

551.5

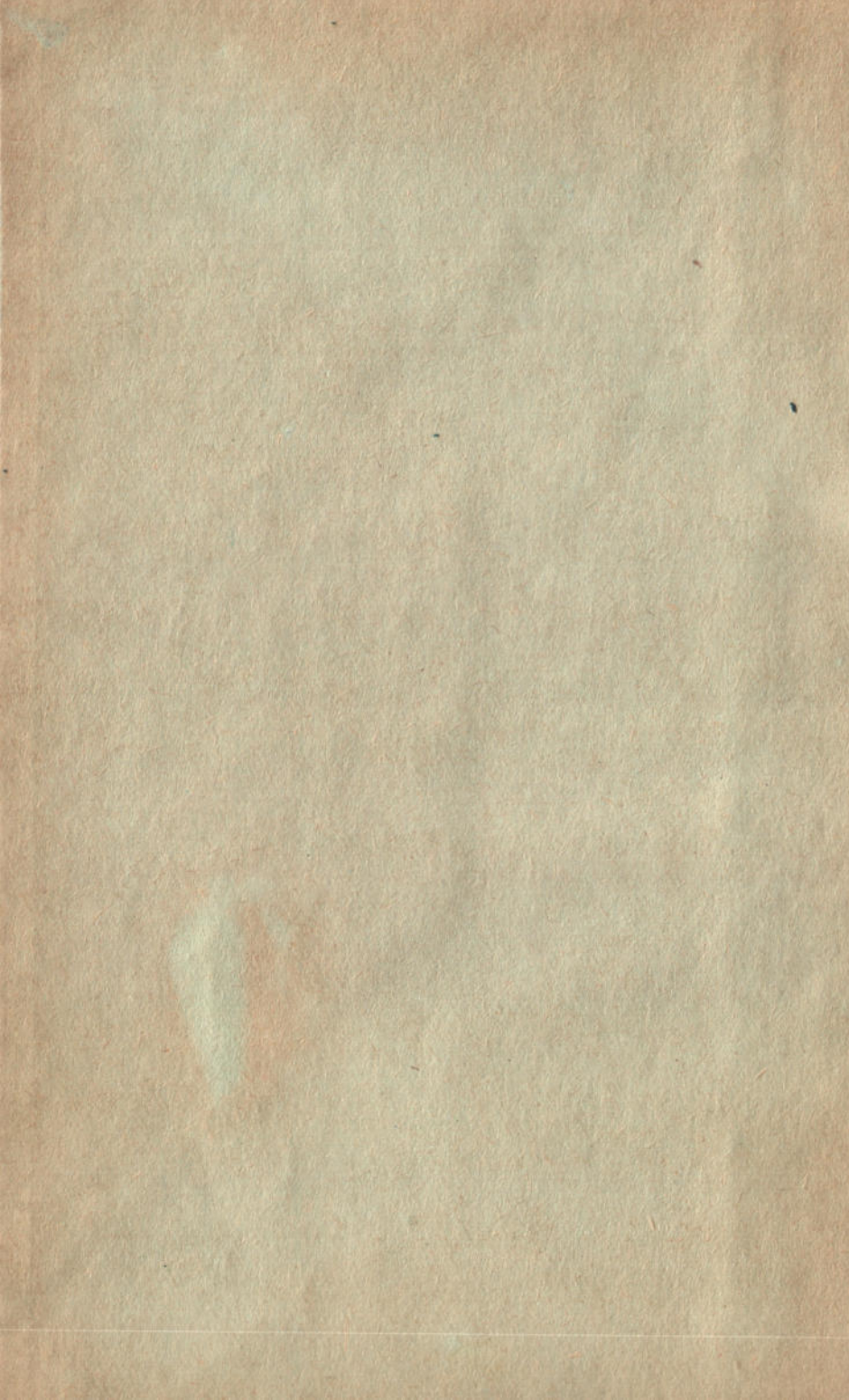
ЖС-86

Жуковский Н.Н.

О методах измерения  
скоростей

1648





17  
9  
551  
Ж-86  
Инженеръ Н. Н. Жуковскій.

# О методахъ измѣренія скоростей

и

РАСХОДОВЪ ВОДЫ ВЪ БОЛЬШИХЪ ОТКРЫ-  
ТЫХЪ РУСЛАХЪ.

проверено  
1966 г.

Труды XI Съезда Русскихъ Дѣятелей по водянымъ путямъ.

1678

С. Петербургъ  
въ Типографіи  
И. М. Гутцаца

с/а  
✓



ПОИ

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Паровая Скоропечатня М. М. Гутцаца, Шпалерная, 26.

1909.

Историческое общество



Историческое общество

Историческое общество

Наибольше точныя измѣренія скоростей и расходовъ воды въ большихъ открытыхъ руслахъ въ настоящее время производится, какъ извѣстно, исключительно гидрометрическими вертушками, причемъ, въ зависимости отъ способа производства и обработки наблюдений, различаютъ три метода опредѣленія расходовъ: 1) по способу измѣренія скоростей въ отдѣльныхъ точкахъ, который назовемъ, для краткости, „основнымъ методомъ“; 2) интеграціонный методъ, и 3) детальный методъ.

Имѣя въ виду выясненіе вопроса о выборѣ наибольше рачіональнаго метода опредѣленія расходовъ воды въ большихъ рѣкахъ, — въ настоящемъ докладѣ будетъ сдѣлана попытка дать критическую оцѣнку перечисленнымъ методамъ, основанную, отчасти на нѣкоторыхъ наблюденіяхъ, произведенныхъ мною нѣсколько лѣтъ тому назадъ, въ бытность мою завѣдующимъ Вязовской гидрометрической станціей на р. Волгѣ \*) близъ Казани.

Основной методъ, начало примѣненія котораго относится ко времени устройства первыхъ болѣе или менѣе точныхъ гидрометрическихъ приборовъ, считается, вообще говоря, наибольше точнымъ и заключается въ слѣдующемъ. На каждой избранной вертикали заданнаго живого сѣченія рѣки послѣдовательно, на разныхъ глубинахъ ставится вертушка, и въ каждой точкѣ ея стоянія скорость воды измѣряется въ теченіе болѣе или менѣе продолжительнаго періода времени (2—5 минутъ); число и мѣстонахожденіе въ живомъ сѣченіи вертикалей, положеніе и число точекъ стоянокъ вертушки на каждой вертикали и, наконецъ, продолжительность каждаго отдѣльнаго измѣренія выбираются въ различныхъ случаяхъ и различными наблюдателями—различно; основаніемъ такого выбора служитъ прежде всего стремленіе къ возможно точному измѣренію расхода, сообразуясь съ существующими условіями работъ (погода и степень устойчивости уровня воды въ рѣкѣ). Опредѣливъ для каждой точки стоянія вертушки число оборотовъ  $N$  ея лопастей за время наблюденія  $T$  сек., находятъ среднее секундное число оборотовъ  $n = \frac{N}{T}$  и, пользуясь заранѣе

\*) Настоящій докладъ представляетъ собою, — въ нѣсколько переработанномъ видѣ, — часть годового отчета о дѣятельности Вязовской гидрометрической станціи за 1903 годъ, представленнаго мною въ правленіе Казанскаго Округа п. с.

известной формулой вертушки \*), выражающей связь между скоростью течения  $v$  и секунднымъ числомъ оборотовъ лопастей  $n$ , — вычисляютъ среднюю скорость движенія воды въ данной точкѣ вертикали. Окончивъ вычисленіе скоростей для всѣхъ точекъ стоянія вертушки въ живомъ сѣченіи, переходятъ къ графическимъ работамъ и на каждой вертикали, принимаемой за ось ординатъ, откладываютъ въ соответственныхъ точкахъ по направленію оси абсциссъ (прямоуг. сист. коорд.) длины, пропорціональныя найденнымъ скоростямъ этихъ точекъ, и затѣмъ, допуская, что величины среднихъ скоростей вдоль вертикали измѣняются плавно, соединяютъ концы полученныхъ отрѣзковъ плавной кривой, которую плавно же продолжаютъ до пересѣченія вверху — съ линіей горизонта воды, а внизу — съ линіей рѣчного дна; полученная кривая носитъ названіе кривой среднихъ скоростей вертикали, а площадь, ограниченная вертикалью и линіями поверхности воды и рѣчного дна и упомянутой кривой — называютъ площадью среднихъ скоростей вертикали. Далѣе вычисляютъ или опредѣляютъ планиметромъ величины  $\omega_v$  этихъ площадей, дѣленіемъ которыхъ на глубины соответственныхъ вертикалей  $h$  можно получить среднія дѣйствительныя скорости вертикалей  $v_o = \frac{\omega_v}{h}$  или дѣленіемъ на среднюю глубину живого сѣченія  $R$  — среднія скорости вертикалей, отнесенныя къ средней глубинѣ  $v_{of} = \frac{\omega_v}{R}$ , которыя могутъ быть названы средними фиктивными скоростями вертикалей.

На основаніи этихъ данныхъ находятъ расходъ воды въ разсматриваемомъ живомъ сѣченіи рѣки или по способу Culmann'a, или по способу Harlaher'a, или *аналитически*, или, наконецъ, помощью *среднихъ фиктивныхъ скоростей* вертикалей, при чемъ, вообще говоря, для опредѣленія величины секунднаго расхода воды, во-первыхъ допускаютъ, что въ различныхъ слояхъ живого сѣченія, т. е. по направленію ширины рѣки, — среднія мѣстныя скорости измѣняются плавно и, во вторыхъ, представляютъ *себѣ расходъ воды* въ видѣ объема, образованнаго секунднымъ перемѣщеніемъ всей совокупности частицъ воды, совпадающихъ въ началѣ секунды съ плоскостью даннаго живого сѣченія рѣки; *къ вычисленію этого*

\*) На болѣе употребительный видъ формулы:  $v = \alpha + \beta n$  рѣже  $v = \alpha + \beta n + \gamma n^2$  и  $v = \beta n + \sqrt{(\beta^2 + \gamma)} n + \alpha$ , гдѣ  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , — эмпирическіе коэффициенты, опредѣляемые тарировкой прибора и остающіеся постоянными — между известными предѣлами скоростей воды, вращающей лопасти.



*объема и сводится задача опредѣленія расхода.* Такъ какъ объемъ этотъ имѣетъ форму неправильную, то его опредѣленіе производится приближенно, для чего его разбиваютъ на рядъ достаточно малыхъ элементовъ, объемъ каждаго изъ которыхъ опредѣляютъ въ отдѣльности и затѣмъ всѣ ихъ суммируютъ; сѣкушія плоскости, разгранивающія элементы, берутъ или параллельными плоскости живого сѣченія, или же перпендикулярными къ ней.

