\frac{\psi}{\Omega^3} \times \frac{\Omega_1^3}{L_1} = \frac{\psi_2}{L_2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{gb};$$

для прямоугольнаго русла:

$$\frac{\psi}{\psi_2} = \frac{\Omega^3}{\Omega_1^3} \neq \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha};$$

чтобы $H_1 = H$ нужно въ предпоследнемъ уравненіи замѣнить $\Omega_1 L_1$ черезъ ΩL :

$$\frac{\psi \Omega^3}{\Omega^3 L} = \frac{\psi_2}{L_2}$$

или

$$\frac{\psi}{L} = \frac{\psi_2}{L_2} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{gb}$$

т. е., что значеніе для H , совпадая съ H_1 дѣлается равнымъ H_2 , т. е. одновременно существуетъ совпаденіе $H = H_1 = H_2$, глубина котораго постоянна для даннаго русла и не зависитъ отъ расхода q .

§ 3. Опредѣлить удѣльную энергію E сѣченія (чер. 1) въ (m) или энергію приходящуюся на единицу вѣса расхода q *).

Обозначимъ черезъ u скорость элементарной струи въ точкѣ m и v — среднюю скорость всего сѣченія $\frac{q}{\omega}$.

По Бернулли количество энергіи l , заключающееся въ единицѣ вѣса каждой элементарной струи поперечнаго сѣченія въ (m) , движущейся со скоростью u , относительно горизонтальной линіи, проходящей черезъ дно въ 0 (чер. 1) будетъ (пренебрегая давленіемъ воздуха)

$$l = z + \frac{u^2}{2g}$$

или

$$l = h \cos \alpha + \frac{u^2}{2g}$$

*) Б. А. Бахметевъ инженеръ п. с. «О неравномѣрномъ движеніи жидкости въ открытомъ руслѣ», стр. 38—46.

Энергия E , приходящаяся на единицу вѣса всего расхода q будетъ:

$$E = \cos \alpha h \frac{\int \Delta u d\omega}{\Delta v \omega} + \frac{\int \frac{u^2}{2g} \Delta u d\omega}{\Delta v \omega}$$

но

$$\frac{\int u^3 d\omega}{v^3 \omega} = \alpha_1^*)$$

и

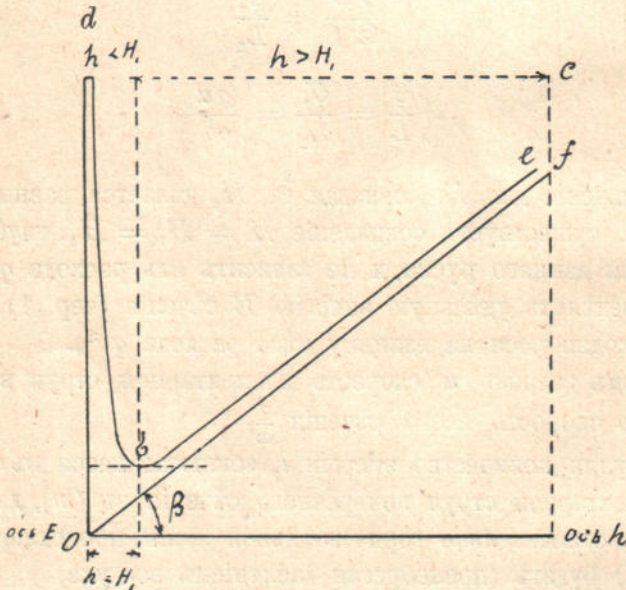
$$\frac{\int \Delta u d\omega}{\Delta v \omega} = 1$$

и потому

$$E = h \cos \alpha + \frac{v^2}{2g} = h \sqrt{1 - i^2} + \frac{q^2}{2gh^2 t^2} \dots \dots \dots (6)$$

Приращеніе удѣльной энергии съ глубиной или тангенсъ угла касательной кривой E къ оси h :

$$\frac{dE}{dh} = \sqrt{1 - i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{gl^2 h^3} = D \dots \dots \dots (7)$$



Черт. 2.

Графически удѣльная энергия E изображена (черт. 2) кривой abc , гдѣ E есть ось ординатъ и h —ось абсциссъ; ассимпюты этой кривой: ордината od и прямая of , построенная подъ угломъ, котораго

$$tg \beta = \sqrt{1 - i^2}.$$

*) A. Boulanger. Hydraulique Generale tome 1 page 292.

Въ точкѣ b , $D = 0$ и абсцисса этой точки обозначаетъ критическую глубину H_1 ; а потому

$$D = \frac{dE}{dh} < 0,$$

или энергія съ глубиной убываетъ, когда $h < H_1$;

$$D = \frac{dE}{dh} = 0,$$

или энергія съ глубиной не измѣняется, когда $h = H_1$,

и
$$D = \frac{dE}{dh} > 0,$$

или энергія съ глубиной возрастаетъ, когда $h > H_1$.

Затѣмъ изъ (6) имѣемъ:

$$\frac{dE}{dS} = \frac{d}{dS} \cdot \left(h \sqrt{1 - i^2} + \frac{v^2}{2g} \right);$$

но извѣстно, что

$$i dS - dh \sqrt{1 - i^2} = d \left(\frac{v^2}{2g} \right) + \frac{bv^2}{R} dS,$$

или

$$i - \frac{bv^2}{R} = \frac{d}{dS} \left(h \sqrt{1 - i^2} + \frac{v^2}{2g} \right) = N$$

отсюда

$$\frac{dE}{dS} = i - \frac{bv^2}{R} = i - bq^2 \frac{(2h + l)}{l^3 h^3} = N \dots \dots (8)$$

а потому

$$N = \frac{dE}{dS} < 0,$$

или энергія вдоль потока убываетъ, когда $h < H$;

$$N = \frac{dE}{dS} = 0,$$

или энергія вдоль потока не измѣняется, когда $h = H$

и
$$N = \frac{dE}{dS} > 0,$$

или энергія вдоль потока возрастаетъ, когда $h > H$.

§ 4. Въ зависимости отъ величины продольнаго уклона дна

$$(tg \alpha > gb, tg \alpha = gb, tg \alpha < gb)$$

существуетъ 3 вида взаимно расположенныхъ линій глубинъ H, H_1, H_2 и 3 системы гидравлическихъ осей (les axes hydrauliques) A, B и C (черт. 3, 4 и 5) *), а именно:

1-ый видъ. Когда $tg \alpha > gb$, или когда $H_2 > 0$ (черт. 3), наблюдается:

а) для умѣренного уклона дна (pente modérée de fond) $H > H_1 > H_2$ и система гидравлическихъ осей A_1, A_2, A_3, A_4 .

б) для переходнаго уклона дна (pente de passage de fond) $H = H_1 = H_2$ и система гидравлическихъ осей C_1, C_2, C_3, C_4 .

в) для сильнаго уклона дна (forte pente de fond) $H_2 > H_1 > H$ и система гидравлическихъ осей B_1, B_2, B_3, B_4 .

2-ой видъ. Когда $tg \alpha = gb$, или когда $H_2 = 0$ (черт. 4), для малаго уклона дна (faible pente de fond) $H > H_1 > H_2$ и гидравлическія оси A_1, A_2, A_3, A_4 .

и *3-ий видъ.* Когда $tg \alpha < gb$ для очень слабаго уклона дна (très faible pente de fond), $H_2 < 0$ (черт. 5); линія глубинъ $H > H_1 > H_2$ и гидравлическія оси A_1, A_2, A_3, A_4 .

§ 5. Какъ видно изъ чертежей (3-го, 4-го и 5-го) гидравлическія оси A, A_2, B, C , всегда $> H_1$, т. е. для нихъ

$$D = \frac{dE}{dh}$$

всегда > 0 , и удѣльная энергія съ глубиной возрастаетъ. Образование этихъ осей зависитъ отъ глубины низоваго сѣченія, а потому онѣ называются *низовыми осями*, (les axes d'aval). Гидравлическія оси B_2, B_3, C_2, A_2 всегда $< H_1$, т. е. для нихъ

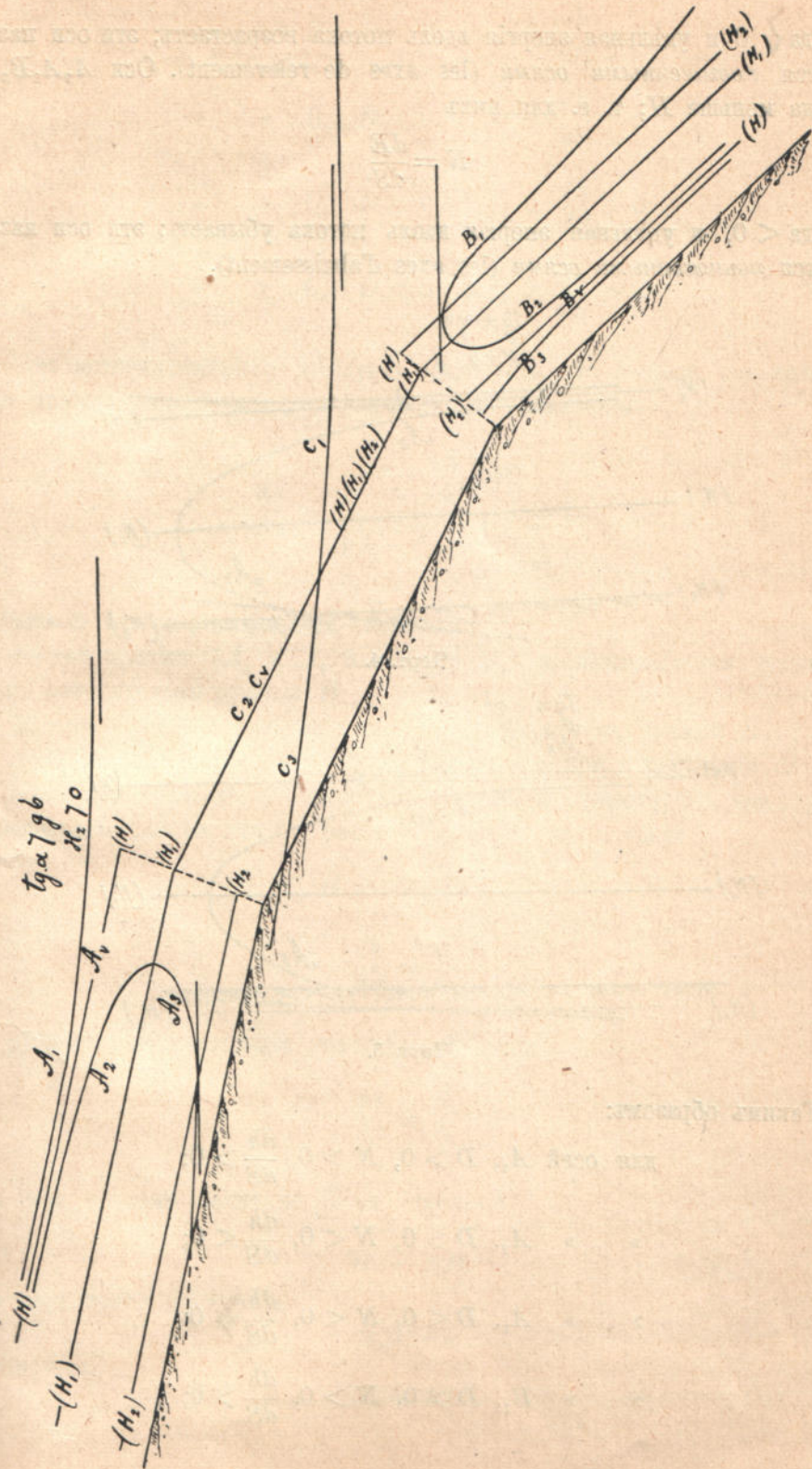
$$D = \frac{dE}{dh}$$

всегда < 0 и удѣльная энергія съ глубиной убываетъ; образование этихъ осей зависитъ отъ глубины верховаго сѣченія, а потому они называются *верховыми осями* (les axes d'amont).

Затѣмъ изъ этихъ же чертежей (3-го, 4-го и 5-го) видно, что гидравлическія оси A, B_1, B_2, C_1 всегда $> H$; т. е. для нихъ

$$N = \frac{\partial E}{\partial S}$$

*) Кривыя на чертежахъ 3, 4 и 5-омъ начерчены въ предположеніи одинаковыхъ расходовъ q , такъ какъ на нихъ линія глубинъ H_1 проведена въ равномъ разстояніи отъ дна.

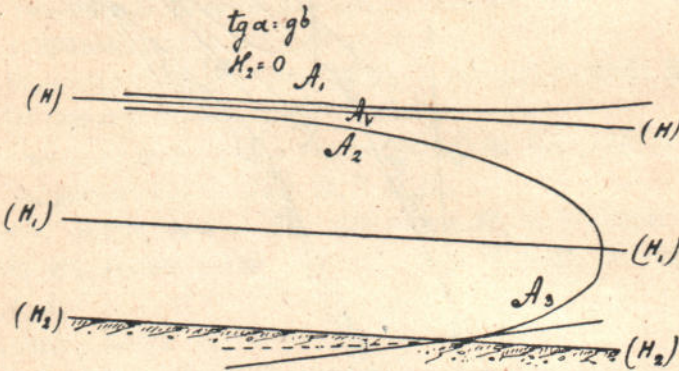


Черт. 3.

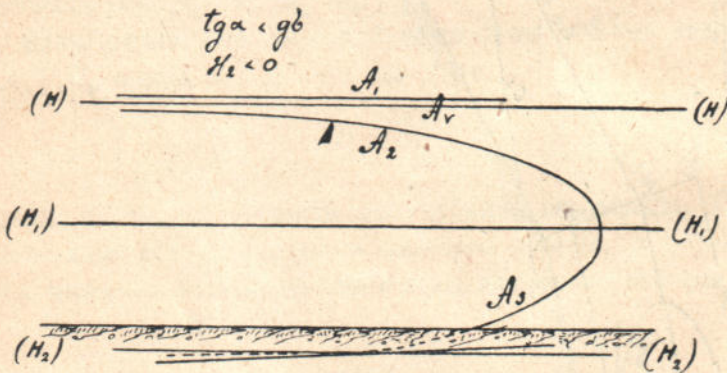
всегда $\sqrt{0}$ и удѣльная энергія вдоль потока возрастаетъ; эти оси называются *повышенными осями* (les axes de relevement). Оси A_2, A_3, B_3, C_3 всегда меньше H ; т. е. для нихъ

$$N = \frac{dE}{dS}$$

всегда < 0 , и удѣльная энергія вдоль потока убываетъ; эти оси называются *пониженными осями* (les axes d'abaissement).



Черт. 4.



Черт. 5.

Такимъ образомъ:

- для осей A_1 , $D > 0$, $N > 0$, $\frac{dh}{dS} > 0$;
- » » A_2 , $D > 0$, $N < 0$, $\frac{dh}{dS} < 0$;
- » » A_3 , $D < 0$, $N < 0$, $\frac{dh}{dS} < 0$;
- » » B_1 , $D > 0$, $N > 0$, $\frac{dh}{dS} > 0$;

— для осей B_2 , $D < 0$, $N > 0$, $\frac{dh}{dS} < 0$;

» » B_3 , $D < 0$, $N < 0$, $\frac{dh}{dS} > 0$;

» » C_1 , $D > 0$, $N > 0$, $\frac{dh}{dS} > 0$;

» » C_3 , $D < 0$, $N < 0$, $\frac{dh}{dS} > 0$.

Изъ вышеизложеннаго слѣдуетъ заключить, что вообще гидравлическія кривыя линіи,—которыя выражаются уравненіемъ:

$$\frac{dh}{dS} = \frac{i - \frac{\psi}{\omega^3} bq^2}{\sqrt{1-i^2} - \frac{1}{g} \cdot \frac{q^2}{\omega^3}}$$

обладаютъ слѣдующими тремя свойствами:

- 1) двѣ кривыя (A_1 и A_2 или B_1 и B_2) ассимптотически расположены относительно прямой H ;
- 2) кривыя при пересѣченіи съ H_1 нормальны къ прямой H_1 ,
- и 3) касательная къ кривой горизонтальна при пересѣченіи съ H_2 .

Но легко доказать, что эти три свойства не существуютъ для случая переходнаго уклона дна (la pente de passage), т. е. когда

$$H = H_1 = H_2$$

и

$$\frac{dh}{dS} = \frac{0}{0}.$$

Опредѣлимъ настоящее значеніе величины

$$\frac{dh}{dS} = \frac{0}{0};$$

для чего найдемъ величину $\frac{dh}{dS}$ съ глубиной.

$$H + \Delta H,$$

для подводнаго периметра

$$\psi + \Delta\psi$$

и ширины

$$L + \Delta L:$$

$$\frac{dh}{dS} = \frac{i(\Omega + \Delta\Omega)^3 - (\psi + \Delta\psi) bq^2}{(\Omega + \Delta\Omega)^3 \sqrt{1-i^2} - \left(\frac{L + \Delta L}{g}\right) q^2} =$$

$$= \frac{i[\Omega^3 + 3\Omega^2(\Delta\Omega) + 3\Omega(\Delta\Omega)^2 + (\Delta\Omega)^3] - (\psi + \Delta\psi) bq^2}{\sqrt{1-i^2} [\Omega^3 + 3\Omega^2(\Delta\Omega) + 3(\Delta\Omega)^2\Omega + (\Delta\Omega)^3] - \left(\frac{L}{g} + \frac{\Delta L}{g}\right) q^2},$$

но

$$i\Omega^3 - \psi bq^2 = 0$$

и

$$\sqrt{1-i^2} \Omega^3 - \frac{L}{g} q = 0,$$

а потому

$$\frac{dh}{dS} = \frac{3i\Omega^2 + 3i\Omega^2(\Delta\Omega) + i(\Delta\Omega)^2 - \frac{\Delta\psi}{\Delta\Omega} bq^2}{\sqrt{1-i^2} [3\Omega^2 + 3\Omega(\Delta\Omega) + (\Delta\Omega)^2] - \frac{\Delta L}{g(\Delta\Omega)} q^2}$$

приближая ΔH къ 0 получимъ:

$$\frac{dh}{dS} \text{ (при } h = H) = \frac{3i\Omega^2 - \frac{d\psi}{d\Omega} bq^2}{\sqrt{1-i^2} (3\Omega^2) - \frac{dL}{gd\Omega} q^2}.$$

Возьмемъ для примѣра прямоугольное сѣченіе

$$d\psi = 2dH, \quad d\Omega = LdH$$

и

$$dL = 0$$

получимъ

$$\frac{dh}{dS} \text{ (при } h = H) = \frac{3i(LH)^2 - \frac{2}{L} bq^2}{3\sqrt{1-i^2} (LH)^2}$$

или

$$\frac{dh}{dS} < \frac{i}{\sqrt{1-i^2}},$$

т. е.

$$\frac{dh}{dS} < tg \alpha;$$

а потому касательная линия къ кривой C_1 и C_3 (черт. 3) въ точкѣ пересѣченія съ линіей $H = H_1 = H_2$ не горизонтальна и вообще кривыя C_1 , C_2 и C_3 горизонтальныхъ площадокъ не имѣютъ на конечномъ разстояніи.

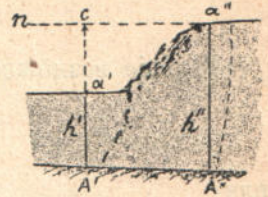
§ 6. Опредѣлить уравненіе кривой прыжка (черт. 6). Обозначая: через $\omega'v'$ и $\omega''v''$ — сѣченія и среднія скорости сѣченій $A'a'$ и $A''a''$, расположенныхъ непосредственно выше и ниже прыжка;

через η' и η'' —разстоянія центровъ тяжести этихъ сѣченій и ниже горизонтальныхъ линій, проекці которыхъ расположены въ точкахъ a' и a'' , и, пренебрегая сопротивленіемъ стѣнокъ и дна канала, получимъ,— по принципу равенства приращенія количества движенія и импульсовъ силъ между сѣченіями ω'' и ω' :

$$\Delta \left(\frac{\omega'' v''^2}{g} - \frac{\omega' v'^2}{g} \right) = \Delta (\omega' \eta' - \omega'' \eta'')$$

или

$$\omega' \frac{v'^2}{2g} - \omega'' \frac{v''^2}{2g} = \frac{1}{2} (\omega'' \eta'' - \omega' \eta')$$



Черт. 6.

Въ примѣненіи къ прямоугольному сѣченію;

$$\frac{\omega''}{\omega'} = \frac{h''}{h'}, \quad v'' = v' \frac{h'}{h''}, \quad \eta' = \frac{h'}{2}, \quad \eta'' = \frac{h''}{2},$$

вставляя получимъ:

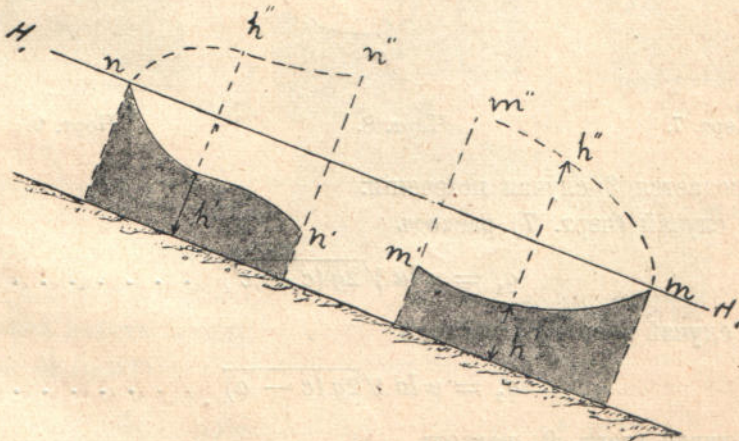
$$\frac{v'^2}{2g} \frac{h'' - h'}{h''} = \frac{1}{4} \frac{h^2 - h'^2}{h'}$$

раздѣляя на $h'' - h'$:

$$\frac{v'^2}{2g} h' = \frac{1}{4} (h'' + h') h'$$

или

$$\frac{4v^2}{2g} h' - h''^2 - h' h'' = 0.$$



Черт. 7.

Уравненіе 2-ой степени, котораго положительный корень есть

$$h'' = -\frac{1}{2} h' + \sqrt{\left(\frac{1}{2} h'\right)^2 + 4h' \frac{v'^2}{2g}} \dots \dots \dots (9)$$

Это и есть уравнение кривой прыжка (черт. 6₁), где h' обозначает ординаты верховых гидравлических осей nn' и mm' , а h'' — ординаты кривых прыжка nn'' и mm'' при условии что

$$h'' > h' \text{ и } v' = \frac{q}{h'l}.$$

Условие возможности прыжка выразится:

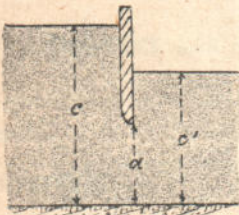
$$\frac{v'}{2g} > \frac{1}{2} h'$$

или

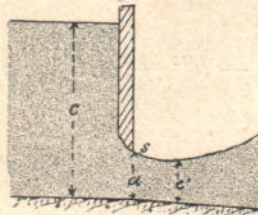
$$h' < H_1 \dots \dots \dots (10)$$

А потому для низовых гидравлических осей ($A_1A_2B_1A_3C_1$), которые всегда $> H_1$, образование прыжка невозможно; для верховых осей ($A_3B_2B_3B_3C_3$), которые всегда $< H_1$, образование прыжка возможно.

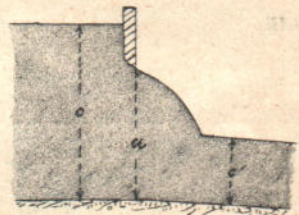
§ 7. Определить расход q из бокового щитового прямоугольного отверстия шириною l , высотой a при напорѣ въ бассейнѣ воды высотой c , поступающей въ прямоугольный каналъ шириною l съ уклономъ дна $tg \alpha$; причѣмъ образуются въ каналѣ верховыя гидравлическія оси въ зависимости отъ уклона ($A_3B_2B_3B_3C_3$).



Черт. 7.



Черт. 8.



Черт. 9.

Наблюдается 3 случая истечения:

1-ый случай (черт. 7) расходъ

$$q_1 = \mu la \sqrt{2g(c - c')} \dots \dots \dots (11)$$

2-ой случай (черт. 8) расходъ

$$q_2 = \mu la \sqrt{2g(c - a)} \dots \dots \dots (12)$$

3-й случай (черт. 9) расходъ

$$q_3 = \mu lc' \sqrt{2g(c - c')} + \frac{2}{3} \mu l [(c - c')^{\frac{3}{2}} - (c - a)^{\frac{3}{2}}] \sqrt{2g} \dots (13)$$

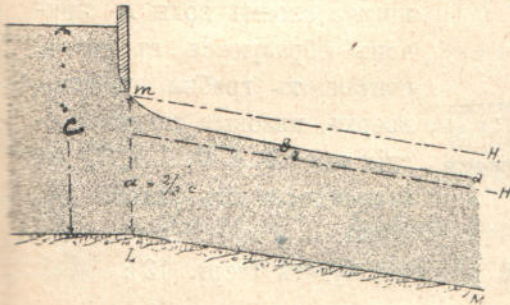
при равныхъ величинахъ для c } $q_1 < q_2 < q_3$.
и равныхъ ширинахъ отверстия l }

Во 2-омъ случаѣ (если принять $\mu = 1$) $\max q_2$ будетъ когда

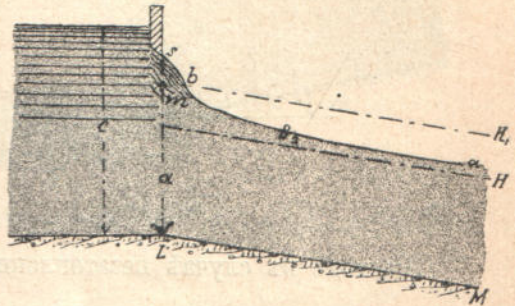
$$a = \frac{2}{3} c$$

и тогда $a = H_1$ (черт. 10) и

$$\max q_2 = la^{\frac{3}{2}} \sqrt{g} \dots \dots \dots (14)$$



Черт. 10:



Черт. 11.

Въ 3-мъ случаѣ, когда

$$a > \frac{2}{3} c$$

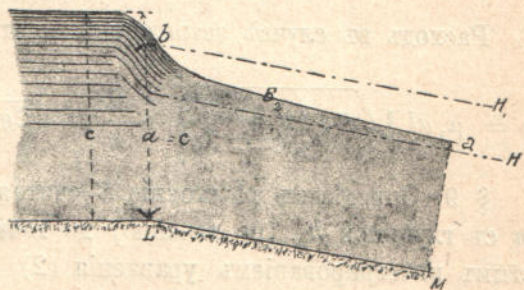
(черт. 11) $H_1 > \frac{2}{3} c$, но $< a$; зависимость между H_1 , c и a будетъ

$$\left(\frac{H_1}{c}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \left(2 + \frac{H_1}{c}\right) \left(1 - \frac{H_1}{c}\right)^{\frac{1}{2}} - \frac{2\sqrt{2}}{3} (1-a)^{\frac{3}{2}} \dots (15)$$

Изъ этой формулы (зная a и c) находимъ H_1 , а затѣмъ расходъ q_3 .

$$q_3 = lH_1^{\frac{3}{2}} \sqrt{g} \dots (16)$$

Также въ 3-мъ случаѣ, когда $a = c$ (условіе водослива) (черт. 12), зависимость между H_1 и c (зная c) будетъ



Черт. 12.

$$\left(\frac{H_1}{c}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \left(2 + \frac{H_1}{c}\right) \left(1 - \frac{H_1}{c}\right)^{\frac{3}{2}}$$

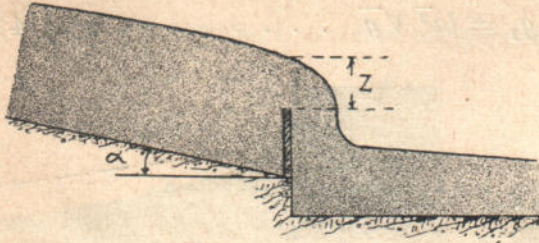
Изъ этой формулы опредѣляется H_1 , а затѣмъ расходъ

$$q_3 = l \left(\frac{2c + H_1}{3}\right) \sqrt{2g(c - H_1)} \dots \dots \dots (17)$$

что даетъ приблизительно

$$H_1 = \frac{3}{4} c. \quad \text{и } q_3 = \frac{3}{4} c \sqrt{g}$$

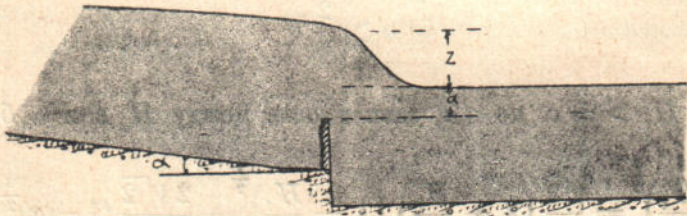
§ 8. Определить расходъ q изъ прямоугольнаго лотка шириною l съ уклономъ дна $tg \alpha$ черезъ водосливъ, съ переливающимся слоемъ воды z , причемъ образуются въ лоткѣ, считая отъ гребня плотины вверхъ, низовыя гидравлическія оси ($A_1 A_2 B_1 C_1 A_2 B_2$) въ зависимости отъ уклона дна лотка.



Черт. 13.

Расходъ въ случаѣ незатопленной плотины будетъ (черт. 13):

$$q = \frac{2}{3} \mu l \sqrt{2g} \left[\left(z + \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (18)$$



Черт. 14.

Расходъ въ случаѣ затопленной плотины будетъ (черт. 14)

$$q = \mu_1 a l \sqrt{2g \left(z + \frac{v^2}{2g} \right)} + \frac{2}{3} \mu l \sqrt{2g} \left[\left(z + \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \dots (19)$$

§ 9. Определить расстояние S считая отъ начальной верховой точки m съ глубиной h_0 (по теченію) до точки n съ глубиной h_1 : или простымъ интегрированіемъ уравненія (2) (черт. 15), выразивъ всѣ параметры въ функціи отъ глубины h

$$\int_{s_0}^{s_1} ds = \int_{h_0}^{h_1} \left(\frac{\sqrt{1-i^2} - \frac{\alpha_1 q^2}{gl^2 h^3}}{i - \frac{bv^2}{R}} \right) dh \dots \dots (20),$$

или приблизительно по участкамъ, по способу трапецій, причемъ раз-

стоянія S предполагаются небольшими, дабы гидравлическую ось mn можно было принять за прямую линию:

$$\sin \alpha (S_1 - S_0) - \cos \alpha (h_1 - h_0) = \frac{\alpha_1 (v_1^2 - v_0^2)}{2g} + \frac{b}{2} \left(\frac{v_1^2}{R_1} + \frac{v_0^2}{R_0} \right) (S_1 - S_0)$$

или

$$S_1 - S_0 = \frac{\frac{\alpha_1 (v_1^2 - v_0^2)}{2g} + (h_1 - h_0) \cos \alpha}{\sin \alpha - \frac{b}{2} \left(\frac{v_0^2}{R_0} + \frac{v_1^2}{R_1} \right)} \dots \dots \dots (21)$$

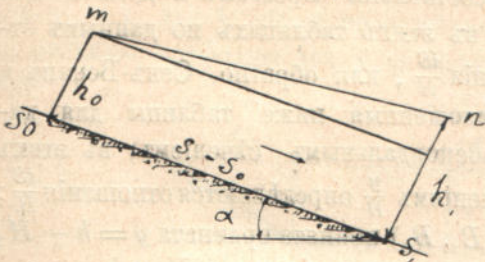
гдѣ

$$\cos \alpha = \sqrt{1 - i^2}$$

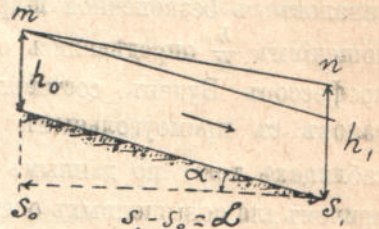
и

$$\sin \alpha = i,$$

для коэффициента α_1 . Де Сенъ-Венанъ принимаетъ $\alpha_1 = 1,1$, а профессоръ Будень полагаетъ $\alpha_1 = 1$.



Черт. 15.



Черт. 16.

Но если уклоны дна малы (не свыше 0,01), то можно принять $\cos \alpha = 1$ и $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha = i$ (черт. 16) и разстояніе $S_1 - S_0$ можно считать по горизонтальной линіи; тогда (черт. 16):

$$\int_{s_0}^{s_1} dS = \int_{h_0}^h \left(\frac{1 - \frac{\alpha_1 q^2}{gl^2 h^3}}{i - \frac{bv^2}{R}} \right) dh \dots \dots \dots (22),$$

а по приближенію для малыхъ величинъ $S_1 - S_0$

$$S_1 - S_0 = \frac{\frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} + (h_1 - h_0)}{i - \frac{b}{2} \left(\frac{v_0^2}{R_0} + \frac{v_1^2}{R_1} \right)} \dots \dots \dots (23)$$

Г Л А В А П.

Рѣшеніе задачъ по таблицамъ Сенъ-Венана и профессора Будена.

§ 10. Первые таблицы были составлены Брессомъ и Дюклои для каналовъ съ безконечной шириной; въ этихъ таблицахъ по даннымъ отношеніямъ $\frac{h}{H}$ опредѣлялись отношенія $\frac{iS}{H}$, или обратно. Сенъ-Венанъ и профессоръ Буденъ составили приложенныя ниже таблицы для каналовъ съ прямоугольнымъ и трапециoidalнымъ сѣченіемъ; въ этихъ таблицахъ тоже по даннымъ отношеніямъ $\frac{y}{H}$ опредѣляются отношенія $\frac{iS}{H}$; причемъ для повышенныхъ осей (A_1, B_1, B_2) принята ордината $y = h - H$, а для пониженныхъ осей (A_2, A_3 и B_3)—ордината $y = H - h$.

Основное дифференціальное уравненіе для прямоугольнаго русла есть

$$dS = \frac{1 - \frac{\alpha_1 q^2}{gh^2} l^3}{1 - \frac{bv^2}{R}} dh \dots \dots \dots (22)$$

Для произвольнаго сѣченія ω съ подводнымъ периметромъ ϕ и, выражая сопротивленіе отъ тренія въ общемъ видѣ черезъ $\varphi(v)$, получимъ

$$dS = \frac{1 - \frac{\alpha_1 \left(\frac{q}{\omega}\right)^2 l}{g \omega}}{i - \varphi(v) \frac{\phi}{\omega}} dh \dots \dots \dots (23)$$

Сенъ-Венанъ и профессоръ Буденъ принимаютъ

$$\varphi(v) = bv^m,$$

гдѣ

$$b = 0,00040102,$$

m по Сенъ-Венану = $\frac{21}{11}$, а по Будену = 2.

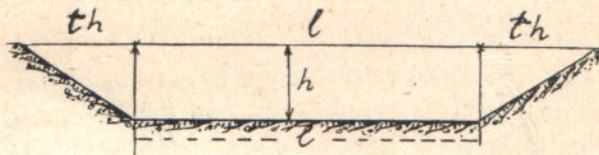
Преобразуемъ уравнение (23) выразивъ q въ функции скорости V сѣченія Ω и периметра Ψ для равномернаго теченія; при этихъ условіяхъ

$$q = \Omega N; \left(\frac{q}{\omega}\right)^2 = \frac{V^2 \Omega^2}{\omega^2}, \quad V = \frac{\Omega V}{\omega}; \quad i = \frac{\Psi}{\Omega} b V^m$$

и уравнение (23) принимаетъ видъ:

$$i dS = \frac{1 - \frac{V^2}{g} \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^2 \frac{l}{\omega}}{1 + \frac{\psi}{\Psi} \left(\frac{\Omega}{\omega}\right)^{m+1}} dh \dots \dots \dots (24)$$

Такъ какъ въ уравнение (24) входятъ величины V , Ω и Ψ равномернаго теченія, то очевидно, что въ этомъ видѣ уравнение примѣнимо только для призматическихъ руселъ съ уклономъ дна канала по теченію внизъ, т. е. для $i > 0$, и непримѣнимо для каналовъ съ горизонтальною продольною профилею дна и съ обратнымъ уклономъ дна, т. е. для $i = 0$ или $i < 0$.



Черт. 17.

Примѣняя уравнение (24) къ трапециoidalнымъ сѣченіямъ (черт. 17) и обозначая:

$$\omega = h(l + ht); \quad \psi = l + 2h\sqrt{1 + t^2}; \quad \frac{H}{l + Ht} = r;$$

$$\Omega = H(l + Ht); \quad \Psi = l + 2H\sqrt{2 + t^2};$$

$$\frac{2H\sqrt{1 + t^2}}{l + 2H\sqrt{1 + t^2}} = \frac{2r\sqrt{1 + t^2}}{1 + rt + 2r\sqrt{1 + t^2}} = r'$$

и замѣняя S на $-S$, получимъ:

1) Интегралъ Сенъ-Венана для повышенныхъ осей, т. е. когда

$$h = H + y$$

$$\frac{i(S_1 - S_0)}{H} = \int_{\frac{y_1}{H}}^{\frac{y_0}{H}} \frac{d\left(\frac{y}{H}\right)}{1 - \left(1 + \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 + rt \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(i + r' \frac{y}{H}\right)}$$

$$-\frac{\alpha_1 v^2}{gH} \int_{\frac{y_1}{H}}^{\frac{y_0}{H}} \frac{\left(1 + \frac{y}{H}\right)^{-3} \left(1 + rt \frac{y}{H}\right)^{-3} \left(1 + rt + 2rt \frac{y}{H}\right) d \frac{y}{H}}{1 - \left(1 + \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 + rt \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 + r' \frac{y}{H}\right)} \dots (25)$$

гдѣ

$$r' = \frac{2H\sqrt{1+t^2}}{l + 2H\sqrt{1+t^2}} = \frac{2r\sqrt{1+t^2}}{1 - rt + 2r\sqrt{1+t^2}}$$

положительныя разстоянія (+ S) считаются отъ низовой къ верховьямъ, а потому y_0 и S_0 означаютъ величины, относящіяся къ низовой точкѣ, а y_1 и S_1 къ верховой;

и 2) Интегралъ профессора Будена для пониженныхъ осей, т. е. когда

$$h = H - y,$$

и, замѣняя въ предыдущемъ интегралѣ y черезъ $(-y)$ и dy черезъ $-dy$, получимъ:

$$\frac{i(S_0 - S)}{H} = \int_{\frac{y_0}{H}}^{\frac{y_1}{H}} \frac{d\left(\frac{y}{H}\right)}{\left(1 - \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 + rt \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 - r' \frac{y}{H}\right) - 1}$$

$$-\frac{v^2}{gH} \int_{\frac{y_0}{H}}^{\frac{y_1}{H}} \frac{\left(1 - \frac{y}{H}\right)^{-3} \left(1 - rt \frac{y}{H}\right)^{-3} \left(1 + rt - 2rt \frac{y}{H}\right) d \frac{y}{H}}{\left(1 - \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 - rt \frac{y}{H}\right)^{-m-1} \left(1 - \frac{r'y}{H}\right) - 1} \dots (26)$$

Положительныя разстоянія + S считаются отъ низовой къ верховьямъ и y_0, S_0 означаютъ величины, относящіяся къ верховой точкѣ, а y_1, S_1 —къ низовой.

Въ 1-омъ интегралѣ $\varphi(v)$ принято = 0,00040102 V^{21} и $\alpha_1 = 1,1$; а во второмъ $\varphi(v) = 0,00040102 V^2$ и $\alpha_1 = 1$.