Примѣняя способъ Culmann'a, вычерчиваютъ живое сѣченіе рѣки, въ которомъ были измѣрены скорости, и наносятъ на немъ линіи равныхъ скоростей (изотахи), пользуясь для этого (подобно тому, какъ пользуются профилями мѣстности для нанесенія горизонталей) построенными ранѣ кривыми среднихъ скоростей на вертикаляхъ, а также и кривой среднихъ поверхностныхъ скоростей, построенной на ширинѣ рѣки, какъ на оси абсциссъ. Затѣмъ опредѣляютъ планиметромъ площади, ограниченныя различными изотахами, вычисляютъ объемы всѣхъ элементовъ, площадями основаній которыхъ служатъ площади изотакъ, и, суммируя всѣ эти объемы, находятъ искомую величину  $Q$  расхода. Если, кромѣ того, будетъ опредѣлена площадь живого сѣченія  $F$ , то можно еще вычислить среднюю скорость всего живого сѣченія  $V_0 = \frac{Q}{F}$ . Очевидно, что сѣкушія плоскости берутся здѣсь параллельными плоскости живого сѣченія и что предварительнаго опредѣленія площадей среднихъ скоростей на вертикаляхъ, собственно для опредѣленія расхода, не требуется. *Легко видѣть, между прочимъ, что способъ Culmann'a позволяетъ судить, по расположенію изотакъ, о существующемъ въ живомъ сѣченіи распредѣленіи среднихъ мѣстныхъ скоростей по величинѣ, а при условіи измѣренія расходовъ въ рядѣ смежныхъ профилей и при надлежащей ихъ обработкѣ можетъ быть также получено нѣкоторое представленіе о ихъ распредѣленіи по направленію.*

При „аналитическомъ“ опредѣленіи величины расхода соотвѣтствующій ему объемъ водяного тѣла представляютъ себѣ разбитымъ на элементы плоскостями, перпендикулярными къ плоскостямъ живого сѣченія и проходящими черезъ вертикали, въ которыхъ были измѣрены скорости. Опредѣливъ предварительно площади скоростей на вертикаляхъ и зная разстоянія между этими послѣдними, вычисляютъ объемъ каждаго элемента, а суммируя всѣ эти объемы, получаютъ величину расхода. *Этимъ способомъ,*

очевидно, находятъ величину расхода значительно быстрее, чѣмъ способомъ Culmann'a.

Примѣняя способъ Harlaheг'a, тоже берутъ сѣкуція плоскости перпендикулярными къ плоскости живого сѣченія, но самое опредѣленіе расхода производятъ помощью чертежа и планиметра. Опредѣливъ заранѣе площади  $\omega_v$  среднихъ скоростей вертикалей \*), строятъ на ширинѣ живого сѣченія, такъ называемую, кривую расхода; для этого на каждой измѣренной вертикали живого сѣченія въ условномъ линейномъ масштабѣ откладываютъ площадь средней ея скорости, и затѣмъ всѣ полученныя такимъ образомъ точки (концы ординатъ) соединяютъ между собою и съ точками урѣза воды плавной кривой. Численное значеніе величины площади, ограниченной этой кривой и осью абциссъ, и будетъ равно численному значенію искомой величины расхода. *По сравненію со способомъ Culmann'a способъ этотъ ведетъ къ цѣли быстрее, а по сравненію съ „аналитическимъ“, или немного медленнѣе, или же немного быстрее, въ зависимости отъ числа рабочихъ вертикалей, а главнымъ образомъ отъ того, были ли взяты разстоянія между рабочими вертикалями равными между собою, или не равными.*

Для нахождения величины расхода помощью среднихъ фиктивныхъ скоростей вертикалей опредѣляютъ сначала величину средней скорости  $V_0$  всего живого сѣченія; для этого, вычисливъ предварительно величины среднихъ фиктивныхъ скоростей вертикалей, строятъ на ширинѣ  $L$  живого сѣченія, какъ на оси абциссъ, кривую среднихъ фиктивныхъ скоростей живого сѣченія; затѣмъ опредѣляютъ планиметромъ площадь  $A$ , ограниченную этой кривой и линіей горизонта воды, дѣленіемъ этой площади на ширину рѣки  $L$  получаютъ среднюю дѣйствительную скорость живого сѣченія  $V_0 = \frac{A}{L}$  и, наконецъ, умноженіемъ этой послѣдней на площадь живого сѣченія  $F$  находятъ искомую величину расхода воды  $Q = F \cdot V_0$  \*\*). *Способъ этотъ, очевидно, подобенъ способу*

\*) Площади эти, очевидно, можно понимать, какъ «элементарные расходы», воды на вертикаляхъ, принимая здѣсь за элементъ призматическое тѣло, съ основаніемъ равнымъ площади скорости на вертикали высотой,—расположенной по направленію ширины рѣки,—равной единицѣ длины.

\*\*) Полученіе  $V_0$  помощью аналогичнаго построенія кривой среднихъ дѣйствительныхъ, а не фиктивныхъ скоростей вертикалей,—какъ это иногда рекомендуется,—можетъ привести къ вѣрнымъ результатамъ лишь въ случаѣ прямоугольнаго канала, когда среднія дѣйствительныя скорости равны среднимъ фиктивнымъ; для общаго же случая этотъ путь ошибоченъ, такъ какъ среднія дѣйствительныя скорости, существующія на вертикаляхъ различной

Harlaher'a и по сравненію съ нимъ требуетъ лишь выполненія нѣсколькихъ простыхъ ариѳметическихъ дѣйствій, устраняющихъ необходимость пользоваться условными масштабами.

Основной методъ признается, какъ упоминалось выше, *наибольше точнымъ*, и практическое его примѣненіе показало, между прочимъ, что выводы гидродинамики, сдѣланные для случая равномернаго движенія воды, согласуются въ нѣкоторыхъ случаяхъ съ дѣйствительнымъ движеніемъ воды достаточно удовлетворительно, разъ только разсматриваются средніе элементы этого движенія. Къ достоинствамъ этого метода относятъ также возможность получения, при опредѣленіи расхода по Culmann'у, *общаго представленія о распредѣленіи среднихъ скоростей* въ живомъ сѣченіи.

Но вмѣстѣ съ тѣмъ этому методу свойственны два существенныхъ недостатка. Первымъ — является *большая продолжительность измѣрительныхъ работъ*, которая, при непостоянствѣ уровня воды въ рѣкѣ и измѣнчивой погодѣ, служитъ причиною настолько значительныхъ и трудно исправимыхъ погрѣшностей въ опредѣленіи расхода, что большая точность метода оказывается въ такихъ случаяхъ совершенно неумѣстной. Второй недостатокъ заключается въ *обиліи кабинетной работы*, благодаря чему примѣненіе основного метода на постоянныхъ гидрометрическихъ станціяхъ сильно ограничиваетъ число ежегодно измѣряемыхъ расходовъ и кромѣ того, — при быстрыхъ колебаніяхъ уровня воды въ рѣкѣ, — не позволяетъ своевременно измѣренія, оказавшіяся по окончаніи обработки не достаточно надежными.

глубины, между собою не равноцѣнны въ смыслѣ ихъ вліянія на величину средней скорости всего живого сѣченія; это явствуетъ также изъ того, что  $V_0$  есть функція отъ  $F$ , и, если мы выражаемъ  $F$  черезъ два какихъ либо множителя  $L$  и  $R$ , то  $V_0$  есть функція отъ  $L$  и  $R$  одновременно, поэтому нельзя оперировать съ  $V_0$  и  $L$ , не считаясь съ зависимою  $V_0$  отъ  $R$ . Всего же нагляднѣе выступаетъ ошибочность такого приема, если мы примемъ пл.  $A$  за неизвѣстную, которая, будучи раздѣлена на  $L$ , дастъ  $V_0$ , при чемъ будемъ имѣть въ виду, что  $V_0$ , какъ средняя скорость живого сѣченія, есть результатъ воображаемаго равномернаго распредѣленія полного расхода  $Q$  на полной площади живого сѣченія  $F$ . Тогда по заданію  $V_0 = \frac{\text{пл. } A}{L}$ ; а по опредѣленію понятія средней скорости живого сѣченія  $V_0 = \frac{Q}{F}$ , откуда  $\frac{\text{пл. } A}{L} = \frac{Q}{F}$ , или пл.  $A = L \cdot \frac{Q}{F} = \frac{Q}{F/L}$ ; но  $Q = \sum_0^L \omega v$ ; и  $\frac{Q}{L} = R$  — подводному радиусу; поэтому пл.  $A = \sum_0^L \frac{\omega v}{R} = \sum_0^L \omega v f$ , т. е. площади кривой фиктивныхъ скоростей вертикалей, а не дѣйствительныхъ.

Обоихъ этихъ недостатковъ лишень *интеграціонный методъ*, предложенный въ 1850 году Treviranus'омъ и разработанный на практикѣ въ 70-хъ годахъ Harlaheг'омъ.

Отъ основного метода онъ существенно отличается тѣмъ, что для опредѣленія средней скорости вертикали, — вмѣсто цѣлаго ряда измѣреній въ различныхъ ея точкахъ — производится лишь одно измѣреніе, и при томъ не въ отдѣльной точкѣ, а непрерывно вдоль линіи вертикали; по терминологіи Harlaheг'a такое опредѣленіе средней скорости вертикали называется нахожденіемъ ея помощью „механической интеграціи“.

Самое измѣреніе производится слѣдующимъ образомъ. Вертушку, свободно подвѣшанную на тросѣ или скользящую вдоль штанги, отвѣсно установленной на дно рѣки на изслѣдуемой вертикали, перемѣщаютъ непрерывно отъ наинизшаго положенія ея близъ дна до поверхности воды или обратно и замѣчаютъ общее число оборотовъ  $N$ , сдѣланныхъ вертушкой за время этого перемѣщенія, и общее число затраченныхъ на него секундъ  $T$ ; вычисливъ затѣмъ среднее число оборотовъ  $n = \frac{N}{T}$ , подставляютъ его въ формулу вертушки  $v = \alpha + \beta n$  и получаютъ среднюю скорость движенія воды  $v_0'$  на всемъ пути поступательнаго движенія вертушки. Для того, чтобы измѣренная такимъ образомъ скорость  $v_0'$  не была ошибочна, необходимо: *во первыхъ, чтобы перемѣщеніе вертушки вдоль вертикали совершалось равномерно*, иначе, вслѣдствіе неодинаковой продолжительности пребыванія вертушки въ различныхъ точкахъ вертикали, наблюденія скоростей въ различныхъ слояхъ воды *не будутъ между собою равноцѣпны*, и опредѣленіе средней скорости, какъ средней ариѳметической изъ скоростей ряда точекъ, составляющихъ вертикаль, будетъ незаконно; *во вторыхъ, чтобы вертушка имѣла формулу вида линейнаго уравненія относительно  $v$  и  $n$*  \*) и въ

\*) Положимъ, имѣемъ вертикаль глубиною  $H$ , вдоль всей дини которой мы производимъ равномерный подъемъ вертушки, затрачивая на это  $T$  секундъ и въ теченіе котораго лопасти вертушки совершаютъ  $N$  оборотовъ. Пусть  $\tau = \frac{T}{K}$ , гдѣ  $K$  произвольно большое число; въ теченіе своего подъема вертушка послѣдовательно пройдетъ рядъ слоевъ воды высотой  $h_1 = h_2 = \dots = h_k = \frac{H}{K}$ , гдѣ скорость будетъ послѣдовательно имѣть значенія  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_k$ , которымъ будутъ соотвѣтствовать числа оборотовъ лопастей  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$  между собою, вообще говоря, не равныя и сумма которыхъ  $N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_k = N$ .

третьихъ, чтобы вертушка не имѣла горизонтальной оси вращения, иначе поступательное движеніе ея вдоль вертикали будетъ отражаться на положеніи оси вращения лопастей и обусловитъ неисправимыя ошибки въ показаніяхъ, зависящія, какъ отъ наклоннаго положенія оси вращения лопастей къ направленію движенія воды, такъ и отъ неперпендикулярности этой оси къ направленію ея перемѣщенія.

Итакъ, механическая интеграція даетъ сразу же, однимъ измѣреніемъ, величину  $v'_0 = \alpha + \beta \frac{N}{T}$  равную средней скорости воды на протяженіи пути поступательнаго движенія вертушки. Но эта скорость не есть дѣйствительная средняя скорость верти-

Вмѣстѣ съ тѣмъ сдѣлаемъ временно два допущенія: 1) что вдоль вертикали скорости  $v_1, v_2, v_3, \dots$  мѣняются свое значеніе скачками, и 2) что движеніе воды во всѣхъ слояхъ вертикали происходитъ равномерно и что, слѣдовательно, достаточно сколь угодно малаго промежутка времени для измѣренія этой скорости.

Докажемъ:

а) Что средняя скорость вертикали  $v_0$  въ предѣлахъ ея измѣренія равна

$$v_0 = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_k}{K}$$

Если площадь скорости (или элементарный расходъ воды) на рассматриваемой вертикали равна  $\omega v$ , то изъ опредѣленія понятія средней скорости

вертикали  $v_0 = \frac{\omega v}{H}$  по согласіи допущеній 1) и 2)

гдѣ  $\omega v = v_1 h_1 + v_2 h_2 + v_3 h_3 + \dots + v_k h_k,$

$$h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h_k = \frac{H}{K} = h;$$

слѣдовательно

$$\omega v = \frac{H}{K} (v_1 + v_2 + \dots + v_k);$$

откуда

$$v_0 = \frac{(v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_k) \cdot H}{H \cdot K} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_k}{K}$$

Но если это справедливо для  $K$  сколь угодно большаго и, слѣдовательно,  $h$  сколько угодно малаго, то оно, очевидно, будетъ справедливо и въ предѣльномъ случаѣ, когда  $h$  бесконечно мало и скорости  $v_1, v_2, v_3, \dots$  измѣняются свое значеніе не скачками, а плавно. Слѣдовательно, допущеніе 1) можетъ быть отброшено.

Но если бы не существовало равенствъ  $h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h_k = \frac{H}{K}$ , т. е. если бы поступательное движеніе вертушки не было равномерно, то изъ хода алгебраическихъ дѣйствій ясно, что полученнаго равенства не существовало бы.

б) Что средняя скорость вертикали въ предѣлахъ измѣренія равна скорости, опредѣленной изъ формулы вертушки по общему числу оборотовъ ея лопастей  $N$  за все время поступательнаго ея движенія  $T$ , при чемъ предполагаемъ, что вертушка имѣетъ формулу вида линейнаго уравненія:

$$v = \sigma + \beta n.$$

кали  $v'_0$  потому, что путь перемѣненія вертушки всегда будетъ меньше, чѣмъ полная длина вертикали, и, если ось вращения лопастей можетъ быть безъ чувствительной погрѣшности въ числѣ оборотовъ доведена при подъемѣ до совпаденія съ уровнемъ воды, то съ линіей дна, очевидно, она совмѣщена быть не можетъ, тѣмъ болѣе, что ниже вертушки обычно помѣщается еще грузъ и, кромѣ того, во избѣжаніе порчи инструмента о неизвѣстные подводные предметы, признается рискованнымъ опускать ось вращения лопастей ниже высоты 0,15—0,20 м. надъ дномъ. Такъ какъ въ неизмѣренномъ пространствѣ, близъ дна, скорости, вообще говоря, меньше чѣмъ  $v'_0$ , то эта послѣдняя всегда бываетъ нѣсколько больше, чѣмъ  $v_0$ . Иногда, когда это не противорѣчитъ цѣлямъ опредѣленія расхода, съ этой погрѣшностью ми-

Изъ предыдущаго:

$$v_0 = \frac{v_1 + v_2 + \dots + vk}{K}$$

Но

$$v_1 = \alpha + \beta \frac{N_1}{\tau}$$

$$v_2 = \alpha + \beta \frac{N_2}{\tau}$$

$$v_3 = \alpha + \beta \frac{N_3}{\tau}$$

$$\dots$$

$$\dots$$

$$vk = \alpha + \beta \frac{Nk}{\tau}$$

$$\text{Поэтому } v_0 = \frac{I}{k} \left[ \alpha k + \beta \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + Nk}{\tau} \right];$$

$$\text{Но такъ какъ } N_1 + N_2 + N_3 + \dots + Nk = N$$

$$\text{и } k \tau = T,$$

то, слѣдовательно,  $v_0 = \alpha + \beta \frac{N}{T}$  независимо отъ того, какъ велико  $K$ , и, слѣдовательно, какъ мало  $\tau$ .

Подобнымъ же образомъ легко показать, что въ тѣхъ случаяхъ, когда вертушка имѣетъ уравненіе со степенями  $v$  или  $n$ , высшими, чѣмъ первая, то подобное опредѣленіе  $v_0$  помощью  $N$  и  $T$  неизбѣжно приведетъ къ ошибочнымъ результатамъ.

Изложенное доказываетъ отмѣченныя выше: 1) необходимость соблюденія равномерности поступательнаго движенія вертушки вдоль вертикали и 2) необходимость примѣненія для «механической интеграціи» вертушекъ, имѣющихъ формулу вида линейнаго уравненія.

Теперь остается лишь отмѣтить, что сдѣланное выше допущеніе 2-ое, касающееся равномерности движенія воды, — наблюденіями не оправдывается и что, кромѣ того, точность измѣреній страдаетъ еще отъ несовершенства измѣрительныхъ приборовъ; задаваясь, однако, опредѣленіемъ средних значеній скоростей, оказывается возможнымъ значительно ослабить неблагоприятное вліяніе этихъ обстоятельствъ увеличеніемъ времени наблюденія  $T$  (см. стр. 35 и 49).

ряты и принимаютъ  $v_0 = v'_0$ . Для получения же болѣе точныхъ результатовъ пользуются *таблицами поправочныхъ коэффициентовъ*  $\xi$ , составленными Harlaher'омъ изъ большого числа наблюдений для глубинъ отъ 0,5 мт. до 8,0 мт. и для высотъ неизмѣреннаго пространства, равныхъ 0,15 мт. и 0,20 мт., при чемъ эти таблицы были составлены въ предположеніи, что  $v_0 = \xi v'_0$ , гдѣ  $\xi$  — постоянное число, зависящее лишь отъ высоты неизмѣреннаго пространства и глубины вертикали. \*)

По окончаніи измѣреній и вычисленій  $v_0$  для всѣхъ вертикалей переходятъ къ опредѣленію расхода, которое можетъ быть сдѣлано любымъ изъ числа указанныхъ выше способовъ, за исключеніемъ, очевидно, способа Culmann'a.

Самъ Treviranus впервые примѣнилъ идею этого метода въ 1850 году для измѣренія расходовъ воды въ фабричныхъ каналахъ шириною отъ 4 до 7 мт., при чемъ перемѣщенія вертушки совершались по горизонтальному направленію, а не по вертикальному (опредѣлялись среднія скорости различныхъ слоевъ живого сѣченія). Для измѣренія же среднихъ скоростей вертикалей, т. е. въ томъ видѣ, въ какомъ методъ здѣсь описанъ, онъ впервые былъ примѣненъ Revu для измѣренія расходовъ р.р. Параны и Урагуа въ 1870 и 1871 годахъ. Вскорѣ же послѣ этого имъ началъ также пользоваться и Harlaher въ своихъ гидрометрическихъ работахъ на р.р. Дунавъ и Эльбѣ, при чемъ имъ былъ выработанъ для этой цѣли специальный типъ приборовъ. Не останавливаясь на описаніи этихъ послѣднихъ, которое можно найти, какъ въ указанной выше книгѣ Harlaher'a, такъ и въ нѣкоторыхъ другихъ трудахъ по гидрометріи \*\*), упомяну лишь, что свои измѣренія Harlaher производилъ со штангой, снабженной направляющей прорѣзью для муфты, къ которой была неподвижно прикрѣплена вертушка; слѣдовательно, ось вращенія лопастей вертушки во все время движенія ея вдоль вертикали оставалась въ одной и той же вертикальной плоскости, всегда перпендикулярной, — при надлежащей установкѣ штанги — къ плоскости живого сѣченія. Движеніе вертушки вдоль вертикали производилось помощью небольшой лебедки, снабженной, для соблюденія равномерности вращенія, вѣтрянымъ регуляторомъ; средняя

\*) Prof. A. R. Harlaher: „Die Messungen in der Elbe und Donau.“ Leipzig. 1881.

\*\*\*) Напр. Н. Д. Тякинъ. Приборы для опредѣленія скоростей и расходовъ воды въ открытыхъ руслахъ. М. 1901.

скорость подъема или спуска вертушки принималась близкой къ  $5 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}} \infty = 0.025 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ .

*Степень точности* интеграціоннаго метода была впервые опредѣлена Herlacher'омъ же. Съ этой цѣлью имъ были произведены сравнительныя измѣренія скоростей основнымъ и интеграціоннымъ методами одинъ разъ на Дунайскомъ каналѣ и другой разъ на Дунаѣ.

На *Дунайскомъ каналѣ* были произведены сравнительныя измѣренія на 5-ти вертикаляхъ; при измѣреніяхъ интеграціоннымъ методомъ вертушку перемѣщали вдоль вертикалей не на полную ихъ глубину, а лишь въ предѣлахъ между горизонтомъ воды и глубиною 5 метровъ: на каждой вертикали производилось отъ 3-хъ до 4-хъ самостоятельныхъ интеграціонныхъ измѣреній, которыя обрабатывались самостоятельно и средняя ариѳметическая которыхъ принималась за среднюю скорость воды  $v_{oi}$ ; опредѣленную въ предѣлахъ измѣренія механической интеграціей.

Измѣренія основнымъ методомъ были произведены на полной глубинѣ тѣхъ же вертикалей, при чемъ на толщинѣ упомянутого 5-ти-метроваго слоя воды было взято по 7-ми точекъ стоянія вертушки; наблюденіи въ каждой точкѣ продолжалось около 5-ти минутъ; послѣ построенія кривыхъ среднихъ скоростей на вертикаляхъ отъ площадей ихъ были отсѣчены сверху слое воды глубиною 5 метровъ, послѣ чего были опредѣлены въ этихъ предѣлахъ среднія скорости воды  $v_{op}$ . Наибольшія разности ( $v_{oi} - v_{op}$ ) оказались равными  $+3,7^{\circ}/_{\circ}$  и  $-3,4^{\circ}/_{\circ}$ , а средняя ариѳметическая изъ абсолютныхъ ихъ величинъ (для всѣхъ 5-ти вертикалей) была получена равной  $1,6^{\circ}/_{\circ}$ .

На *Дунаѣ* сравнительныя измѣренія были произведены на 10-ти вертикаляхъ (рабочихъ вертикалей было больше). При измѣреніяхъ интеграціоннымъ методомъ вертушку перемѣщали въ предѣлахъ возможнаго измѣренія всей вертикали, при чемъ высота неизмѣреннаго пространства (возвышеніе оси вертушки надъ дномъ) была равна 0,25 мт.; интеграціонныя измѣренія производились на каждой вертикали отъ 1 до 4 разъ; поправокъ на неполноту измѣреній вертикалей (коэф.  $\xi$ ) не вводилось; средняя скорость  $v_{oi}$  для сравненія ея съ  $v_{op}$  принималась равной средней ариѳметической изъ всѣхъ интеграціонныхъ наблюденій, произведенныхъ на данной вертикали. Изъ наблюденій основнымъ методомъ находили  $v_{op}$  для каждой вертикали.



Сравненіе дало наибольшія разности ( $V_{oi} - V_{op}$ ), равныя  $+9,5\%$  и  $-2\%$  и среднюю по абсолютной-величинѣ для всѣхъ 10-ти вертикалей  $2,5\%$ .

Интеграціонный методъ отличается, какъ сказано, быстротой измѣрительныхъ работъ и простотой обработки наблюдений, которая легко можетъ быть закончена въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ начерно въ день измѣреній, а окончательно — на слѣдующій день.

Къ недостаткамъ его относятъ: во-первыхъ, меньшую его точность по сравненію съ основнымъ и, во-вторыхъ, невозможность обработки его способомъ Culmann'a, допускающимъ, какъ было упомянуто, построеніе изотахъ.

Въ 1898 году венгерскимъ инженеромъ S. Hajos'емъ былъ предложенъ новый методъ измѣренія скоростей и расходовъ \*) подъ названіемъ „детальный“ и въ цѣляхъ примѣненія котораго имъ былъ построенъ специальный комплектъ приборовъ \*\*),

Въ виду особенностей этого способа, а также его новизны, на немъ придется остановиться нѣсколько дольше, чѣмъ на предыдущихъ.