§ 11. Сенъ Венанъ составилъ десять таблицъ; изъ нихъ семь таблицъ составлены для

$$r = 0, \frac{1}{6} \text{ и } \frac{1}{3}$$

и $t = 0, 1$ и 2 (см. приложение II) и три дополнительные таблицы для произвольных r и для $t = 0, 1$ и 2 (см. приложение III); а именно:

1-ая	таблица	для	сѣченій	большой	ширины:	t	произвольно,	$r = \frac{H}{l + Ht} = 0$
2-ая	»	»	»	прямоугольных:	$t = 0,$		$r = \frac{1}{6}$	
3-ая	»	»	»	»	$t = 0,$		$r = \frac{1}{3}$	
4-ая	»	»	»	трапециевидальных:	$t = 1,$		$r = \frac{1}{6}$	
5-ая	»	»	»	»	$t = 1,$		$r = \frac{1}{3}$	
6-ая	»	»	»	»	$t = 2,$		$r = \frac{1}{6}$	
7-ая	»	»	»	»	$t = 2,$		$r = \frac{1}{3}$	

1-ая	дополнит.	таблица	для	сѣченій	прямоугольн.	$t = 0,$	r —произвольное
2-ая	»	»	»	»	трапециевидальн.	$t = 1,$	r —произвольное
3-ья	»	»	»	»	»	$t = 2,$	r —произвольное

Въ этихъ таблицахъ опредѣлены величины $\frac{iS}{H}$ изъ уравненія (25) по теоремѣ Симпсона для постепенно убывающихъ значений

$$\frac{y}{H} = \frac{h - H}{H}$$

начиная отъ

$$\frac{y_0}{H} = 3 \quad \text{и} \quad S_0 = 0$$

(принятаго за начало координатъ и начало подсчета разстояній, считая вверхъ, противъ теченія) до

$$\frac{y}{H} = 0$$

или

$$y = 0;$$

а именно:

для	разностей	въ	0,1	отъ	$\frac{y}{H} = 3$	до	$\frac{y}{H} = 1$
»	»	»	0,05	»	$\frac{y}{H} = 1$	»	$\frac{y}{H} = 0,50$
»	»	»	0,01	»	$\frac{y}{H} = 0,5$	»	$\frac{y}{H} = 0,05$
»	»	»	0,002	»	$\frac{y}{H} = 0,05$	»	$\frac{y}{H} = 0,02$
»	»	»	0,001	»	$\frac{y}{H} = 0,02$	»	$\frac{y}{H} = 0,01$

Также Сенъ-Венаномъ составлена таблица (см. Приложение I) выражений для

$$Ri = 0,00040102 V^{21},$$

дающая для всякой равномерной скорости V высоту Ri жидкой призмы, которой вѣсъ опредѣляетъ величину тренія воды, по площади стѣнки равной основанію призмы.

§ 12. *Задачи для низовой повышенной оси A_1 (черт. 18).* Ординаты повышения y считаются вверхъ отъ линіи H , такъ какъ

$$h = H + y.$$

Положительныя разстоянія S начинаются отъ низовой точки O вверхъ противъ теченія и ордината точки m есть:

$$Om = 4H,$$

а въ точкѣ O , гдѣ начало координатъ

$$S = 0 \text{ и } \frac{Si}{H} = 0$$

и

$$\Delta S = S_1 - S_0 = \bar{ab} = \bar{ao} - \bar{bo}.$$

1-ая задача (черт. 17 и 18). Въ каналѣ съ продольнымъ уклономъ дна

$$i = 0,00075$$

и трапециoidalнымъ сѣченіемъ съ уклономъ откосовъ канала $t = 1$ (или 1 на 1) и съ равномернымъ теченіемъ при глубинѣ

$$H = 1,20 \text{ метр.}$$

и средней ширинѣ

$$l + Ht = 7,20 \text{ метр.}$$

устроена плотина, которая подняла воду передъ плотиною на глубину

$$h_0 = 3,60 \text{ м.},$$

образовавъ повышеніе

$$y_0 = 2,40 \text{ м.}$$

Спрашивается, на какомъ разстояніи $S_1 - S_0$ вверхъ отъ плотины будетъ подпоръ

$$y_1 = 0,06 \text{ метр.}$$

или глубина

$$h_1 = 1,26 \text{ метр.}$$

Въ этой задачѣ гидравлическая ось есть A_1 , такъ какъ $h > H$; затѣмъ
 $H = 1,20$ метр.; $t = 1$; $l = 6,00$ м.; $l + Ht = 7,20$ м. $r = \frac{H}{l + Ht} = \frac{1}{6}$.

$$R = \frac{H(l + Ht)}{l + 2HV\sqrt{2}} = 0,9197 \text{ м.} \quad Ri = 0,000689775,$$

зная Ri , изъ таблицы Сенъ-Венана (см. приложение I), получимъ равно-
 мѣрную скорость

$$V = 1,3286 \text{ метр.,}$$

а потому:

$$\frac{\alpha_1 V^2}{gH} = \frac{1,1 (1,3286)^2}{9,808 \cdot 1,20} = 0,1648.$$

Опредѣлимъ теперь S_0 и затѣмъ S_1 .

Такъ какъ

$$t = 1 \quad \text{и} \quad r = \frac{1}{6},$$

примѣнимъ 4-ую таблицу Сенъ-Венана (см. приложение II):

для

$$\frac{y_0}{H} = \frac{2,40}{1,20} = 2,00$$

имѣемъ изъ таблицы:

$$\frac{iS_0}{H} = 1,0194 - \frac{\alpha_1 V^2}{gH} 0,0177 \quad \text{или} \quad = 1,0194 - 0,1684 \times 0,0177 = 1,0165;$$

для

$$\frac{y_1}{H} = \frac{0,06}{1,20} = 0,05$$

имѣемъ изъ таблицы:

$$\frac{iS_1}{H} = 3,7794 - \frac{\alpha_1 V^2}{gH} 2,9162 \quad \text{или} \quad = 3,7794 - 0,1684 \cdot 2,9162 = 3,6284$$

разность

$$\frac{i(S_1 - S_0)}{H} = 2,6119$$

или

$$S_1 - S_0 = \frac{2,6119 \cdot 1,20}{0,00075} = 4179 \text{ метровъ.}$$

2-ая задача. Та же задача (черт. 18), но съ тѣмъ измѣненіемъ, что
 средняя ширина канала (при равномѣрномъ теченіи)

$$l + Ht = 12,00 \text{ метр.}$$

$$h > H, \quad H = 1,20, \quad t = 1, \quad l = 9,60, \quad l + Ht = 12,00$$

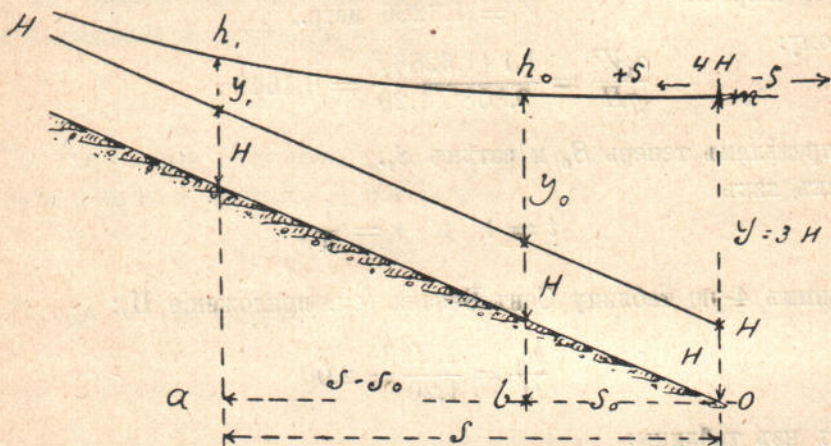
$$r = \frac{H}{l + Ht} = \frac{1}{10},$$

опредѣляется

$$R = \frac{H(l + Ht)}{l + 2HV/2},$$

затѣмъ опредѣляется Ri и затѣмъ, зная Ri , по таблицѣ (см. приложение I) опредѣляется скорость V и

$$\frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 0,183;$$



Черт. 18.

опредѣляемъ сначала S_0 и затѣмъ S_1 ; для сего, такъ какъ

$$t = 1 \text{ и } r = \frac{1}{10},$$

слѣдуетъ примѣнить 2-ую дополнительную таблицу Сенъ Венана (см. приложение III); для

$$\frac{y_0}{H} = \frac{2,40}{1,20} = 2$$

имѣемъ изъ таблицы

$$\frac{iS_0}{H} = 1,0280 - 0,0549 V + 0,020 V^2 - \frac{\alpha_1 V^2}{gH} (0,0250 - 0,0496 V + 0,035 V^2) = 1,0227 - 0,0183 \cdot 0,0204 = 1,0173;$$

для

$$\frac{y_1}{H} = \frac{0,06}{1,20} = 0,05$$

имѣемъ изъ таблицы 2-ой дополнительной:

$$\frac{iS_1}{H} = 3,8575 - 0,3560 V - 0,668 V^2 - \frac{\alpha_1 V^2}{gH} (0,8823 - 0,3502 V - 0,879 V^2) = 3,8150 - 0,183 \cdot 0,9085 = 3,6487$$

разность
$$\frac{i(S_1 - S_0)}{H} = 2,6314$$

и
$$S_1 - S_0 = \frac{H}{i} 2,6314 = 4210 \text{ м.}$$

3-ья задача. (черт. 18). Тѣ же данныя, какъ въ 1-ой задачѣ, но спрашивается, какой подпоръ y_1 будетъ на разстояніи

$$S_1 - S_0 = 2000 \text{ м.}$$

вверхъ отъ плотины.

Изъ 1-ой задачи имѣемъ, что

$$\frac{iS_0}{H} = 1,0165 \text{ и } S_0 = 1626 \text{ м.};$$

при разстояніи

$$S_1 - S_0 = 2000,$$

имѣемъ

$$S_1 = 2000 + 1626 = 3626$$

затѣмъ

$$\frac{iS_1}{H} = \frac{0,00075 + 3626}{1,20} = 2,2662.$$

Обращаясь къ 4-ой таблицѣ (приложение II, такъ какъ $t=1$ и $r=\frac{1}{6}$) и отыскивая соотвѣтственныя величины $\frac{iS_1}{H}$ оказывается, что, если пренебречь членомъ $\frac{\alpha V^2}{gH}$, то, для

$$\frac{iS_1}{H} = 2,2662,$$

получаемъ

$$\frac{y_1}{H} = 0,8933;$$

а принимая въ расчетъ

$$\frac{\alpha V^2}{gH} = 0,1648,$$

получимъ, что искомое $\frac{y_1}{H}$ заключается между величинами:

$$\frac{y}{H} = 0,85, \quad \frac{iS}{H} = 2,2583 - 0,0017 = 2,2566$$

и

$$\frac{y}{H} = 0,80, \quad \frac{iS}{H} = 2,3175 - 0,0019 = 2,3175;$$

разница

$$2,2566 - 2,3175 = - 0,0590;$$

а потому, для

$$\frac{iS_1}{H} = 2,2662,$$

можно принять по интерполяции:

$$\frac{y_1}{H} = 0,8419$$

$$y_1 = 0,8419 : H = 1,010.$$

Если бы уровень воды передь плотиной былъ горизонтальнымъ, т. е. если бы не было теченія, то при подпорѣ воды передь плотиной

$$y_0 = 2,40$$

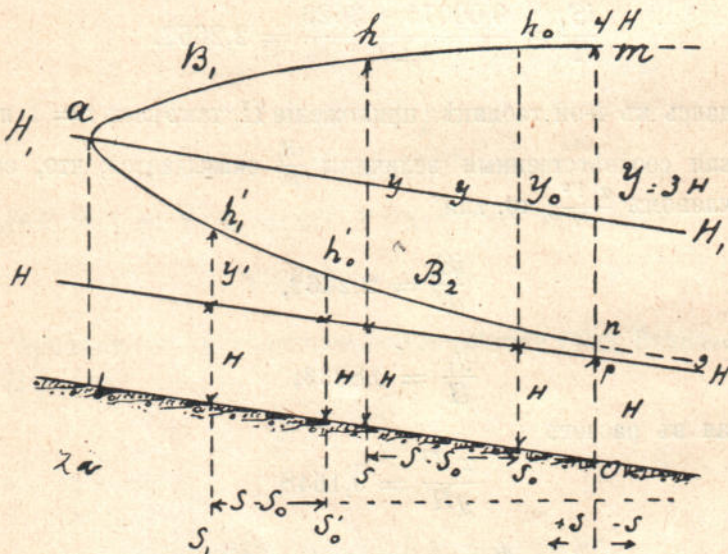
на разстояніи

$$S_1 - S_0 = 2000 \text{ м.}$$

гидростатическій подпоръ былъ бы

$$2,40 - 2000 \cdot 0,00075 = 0,90,$$

а не 1,010, какъ то опредѣлилось изъ послѣдней задачи.



Черт. 19.

§ 13. Задачи для низовой повышенной оси B_1 и верховой повышенной оси B_2 (черт. 19) *).

Ординаты повышения y считаются вверхъ отъ линіи H , такъ какъ

$$h = H + y.$$

*) Примѣненіе таблицъ Сень-Венана къ рѣшенію задачъ для повышенныхъ осей B_1 и B_2 впервые сдѣлано профессоромъ Буденомъ въ вышеупомянутомъ его трудѣ «De l'axe hydraulique des cours d'eau» (стр. 155—159).

Положительныя разстоянія S начинаются и считаются отъ низовой точки O вверхъ противъ теченія и ордината, въ началѣ координатъ,

$$Om = 4H.$$

Отрицательныя значенія для S идутъ внизъ отъ точки O . Въ точкѣ O :

$$S = 0 \text{ и } \frac{is}{H} = 0;$$

какъ для B_1 такъ и для B_2

$$-\Delta S = S_1 - S_0;$$

для B_1

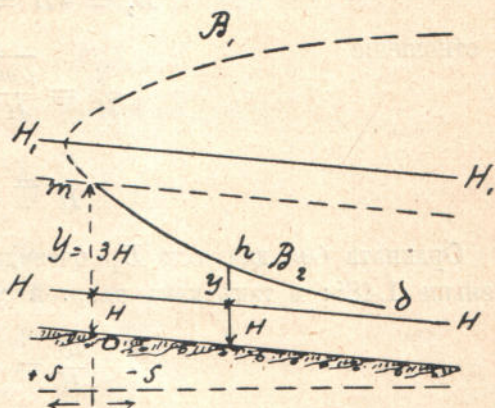
$$h = H + y$$

и для B_2

$$h_1 = H + y_1.$$

Если по заданію

$$\frac{H_1 - H}{H} > 3 \text{ (черт. 20),}$$



Черт. 20.

то ордината Om въ началѣ координатъ $= 4H$ будетъ меньше H_1 , и по таблицамъ Сенъ-Венана нельзя опредѣлить ни элементы оси B_1 ни элементы верховой части оси B_2 , а только можно опредѣлить отрицательную часть B_2 , а именно элементы кривой md .

1-ая задача. (Черт. 19). Въ прямоугольномъ каналѣ значительной ширины съ уклономъ дна $i = 0,05$ протекаетъ вода съ расходомъ (на 1 метръ ширины канала) $q = 4 \text{ м.}^3$ Опредѣлить видъ и расположеніе кривыхъ подъема.

Опредѣлимъ сначала линіи H и H_1 изъ формулъ

$$\dot{\varphi}(V) = bV^m = Ri$$

или изъ:

$$\frac{bq^m (1 + 2H)}{H^{m-1}} = i$$

и

$$\frac{\alpha_1 q^2}{gH_1^3} = 1$$

получимъ

$$H = 0,473 \text{ м. и } H_1 = 1,177 \text{ м.}$$

и затѣмъ

$$\frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 16,9.$$

Такъ какъ

$$H_1 > H \text{ и } \frac{H_1 - H}{H} = 1,488 < 3,$$

то по 1-ой таблицѣ Сень-Венана (приложение II) можно получить всѣ элементы осей B_1 и B_2 .

Начало координатъ O для осей B_1 и B_2 ; величины для B_1 , ординаты Om и для B_2 , ординаты On получаются слѣдующимъ образомъ:

Ордината Om для оси

$$B_1 = 4H = 1,892,$$

а отношеніе

$$\frac{y}{H} = \frac{\overline{pm}}{H} = 3$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0.$$

Ордината On для оси B_2 очевидно будетъ меньше $H_1 - H$ или меньше 1,488; и такъ какъ въ этой точкѣ также

$$\frac{iS}{H} = 0,$$

то легко опредѣлить ординату On и $\frac{y}{H}$ изъ таблицы 1-ой де Сень-Венана (приложение II) ощупью:

для

$$\frac{y}{H} = 0,70$$

имѣемъ

$$\frac{iS}{H} = 2,4714 - 1,1590 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = + 0,0202$$

для

$$\frac{y}{H} = 0,65$$

имѣемъ

$$\frac{iS}{H} = 2,5358 - 0,1727 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = - 0,1265;$$

а потому для

$$\frac{iS}{H} = 0,$$

получимъ

$$\frac{y}{H} = \frac{\overline{pn}}{H} = 0,693; y = \overline{pn} = 0,382$$

и ордината

$$h = \overline{On} = 0,382 + 0,472 = 0,854.$$

Въ точкѣ a пересѣченія съ линіей H_1 , ордината

$$h = \overline{ab} = H_1 = 1,177 \text{ м.}$$

и

$$\frac{y}{H} = \frac{H_1 - H}{H} = 1,488.$$

Разстояніе S точки a_0 отъ начала координатъ опредѣляется изъ таблицы 1-й (приложеніе II) для

$$\frac{y}{H} = 1,488,$$

получается

$$\frac{iS}{H} = 0,772$$

и

$$S = 7,303 \text{ м.}$$

Такимъ образомъ кривая ось B_1 имѣеть: въ точкѣ m

$$\frac{y}{H} = 3$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0,$$

а въ точкѣ a

$$\frac{y}{H} = 1,488$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0,772;$$

а кривая ось B_2 имѣеть: въ точкѣ a

$$\frac{y}{H} = 1,488$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0,772,$$

а въ точкѣ n

$$\frac{y}{H} = 0,693$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0,$$

2-ая задача. (Черт. 19). Тѣ же условія канала—опредѣлить на кривой B_1 по данной глубинѣ $h_0 = 1,75$ м. на какомъ разстояніи $S - S_0$ будетъ глубина $h = 1,25$ м.?

для

$$h_0 = 1,75, \quad \frac{y_0}{H} = \frac{h_0 - H}{H} = \frac{1,75 - 0,473}{0,473} = 2,7$$

для

$$\frac{y_0}{H} = 2,7$$

имѣемъ изъ 1-ой таблицы

$$\frac{iS}{H} = 0,3061 - 0,0054 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 0,3061 - 0,0054 \cdot 15,4 =$$

$$= 0,3061 - 0,0832 = 0,2229.$$

$$S_0 = \frac{0,2229 \cdot 0,473}{0,05} = 2,108$$

для

$$h = 1,25 \frac{y}{H} = 1,639$$

имѣемъ изъ таблицы 1-ой для

$$\frac{y}{H} = 1,639, \quad \frac{iS}{H} = 1,4068 - 0,0421 \times 15,4 = 0,7585$$

$$S = \frac{0,7585 \cdot 0,473}{0,05} = 7,168$$

разстояніе

$$S - S_0 = 7,168 - 2,108 = 5,06.$$

3-я задача. (Черт. 19). Тѣ же условія канала. Опредѣлить по данной глубинѣ

$$h_0 = 1,75$$

на кривой B_1 глубину h въ разстояніи

$$S - S_0 = 5,06$$

вверхъ по теченію.

Зная

$$h_0 = 1,75,$$

опредѣляется, какъ во 2-ой задачѣ,

$$S_0 = 2,108 \text{ м.};$$

а потому

$$S = 2,108 + 5,06 = 7,168$$

и

$$\frac{iS}{H} = 0,7577$$

Зная

$$\frac{iS}{H} = 0,7577$$

опредѣлить ощупью $\frac{y}{H}$.

Изъ первой таблицы видно, что для

$$\frac{y}{H} = 1,70, \quad \frac{iS}{H} = 1,3431 - 0,0387 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 0,7465,$$

$$\frac{y}{H} = 1,60, \quad \frac{iS}{H} = 1,4493 - 0,0444 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 0,7648,$$

$$\frac{y}{H} = 1,50, \quad \frac{iS}{H} = 1,5568 - 0,0509 \frac{\alpha_1 V^2}{gH} = 0,7716,$$

$$\frac{y_1}{H} = 1,40, \quad \frac{iS}{H} = 1,6643 - 0,0582 \frac{\alpha V^2}{gH} = 0,7671,$$

$$\frac{y_1}{H} = 1,30, \quad \frac{iS}{H} = 1,7734 - 0,0667 \frac{\alpha V^2}{gH} = 0,7451;$$

поэтому для $\frac{y_1}{H}$ есть 2 рѣшенія: первое между 1,70 и 1,60 даетъ

$$\frac{y_1}{H} = 1,639, \quad y_1 = 0,777 \text{ и } h_1 = 0,477 + 0,777 = 1,26 \text{ м.},$$

которое больше

$$H_1 = 1,177,$$

а потому относится къ оси B_1 .

Второе рѣшеніе между 1,40 и 1,30 даетъ

$$\frac{y_1}{H} = 1,357, \quad y_1 = 0,642$$

и $h_1 = 1,115;$

но такъ какъ оно меньше $H_1 = 1,177,$

то не относится къ оси B_1 и на этомъ основаніи должно быть отброшено.

4-ая задача. (Черт. 19). Тѣ же условія канала. Опредѣлить по данной глубинѣ

$$h_0 = 0,98 \text{ м.}$$

на кривой B_2 глубину h_1 въ разстояніи, считая внизъ по теченію отъ точки O ,

$$S_0 - S_1 = 50 \text{ м.}$$

Изъ таблицы 1-ой (приложеніе II) для ординаты

$$h_0 = 0,98$$

$$\frac{y_0}{H} = \frac{0,98}{0,473} = 2,072$$

получается

$$S_0 = 5,855.$$

Въ разстояніи

$$S_0 - S_1 = 50$$

получимъ

$$S_1 = 5,855 - 50 = -44,145 \text{ метр.}$$

внизъ по теченію отъ точки O и

$$\frac{iS_1}{H} = -4,666,$$

Выше было указано, что въ точкѣ O

$$\frac{iS_1}{H} = 0 \text{ и } \frac{y_1}{H} = 0,693, \text{ но}$$

для

$$\frac{iS_1}{H} = -4,666 \text{ очевидно}$$

получимъ изъ 1 таблицы (приложеніе II)

$$\frac{y_1}{H} \text{ значительно меньше чѣмъ } = 0,693.$$

Опредѣлимъ $\frac{iS_1}{H}$ изъ 1-ой таблицы (приложеніе II) ошупью: для

$$\frac{y_1}{H} = 0,16$$

имѣемъ

$$\frac{iS_1}{H} = 3,3812 - 0,5190 \frac{\alpha V^2}{gH} = -4,6198,$$

для

$$\frac{y_1}{H} = 0,15$$

имѣемъ

$$\frac{iS_1}{H} = 3,4104 - 0,5380 \frac{\alpha V^2}{gH} = -4,8834,$$

по интерполяціи для

$$\frac{iS_1}{H} = -4,666$$

получается

$$\frac{y_1}{H} = 0,1582$$

и

$$y_1 = 0,075, \quad h_1 = 0,548$$

въ разстояніи

$$S_1 = -44,445 \text{ м.}$$

внизъ по теченію (черт. 19), то есть вправо отъ ординаты *On*.

§ 14. Профессоръ Буденъ составилъ для пониженныхъ осей (A_2 , A_3 и B_3) три таблицы (см. приложеніе IV); а именно:

1-ая таблица для сѣченій большой ширины:

$$t \text{ — произвольно, } r = \frac{H}{l + H\tau} = 0$$

2-ая таблица для сѣченій прямоугольныхъ:

$$t = 0, \quad r = \frac{1}{3}$$

3-я таблица для сѣченій трапециoidalныхъ:

$$t = 2, \quad r = \frac{1}{3}.$$

Въ этихъ таблицахъ опредѣлены величины $\frac{iS}{H}$ изъ уравненія (26), по теоремѣ Симпсона, для постепенно убывающихъ значеній

$$\frac{y}{H} = \frac{H-h}{H},$$

начиная отъ

$$\frac{y_0}{H} = 1$$

и

$$\frac{iS_0}{H} = 0 \text{ (или } S_0 = 0) \text{ до } \frac{y}{H} = 0;$$

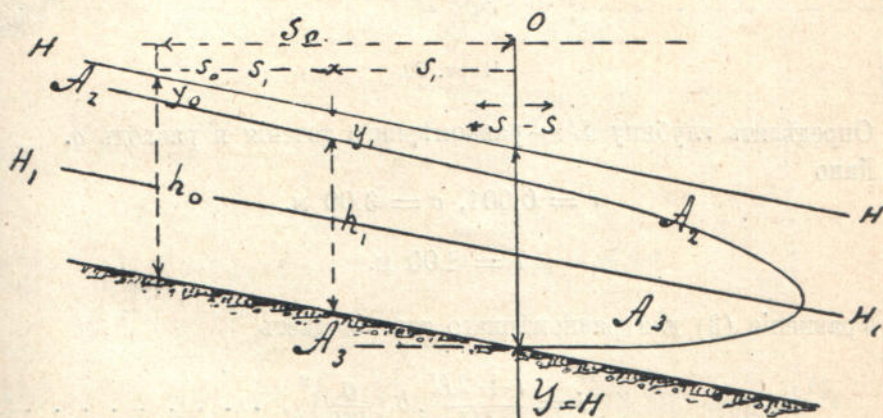
взяты разности въ 0,01 отъ $\frac{y}{H} = 1$ до $\frac{y}{H} = 0,05$

» » » 0,002 » $\frac{y}{H} = 0,05$ » $\frac{y}{H} = 0,020$

» » » 0,001 » $\frac{y}{H} = 0,020$ » $\frac{y}{H} = 0,001$

§ 15. Задачи для низовой пониженной оси A_2 и верховыхъ пониженныхъ осей A_1 и A_3 (черт. 21). Ординаты пониженія y считаются внизъ отъ линіи H , такъ какъ

$$h = H - y.$$



Черт. 21.

Положительныя разстоянія $+S$ считаются отъ низовой точки O вверхъ противъ теченія, а отрицательныя $-S$ отъ точки O по теченію внизъ. Положеніе начала координатъ и точки O опредѣляется въ зависимости отъ положенія оси A_3 , а именно: когда

$$\frac{y}{H} = 1,$$

или

$$y = H$$

(или $h = 0$), то точка той вертикали, гдѣ ось A_3 пересѣкаетъ дно канала опредѣляетъ точку O и начало координатъ.

1-ая задача (черт. 22). Данъ дериваціонный каналъ съ уклономъ

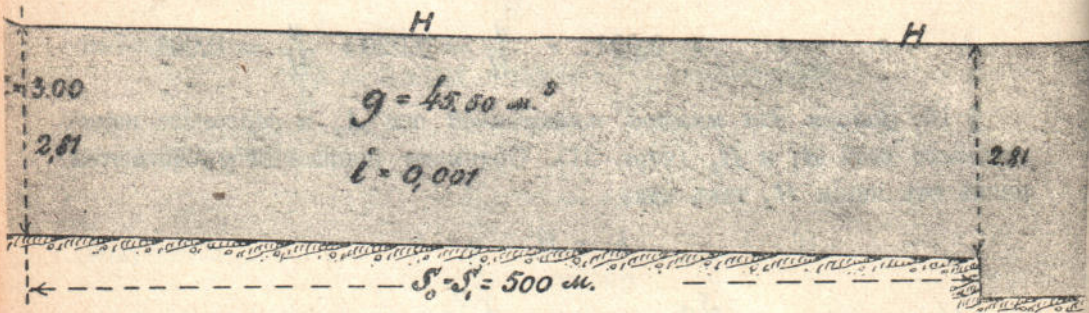
$$i = 0,001$$

съ прямоугольнымъ сѣченіемъ, шириной

$$l = 8,00 \text{ м.}$$

Въ каналъ свободно поступаетъ вода съ напоромъ

$$c = 3,00 \text{ метра.}$$



Черт. 22.

Опредѣлить глубину H — равномернаго теченія и расходъ q .

Дано

$$i = 0,001, c = 3,00 \text{ м.}$$

и

$$l = 8,00 \text{ м.}$$

Уравненіе (3) для равномернаго теченія даетъ

$$i = \frac{l + 2H}{lH} \cdot b \left(\frac{q}{lH} \right)^2 \dots \dots \dots (A)$$

и уравненіе (17) для расхода подъ напоромъ c даетъ

$$q = \frac{l(2c + H)}{3} \sqrt{2g(c - H)} \dots \dots \dots (B)$$

Изъ этихъ двухъ уравненій опредѣляется q и H по приближенію (принимая произвольно для $\delta = c - H$ рядъ убывающихъ величинъ и составляя нижеслѣдующую таблицу):

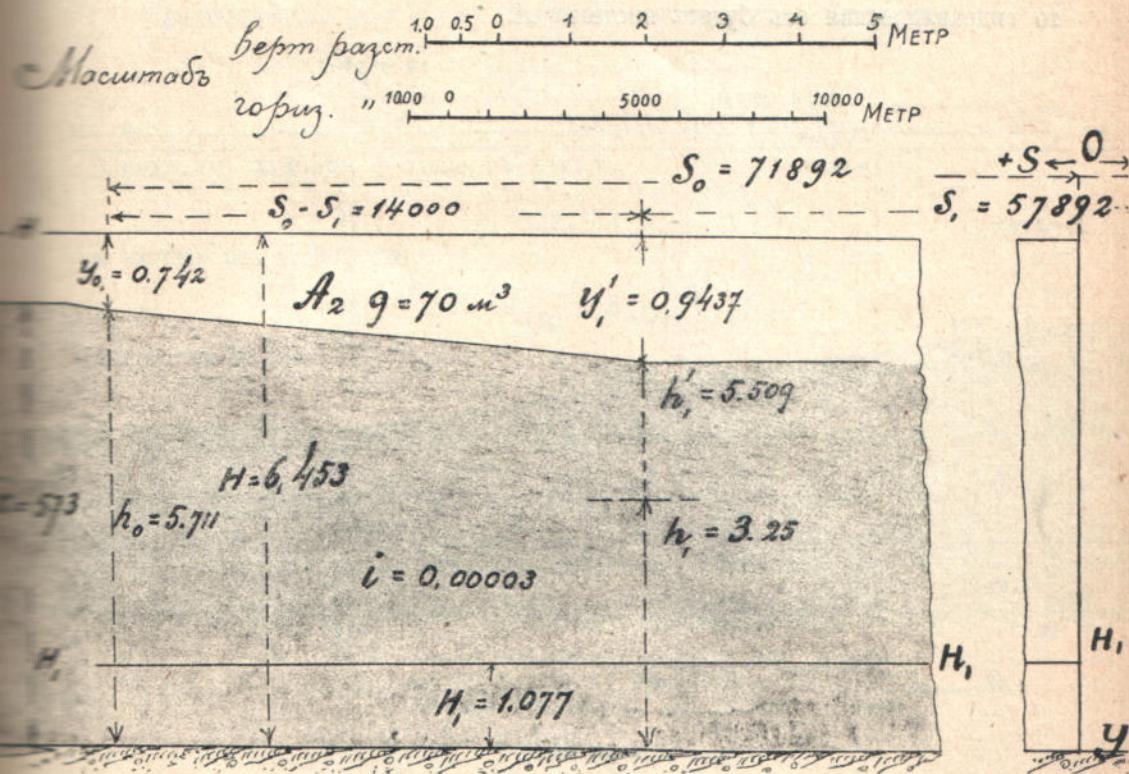
$\delta = c - H$	H	q по (A)	q по (B)
0,00	3,00	49,683 м ³	0,000 м ³
0,16	2,84	46,296	41,765
0,17	2,83	46,085	43,001
0,18	2,82	45,875	44,198
0,19	2,81	45,664	45,358
0,20	2,80	45,454	46,482
0,21	2,79	45,244	47,577

Приблизительно можно принять

$$\delta = 0,19, \quad H = 2,81$$

и

$$q = 45,50 \text{ м}^3.$$



Черт. 23.

2-ая задача (черт. 23, 24 и 25). Данъ дериваціонный каналъ съ прямоугольнымъ сѣченіемъ шириною

$$l = 20 \text{ метр.},$$

длиною

$$S_0 - S_1 = 14000 \text{ м.}$$

съ общимъ паденіемъ дна = 0,42 м. или уклономъ

$$i = 0,00003.$$

Въ каналъ свободно поступаетъ вода съ напоромъ

$$c = 5,73 \text{ м.}$$

и уходитъ изъ канала съ глубиной

$$h_1 = 3,25 \text{ м.}$$

Опредѣлить гидравлическую ось потока и расходъ q .

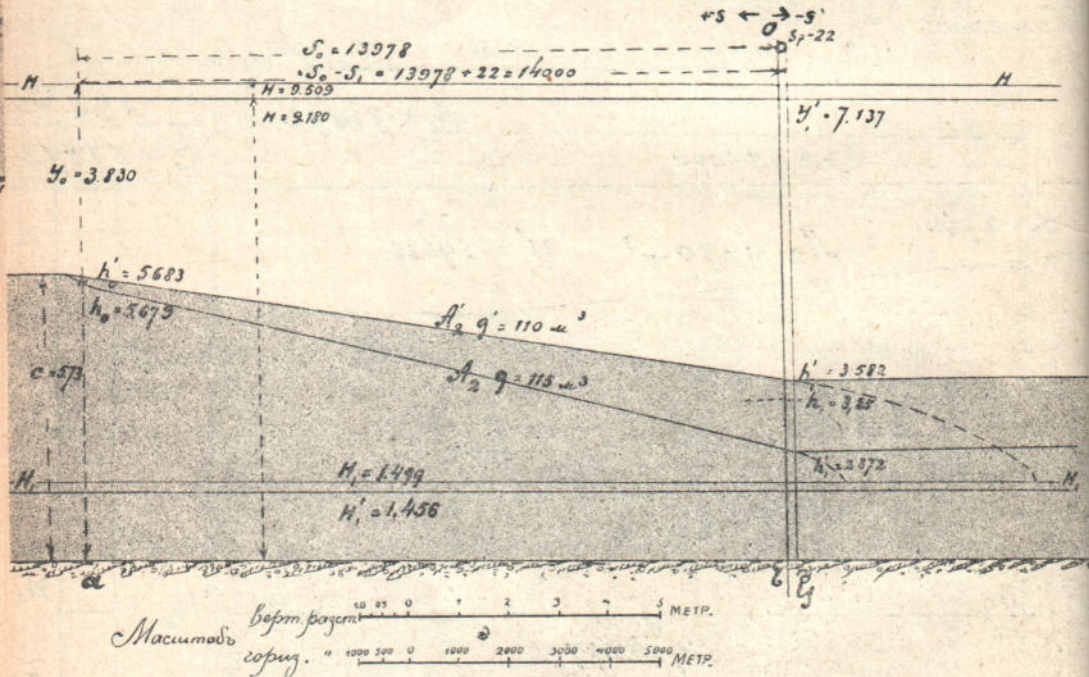
Такъ какъ

$$\text{tg } \alpha < gb$$

или

$$0,00003 < 0,004,$$

то гидравлическая ось будетъ системы А.



Черт. 24.

Предположимъ, какъ въ предыдущей задачѣ, равномерное движеніе; зная

$$l = 20 \text{ мет.}, \quad i = 0,00003, \quad c = 5,73,$$

опредѣлимъ расходъ q изъ 2-хъ уравненій

$$i = \frac{l+2H}{lH} b \left(\frac{q}{lH} \right)^2$$

и

$$q = \frac{l(2c + H)}{3} \sqrt{2g(c - H)},$$

давая разные значенія для $\delta = c - H$, составимъ, какъ въ предыдущей задачѣ, табличку и опредѣлимъ приблизительно, что при

$$\delta = c - H = 0,014$$

получимъ

$$H = 5,716 \text{ и } q = 59,708 \text{ м}^3.$$

Но такъ какъ по заданію въ устьѣ канала $h_1 = 3,25$, то очевидно, что гидравлическая ось въ данномъ случаѣ будетъ вида A_2 и расходъ q долженъ быть больше 59,708 м³. Ось вида A_3 не можетъ имѣть мѣста, такъ какъ вода вступаетъ въ каналъ свободно.

Предположимъ $q = 70 \text{ м}^3$ (черт. 23), вставляя въ уравненіе

$$q = \frac{l(2c + h_0)}{3} \sqrt{2g(c - h_0)},$$

опредѣлимъ глубину у входа въ каналъ,

$$h_0 = 5,711 \text{ м.},$$

а затѣмъ изъ уравненія

$$i = \frac{l + 2H}{lH} b \left(\frac{q}{lH} \right)^2$$

получимъ линію

$$H = 6,453 \text{ м.}$$

и изъ уравненія

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l} \right)^2}$$

получимъ линію

$$H_1 = 1,077 \text{ м.}$$

$$y_0 = H - h_0 = 6,453 - 5,7111 = 0,742 \text{ м.}$$

$$\frac{y}{H} = \frac{0,742}{6,453} = 0,11499;$$

$$\frac{V^2}{gH} = \left(\frac{q}{H} \right)^2 \cdot \frac{1}{gH} = 0,0046.$$

Изъ 2-ой таблицы профессора Будена (приложеніе IV) имѣемъ

$$\text{для } \frac{y_0}{H} = 0,12, \quad \frac{iS_0}{H} = 0,3289 - 1,5227 \frac{V^2}{gH}$$

$$\text{» } \frac{y_0}{H} = 0,11, \quad \frac{iS_0}{H} = 0,3554 - 1,5610 \frac{V^2}{gH}$$

послѣ интерполяціи:

$$\text{для } \frac{y_0}{H} = 0,11499, \frac{iS_0}{H} = 0,3422 - 1,5419 \frac{V^2}{gH} = 0,3350$$

$$S_0 = \frac{0,3350 \cdot H}{i} = 71892 \text{ м.}$$

на разстояніи (длины канала)

$$S_0 - S_1 = 14000$$

внизъ отъ истока получимъ: для

$$S_1 = 71892 - 14000 = 57892$$

и

$$\frac{iS_1}{H} = \frac{0,00003 \cdot 57892}{6,453} = 0,26426;$$

зная $\frac{iS_1}{H}$ опредѣлимъ $\frac{y_1}{H}$ изъ 2-ой таблицы: для

$$\frac{y_1}{H} = 0,5$$

дасть

$$\frac{iS_1}{H} = 0,2635 - 1,4219 \frac{V^2}{gH} = 0,2569 \text{ и для}$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,14$$

дасть

$$\frac{iS_1}{H} = 0,2833 - 1,4533 \frac{V^2}{gH} = 0,2765.$$

Интерполируя получимъ для

$$\frac{iS_1}{H} = 0,2646$$

и

$$\frac{y_1}{H} = 0,1463$$

откуда

$$y_1 = 0,9437$$

и h_1' (у устья) = $H - y_1 = 6,453 - 0,9437 = 5,509$ (черт. 23),

т. е. глубина h_1' значительно большая, чѣмъ заданная

$$h_1 = 3,25,$$

а потому очевидно нужно расходъ q сдѣлать больше, чѣмъ 70 м.³, такъ какъ по заданію h_1 у устья = 3,25, а не 5,059.

Увеличивая постепенно q до 80, 90, 100, 110 м.³ составимъ ниже-слѣдующую таблицу:

q	H_1	H	V	h_0	h_1
70	1,077	6,453	0,5424	5,711	5,509
80	1,177	7,153	0,5592	5,705	5,285
90	1,273	7,838	0,5741	5,698	4,952
100	1,366	8,514	0,5873	5,691	4,464
110	1,456	9,180	0,5991	5,683	3,582

Изъ таблицы видно, что при расходѣ въ 110 м.³ (черт. 24) глубина у устья h_1' будетъ = 3,582, т. е. еще значительно превосходить заданную 3,25.

Положимъ

$$q = 115 \text{ м.}^3$$

и опредѣлимъ изъ 3-хъ уравненій (согласно тому какъ выше изложено):

$$i = \frac{l + 2H}{lH} b \left(\frac{q}{lH} \right)^2,$$

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l} \right)^2}$$

и

$$q = \frac{l(2c + h_0)}{3} \sqrt{2g(c - h_0)}$$

величины для

$$h_0 = 5,679, H_1 = 1,499$$

и

$$H = 9,509,$$

загѣмъ

$$\frac{y_0}{H} = \frac{H - h_0}{H} = 0,40278$$

и изъ таблицы 2-ой профессора Будена по интерполяціи имѣемъ

$$\frac{iS_0}{H} = 0,0441,$$

откуда

$$S_0 = 13978$$

и такъ какъ

$$S_0 - S_1 = 14000 \text{ м.},$$

то

$$S_1 = 13978 - 14000 = 22 \text{ м.},$$

или какъ указано на чертежѣ

$$S_1 = ad - ab = bd$$

и

$$\frac{iS_1}{H} = -0,0000694.$$

Знакъ — для абсциссы S_1 обозначаетъ, что паденіе, соотвѣтствующее y_1 лежитъ внизъ (вправо по чертежу) отъ ординатной оси OY , т. е. внизъ отъ точки, гдѣ ось A_3 пересѣкаетъ линію дна канала.

Для опредѣленія y_1 , возьмемъ изъ таблицы 2-ой ближайшія величины

$$\frac{y_1}{H} = 0,76 \dots \frac{iS_1}{H} = 0,00124 - 0,37289 \frac{V^2}{gH} = -0,000222$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,75 \dots \frac{iS_1}{H} = 0,00146 - 0,38753 \frac{V^2}{gH} = 0,000059,$$

по интерполяціи опредѣлимъ:

$$\frac{y_1}{H} = 0,7506, \quad y_1 = 7,137$$

и для

$$h_1 = H - y = 9,509 - 7,137 = 2,372 \text{ м.}$$

т. е. глубину меньшую, чѣмъ заданная 3,25.

Очевидно, что требуемый расходъ заключается между 110 куб. метр. и 115 куб. метр., причемъ паденіе у истока $c - h_0 = 5,683 - 5,679 =$ = около 0,05 м. (черт. 24).

Изъ предыдущей таблицы легко заключить; насколько въ кривыхъ осяхъ A_2 расходъ q медленно возрастаетъ (съ 70 до 115 м.³) при быстромъ паденіи конечной глубины h_1 у устья (съ 5,509 до 2,372 м.).

Полагая расходъ $q = 120 \text{ м.}^3$ (черт. 25), спрашивается, какая получится глубина h_1 у устья при тѣхъ же размѣрахъ и длинѣ канала.

Изъ 3-хъ уравненій (согласно тому, какъ выше изложено):

$$i = \frac{l + 2H}{lH} b \left(\frac{q}{lH} \right)^2,$$

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l} \right)^2}$$

и

$$q = \frac{l(2c + h_0)}{3} \sqrt{2g(c - h_0)}$$

опредѣляется

$$h_0 = 5,674, \quad H_1 = 1,543 \text{ и } H = 9,838 \text{ м.}$$

затѣмъ

$$\frac{y_0}{H} = 0,42325$$

и изъ таблицы 2-ой по интерполяціи

$$\frac{iS_0}{H} = 0,0377,$$

откуда

$$S_0 = 12363 \text{ м.},$$

при длинѣ канала

$$S_0 - S_1 = 14000 \text{ м.}$$

получимъ S_1 (для глубины h_1) = 12363 — 14000 = — 1637 и

$$\frac{iS_1}{H} = - 0,004992.$$

Изъ таблицы 2-ой профессора Будена видно, что

$$\frac{y_1}{H} = 0,87 \text{ дасть } \frac{iS_1}{H} = - 0,000690$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,86 \quad \text{»} \quad \frac{iS_1}{H} = - 0,000712$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,85 \quad \text{»} \quad \frac{iS_1}{H} = - 0,000724$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,84 \quad \text{»} \quad \frac{iS_1}{H} = - 0,000725$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,83 \quad \text{»} \quad \frac{iS_1}{H} = - 0,000716$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,82 \quad \text{»} \quad \frac{iS_1}{H} = - 0,000694.$$

Оказывается, что нѣтъ величины

$$\frac{iS_1}{H} = - 0,004992,$$

или что гидравлическая ось A_2 не располагается внизъ по теченію отъ оси OY на разстояніи

$$S_1 = - 1637;$$

т. е., что точка опредѣляемая разстояніемъ

$$S_1 = - 1637 \text{ м.}$$

находится уже за предѣлами оси A_2 . Дѣйствительно—опредѣлимъ (черт. 25) разстояніе S_1 (при расходѣ $q = 120 \text{ м.}^3$, $h_0 = 5,674$ и $H = 9,838$) крайней точки p , гдѣ A_2 пересѣкаетъ H_1 , т. е. гдѣ

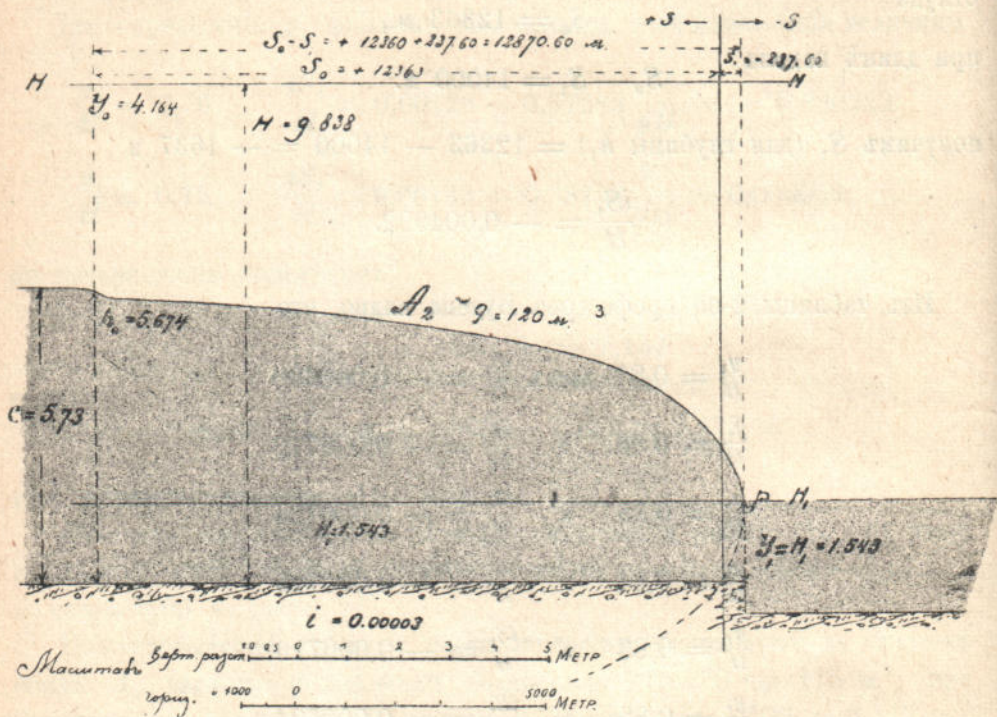
$$h_1 = H$$

или

$$y_1 = H - H_1 = 9,838 - 1,543 = 8,295.$$

Для

$$\frac{y_1}{H} = \frac{8,295}{9,838} = 0,8433$$



Черт. 25.

изъ 2-ой таблицы по интерполяціи имѣемъ:

$$\frac{iS_1}{H} = -0,0007254,$$

которое дастъ

$$S_1 = -237,60.$$

А потому при расходѣ

$$q = 120 \text{ м.},$$

глубина у истока

$$h_0 = 5,674,$$

глубина у устья

$$h_1 = H_1 = 1,543$$

и длина канала должна быть не 14000 м., а всего

$$S_0 - S_1 = 12363 + 237,60 = 12878,60 \text{ м. (черт. 25).}$$

3-ья задача (черт. 26). Прямоугольный канал очень большой ширины (относительно глубины), длиной 100 метр. съ уклономъ дна

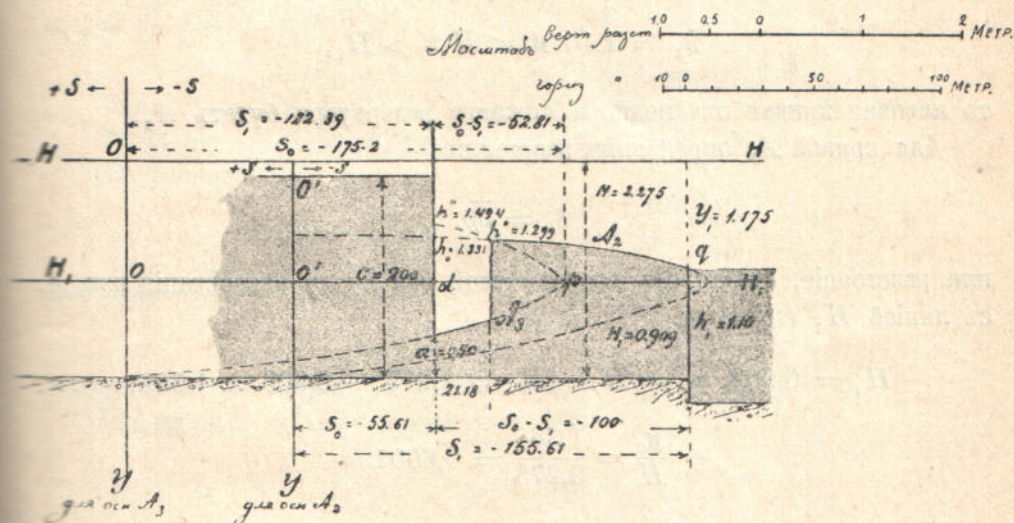
$$i = 0,00025;$$

вода вступаетъ въ каналъ черезъ водоспускъ высотойю

$$Q = 0,50$$

съ напоромъ

$$c = 2,00 \text{ м.};$$



Черт. 26.

устье канала—въ резервуаръ, уровень котораго расположенъ на такой высотѣ, что глубина канала у устья

$$h_1 = 1,10 \text{ м.}$$

Опредѣлить расходъ на единицу ширины (1 метръ) канала и типъ гидравлической оси.

Опредѣлимъ (какъ выше указано) изъ 3-хъ уравненій

$$q = a \sqrt{2g(c - a)},$$

$$i = \frac{l + 2H}{H} b \left(\frac{q}{H} \right)^2$$

и

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} q^2}$$

величины

$$q = 2,712 \text{ м.}^3, \quad H = 2,275$$

и

$$H_1 = 0,909 \text{ м.};$$

такъ какъ

$$H_1 > H$$

и

$$i < gb,$$

то гидравлическая ось отъ напора верхняго резервуара будетъ A_3 и такъ какъ глубина у устья канала

$$h_1 = 1,10 \text{ м.} < H \text{ и } > H_1,$$

то низовая кривая отъ подпора нижняго резервуара будетъ A_1 .

Для кривой A_3 опредѣлимъ разстояніе

$$S_0 = \overline{op},$$

или разстояніе, считая отъ координатной оси ou до пересѣченія оси A_3 съ линіей H_1 (точка p).

$$H_1 = 0,909, \quad y_0 = H - H_1 = 2,275 - 0,909 = 1,366;$$

$$\frac{y_0}{H} = \frac{1,366}{2,275} = 0,6004.$$

Изъ 1-ой таблицы профессора Будена (приложеніе IV), имѣемъ для $\frac{y_0}{H}$:

$$\frac{iS_0}{H} = 0,00664 - 0,40664 \frac{V^2}{gH},$$

гдѣ

$$\frac{V^2}{gH} = 0,0637,$$

$$\frac{iS_0}{H} = - 0,01926,$$

$$S_0 = - 175,2 \text{ м.}^2.$$

Также для кривой A_3 опредѣлимъ разстояніе

$$S_1 = \overline{od}$$

отъ координатной оси oy до водоспуска или до входа въ каналъ (точка d).

$$y_1 = H - a = 2,275 - 0,50 = 1,775,$$

$$\frac{y_1}{H} = \frac{1,775}{2,275} = 0,78,$$

изъ таблицы 1-ой профессора Будена

для $\frac{y_1}{H}$:

$$\frac{iS_1}{H} = 0,00059 - 0,22059 \cdot \frac{V^2}{gH} = 0,00059 - 0,22059 \cdot 0,0637;$$

откуда

$$S_1 = -122,39;$$

длина \bar{d}_p или

$$S_0 - S_1 = -175,2 + 122,39 = -52,81.$$

Опредѣлимъ кривую прыжка относительно оси A_3 .

По формулѣ (9)

$$h'' = -\frac{1}{2} h' + \sqrt{\left(\frac{1}{2} h'\right)^2 + \frac{4h' V^2}{2g}}$$

для ординаты

$$a = 0,50$$

получимъ $h'' = 1,494$ м. и кривая прыжка будетъ $\overline{ph''}$.

Для кривой A_2 опредѣлимъ разстояніе

$$S_1 = \overline{o'q},$$

считая отъ координатной оси $o'y'$ до пересѣченія оси A_2 съ ординатой $\bar{h}_1 = 1,10$,

$$h_1 = 1,10, y_1 = H - h_1 = 2,275 - 1,10 = 1,175. \frac{y_1}{H} = 0,516$$

для

$$\frac{y_1}{H} = 0,516$$

изъ таблицы 1-ой профессора Будена имѣемъ по интерполяціи

$$\frac{iS_1}{H} = -0,01694,$$

$$S_1 = \frac{-0,01694 \cdot 2,275}{0,00025} = -155,61,$$

а такъ какъ

$$S_0 - S_1 = 100,$$

или

$$S_0 + 155,61 = 100,$$

то

$$S_0 = -55,61 \text{ м.} = \overline{\sigma d} \text{ (черт. 26).}$$

Зная

$$S_0 = \overline{\sigma d} = -55,61,$$

опредѣлимъ h_0 для оси A_2 (у входа); а именно

$$\frac{S_0 i}{H} = \frac{-55,61 \times 0,00025}{2,275} = 0,062;$$

$$\frac{V^2}{gH} = 0,0637;$$

опредѣлимъ $\frac{y_0}{H}$ изъ таблицы 1-ой ошупью:

пусть

$$\frac{y_0}{H} = 0,42, \quad \frac{iS_0}{H} = 0,0320 - 0,6120 \times 0,0637 = 0,0069,$$

$$\frac{y_0}{H} = 0,41, \quad \frac{iS_0}{H} = 0,0320 - 0,6120 \times 0,0637 = 0,0052$$

очевидно

$$\frac{y_0}{H} = 0,415, \quad y_0 = 0,415 \times 2,275 = 0,994$$

$$h_0 = H - y = 1,331.$$

Такъ какъ h_0 для оси

$$A_2 = 1,331$$

и ордината прыжка у входа (въ точкѣ h'') = 1,494, то очевидно ось A_2 съ кривой прыжка $h''p$ пересѣкутся и образуется прыжокъ.

Опредѣлимъ по таблицѣ 1-ой ординаты оси A_2 и кривой прыжка на разстояніи 15, 20 и 25 метровъ отъ входа (черт. 27). На разстояніи

$$S_0 - S_1 = 15 \text{ м.}$$

отъ начала координатъ до входа для оси A_2 имѣемъ:

$$S_1 = -122,39,$$

а потому

$$S_0 = 15 + 122,39 = 137,39$$

и

$$\frac{iS_1}{H} = -0,0151$$

и по таблицѣ 1-ой

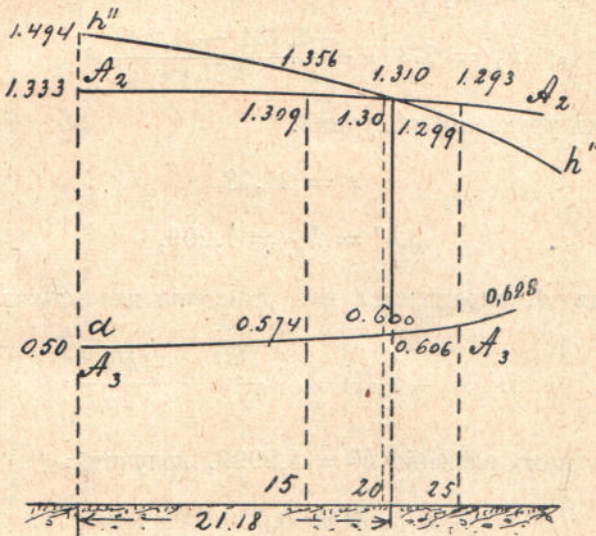
$$\frac{y_1}{H} = -0,7479,$$

и

$$h_1 = H_1 - y_1 = 0,574;$$

ВВОДЯ

$$h_1 = H_1 - y_1 = 0,574$$



Черт. 27.

въ уравненіе для прыжка и полагая $h_1 = h'$

$$h'' = -\frac{h'}{2} + \sqrt{\left(\frac{h'}{2}\right)^2 + \frac{4h'V^2}{2g}}, \text{ гдѣ } h_1 = h'$$

получимъ

$$h'' = 1,356.$$

Такимъ же образомъ, пользуясь таблицей 1-ой опредѣлимъ ординаты оси A_3 , прыжка h'' и оси A_2 для разстояній въ 20 и 25 метр. отъ входа; а именно:

Разстоянія, считая отъ входа внизъ.	Соотвѣтствующія ординаты для		
	A_3	кривой прыжка.	A_2
15,00	0,574	1,356	1,309
20,00	0,600	1,310	1,301
25,00	0,628	1,264	1,293

Изъ этой таблицы и чертежа 27 можно заключить, что прыжокъ долженъ произойти между 20 и 25 м.; поэтому, обозначая черезъ x

разстояніе отъ входа точки пересѣченія h'' съ A_2 , получимъ два равныхъ уравненія:

для ординаты кривой прыжка

$$h'' = 1,494 - \frac{1,494 - 1,264}{25} x;$$

для ординаты кривой A_2

$$h_{A_2} = 1,331 - \frac{1,331 - 1,293}{25} x;$$

изъ этихъ 2-хъ уравненій получимъ:

$$x = 21,18$$

и

$$h'' = h_{A_2} = 1,299,$$

а ордината для A_3 опредѣлится изъ уравненія для прыжка:

$$h'' = -\frac{h'}{2} + \sqrt{\left(\frac{h'}{2}\right)^2 + \frac{4h'V^2}{2g}},$$

подставляя въ немъ значеніе $h'' = 1,2999$, получимъ:

$$h' = 0,606;$$

т. е. высота прыжка будетъ

$$h'' - h' = 0,693.$$

4-ая задача (черт. 28). Тѣ же условія, какъ въ 3-й задачѣ, но съ тѣмъ измѣненіемъ, что у выходного отверстія q глубина $h_1 = 1,50$ м., вмѣсто 1,10 м., какъ это было въ 3-й задачѣ. Легко усмотрѣть, что если

$$h_1 = 1,50 \text{ м.},$$

то кривая A_2 будетъ имѣть у входного отверстія ординату большую, чѣмъ ордината 1,331, какъ это было въ 3-й задачѣ; именно—въ данномъ случаѣ (изъ таблицы 1-ой) ордината у входа опредѣлится въ

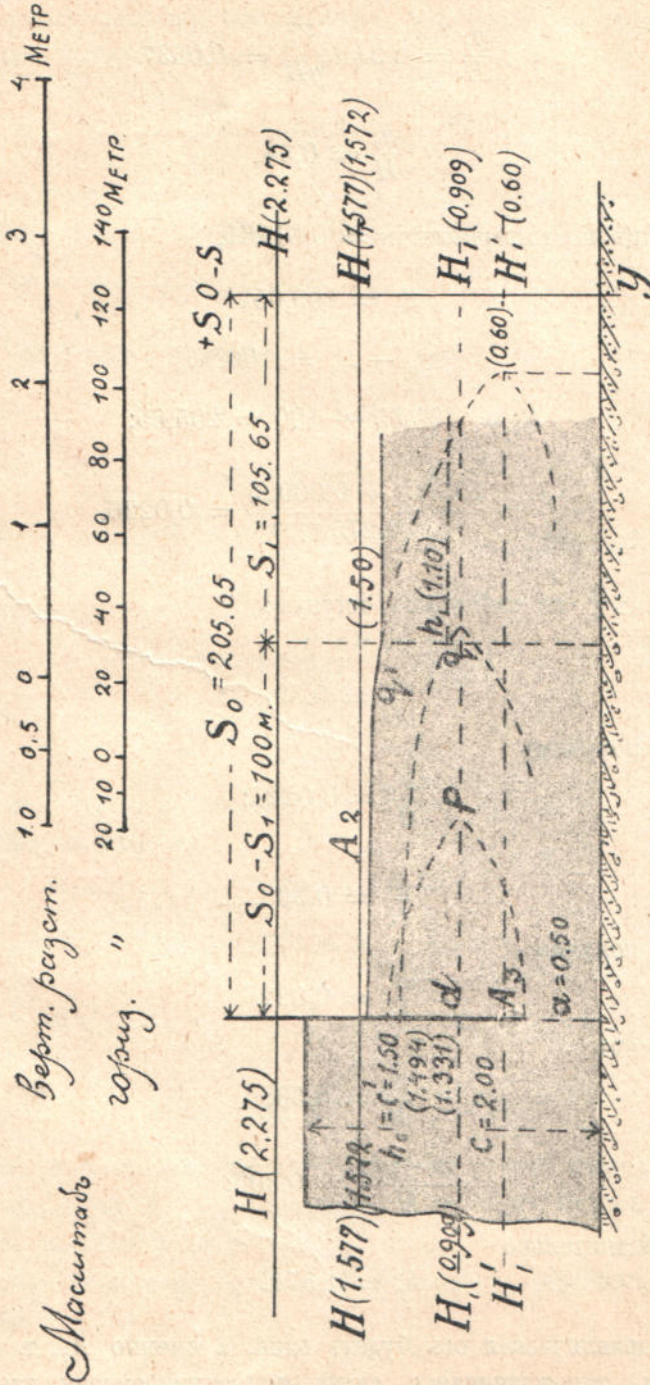
$$h_0 = 1,572 \text{ м.},$$

то есть кривая A_2 пойдетъ выше кривой прыжка, опредѣленной въ 3-ей задачѣ, или иначе—кривая A_2 будетъ единственная, закроетъ кривую A_3 и кривую прыжка задачи 3-ей и дастъ затопленный водоспускъ.

Дѣйствительно, предполагая для (какъ въ 3-ей задачѣ)

$$S_0 - S_1 = 100 \text{ м.}, \quad i = 0,00025, \quad a = 0,50, \quad h_1 = 1,50, \\ H = 2,275, \quad H_1 = 0,909, \quad q = 2,712,$$

опредѣлимъ S_1 , или разстояніе глубины h_1 (въ устьѣ канала), затѣмъ h_0 .



Черт. 28.

(у входа).

$$h_1 = 1.50,$$

$$y_0 = H - h_1 = 0,775,$$

$$\frac{y_1}{H} = 0,34 \cdot \frac{V^2}{gH} = 0,0637$$

для

$$\frac{y_1}{H} = 0,34,$$

$\frac{iS_1}{H}$ изъ таблицъ по интерполяціи = 0,61161,

$$S_1 = 105,65,$$

$$S_0 - S_1 = 100,$$

$$S_0 = 105,65 + 100 = 205,65;$$

опредѣлимъ h_0 ,

$$\frac{S_0 i}{H} = \frac{205,65 + 0,00025}{2,275} = 0,0226.$$

Опредѣлимъ $\frac{y_0}{H}$ по таблицамъ ощуноу:

для

$$\frac{y_0}{H} = 0,30$$

изъ таблицъ получимъ

$$\frac{iS_0}{H} = 0,0221;$$

для

$$\frac{y_0}{H} = 0,308$$

изъ таблицъ получимъ

$$\frac{iS_1}{H} = 0,0226$$

поэтому примемъ

$$\frac{y_0}{H} = 0,308$$

или

$$\frac{H - h_0}{H} = 0,308;$$

получимъ дѣйствительно

$$h_0 = 1,572.$$

Итакъ гидравлическая ось будетъ одна, а именно A_2 , т. е. ось будетъ низовая, зарождающаяся снизу и затопливающая входное водоспускное отверстіе, образуя расхоть q меньшій, чѣмъ опредѣленный въ 3-ей задачѣ (т. е. $< 2,712$ м.³).

Для опредѣленія дѣйствительнаго расхода въ данномъ случаѣ, будемъ задаваться разными начальными подпорами c' непосредственно ниже входнаго отверстия и изъ формулы

$$q = a \sqrt{2g(c - c')}$$

будемъ опредѣлять расходъ q и затѣмъ — конечную глубину h_1 , пока, задаваясь разными c' , не найдемъ такой расходъ q_1 , который дастъ

$$h_1 = 1,50 \text{ м. и } h_0 = c'.$$

Пусть, напримѣръ, подпоръ

$$c' = 1,50 \text{ м.,}$$

тогда

$$q = \sqrt{2g(c - c')}$$

$$= 0,50 \sqrt{2 \cdot 9,808 (2,00 - 1,50)} = 1,566 \text{ м.}^3;$$

изъ уравненія

$$i = \left(\frac{l + 2H}{lH} \right) b \left(\frac{q}{lH} \right)^2$$

опредѣлимъ

$$H = 1,577 \text{ м.};$$

такъ какъ $c' < H$, то гидравлическая кривая будетъ A_2 съ глубиной непосредственно за входомъ

$$c' = h_0 = 1,50$$

и у устья очевидно будетъ глубина $h_1 < 1,50$ м., что по заданію недопустимо.

Полагая же

$$c' = 1,60,$$

получимъ

$$q = 1,433 \text{ м.}^3, \quad H = 1,464$$

и, такъ какъ въ данномъ случаѣ $c' > H$, то кривая очевидно будетъ низовая ось A_1 , а не ось A_2 и ордината ея у устья будетъ $h_1 > 1,50$ м., что тоже по заданію недопустимо.

Настоящая подпорная глубина c' съ соответственнымъ расходомъ и съ глубиной у устья

$$h_1 = 1,50 \text{ м.}$$

(при существованіи одиночной оси A_2) будетъ заключаться между 1,50 и 1,60.

Задаваясь подпорной глубиной c' въ предѣлахъ отъ 1,505 до 1,520 и полагая глубину у устья

$$h_1 = 1,50$$

вычислимъ расходъ q , H и опредѣлимъ по таблицамъ глубину h_0 для кривой A_2 непосредственно у входа (въ \bar{a}); получимъ нижеслѣдующую таблицу:

Глубина подпора непосредственно у входа c' .	Расходъ q м ³ .	Глубина H м.	Соответствующая глубина кривой A_2 у входа h_0 м.
1,520	1,534	1,556	1,5030
1,515	1,542	1,561	1,5035
1,510	1,550	1,567	1,5040
1,505	1,558	1,572	1,5045

Очевидно совпаденіе цифръ 1-го столбца съ послѣднимъ будетъ почти при

$$c' = 1,505 \quad \text{и} \quad h_0 = 1,5045,$$

т. е. задача рѣшается, если истечение будетъ происходить через затопленное отверстіе съ подпоромъ

$$c' = h_0 = 1,505,$$

съ глубиной

$$H = 1,572,$$

расходомъ

$$q = 1,558 \text{ м.}^3,$$

и съ глубиной въ устьѣ

$$h_1 = 1,50$$

и съ образованіемъ одиночной, почти горизонтальной гидравлической кривой A_2 . Такъ какъ расходъ

$$q = 1,572,$$

то линія H_1 уже не будетъ 0,909, а опредѣлится изъ формулы

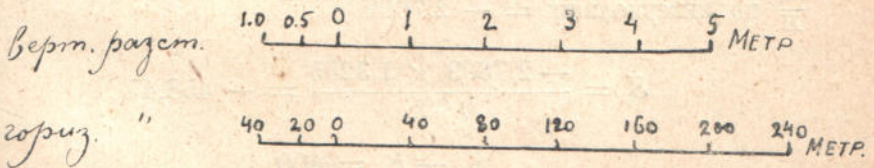
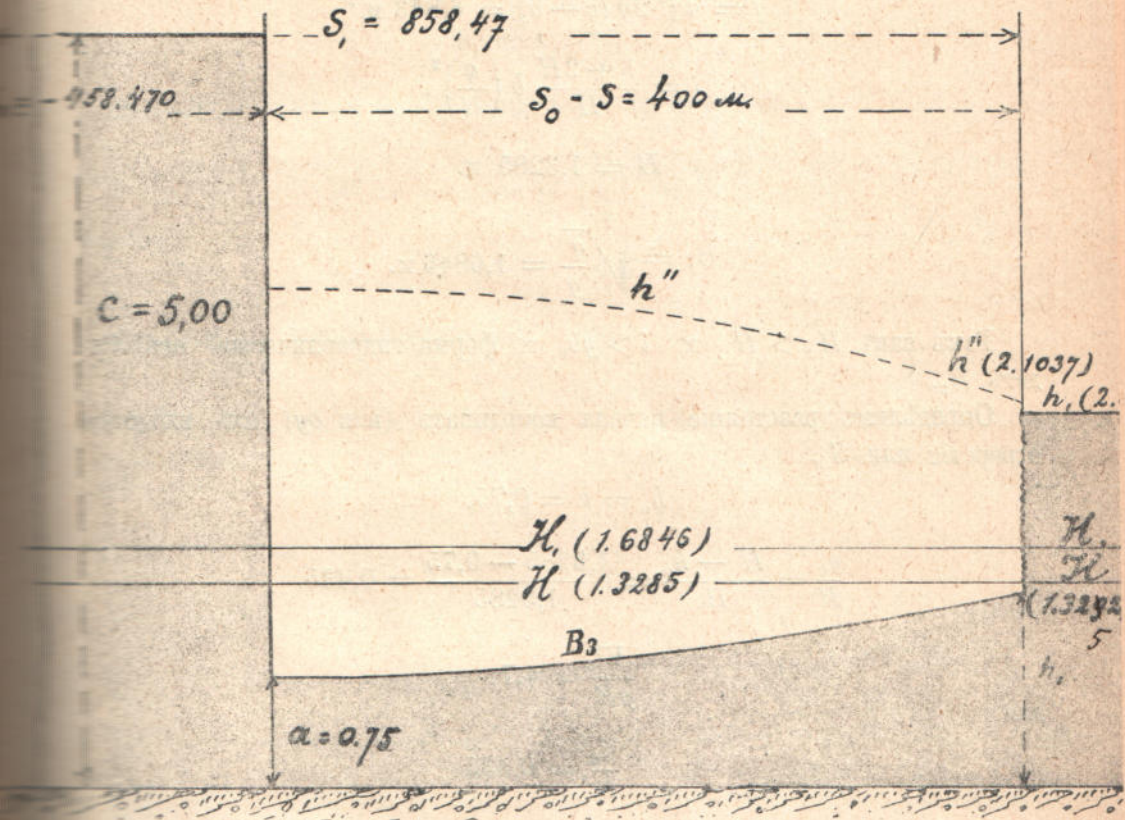
$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} q^2} = \sqrt[3]{\frac{1}{9,808} (1,558)^2} = 0,60 \text{ м.}$$

5-ая задача (черт. 29). Каналь большой ширины (относительно глубины) длиною 400 м. съ уклономъ дна

$$i = 0,008;$$

уровень воды въ верхнемъ бассейнѣ

$$c = 5,00 \text{ м.};$$



Черт. 29.

Вода вступаетъ въ каналъ изъ верхняго бассейна черезъ водоспускъ вы-

$$a = 0,75 \text{ м.};$$

Вода изъ канала поступаетъ въ нижній бассейнъ, уровень котораго на-

$$h_1 = 2,00 \text{ м.}$$

Опредѣлить расходъ q на единицу ширины канала, линіи H и H_1 и форму гидравлической оси.

Расходъ

$$q = a \sqrt{2g(c-a)} = 6,843 \text{ м.}^3$$

$$i = \frac{1+2H}{H} b \left(\frac{q}{H} \right)^2,$$

$$H = 1,3285 \text{ м.}$$

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{q}{g}} = 1,6846 \text{ м.}$$

Такъ какъ $H_1 > H$ и $i > gb$, то форма гидравлической оси будетъ B_3 .

Опредѣлимъ разстояніе начала координатъ (или oy) отъ входнаго отверстія или S_0 .

$$h_0 = a = 0,75,$$

$$\frac{y_0}{H} = \frac{H - h_0}{H} = \frac{1,3285 - 0,75}{1,3285} = 0,435,$$

$$\frac{V^2}{gH} = 4,7.$$

для

$$\frac{y_0}{H} = 0,435$$

изъ 1-ой таблицы профессора Будена

$$\frac{iS_0}{H} \text{ по интерполяціи} = -2,7609$$

$$S_0 = \frac{-2,7609 \times 1,3285}{0,008} = -458,47$$

то

$$S_0 - S_1 = 400,$$

$$S_1 = -858,47.$$

Опредѣлимъ глубину h_1 на разстояніи S_1 отъ оси oy .

$$\frac{S_1 i}{H} = \frac{-858,47 \times 0,008}{1,3285} = -5,17.$$

Изъ 1-ой таблицы профессора Будена по интерполяціи найдемъ

$$\frac{y_1}{H} = 0,0025$$

$$y_1 = 0,0025, H = 0,0033,$$

$$y_1 = H - h_1 = 1,3285 - h_1 = 0,0033$$

$$h_1 = 1,3252 \text{ м.}$$

Ордината прыжка для этой глубины по формулѣ

$$h'' = -\frac{h'}{2} + \sqrt{\left(\frac{h'}{2}\right)^2 + \frac{4h'V^2}{2g}}$$

будетъ

$$h'' = 2,1037.$$

Сравнивая съ заданной глубиной у устья

$$h_1 = 2,00$$

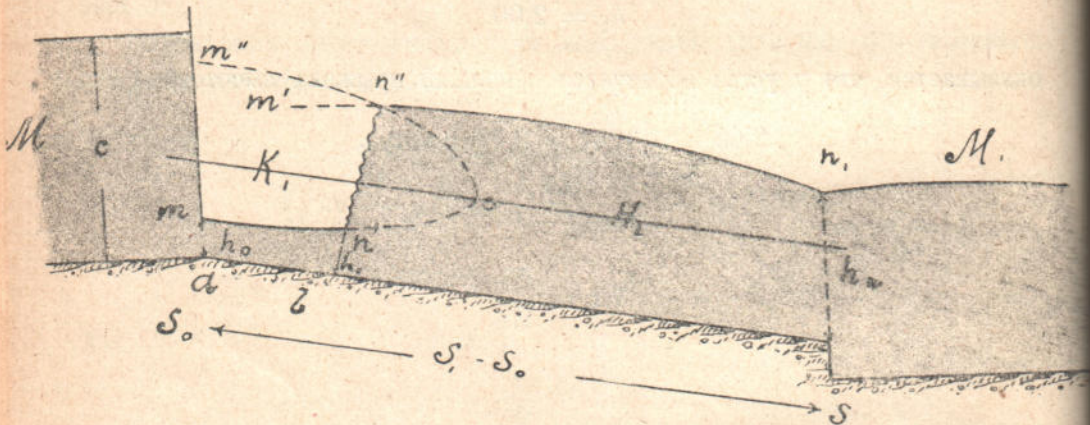
вызывается, что у устья образуется неполный прыжокъ высотой

$$2,00 - 1,3252 = 0,6748 \text{ метра.}$$

ГЛАВА III.

Рѣшеніе задачъ графическимъ приближеннымъ способомъ.

§ 16. На основаніи изложенныхъ въ главѣ I-ой предварительныхъ свѣдѣній можно примѣнить менѣе точный, чѣмъ изложенный въ главѣ II-ой, но болѣе быстрый графическій способъ опредѣленія характера движенія воды въ прямоугольномъ каналѣ.



Черт. 30.

Предположимъ (черт. 30) каналъ шириною l съ уклономъ $\text{дна} = tg \alpha$, соединяющій 2 бассейна, верхній M и нижній M_1 ; въ бассейнѣ M постоянная глубина c , въ устьѣ канала передъ входомъ въ нижній бассейнъ M_1 глубина h_0 . Вода изъ M поступаетъ въ каналъ черезъ щитовое прямоугольное отверстіе шириною b и высоту h_0 .

Расходъ q опредѣляется по одной изъ формулъ параграфа 7-го. Зная начальную глубину въ каналѣ h_0 и расходъ q , опредѣлимъ:

1) Изъ формулъ (3), (4) и (5) параграфа 2-го линіи глубинъ равномернаго теченія H , критическаго — H_1 и ординаты съ горизонтальной площадкой H_2 .

2) Видъ верховой гидравлической оси будетъ:

при $H > H_1$ видъ оси A_3 ;
 » $H < H_1$ » » B_2 или B_3 ,

а именно:

когда $h_0 > H$, видъ оси B_2 ,
 » $h_0 < H$, » » B_3 ;

3) Зная видъ верховой оси (A_3 , B_2 или B_3) опредѣляютъ по точкамъ, постепенно, начиная отъ h_0 и задаваясь $h_1, h_2 \dots$ разстоянія $S_1 - S_0, S_2 - S_1, \dots$, пользуясь формулами параграфа 9-го, и вычерчиваютъ верховую ось $mn'o$.

4) Опредѣляютъ по ординатамъ h_0, h_1, h_2, \dots ординаты кривой прыжка $h_0'', h_1'', h_2'' \dots$ пользуясь формулой параграфа 6-го и вычерчиваютъ кривую $on''m''$.

5) Видъ низовой гидравлической оси опредѣляется:

а) если уровень h_n въ устьѣ канала ниже, чѣмъ линія H_1 , то при верховыхъ осяхъ B_2 и B_3 ($H < H_1$) низовой гидравлической оси не будетъ; но при верховой оси A_3 ($H > H_1$) видъ низовой оси будетъ A_2 ,

б) если уровень h_n въ устьѣ канала выше, чѣмъ линія H_1 канала, то низовыя оси будутъ:

при $H > H_1$ видъ оси A_1 или A_2 , а именно:

когда уровень h_n выше H — видъ оси A_1 и

» » h_n ниже H — » » A_2 , а

при $H < H_1$ видъ оси B_1 .

6) Зная видъ низовой оси (A_1, A_2 или B_1), опредѣляютъ точками постепенно, начиная: или отъ глубины h_n въ концѣ L канала, соответствующей уровню h_n (если онъ выше H_1), или отъ глубины H_1 (если онъ выше уровня h_n) и затѣмъ, задаваясь (вверхъ по теченію) глубинами $h_{n-1}, h_{n-2} \dots$, опредѣляютъ разстоянія $S_n - S_{n-1}, S_{n-1} - S_{n-2}, \dots$, пользуясь формулами параграфа 9-го; и вычерчиваютъ низовую ось $m'n''m'$.

7) Пересѣченіе кривой $m'n'n_1$ съ $m''n''o$ опредѣляетъ графически ординату прыжка bn'' , высоту прыжка $n'n''$ и разстояніе ab отъ верхняго бассейна.

Въ ниже помѣщенныхъ задачахъ приняты: коэффициентъ расхода

$$\mu = 1,$$

коэффициентъ α_1 въ выраженіи $\frac{\alpha_1 v^2}{2g}$ также = 1 и коэффициентъ сопротивления

$$b = \frac{Ri}{v^2} = \text{приблизительно } 0,0004$$

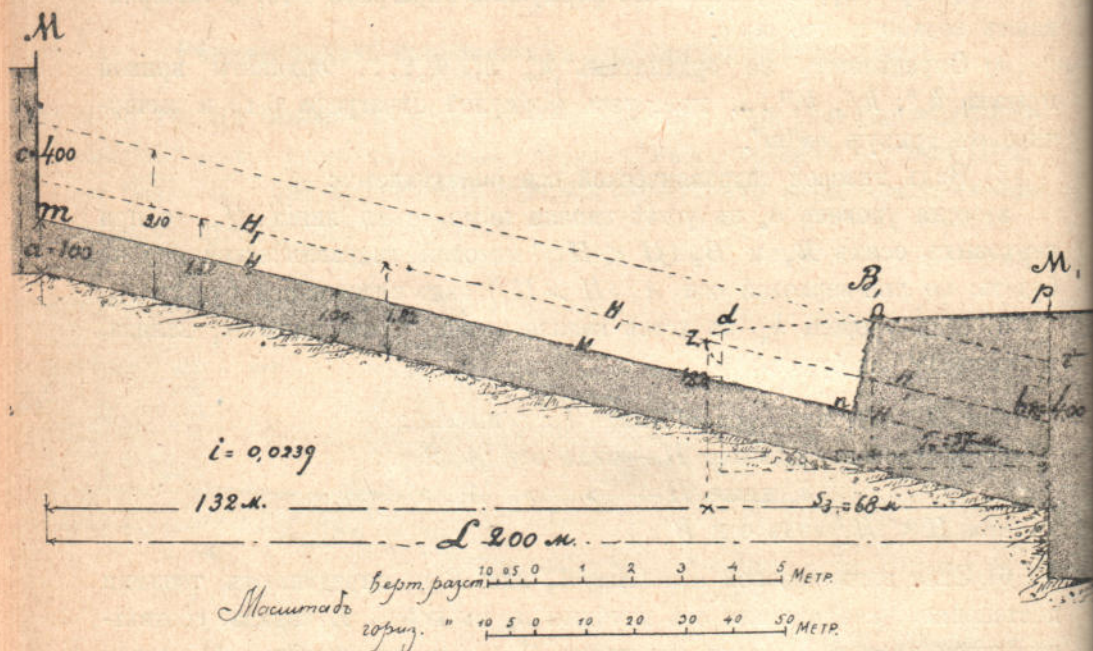
и $bg = 0,00392$, или приблизительно = 0,004.