Въ составъ комплекта приборовъ Hajos'a входятъ (черт. л. I).

1) Вертушка съ лопастями, имѣющими форму бурава, описывающаго при своемъ вращеніи параболоидъ; ось вращенія лопастей снабжена шариковымъ подшипникомъ, стальной пяткой, опирающейся на каменный подпятникъ, и даетъ замыканія электрическаго тока, по желанію или черезъ 1 оборотъ, или черезъ каждые 10 оборотовъ лопастей; хвостъ вертушки состоитъ изъ одного лишь вертикально поставленнаго пера, а оправа вертушки снабжена лишь одной вертикальной осью вращенія; при такихъ условіяхъ ось вращенія лопастей вертушки должна всегда оставаться въ горизонтальномъ положеніи; въ верхней и нижней части оси, вокругъ которой вращается оправа вертушки, имѣется по крюку; къ нижнему крюку прицѣпляется свинцовый грузъ съ плоскимъ основаніемъ, а помощью верхняго крюка вертушка съ грузомъ подвѣшивается къ стальному тросу  $d = 6$  мм., со вплетеннымъ въ него мѣднымъ, изолированнымъ проводомъ; вертушка

\*) Приборы строятся фирмой Calderoni въ Вудапештѣ.

\*\*1) Pech. Jaugeages en Hongrie. 2) Hajos. Nouveau procédé de jaugeage. Обѣ статьи въ An. des p. et ch. 1898, 3 t., 287—329. 3) Н. Д. Тяпкинъ. Приборы для опредѣленія скоростей и расходовъ воды. М. 1901, стр. 72—73 и 255—257. 4) Статья Pech'a въ переводѣ С. П. Максимова. (Изв. Собр. Инж. п. с. 1899, № 6—7.

снабжается двумя легко смѣняемыми лопастями для большихъ и для малыхъ скоростей теченія. Высота оси вращенія лопастей надъ плоскостью основанія груза равна 25 см.  $\infty = 0,125$  ж. Грузъ имѣетъ сферическую форму и плоское основаніе, при чемъ діаметръ послѣдняго равенъ приблизительно 0,45 мт.; вѣсъ груза около 90 кгр. Формулы вертушки имѣютъ видъ линейнаго уравненія  $v = \alpha + \beta n$ , который сохраняется при болѣе разнобразныхъ скоростяхъ, чѣмъ въ большинствѣ другихъ современныхъ типовъ вертушекъ.

2) Лебедка, помощью которой вручную производится подъемъ и спускъ вертушки съ грузомъ. Главная ось лебедки на одномъ своемъ концѣ снабжена изолированнымъ, скользящимъ и непрерывно замкнутымъ контактомъ, подводющимъ токъ къ вертушкѣ помощью упомянутаго выше изолированнаго провода, влетеннаго въ трость; обратнымъ же проводомъ служить самый трость и металлическія части лебедки, съ которыми онъ соприкасается; на торцовой части противоположнаго конца оси лебедки устроена выточка и прорѣзь для сцѣпленія оси лебедки съ осью главнаго валика хронографа. Длина окружности барабана лебедки, — при измѣреніи ея тросомъ, на которомъ подвѣшивается вертушка, — равна 0,75 мт.

3) Хронографъ, автоматически производящій запись наблюдений. Онъ существенно состоитъ изъ главнаго цилиндрическаго валика, передвигающаго при своемъ вращеніи телеграфную ленту, и изъ двухъ электромагнитовъ, къ якорямъ которыхъ прикрѣплены два рейсфедера; рейсфедеры опираются своими концами на главный валикъ, при чемъ прямая линія, проходящая черезъ эти концы, расположена по его образующей. Когда валикъ передвигаетъ ленту и якоря электромагнитовъ неподвижны, рейсфедеры чертятъ на лентѣ непрерывныя прямыя: когда же токи въ цѣпяхъ электромагнитовъ то замыкаются, то размыкаются — концы перьевъ получаютъ небольшія перемѣщенія, приблизительно по направленію образующей цилиндра и вычерчиваютъ на лентѣ при медленномъ ея движеніи и быстрыхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ тока, — поперечныя черточки, а при быстромъ движеніи ленты и медленныхъ замыканіяхъ и размыканіяхъ тока — зубцы.

Для передвиженія ленты къ главному валику прижимается помощью пружины маленькій валикъ, который, въ случаѣ надобности, можетъ быть отжать помощью особаго рычажка съ эксцентрично насаженнымъ на него дискомъ; для помѣщенія запаса

ленты къ оправѣ хронографа прикрѣплена большая цилиндрическая коробка со съемной крышкой.

Передъ производствомъ наблюдений хронографъ неподвижно прикрѣпляется помощью двухъ винтовъ къ станинѣ лебедки, а ось главнаго валика непосредственно сдѣпляется съ осью барабана, такъ что, вращая ручку лебедки, одновременно перемѣщаютъ вертушку вдоль вертикали и выдвигаютъ телеграфную ленту хронографа.

Длина окружности главнаго валика хронографа, измѣренная телеграфной лентой, равняется 0,15 мт., а такъ какъ длина окружности барабана лебедки равняется 0,75 мт., то длина ленты, выдвигаемой хронографомъ, при всякомъ перемѣщеніи вертушки даетъ длину этого перемѣщенія въ масштабѣ  $\frac{1}{5}$ .

Каждый изъ электромагнитовъ хронографа имѣетъ самостоятельную цѣпь гальваническаго тока; въ одну изъ этихъ цѣпей включается вертушка, которая даетъ на лентѣ запись числа оборотовъ своихъ лопастей, а въ другую цѣпь включается особый, такъ называемый контактный аппаратъ, отмѣчающій на лентѣ полусекунды.

4) Контактный аппаратъ представляетъ собою часовой механизмъ съ пружиннымъ маятникомъ и пружиннымъ же заводомъ на 24 часа, который заключенъ въ металлическую, наглухо свинченную коробку. Помощью двухъ клеммъ, укрѣпленныхъ на коробкѣ, аппаратъ включается въ цѣпь тока. Дѣйствіе аппарата заключается въ автоматическомъ и кратковременномъ замыканіи тока, происходящемъ въ концѣ каждой полусекунды. \*)

5) Двѣ батареи гальваническихъ элементовъ, выключатели и другія мелкія и второстепенныя приспособленія.

Измѣренія скоростей производятся, какъ и въ интеграціонномъ методѣ, непрерывно по всей вертикали. Для этого помощью лебедки вертушку, по возможности равномерно, поднимаютъ (или опускаютъ) вдоль вертикали отъ наинизшаго ея положенія до

\*) Аппаратъ этотъ довольно сложенъ и нѣженъ и поэтому требуетъ бережнаго къ себѣ отношенія. При температурѣ около  $+5^{\circ} R$ . правильность его дѣйствія уже нарушается или пропусками въ замыканіяхъ, или же добавочными замыканіями тока, что, впрочемъ, почти не отражается на правильности наступленія моментовъ правильныхъ замыканій. Къ недостаткамъ его слѣдуетъ также отнести отсутствіе у него хотя бы одной лишь секундной стрѣлки, которой облегчалась бы повѣрка правильности хода механизма.

поверхности воды (или обратно). Одновременно съ этимъ движеніемъ движется лента хронографа, помощью которой можетъ быть опредѣлена глубина вертикали, а электромагниты ведутъ на лентѣ двѣ строчки записей: одну, — дающую числа оборотовъ вертушки къ различнымъ частямъ вертикали, а другую, — дающую числа затраченныхъ на это полусекундъ; такимъ образомъ, по окончаніи наблюденія лента содержитъ все данныя, необходимыя для опредѣленія площади скоростей на вертикали.

Обработка наблюдений ведется слѣдующимъ образомъ: ленту дѣлятъ поперечными линиями на элементы равной, заранее выбранной длины; затѣмъ въ предѣлахъ каждаго элемента самостоятельно отсчитываютъ числа оборотовъ  $N$  вертушки, числа полусекундъ  $2t$ , вычисляютъ среднее секундное число оборотовъ вертушки  $n = \frac{N}{t}$  и, наконецъ, опредѣляютъ по формулѣ вертушки величину средней скорости  $v$  движенія воды въ предѣлахъ разсматриваемаго слоя вертикали. Вычисливъ все эти  $v$  для каждой вертикали, вычерчиваютъ кривую ея скоростей подобно тому, какъ это дѣлается въ основномъ методѣ, при чемъ каждую скорость  $v$  приписываютъ точкѣ вертикали, дѣлящей высоту элемента пополамъ; на границахъ измѣренія кривыя скоростей плавно продолжаютъ до пересѣченія съ линиями дна рѣки и горизонта воды. Обработка наблюдений заканчивается опредѣленіемъ расхода воды любымъ изъ указанныхъ выше способовъ, за исключеніемъ способа Culmann'a, примѣненія котораго, какъ выяснится въ дальнѣйшемъ, нельзя признать въ разсматриваемомъ случаѣ уместнымъ.

По мнѣнію автора детальнаго метода, безразлично производить ли наблюденія при подъемѣ или при опусканіи вертушки; скорость поступательнаго ея движенія вдоль вертикали онъ рекомендуетъ брать равной  $10 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$  —  $20 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$ , а высоту слоевъ воды при обработкѣ наблюдений — равной 20 см. въ натурѣ или 4 см. по лентѣ хронографа.

Для выясненія точности этого метода инж. Hajos'емъ были произведены на рѣкѣ Tisza сравнительныя измѣренія детальнымъ, основнымъ и интеграціоннымъ методами. Полученные при этомъ результаты были сведены позднѣе инженеромъ Н. Д. Тяпкинымъ въ слѣдующую таблицу, удобную для разсмотрѣнія:

№№ срав- невій.	Сравниваемые способы измѣреній.	Разности въ %.		
		Средняя скорость вертикали,		Расходъ.
		отъ	до	
1	<i>He—Hd</i>	—1,1	+5,7	+1,4
2	<i>He—P</i>	—4,6	+7,6	+0,75
3	<i>He—Je</i>	—7,7	+1,4	—2,3
4	<i>Hd—Jd</i>	—5,5	—0,1	—1,9
5	<i>Je—Jd</i>	—4,0	+6,7	+1,8

гдѣ измѣренія произведенныя:

методомъ Najosa при подъемѣ вертушки обозначены черезъ *He*  
 „ „ „ опусканіи „ „ „ *Hd*  
 „ интеграціон. при подъемѣ „ „ „ *Je*  
 „ „ „ опусканіи „ „ „ *Jd*  
 „ основнымъ „ „ „ *P*

Вводилась ли поправка на неполное измѣреніе вертикалей интеграціоннымъ методомъ—неизвѣстно, но имѣются основанія предполагать, что она не вводилась. \*)

Изъ этой таблицы можно видѣть, что:

1) *He* дало величину расхода наиболѣе близкую къ *P* и большую ея приблизительно на 0,7%.

2) *Hd* дало величину расхода почти столь же близкую къ *P*, но меньшую ея приблизительно на 0,7%.

3) *Je* дало величину расхода наименѣе близкую къ *P* и приблизительно большую ея на 3%.

4) *Jd* дало величину расхода большую *P* приблизительно на 1,3%.

5) Наибольшія процентныя разности между средними скоростями вертикалей при нахожденіи ихъ различными методами довольно разнообразны, но сравнительно не велики; любопытно, между прочимъ, замѣтить, что сумма абсолютныхъ величинъ наи-

\*) Въ виду того, что интеграціонный методъ далъ вездѣ величину расхода большую, чѣмъ другіе методы.