1-я задача (III черт. 31). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ

$$c = 4,00 \text{ метр.}$$

вступаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высотой

$$a = 1,00 \text{ метр.}$$



Черт. 31.

въ прямоугольный открытый каналъ длиною

$$L = 200 \text{ метровъ}$$

съ продольнымъ уклономъ дна i въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья

$$h_n = 4,00 \text{ метрамъ.}$$

Ширина обоихъ бассейновъ и канала одинаковая.

$$l = 100 \text{ метр.}$$

Опредѣлить: 1) уклонъ i канала такимъ образомъ, чтобы въ каналѣ была равномерная скорость съ глубиной

$$H = a = 1 \text{ метр.,}$$

2) секундный расход q и 3) гидравлическую или динамическую ось потока и высоту прыжка.

Определение расхода q и уклона i при условии, чтобы $H = a$.

Из уравнений

$$q = la\sqrt{2g(c-a)}$$

$$i = \frac{l+2H}{lH} \cdot b \left(\frac{q}{lH}\right)^2,$$

$$\frac{a}{l} = n,$$

получим из 1-го уравнения

$$\left(\frac{q}{l}\right)^2 = a^3 g \cdot 2 \left(\frac{1-n}{n}\right),$$

из 2-го, вставляя вместо q :

$$H = a \sqrt[3]{\frac{gb}{i} \left(1 + \frac{2H}{l}\right)} \sqrt[3]{2 \left(\frac{1}{n} - 1\right)},$$

чтобы $H = a$, нужно в последнем уравнении положить

$$\sqrt[3]{\frac{gb}{i} \left(1 + \frac{2H}{l}\right)} \sqrt[3]{2 \left(\frac{1}{n} - 1\right)} = 1$$

или, так как принято $H = a$, то

$$i = gb \left(\frac{l+2a}{l}\right) \cdot 2 \left(\frac{1}{n} - 1\right);$$

в данном случае

$$n = \frac{a}{l} = \frac{1}{4} = 0,25,$$

потому

$$i = 0,00392 \left(\frac{100+2}{100}\right) \cdot 2 \left(\frac{1}{0,25} - 1\right) = 0,0239904.$$

Определение H_2 и H .

$$H_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{i}{gb} - 1\right) = 50 \left(\frac{0,0239}{0,00392} - 1\right) = 4150 \text{ метров}$$

$$H = a = 1,00$$

есть прямая линия mn .

Расходъ

$$q = 100 \cdot 1 \sqrt{2 \cdot 9,808 (4 - 1)} = 767 \text{ м.}^3.$$

Опредѣленіе критической глубины H_1 .

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l}\right)^2} = 1,817 \approx 1,82 \text{ м.}$$

Гидравлическая кривая состоитъ изъ прямой линіи H и кривой линіи B_1 .

Опредѣленіе кривой прыжка.

$$h'' = -\frac{1}{2} H + \sqrt{\left(\frac{1}{2} H\right)^2 + 4 \frac{H v^2}{2g}};$$

$$v = \frac{q}{\omega} = \frac{676}{100},$$

$$\frac{v^2}{2g} = 3,00, H = 1,00$$

$$h'' = -0,50 = \sqrt{0,25 + 4,3} = 3,1 \text{ метра}$$

прямая линія vt .

Такъ какъ $h_n > H_1$, то гидравлическая ось отъ напора нижняго бассейна будетъ B_1 .

Опредѣленіе точекъ гидравлической кривой B_1 (*rdop*):

1) точки z (пересѣченія кривой B_1 съ H_1) глубина

$$h_3 = H = 1,82 \text{ м.}$$

на разстояніи

$$S_3 = 68 \text{ метр.}$$

отъ устья канала:

$$h_n = 4,00, \omega_n = 400, v_n = 1,917, v_n^2 = 3,6749, \frac{v_n^2}{2g} = 0,19, \Psi_n = 108.$$

$$h_3 = H = 1,82, \omega_3 = 182, v_3 = 4,21, v_3^2 = 17,7241, \frac{v_3^2}{2g} = 0,90, \Psi_3 = 103,64.$$

$$h_n - h_3 = 2,18$$

$$S_3 = \frac{\frac{v_n^2 - v_3^2}{2g} (h_n - h_3)}{i - \frac{b}{2} \left(\frac{\Psi_n}{\omega_n} v_n^2 + \frac{\Psi_3}{\omega_3} v_3^2 \right)} =$$

$$= \frac{0,19 - 0,90 + 2,18}{0,0239 - \frac{0,0004}{2} \left(\frac{108}{400} \cdot 3,6749 + \frac{103,64}{182} \cdot 17,7241 \right)} =$$

$$= 67,74 \approx 68 \text{ мет}$$

2) точки *d* съ глубиной

$$h_1 = 2,00 \text{ мет.}$$

на разстояніи

$$S = 65 \text{ м.}$$

отъ устья канала:

$$h_n = 4,00, \omega_n = 400, v_n = 1,917, v_n^2 = 3,6749, \frac{v_n^2}{2g} = 0,19, \Psi_n = 108.$$

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 3,835, v_1^2 = 14,6689, \frac{v_1^2}{2g} = 0,75, \Psi_1 = 104.$$

$$h_n - h_1 = 2,00$$

$$S_1 = \frac{0,19 - 0,75 + 2,00}{0,0239 - 0,0002 \left(\frac{108}{400} \cdot 3,6749 + \frac{104}{200} \cdot 14,6689 \right)} = 64,9 \approx 65 \text{ м.}$$

3) точки *o* съ глубиной

$$h_2 = 3,00$$

на разстояніи

$$S_2 = 37 \text{ мет.}$$

отъ устья канала:

$$h_n = 4,00, \omega_n = 400, v_n = 1,917, v_n^2 = 3,6749, \frac{v_n^2}{2g} = 0,19, \Psi_n = 108$$

$$h_2 = 3,00, \omega_2 = 300, v_2 = 2,82, v_2^2 = 7,9524, \frac{v_2^2}{2g} = 0,4, \Psi_2 = 106$$

$$h_n - h_2 = 1,00$$

$$S_2 = \frac{0,19 - 0,4 + 1,00}{0,00239 - 0,0002 \left(\frac{108}{400} \cdot 3,6749 + \frac{106}{300} \cdot 7,9524 \right)} = \approx 37 \text{ м.}$$

При вычерчиваніи по этимъ 3-мъ точкамъ кривой *B*₁ (*подр*) оказывается, что пересѣченіе ея съ линіей *H*₁ будетъ приблизительно въ точкѣ *z*; прыжекъ опредѣляется въ точкѣ *o* и высота его будетъ

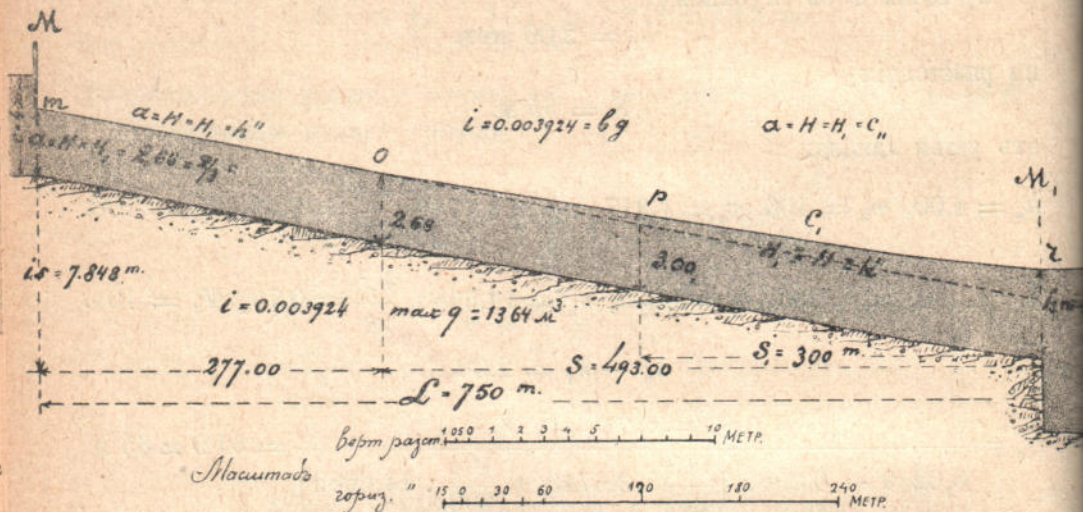
$$no = h' - H = 3,10 - 1 = 2,10 \text{ м.};$$

разстояніе его отъ устья приблизительно на 37 метровъ.

Гидравлическая ось всего потока будет состоять из прямой H и кривой B ; видь ея будет *тпор*.

2-я задача (черт. 32). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ

$$c = 4,00 \text{ м.}$$



Черт. 32.

вступаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высотой a въ открытый каналъ прямоугольнаго сѣченія длиною

$$L = 750 \text{ м.}$$

и уходитъ въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья

$$h_n = 4,00 \text{ м.}$$

По даннымъ ширины канала, водоспуска и бассейновъ

$$l = 100 \text{ м.}$$

и длинѣ канала 750 метровъ и глубинѣ

$$c = 4,00 \text{ м. и } h_n = 4,00$$

опредѣлить: 1) уклонъ канала i и высоту водоспуска a при наибольшемъ расходѣ q и равномерной скорости v и 2) гидравлическую ось потока и высоту прыжка.

Опредѣленіе $\max q$, $a = \frac{2}{3} c$ и $H_1 = a$.

Для сего возьмемъ

$$\frac{dq}{da} = 0$$

или

$$\frac{d}{da} \left(a (c - a)^{\frac{1}{2}} \right) = (c - a)^2 - 2a (c - a)^{-\frac{1}{2}} = 0,$$

получимъ:

$$a = \frac{2}{3} c;$$

вставляя въ выраженіе для $\max q$

$$a = \frac{2}{3} c,$$

получимъ.

$$\max q^2 = \frac{2}{3} c^3 l^2 g = \left(\frac{2}{3} \right)^3 4^3 \cdot 9,808 (100)^2 = 185988$$

или

$$\max q = 1364 \text{ м.}^3;$$

выразивъ $\max q$ въ функціи a :

$$\max. q = la \sqrt{2g \left(\frac{3}{2} a - a \right)},$$

получимъ, что:

$$a = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{\max q}{l} \right)^2} = H_1 = \frac{2}{3} c = 2,66 \text{ м.}$$

Чтобы скорость въ каналѣ была равномерной, нужно, чтобы

$$a = H = H_1 = 2,66 \text{ м.},$$

а для сего нужно, чтобы

$$i = \frac{bg}{l} \text{ или } i = 0,003924 \text{ (приблизительно } i = 0,004).$$

Но если

$$i = \frac{gb \left(\frac{l}{2} \text{ то } H_2 \right)}{l} H_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{i}{gb} - 1 \right) = H_1$$

Кривая прыжка — прямая линия:

$$h'' = H_1 = H = a = 2,66 \text{ м. } H_2$$

и высота прыжка

$$h'' - h' = 0.$$

Опредѣленіе точекъ нисовой гидравлической кривой C_1 (org):

1) Точки o (пересѣченія кривой C_1 съ H_1) глубина

$$h = 2,66$$

на разстояніи 493 м. отъ устья.

$$h_n = 4,00, \omega_n = 400, v_n = 3,41, v_n^2 = 11,6281, \frac{v_n^2}{2g} = 0,592, \psi_n = 108$$

$$h = H_1 = 2,66, \omega = 266, v = 5,13, v^2 = 26,3189, \frac{v^2}{2g} = 1,34, \psi = 105,32.$$

$$h_n - h'' = 1,34$$

$$S = \frac{0,6 - 1,34 + 1,34}{0,003924 - 0,0002 \left(\frac{108}{400} \cdot 11,281 + \frac{105,23}{266} \cdot 26,316 \right)} = \infty 493 \text{ м.}$$

2) точки p съ глубиной

$$h = 3,00$$

на разстояніи

$$S_1 = 300 \text{ м.}$$

отъ устья

$$h_n = 4,00, \omega_n = 400, v_n = 3,41, v_n^2 = 11,6281, \frac{v_n^2}{2g} = 0,60, \psi_n = 108$$

$$h_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 4,54, v_1^2 = 20,6116, \frac{v_1^2}{2g} = 1,05, \psi_1 = 106$$

$$S_1 = \frac{0,6 - 1,03 + 1,00}{0,003924 - 0,0002 \left(\frac{108}{400} \cdot 11,6281 + \frac{106}{300} \cdot 20,6116 \right)} = \infty 300 \text{ м.}$$

При вычерчиваніи по этимъ 3-мъ точкамъ кривой C_1 (*орв*) образуется плавное пересѣченіе ея съ линіей

$$H_1 = H$$

которое будетъ въ точкѣ o , въ разстояніи 493 метра отъ устья и прыжка не будетъ вовсе. Гидравлическая ось всего потока будетъ кривая (*торв*).

3-ья задача (черт. 33). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ

$$c = 4,00 \text{ м.}$$

вступаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высотой

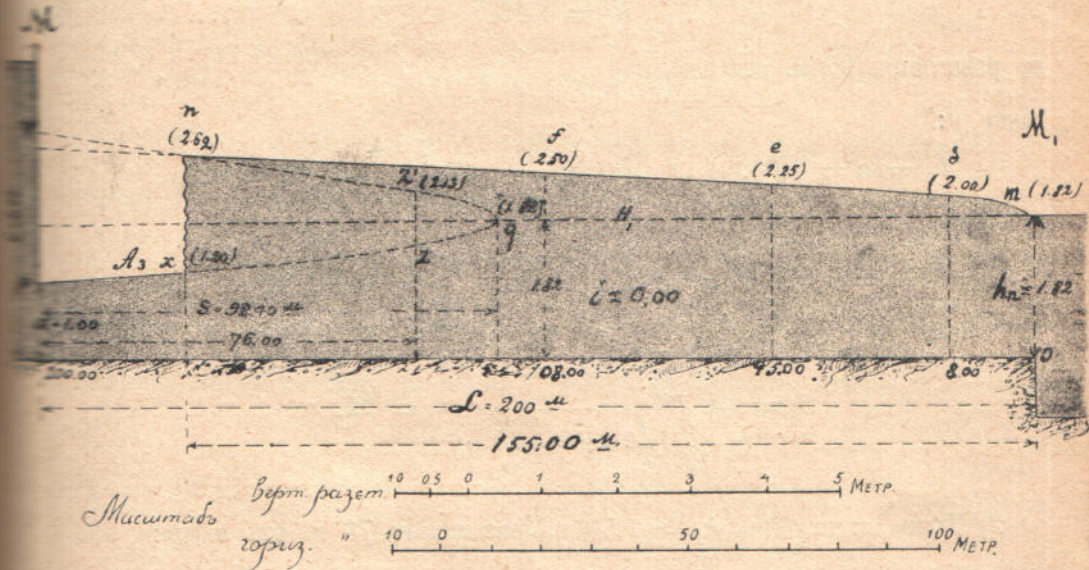
$$a = 1,00 \text{ м.}$$

въ прямоугольный открытый, горизонтально расположенный ($i = 0$) каналъ длиною

$$L = 200 \text{ м.}$$

въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья

$$h_n = 1,82 \text{ м.}$$



Черт. 33.

Ширина обѣихъ бассейновъ, канала и водослива одинакова

$$l = 100 \text{ м.}$$

Опредѣлить расходъ q , глубины H и H_1 , гидравлическую ось потока, высоту и мѣсто расположенія прыжка.

Такъ какъ $i = 0$, то $H = \infty$ и такъ какъ $i < gb$, то

$$H_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{i}{gb} - 1 \right) < 0.$$

Расходъ

$$q = la \sqrt{2g(c-a)} = 767 \text{ м.}^3$$

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l} \right)^2} = 1,82 \text{ м.},$$

то-есть

$$H_1 = h_n.$$

или равно глубинѣ у устья канала. Такъ какъ $H > H_1$ и $a > H_1$, то гидравлическая кривая отъ напора верхняго бассейна M будетъ A_3 , и такъ какъ

$$H > H_1 \text{ и } H_1 = h_n,$$

то гидравлическая кривая отъ подпора нижняго бассейна M_1 будетъ A_2 .

Опредѣленіе точекъ кривой A_3 ($pxzq$):

1) Точки q (пересѣченіе кривой A_3 съ H_1) глубина

$$h_1 = 1,82$$

на разстояніи 92 м. отъ входа:

точка p :

$$h_0 = a = 1,00, \omega_0 = 100, v_0 = 7,67, \frac{v_0^2}{2g} = 3, \Psi_0 = 102,$$

точка q :

$$h_1 = H_1 = 1,82, \omega_1 = 182, v_1 = 4,21, \frac{v_1^2}{2g} = 0,90, \Psi_1 = 103,64$$

$$S_1 = \frac{\frac{u_1^2 - u_0^2}{2g} + (h_1 - h_0)}{-\frac{b}{2} \left(\frac{t_1}{\omega_1} u_1^2 - \frac{t_0}{\omega_0} u_0^2 \right)} = 92.$$

2) Точки z : глубина $h_1 = 1,50$ на разстояніи 76 м. отъ входа;

$$h_0 = 1,00, \omega_0 = 100, v_0 = 7,67, v_0^2 = 58,8289, \frac{v_0^2}{2g} = 3, \Psi_0 = 102$$

$$h_1 = 1,50, \omega_1 = 150, v_1 = 5,11, v_1^2 = 26,1121, \frac{v_1^2}{2g} = 1,32, \Psi_1 = 103$$

$$S_1 = 75,48 \approx 76$$

Опредѣленіе точекъ кривой A_2 (m, d, e, f, n, r):

1) точки d : глубина $h_0 = 2,00$ на разстояніи 8,00 м. отъ устья;

точка m :

$$h_1 = H_1 = 1,82, \omega_1 = 182, v_1 = 4,21, v_1^2 = 17,7241, \frac{v_1^2}{2g} = 0,90, \Psi_1 = 103,64$$

точка d :

$$h_0 = 2,00, \omega_0 = 200, v_0 = 3,83, v_0^2 = 14,6689, \frac{v_0^2}{2g} = 0,75, \Psi_0 = 104$$

$$S = 7,71 \approx 8,00 \text{ м.}$$

2) Точки f глубина $h_0 = 2,50$ на разстояніи 108 м. отъ устья;

точка *d*:

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 3,83, v_1^2 = 14,6689, \frac{v_1^2}{2g} = 0,75, \Psi_1 = 104$$

точка *f*:

$$h_0 = 2,50, \omega_0 = 250, v_0 = 3,07, v_0^2 = 9,4249, \frac{v_0^2}{2g} = 0,48, \Psi_0 = 105$$

$$S = 100,$$

а отъ устья канала

$$S = 8 + 100 = 108 \text{ м.}$$

3) Точки *e*: глубина $h_0 = 2,25$ на разстояніи 45 м. отъ устья:

точка *d*:

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 3,83, v_1^2 = 14,6689, \frac{v_1^2}{2g} = 0,75, \Psi_1 = 104$$

точка *e*:

$$h_0 = 2,25, \omega_0 = 225, v_0 = 3,41, v_0^2 = 11,6251, \frac{v_0^2}{2g} = 0,59, \Psi_0 = 104,5$$

$$S = 37$$

а отъ устья канала

$$S = 8 + 37 = 45 \text{ м.}$$

4) Точки *n* съ глубиной 2,60 на разстояніи 155 м. отъ устья:

точка *d*:

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 3,83, v_1^2 = 14,6689, \frac{v_1^2}{2g} = 0,75, \Psi_1 = 104$$

точка *n*:

$$h_0 = 2,60, \omega_0 = 260, v_0 = 2,95, v_0^2 = 8,7025, \frac{v_0^2}{2g} = 0,44, \Psi_0 = 105,20$$

$S = 147$, а отъ устья канала $8 + 147 = 155 \text{ м.}$

Опредѣленіе точекъ кривой прыжка ($qz'nr$) относительно кривой A_3 : для ординаты pr :

$$h = a = 1,00, v = 7,67, v^2 = 58,8289, \frac{v^2}{2g} = 3$$

$$h'' = -\frac{h}{2} + \sqrt{\frac{h^2}{4} + 4h \frac{v^2}{2g}} = -0,50 + \sqrt{\frac{1}{4} + 4 \times 3} = 3,00$$

у самого входа въ каналъ;

для ординаты $z z'$:

$$h = 1,50, v = 5,11, v^2 = 26,112, \frac{v^2}{2g} = 1,33,$$

$$h'' = -0,75 + \sqrt{\frac{1}{4} \cdot 2,25 + 4 \cdot 1,5 \cdot 1,33} = 2,13$$

въ разстояніи 76 м. отъ входа.

для ординаты xn :

$$h = 120, v = 6,4, v^2 = 40,96, \frac{v^2}{2g} = 2,09$$

$$h'' = -60 + \sqrt{0,36 + 4 \cdot 1,2 \cdot 2,09} = 2,62$$

на разстояніи 155 метр. и отъ устья. Точка n есть точка пересѣченія кривой прыжка (qr) съ кривой A_2 ($m \partial e f n r$); высота прыжка

$$nx = 2,60 - 1,20 = 1,40$$

въ разстояніи отъ устья на 155 м. и отъ входа 45 метровъ. Гидравлическая ось всего потока будетъ кривая ($p x n f e d m$).

5-я задача (черт. 34). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ

$$c = 4,00 \text{ м.}$$

вытекаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высотой

$$a = \frac{2}{3} c = 2,66 \text{ м.}$$

въ прямоугольный открытый каналъ длиною 100 метровъ съ продольнымъ уклономъ дна

$$i = 0,0239$$

въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья

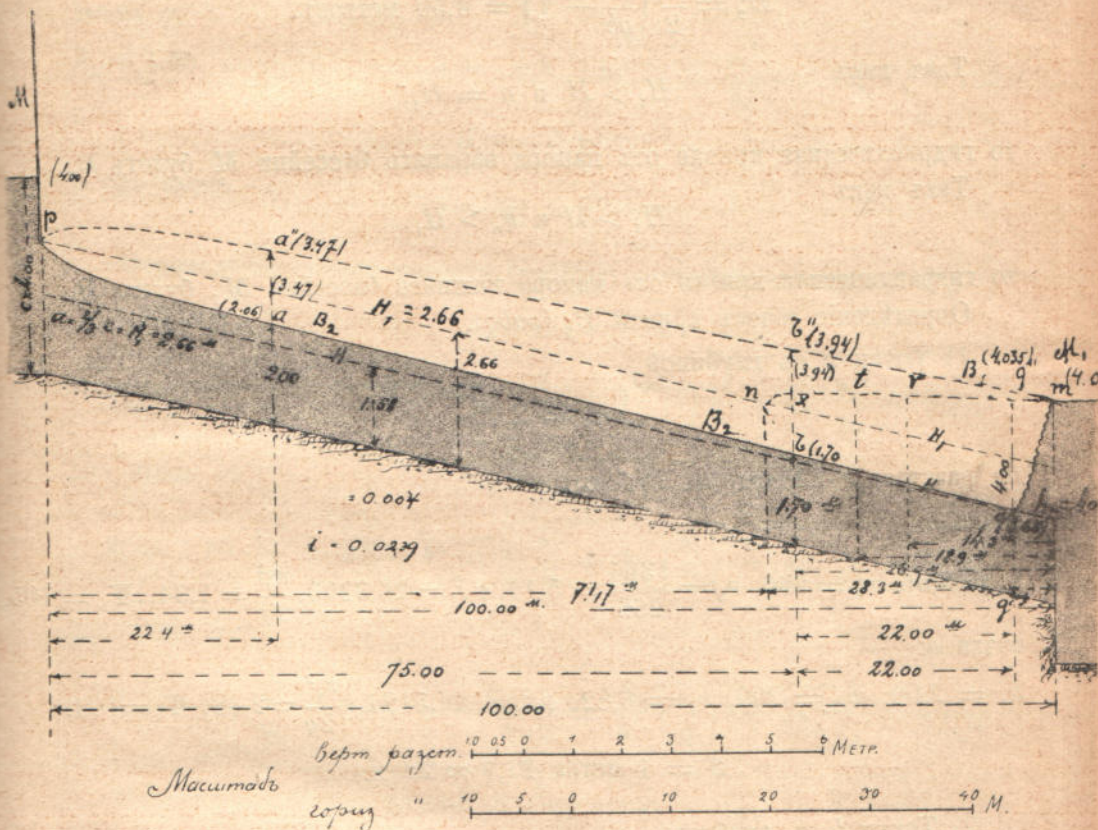
$$h_n = 4,00 \text{ м.}$$

Ширина въ обоихъ бассейнахъ, каналѣ и водоспускѣ одинаковая

$$l = 100 \text{ м.}$$

Опредѣлить расходъ q , глубины H и H_1 , гидравлическую ось потока и высоту прыжка. Изъ предыдущей задачи извѣстно, что когда

$$a = \frac{2}{3} c = 2,66,$$



Черт. 34.

то и

$$H_1 = a = 2,66 \text{ м. и } \max q = 1364 \text{ м.}^3$$

глубина H опредѣлится изъ уравненія

$$\frac{bq^2}{H^2 l^2} = \frac{Hl}{l + 2H} i \text{ или } \frac{bq^2}{il^3} (l + 2H) = H^3,$$

вставляя данныя величины, получимъ уравненіе 3-ей степени, изъ котораго опредѣлится

$$H = 1,58 \text{ м.}$$

Такъ какъ

$$i > gb$$

или

$$0,0239 > 0,00392,$$

то

$$H_2 > 0$$

и

$$H_2 = \frac{l}{2} \left(\frac{i}{gb} - 1 \right) = 4,50 \text{ метров.}$$

Такъ какъ

$$H_1 > H \text{ и } a = H_1,$$

то гидравлическая кривая отъ напора верхняго бассейна M будетъ B_2 .

Такъ какъ

$$H_1 > H \text{ и } h_n > H_1,$$

то гидравлическая кривая отъ напора нижняго бассейна M_1 будетъ B_1 .

Опредѣленіе точекъ кривой B_2 ($rabq$).

1) Точки a съ глубиной

$$h_1 = 2,00$$

на разстояніи 22 метровъ отъ входа:

точка p :

$$h_0 = 2,66, \omega_0 = 266, v_0 = \frac{1364}{266} = 5,13, v_0^2 = 26,3163, \frac{v_0^2}{2g} = 1,34, \Psi_0 = 105,32$$

точка a :

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 6,82, v_1^2 = 46,5124, \frac{v_1^2}{2g} = 2,38, \Psi_1 = 104.$$

$$S = 4 \text{ метра } 21,9 \infty 22 \text{ м.}$$

2) Точки b съ глубиной

$$h_1 = 1,70$$

на разстояніи 75 метровъ отъ входа въ каналъ:

точка a :

$$h_0 = 2,00, \omega_0 = 200, v_0 = 6,82, v_0^2 = 46,5124, \frac{v_0^2}{2g} = 2,371, \Psi_0 = 104.$$

точка b :

$$h_1 = 1,70, \omega_1 = 170, v_1 = 8,02, v_1^2 = 64,3204, \frac{v_1^2}{2g} = 3,27, \Psi_1 = 103,4.$$

$$S_1 = 52,6 \infty 53 \text{ метр.},$$

а отъ входа

$$22 + 53 = 75 \text{ метр.}$$

3) Точки q съ глубиной 1,65 на разстояніи 97 метр. отъ входа:

точка b :

$$h_0 = 1,70, \omega_0 = 170, v_0 = 8,02, v_0^2 = 64,3204, \frac{v_0^2}{2g} = 3,27, \Psi_0 = 103,4.$$

точка q :

$$h_1 = 1,65, \omega_1 = 165, v_1 = 8,26, v_1^2 = 68,2276, \frac{v_1^2}{2g} = 3,48, \Psi_1 = 103,3.$$

$$S = 22 \text{ метр.},$$

а отъ входа

$$75 + 22 = 97 \text{ метр.}$$

Опредѣленіе кривой прыжка ($pa''b''m$) относительно кривой B_2 .

Для линіи aa'' :

$$h_1 = 2,00, \frac{v_1^2}{2g} = 2,38, h'' = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{h_1}{2}\right)^2 + 4h_1 \frac{v_1^2}{2g}} = 3,47.$$

для линіи bb'' :

$$h_1 = 1,70, \frac{v_1^2}{2g} = 3,27, h'' = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{h_1}{2}\right)^2 + 4h_1 \frac{v_1^2}{2g}} = 3,94.$$

для линіи qq'' :

$$h = 1,65, \frac{v_1^2}{2g} = 3,48, h'' = -\frac{h_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{h_1}{2}\right)^2 + 4h_1 \frac{v_1^2}{2g}} = 4,035.$$

Опредѣленіе точекъ кривой B_1 ($mq''rtxn$).

1) Точки n съ глубиной

$$h_0 = 2,66$$

въ разстояніи 28,34 метр. отъ устья канала:

точка n :

$$h_0 = H_1 = 2,66, \omega_0 = 266, v_0 = 5,13, v_0^2 = 26,3163,$$

$$\frac{v_0^2}{2g} = 1,34, \Psi_0 = 105,32.$$

точка m :

$$h_1 = 4,00, \omega_1 = 400, v_1 = 341, v_1^2 = 11,6281, \frac{v_1^2}{2g} = 0,59, \Psi_1 = 108.$$

$$S = 28,3 \text{ метр. отъ устья канала.}$$

2) Точки r съ глубиной

$$h_1 = 3,50$$

въ разстояніи 14,3 метр. отъ устья:

точка m :

$$h_1 = 4,00, \omega_1 = 400, v_1 = 3,41, v_1^2 = 11,6281, \frac{v_1^2}{2g} = 0,5, \Psi_1 = 108.$$

точка r :

$$h_0 = 3,50, \omega_0 = 350, v_0 = 3,89, v_0^2 = 15,1321, \frac{v_0^2}{2g} = 0,77, \Psi_0 = 107.$$

$$S = 14,3 \text{ метр. отъ устья канала.}$$

3) Точки t съ глубиной

$$h = 3,30$$

въ разстояніи 18,9 метр. отъ устья канала:

точка r :

$$h_1 = 3,50, \omega_1 = 350, v_1 = 3,89, v_1^2 = 15,1321, \frac{v_1^2}{2g} = 0,77, \Psi_1 = 107.$$

точка t :

$$h_0 = 3,30, \omega_0 = 330, v_0 = 4,13, v_0^2 = 17,0569, \frac{v_0^2}{2g} = 0,87, \Psi_0 = 106,6.$$

$$S = 4,6 \text{ метр., а отъ устья канала } 14,3 + 4,6 = 18,9.$$

4) Точки x съ глубиной 3,00 въ разстояніи 25 метр. отъ устья канала:

точка t :

$$h_1 = 3,30, \omega_1 = 330, v_1 = 4,13, v_1^2 = 17,0569, \frac{v_1^2}{2g} = 0,87, \Psi_1 = 106,6.$$

точка x :

$$h_0 = 3,00, \omega_0 = 300, v_0 = 4,54, v_0^2 = 20,6116, \frac{v_0^2}{2g} = 1,05, \Psi_0 = 106.$$

$$S = 6,00 \text{ метр., а отъ устья канала } 18,9 + 6 = 24,9 \approx 25 \text{ метр.}$$

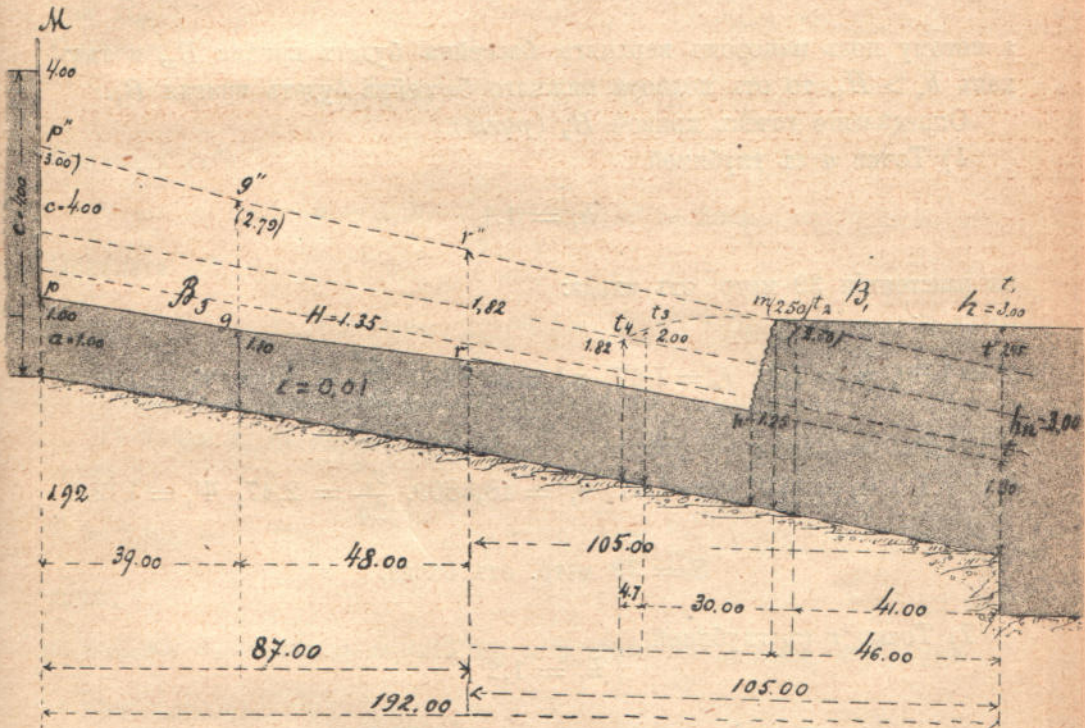
Кривая прыжка ($pa''b''m$) и кривая B_1 ($mq''rtxn$) пересѣкаются приблизительно въ точкѣ m ; высота прыжка

$$qm = 4 - 1,65 = 2,35 \text{ метр.}$$

Гидравлическая ось всего потока будетъ кривая $pa'bqm$.

5-ая задача (черт. 35). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ $c = 4,00$ метр. вступаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высо-

тою $a = 1,00$ метр. въ прямоугольный открытый каналъ длиною 215 метровъ съ продольнымъ уклономъ дна $i = 0,01$ въ нижній бассейнъ M , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья $h_n = 3,00$ метр. Ширина бассейна, водоспуска и канала одинаковая $l = 100$ метровъ.



Масштабъ для верт. разст. 1.0 0.5 0 1 2 3 4 5 МЕТР.
 " для гориз. " 10 5 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 МЕТР.

Черт. 35.

Опредѣлить расходъ q , критическую глубину H_c , глубину равномернаго теченія H , гидравлическую ось подъ напоромъ верхняго бассейна и отъ подпора нижняго бассейна M , высоту прыжка и расположеженіе его въ каналѣ.

Расходъ

$$q = la \sqrt{2g(c - a)} = 767 \text{ м}^3;$$

глубина равномернаго теченія H опредѣляется изъ:

$$\frac{bq^2}{i} \left(\frac{l + 2H}{l^3} \right) = H^3, H = 1,35 \text{ метр.},$$

критическая глубина

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{i}{g} \left(\frac{q}{l}\right)^2} = 1,82 \text{ метр.}$$

$$H_1 > H, a < H_1,$$

а потому подь напоромъ верхняго бассейна будетъ кривая B_3 , и такъ какъ $h_n > H_1$, то отъ подпора нижняго бассейна будетъ кривая B_1 .

Опредѣленіе точекъ кривой B_3 ($pqrnt$).

1) Точки q съ глубиной

$$h_1 = 1,1$$

на разстояніи 39 метр. отъ входа:

точка p :

$$h_0 = 1,00, \omega_0 = 100, v_0 = 7,67, v_0^2 = 58,8289, \frac{v_0^2}{2g} = 3,00, \Psi_0 = 102$$

точка q :

$$h_1 = 1,1, \omega_1 = 110, v_1 = 6,97, v_1^2 = 48,5809, \frac{v_1^2}{2g} = 2,47, \Psi_1 = 102,2.$$

$$S = 39 \text{ метр. отъ входа.}$$

2) Точки r съ глубиной

$$h_1 = 1,2$$

на разстояніи 87 метр. отъ входа:

точка q :

$$h_0 = 1,1, \omega_0 = 110, v_0 = 6,97, v_0^2 = 48,5809, \frac{v_0^2}{2g} = 2,47, \Psi_0 = 102,2$$

точка r :

$$h_1 = 1,2, \omega_1 = 120, v_1 = 6,39, v_1^2 = 40,8321, \frac{v_1^2}{2g} = 2,08, \Psi_1 = 102,4.$$

$$S = 48,0 \text{ метр., а отъ входа } 39 + 48,0 = 87,0 \text{ метр.}$$

3) Точки t съ глубиной

$$h_1 = 1,3$$

на разстояніи 192 метр. отъ входа:

точка r :

$$h_0 = 1,2, \omega_0 = 120, v_0 = 6,39, v_0^2 = 40,8321, \frac{v_0^2}{2g} = 2,09, \Psi_0 = 102,4$$

точка t :

$$h_1 = 1,3, \omega_1 = 130, v_1 = 5,90, v_1^2 = 34,81, \frac{v_1^2}{2g} = 1,77, \Psi_1 = 102,6$$

$S = 105$ метр., а отъ входа $87 + 105 = 192,00$ метр.

Опредѣленіе точекъ кривой прыжка ($p''q''r''mt''$) относительно кривой B_3 .

Ордината $p''p$:

$$h = 1,00, \frac{v^2}{2g} = 3,00, h'' = 3,00.$$

Ордината rr'' :

$$h = 1,2, \frac{v^2}{2g} = 2,08, h'' = 2,62.$$

Ордината tt'' :

$$h = 1,3, \frac{v^2}{2g} = 1,77, h'' = 2,45.$$

Опредѣленіе точекъ кривой B_1 ($t_1t_2t_3t_4$).

1) Точки t_2 съ глубиной 2,50 на разстояніи 41 метр. отъ устья:
точка t_1 :

$$h_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 2,56, v_1^2 = 6,5536, \frac{v_1^2}{2g} = 0,33, \Psi_1 = 106$$

точка t_2 :

$$h_0 = 2,50, \omega_0 = 250, v_0 = 3,07, v_0^2 = 9,9249, \frac{v_0^2}{2g} = 0,88, \Psi_0 = 105$$

$S = 41$ метр. отъ устья.

2) Точки t_3 съ глубиной 2,06 м. на разстояніи 71 метрѣ отъ устья:
точка t_2 :

$$h_1 = 2,50, \omega_1 = 250, v_1 = 3,07, v_1^2 = 9,9249, \frac{v_1^2}{2g} = 0,48, \Psi_1 = 105$$

точка t_3 :

$$h_0 = 2,00, \omega_0 = 200, v_0 = 3,84, v_0^2 = 14,7456, \frac{v_0^2}{2g} = 0,75, \Psi_0 = 104.$$

$S = 30$ метр., а отъ устья канала $41 + 30 = 71$ метр.

3) Точки t_4 и глубиной 1,82 м. (пересѣченіе съ линіей H_1) на разстояніи 75,7 метра отъ устья.

Точка t_3 :

$$h_1 = 2,00, \omega_1 = 200, v_1 = 3,84, v_1^2 = 14,7456, \frac{v_1^2}{2g} = 0,75, \Psi_0 = 104$$

точка t_4

$$h_0 = H_1 = 1,82, \omega_0 = 182, v_0 = 4,21, v_0^2 = 17,7241, \frac{v_0^2}{2g} = 0,90, \Psi_0 = 103,64.$$

$$S = 4,7 \text{ м. и отъ устья канала } 71 + 4,7 = 75,7 \text{ м.}$$

Кривая прыжка ($p''q''r''mt''$) пересѣкается съ кривой $B_1(t_1, t_2, t_3, t_4)$ приблизительно въ точкѣ m_1 , а потому высота прыжка

$$nm = 2,50 - 1,25 = 1,25 \text{ м.}$$

Гидравлическая ось всего потока еще кривая $pqrmt_1$.

6-ая задача (черт. 36). Изъ верхняго бассейна M вода подь напоромъ $c = 4,00$ м. вступаетъ черезъ прямоугольный водоспускъ высотой $a = 3,50$ м. въ прямоугольный открытый каналъ длиною 205 метровъ, состоящій изъ 2-хъ участковъ: 1-ый участокъ длиною 125 м. съ продолжнымъ уклономъ дна $i = 0,01$, и 2-й участокъ длиною 80 метр. съ уклономъ дна $i = 0,001$. Изъ канала вода вступаетъ въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья $h_n = 2,88$. Ширина канала обоихъ бассейновъ и водоспуска одинакова $l = 100$ м.

Опредѣлить для 1-го и 2-го участковъ линіи H, H_1 , расходъ q , гидравлическія оси, высоту прыжка и расположеніе его въ каналѣ.

Опредѣленіе линіи H_1 . Такъ какъ $a > \frac{2}{3}c$, то можно предположить въ формулѣ 11 параграфа 6-го, что $c' = H_1$ и опредѣлить глубину H_1 изъ 2-хъ уравненій.

$$q = lc' \sqrt{2g(c - c')} + \frac{2}{3} l [(c - c')^{\frac{3}{2}} - (c - a)^{\frac{3}{2}}] \sqrt{2g}$$

(принимая $c' = H_1$) и изъ

$$H_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{g} \left(\frac{q}{l}\right)^2};$$

а именно: исключая q получимъ:

$$\left(\frac{H_1}{c}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \left(2 + \frac{H_1}{c}\right) \left(1 - \frac{H_1}{c}\right) - \frac{2\sqrt{2}}{3} \left(1 - \frac{a}{2}\right)^{\frac{3}{2}};$$

вставляя

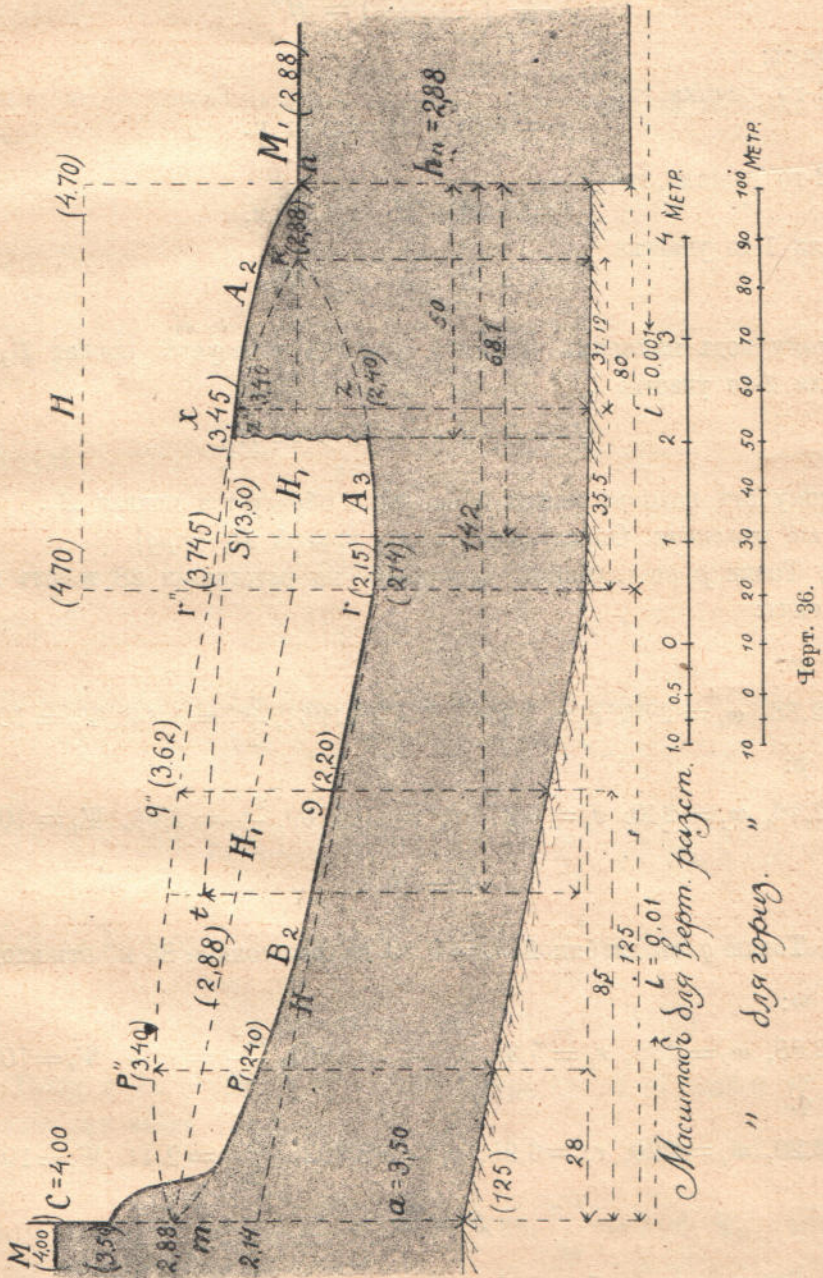
$$a = 3,5 \text{ м. и } c = 4 \text{ м.,}$$

получимъ уравненіе 3-ей степени

$$H_1^3 = 46,54 - H_1 (0,72 H_1 - 5,81),$$

откуда

$$H_1 = 2,88 \text{ м.}$$



Черт. 36.

Опредѣленіе расхода q

$$q = l \sqrt{g H_1^3} = 1530,6 \approx 1530 \text{ м}^3.$$

Определение линии H .

Изъ формулы

$$\frac{bg^2}{l^3} \left(\frac{l + 2H}{i} \right) = H^3$$

находимъ:

для 1-го участка, гдѣ

$$i = 0,01, \quad H = 2,14 \text{ м.}$$

для 2-го участка, гдѣ

$$i = 0,001, \quad H = 4,70 \text{ м.}$$

Для 1-го участка

$$H > H_1 \text{ и } a > H_1,$$

а потому подъ напоромъ верхняго бассейна образуется кривая B_2 .

Для 2-го участка

$$H > H_1 \text{ и } h_n < H \text{ и } = H_1,$$

а потому отъ подпора нижняго бассейна образуется кривая A_2 .

1-ый участок. Определение точекъ кривой B_2 (mpq).

1) Точки p съ глубиной $h_1 = 2,40$ на разстояніи 28 м. отъ входа въ каналъ:

точка m :

$$h_0 = 2,88, \quad \omega_0 = 288, \quad v_0 = 5,31, \quad v_0^2 = 28,1961, \quad \frac{v_0^2}{2g} = 1,44, \quad \Psi_0 = 105,76,$$

точка p :

$$h_1 = 2,40, \quad \omega_1 = 240, \quad v_1 = 6,37, \quad v_1^2 = 40,5769, \quad \frac{v_1^2}{2g} = 2,06, \quad \Psi_1 = 104,8,$$

$$S = 28 \text{ м.}$$

2) Точки q съ глубиной $h_1 = 2,20$ на разстояніи 85 м. отъ входа:

точка m :

$$h_0 = 2,88, \quad \omega_0 = 288, \quad v_0 = 5,31, \quad v_0^2 = 28,1961, \quad \frac{v_0^2}{2g} = 1,44, \quad \Psi_0 = 105,76.$$

точка q :

$$h_1 = 2,20, \quad \omega_1 = 220, \quad v_1 = 6,95, \quad v_1^2 = 48,3025, \quad \frac{v_1^2}{2g} = 2,41, \quad \Psi_1 = 104,40,$$

$$S = 85 \text{ м.}$$

3) Точки r съ глубиной $h_1 = 2,15$ на разстояніи 125 м. отъ входа:

точка m :

$$h_0 = 2,88, \quad \omega_0 = 288, \quad v_0 = 5,31, \quad v_0^2 = 28,1961, \quad \frac{v_0^2}{2g} = 1,44, \quad \Psi_0 = 105,76,$$

точка r :

$$h_1 = 2,15, \omega_1 = 215, v_1 = 7,11, v_1^2 = 50,5521, \frac{v_1^2}{2g} = 2,57, \Psi_1 = 104,30,$$

$$S = 125 \text{ м.}$$

Опредѣленіе точекъ кривой прыжка ($mp''q''r''$) относительно кривой B_2 .

Ордината pp'' :

$$h_1 = 2,40, \frac{v_1^2}{2g} = 2,06,$$

по формулѣ

$$h'' = 3,40$$

ордината qq'' :

$$h_1 = 2,20, \frac{v_1^2}{2g} = 2,04,$$

по формулѣ

$$h'' = 3,62,$$

ордината rr''

$$h_1 = 2,15, \frac{v_1^2}{2g} = 1,44,$$

по формулѣ

$$h'' = 3,745.$$

2-ой участокъ. Определеніе точекъ кривой A_3 (rzk).

1) Точки z съ глубиной $h_1 = 2,40$ въ разстояніи отъ входа 160,5 м.

точка r :

$$h_0 = 2,15, \omega_0 = 215, v_0 = 7,11, v_0^2 = 50,5521, \frac{v_0^2}{2g} = 2,57, \Psi_0 = 104,30,$$

точка z

$$h_1 = 2,40, \omega_1 = 240, v_1 = 6,37, v_1^2 = 40,5769, \frac{v_1^2}{2g} = 2,06, \Psi_1 = 104,8,$$

$$S = 35,5, \text{ а отъ входа } 125 + 35,5 = 160,5.$$

2) Точки k съ глубиной $h_1 = 2,88$ (пересѣченіе съ линіей H_1) въ разстояніи отъ входа 191,65 м.:

точка z :

$$h_0 = 2,40, \omega_0 = 240, v_0 = 6,37, v_0^2 = 40,5769, \frac{v_0^2}{2g} = 2,06, \Psi_0 = 104,8,$$

точка k :

$$h_1 = 2,88, \omega_1 = 288, v_1 = 5,31, v_1^2 = 28,1961, \frac{v_1^2}{2g} = 1,44, \Psi_1 = 105,76,$$

$$S = 31,11, \text{ а въ разстояніи отъ входа } 160,5 + 31,11 = 191,65 \text{ м.}$$

Кривая прыжка относительно кривой A_3 есть кривая линия $kz''r''$.

Опредѣленіе точекъ кривой A_2 ($nast$).

1) Точки x съ глубиной $h_0 = 3,45$ на разстояніи 50 м. отъ устья канала:

точка n :

$$h_1 = 2,88, \omega_1 = 288, v_1 = 5,31, v_1^2 = 28,1961, \frac{v_1^2}{2g} = 1,44, \Psi_1 = 105,76,$$

точка x :

$$h_0 = 3,45, \omega_0 = 345, v_0 = 4,5, v_0^2 = 20,25, \frac{v_0^2}{2g} = 1,03, \Psi_0 = 106,90.$$

$$S = 50 \text{ м. отъ устья канала.}$$

2) Точки s съ глубиной 3,50 м. въ разстояніи 68,1 отъ устья:

точка n :

$$h_1 = 2,88, \omega_1 = 288, v_1 = 5,31, v_1^2 = 28,1961; \frac{v_1^2}{2g} = 1,44, \Psi_1 = 105,76.$$

точка s :

$$h_0 = 3,50, \omega_0 = 350, v_0 = 4,37, v_0^2 = 19,0969, \frac{v_0^2}{2g} = 0,97, \Psi_0 = 107.$$

$$S = 68,1 \text{ м. отъ устья.}$$

3) Точки t съ глубиной $h_0 = 3,75$ на разстояніи 142 м. отъ устья канала:

точка n :

$$h_1 = 2,88, \omega_1 = 288, v_1 = 5,31, v_1^2 = 28,1961, \frac{v_1^2}{2g} = 1,44, \Psi_1 = 105,76,$$

точка t :

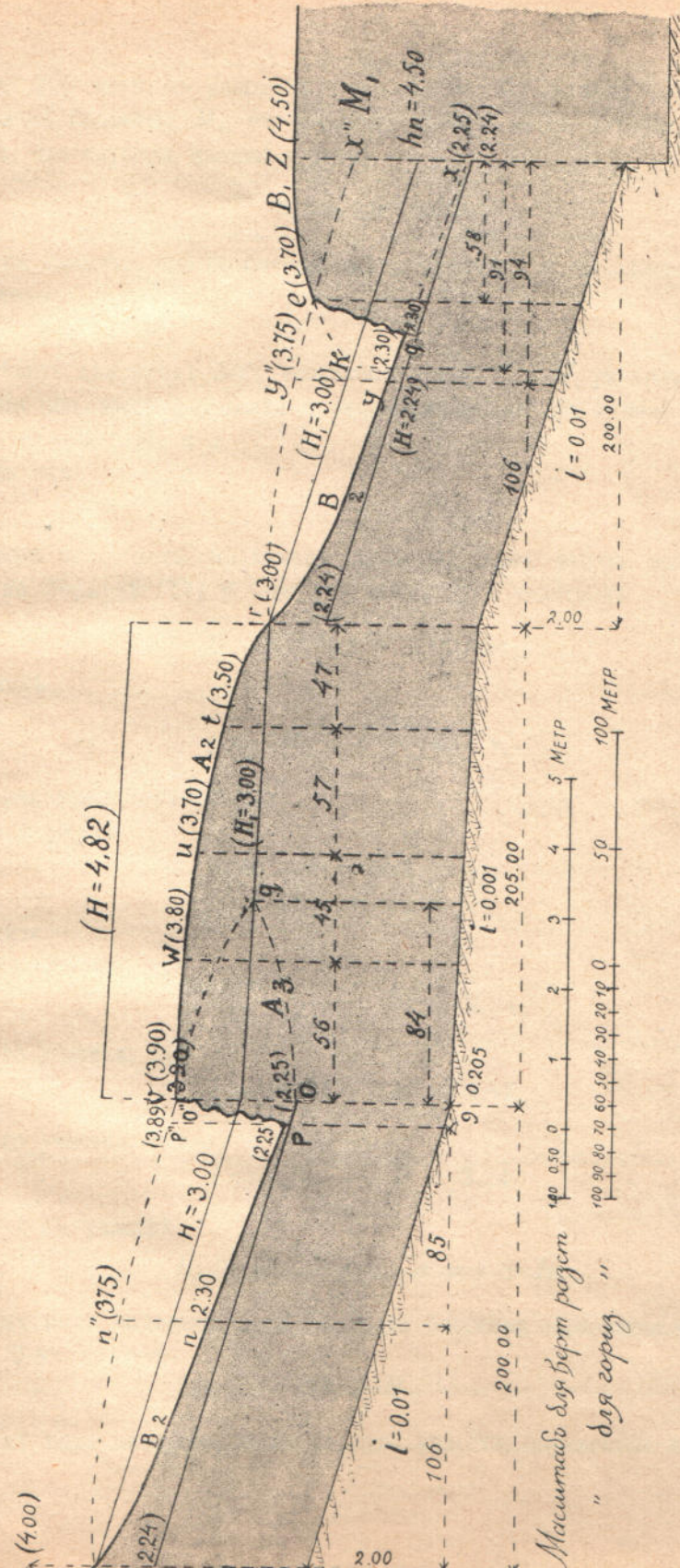
$$h_0 = 3,75, \omega_0 = 375, v_0 = 4,08, v_0^2 = 16,6404, \frac{v_0^2}{2g} = 0,84, \Psi_0 = 107,40.$$

$$S = 142 \text{ м. отъ устья канала.}$$

На 2-мъ участкѣ кривая прыжка $k''zv''$ пересѣкается съ кривой A_2 ($nast$) въ точкѣ x въ разстояніи 50 метр. отъ устья и образуется прыжокъ высотой около

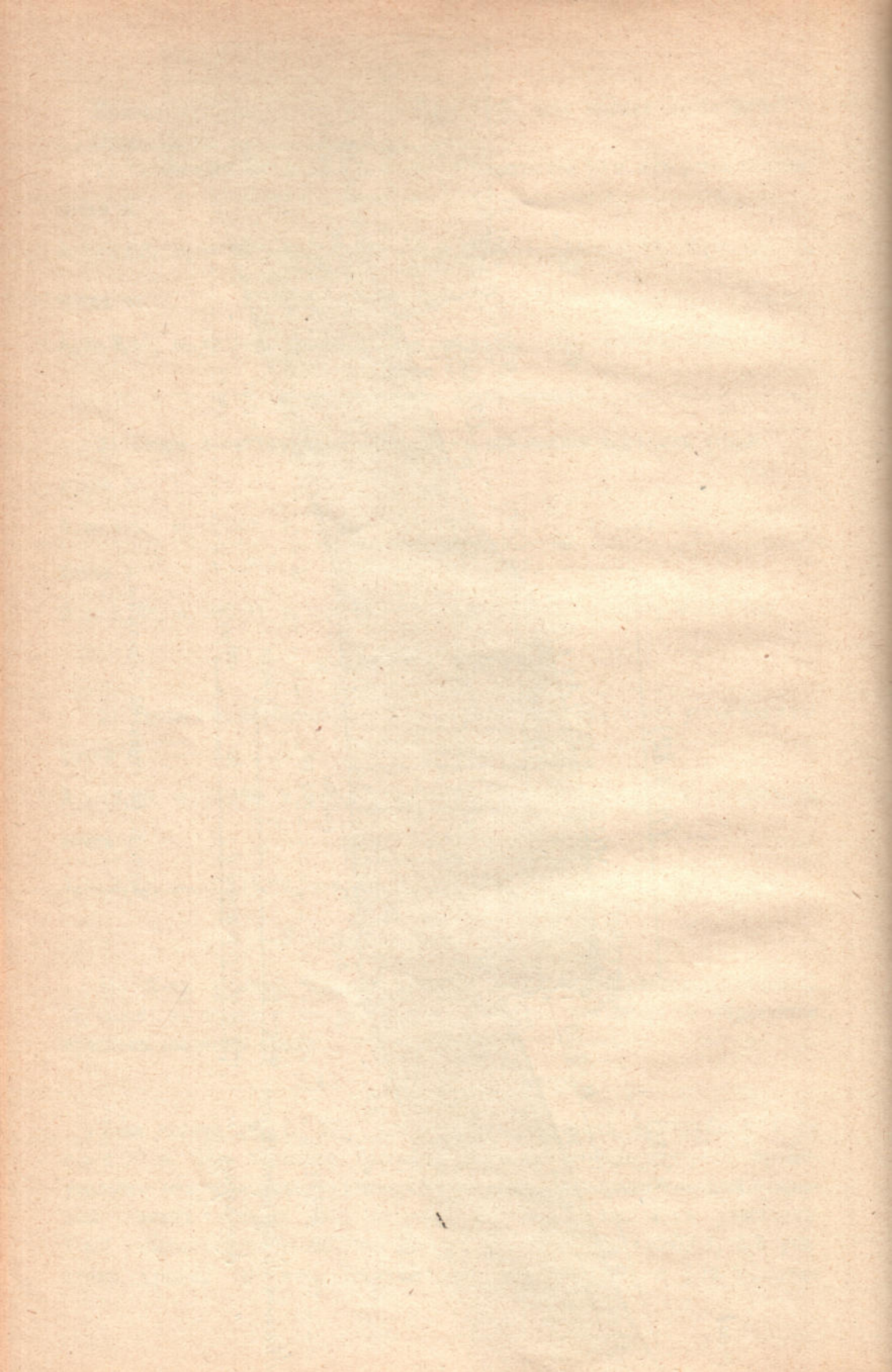
$$3,45 - 2,40 = 1,05 \text{ метра.}$$

7-ая задача (черт. 37). Въ верхнемъ бассейнѣ M глубина воды $c = 4,00$ м. Изъ верхняго бассейна M вода свободно черезъ прямоугольное открытое (сверху) отверстіе вступаетъ въ прямоугольный открытый каналъ длиною 605 метровъ, состоящій изъ 3-хъ участковъ: 1-ый участокъ длиною 200 метровъ съ уклономъ дна $i = 0,01$, 2-й участокъ длиною 205 метр. съ уклономъ дна $i = 0,001$ и 3-ій участокъ



Масштаб для вёрт раздет
 " для гориз "

Черт. 37. Къ стран. 82. Задача 7-я.



длиною 200 метр. съ уклономъ дна $i=0,01$. Изъ канала вода вступаетъ въ нижній бассейнъ M_1 , въ которомъ уровень воды находится на такой высотѣ, что глубина канала у устья

$$h_u = 4,50 \text{ метр.}$$

Ширина канала, обоихъ бассейновъ и входного и выходного отверстій одинаковы

$$l = 100 \text{ метр.}$$

Опредѣлить для всѣхъ 3-хъ участковъ линіи H и H_1 расходъ q , гидравлическія оси, высоту прыжка и расположеніе его въ каналѣ.

Опредѣленіе H_1 и q .

Такъ какъ

$$a = c,$$

т. е. вода поступаетъ въ каналъ свободно, какъ черезъ водосливъ, то согласно формулѣ (17) § 7-го для всѣхъ 3-хъ участковъ

$$H_1 = 0,75 c = 3,00 \text{ метр.}$$

и расходъ

$$q = l H_1^{\frac{3}{2}} \sqrt{g} = 1627 \text{ м}^3.$$

Опредѣленіе глубины H :

По формулѣ

$$\frac{bq^2}{l^3} \left(\frac{l + 2H}{i} \right) = H^3$$

находимъ:

для 1-го участка, гдѣ

$$i = 0,01, \quad H = 2,24,$$

для 2-го участка, гдѣ

$$i = 0,001, \quad H = 4,82,$$

для 3-го участка, гдѣ

$$i = 0,01, \quad H = 2,24.$$

Въ 1-мъ участкѣ

$$H_1 > H \quad \text{и} \quad a = c > H,$$

а потому подъ напоромъ воды верхняго бассейна образуется кривая B_2 .

Во 2-мъ участкѣ

$$H_1 < H,$$

а потому подъ напоромъ воды перваго участка образуется кривая A_3 .

Въ 3-мъ участкѣ

$$H_1 > H$$

и условія одинаковыя съ первымъ участкомъ, а потому подъ напоромъ воды 2-го участка образуется кривая B_2 .

Затѣмъ въ 3-мъ участкѣ отъ подпора воды нижняго бассейна образуется кривая B_1 .

Во 2-мъ участкѣ отъ подпора воды 3-го участка образуется кривая A_2 .

Въ 1-мъ участкѣ отъ подпора воды 2-го участка образуется кривая B_1 .
1-ый участокъ. Опредѣленіе точекъ кривой B_2 (*мнро*).

1) Точки *n* съ глубиною $h_1 = 2,30$ на разстояніи $S = 106$ метр. отъ входа:

точка *m*:

$$h_0 = 3,00, \omega_0 = 300, v_0 = 5,42, v_0^2 = 29,3764, \frac{v_0^2}{2g} = 1,49, \Psi_0 = 106,$$

точка *n*:

$$h_1 = 2,30, \omega_1 = 230, v_1 = 7,07, v_1^2 = 49,9849, \frac{v_1^2}{2g} = 2,55, \Psi_1 = 104,6.$$

$$S = 105,8 \approx 106 \text{ метр.}$$

2) Точки *p* съ глубиной $h_1 = 2,25$ на разстояніи 191 м. отъ входа:

точка *n*:

$$h_0 = 2,30, \omega_0 = 230, v_0 = 7,07, v_0^2 = 49,9849, \frac{v_0^2}{2g} = 2,55, \Psi_0 = 104,6.$$

точка *p*:

$$h_1 = 2,25, \omega_1 = 250, v_1 = 7,23, v_1^2 = 52,2729, \frac{v_1^2}{2g} = 2,66, \Psi_1 = 104,5.$$

$$S = 85 \text{ м., а отъ входа въ каналъ } 106 + 85 = 191 \text{ м.}$$

Для точки *O* въ разстояніи 200 саж. отъ входа въ каналъ принята глубина въ 2,25 м., въ виду незначительнаго удаленія точки *O* отъ точки *p*.

Опредѣленіе точекъ кривой прыжка (*mn''p''o''*) относительно кривой B_2 :

ордината *mn''*:

$$h_1 = 2,30, \frac{v_1^2}{2g} = 2,55,$$

h'' по формулѣ для прыжка = 3,75 м. въ разстояніи 106 м. отъ входа въ каналъ:

ордината pp'' :

$$h_1 = 2,25, \frac{v_1^2}{2g} = 2,66,$$

h'' по формулѣ для прыжка = $3,89 \approx 3,90$ м. въ разстояніи 191 м. отъ входа;

для ординаты oo'' принято также $h'' = 3,90$ м. въ разстояніи 200 м. отъ входа.

2-ой участокъ. Опредѣленіе точекъ кривой A_3 (oq).

Точки q съ глубиной $h_1 = 3,00$ м. (пересѣченія съ H_1) на разстояніи 284 м. отъ входа:

точка o :

$$h_0 = 2,25, \omega_0 = 225, v_0 = 7,23, v_0^2 = 52,2729, \frac{v_0^2}{2g} = 2,66, \Psi_0 = 104,5,$$

точка q :

$$h_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 5,42, v_1^2 = 29,3764, \frac{v_1^2}{2g} = 1,49, \Psi_1 = 106.$$

$S = 84$ м., а отъ входа въ каналъ $200 + 84 = 284$ м.

Опредѣленіе точекъ кривой прыжка (qo'') относительно кривой A_3 ординаты oo'' при

$$h_1 = 2,25, \frac{v_1^2}{2g} = 2,66$$

по формулѣ получимъ

$$h'' = 3,89 \approx 3,90 \text{ м.}$$

Точка o'' есть точка пересѣченія двухъ кривыхъ прыжка ($mn''p''o''$) и (qo'').

Опредѣленіе точекъ кривой A_2 ($rtuvw''o''$) — предполагая открытій выходъ въ точкѣ r (см. Boudin professeur «De l'axe hydraulique des cours d'eau» § 83, стр. 86) глубина точки r будетъ:

$$h_1 = H_1 = 3,00 \text{ м.}$$

въ разстояніи 405 м. отъ входа (конецъ 2-го участка).

1) Точки t съ глубиной $h_0 = 3,50$ въ разстояніи 247 м. отъ устья:

точка t :

$$h_0 = 3,50, \omega_0 = 350, v_0 = 4,65, v_0^2 = 21,6225, \frac{v_0^2}{2g} = 1,10, \Psi_0 = 107,$$

точка r :

$$h_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 5,42, v_1^2 = 29,3764, \frac{v_1^2}{2g} = 1,49, \Psi_1 = 106.$$

$S = 47$ м., а отъ устья $200 + 47 = 247$ м.

2) Точки *u* съ глубиной $h_0 = 3,70$ м. въ разстояніи 304 м. отъ устья:
точка *u*:

$$h_0 = 3,70, \omega_0 = 370, v_0 = 4,39, v_0^2 = 19,2721, \frac{v_0^2}{2g} = 0,98, \Psi_0 = 107,4,$$

точка *t*:

$$h_1 = 3,50, \omega_1 = 3,50, v_1 = 4,65, v_1^2 = 21,6225, \frac{v_1^2}{2g} = 1,1, \Psi_1 = 107.$$

$S = 57$ м., а въ разстояніи отъ устья $247 + 57 = 304$ м.

3) Точки *w* съ глубиной $h_0 = 3,80$ въ разстояніи 349 м. отъ устья:

точка *w*:

$$h_0 = 3,80, \omega_0 = 380, v_0 = 4,28, v_0^2 = 18,3184, \frac{v_0^2}{2g} = 0,93, \Psi_0 = 107,6,$$

точка *u*:

$$h_1 = 3,70, \omega_1 = 370, v_1 = 4,39, v_1^2 = 19,2721, \frac{v_1^2}{2g} = 0,98, \Psi_1 = 107,4.$$

$S = 45$ м., а въ разстояніи отъ устья $304 + 45 = 349$ м.

4) Точки *v* съ глубиной $h_0 = 3,90$ въ разстояніи 405 м. отъ устья
и 200 м. отъ входа:

точка *v*:

$$h_0 = 3,90, \omega_0 = 390, v_0 = 4,17, v_0^2 = 17,3889, \frac{v_0^2}{2g} = 0,88, \Psi_0 = 107,8,$$

точка *w*:

$$h_1 = 3,80, \omega_1 = 380, v_1 = 4,28, v_1^2 = 18,3184, \frac{v_1^2}{2g} = 0,93, \Psi_1 = 107,6.$$

$S = 55,55 \approx 56$ м. въ разстояніи отъ устья 405 м., а отъ входа—200 м.

Изъ чертежа видно, что точка o'' и точка *v* имѣютъ общую ординату,
или глубину

$$h = 3,90;$$

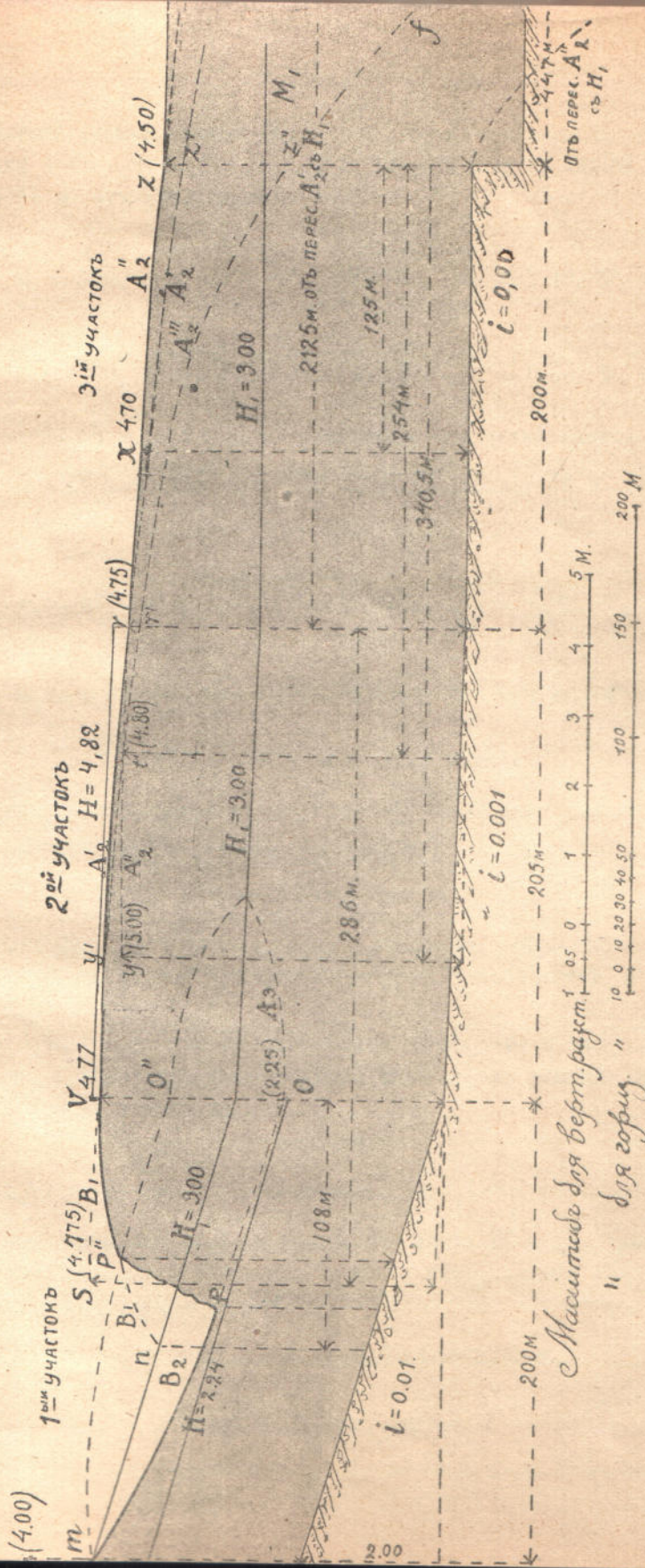
то-есть двѣ кривыя прыжка ($mn''o''$) и (go'') и кривая A_2 ($rtuvw$) пере-
сѣкаются въ одной и той же точкѣ o'' (или *v*).

Высота прыжка (po'') въ 1-мъ участкѣ составляетъ по чертежу:

$$3,90 - 2,25 = 1,65 \text{ м.}$$

3-й участокъ. Кривая B_2 (ryx) и кривая прыжка ($ry''x''$) вычерчи-
ваются и опредѣляются тождественно съ кривой B_2 и съ кривой прыжка
1-го участка, такъ какъ точка *r* (начало этихъ кривыхъ) тождественна
по положенію съ точкой *m* 1-го участка.

Вслѣдствіе напора воды низового бассейна M_1 съ глубиной у устья
канала $h_n = 4,50$ м. образуется низовая кривая B_1 (zlk).



Черт. 38. Къ стран. 87. Задача 8-я.

Опредѣленіе точекъ кривой B_1 :

1) Точки k съ глубиной $h_0=3,00$ м. (пересѣченіе съ линіей H_1) въ разстояніи 91 м. отъ устья канала:

точка k :

$$h_0 = 3,00, \omega_0 = 300, v_0 = 5,42, v_0^2 = 29,3764, \frac{v_0^2}{2g} = 1,49, \Psi_0 = 106,$$

точка z :

$$h_1 = 4,50, \omega_1 = 450, v_1 = 3,61, v_1^2 = 13,6321, \frac{v_1^2}{2g} = 0,66, \Psi_1 = 109.$$

$S = 90,55$ м. \approx 91 м. въ разстояніи отъ устья канала.

2) Точки l съ глубиной $h_0=3,70$ м. въ разстояніи 58 м. отъ устья канала:

точка l :

$$h_0 = 3,70, \omega_0 = 370, v_0 = 4,28, v_0^2 = 19,2721, \frac{v_0^2}{2g} = 0,98, \Psi_0 = 107,4,$$

точка z :

$$h_1 = 4,50, \omega_1 = 450, v_1 = 3,61, v_1^2 = 13,0321, \frac{v_1^2}{2g} = 0,66, \Psi_1 = 109.$$

$S = 57,8 \approx 58$ м. отъ устья канала.

На 3-мъ участкѣ кривая прыжка ($ry''x''$) пересѣкаетъ ось B_1 (rlk) въ точкѣ l и высота прыжка будетъ (по чертежу)

$$3,70 - 2,30 = 1,40 \text{ м.}$$

Гидравлическія оси всѣхъ 3-хъ участковъ образуютъ кривую ($mnop''wutvqlz$) съ двумя прыжками (po'') въ 1-мъ участкѣ и (ql) въ 3-мъ участкѣ.

8-ая задача (черт. 38). Условія задачи тѣ же, что и въ предыдущей 7-ой задачѣ съ тѣмъ лишь измѣненіемъ, что въ 3-мъ участкѣ предполагается продольный уклонъ дна

$$i = 0,00$$

вмѣсто

$$i = 0,01.$$

Опредѣлить для всѣхъ 3-хъ участковъ линіи H и H_1 , расходъ q , гидравлическія оси, высоту прыжка и мѣсто расположенія его.

Какъ и въ предыдущей задачѣ

$$a = c = 4,00 \text{ м.}, H_1 = 0,75 c = 3,00 \text{ м.},$$

$$q = lH_1^{\frac{3}{2}} \sqrt{g} = 1627 \text{ м}^3.$$

Линія H по формулѣ

$$\frac{bq^2}{l^3} \left(\frac{l + 2H}{i} \right) = H^3$$

опредѣляется:

для 1-го участка, гдѣ

$$i = 0,01, \quad H = 2,24$$

какъ въ предыдущей задачѣ;

для 2-го участка, гдѣ

$$i = 0,001, \quad H = 4,82$$

какъ въ предыдущей задачѣ;

и для 3-го участка, гдѣ

$$i = 0, \quad H = \infty.$$

Подъ напоромъ водъ верхняго бассейна M образуются слѣдующія верховыя гидравлическія оси: въ 1-мъ участкѣ (какъ и въ предыдущей задачѣ) верховая ось B_2 (mpo) и соотвѣтствующая ей кривая прыжка ($mp''o''$) и во 2-мъ участкѣ верховая ось A_3 (oq) и соотвѣтствующая ей кривая прыжка (qo''). Въ 3-мъ же участкѣ верховой оси B_2 и кривой прыжка не будетъ.

Отъ напора воды нижняго бассейна M_1 образуются слѣдующія низовыя гидравлическія оси: въ 3-мъ участкѣ низовая ось A_2'' (zxy), во 2-мъ участкѣ низовая ось A_2' (rvS) и въ 1-мъ участкѣ низовая ось B_1 ($vp''n$) съ прыжкомъ (pp'').

Верховыя гидравлическія оси B_2 и A_3 и соотвѣтственныя имъ кривыя прыжка (1-го и 2-го участковъ) тождественны съ тѣми же осями (на тѣхъ же участкахъ) въ предыдущей задачѣ,—а потому опредѣленію по точкамъ не подлежатъ.

Опредѣлимъ по точкамъ низовыя гидравлическія оси 2-го и 3-го участковъ, начавъ съ нижняго 3-го участка.

Опредѣленіе точекъ низовой оси A_2'' (zxy) 3-го участка:

1) Точки x съ глубиной 4,70 м. въ разстояніи 125 м. вверху отъ устья канала:

точка x :

$$h_0 = 4,70, \quad \omega_0 = 470, \quad v_0 = 3,46, \quad v_0^2 = 11,9716, \quad \frac{v_0^2}{2g} = 0,61, \quad \Psi_0 = 109,4,$$

точка z :

$$h_1 = 4,50, \quad \omega_1 = 450, \quad v_1 = 3,61, \quad v_1^2 = 13,0321, \quad \frac{v_1^2}{2g} = 0,66, \quad \Psi_1 = 109,$$

по формулѣ

$$S = 125 \text{ м.}$$

2) Точки t съ глубиной 4,80 м. въ разстояніи 254 м. вверхъ отъ устья канала:

точка t :

$$h_0 = 4,80, \omega_0 = 480, v_0 = 3,37, v_0^2 = 11,3569, \frac{v_0^2}{2g} = 0,58, \Psi_0 = 109,6,$$

точка z :

$$h_1 = 4,50, \omega_1 = 450, v_1 = 3,61, v_1^2 = 13,0321, \frac{v_1^2}{2g} = 0,66, \Psi_1 = 109,$$

по формулѣ

$$S = 254 \text{ м.}$$

3) Точки y съ глубиной 500 м. въ разстояніи 340,5 м. вверхъ отъ устья канала:

точка y :

$$h_0 = 5,00, \omega_0 = 500, v_0 = 3,25, v_0^2 = 10,5625, \frac{v_0^2}{2g} = 0,54, \Psi_0 = 110,$$

точка z :

$$h_1 = 4,50, \omega_1 = 450, v_1 = 3,61, v_1^2 = 13,0321, \frac{v_1^2}{2g} = 0,66, \Psi_1 = 109,$$

по формулѣ:

$$S = 340,5 \text{ м.}$$

4) Точки пересѣченія A_2'' съ осью H_1 (за предѣлами чертежа вправо отъ точки z) въ разстояніи 447 м. отъ устья канала.