большихъ разностей имѣть наибольшую величину какъ разъ тамъ, гдѣ разность между величинами расходовъ имѣть величину наименьшую.

Отсюда могутъ быть сдѣланы слѣдующія общія заключенія:

а) сходимость между величинами расходовъ, опредѣленными детальнымъ и основнымъ методами, вообще говоря, лучше, чѣмъ сходимость между величинами расходовъ, опредѣленными основнымъ и интеграціоннымъ методами;

б) степень сходимости величинъ среднихъ скоростей на вертикаляхъ, измѣренныхъ различными методами, не оказываетъ рѣшающаго вліянія на степень сходимости величинъ расходовъ, соответствующихъ этимъ измѣреніямъ;

с) какъ при детальныхъ измѣреніяхъ, такъ и при интеграціонныхъ—расходы, опредѣленные при подъемахъ вертушки, больше, чѣмъ при ея опусканіяхъ; это даетъ поводъ предполагать, что здѣсь имѣютъ мѣсто погрѣшности систематическаго характера,

и д) имѣя въ виду, что примѣненіе метода рекомендуется его авторомъ не только для нахождения величинъ расхода воды, но также и въ цѣляхъ выясненія распредѣленія скоростей на вертикаляхъ, надо признать, что разсмотрѣнныя сравнительныя измѣренія выясняютъ качества метода недостаточно для полной его оцѣнки.

Значеніе этого послѣдняго пункта тѣмъ болѣе существенно, что сторонники детальнаго метода считаютъ его во всѣхъ отношеніяхъ заслуживающимъ предпочтенія передъ описанными выше „старыми“ методами, утверждая, что онъ, будучи яко-бы лишень всѣхъ ихъ недостатковъ, совмѣщаетъ въ себѣ ихъ достоинства; нельзя не замѣтить при этомъ стремленія указанныхъ лицъ отождествлять кривыя скоростей на вертикаляхъ, получаемыя „новымъ“ методомъ, кривымъ среднихъ скоростей, получаемымъ наблюденіями въ отдѣльныхъ точкахъ. Между прочимъ, достойно также вниманія встрѣчающееся въ литературѣ вопроса утвержденіе, основанное, будто-бы, на опытѣ, что по мѣрѣ уменьшенія высоты элементовъ при обработкѣ ленты, кривая скоростей вертикали все болѣе и болѣе приближается къ параболѣ.

Относясь къ разсматриваемому методу вполнѣ объективно, необходимо, однако, признать за нимъ помимо двухъ существенныхъ достоинствъ, а именно—*быстроты измѣрительныхъ работъ и автоматической записи наблюденій*, также и *крупный его недостатокъ, заключающійся въ обилии кабинетной работы,*

большая часть которой затрачивается какъ разъ на составленіе кривыхъ скоростей на вертикаляхъ, степень пригодности которыхъ для сужденія о распредѣленіи скоростей нельзя признать доказанной. Очевидно, что при такихъ условіяхъ весьма важный вопросъ о степени производительности затраты труда и времени на обработку детальныя наблюдений остается открытымъ.

Въ бытность мою въ 1903—1904 г. г. завѣдующимъ Вязовской гидрометрической станціей, гдѣ былъ принятъ разсматриваемый методъ измѣренія скоростей и расходовъ, я имѣлъ возможность убѣдиться, насколько вредно указанный его недостатокъ отзывался на общей дѣятельности станціи, часто препятствуя выполнению другихъ ея функций и значительно сокращая общее число опредѣляемыхъ въ году расходовъ воды.

Поэтому я пришелъ къ заключенію о необходимости окончательнаго выясненія его качествъ, для чего, имѣя въ виду ссылку его сторонниковъ на результаты опытовъ его примѣненія, я избралъ путь чисто практическаго изслѣдованія.

Первые же опыты примѣненія детальнаго метода Вязовской станціей подтвердили сдѣланный мною выше, при разсмотрѣніи результатовъ сравнительныхъ измѣреній инж. Hajos'a, выводъ с, касающійся систематическихъ ошибокъ во время измѣренія скоростей при движеніяхъ вертушки вдоль вертикали вверхъ и внизъ; вмѣстѣ съ тѣмъ было замѣчено, что рекомендуемая Hajos'емъ 10-ти—20-ти сантиметровая скорость перемѣщенія вертушки вдоль вертикали едва ли является наиболѣе цѣлесообразной. Для лучшаго выясненія этихъ двухъ вопросовъ зимою 1903 года, при устойчивомъ горизонтѣ воды въ рѣкѣ, было произведено шесть повторныхъ измѣреній скоростей на одной и той же вертикали: три—при подъемахъ вертушки и три—при ея спускахъ; скорости перемѣщенія прибора вдоль вертикали брались различными. Разсмотрѣніе результатовъ этихъ измѣреній черт. л. II приводитъ къ слѣдующимъ выводамъ: 1) площади скоростей на вертикаляхъ при спускахъ вертушки всегда меньше, чѣмъ при ея подъемахъ; 2) при медленныхъ перемѣщеніяхъ вертушки вдоль вертикали разница въ площадяхъ скоростей при спускахъ ея и при подъемахъ, вообще говоря, меньше, чѣмъ при быстрыхъ (набл. № 3 и № 6); 3) сравнивая каждое значеніе площади скорости, полученной при подъемѣ, со среднимъ ея значеніемъ, полученныхъ изъ трехъ ея подъемовъ, и поступаая подобнымъ же образомъ въ

наблюденіяхъ при спускахъ, убѣждаемся, что величины площадей при подъемахъ обладаютъ большимъ постоянствомъ, чѣмъ при спускахъ; и 4) при быстрыхъ спускахъ уменьшеніе величины площади скорости наблюдается значительно яснѣе въ областяхъ медленнаго теченія, чѣмъ въ областяхъ болѣе быстрого теченія.

Отсюда слѣдуетъ, что наблюденія при медленныхъ подъемахъ вертушки необходимо признать болѣе надежными, чѣмъ наблюденія при спускахъ ея, вообще, и, въ частности, чѣмъ при быстрыхъ ея подъемахъ.

Принимая во вниманіе конструктивныя особенности прибора, а именно значительный діаметръ груза, плоское его основаніе, близость къ нему лопастей вертушки и, наконецъ, близость этихъ послѣднихъ къ вертикальной оси вращенія прибора, едва ли можно сомнѣваться въ томъ, что этими особенностями, главнымъ образомъ и обусловливаются полученыя результаты: при спускахъ вблизи груза, должны возникать добавочныя восходящія теченія вихревого характера, возмущающія среду, въ которой вращается вертушка, а также и обусловливающіе мелкія, но разнообразныя отклоненія отъ своихъ направленій тѣхъ струй воды, которыя исключительно должны были бы вращать лопасти; эти вредныя вліянія, очевидно, будутъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше скорость спуска вертушки и чѣмъ меньше въ данной точкѣ вертикали скорость теченія воды.

На основаніи разсмотрѣнныхъ выводовъ на Вязовской станціи было принято за правило: всегда производить наблюденія только при подъемахъ вертушки и при скоростяхъ ея перемѣщенія влодь вертикали отъ  $2 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$  для низкихъ стояній уровня воды въ рѣкѣ до  $10 \frac{\text{см.}}{\text{сек.}}$  для самыхъ высокихъ.

Въ обработкѣ наблюденій отъ указаній автора было также сдѣлано нѣкоторое отступленіе: высота слоевъ воды на вертикаляхъ, т.-е. длина элементовъ, на которые разбивалась при обработкѣ лента, была принята равной 0,20 саж., т. е. около 40 см. вмѣсто рекомендуемыхъ имъ 10—20 см. Первоначально это было связано, главнымъ образомъ съ крупнымъ масштабомъ волжскихъ работъ.

Обработка наблюденій производилась слѣдующимъ образомъ: лента дѣлилась поперечными линіями, начиная снизу, на элементы [длиною  $(0,20 : 5) = 0,04$  саж.], причемъ элементъ, остающійся близъ поверхности воды, если онъ не былъ меньше 0,05 саж.,



принимался за самостоятельный, въ противномъ же случаѣ относился къ предыдущему элементу; числа оборотовъ и полусекунды отсчитывались съ точностью отъ 0,1 до 0,05 доли своей длины и вписывались въ особыя тетради; при вычисленіяхъ вездѣ, гдѣ это было допустимо, пользовались логарифмическими линейками (Мангейма). Величины площадей опредѣлялись механически, планиметромъ Амслера съ передвижнымъ рычагомъ, при числѣ обводовъ отъ 4-хъ до 6-ти (въ зависимости отъ размѣровъ площади); длины рычага планиметра, для упрощенія арифметическихъ дѣйствій, были заранѣе вычисляемы, въ зависимости отъ принятыхъ масштабовъ, такъ, чтобы искомыя величины площадей получались изъ результатовъ обвода помощью возможно простыхъ арифметическихъ дѣйствій (напр. умноженіемъ или дѣленіемъ на 2, на 10, на 100 и т. п.). При обработкѣ примѣнялись разнообразные способы повѣрки дѣйствій, комбинируемые такъ, что ни одно вычисленіе и ни одно построеніе не оставалось непровѣреннымъ.

Опредѣленіе величины расхода производилось способомъ Nagler'a и повѣрялось вычисленіемъ (аналитически); площадь расхода опредѣлялась 6-ти кратнымъ обводомъ планиметра.

Кстати замѣчу здѣсь, что ознакомленіе съ видомъ кривыхъ скоростей на вертикаляхъ, полученныхъ детальнымъ методомъ, дѣлаетъ вполне очевидной непримѣнимость къ обработкѣ подобныхъ наблюденій способа Culmann'a какъ влѣдствіе случайнаго характера расположенія изотакъ, связаннаго съ непостоянствомъ вида кривыхъ скоростей, такъ и въ виду того, что неправильное расположеніе точекъ, опредѣляющихъ положеніе изотакъ на живомъ сѣченіи, — оставляя лицу, обрабатывающему расходъ, слишкомъ большой произволъ въ выборѣ ихъ формы и размѣровъ, — способно обусловить собою весьма значительныя погрѣшности въ опредѣленіи величины расхода.

Въ цѣляхъ ускоренія обработки наблюденій мною было принято при составленіи кривыхъ скоростей на вертикаляхъ маленькое упрощеніе, сократившее, однако, до 60% необходимыхъ арифметическихъ дѣйствій и основанное на слѣдующемъ разсужденіи:

Если вертушка имѣетъ формулу  $v = \alpha + \beta n$ , гдѣ  $\alpha$   $\frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  — постоянный эмпирическій коэффициентъ, который можно понимать какъ начальную скорость вращенія верхушки;  $\beta$  сж. — постоянный эмпирическій коэффициентъ, который можно понимать какъ шагъ лопасти вертушки;

$n \frac{1}{\text{сек.}}$  число оборотовъ лопастей въ 1 секунду

и  $v \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  скорость воды, соответствующая  $n$ ;

то площадь скорости  $\omega_v$  на вертикали глубиною  $h$  будетъ:

$$\begin{aligned}\omega_v &= \int_0^h v \cdot \Delta h = \int_0^h (\alpha + \beta n) \cdot \Delta h = \int_0^h \beta \left( \frac{\alpha}{\beta} + n \right) \cdot \Delta h = \\ &= \beta \int_0^h (\eta + n) \cdot \Delta h\end{aligned}$$

или

$$\omega_v = \beta \cdot \omega_n$$

гдѣ  $\omega_n = \int_0^h (\eta + n) \Delta h$ , измѣренія  $\frac{\text{сж.} \times 1}{\text{сек.}}$  или  $\frac{\text{саж.} \times \text{оборотъ}}{\text{секунда}}$  и

представляютъ собою исправленную коэффициентами площадь оборотовъ лопастей вертушки на вертикали или, иначе, площадь скоростей, представленную въ масштабѣ  $\frac{1}{\beta}$ ;

$\eta = \frac{\alpha}{\beta}$  величина постоянная для данныхъ лопастей вертушки, измѣренія  $\frac{1}{\text{сек.}}$  или  $\frac{\text{оборотъ}}{\text{секунда}}$ , которую можно понимать какъ число оборотовъ лопастей, ежесекундно теряемое вертушкой на треніе.

Отсюда ясно, что, имѣя вертушку съ формулой вида линейнаго уравненія, можно замѣнить построеніе кривой скорости на вертикали построеніемъ кривой числа оборотовъ лопастей вертушки \*), чѣмъ устраняется необходимость выполнять для всѣхъ точекъ умноженія ( $\beta \times n$ ) и сложенія ( $\alpha + \beta n$ ).

Самое построеніе выполнялось слѣдующимъ образомъ: на вертикальной прямой, принятой за вспомоgetельную ось ординатъ, откладывали полную глубину вертикали и намѣчали точки, которымъ были приписаны скорости различныхъ элементовъ вертикали; во всѣхъ этихъ точкахъ, вправо отъ вспомоgetельной оси, откладывали абсциссы, представляющія собою въ условномъ линейномъ масштабѣ соответствующія точкамъ секундные числа оборотовъ; послѣ этого слѣва отъ вспомоgetельной оси, параллельно ей и на разстояніи  $\eta$ , отложенномъ въ томъ же условномъ масштабѣ, проводили новую ось, которая, собственно, и представляла собою данную вертикаль; построеніе заканчивалось проведеніемъ линій дна, горизонта воды и кривой числа оборотовъ. Опредѣливъ затѣмъ

\*) Эти кривыя неумѣстно, однако, называть кривыми скоростей, разъ только на чертежѣ дѣлають надписи чиселъ оборотовъ, а не скоростей.

планиметромъ полную площадь полученной кривой  $\omega_n$ , умножали ее на  $\beta$  и получали  $\omega_v$ .

Условный масштаб  $\frac{1}{k}$  для графическаго изображенія числа оборотовъ выбирался въ зависимости отъ величины такъ, чтобы масштабъ, въ которомъ получается на чертежѣ скорость  $\frac{1}{f} = \frac{1}{k\beta}$  былъ бы близокъ къ  $\frac{1}{10}$ , безъ изготовленія специальныхъ масштабныхъ линеекъ \*).

Заканчивая этимъ описаніе общихъ приѣмовъ обработки наблюдений, привятыхъ на Вязовской станціи, умѣстно будетъ еще дополнить его краткимъ очеркомъ тѣхъ приспособленій, какими пользовалась станція при производствѣ гидрометрическихъ наблюдений.

Лѣтомъ измѣренія скоростей воды производились со специально устроеннаго для этой цѣли помоста, а зимой—изъ особой поправки.

Помость для лѣтнихъ гидрометрическихъ наблюдений былъ устроенъ на двухъ прочно соединенныхъ между собою плоскодонныхъ судахъ, каждое—длиною по 6.00 саж., шириною по 1,00 саж. и съ бортами высотой 0,50 саж.; наименьшее разстояніе между судами (пролетъ), въ средней ихъ части, было взято равнымъ 1,33 саж.; осалка—при полной нагрузкѣ помоста людьми, снастями и якорями было близко къ 0,12 саж. измѣрительный приборъ опускался въ воду въ средней носовой части помоста, для чего здѣсь былъ устроенъ открытый спереди люкъ и стрѣлы съ блокомъ для троса вертушки. Въ средней части каждаго судна было устроено по каютѣ—одной для наблюдателя, другой—для рабочихъ.

Установка помоста на вертикали производилась помощью 3-хъ или 4-хъ якорей вѣсомъ въ 4—5 пудовъ—и помощью двухъ створовъ одного поперечнаго, выставленнаго на рабочемъ профилѣ,

\*) Легко видѣть, что построеніемъ послѣ каждаго тарирования и для каждой лопасти вертушки специальной масштабной линейки, соответствующей условному масштабу  $\frac{1}{k} = \frac{\beta}{f}$  можно вполне точно получать, согласно

изложенному, кривыя скоростей въ любомъ заданномъ масштабѣ  $\frac{1}{f}$ , производства, въ сущности, построение кривыхъ оборотовъ; этотъ способъ построения можно рекомендовать въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣется въ виду сравненіе между собою кривыхъ скоростей вертикалей въ то время, какъ при измѣреніи скоростей пользовались нѣсколькими различными вертушками.

и другого, особаго для каждой вертикали, косога ствѣра. Для удобства завозки якорей пользовались кромѣ того еще двумя, такъ называемыми, якорными поперечными ствѣрами, выставленными выше и ниже рабочаго профиля на разстояніяхъ въ 25 саж. Положеніе всѣхъ створовъ было разъ на-всегда закрѣплено деревянными реперами, къ каждому изъ которыхъ были прибиты въ надлежащихъ мѣстахъ скобы для вѣхъ, выкованныя изъ полосового желѣза. Для завозки якорей и буксировки помоста въ распоряженіи завѣдующаго станціей находился паровой барказъ „Шустрый“. Число рабочихъ, необходимыхъ для завозокъ и выручекъ якорей и для установки помоста, колебалось между 7 и 12, въ зависимости отъ высоты стоянія воды и состоянія погоды (дождь, морозъ). Каждая полная перестановка помоста занимала въ среднемъ до 45 минутъ.

Повозка для зимнихъ наблюденій представляла собою возокъ, отапливаемый помощью переносной чугунной печи; размѣры его въ свѣту: длина 1,20 саж., ширина и высота по 0,90 саж. Стѣны и потолокъ были сдѣланы изъ сѣраго солдатскаго сукна, которымъ былъ обитъ деревянный остовъ повозки, входная дверь была устроена сзади; рядомъ съ нею имѣлась вторая, маленькая дверца, для топки печи; окно было сдѣлано въ потолокъ. Въ средней части пола повозки былъ устроенъ,—для опусканія въ воду измѣрительнаго прибора,—люкъ со съемной крышкой.

Для перемѣщенія повозки пользовались 2—3 лошадьми, которыхъ впрягали помощью съемныхъ вальковъ съ постромками и крючкомъ, но безъ дышла и оглобелъ; по прибытіи на вертикаль лошади выпрягались и люкъ повозки устанавливался тремя—четырьмя рабочими надъ приготовленной во льду прорубью помощью ломовъ, пшенъ и подкладныхъ жердей. Число лошадей и рабочихъ зависѣло отъ состоянія дороги и глубины снѣга. Въ сильные морозы и мятели расчистка заранѣе вырубленныхъ прорѣзей производилась спеціальнымъ рабочимъ. При достаточномъ навыкѣ рабочихъ каждая полная перестановка повозки занимала въ среднемъ не болѣе 10 минутъ.

Разстоянія между рабочими вертикалями въ зимнихъ измѣреніяхъ были приняты въ 20 саж., а въ лѣтнихъ—25 саж.; положенія вертикалей какъ въ томъ, такъ и въ другомъ случаѣ были фиксированы разъ на-всегда.

Переходя теперь къ описанію и разсмотрѣнію результатовъ сравнительныхъ измѣреній, имѣвшихъ главной своей цѣлью выяс-

неніе качествъ детальнаго метода, отмѣчу, что задача этой работы была разбита на слѣдующіе три вопроса:

1) Отличаются-ли и могутъ ли, вообще, отличаться кривыя скоростей, получаемыя детальнымъ методомъ, какимъ-либо постоянствомъ позволяющимъ пользоваться ими въ цѣляхъ сколько-нибудь точнаго выясненія распредѣленія среднихъ мѣстныхъ скоростей на вертикаляхъ.

2) Каково вліяніе высоты элементовъ вертикалей, выбранной при обработкѣ наблюденій, на конечные результаты измѣреній (видъ кривой, величина ея площади, величина расхода).

и 3) Насколько близки между собою конечные результаты измѣреній, полученные различными методами.

Для выясненія перваго вопроса результаты измѣренія скоростей въ отдѣльныхъ точкахъ представлялось желательнымъ регистрировать помощью хронографа; съ этой цѣлью имѣвшійся хронографъ Najos'a былъ снабженъ простымъ приспособленіемъ, позволявшимъ, по желанію, разобщать ось барабана лебедки отъ оси главнаго валика хронографа и вращать этотъ послѣдній, помощью особаго ручнаго привода, въ то время, когда вертушка остается въ какой-либо точкѣ вертикали неподвижно \*).

Для производства работъ была выбрана благоприятная погода при устойчивомъ межѣннемъ горизонтѣ. Помость устанавливался на всѣхъ вертикаляхъ неподвижно помощью 4-хъ якорей, и снасти набивались настолько, чтобы затопить суда помоста на  $1\frac{1}{2}$ —2 вершка. При прохожденіи пароходовъ наблюденія прекращались впредь до полнаго успокоенія возникавшаго волненія; затѣмъ проверялось положеніе троса вертушки въ створахъ вертикали и лишь послѣ этого наблюденія возобновлялись.

Измѣренія детальнымъ методомъ велись, какъ всегда, только при подъемахъ вертушки; предварительный спускъ ея производился достаточно медленно для того, чтобы обезпечить правильную постановку груза на дно рѣки и тѣмъ предовратить его раскачиванія при подъемѣ. Въ теченіе всѣхъ измѣреній десятникъ станція слѣдилъ за отклоненіями троса вертушки отъ вертикали, а въ случаѣ, если обнаруживались колебанія груза, немедленно же подавалъ сигналъ къ прекращенію и возобновленію измѣренія. Благодаря значительному вѣсу груза и сравнительно малымъ ско-

\*) Для удешевленія устройства этого приспособленія хронографъ пришлось помѣстить въ каютѣ, что, однако, обусловило собою ощутительныя неудобства въ общемъ наблюдени за ходомъ работъ.

ростямъ воды нигдѣ ощутительнаго отклоненія троса отъ вертикальнаго положенія замѣчено не было, вибраціи же его наблюдались лишь на стрелневыхъ вертикаляхъ, да и то въ ничтожныхъ размѣрахъ \*).

На каждой вертикали производили сначала измѣреніе детальнымъ методомъ, при чемъ повторныхъ измѣреній, для повѣрокъ, не производилось, вслѣдствіе необходимости дорожить каждой минутой рабочаго времени \*\*). Подъемъ вертушки совершался на всѣхъ вертикаляхъ, кромѣ № 2, прировнившимся къ дѣлу лебедочникомъ съ обычной равномерностью \*\*\*)) и со скоростью около  $0,03 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ ; на вертикали № 2 равномерность была неудовлетворительна и скорость подъема была близка къ  $0,10 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ .

Къ измѣреніямъ въ отдѣльныхъ точкахъ вертикали переходили немедленно же по окончаніи детальныхъ; точки брались: одна—близъ дна, на высотѣ 0,125 саж. другая, у поверхности, на глубинѣ 0,05 саж., а остальные на разстояніяхъ, не большихъ 0,50 саж. одна отъ другой. Всѣ наблюденія въ отдѣльныхъ точкахъ производились детально, т. е. результаты ихъ записывались хронографомъ Hájos'a, приводимымъ въ движеніе помощью описаннаго выше приспособленія. Продолжительность наблюденій была не меньше 5', въ нѣкоторыхъ же точкахъ она доходила до 8'20".

Во время работъ велся обычный журналъ, изъ котораго приводится ниже выписка, характеризующая состояніе бывшей при измѣреніяхъ погоды.

#### 14 іюля 1903 года.—Отъ горнаго берега.

Вертикаль № 1.—Ясно. Полный штиль.

Вертикаль № 2.—При установкѣ помоста, на ЗЮЗ появилось небольшое облачко; его приближеніе къ мѣсту работъ, совпавшее съ деталь-

\*) Поэтому рассматриваемыя наблюденія могли бы быть приравнены такому же, произведеннымъ со штангъ.