точка пересѣченія:

$$H_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 5,42, v_1^2 = 29,3764, \frac{v_1^2}{2g} = 1,49, \Psi_1 = 106,$$

точка z :

$$h_0 = 4,50, \omega_0 = 450, v_0 = 3,61, v_0^2 = 13,0321, \frac{v_0^2}{2g} = 0,66, \Psi_0 = 109,$$

по формулѣ

$$S = 447 \text{ м.}$$

По этимъ точкамъ вычерчивается низовая ось A_2'' ($zxry$) и опредѣляется точка r съ глубиной 4,75, въ концѣ низовой оси A_2'' 3-го участка и вначалѣ низовой кривой A_2' 2-го участка (считая по направленію отъ устья ко входу канала). Глубина точки r 4,75 м.

Опредѣленіе по точкамъ низовой оси A_2' ($z'ry'vS$) 2-го участка:

1) Точки S съ глубиной 4,775 въ разстояніи 256 м. считая отъ устья 2-го участка (отъ точки r) и 486 м. отъ устья 3-го участка канала (отъ точки z):

точка s :

$$h_0 = 4,775, \omega_0 = 477,5, v_0 = 3,41, v_0^2 = 11,6282, \frac{v_0^2}{2g} = 0,59, \Psi_0 = 109,55$$

точка r :

$$h_1 = 4,75, \omega_1 = 4,75, v_1 = 3,42, v_1^2 = 11,6964, \frac{v_1^2}{2g} = 0,59, \Psi_1 = 109,50$$

$$S = 285,7 \approx 286 \text{ м.}$$

отъ точки r вверхъ по теченію.

2) Точки пересѣченія оси A_2' съ осью H_1 (за предѣлами чертежа) въ разстояніи 2125 м. внизъ по теченію отъ точки r .

Точка пересѣченія

$$H_1 = 3,00, \omega_1 = 300, v_1 = 5,42, v_1^2 = 29,3764, \frac{v_1^2}{2g} = 1,49, \Psi_1 = 106$$

точка r :

$$h_0 = 4,75, \omega_0 = 475, v_0 = 3,42, v_0^2 = 11,6964, \frac{v_0^2}{2g} = 0,59, \Psi_0 = 109,50$$

$$S = 2125 \text{ м.}$$

По этимъ точкамъ вычерчивается низовая ось A_2' (rvs) и опредѣляется точка v съ глубиной 4,77 м. въ концѣ низовой оси A_2' 2-го участка, расположенная на одной вертикали съ точкой O (верховой оси B_2 1-го участка) и точкой O'' (кривой прыжка).

Подъ напоромъ низовой оси A_2' которая встрѣчаетъ въ точкѣ v 1-ый участокъ образуется въ 1-мъ участкѣ низовая ось B_1 ($vp''n$), которая пересѣкаетъ ось H_1 въ точкѣ n въ разстояніи 108 м. отъ нижней точки O 1-го участка:

точки n :

$$h_0 = H_1 = 3,00, \omega_0 = 300, v_0 = 5,42, v_0^2 = 29,3764, \frac{v_0^2}{2g} = 1,49, \Psi_0 = 106$$

точки v :

$$h_1 = 4,77, \omega_1 = 477, v_1 = 3,41, v_1^2 = 11,6282, \frac{v_1^2}{2g} = 0,59, \Psi = 109,54.$$

по формулѣ

$$S = 108,1 \approx 108 \text{ м.}$$

отъ нижней точки 1-го участка.

При этомъ оказывается, что ось B_1 пересѣкаетъ кривую прыжка ($mp''o''$) 1-го участка въ точкѣ p'' , образуя прыжокъ pp'' высотой $3,87 - 2,30 = 1,57$ м.

Общій видъ гидравлическихъ осей въ трехъ участкахъ будетъ кривая ($mpp''vy'rxz$) съ прыжкомъ (pp'') въ 1-мъ участкѣ.

Съ повышеніемъ уровня воды въ нижнемъ бассейнѣ M_1 , низовыя оси A_2'' и A_2' (во 2-мъ и 3-мъ участкѣ) будутъ располагаться все выше

и выше относительно линіи H_1 . Съ пониженіемъ уровня воды въ нижнемъ бассейнѣ M_1 , оси A_2'' и A_2' будетъ понижаться незначительно; и если даже вовсе упразднить бассейнъ M_1 , заставивъ воду въ концѣ канала свободно выливаться какъ черезъ незатопленный водосливъ, то, согласно указаніямъ профессора Будена (L'axe hydraulique des cours d'eau, § 55, стр. 57) предѣльная наименьшая глубина въ устьѣ 3-го участка будетъ

$$h_n = H_1 \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{3}} \text{ или около } 0,88 H_1,$$

въ данномъ случаѣ

$$h_n = 0,88 \cdot 3,00 = 2,64.$$

Если задавшись этой глубиной h_n въ устьѣ канала начертить по точкамъ гидравлическія оси всѣхъ 3-хъ участковъ до верхняго бассейна M , то, получимъ кривую ($fz''r'ty'vp''pm$) отступающую отъ направленія кривой ($zxy'vp''pm$) значительно только въ предѣлахъ 3-го участка (A_2'''). Прыжокъ же pp'' и расположеніе его въ 1-мъ участкѣ останутся безъ измѣненія.

Таблица Сенъ-Венана

для $Re = b V^m = 0,0004012 V^{\frac{21}{11}}$

Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ция.	Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ция.
					329
0,10	0,0000494	99	0,40	0,00006974	336
0,11	0,0000593	107	0,41	0,00007310	345
0,12	0,0000700	116	0,42	0,00007655	352
0,13	0,0000816	124	0,43	0,00008007	359
0,14	0,0000940	132	0,44	0,00008365	367
0,15	0,0001072	141	0,45	0,00008732	374
0,16	0,0001213	149	0,46	0,00009106	382
0,17	0,0001362	157	0,47	0,00009488	389
0,18	0,0001519	165	0,48	0,00009877	397
0,19	0,0001684	173	0,49	0,00010274	404
0,20	0,0001857	181	0,50	0,00010678	411
0,21	0,0002038	189	0,51	0,00011089	419
0,22	0,0002227	198	0,52	0,00011508	426
0,23	0,0002425	205	0,53	0,00011934	433
0,24	0,0002630	213	0,54	0,00012367	441
0,25	0,0002843	221	0,55	0,00012808	449
0,26	0,0003064	229	0,56	0,00013257	456
0,27	0,0003293	237	0,57	0,00013713	463
0,28	0,0003530	244	0,58	0,00014176	470
0,29	0,0003774	253	0,59	0,00014646	477
0,30	0,0004027	260	0,60	0,00015123	485
0,31	0,0004287	268	0,61	0,00015608	492
0,32	0,0004555	275	0,62	0,00016100	499
0,33	0,0004830	284	0,63	0,00016599	507
0,34	0,0005114	291	0,64	0,00017106	514
0,35	0,0005405	298	0,65	0,00017620	521
0,36	0,0005703	306	0,66	0,00018141	528
0,37	0,0006009	314	0,67	0,00018669	536
0,38	0,0006323	322	0,68	0,00019205	543
0,39	0,0006645	329	0,69	0,00019748	550

Скорость V равном. течения.	R_i	Дифферен- ція.	Скорость V равном. течения.	R_i	Дифферен- ція.
0,70	0,00020298	550	1,00	0,00040103	762
0,71	0,00020855	557	1,01	0,0004087	767
0,72	0,00021419	564	1,02	0,0004165	78
0,73	0,00021990	571	1,03	0,0004243	78
0,74	0,00022569	579	1,04	0,0004322	79
0,75	0,00023155	586	1,05	0,0004402	80
0,76	0,00023748	593	1,06	0,0004482	80
0,77	0,00024348	600	1,07	0,0004563	81
0,78	0,00024955	607	1,08	0,0004645	82
0,79	0,00025570	615	1,08	0,0004645	82
0,80	0,00026192	622	1,09	0,0004727	83
0,81	0,00026821	639	1,10	0,0004810	84
0,82	0,00027456	635	1,11	0,0004894	85
0,83	0,00028098	642	1,12	0,0004979	85
0,84	0,00028748	650	1,13	0,0005064	86
0,85	0,00029405	657	1,14	0,0005150	86
0,86	0,00030069	664	1,15	0,0005237	87
0,87	0,00030740	671	1,16	0,0005324	87
0,88	0,00031418	678	1,17	0,0005412	88
0,89	0,00032103	685	1,18	0,0005500	88
0,90	0,00032795	692	1,19	0,0005590	90
0,91	0,00033494	699	1,20	0,0005680	90
0,92	0,00034201	707	1,21	0,0005771	91
0,93	0,00034913	712	1,22	0,0005862	91
0,94	0,00035634	721	1,23	0,0005954	92
0,95	0,00036361	727	1,24	0,0006047	93
0,96	0,00037095	734	1,25	0,0006140	93
0,97	0,00037836	741	1,26	0,0006234	94
0,98	0,00038585	749	1,27	0,0006329	95
0,99	0,00039341	756	1,28	0,0006425	96
		762	1,29	0,0006521	96
					97

Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ція.	Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ція.
		97			117
1,30	0,0006618	97	1,60	0,0009837	118
1,31	0,0006715	98	1,61	0,0009955	118
1,32	0,0006813	99	1,62	0,0010073	119
1,33	0,0006912	99	1,63	0,0010192	120
1,34	0,0007011	101	1,64	0,0010312	120
1,35	0,0007112	101	1,65	0,0010432	121
1,36	0,0007213	102	1,66	0,0010553	122
1,37	0,0007315	102	1,67	0,0010675	122
1,38	0,0007417	103	1,68	0,0010797	123
1,39	0,0007520	103	1,69	0,0010920	124
1,40	0,0007623	104	1,70	0,0011044	125
1,41	0,0007727	105	1,71	0,0011169	124
1,42	0,0007832	106	1,72	0,0011293	126
1,43	0,0007938	106	1,73	0,0011419	126
1,44	0,0008044	107	1,74	0,0011545	127
1,45	0,0008151	108	1,75	0,0011672	128
1,46	0,0008259	108	1,76	0,0011800	128
1,47	0,0008367	109	1,77	0,0011928	129
1,48	0,0008476	110	1,78	0,0012057	130
1,49	0,0008586	111	1,79	0,0012187	130
1,50	0,0008697	111	1,80	0,0012317	131
1,51	0,0008808	111	1,81	0,0012448	132
1,52	0,0008919	112	1,82	0,0012580	132
1,53	0,0009031	113	1,83	0,0012712	133
1,54	0,0009144	114	1,84	0,0012845	133
1,55	0,0009258	114	1,85	0,0012978	135
1,56	0,0009372	116	1,86	0,0013113	135
1,57	0,0009488	116	1,87	0,0013248	136
1,58	0,0009604	116	1,88	0,0013384	136
1,59	0,0009720	117	1,89	0,0013520	136

Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ція.	Скорость V равном. течения.	Ri	Дифферен- ція.
1,90	0,0013656	136	2,20	0,0018067	157
1,91	0,0013794	138	2,21	0,0018224	157
1,92	0,0013932	138	2,22	0,0018382	158
1,93	0,0014071	139	2,23	0,0018540	158
1,94	0,0014210	139	2,24	0,0018699	159
1,95	0,0014350	140	2,25	0,0018859	160
1,96	0,0014491	141	2,26	0,0019020	161
1,97	0,0014633	142	2,27	0,0019181	161
1,98	0,0014775	142	2,28	0,0019342	161
1,99	0,0014918	143	2,29	0,0019504	162
2,00	0,0015062	144	2,30	0,0019667	163
2,01	0,0015206	144	2,31	0,0019831	164
2,02	0,0015351	145	2,32	0,0019995	164
2,03	0,0015496	145	2,33	0,0020160	165
2,04	0,0015642	146	2,34	0,0020326	166
2,05	0,0015788	146	2,35	0,0020492	166
2,06	0,0015935	147	2,36	0,0020658	166
2,07	0,0016083	148	2,37	0,0020825	167
2,08	0,0016232	148	2,38	0,0020993	167
2,09	0,0016382	149	2,39	0,0021162	168
2,10	0,0016532	150	2,40	0,0021332	169
2,11	0,0016683	151	2,41	0,0021502	170
2,12	0,0016834	151	2,42	0,0021673	170
2,13	0,0016986	152	2,43	0,0021844	171
2,14	0,0017138	152	2,44	0,0022016	171
2,15	0,0017291	153	2,45	0,0022189	172
2,16	0,0017445	154	2,46	0,0022362	173
2,17	0,0017599	154	2,47	0,0022536	173
2,18	0,0017754	155	2,48	0,0022710	174
2,19	0,0017910	156	2,49	0,0022885	174
		157			175
					176

Скорость V равном. течения.	R_i	Дифферен- ція.	Скорость V равном. течения.	R_i	Дифферен- ція.
		176			197
2,50	0,0023061	176	2,76	0,0027855	193
2,51	0,0023237	177	2,77	0,0028048	194
2,52	0,0023414	178	2,78	0,0028242	194
2,53	0,0023592	178	2,79	0,0028436	195
2,54	0,0023770	179	2,80	0,0028631	196
2,55	0,0023949	180	2,81	0,0028827	196
2,56	0,0024129	180	2,82	0,0029023	197
2,57	0,0024309	181	2,83	0,0029220	197
2,58	0,0024490	181	2,84	0,0029417	198
2,59	0,0024671	182	2,85	0,0029615	199
2,60	0,0024853	183	2,86	0,0029814	199
2,61	0,0025036	184	2,87	0,0030013	200
2,62	0,0025220	184	2,88	0,0030213	201
2,63	0,0025404	185	2,89	0,0030414	201
2,64	0,0025589	185	2,90	0,0030615	202
2,65	0,0025774	186	2,91	0,0030817	202
2,66	0,0025960	187	2,92	0,0031019	203
2,67	0,0026147	187	2,93	0,0031222	204
2,68	0,0026334	188	2,94	0,0031426	204
2,69	0,0026522	188	2,95	0,0031630	205
2,70	0,0026710	189	2,96	0,0031835	206
2,71	0,0026899	190	2,97	0,0032041	206
2,72	0,0027089	191	2,98	0,0032247	207
2,73	0,0027280	191	2,99	0,0032454	207
2,74	0,0027471	192	3,00	0,0032661	
2,75	0,0021663	192			

СЕМЬ ТАБЛИЦЪ СЕНЪ-ВЕНАНА

для повышенныхъ гидравлическихъ осей

A_1, B_1, B_2, C_1

1-ая	таблица	для	сѣченія	большой	ширины	t	произвольно	$r = 0$
2-ая	»	»	»	прямоугольнаго	$t = 0$	»	$r = \frac{1}{6}$	
3-ая	»	»	»	»	$t = 0$	»	$r = \frac{1}{3}$	
4-ая	»	»	»	трапецовидальнаго	$t = 1$	»	$r = \frac{1}{6}$	
5-ая	»	»	»	»	$t = 1$	»	$r = \frac{1}{3}$	
6-ая	»	»	»	»	$t = 2$	»	$r = \frac{1}{6}$	
7-ая	»	»	»	»	$t = 2$	»	$r = \frac{1}{3}$	

$r = \frac{H}{l+tH}$ означаетъ отношеніе глубины H сѣченія, при равномерномъ теченіи, къ средней ширинѣ сѣченія $l+tH$.

t означаетъ тангенсъ угла, составляемаго откосомъ канала съ вертикалью.

I-ая таблица для $r = 0$ и произвольн. t (сѣченіе очень широкое).

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.		
			$\frac{aV^2}{gH}$		
3,00	0,10	0,0000 — 0,0000	0,1019 — 0,0017	$\frac{aV^2}{gH}$	
2,90		0,0017	17		
2,80		0,0034	20		
2,70		0,0054	21		
2,60		0,0075	23		
2,50		0,0098	25		
2,40		0,0123	27		
2,30		0,0150	30		
2,20		0,0180	34		
2,10		0,0214	36		
2,00		0,0250	41		
1,90		0,0291	45		
1,80		0,0336	51		
1,70		0,0387	57		
1,60		0,0444	65		
1,50		0,0509	73		
1,40		0,0582	85		
1,30	0,0667	97			
1,20	0,0764	113			
1,10	0,0877	132			
1,00	0,1009				
	0,10				
	0,05				
0,95	0,05	2,1681	580	76	
0,90		0,1085	587	82	
0,85		0,1167	596	90	
0,80		0,1257	606	100	
0,75		0,1357	616	110	
0,70		0,1467	628	123	
0,65		0,1590	644	137	
0,60		0,1727	661	154	
0,55		0,1881	682	175	
0,50		0,2056	708	199	
	0,05				
	0,01				
0,49	0,01	2,7554	145	44	
0,48		0,2299	146	45	
0,47		0,2344	148	46	
0,46		0,2390	149	47	
0,45		0,2437	150	49	
0,44		0,2486	152	50	
0,43		0,2536	154	52	
0,42		0,2588	156	54	
0,41		0,2642	158	56	
0,40		0,2698	159	57	
0,39		0,2755	161	59	
0,38		0,2814	163	62	
0,37		0,2876	165	64	
0,36		0,2940	168	66	
0,35		0,3006			
		0,01	2,9754 — 0,3074	0,0171 — 0,0068	$\frac{aV^2}{gH}$

Продолженіе I-ой таблицы, $r = 0$ произвольн. t (сѣченіе очень широкое).

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференци.	
			$0,0173$	$0,0071$
			$\frac{aV^2}{gH}$	$\frac{aV^2}{gH}$
0,34	0,01	2,9927 — 0,3145	176	74
0,33		3,0103 0,3219	179	77
0,32		3,0282 0,3296	182	80
0,31		3,0464 0,3376	185	84
0,30		3,0649 0,3460	190	87
0,29		3,0839 0,3547	193	91
0,28		3,1032 0,3638	197	95
0,27		3,1229 0,3733	202	100
0,26		3,1431 0,3833	207	104
0,25		3,1638 0,3937	212	110
0,24		3,1850 0,4047	218	116
0,23		3,2068 0,4163	224	122
0,22		3,2292 0,4285	232	129
0,21		3,2524 0,4414	239	137
0,20		3,2763 0,4551	247	145
0,19		3,3010 0,4696	256	154
0,18		3,3266 0,4850	267	164
0,17		3,3533 0,5014	279	176
0,16		3,3812 0,5190	292	190
0,15		3,4104 0,5380	307	205
0,14		3,4411 0,5585	325	222
0,13		3,4736 0,5807	345	242
0,12		3,5081 0,6049	369	266
0,11		3,5450 0,6315	397	295
0,10		3,5847 0,6610	431	328
0,09		3,6278 0,6938	474	371
0,08		3,6752 0,7309	528	425
0,07		3,7280 0,7734	597	496
0,06		3,7877 0,8230	696	593
0,05	0,01	3,8573 0,8823		
	0,002		154	133
0,048		3,8727 0,8956	160	139
0,046		3,8887 0,9095	166	146
0,044		3,9053 0,9241	174	153
0,042		3,9227 0,9394	181	161
0,040		3,9408 0,9555	190	169
0,038		3,9598 0,9724	200	179
0,036		3,9798 0,9903	210	190
0,034		4,0008 1,0093	222	201
0,032		4,0230 1,0294	235	215
0,030		4,0475 1,0509	251	230
0,028		4,0716 1,0739	268	248
0,026		4,0984 1,0987	289	268
0,024		4,1273 1,1255	312	292
0,022		4,1585 1,1547	342	321
0,020	0,002	4,1927 1,1868		
	0,001		183	172
0,019		4,2110 1,2040	193	183
0,018		4,2303 1,2223	203	193
0,017		4,2506 1,2416	215	204
0,016		4,2721 1,2620	228	218
0,015		4,2949 1,2838	244	234
0,014		4,3193 1,3072	262	251
0,013		4,3455 1,3223	282	272
0,012		4,3737 1,3395	306	296
0,011		4,4043 1,3891		
0,010	0,001	4,4377 — 1,4215	$0,0334$	$0,0324$
			$\frac{aV^2}{gH}$	$\frac{aV^2}{gH}$

2-я таблица для $t = 0$ (прямоугольное сечение), $r = \frac{1}{6}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ция.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференция.	
		$\frac{aV^2}{gH}$	$\frac{aV^2}{gH}$	
3,00	0,10	0,0000 — 0,0000	0,1033 — 0,0017	
2,90		0,1033	0,0017	1035
2,80		0,2068	0,0035	1038
2,70		0,3106	0,0055	1040
2,60		0,4146	0,0076	1042
2,50		0,5188	0,0099	1046
2,40		0,6234	0,0125	1050
2,30		0,7284	0,0153	1053
2,20		0,8337	0,0183	1058
2,10		0,9395	0,0217	1063
2,00		1,0458	0,0255	1068
1,90		1,1526	0,0296	1075
1,80		1,2601	0,0343	1082
1,70		1,3683	0,0395	1090
1,60		1,4773	0,0454	1101
1,50		1,5874	0,0520	1112
1,40		1,6986	0,0596	1125
1,30		1,8111	0,0682	1142
1,20	1,9253	0,0783	1161	
1,10	2,0414	0,0900	1186	
1,00	2,1600	0,1038		
	0,10			
	0,05			
0,95	0,05	2,2204	0,1116	
0,90		2,2816	0,1202	
0,85		2,3438	0,1296	
0,80		2,4070	0,1400	
0,75		2,4715	0,1516	
0,70		2,5375	0,1644	
0,65		2,6051	0,1788	
0,60		2,6747	0,1951	
0,55		2,7467	0,2135	
0,50		2,8215	0,2346	
	0,05			
	0,01			
0,49	0,01	2,8369	0,2392	
0,48		2,8524	0,2440	
0,47		2,8681	0,2488	
0,46		2,8839	0,2539	
0,45		2,8998	0,2591	
0,44		2,9160	0,2644	
0,43		2,9323	0,2699	
0,42		2,9489	0,2757	
0,41		2,9656	0,2816	
0,40		2,9825	0,2877	
5,39		2,9997	0,2940	
0,38		3,0171	0,3005	
0,37		2,0347	0,3073	
0,36		3,0526	0,3144	
0,35		3,0708	0,3217	
		0,01		
		$\frac{aV^2}{gH}$	$\frac{aV^2}{gH}$	
			0,0185 — 0,0076	

Продолженіе 2-ой таблицы, $t = 0$, $r = \frac{1}{6}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.	
0,34	0,01	3,0893	0,0187 — 0,0079 $\frac{aV^2}{gH}$	
0,33		— 0,3293 $\frac{aV^2}{gH}$		
0,32		3,1080		82
0,31		3,1271		85
0,30		3,1466		90
0,29		3,1665		93
0,28		3,1867		97
0,27		3,2074		102
0,26		3,2286		107
0,25		3,2502		113
0,24		3,2724		118
0,23		3,2952		124
0,22		3,3186		131
0,21		3,3427		139
0,20		3,3676		147
0,19		3,3933		156
0,18		3,4200		166
0,17		3,4476		178
0,16		3,4764		191
0,15		3,5065		204
0,14		3,5381		222
0,13		3,5713		240
0,12		3,6064		262
0,11		3,6438		288
0,10		3,6837		320
0,09		3,7268		356
0,08		3,7736		403
0,07		3,8251		462
0,06		3,8824		539
0,050	3,9475	651		
	0,01	4,0233	758	
	0,002			
0,048		4,0401	168	
0,046		4,0575	174	
0,044		4,0756	181	
0,042		4,0945	189	
0,040		4,1143	198	
0,038		4,1350	207	
0,036		4,1568	218	
0,034		4,1797	229	
0,032		4,2039	242	
0,030		4,2296	257	
0,028		4,2569	273	
0,026		4,2862	293	
0,024		4,3177	315	
0,022	4,3519	342		
0,020	4,3891	372		
	0,002			
	0,001			
0,019		4,4091	200	
0,018		4,4302	211	
0,017		4,4524	222	
0,016		4,4759	235	
0,015		4,5008	249	
0,014		4,5275	267	
0,013		4,5561	286	
0,012		4,5869	297	
0,011		4,6203	308	
0,010		4,6569	334	
		0,001	— 1,5319 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0366 — 0,0355 $\frac{aV^2}{gH}$

3-я таблица для $t=0$ (прямоугольное сечение), $r = \frac{1}{3}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ция.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференция.	
		$\frac{aV^2}{gH}$		
3,00	0,10	0,0000 — 0,0000	0,1042 — 0,0017 $\frac{aV^2}{gH}$	
2,90		0,1042 0,0017	1044 18	
2,80		0,2086 0,0035	1047 20	
2,70		0,3133 0,0055	1050 22	
2,60		0,4183 0,0077	1053 23	
2,50		0,5236 0,0100	1058 26	
2,40		0,6294 0,0126	1061 28	
2,30		0,7355 0,0154	1065 31	
2,20		0,8420 0,0185	1071 35	
2,10		0,9491 0,0220	1077 38	
2,00		1,0568 0,0258	1082 42	
1,90		1,1650 0,0300	1090 47	
1,80		1,2740 0,0347	1099 53	
1,70		1,3839 0,0400	1108 59	
1,60		1,4947 0,0459	1119 68	
1,50		1,6066 0,0527	1132 77	
1,40		1,7198 0,0604	1147 88	
1,30		1,8345 0,0692	1166 103	
1,20		1,9511 0,0795	1187 119	
1,10	2,0698 0,0914	1214 142		
1,00	2,1912 0,1056			
	0,10			
	0,05			
0,95	0,05	2,2531 0,1136	619 80	
0,90		2,3159 0,1224	628 88	
0,85		2,3797 0,1321	638 97	
0,80		2,4447 0,1428	650 107	
0,75		2,5111 0,1547	664 119	
0,70		2,5791 0,1679	680 132	
0,65		2,6489 0,1827	698 148	
0,60		2,7208 0,1995	719 168	
0,55		2,7952 0,2186	744 191	
0,50		2,8727 0,2405	775 219	
	0,05			
	0,01			
0,49	0,01	2,8886 0,2452	159 47	
0,48		2,9047 0,2501	161 49	
0,47		2,9209 0,2552	162 51	
0,46		2,9373 0,2604	164 52	
0,45		2,9539 0,2658	166 54	
0,44		2,9707 0,2714	168 56	
0,43		2,9877 0,2771	170 57	
0,42		3,0048 0,2830	171 59	
0,41		3,0222 0,2892	174 62	
0,40		3,0398 0,2955	176 63	
0,39		3,0577 0,3021	179 66	
0,38		3,0758 0,3089	181 68	
0,37		3,0941 0,3160	183 71	
0,36		3,1128 0,3233	187 73	
0,35		3,1317 — 0,3309 $\frac{aV^2}{gH}$	089 76	
		0,01		0,0193 — 0,0079 $\frac{aV^2}{gH}$

Продолженіе 3-ей таблицы, $t = 0, -r = \frac{1}{3}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.	
		$\frac{aV^2}{gH}$		
0,34	0,01	3,1510 — 0,3388	0,0195 — 0,0083	
0,33		3,1705 0,3471	85 $\frac{aV^2}{gH}$	
0,32		3,1904 0,3556	199 85	
0,31		3,2108 0,3646	204 90	
0,30		3,2315 0,3739	207 93	
0,29		3,2526 0,3836	211 97	
0,28		3,2742 0,3938	216 102	
0,27		3,2963 0,4045	221 107	
0,26		3,3190 0,4157	227 112	
0,25		3,3422 0,4274	232 117	
0,24		3,3660 0,4398	238 124	
0,23		3,3905 0,4528	245 130	
0,22		3,4158 0,4665	253 137	
0,21		3,4419 0,4810	261 145	
0,20		3,4688 0,4964	269 154	
0,19		3,4968 0,5128	280 164	
0,18		3,5258 0,5303	290 175	
0,17		3,5560 0,5489	302 186	
0,16		3,5877 0,5689	317 200	
0,15		3,6208 0,5904	331 215	
0,14	3,6557 0,6137	349 233		
0,13	3,6927 0,6390	370 253		
0,12	3,7320 0,6666	393 276		
0,11	3,7740 0,6969	420 303		
0,10	3,8194 0,7305	454 336		
0,09	3,8687 0,7681	493 376		
0,08	3,9230 0,8106	543 425		
0,07	3,9835 0,8593	605 487		
0,06	4,0522 0,9163	687 570		
0,05	4,1323 0,9845	801 682		
	0,01			
	0,002			
0,048		4,1500 0,9999	177 154	
0,046		4,1684 1,0159	184 160	
0,044		4,1876 1,0327	192 168	
0,042		4,2076 1,0503	200 176	
0,040		4,2285 1,0688	209 185	
0,038		4,2504 1,0884	219 196	
0,036		4,2734 1,1090	230 206	
0,034		4,2976 1,1308	242 218	
0,032		4,3232 1,1541	256 233	
0,030		4,3504 1,1789	272 248	
0,028		4,3793 1,2054	289 265	
0,026		4,4103 1,2340	310 286	
0,024		4,4436 1,2650	333 310	
0,022		4,4797 1,2987	361 337	
0,020		4,5192 1,3358	395 371	
		0,002		
		0,001		
0,019			4,5404 1,3558	212 200
0,018			4,5626 1,3768	222 210
0,017	4,5861 1,3991		235 223	
0,016	4,6110 1,4228		249 237	
0,015	4,6375 1,4481		265 253	
0,014	4,6657 1,4751		282 270	
0,013	4,6959 1,5042		302 291	
0,012	4,7286 1,5356		327 314	
0,011	4,7639 1,5698		353 342	
0,010	4,8027 — 1,6073	0,0388 — 0,0375	$\frac{aV^2}{gH}$	

4-я таблица для $t = 1$ (трапециoidalное сѣчение, уклонъ 1 на 1), $r = \frac{1}{6}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.		
3,00	0,10	0,0000 — 0,0000 $\frac{aV^2}{gH}$	0,1012 — 00,011 $\frac{aV^2}{gH}$		
2,90		0,1012	0,0011	11	
2,80		0,2025	0,0022	13	
2,70		0,3040	0,0035	15	
2,60		0,4056	0,0050	16	
2,50		0,5073	0,0066	17	
2,40		0,6092	0,0083	20	
2,30		0,7114	0,0103	22	
2,20		0,8138	0,0125	24	
2,10		0,9164	0,0149	28	
2,00		1,0194	0,0177	32	
1,90		1,1227	0,0209	36	
1,80		1,2265	0,0245	40	
1,70		1,3308	0,0285	47	
1,60		1,4356	0,0332	54	
1,50		1,5412	0,0386	62	
1,40		1,6476	0,0448	73	
1,30		1,7549	0,0521	86	
1,20	1,8635	0,0607	101		
1,10	1,9736	0,0708	122		
1,00	2,0856	0,0830			
	0,05				
0,95	0,05	2,1425	0,0900	569	70
0,90		2,2000	0,0978	575	78
0,85		2,2583	0,1064	583	86
0,80		2,3175	0,1159	592	95
0,75		2,3777	0,1265	602	106
0,70		2,4391	0,1385	614	120
0,65		2,5019	0,1520	628	135
0,60		2,5663	0,1674	644	154
0,55		2,6327	0,1849	664	175
0,50		2,7015	0,2052	688	203
	0,01				
0,49	0,01	2,7156	0,2096	141	44
0,48		2,7298	0,2142	142	46
0,47		2,7442	0,2189	144	47
0,46		2,7587	0,2238	145	49
0,45		2,7733	0,2288	146	50
0,44		2,7880	0,2340	147	52
0,43		2,8030	0,2394	150	54
0,42		2,8181	0,2449	151	55
0,41		2,8333	0,2507	152	58
0,40		2,8488	0,2566	155	59
0,39		2,8644	0,2628	156	62
0,38		2,8803	0,2692	159	64
0,37		2,8963	0,2759	160	67
0,36		2,9126	0,2828	163	69
0,35		2,9291	— 0,2900 $\frac{aV^2}{gH}$	165	72
		0,01		0,0168 — 0,0074 $\frac{aV^2}{gH}$	

Продолженіе 4-й таблицы, $t = 1$, $r = \frac{1}{6}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.	
0,34	0,01	2,9459 — 0,2974 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0170 — 0,0078 $\frac{aV^2}{gH}$	
0,33		2,9629 0,3052 $\frac{aV^2}{gH}$	173	81
0,32		2,9802 0,3133	176	85
0,31		2,9978 0,3218	180	88
0,30		3,0158 0,3306	183	92
0,29		3,0341 0,3398	187	97
0,28		3,0528 0,3495	191	101
0,27		3,0719 0,3596	195	106
0,26		3,0914 0,3702	200	112
0,25		2,1114 0,3814	205	118
0,24		3,1319 0,3932	210	124
0,23		3,1529 0,4056	217	131
0,22		3,1746 0,4187	223	139
0,21		3,1969 0,4326	231	147
0,20		3,2200 0,4473	238	156
0,19		3,2438 0,4629	248	167
0,18		3,2686 0,4796	258	179
0,17		3,2944 0,4975	268	191
0,16		3,3212 0,5166	282	206
0,15		3,3494 0,5372	296	223
0,14		3,3790 0,5595	313	243
0,13	3,4103 0,5838	332	265	
0,12	3,4435 0,6103	355	291	
0,11	3,4790 0,6394	382	324	
0,10	3,5172 0,6718	415	361	
0,09	3,5587 0,7079	456	409	
0,08	3,6043 0,7488	507	469	
0,07	3,6550 0,7957	575	548	
0,06	3,7125 0,8505	669	657	
0,05	3,7794 0,9162			
	0,01			
	0,002			
0,048	0,002	3,7942 0,9310	148	148
0,046		3,8096 0,9465	154	155
0,044		3,8256 0,9627	160	162
0,042		3,8422 0,9797	166	170
0,040		3,8596 0,9975	174	178
0,038		3,8779 1,0163	183	188
0,036		3,8970 1,0362	191	199
0,034		3,9172 1,0573	202	211
0,032		3,9385 1,0797	213	224
0,030		3,9611 1,1036	226	239
0,028		3,9852 1,1292	241	256
0,026		4,0110 1,1568	258	276
0,024		4,0387 1,1867	277	299
0,022		4,0687 1,2192	300	325
0,020		4,1014 1,2549	327	357
	0,002			
	0,001			
0,019	0,001	4,1190 1,2742	176	193
0,018		4,1375 1,2945	185	203
0,017		4,1570 1,3161	195	216
0,016		4,1777 1,3389	207	228
0,015		4,1996 1,3633	219	244
0,014		4,2230 1,3894	234	261
0,013		4,2481 1,4174	251	280
0,012		4,2752 1,4477	271	303
0,011		4,3045 1,4807 $\frac{aV^2}{gH}$	293	330 $\frac{aV^2}{gH}$
0,010		4,3366 — 1,5169 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0321 — 0,00362 $\frac{aV^2}{gH}$	

5-я таблица для $t = 1$ (трапецидальное сѣчение, уклонъ 1 на 1), $r = \frac{1}{3}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.
3,00	0,10	0,0000 — 0,0000	0,1007 — 0,0007
2,90		$\frac{aV^2}{gH}$	$\frac{aV^2}{gH}$
2,80		0,0007	8
2,70		0,0015	8
2,60		0,0023	10
2,50		0,0033	11
2,40		0,0043	12
2,30		0,0055	14
2,20		0,0068	15
2,10		0,0083	18
2,00		0,0100	20
1,90		0,0119	24
1,80		0,0141	27
1,70		0,0166	31
1,60		0,0195	36
1,50		0,0229	43
1,40		0,0268	50
1,30		0,0313	60
1,20		0,0366	71
1,10	0,0429	86	
1,00	0,0505	105	
	0,10	2,0597	
0,95	0,05	2,1150	553
0,90		0,0717	61
0,85		2,1708	558
0,80		0,0785	68
0,75		2,2273	565
0,70		0,0861	76
0,65		2,2846	573
0,60		0,0947	86
0,55		2,3428	582
0,50		0,1044	97
	0,05	2,4020	592
		0,1153	109
		2,4624	604
		0,1278	125
		2,5243	619
		0,1421	143
		2,5880	637
		0,1587	166
		2,6537	657
		0,1780	193
0,49	0,01	2,6672	135
0,48		0,1822	42
0,47		2,6808	136
0,46		0,1866	44
0,45		2,6945	137
0,44		0,1911	45
0,43		2,7083	138
0,42		0,1958	47
0,41		2,7222	139
0,40		0,2006	48
0,39		2,7362	140
0,38		0,2056	50
0,37		2,7504	142
0,36		0,2108	52
0,35		2,7648	144
		0,2162	54
		2,7793	145
	0,2218	56	
	2,7940	147	
	0,2276	58	
	2,8088	148	
	0,2336	60	
	2,8238	150	
	0,2399	63	
	2,8391	153	
	0,2464	65	
	2,8545	154	
	0,2532	68	
	2,8701	156	
	0,2602	70	
	$\frac{aV^2}{gH}$	0,0159 — 0,0074	$\frac{aV^2}{gH}$

Продолжение 5-ой таблицы $t = 1, r = \frac{1}{3}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ция.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференция.
0,34	0,01	2,8860 — 0,2676 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0161 — 0,0077 $\frac{aV^2}{gH}$
0,33		2,9021 0,2753	164 84
0,32		2,9185 0,2833	166 84
0,31		2,9351 0,2917	170 87
0,30		2,9521 0,3004	172 92
0,29		2,9693 0,3096	176 96
0,28		2,9869 0,3192	180 101
0,27		3,0049 0,3293	184 107
0,26		3,0233 0,3400	188 112
0,25		3,0421 0,3512	193 118
0,24		3,0614 0,3630	198 125
0,23		3,0812 0,3755	203 132
0,22		3,1015 0,3887	209 140
0,21		3,1224 0,4027	216 149
0,20		3,1440 0,4176	224 159
0,19		3,1664 0,4335	232 169
0,18		3,1896 0,4504	241 182
0,17		3,2137 0,4686	251 195
0,16		3,2388 0,4881	263 211
0,15		3,2651 0,5092	276 228
0,14	3,2927 0,5320	291 249	
0,13	3,3218 0,5569	310 272	
0,12	3,3528 0,5841	330 300	
0,11	3,3858 0,6141	355 334	
0,10	3,4213 0,6475	386 373	
0,09	3,4599 0,6848	423 424	
0,08	3,5022 0,7272	470 486	
0,07	3,5492 0,7758	533 571	
0,06	3,6025 0,8329	619 684	
0,05	3,6644 0,9013		
	0,01		
	0,002		
0,048	0,002	3,6778 0,9167	134 154
0,046		3,6920 0,9328	142 161
0,044		3,7068 0,9497	148 169
0,042		3,7222 0,9675	154 178
0,040		3,7383 0,9861	161 186
0,038		3,7552 1,0058	169 197
0,036		3,7729 1,0266	177 208
0,034		3,7915 1,0486	186 220
0,032		3,8112 1,0720	197 234
0,030		3,8321 1,0970	209 250
0,028		3,8543 1,1239	222 269
0,026		3,8781 1,1528	238 289
0,024		3,9037 1,1840	256 312
0,022		3,9314 1,2181	277 341
0,020		3,9616 1,2556	302 375
		0,002	
	0,001		
0,019	0,001	3,9778 1,2758	162 202
0,018		3,9949 1,2971	171 213
0,017		4,0129 1,3197	180 226
0,016		4,0319 1,3437	190 240
0,015		4,0521 1,3693	202 256
0,014		4,0737 1,3966	216 273
0,013		4,0969 1,4261	232 295
0,012		4,1218 1,4579	249 318
0,011		4,1489 1,4926 $\frac{aV^2}{gH}$	271 347
0,010		4,1785 — 1,5306 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0296 — 0,0380 $\frac{aV^2}{gH}$