\*\*\*) Позднѣ мнѣ, къ сожалѣнію, пришлось въ этомъ нѣсколько раскаяться, т. к. детальныя наблюденія на трехъ вертикаляхъ оказались не вполне надежными.

\*\*\*)) Для обученія лебедочника во время многихъ измѣреній примѣнялся метрономъ, при чемъ требовалось, чтобы удары собачки на малой шестернѣ лебедки въ точности совпадали съ ударами метронома. Въ рассматриваемыхъ измѣреніяхъ, желая приблизиться къ тѣмъ условіямъ работъ, какія рекомендуются авторомъ метода, я не стремился къ безукоризненной равномерности и поэтому метрономомъ не пользовался.

нымъ наблюдениемъ, сопровождалось сильнымъ ЗЮЗ вѣтромъ (сверху по течению подь острымъ угломъ къ горному берегу), который, однако, не ощущался на помостѣ, находившемся подь прикрытиемъ горъ. Въ моментъ окончанія детального наблюдения начался сильный дождь, продолжавшійся около 5-ти минутъ; былъ одинъ ударъ грома. Наблюдения въ отдѣльныхъ точкахъ отложены; начаты черезъ 20 минутъ при полномъ штиль и ясной погодѣ.

Вертикаль № 3.—Ясно. Штиль.

Вертикаль № 4.—Ясно. Очень слабый Ю.-З. вѣтеръ.

Вертикаль № 5.—Ясно. Очень слабый Ю.-З. вѣтеръ, незначительно усилившійся при наблюденияхъ въ отдѣльныхъ точкахъ №№ IV, V, VI, VII, VIII, IX, X. При переходѣ на вертикаль № 6 ослабѣлъ.

Вертикаль № 6.—Ясно. Очень слабый Ю.-З. вѣтеръ.

### 15 іюля.—Къ луговому берегу.

Вертикаль № 7.—Ясно. С.-вѣтеръ.

Вертикаль № 8.—Ясно. Слабые порывы С.-вѣтра: при наблюденияхъ въ отдѣльныхъ точкахъ №№ VIII, IX, X слабые порывы С.-З. вѣтра. При переходѣ на вертикаляхъ № 9—слабые порывы С.-вѣтра.

Вертикаль № 9.—Ясно.—Слабый С.-вѣтеръ.

Вертикаль № 10.—Тоже.

Вертикаль № 11.—Тоже.

Вертикаль № 12.—Ясно. Штиль.

Принимая во вниманіе, что въ разсматриваемой части долины р. Волги безвѣтренные дни очень рѣдки, слѣдуетъ признать состояніе погоды 14 и 15 іюля весьма удовлетворительнымъ.

Всѣ операціи по обработкѣ наблюдений на вертикаляхъ и въ точкахъ производились съ секундными числами оборотовъ.

Детальные наблюдения вдоль вертикали были подвергнуты двойной обработкѣ: одной—при обычной высотѣ элементовъ въ 0,20 сж. и другой—при высотѣ ихъ въ 0,05 сж.

Кромѣ того, онѣ были обработаны по методу интеграціонныхъ наблюдений, безъ введенія поправки на неизмѣренныя части вертикалей, и еще по методу, который я называю детально-интеграціоннымъ, гдѣ эта поправка была введена, но не по таблицамъ \*) Harlaheg'a, а исходя изъ детальныхъ измѣреній въ нижнихъ частяхъ соотвѣтственныхъ вертикалей. Самая обработка наблюдений детально-интеграціоннымъ методомъ производилась слѣдующимъ образомъ: общее число оборотовъ вертушки за время подъема  $N$  дѣлили на общее число секундъ  $T$ , получали среднее секундное число оборотовъ на вертикали  $n = \frac{N}{T}$ , къ нему прибавляли число  $\eta = \frac{\alpha}{\beta}$  и умноженіемъ суммы на глубину измѣренной части вертикали ( $H - O$ , 125 см.) находили площадь оборотовъ вертушки въ предѣлахъ измѣренія; затѣмъ на лентѣ хронографа отдѣляли снизу элементъ высотой 0,125 см. и, допуская, что въ предѣлахъ неизмѣреннаго пространства скорость воды равна скорости въ предѣлахъ этого элемента, находили площадь числа оборотовъ въ неизмѣренномъ пространствѣ  $(\frac{N}{T} + \eta) \times 0,125$ ; послѣ этого, сложивъ обѣ полученныя площади и умноживъ ихъ на коэффициентъ  $\beta$ , — находили полную площадь скорости на вертикали; дѣленіемъ ея на полную глубину  $H$ , очевидно, могла быть получена средняя скорость вертикали.

Детальные наблюденія въ отдѣльныхъ точкахъ были обработаны слѣдующимъ образомъ: лента дѣлилась на равныя, по времени, элементы черезъ каждыя 10 полусекундъ; въ предѣлахъ каждаго элемента опредѣлялись среднія секундные числа оборотовъ вертушки, которыя приписывались затѣмъ моменту времени, соотвѣтствующему срединѣ взятаго промежутка времени и которыя затѣмъ наносились на графикъ. Средняя скорость воды въ точкѣ опредѣлялась какъ средне-арифметическая изъ всѣхъ полученныхъ скоростей, среднихъ за 5 секундъ; для повѣрки дѣйствій производился самостоятельный подсчетъ по лентѣ общихъ чиселъ оборотовъ и секундъ за все время наблюденія въ точкѣ и отсюда вторично опредѣлялась средняя ея скорость. Въ случаѣ расхождимости производилась полная повѣрка обработки соотвѣтственнаго наблюденія.

\*) Въ которыхъ не даны величины коэф.  $\xi$  для случая высоты неизмѣреннаго пространства въ 25 см. и для глубинъ, встрѣчающихся въ разсматриваемыхъ наблюденіяхъ.



Для нагляднаго изображенія результатовъ всѣхъ наблюденій на вертикали была выбрана слѣдующая схема чертежа (черт. л IV): вправо отъ вертикали строились обычнымъ способомъ кривыя скоростей на вертикали, полученные 1) детальнымъ методомъ при высотахъ элементовъ въ 0.20 саж. (№№ точекъ, глубины и числа оборотовъ написаны близъ вертикали вправо отъ нея), 2) детальнымъ методомъ при высотахъ элементовъ въ 0 05 саж. (числа оборотовъ, глубины и №№ точекъ—въ шахматномъ порядкѣ вправо отъ кривыхъ скоростей), 3) основнымъ методомъ (числа оборотовъ, глубины и №№ точекъ—слѣва, на крайней лѣвой части чертежа). Кромѣ того, въ правой части чертежа были нанесены еще кривыя максимумовъ и минимумовъ скоростей на вертикаляхъ, полученные изъ детальнаго наблюденія скоростей въ отдѣльныхъ точкахъ; способъ ихъ построения выясняется ниже. Лѣвыя части чертежа отведены для кривыхъ колебанія скоростей въ отдѣльныхъ точкахъ. Построеніе каждой изъ этихъ кривыхъ сдѣлано слѣдующимъ образомъ: когда для построения кривой скоростей на вертикали средняя скорость точки была отложена, черезъ конецъ ея проводилась сверху внизъ линія, наклоненная къ ней подъ угломъ въ  $135^{\circ}$ ; въ пересѣченіи съ вертикалью линія эта, очевидно, давала точку, удаленную отъ точки приложенія разсматриваемой скорости на разстояніе, равное этой скорости; точно также на вспомогательной вертикальной оси она отсѣкала отрѣзокъ, равный дѣйствительному среднему числу оборотовъ вертушки, соответствующему разсматриваемой скорости. Черезъ точку пересѣченія этой наклонной линіи съ вертикальной вспомогательной осью проводилась вспомогательная горизонтальная ось, не показанная на чертежѣ; по этой оси справа налѣво откладывалось время (секунды), а вверхъ отъ нея въ точкахъ, выражающихъ соответственные моменты времени, послѣдовательно откладывались числа дѣйствительныхъ оборотовъ вертушки, среднія за 5 секундъ, найденныя ранѣе при обработкѣ наблюденія въ данной точкѣ. Полученная такимъ образомъ кривая измѣненія скорости въ точкѣ по времени пересѣкалась горизонтальной линіей, проведенной на высотѣ средней скорости за все время наблюденія, которая, очевидно, располагалась на продолженіи линіи, выражающей среднюю скорость данной точки въ правой части чертежа. Когда описанное построеніе было окончено, на кривой колебанія скорости находили максимумъ и минимумъ послѣдней, проектировали соответствующія имъ двѣ точки на упомянутую выше наклонную линію въ правой сторонѣ

чертежа и съ нея вновь проектировали ихъ на направленіе горизонтально отложенной средней скорости точки. Соединеніемъ между собою всѣхъ полученныхъ точекъ максимумовъ получали кривую максимумовъ скоростей вертикалей, а соединеніемъ точекъ минимумовъ—кривую ихъ минимумовъ.

Разности между значеніями среднихъ скоростей точекъ за все время наблюденія и обнаруженными наибольшими и наименьшими ея значеніями были выражены въ процентахъ отъ среднихъ скоростей и были собраны въ таблицу № I.

Всѣ площади оборотовъ на вертикаляхъ были опредѣлены планиметромъ при числѣ обводовъ отъ 4-хъ до 6-ти. Результаты опредѣленія площадей скоростей на вертикаляхъ собраны въ таблицѣ № II.

Затѣмъ было произведено сравненіе какъ элементарныхъ, такъ и полныхъ расходовъ, найденныхъ методами основнымъ, двумя детальными и детально-интеграціоннымъ, и опредѣленныхъ, для исключенія вліянія погрѣшностей механическаго опредѣленія площадей,—аналитически; результаты этихъ сравненій помѣщены въ таблицѣ № III.

Для оцѣнки погрѣшностей, связанныхъ съ употребленіемъ планиметра при опредѣленіяхъ площадей, относящихся къ разсматриваемой работѣ, была составлена таблица № IV.

Таблица № V непосредственнаго отношенія къ сравненіямъ методовъ не имѣетъ—въ ней помѣщены: поверхностныя скорости, среднія скорости вертикалей (по наблюденіямъ основнымъ методомъ), и результаты графическаго опредѣленія мѣстонахожденія этихъ среднихъ скоростей на вертикаляхъ.

Переходя теперь къ разсмотрѣнію результатовъ обработки наблюденій, необходимо прежде всего отмѣтить, что въ деталь-ныхъ измѣреніяхъ вдоль вертикалей № 2, № 8, № 9 имѣются, повидимому, досадныя погрѣшности. Не останавливаясь на обсу-жденіи вѣроятной ихъ причины \*), скажу лишь, что, въ виду

\*) Измѣренія вертикальныхъ разстояній между точками наименьшихъ значеній скоростей детальныхъ измѣреній на перечисленныхъ вертикаляхъ при высотѣ элементовъ въ 0,05 саж., даютъ поводъ предполагать, что причи-ной полученныхъ погрѣшностей послужило неисправное дѣйствіе находящагося на главной оси лебедки скользящаго контакта, устройство котораго было не вполне удовлетворительно, требовало къ себѣ внимательнаго отношенія и въ дальнѣйшемъ вызвало необходимость его передѣлки. Но если бы здѣсь дѣй-ствительно имѣли мѣсто предполагаемая при этомъ періодическія размыканія тока, то это должно было бы отразиться въ соотвѣстныхъ мѣстахъ ленты рѣзкой неравномѣрностью въ расположеніи зубцовъ числа оборотовъ вертушки, чего, однако, съ достаточной ясностью обнаружить не удалось. Кромѣ того, на нѣсколькихъ вертикаляхъ передъ детальными наблюденіями и послѣ ихъ окончанія я лично осматривалъ состояніе скользящаго контакта, на остальныхъ же—поручалъ это дѣлать лебедочнику и десятнику.