6-я таблица для $t = 2$ (трапецидальное сечение, уклонъ 2 на 1), $r = \frac{1}{6}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.			
			$\frac{aV^2}{gH}$			
3,00	0,10	0,0000	0,0000	0,1007	0,0007	
2,90		0,1007	0,0007	1007	8	
2,80		0,2014	0,0015	1008	8	
2,70		0,3022	0,0023	1009	10	
2,60		0,4031	0,0033	1009	11	
2,50		0,5040	0,0044	1011	12	
2,40		0,6051	0,0056	1013	14	
2,30		0,7064	0,0070	1014	15	
2,20		0,8078	0,0085	1016	18	
2,10		0,9094	0,0103	1018	20	
2,00		1,0112	0,0123	1021	24	
1,90		1,1133	0,0147	1024	27	
1,80		1,2157	0,0174	1027	31	
1,70		1,3184	0,0205	1032	36	
1,60		1,4216	0,0241	1037	43	
1,50		1,5253	0,0284	1043	50	
1,40		1,6296	0,0334	1051	59	
1,30	1,7347	0,0393	1061	71		
1,20	1,8408	0,0464	1072	86		
1,10	1,9480	0,0550	1088	104		
1,00	2,0568	0,0654				
	0,10					
0,95	0,05	2,1119	0,0715	551	61	
0,90		2,1675	0,0783	556	68	
0,85		2,2238	0,0859	563	76	
0,80		2,2808	0,0945	570	86	
0,75		2,3387	0,1041	579	96	
0,70		2,3976	0,1150	589	109	
0,65		2,4576	0,1274	600	124	
0,60		2,5191	0,1416	615	142	
0,55		2,5823	0,1580	632	164	
0,50		2,6476	0,1772	653	192	
	0,05					
0,49	0,01	2,6610	0,1814	134	42	
0,48		2,6745	0,1857	135	43	
0,47		2,6880	0,1902	135	45	
0,46		2,7017	0,1949	137	47	
0,45		2,7155	0,1997	138	48	
0,44		2,7295	0,2046	140	49	
0,43		2,7436	0,2098	141	52	
0,42		2,7578	0,2151	142	53	
0,41		2,7722	0,2207	144	56	
0,40		2,7867	0,2264	145	57	
0,39		2,8014	0,2324	147	60	
0,38		2,8163	0,2386	149	62	
0,37		2,8314	0,2451	151	65	
0,36		2,8467	0,2518	153	67	
0,35		2,8622	0,2588	155	70	
		0,01		0,0057	0,0072	$\frac{aV^2}{gH}$

Продолженіе 6-ой таблицы.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.	
0,34	0,01	2,8779 — 0,2660 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0159 — 0,0076 $\frac{aV^2}{gH}$	
0,33		2,8938 0,2736		162 80
0,32		2,9100 0,2816		165 83
0,31		2,9265 0,2899		168 86
0,30		2,9433 0,2985		171 91
0,29		2,9604 0,3076		174 96
0,28		2,9778 0,3172		178 100
0,27		2,9956 0,3272		182 105
0,26		3,0138 0,3377		186 110
0,25		3,0324 0,3487		190 117
0,24		3,0514 0,3604		196 123
0,23		3,0710 0,3727		201 131
0,22		3,0911 0,3858		207 139
0,21		3,1118 0,3997		213 147
0,20		3,1331 0,4144		221 156
0,19		3,1552 0,4300		229 168
0,18		3,1781 0,4468		237 179
0,17		3,2018 0,4647		248 193
0,16		3,2266 0,4840		260 208
0,15		3,2526 0,5048		272 225
0,14		3,2798 0,5273		288 245
0,13		3,3086 0,5518		305 269
0,12		3,3391 0,5787		325 296
0,11		3,3716 0,6083		350 328
0,10		3,4066 0,6411		380 368
0,09		3,4446 0,6779		417 418
0,08		3,4863 0,7197		463 479
0,07	3,5326 0,7676	525 561		
0,06	3,5851 0,8237	610 674		
0,05	3,6461 0,8911			
	0,01			
	0,002			
0,048		3,6595 0,9063	134 152	
0,046		3,6735 0,9222	140 159	
0,044		3,6881 0,9388	146 166	
0,042		3,7032 0,9562	151 174	
0,040		3,7191 0,9746	159 184	
0,038		3,7357 0,9939	166 193	
0,036		3,7531 1,0143	174 204	
0,034		3,7714 1,0360	183 217	
0,032		3,7908 1,0591	194 231	
0,030		3,8113 1,0837	205 246	
0,028		3,8332 1,1101	219 264	
0,026		3,8566 1,1385	234 284	
0,024		3,8818 1,1692	252 307	
0,022		3,9090 1,2028	272 336	
0,020	0,002	3,9387 1,2396	297 368	
	0,001			
0,019		3,9546 1,2595	159 199	
0,018		3,9714 1,2805	168 210	
0,017		3,9891 1,3027	177 222	
0,016		4,0078 1,3262	187 235	
0,015		4,0277 1,3514	199 252	
0,014		4,0490 1,3783	213 269	
0,013		4,0717 1,4072	227 289	
0,012		4,0962 1,4385	245 313	
0,011		4,1228 1,4726	266 341	
0,010	0,001	4,1519 — 1,5100 $\frac{aV^2}{gH}$	0,0291 — 0,0374 $\frac{aV^2}{gH}$	

7-ая таблица для $t=2$ (трапецидальное сѣченіе, уклонъ 2 на 1) $r=\frac{1}{3}$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифференція.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференція.	
			$\frac{aV^2}{gH}$	
3,00	0,10	1,0000 — 0,0060	0,1003 — 0,0003	$\frac{aV^2}{gH}$
2,90		0,1003 0,0003	1003	4
2,80		0,2006 0,0007	1003	5
2,70		0,3009 0,0012	1004	5
2,60		0,4013 0,0017	1004	6
2,50		0,5017 0,0023	1005	6
2,40		0,6022 0,0029	1006	8
2,30		0,7028 0,0037	1006	9
2,20		0,8034 0,0046	1008	10
2,10		0,9042 0,0056	1008	12
2,00		1,0050 0,0068	1010	14
1,90		1,1060 0,0082	1012	16
1,80		1,2072 0,0098	1014	19
1,70		1,3086 0,0117	1016	23
1,60		1,4102 0,0140	1019	27
1,50		1,5121 0,0167	1023	33
1,40		1,6144 0,0200	1028	40
1,30		1,7172 0,0240	1034	49
1,20	1,8206 0,0289	1042	61	
1,10	1,9248 0,0350	1052	77	
1,00	2,0300 0,0427			
	0,10			
	0,05			
0,95	0,05	2,0830 0,0472	530	45
0,90		2,1365 0,0524	535	52
0,85		2,1904 0,0582	539	58
0,80		2,2448 0,0649	544	67
0,75		2,2999 0,0725	551	76
0,70		2,3556 0,0813	557	88
0,65		2,4123 0,0914	567	101
0,60		2,4700 0,1033	577	119
0,55		2,5290 0,1172	590	139
0,50		2,5896 0,1337	606	165
	0,05			
	0,01			
0,49	0,01	0,6020 0,1373	124	36
0,48		2,6144 0,1411	124	38
0,47		2,6270 0,1450	126	39
0,46		2,6396 0,1491	126	41
0,45		2,6523 0,1533	127	42
0,44		2,6651 0,1577	128	44
0,43		2,6780 0,1623	129	46
0,42		2,6910 0,1671	130	48
0,41		2,7042 0,1720	132	49
0,40		2,7175 0,1772	133	52
0,39		2,7309 0,1826	134	54
0,38		2,7444 0,1882	135	56
0,37		2,7581 0,1940	137	58
0,36		2,7720 0,2001	139	61
0,35		2,7861 — 0,2065	141	64
		0,01		0,0142 — 0,0067

Продолжение 7-ой таблицы.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	Дифферен- ция.	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$	Дифференция.				
0,34	0,01	2,8008	— 0,2132	$\frac{aV^2}{gH}$	0,0144	— 0,0070	$\frac{aV^2}{gH}$
0,33		2,8147	0,2202	146	73		
0,32		2,8293	0,2275	148	77		
0,31		2,8441	0,2352	151	81		
0,30		2,8592	0,2433	153	84		
0,29		2,8745	0,2517	156	90		
0,28		2,8901	0,2607	158	94		
0,27		2,9059	0,2701	162	99		
0,26		2,9221	0,2800	166	105		
0,25		2,9387	0,2905	169	111		
0,24		2,9556	0,3016	173	117		
0,23		2,9729	0,3133	178	125		
0,22		2,9907	0,3258	182	133		
0,21		3,0089	0,3391	188	142		
0,20		3,0277	0,3533	194	152		
0,19		3,0471	0,3685	200	162		
0,18		3,0671	0,3847	208	175		
0,17		3,0879	0,4022	216	189		
0,16		3,1095	0,4211	226	204		
0,15		3,1321	0,4415	236	222		
0,14		3,1557	0,4637	249	243		
0,13		3,1806	0,4880	263	266		
0,12		3,2069	0,5146	280	295		
0,11		3,2349	0,5441	300	329		
0,10		3,2649	0,5770	325	369		
1,09	3,2974	0,6139	356	420			
0,08	3,3330	0,6559	394	485			
0,07	3,3724	0,7044	446	570			
0,06	3,4170	0,7614	515	686			
0,05	3,4685	0,8300					
	0,01						
	0,002						
0,048		3,4799	0,8455	114	155		
0,046		3,4917	0,8617	118	162		
0,044		3,5040	0,8787	123	170		
0,042		3,5168	0,8965	128	178		
0,040		3,5301	0,9153	133	188		
0,038		3,5441	0,9351	140	198		
0,036		3,5587	0,9561	146	210		
0,034		3,5742	0,9783	155	222		
0,032		3,5904	1,0020	162	237		
0,030		3,6077	1,0273	173	253		
0,028		3,6260	1,0544	183	271		
0,026		3,6456	1,0836	196	292		
0,024		3,6667	1,1153	211	317		
0,022		3,6895	1,1498	228	345		
0,020	0,002	3,7144	1,1878	249	380		
	0,001						
0,019		3,7278	1,2083	134	205		
0,018		3,7418	1,2300	140	217		
0,017		3,7566	1,2529	148	229		
0,016		3,7722	1,2772	156	243		
0,015		3,7889	1,3032	167	260		
0,014		3,8066	1,3310	177	278		
0,013		3,8256	1,3610	190	300		
0,012		3,8461	1,3933	205	323		
0,011		3,8683	1,4286	222	353		
0,010	0,001	3,8925	1,4673	0,0243	— 0,0387	$\frac{aV^2}{gH}$	

Три дополнительныхъ таблицы Сенъ-Венана

для повышенныхъ гидравлическихъ осей

$A_1, B_1, B_2, C_1.$

1-ая таблица для сѣченія прямоугольнаго $t=0$, r — произвольное.

2-ая » » » трапециoidalнаго $t=1$, r — произвольное.

3-я » » » » $t=2$, r — произвольное.

$= \frac{H}{l+tH}$ означаетъ отношеніе глубины H сѣченія, при равномерномъ теченіи, къ средней ширинѣ сѣченія $l+tH$.

t —означаетъ тангенсъ угла, составляемаго откосомъ канала съ вертикалью.



Первая таблица, уклонъ $t = 0$ (прямоугольное сѣчение).

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$												
	diff.		diff.		diff.		diff.		diff.				
3,00	0,0000	+	0,0000	$r -$	0,000	$r^2 -$	$\frac{aV^2}{gH}$	(0,0000	+	0,0000	$r -$	0,000	$r^2)$
2,90	0,1019	1019	0,0102	102	0,010	10	0,0017	17	0,0002	2	0,000	0	
2,80	0,2039	1020	0,0208	106	0,020	10	0,0034	17	0,0004	2	0,000	0	
2,70	0,3061	1022	0,0320	112	0,031	11	0,0054	20	0,0006	2	0,001	1	
2,60	0,4085	1024	0,0437	117	0,042	11	0,0075	23	0,0008	2	0,001	0	
2,50	0,5110	1025	0,0559	122	0,054	12	0,0098	21	0,0011	3	0,001	0	
2,40	0,6138	1028	0,0687	128	0,066	12	0,0123	25	0,0014	3	0,001	0	
2,30	0,7169	1031	0,0823	136	0,079	13	0,0150	27	0,0017	3	0,002	0	
2,20	0,8202	1033	0,0965	142	0,093	14	0,0180	30	0,0021	4	0,002	1	
2,10	0,9239	1037	0,1115	150	0,108	15	0,0214	34	0,0026	5	0,003	0	
2,00	1,0280	1041	0,1272	157	0,123	15	0,0250	36	0,0032	6	0,003	0	
1,90	1,1325	1045	0,1439	167	0,139	16	0,0291	41	0,0039	7	0,004	1	
1,80	1,2375	1050	0,1616	177	0,155	16	0,0336	45	0,0047	8	0,005	1	
1,70	1,3431	1056	0,1804	188	0,173	18	0,0387	51	0,0056	9	0,005	0	
1,60	1,4493	1062	0,2004	200	0,192	19	0,0444	57	0,0067	11	0,006	1	
1,50	1,5563	1070	0,2217	213	0,212	20	0,0509	65	0,0080	13	0,008	2	
1,40	1,6643	1080	0,2445	228	0,234	22	0,0582	73	0,0095	15	0,009	1	
1,30	1,7734	1091	0,2690	245	0,257	23	0,0667	85	0,0113	18	0,010	1	
1,20	1,8838	1104	0,2955	265	0,282	25	0,0764	97	0,0136	23	0,013	3	
1,10	1,9959	1121	0,3243	288	0,309	27	0,0877	113	0,0166	30	0,016	3	
1,00	2,1101	1142	0,3555	312	0,337	28	0,1009	132	0,0202	36	0,019	3	
0,95	2,1681	580	0,3721	166	0,352	15	0,1085	76	0,0224	22	0,021	2	
0,90	2,2268	587	0,3896	175	0,368	16	0,1167	82	0,0248	24	0,023	2	
0,85	2,2864	596	0,4081	185	0,385	17	0,1257	90	0,0275	27	0,026	3	
0,80	2,3470	606	0,4276	195	0,402	17	0,1357	100	0,0307	32	0,028	2	
0,75	2,4086	616	0,4482	206	0,421	19	0,1467	110	0,0344	37	0,032	4	
0,70	2,4714	628	0,4699	217	0,440	19	0,1590	123	0,0386	42	0,035	3	
0,65	2,5358	644	0,4929	230	0,461	21	0,1727	137	0,0435	49	0,040	5	
0,60	2,6019	661	0,5174	245	0,483	22	0,1881	154	0,0492	57	0,045	5	
0,55	2,6701	682	0,5439	265	0,506	23	0,2056	175	0,0560	68	0,051	6	
0,50	2,7409	708	0,5726	287	0,531	15	0,2255	199	0,0642	82	0,058	7	
0,49	2,7554	145	0,5786	60	0,537	6	0,2299	44	0,0661	19	0,060	2	
0,48	2,7700	146	0,5847	61	0,542	5	0,2344	45	0,0680	19	0,062	2	
0,47	2,7848	148	0,5909	62	0,547	5	0,2390	46	0,0699	19	0,063	1	
0,46	2,7997	149	0,5972	63	0,553	6	0,2437	47	0,0719	20	0,065	2	
0,45	2,8147	150	0,6036	64	0,559	6	0,2486	49	0,0740	21	0,067	2	
0,44	2,8299	152	0,6101	65	0,564	5	0,2536	50	0,0761	21	0,069	2	
0,43	2,8453	154	0,6169	68	0,570	6	0,2588	52	0,0784	23	0,071	2	
0,42	2,8609	156	0,6237	68	0,575	5	0,2642	54	0,0808	24	0,073	2	
0,41	2,8767	158	0,6306	69	0,581	6	0,2698	56	0,0832	24	0,075	2	
0,40	2,8926	159	0,6377	71	0,588	7	0,2755	57	0,0858	26	0,077	2	
0,39	2,9087	161	0,6450	73	0,594	6	0,2814	59	0,0885	27	0,079	2	
0,38	2,9250	163	0,6525	75	0,601	7	0,2876	62	0,0913	28	0,082	3	
0,37	2,9415	165	0,6602	77	0,607	6	0,2940	64	0,0942	29	0,084	3	
0,36	2,9583	168	0,6680	78	0,614	7	0,3006	66	0,0972	30	0,087	3	
		171		80		7		68		32		3	
0,35	2,9754	+	0,6760	$r -$	0,621	$r^2 -$	$\frac{aV^2}{gH}$	(0,3074	+	0,1004	$r -$	0,090	$r^2)$

Продолжение первой таблицы, уклонъ $t = 0$.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$					$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$							
		diff.		diff.		diff.		diff.		diff.		
0,35	2,9754	+	0,6760	$r -$	0,621	$r^2 -$	$\frac{aV^2}{gH}$ (0,3074	+	0,1004	$r^2 -$	0,090 r^2)	
0,34	2,9927	173	1,6841	81	0,628	7	0,3145	71	0,1038	34	0,093	3
0,33	3,0103	176	0,6923	82	0,635	7	0,3219	74	0,1073	35	0,096	3
0,32	3,0231	179	0,7008	85	0,642	7	0,3296	77	0,1110	37	0,099	3
0,31	3,0464	182	0,7097	89	0,649	7	0,3376	80	0,1149	39	0,102	3
0,30	3,0649	185	0,7188	91	0,657	8	0,3460	84	0,1199	41	0,105	3
0,29	3,0839	190	0,7281	93	0,665	8	0,3547	87	0,1233	43	0,109	4
0,28	3,1032	193	0,7377	96	0,673	8	0,3638	91	0,1278	45	0,113	4
0,27	3,1229	197	0,7475	98	0,681	8	0,3733	95	0,1325	47	0,117	4
0,26	3,1431	202	0,7577	102	0,690	9	0,3833	100	0,1375	50	0,121	4
0,25	3,1638	207	0,7683	106	0,699	9	0,3937	104	0,1430	55	0,126	5
0,24	3,1850	212	0,7792	109	0,708	9	0,4047	110	0,1488	58	0,131	5
0,23	3,2068	218	0,7905	113	0,718	10	0,4163	116	0,1548	60	0,136	5
0,22	3,2292	224	0,8022	117	0,728	10	0,4285	122	0,1611	63	0,141	5
0,21	3,2524	232	0,8144	122	0,738	10	0,4414	129	0,1678	67	0,147	6
0,20	3,2763	239	0,8272	128	0,748	10	0,4551	137	0,1751	73	0,153	6
0,19	3,3010	247	0,8405	133	0,759	11	0,4696	145	0,1829	78	0,159	6
0,18	3,3266	256	0,8545	140	0,771	12	0,4850	154	0,1913	84	0,166	7
0,17	3,3533	267	0,8692	147	0,783	12	0,5014	164	0,2003	90	0,174	8
0,16	3,3812	279	0,8846	154	0,796	13	0,5190	176	0,2101	98	0,182	8
0,15	3,4104	292	0,9009	163	0,809	13	0,5380	190	0,2207	106	0,190	8
0,14	3,4411	307	0,9183	174	0,824	15	0,5585	205	0,2322	115	0,200	10
0,13	3,4736	325	0,9368	185	0,839	15	0,5807	222	0,2449	127	0,210	10
0,12	3,5081	345	0,9567	199	0,856	17	0,6049	242	0,2589	140	0,222	12
0,11	3,5450	369	0,9781	214	0,873	17	0,6315	266	0,2743	154	0,234	12
0,10	3,5847	397	1,0014	233	0,892	19	0,6610	295	0,2916	173	0,249	15
0,09	3,6278	431	1,0268	254	0,912	20	0,6938	328	0,3110	194	0,264	15
0,08	3,6752	474	1,0553	285	0,936	24	0,7309	371	0,3332	222	0,282	18
0,07	3,7280	528	1,0872	319	0,961	25	0,7734	425	0,3588	256	0,303	21
0,06	3,7877	597	1,1243	371	0,992	31	0,8230	496	0,3890	302	0,327	24
0,05	3,8573	696	1,1670	427	1,027	35	0,8823	593	0,4255	365	0,356	29
0,048	3,8727	154	1,1766	96	1,034	7	0,8956	133	0,4338	83	0,363	3
0,046	3,8887	160	1,1865	99	1,042	8	0,9095	139	0,4425	87	0,370	7
0,044	3,9053	166	1,1967	102	1,050	8	0,9241	146	0,4515	90	0,378	8
0,042	3,9227	174	1,2073	106	1,058	8	0,9394	153	0,4610	95	0,385	7
0,040	3,9408	181	1,2188	115	1,068	10	0,9555	161	0,4711	101	0,393	8
0,038	3,9598	190	1,2308	120	1,078	10	0,9724	169	0,4817	106	0,402	9
0,036	3,9798	200	1,2433	125	1,088	10	0,9903	179	0,4929	112	0,411	9
0,034	4,0008	210	1,2565	132	1,098	10	1,0093	190	0,5048	119	0,420	9
0,032	4,0230	222	1,2704	139	1,109	11	1,0294	201	0,5174	126	0,430	10
0,030	4,0465	235	1,2853	149	1,121	12	1,0509	215	0,5310	136	0,441	11
0,028	4,0716	251	1,3012	159	1,134	13	1,0739	230	0,5455	145	0,453	12
0,026	4,0984	268	1,3181	169	1,147	13	1,0987	248	0,5612	157	0,466	13
0,024	4,1273	289	1,3364	183	1,162	15	1,1255	268	0,5782	170	0,479	13
0,022	4,1585	312	1,3562	198	1,178	16	1,1547	292	0,5968	186	0,494	15
0,020	4,1927	342	1,3778	216	1,194	16	1,1868	321	0,6172	204	0,510	16
0,019	4,2110	183	1,3897	119	1,205	11	1,2040	172	0,6282	110	0,519	9
0,018	4,2303	193	1,4020	123	1,214	9	1,2223	183	0,6398	116	0,528	9
0,017	4,2506	203	1,4149	129	1,225	11	1,2416	193	0,6521	123	0,538	10
0,016	4,2721	215	1,4287	138	1,236	11	1,2620	204	0,6652	131	0,548	10
0,015	4,2949	228	1,4434	147	1,247	11	1,2838	218	0,6792	140	0,559	11
0,014	4,3193	244	1,4590	156	1,260	13	1,3072	234	0,6941	149	0,571	12
0,013	4,3455	262	1,4756	166	1,273	13	1,3323	251	0,7102	161	0,584	13
0,012	4,3737	282	1,4936	180	1,287	14	1,3595	272	0,7276	174	0,598	14
0,011	4,4043	306	1,5132	196	1,302	15	1,3891	296	0,7465	189	0,613	15
		334		222		19		324		214		18
0,010	4,4377	+	1,5354	$r -$	1,321	$r^2 -$	$\frac{aV^2}{gH}$ (1,4215	+	0,7679	$r^2 -$	0,631 r^2)	

Вторая таблица, уклонъ $t = 1$ на 1.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$					$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$							
	diff.		diff.		diff.		diff.		diff.		diff.	
3,00	0,0000	—	0,0000	$r +$	0,0000	$r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	(0,0000	—	0,0000	$r +$	0,0000	r^2)
2,90	0,1019	1019	0,0045	45	0,008	3	0,0017	17	0,0042	42	3,004	4
2,80	0,2039	1020	0,0092	47	0,006	3	0,0034	20	0,0085	43	0,008	4
2,70	0,3061	1022	0,0141	49	0,008	2	0,0054	21	0,0130	45	0,012	4
2,60	0,4085	1024	0,0192	51	0,011	3	0,0075	21	0,0177	47	0,015	3
2,50	0,5110	1025	0,0245	53	0,013	2	0,0098	23	0,0225	48	0,019	4
2,40	0,6138	1028	0,0302	57	0,015	2	0,0123	25	0,0276	51	0,022	3
2,30	0,7169	1031	0,0360	58	0,017	2	0,0150	27	0,0328	52	0,026	4
2,20	0,8202	1033	0,0420	60	0,019	2	0,0180	30	0,0382	54	0,029	3
2,10	0,9239	1037	0,0483	63	0,020	1	0,0214	34	0,0438	56	0,032	3
2,00	1,0280	1041	0,0549	66	0,020	0	0,0250	36	0,0496	58	0,035	3
1,90	1,1325	1045	0,0618	69	0,020	0	0,0291	41	0,0555	59	0,037	2
1,80	1,2375	1050	0,0690	72	0,019	-1	0,0336	45	0,0615	60	0,038	1
1,70	1,3431	1056	0,0766	76	0,018	1	0,0387	51	0,0677	62	0,039	0
1,60	1,4493	1062	0,0846	80	0,016	2	0,0444	57	0,0740	63	0,039	1
1,50	1,5563	1070	0,0930	84	0,013	3	0,0509	65	0,0803	63	0,038	1
1,40	1,6643	1080	0,1018	88	0,008	5	0,0582	73	0,0865	62	0,036	2
1,30	1,7734	1091	0,1112	94	0,003	5	0,0667	85	0,0928	63	0,036	3
		1104		97		8		97		59		6
1,20	1,8838	—	0,1209	$r +$	0,005	$r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	(0,0764	—	0,0987	$r +$	0,027	r^2)
		1121		102		10		113		54		8
1,10	1,9959	1142	0,1311	112	0,015	12	0,0877	132	0,1041	49	0,019	10
1,00	2,1101	—	0,1423	—	0,027	—	0,1009	—	0,1090	—	0,009	—
0,95	2,1681	580	0,1481	58	0,034	7	0,1085	76	0,1110	20	0,002	7
		587		60		8		82		17		7
0,90	2,2268	—	0,1541	$r -$	0,042	$r^2 - \frac{aY^2}{gH}$	(0,1167	—	0,1127	$r -$	0,005	r^2)
0,85	2,2864	596	0,1602	61	0,051	9	0,1257	90	0,1141	14	0,014	9
0,80	2,3470	606	0,1666	64	0,061	10	0,1357	100	0,1150	9	0,024	10
0,75	2,4086	616	0,1732	66	0,072	11	0,1467	110	0,1153	3	0,035	11
0,70	2,4714	628	0,1801	69	0,085	13	0,1590	123	0,1148	5	0,048	13
0,65	2,5358	644	0,1873	72	0,099	14	0,1727	137	0,1135	13	0,063	15
0,60	2,6019	661	0,1948	75	0,114	15	0,1881	154	0,1109	26	0,081	18
0,55	2,6701	682	0,2027	79	0,131	17	0,2056	175	0,1071	38	0,101	20
0,50	2,7409	708	0,2110	83	0,151	20	0,2255	199	0,1015	56	0,124	23
0,49	2,7554	145	0,2127	17	0,155	4	0,2299	44	0,1000	15	0,129	5
0,48	2,7700	146	0,2145	18	0,160	5	0,2344	45	0,0986	14	0,134	5
0,47	2,7848	148	0,2163	18	0,164	4	0,2390	46	0,0970	16	0,140	5
0,46	2,7997	149	0,2180	17	0,169	5	0,2437	47	0,0953	17	0,145	5
0,45	2,8147	150	0,2199	19	0,173	4	0,2486	49	0,0936	17	0,151	6
0,44	2,8299	152	0,2218	19	0,178	5	0,2536	50	0,0917	19	0,157	6
0,43	2,8453	154	0,2238	20	0,183	5	0,2588	52	0,0896	21	0,163	6
0,42	2,8609	156	0,2258	20	0,188	5	0,2642	54	0,0875	21	0,169	6
0,41	2,8767	158	0,2278	20	0,192	4	0,2698	56	0,0852	23	0,176	7
0,40	2,8926	159	0,2298	20	0,198	6	0,2755	57	0,0828	24	0,183	7
0,39	2,9087	161	0,2316	18	0,204	6	0,2814	59	0,0802	26	0,190	7
0,38	2,9250	163	0,2335	19	0,210	6	0,2876	62	0,0774	28	0,197	7
0,37	2,9415	165	0,2355	20	0,216	6	0,2940	64	0,0745	29	0,204	7
0,36	2,9583	168	0,2376	21	0,222	6	0,3006	66	0,0714	31	0,212	8
0,35	2,9754	171	0,2397	21	0,228	6	0,3074	68	0,0680	34	0,220	8
0,34	2,9927	173	0,2418	21	0,235	7	0,3145	71	0,0644	36	0,229	9
0,33	3,0103	176	0,2441	23	0,241	6	0,3219	74	0,0607	37	0,238	9
0,32	3,0282	179	0,2463	22	0,248	7	0,3296	77	0,0568	39	0,247	9
		182		24		7		80		43		9
0,31	3,0464	—	0,2487	$r -$	0,255	$r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	(0,3376	—	0,0525	$r -$	0,256	r^2)

Продолжение второй таблицы, уклонъ $t = 1$ на 1.

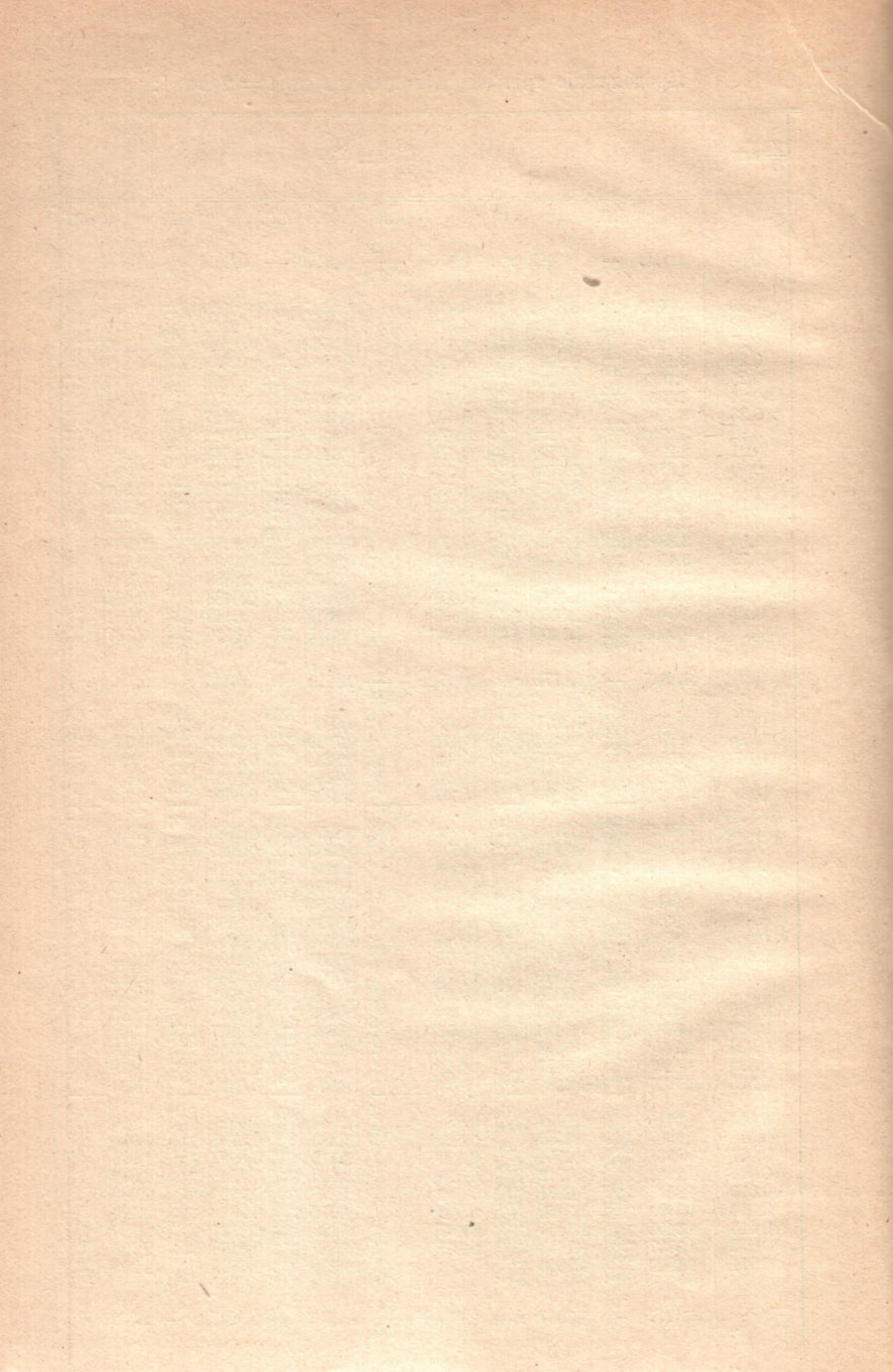
$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$	$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$											
	diff.		diff.		diff.		diff.		diff.	diff.		
0,31	3,0464	—	0,2487	r —	0,255	r ² —	$\frac{aV^2}{gH}$ (0,3376	—	0,0525	r —	0,256	r ²)
0,30	3,0649	185	0,2511	24	0,263	8	0,3460	84	0,0479	46	0,266	10
0,29	3,0839	190	0,2536	25	0,270	7	0,3547	87	0,0431	48	0,276	10
0,28	3,1032	193	0,2560	24	0,278	8	0,3638	91	0,0379	52	0,287	11
0,27	3,1229	197	0,2585	25	0,286	8	0,3733	95	0,0323	56	0,298	11
0,26	3,1431	202	0,2611	26	0,295	9	0,3833	100	0,0265	58	0,310	12
0,25	3,1638	207	0,2638	27	0,304	9	0,3937	104	0,0202	63	0,322	12
0,24	3,1850	212	0,2662	28	0,313	9	0,4047	110	0,0134	68	0,336	14
0,23	3,2068	218	0,2694	28	0,323	10	0,4163	116	0,0061	73	0,343	13
		224		29		10		122		77		14
0,22	3,2292	—	0,2723	r —	0,333	r ² —	$\frac{aV^2}{gH}$ (0,4285	+	0,0016	r —	0,363	r ²)
0,21	3,2524	232	0,2754	31	0,343	10	0,4414	129	0,0099	83	0,378	15
0,20	3,2763	239	0,2785	31	0,354	11	0,4551	137	0,0190	91	0,394	16
0,19	3,3010	247	0,2818	33	0,366	12	0,4696	145	0,0288	98	0,411	17
0,18	3,3266	256	0,2852	34	0,378	12	0,4850	154	0,0394	106	0,429	18
0,17	3,3533	267	0,2887	35	0,391	13	0,5014	164	0,0507	113	0,448	19
0,16	3,3812	279	0,2924	37	0,405	14	0,5190	176	0,0632	125	0,469	21
0,15	3,4104	292	0,2963	39	0,420	15	0,5380	190	0,0769	137	0,491	22
0,14	3,4411	307	0,3004	41	0,435	15	0,5585	205	0,0918	149	0,514	23
0,13	3,4736	325	0,3050	46	0,452	17	0,5807	222	0,1083	165	0,539	25
0,12	3,5081	345	0,3097	47	0,470	18	0,6049	242	0,1266	183	0,567	28
0,11	3,5450	369	0,3145	48	0,490	20	0,6315	266	0,1470	204	0,598	31
0,10	3,5847	397	0,3197	52	0,511	21	0,6610	295	0,1698	228	0,631	33
0,09	3,6278	431	0,3256	59	0,534	23	0,6938	328	0,1957	259	0,668	37
0,08	3,6752	474	0,3321	65	0,561	27	0,7309	371	0,2254	297	0,710	42
0,07	3,7280	528	0,3392	71	0,591	30	0,7734	425	0,2598	344	0,758	48
0,06	3,7877	597	0,3468	76	0,626	35	0,8230	496	0,3006	408	0,813	55
0,05	3,8573	696	0,3560	92	0,628	42	0,8823	593	0,3502	496	0,879	66
0,048	3,8727	154	0,3575	15	0,681	13	0,8956	133	0,3614	112	0,894	15
0,046	3,8887	160	0,3596	21	0,691	10	0,9095	139	0,3732	118	0,910	16
0,044	3,9053	166	0,3619	23	0,701	10	0,9241	146	0,3855	123	0,926	16
0,042	3,9227	174	0,3642	23	0,712	11	0,9394	153	0,3984	129	0,943	17
0,040	3,9408	181	0,3666	24	0,723	11	0,9555	161	0,4120	136	0,961	18
0,038	3,9598	190	0,3692	21	0,734	11	0,9724	169	0,4264	144	0,979	18
0,036	3,9798	200	0,3720	28	0,746	12	0,9903	179	0,4417	153	0,999	20
0,034	4,0008	210	0,3750	30	0,759	13	1,0093	190	0,4580	163	1,020	21
0,032	4,0230	222	0,3781	31	0,772	13	1,0294	201	0,4752	172	1,042	22
0,030	4,0465	235	0,3813	32	0,786	14	1,0509	215	0,4936	184	1,066	24
0,028	4,0716	251	0,3847	34	0,801	15	1,0739	230	0,5135	199	1,091	25
0,026	4,0984	268	0,3885	38	0,817	16	1,0987	248	0,5350	215	1,119	28
0,024	4,1273	289	0,3925	40	0,835	18	1,1255	268	0,5583	233	1,148	29
0,022	4,1585	312	0,3968	43	0,854	19	1,1547	292	0,5837	254	1,180	32
0,020	4,1927	342	0,4015	47	0,875	21	1,1868	321	0,6117	280	1,216	36
0,019	4,2110	183	0,4040	25	0,886	11	1,2040	172	0,6267	150	1,234	18
0,018	4,2303	193	0,4067	27	0,898	12	1,2223	183	0,6427	160	1,254	20
0,017	4,2506	203	0,4095	28	0,911	13	1,2416	193	0,6596	169	1,275	21
0,016	4,2721	215	0,4125	30	0,924	13	1,2620	204	0,6776	180	1,298	23
0,015	4,2949	228	0,4157	32	0,938	14	1,2838	218	0,6968	192	1,322	24
0,014	4,3193	244	0,4190	33	0,953	15	1,3072	234	0,7174	206	1,347	25
0,013	4,3455	262	0,4227	37	0,969	16	1,3323	251	0,7395	221	1,375	28
0,012	4,3737	282	0,4267	40	0,987	18	1,3595	272	0,7634	239	1,404	29
0,011	4,4043	306	0,4309	42	1,006	19	1,3891	296	0,7895	261	1,437	33
		334		47		20		324		286		35
0,010	4,4377	—	0,4356	r —	1,026	r ² —	$\frac{aV^2}{gH}$ (1,4215	+	0,8181	r —	1,472	r ²)

Третья таблица, уклонъ $t=2$ на 1.

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$					$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$						
		diff.		diff.			diff.		diff.		diff.
3,00	0,0000	—	0,0000	$r +$	$0,000 r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	(0,0000	—	0,0000	$r +$	0,000	r^2)
2,90	0,1019	1019	0,0099	99	0,015	15	0,0017	17	0,0076	76	0,011
2,80	0,2039	1020	0,0204	105	0,031	16	0,0034	17	0,0157	81	0,023
2,70	0,3061	1022	0,0315	111	0,048	17	0,0054	20	0,0242	85	0,035
2,60	0,4085	1024	0,0433	118	0,065	17	0,0075	21	0,0331	89	0,047
2,50	0,5110	1025	0,0559	126	0,084	19	0,0098	23	0,0424	93	0,060
2,40	0,6138	1028	0,0692	133	0,103	19	0,0123	25	0,0523	99	0,073
2,30	0,7169	1031	0,0833	141	0,123	20	0,0150	27	0,0628	105	0,087
2,20	0,8202	1033	0,0985	152	0,144	21	0,0180	30	0,0738	110	0,100
2,10	0,9239	1037	0,1147	162	0,166	22	0,0214	34	0,0853	115	0,114
2,00	1,0280	1041	0,1321	174	0,190	24	0,0250	36	0,0975	122	0,128
1,90	1,1325	1045	0,1507	186	0,214	24	0,0291	41	0,1103	128	0,142
1,80	1,2375	1050	0,1705	198	0,239	25	0,0336	45	0,1238	135	0,156
1,70	1,3431	1056	0,1918	213	0,265	26	0,0387	51	0,1378	140	0,170
1,60	1,4493	1062	0,2147	229	0,292	27	0,0444	57	0,1525	147	0,184
1,50	1,5563	1070	0,2396	249	0,321	29	0,0509	65	0,1679	154	0,196
1,40	1,6643	1080	0,2665	269	0,351	30	0,0582	73	0,1839	160	0,207
1,30	1,7734	1091	0,2955	290	0,381	30	0,0667	85	0,2004	165	0,217
1,20	1,8838	1104	0,3271	316	0,412	31	0,0764	97	0,2172	168	0,225
1,10	1,9959	1121	0,3614	343	0,444	32	0,0877	113	0,2342	170	0,229
1,00	2,1101	1142	0,3995	381	0,477	33	0,1009	132	0,2511	169	0,229
0,95	2,1681	580	0,4199	204	0,494	17	0,1085	76	0,2594	83	0,227
0,90	2,2268	587	0,4413	214	0,510	16	0,1167	82	0,2675	81	0,224
0,85	2,2864	596	0,4638	225	0,527	17	0,1257	90	0,2752	77	0,218
0,80	2,3470	606	0,4875	237	0,543	16	0,1357	100	0,2825	73	0,210
0,75	2,4086	616	0,5127	252	0,559	16	0,1467	110	0,2892	67	0,199
0,70	2,4714	628	0,5393	266	0,575	16	0,1590	123	0,2952	60	0,186
0,65	2,5358	644	0,5675	282	0,591	16	0,1727	137	0,3000	48	0,169
0,60	2,6019	661	0,5978	303	0,606	15	0,1881	154	0,3035	35	0,147
0,55	2,6701	682	0,6302	324	0,621	15	0,2056	175	0,3053	18	0,120
0,50	2,7409	708	0,6651	349	0,634	13	0,2255	199	0,3048	-5	0,087
0,49	2,7554	145	0,6723	72	0,637	3	0,2299	44	0,3042	6	0,079
0,48	2,7700	146	0,6798	75	0,639	2	0,2344	45	0,3037	5	0,072
0,47	2,7848	148	0,6875	77	0,642	3	0,2390	46	0,3031	6	0,064
0,46	2,7997	149	0,6952	77	0,644	2	0,2437	47	0,3023	8	0,056
0,45	2,8147	150	0,7030	78	0,647	3	0,2486	49	0,3013	10	0,047
0,44	2,8299	152	0,7110	80	0,649	2	0,2536	50	0,3002	11	0,038
0,43	2,8453	154	0,7192	82	0,651	2	0,2588	52	0,2990	12	0,020
0,42	2,8609	156	0,7276	84	0,654	3	0,2642	54	0,2976	14	0,019
0,41	2,8767	158	0,7362	86	0,657	3	0,2698	56	0,2959	17	0,008
		159		86		2		57		19	
0,40	2,8926	—	0,7448	$r +$	$0,659 r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	0,2755	—	0,2940	$r -$	0,003	r^2)
0,39	2,9087	161	0,7535	87	0,660	1	0,2814	59	0,2919	21	0,014
0,38	2,9250	163	0,7624	89	0,662	2	0,2876	62	0,2896	23	0,026
0,37	2,9415	165	0,7716	92	0,664	2	0,2940	64	0,2871	25	0,038
0,36	2,9583	168	0,7809	93	0,666	2	0,3006	66	0,2843	28	0,051
0,35	2,9754	171	0,7905	96	0,667	1	0,3074	68	0,2812	31	0,064
0,34	2,9927	173	0,8003	98	0,669	2	0,3145	71	0,2779	33	0,078
0,33	3,0103	176	0,8104	101	0,671	2	0,3219	74	0,2742	37	0,093
0,32	3,0282	179	0,8207	103	0,672	1	0,3296	77	0,2702	40	0,108
0,31	3,0464	182	0,8313	106	0,674	2	0,3376	80	0,2658	44	0,124
		185		109		1		84		47	
0,30	3,0649	—	0,8422	$r +$	$0,675 r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	0,3460	—	0,2611	$r -$	0,141	r^2)

Продолженіе третьей таблицы, уклонъ $t = 2$ на 1:

$\frac{y}{H}$ или $\frac{y_0}{H}$					$\frac{iS}{H}$ или $\frac{iS_0}{H}$							
		diff.		diff.			diff.		diff.		diff.	
0,30	3,0649	—	0,8422	$r +$	$0,675 r^2 - \frac{aV^2}{gH}$	(0,3460	—	0,2611	$r -$	0,141	r^2)	
0,29	3,0839	190	0,8534	112	0,676	1	0,3547	87	0,2559	52	0,159	18
0,28	3,1032	193	0,8650	116	0,677	1	0,3638	91	0,2502	57	0,177	18
0,27	3,1229	197	0,8769	119	0,678	1	0,3733	95	0,2440	62	0,197	20
0,26	3,1431	202	0,8891	122	0,679	1	0,3833	100	0,2374	66	0,217	20
0,25	3,1638	207	0,9017	126	0,679	0	0,3937	104	0,2302	72	0,239	22
0,24	3,1850	212	0,9147	130	0,679	0	0,4047	110	0,2223	79	0,262	23
0,23	3,2068	218	0,9282	135	0,680	1	0,4163	116	0,2137	86	0,286	24
0,22	3,2292	224	0,9422	140	0,679	-1	0,4285	122	0,2043	94	0,311	25
0,21	3,2524	232	0,9568	146	0,679	0	0,4414	129	0,1941	102	0,338	27
0,20	3,2763	239	0,9720	152	0,679	0	0,4551	137	0,1831	110	0,366	28
0,19	3,3010	247	0,9878	158	0,678	1	0,4696	145	0,1710	121	0,397	31
0,18	3,3266	256	1,0043	165	0,677	1	0,4850	154	0,1577	133	0,429	32
0,17	3,3533	267	1,0217	174	0,676	1	0,5014	164	0,1431	146	0,464	35
0,16	3,3812	279	1,0399	182	0,674	2	0,5190	176	0,1270	161	0,501	37
0,15	3,4104	292	1,0592	193	0,672	2	0,5380	190	0,1093	177	0,541	40
0,14	3,4411	307	1,0798	206	0,670	2	0,5585	205	0,0899	194	0,584	43
0,13	3,4736	325	1,1017	219	0,668	2	0,5807	222	0,0683	216	0,631	47
0,12	3,5081	345	1,1250	233	0,663	5	0,6049	242	0,0440	243	0,681	50
0,11	3,5450	369	1,1499	249	0,659	4	0,6315	266	0,0166	274	0,737	56
		397		272		5		295		308		62
0,10	3,5847	—	1,1771	$r +$	$0,654 r^2 - \frac{aP^2}{gH}$	(0,6610	+	0,0142	$r -$	0,799	r^2)	
0,09	3,6278	431	1,2071	300	0,648	6	0,6938	328	0,0494	352	0,867	68
0,08	3,6752	474	1,2402	331	0,641	7	0,7309	371	0,0899	405	0,945	78
0,07	3,7280	528	1,2775	373	0,633	8	0,7734	425	0,1372	473	1,033	88
0,06	3,7877	597	1,3193	418	0,620	13	0,8230	496	0,1937	565	1,136	103
0,05	3,8573	696	1,3688	495	0,607	13	0,8823	593	0,2626	689	1,259	123
0,048	3,8727	154	1,3798	110	0,604	3	0,8956	133	0,2783	157	1,286	27
0,046	3,8887	160	1,3913	115	0,601	3	0,9095	139	0,2947	164	1,315	29
0,044	3,9053	166	1,4033	120	0,598	3	0,9241	146	0,3119	172	1,345	30
0,042	3,9227	174	1,4159	126	0,594	4	0,9394	153	0,3301	182	1,377	32
0,040	3,9408	181	1,4289	130	0,590	4	0,9555	161	0,3493	192	1,410	33
0,038	3,9598	190	1,4427	138	0,586	4	0,9724	169	0,3696	203	1,445	35
0,036	3,9798	200	1,4572	145	0,582	4	0,9903	179	0,3910	214	1,481	36
0,034	4,0008	210	1,4725	153	0,578	4	1,0093	190	0,4138	228	1,520	39
0,032	4,0230	222	1,4887	162	0,573	5	1,0294	201	0,4381	243	1,562	42
0,030	4,0465	235	1,5058	171	0,568	5	1,0509	215	0,4642	261	1,606	44
0,028	4,0716	251	1,5240	182	0,562	6	1,0739	230	0,4924	282	1,653	47
0,026	4,0984	268	1,5436	196	0,556	6	1,0987	248	0,5227	303	1,704	51
0,024	4,1273	289	1,5648	212	0,549	7	1,1255	268	0,5556	329	1,759	55
0,022	4,1585	312	1,5877	229	0,542	7	1,1547	292	0,5915	359	1,818	59
0,020	4,1927	342	1,6128	251	0,534	8	1,1868	321	0,6312	397	1,884	66
0,019	4,2110	183	1,6263	135	0,530	4	1,2040	172	0,6525	213	1,919	35
0,018	4,2303	193	1,6405	142	0,525	5	1,2223	183	0,6752	227	1,956	37
0,017	4,2506	203	1,6554	149	0,520	5	1,2416	193	0,6993	241	1,996	40
0,016	4,2721	215	1,6712	158	0,515	5	1,2620	204	0,7248	255	2,038	42
0,015	4,2949	228	1,6881	169	0,510	5	1,2838	218	0,7520	272	2,082	44
0,014	4,3193	244	1,7060	179	0,503	7	1,3072	234	0,7812	292	2,129	47
0,013	4,3455	262	1,7254	194	0,497	6	1,3323	251	0,8127	315	2,180	51
0,012	4,3737	282	1,7463	209	0,490	7	1,3595	272	0,8468	341	2,236	56
0,011	4,4043	306	1,7690	227	0,483	7	1,3891	296	0,8839	371	2,296	60
		334		247		9		324		408		66
0,010	4,4377	—	1,7937	$r +$	$0,474 r^2 - \frac{a\Gamma^2}{gH}$	(1,4215	+	0,9247	$r -$	2,362	r^2)	



Три таблицы профессора М. БУДЕНА

для пониженныхъ гидравлическихъ осей

$A_2, A_3, B_3, C_3.$

1-ая таблица для сѣченія большой ширины: t произвольно, $r = 0$

2-ая » » » » » $t=0$ » $r = \frac{1}{3}$

3-я » » » » » $t=2$ » $r = \frac{1}{3}$

$r = \frac{H}{l + tH}$ означаетъ отношеніе глубины H сѣченія, при равномерномъ теченіи, къ средней ширинѣ сѣченія $l + tH$.

t означаетъ тангенсъ угла, составляемаго откосомъ канала съ вертикалью.

1-я таблица для $r = 0$ и произвольнаго t (сѣченіе очень широкое).

Для этого случая можно замѣнить $\frac{V^2}{gH}$ черезъ $\frac{i}{gb}$.

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значеніе $\frac{iS}{H}$.		Разница.	
1 00	0,01	0,000 000	0,000 000	0,000 000	0,010 000
0,99		0,000 000	0,010 000	0	10 000
0,98		0,000 000	0,020 000	0	10 000
0,97		0,000 000	0,030 000	1	10 001
0,96		0,000 001	0,040 001	1	10 001
0,95		0,000 002	0,050 002	1	10 001
0,94		0,000 003	0,060 003	3	10 003
0,93		0,000 006	0,070 006	4	10 004
0,92		0,000 010	0,080 010	6	10 006
0,91		0,000 016	0,090 016	9	10 009
0,90		0,000 025	0,100 025	12	10 012
0,89		0,000 037	0,110 037	15	10 015
0,88		0,000 052	0,120 052	19	10 019
0,87		0,000 071	0,130 071	24	10 024
0,86		0,000 095	0,140 095	31	10 031
0,85		0,000 126	0,150 126	38	10 038
0,84		0,000 164	0,160 164	45	10 045
0,83		0,000 209	0,170 209	54	10 054
0,82		0,000 263	0,180 263	0,000 064	0,010 064
0,81	0,000 327	0,190 327	0,000 07	0,010 07	
0,80	0,01	0,000 40	0,200 40	9	10 09
0,79		0,000 49	0,210 49	10	10 10
0,78		0,000 59	0,220 59	12	10 12
0,77		0,000 71	0,230 71	13	10 13
0,76		0,000 84	0,240 84	15	10 15
0,75		0,000 99	0,250 99	17	10 17
0,74		0,001 16	0,261 16	19	10 19
0,73		0,001 35	0,271 35	21	10 21
0,72		0,001 56	0,281 56	24	10 24
0,71		0,001 80	0,291 80	26	10 26
0,70		0,002 06	0,302 06	29	10 29
0,69		0,002 35	0,312 35	32	10 32
0,68		0,002 67	0,322 67	36	10 36
0,67		0,003 03	0,333 03	39	10 39
0,66		0,003 42	0,343 42	43	10 43
0,65		0,003 85	0,353 85	47	10 47
0,64		0,004 32	0,364 32	51	10 51
0,63		0,004 83	0,374 83	55	10 55
0,62		0,005 38	0,385 38	60	10 60
0,61		0,005 98	0,395 98	0,000 66	0,010 66
0,60	0,006 64	0,406 64	$\frac{V^2}{gH}$	$\frac{V^2}{gH}$	

Продолжение 1-й таблицы $r = 0$ и произвольного t .

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$	Разница.
0,60	0,01	0,0066 — 0,4066	0,000 7 — 0,0107 $\frac{V^2}{gH}$
0,59		0,0075 0,4173	
0,58		0,0081 0,4281	
0,57		0,0090 0,4390	
0,56		0,0099 0,4499	
0,55		0,0108 0,4608	
0,54		0,0118 0,4718	
0,53		0,0129 0,4829	
0,52		0,0141 0,4941	
0,51		0,0154 0,5054	
0,50		0,0168 0,5168	
0,49		0,0183 0,5283	
0,48		0,0199 0,5399	
0,47		0,0216 0,5516	
0,46		0,0234 0,5634	
0,45		0,0253 0,5753	
0,44		0,0274 0,5874	
0,43		0,0296 0,5996	
0,42		0,0320 0,6120	
0,41		0,0345 0,6245	
0,40		0,0371 0,6371	
0,39		0,0399 0,6499	
0,38		0,0429 0,6629	
0,37		0,0462 0,6762	
0,36		0,0497 0,6897	
0,35		0,0534 0,7034	
0,34		0,0573 0,7173	
0,33		0,0614 0,7314	
0,32		0,0658 0,7458	
0,31		0,0705 0,7605	
0,30		0,0756 0,7756	
0,29		0,0810 0,7910	
0,28		0,0868 0,8068	
0,27		0,0930 0,8230	
0,26	0,0996 0,8396		
0,25	0,1066 0,8566		
0,24	0,1141 0,8741		
0,23	0,1222 0,8922		
0,22	0,1309 0,9109		
0,21	0,1403 0,9303		
0,20	0,1504 0,9504		
0,19	0,1613 0,9713		
0,18	0,1731 0,9931		
0,17	0,1859 1,0159		
0,16	0,1998 1,0398		
0,15	0,2150 — 1,0650		
	0,01	$\frac{V^2}{gH}$	$\frac{V^2}{gH}$

Продолжение 1-ой таблицы для $r = 0$ и произвольного t .

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$	Разница.
0,15	0,01	0,2150 — 1,0650 $\frac{V^2}{gH}$	0,0167 — 0,0267 $\frac{V^2}{gH}$
0,14		0,2317 1,0917	184 284
0,13		0,2501 1,1201	203 303
0,12		0,2704 1,1504	226 326
0,11		0,2930 1,1830	254 354
0,10		0,3184 1,2184	287 387
0,09		0,3471 1,2571	328 428
0,08		0,3799 1,2999	380 480
0,07		0,4179 1,3479	449 549
0,06		0,4628 1,4028	
	0,01		0,0542 0,0642
0,050	0,002	0,5170 1,4670	0,0123 — 0,0143
0,048		0,5293 1,4813	129 149
0,046		0,5422 1,4962	135 155
0,044		0,5557 1,5117	142 162
0,042		0,5699 1,5289	149 169
0,040		0,5848 1,5448	158 178
0,038		0,6006 1,5626	167 187
0,036		0,6173 1,5813	178 198
0,034		0,6351 1,6011	189 209
0,032		0,6540 1,6220	202 222
0,030		0,6742 1,6442	217 237
0,028		0,6959 1,6679	234 254
0,026		0,7193 1,6933	253 273
0,024		0,7446 1,7206	276 297
0,022		0,7722 1,7502	
	0,002		0,0305 0,0325
0,020	0,001	0,8027 1,7827	0,0164 — 0,0174
0,019		0,8191 1,8001	173 183
0,018		0,8364 1,8184	184 194
0,017		0,8548 1,8378	196 206
0,016		0,8744 1,8584	209 219
0,015		0,8953 1,8803	224 234
0,014		0,9177 1,9037	241 251
0,013		0,9418 1,9288	260 270
0,012		0,9678 1,9558	283 293
0,011		0,9961 1,9851	310 320
0,010		1,0271 2,0171	344 354
0,009		1,0615 2,0525	386 396
0,008		1,1001 2,0921	439 449
0,007		1,1440 2,1370	507 517
0,006		1,1947 2,1887	
0,005		1,2548 2,2498	601 611
0,004		1,3285 2,3245	737 747
0,003		1,4237 2,4207	952 962
0,002		1,5582 2,5562	1345 1355
0,001	0,001	1,7886 — 2,7876 $\frac{V^2}{gH}$	0,2304 — 0,2314 $\frac{V^2}{gH}$

2-я таблица для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 0$ (сѣченіе прямоугольное).

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$		Разница.		
1,00	0,01	0,000 000	— 0,000 000	0,000 000	— 0,016 611	
0,99			0,000 000	0,016 611		$\frac{V^2}{gH}$
0,98			0,000 000	0,033 113	0	16 502
0,97			0,000 000	0,049 507	0	16 394
0,96			0,000 001	0,065 795	1	16 288
					2	16 184
0,95			0,000 003	0,081 979	3	16 082
0,94			0,000 006	0,098 061	4	15 982
0,93			0,000 010	0,114 043	6	15 883
0,92			0,000 016	0,129 926	10	15 788
0,91			0,000 026	0,145 714	14	15 695
0,90			0,000 040	0,161 409	18	15 605
0,89			0,000 058	0,177 014	23	15 517
0,88			0,000 081	0,192 531	30	15 432
0,87			0,000 111	0,207 963	38	15 348
0,86			0,000 149	0,223 311	47	15 268
0,85		0,000 196	0,238 579	57	15 191	
0,84		0,000 253	0,253 770	68	15 117	
0,83		0,000 321	0,268 887	80	15 046	
0,82		0,000 401	0,283 933	0,000 095	0,014 977	
0,81		0,000 496	0,298 910	0,00 011	— 0,014 91	
0,80		0,000 61	0,313 82	12	14 85	
0,79		0,000 73	0,328 67	15	14 79	
0,78		0,000 88	0,343 46	17	14 74	
0,77		0,001 05	0,358 20	19	14 69	
0,76		0,001 24	0,372 89	22	14 64	
0,75		0,001 46	0,387 53	24	14 59	
0,74		0,001 70	0,402 12	27	14 55	
0,73		0,001 97	0,416 67	30	14 51	
0,72		0,002 27	0,431 18	34	14 47	
0,71		0,002 61	0,445 65	37	14 44	
0,70		0,002 98	0,460 09	41	14 41	
0,69		0,003 39	0,474 50	45	14 39	
0,68		0,003 84	0,488 89	49	14 38	
0,67		0,004 33	0,503 27	54	14 36	
0,66		0,004 87	0,517 63	59	14 35	
0,65		0,005 46	0,531 98	64	14 34	
0,64		0,006 10	0,546 32	70	14 34	
0,63		0,006 80	0,560 66	76	14 34	
0,62		0,007 56	0,575 00	82	14 35	
0,61	0,01	0,008 38	0,589 35	0,000 88	— 0,014 36	
0,60		0,009 26	— 0,603 71		$\frac{\Gamma^2}{gH}$	

Продолжение 2-ой таблицы для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 0$.

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$	Разница.
0,60	0,01	0,0093 — 0,6037 $\frac{V^2}{gH}$	0,0009 — 0,0144 $\frac{V^2}{gH}$
0,59		0,0102 0,6181	10 144
0,58		0,0112 0,6325	11 144
0,57		0,0123 0,6469	12 145
0,56		0,0135 0,6614	13 145
0,55		0,0148 0,6759	14 145
0,54		0,0162 0,6904	15 146
0,53		0,0177 0,7050	16 146
0,52		0,0193 0,7196	17 147
0,51		0,0210 0,7343	18 148
0,50		0,0228 0,7491	19 149
0,49		0,0247 0,7640	20 150
0,48		0,0267 0,7790	21 150
0,47		0,0288 0,7940	23 151
0,46		0,0311 0,8091	25 152
0,45		0,0336 0,8243	26 154
0,44		0,0362 0,8397	28 155
0,43		0,0390 0,8552	30 156
0,42		0,0420 0,8708	32 158
0,41	0,0452 0,8866	33 159	
0,40	0,0485 0,9025	36 161	
0,39	0,0521 0,9186	38 163	
0,38	0,0559 0,9349	40 165	
0,37	0,0599 0,9514	43 167	
0,36	0,0642 0,9681	45 170	
0,35	0,0687 0,9851	48 172	
0,34	0,0735 1,0023	52 175	
0,33	0,0787 1,0198	55 178	
0,32	0,0842 1,0376	58 181	
0,31	0,0900 1,0557	62 185	
0,30	0,0962 1,0742	66 188	
0,29	0,1028 1,0930	70 192	
0,28	0,1098 1,1122	75 196	
0,27	0,1173 1,1318	80 201	
0,26	0,1253 1,1519	85 207	
0,25	0,1338 1,1726	91 212	
0,24	0,1429 1,1938	98 218	
0,23	0,1527 1,2156	105 225	
0,22	0,1632 1,2381	113 233	
0,21	0,1745 1,2614	121 241	
0,20	0,1866 1,2855	130 250	
0,19	0,1996 1,3105	140 260	
0,18	0,2136 1,3365	152 271	
0,17	0,2288 1,3636	166 284	
0,16	0,2454 1,3920 $\frac{V^2}{gH}$	0,0181 — 0,0299 $\frac{V^2}{gH}$	
0,15	0,2635 — 1,4219 $\frac{V^2}{gH}$		

Продолженіе 2-ой таблицы для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 0$.

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значеніе $\frac{iS}{H}$		Разница.			
0,15	0,01	0,2635	— 1,4219	0,0198	— 0,0316		
0,14		$\frac{V^2}{gH}$				$\frac{V^2}{gH}$	
0,13		0,2833	1,4535			217	335
0,12		0,3050	1,4870			239	357
0,11		0,3289	1,5227			265	383
			0,3554			1,5610	297
0,10	0,01	0,3851	1,6024	336	452		
0,09		0,4187	1,6476	384	500		
0,08		0,4571	1,6976	444	562		
0,07		0,5015	1,7538	523	642		
0,06		0,5533	1,8180	0,0632	0,0747		
0,050		0,002	0,6170	1,8927	0,0143	0,0116	
0,048			0,6313	1,9093	150	173	
0,046			0,6463	1,9266	157	180	
0,044			0,6620	1,9446	165	188	
0,042			0,6785	1,9634	173	197	
0,040	0,002	0,6958	1,9831	183	207		
0,038		0,7141	2,0038	194	217		
0,036		0,7335	2,0255	206	229		
0,034		0,7541	2,0484	219	242		
0,032		0,7760	2,0726	234	257		
0,030		0,7994	2,0983	251	274		
0,028		0,8245	2,1257	271	294		
0,026		0,8516	2,1551	294	317		
0,024		0,8810	2,1868	321	344		
0,022		0,9131	2,2212	0,0352	0,0376		
0,020	0,001	0,9483	2,2588	0,0190	0,0202		
0,019		0,9673	2,2790	201	213		
0,018		0,9874	2,3003	213	224		
0,017		1,0087	2,3227	226	237		
0,016		1,0313	2,3464	241	252		
0,015		1,0554	2,3716	258	270		
0,014		1,0812	2,3986	278	290		
0,013		1,1090	2,4276	301	313		
0,012		1,1391	2,4589	328	340		
0,011		1,1719	2,4929	360	372		
0,010	0,001	1,2079	2,5301	398	410		
0,009		1,2477	2,5711	445	457		
0,008		1,2922	2,6168	506	517		
0,007		1,3428	2,6685	587	597		
0,006		1,4015	2,7282	696	706		
0,005		1,4711	2,7988	849	862		
0,004		1,5560	2,8850	1099	1111		
0,003		1,6659	2,9961	1552	1563		
0,002		1,8211	3,1524	0,2658	— 0,2669		
0,001		2,0869	— 3,4193	$\frac{V^2}{gH}$			

3-я таблица для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 2$ (трапециoidalное сѣченіе уклонъ 2 на 1).

$\frac{y}{H}$	Разница,	Значение $\frac{iS}{H}$	Разница.
1,00	0,01	0,000 000 — 0,000 000	0,000 000 — 0,018 196 $\frac{V^2}{gH}$
0,99		0,000 000	0,018 196
0,98		0,000 000	0,036 316
0,97		0,000 000	0,054 365
0,96		0,000 000	0,072 348
0,95		0,000 000	0,090 269
0,94		0,000 001	0,108 132
0,93		0,000 002	0,125 941
0,92		0,000 003	0,143 700
0,91		0,000 004	0,161 412
1,90		0,000 006	0,179 081
0,89		0,000 009	0,196 710
0,88		0,000 013	0,214 302
0,87		0,000 018	0,231 860
0,86		0,000 024	0,249 386
0,85		0,000 032	0,266 882
0,84	0,000 042	0,284 350	
0,83	0,000 054	0,301 793	
0,82	0,000 069	0,319 213	
0,81	0,000 087	0,336 612	
0,80	0,000 11	0,353 99	0,000 018 0,017 38
0,79	0,000 13	0,371 35	2 17 36
0,78	0,000 16	0,388 70	3 17 35
0,77	0,000 20	0,406 04	4 17 34
0,76	0,000 24	0,423 37	4 17 33
0,75	0,000 29	0,440 69	5 17 32
0,74	0,000 35	0,458 00	6 17 31
0,73	0,000 41	0,475 30	6 17 30
0,72	0,000 48	0,492 60	7 17 30
0,71	0,000 56	0,509 90	8 17 30
0,70	0,000 65	0,527 20	9 17 30
0,69	0,000 75	0,544 50	10 17 30
0,68	0,000 87	0,561 81	12 17 31
0,67	0,001 00	0,579 13	13 17 32
0,66	0,001 14	0,596 46	14 17 33
0,65	0,001 30	0,613 81	16 17 35
0,64	0,001 48	0,631 18	18 17 37
0,63	0,001 68	0,648 57	20 17 39
0,62	0,001 90	0,665 98	22 17 41
0,61	0,002 14	0,683 41	24 17 43 $\frac{V^2}{gH}$
0,60	0,002 40	— 0,700 86 $\frac{V^2}{gH}$	0,000 26 — 0,017 45 $\frac{V^2}{gH}$

Продолжение 3-ей таблицы для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 2$.

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$	Разница.
0,60	0,01	0,0024 — 0,7009 $\frac{V^2}{gH}$	0,0003 — 0,0175 $\frac{V^2}{gH}$
0,59		0,0027 0,7184	3 175
0,58		0,0030 0,7359	4 176
0,57		0,0034 0,7535	4 176
0,56		0,0038 0,7711	4 177
0,55		0,0042 0,7888	4 177
0,54		0,0046 0,8065	5 178
0,53		0,0051 0,8243	6 178
0,52		0,0057 0,8421	6 179
0,51		0,0063 0,8600	6 180
0,50		0,0069 0,8780	7 181
0,49		0,0076 0,8961	7 182
0,48		0,0083 0,9143	8 183
0,47		0,0091 0,9326	9 184
0,46		0,0100 0,9510	10 185
0,45		0,0110 0,9695	11 186
0,44		0,0121 0,9881	11 187
0,43		0,0132 1,0068	12 188
0,42		0,0144 1,0256	13 190
0,41		0,0157 1,0446	14 192
0,40		0,0171 1,0638	15 194
0,39		0,0186 1,0832	16 196
0,38		0,0202 1,1028	17 198
0,37		0,0219 1,1226	19 200
0,36		0,0238 1,1426	20 202
0,35		0,0258 1,1628	22 204
0,34		0,0280 1,1832	24 207
0,33		0,0304 1,2039	25 210
0,32		0,0329 1,2249	27 213
0,31		0,0356 1,2462	29 217
0,30		0,0385 1,2679	31 221
0,29		0,0416 1,2900	34 225
0,28		0,0450 1,3125	37 229
0,27		0,0487 1,3354	39 234
0,26	0,0526 1,3588	43 239	
0,25	0,0569 1,3827	46 245	
0,24	0,0615 1,4072	50 251	
0,23	0,0665 1,4324	54 258	
0,22	0,0719 1,4581	58 265	
0,21	0,0777 1,4846	63 273	
0,20	0,0840 1,5119	69 283	
0,19	0,0909 1,5402	76 294	
0,18	0,0985 1,5696	83 305	
0,17	0,1068 1,6001	91 318	
0,16	0,1159 1,6319	0,0099 — 0,0333 $\frac{V^2}{gH}$	
0,15	0,1258 — 1,6652 $\frac{V^2}{gH}$		

Продолжение 3-й таблицы для $r = \frac{1}{3}$ и $t = 2$.

$\frac{y}{H}$	Разница.	Значение $\frac{iS}{H}$		Разница.		
0,15	0,01	0,1258	1,6652	0,0108	0,0350	
0,14		$\frac{V^2}{gH}$		121	370	
0,13		0,1488	1,7372	135	393	
0,12		0,1623	1,7765	151	420	
0,11		0,1774	1,8185	171	453	
0,10		0,1945	1,8638	195	493	
0,09		0,2140	1,9131	224	541	
0,08		0,2364	1,9672	261	602	
0,07		0,2625	2,0274	310	684	
0,06		0,2935	2,0958	0,0378	0,0796	
0,050	0,002	0,3313	2,1754	0,0086	0,0178	
0,048		0,3399	2,1932	90	184	
0,046		0,3489	2,2116	95	191	
0,044		0,3584	2,2307	100	199	
0,042		0,3684	2,2506	105	208	
0,040		0,3789	2,2714	110	218	
0,038		0,3899	2,2932	117	229	
0,036		0,4016	2,3161	125	241	
0,034		0,4141	2,3402	133	255	
0,032		0,4274	2,3657	143	271	
0,030	0,002	0,4417	2,3928	153	289	
0,028		0,4570	2,4217	165	309	
0,026		0,4735	2,4526	179	332	
0,024		0,4914	2,4858	196	360	
0,022		0,5110	2,5218	0,0216	0,0394	
0,020		0,001	0,5326	2,5612	0,0117	0,0210
0,019			0,5443	2,5822	123	222
0,018			0,5566	2,6044	130	235
0,017			0,5696	2,6279	139	249
0,016			0,5835	2,6528	149	264
0,015	0,5984		2,6792	159	281	
0,014	0,6143		2,7073	171	302	
0,013	0,6314		2,7375	185	326	
0,012	0,6499		2,7701	202	354	
0,011	0,6701		2,8055	222	387	
0,010	0,001	0,6923	2,8442	246	426	
0,009		0,7169	2,8868	276	475	
0,008		0,7445	2,9342	313	539	
0,007		0,7758	2,9882	362	622	
0,006		0,8120	3,0504	430	733	
0,005		0,8550	3,1237	528	895	
0,004		0,9078	3,2132	681	1153	
0,003		0,9759	3,3285	961	1620	
0,002		1,0720	3,4905	0,1649	0,2764	
0,001		1,2369	3,7669	$\frac{\Gamma^2}{gH}$		

О П Е Ч А Т К И.

Страница.	Строка.	Напечатано.	Слѣдуетъ читать.
4	8 сверху	выраженія живой силы	выраженія высоты живой силы
5	13 "	$\left(\frac{l+2H}{l^3 i^3}\right)$	$\left(\frac{l+2H}{l^3 H^3}\right)$
6	5 "	$\frac{2H_2+l}{l}$	$gb\left(\frac{2H_2+l}{l}\right)$
7	12 снизу	котораго	которая
10	9 "	$B_2 B_3 C_2 A_2$	$B_2 B_3 C_3 A_3$
12	1 сверху	всегда $\gamma > 0$	всегда > 0
12	2 снизу	$\frac{dh}{ds} < 0$	$\frac{dh}{ds} > 0$
14	10 "	$\frac{1}{\sqrt{1-i^2}}$	$\frac{i}{\sqrt{1-i^2}}$
35	11 сверху	A_2 и B_3	A_3 и B_3
55	черт. 29	(1.3292)	(1.3252)

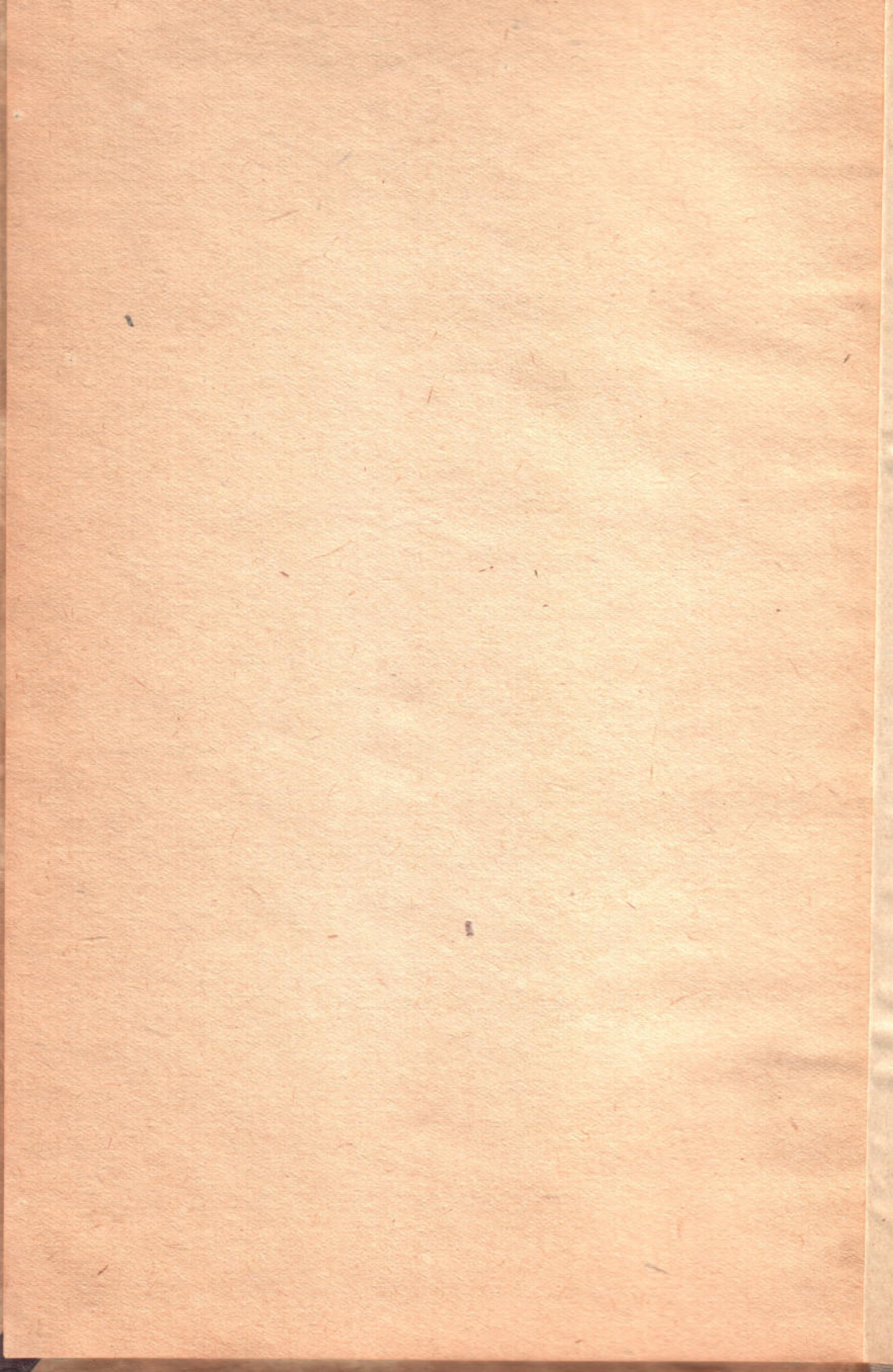
Чертежъ 38

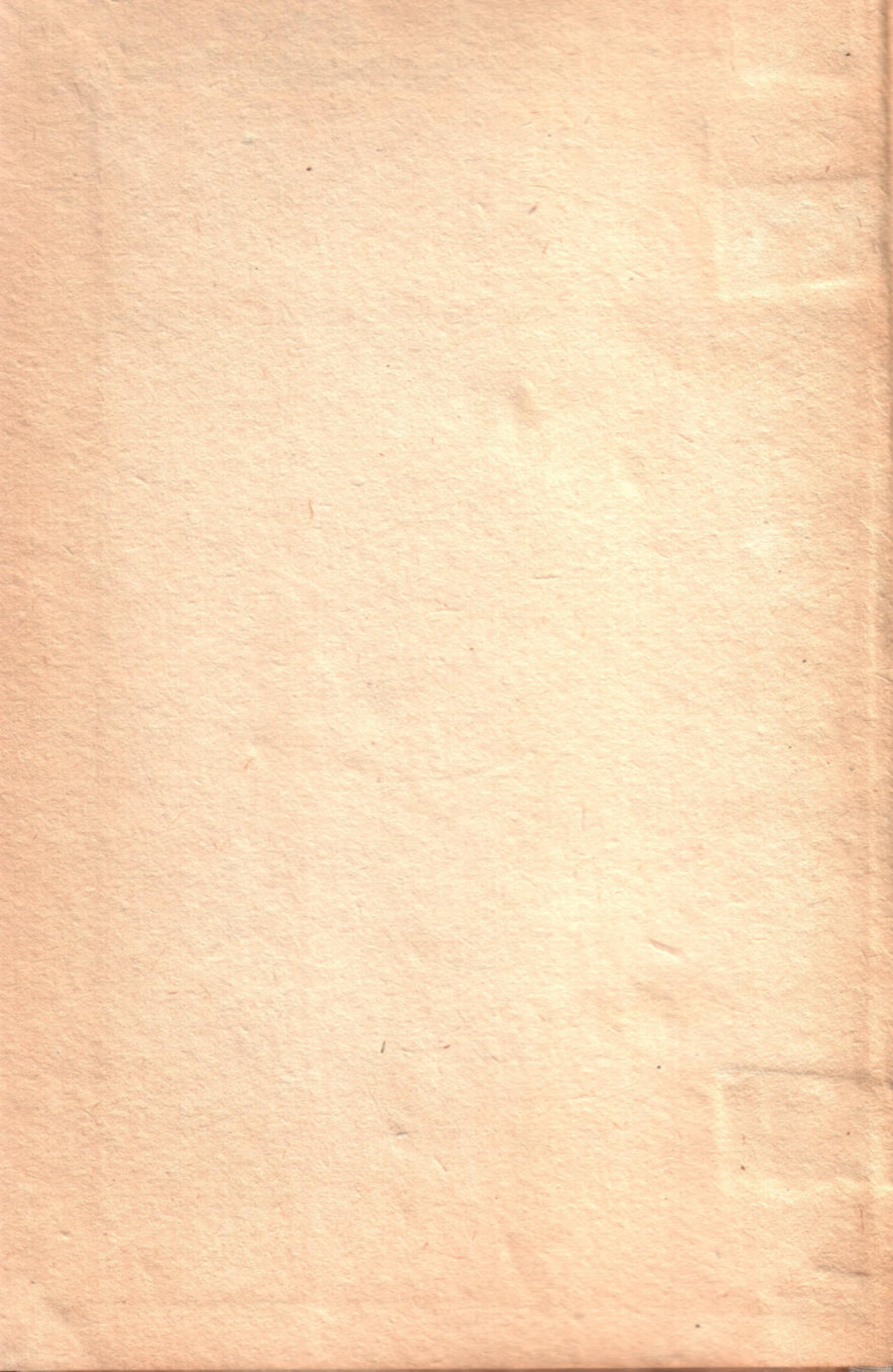
въ 3-мъ участкѣ уклонъ дна:

		$i = 0,01$	$i = 0,00$
87	7 снизу	$i = 0.$	$i = 0,00$
17	3 "	$\sqrt{\frac{2}{3}}$	$\frac{\sqrt{2}}{3}$
18	2 сверху	$H_1 = \frac{3}{4}c$	$H_1 = \frac{3}{4}c$ и $q_3 = lH_1^{\frac{3}{2}} \sqrt{g}$
83	1 снизу	$H_1 > H$	$H_1 < H$

ИТАЛИЯ

Визовая информация, включая даты, места и подписи, в значительной степени размыта и нечитаема.





532

M1479

127
127