невозможности установить ее вполне точно, я не счел себя вправе вводить здесь каких-либо поправки и даю результаты в том виде, в каком они были получены после всех поправок. Поэтому, при сравнении величин местных скоростей вдоль вертикалей, полученных различными методами, упомянутые вертикали будут изъяты из рассмотрения, а при окончательном выяснении степени сходимости расходов будут взяты не действительные, а возможные и притом наименее выгодные значения величин площадей скоростей на этих вертикалях.

При первом же взгляде на кривые изменения скоростей в отдельных точках, — которые можно назвать *кривыми пульсации* воды, — бросается в глаза повсеместное отсутствие в них какой бы то ни было правильности, способной, — если не всегда, то хотя бы лишь при некоторых определенных скоростях непрерывного перемещения вертушки вдоль вертикали, — выяснить действительное распределение средних скоростей на вертикали. Получается впечатление полного беспорядка в движении отдельных струек. Действительно, при ближайшем рассмотрении этих кривых обнаруживается, что уловить какой-либо постоянный период колебания величины скорости невозможно: местами она переходит от своего максимума к минимуму в течение 15" — 5" \*) (верт. № 2, точка № VI; верт. № 4, точка № V; верт. № 6, точка № 1; верт. № 7, точка № V; и друг.), местами же максимум отделен от минимума промежутками времени в несколько минут (верт. № 4, точка № II; верт. № 11, точка № II и др.). Амплитуды колебания скорости в одной и той же точке тоже крайне разнообразны; найденные максимумы и минимумы скорости точки часто оказываются меньше абсолютных действительных своих величин, что ясно обнаруживается при рассмотрении относительного расположения кривых максимумов и минимумов на вертикалях и кривых детальных наблюдений \*\*) (напр. верт. № 12 близь дна; верт. № 4 и № 5 в средней

\*) А в действительности, очевидно, еще скорее.

\*\*) В некоторых случаях это может, впрочем, обусловливаться тем, что скорости, послужившие для построения кривых их колебания, были отнесены к промежуткам времени в 5", а скорости, послужившие для построения кривых скоростей вертикалей при высоте элементов в 0.05 саж., приходилось относить к несколько меньшим промежуткам времени. Поэтому лучше рассматривать кривые скоростей вертикалей, построенные при высоте элем. в 0.20 сж., — в этом случае выходение кривой детального наблюдения за пределы кривых максимумов и минимумов уже несомненно подтверждают сказанное.

части и близъ дна; и др.). Во многихъ случаяхъ скорость, при значительныхъ ея отклоненіяхъ отъ средней величины, возрастаетъ и убываетъ постепенно въ теченіе цѣлаго ряда секундъ, претерпѣвая при этомъ еще рядъ мелкихъ, второстепенныхъ колебаній; въ другихъ же случаяхъ она возрастаетъ и убываетъ весьма быстро и мелкими колебаніями не сопровождается. Вообще же можно сказать, что кривыя колебанія скоростей ясно обнаруживаютъ беспорядочно импульсивный характеръ движенія воды, обуславливающий сложныя колебанія величины скорости, которыя, вѣроятно, сопровождаются также и колебаніями ея направленія.

Пульсація у праваго берега и на серединѣ рѣки, вообще говоря, интенсивнѣе, чѣмъ у лѣваго берега; точно также близъ дна она больше, чѣмъ близъ поверхности; однако же, ослабленіе ея, по мѣрѣ приближенія къ поверхности воды, вообще говоря, происходитъ гораздо медленнѣе, чѣмъ это можно было думать на основаніи тѣхъ скудныхъ данныхъ, какія встрѣчаются по этому вопросу въ литературѣ предмета. Кстати отмѣчу здѣсь, что поверхность правой (приблизительно) трети ложа рѣки отличается замѣтно большей шероховатостью, чѣмъ поверхность остальныхъ двухъ его третей, а также что вблизи вертикалей №№ 5, 6, 7 плоскость рабочаго профиля, повидимому, пересѣкается съ продольной поверхностью сбоя рѣчныхъ струй (по терминологіи инженера Лелявскаго).

Несмотря на существованіе указаннаго распредѣленія пульсаціи, изъ разсмотрѣнія таблицы № I обнаруживается, что относительная величина максимальныхъ амплитудъ колебаній скорости у лѣваго берега нерѣдко оказывается не только равной, но даже большей, чѣмъ у праваго. Дѣйствительно, наибольшія отклоненія скоростей, среднихъ за 5 " отъ скорости  $V_0$ , средней за все время наблюденій въ данной точкѣ, — выраженные въ ‰ ‰ отъ этой послѣдней скорости, — были найдены близъ дна при величинѣ  $V_0$  отъ  $0,029 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  до  $0,046 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  на верт. № 10, т. № I (+104 ‰)\*;

\*) Столь большое отклоненіе было замѣчено по движенію перьевъ хронографа въ моментъ самого наблюденія, поэтому между точками № I и № II были взяты еще точки II, III, IV, расположенныя одна отъ другой на разстояніяхъ въ 0,10 саж.; столь большія отклоненія, однако, уже болѣе не повторялись и возрастаніе среднихъ скоростей, по мѣрѣ уменьшенія глубины точекъ, оказалось весьма послѣдовательнымъ (табл. № I). Съ другой стороны, видъ кривой пульсаціи совершенно исключаетъ возможность приписать полученное значеніе максимума случайной причинѣ, какъ, напр., удару рыбы по лопасти вертушки.

на верт. № 11, т. № I (+96 ‰) и на верт. № 2, т. № I (+82 ‰). Наименьшія же отклоненія оказались близъ поверхности, при величинѣ  $V_0$  отъ  $0,237 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  до  $0,208 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  на верт. № 5, т. № X (+6 ‰, —4 ‰) на верт. № 8, т. №№ VIII, IX и X (+5 ‰, +4 ‰) и на верт. № 9, т. №№ VIII и IX (+4 ‰, +5 ‰, —6 ‰).

Величины найденныхъ максимумовъ и минимумовъ для однѣхъ и тѣхъ же точекъ, вообще говоря, не оказались равными между собою, однако же въ 59-ти случаяхъ изъ 91-го разности между ними оказались не превышающими 5 ‰ отъ  $V_0$ , тогда какъ въ числѣ остальныхъ 32-хъ разности эти достигаютъ и даже превышаютъ 25 ‰—50 ‰.

Если бы для построенія кривыхъ пульсацій и были взяты скорости среднія, за промежутки времени меньшія 5'' — ти, то несомнѣнно всё измѣненія скоростей оказались бы значительно разнообразнѣе и рѣзче, а величины максимумовъ и минимумовъ, какъ абсолютныя, такъ и относительныя, — были бы несравненно больше.

Хотя, по мѣрѣ уменьшенія глубины, измѣненія абсолютныхъ величинъ максимумовъ и минимумовъ скоростей смежныхъ точекъ происходить, вообще говоря, постепенно, однако, большой равномерности здѣсь не обнаруживается и, потому, кривыя максимумовъ и минимумовъ на вертикаляхъ оказываются значительно менѣе плавны, чѣмъ кривыя среднихъ скоростей; весьма возможно что это находится въ связи съ недостаточной продолжительностью наблюдений.

Кривыя среднихъ мѣстныхъ скоростей на вертикаляхъ тоже не отличаются полной плавностью и съ параболами, какъ всегда, имѣютъ лишь отдаленное сходство.

Кстати отмѣчу здѣсь, что для относительныхъ глубинъ среднихъ скоростей вертикалей, найденныхъ по наблюдениямъ въ отдѣльныхъ точкахъ (табл. № V), были получены величины, измѣняющіяся въ предѣлахъ отъ 0,511  $H$  до 0,790  $H$ ; \*) средняя же арифметическая изъ десяти наиболѣе надежныхъ ихъ значеній оказалась равной 0,632  $H$ , отличающаяся отъ величины соответствующей теоретическому положенію, средней скорости, равной 0,6  $H$ , всего лишь на 5 ‰.

Кривыя скоростей на вертикаляхъ, построенныя на основаніи детальнѣхъ наблюдений при высотѣ элементовъ въ 0,20 саж.,

\*) Береговые вертикали № 1 и № 12 въ расчетъ не приняты.

имѣютъ свой обычный извилистый и непостоянный видъ. Мѣстами, на болѣе или менѣе значительномъ протяженіи, онѣ держатся вблизи кривыхъ максимумовъ, мѣстами — вблизи минимумовъ, мѣстами же онѣ, на короткихъ протяженіяхъ, пересѣкаютъ кривую среднихъ скоростей по нѣскольکو разъ. Кромѣ того, какъ было уже сказано, онѣ выходятъ въ нѣсколькихъ мѣстахъ за предѣлы кривыхъ максимумовъ и минимумовъ вертикалей, что можетъ обусловиться (помимо чисто случайныхъ причинъ) лишь тѣмъ, что въ моментъ прохожденія вертушки черезъ соотвѣтственную точку вертикали скорость этой послѣдней была еще меньше или больше того минимума или максимума, который былъ обнаруженъ при наблюденіи въ этой точкѣ пульсаціи воды. Полезно имѣть при этомъ въ виду, что скорости, послужившія для построенія кривой детальнаго наблюденія при высотѣ элементовъ въ 0,20 саж., представляютъ собою скорости среднія за промежутокъ времени, приблизительно, въ  $7\frac{1}{2}$  секундъ, наблюденія (перемѣщенія вертушки вдоль вертикали).

Что же касается кривыхъ скоростей детальнаго наблюденія при высотѣ элементовъ въ 0,05 саж., то, принявъ во вниманіе ихъ извилистость, вполне соотвѣтствующую результатамъ наблюденія пульсаціи въ отдѣльныхъ точкахъ, остается сдѣлать лишь выводъ діаметрально противоположный приведенному выше, т. е. сказать, что, по мѣрѣ уменьшенія высоты элементовъ, видъ кривыхъ скоростей на вертикаляхъ становится все менѣе и менѣе похожъ на параболы.

Заканчивая этимъ разсмотрѣніе результатовъ наблюденія скоростей, отмѣчу еще въ заключеніе одно интересное явленіе пульсаціи, которое можно нерѣдко наблюдать близъ пологихъ песчаныхъ береговъ, на болѣе или менѣе мелкихъ вертикаляхъ, съ весьма малыми величинами среднихъ скоростей: движеніе воды иногда сплошь по всей вертикали, а чаще мѣстами, то въ нижней части вертикали, то въ верхней — совершенно прекращается на нѣсколько минутъ; затѣмъ гдѣ-либо движеніе вновь возникаетъ, постепенно распространяется на всю глубину вертикали, непрерывно поддерживается на ней въ теченіе нѣкотораго болѣе или менѣе продолжительнаго періода времени и потомъ вновь убываетъ до нуля или мѣстами, или сплошь на всей глубинѣ. Подобное явленіе имѣло какъ разъ мѣсто при производствѣ наблюденія на верт. № 12: когда велась измѣренія детальнымъ методомъ — вода на поверхности была почти совершенно неподвижна, но близъ дна

существовало движеніе; когда же велись измѣренія въ отдѣльныхъ точкахъ, то, наоборотъ, близъ дна вода была неподвижна, а на поверхности она непрерывно двигалась со средней скоростью около  $0,044 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$

Итакъ, полученные результаты опытнаго изслѣдованія первыхъ двухъ вопросовъ, подлежащихъ въ разсматриваемой работѣ выясненію, могутъ быть сформулированы слѣдующимъ образомъ. Скорость каждой точки живого сѣченія, непрерывно измѣняясь по времени, колеблется около средней своей величины, вообще говоря, въ широкихъ предѣлахъ; въ виду же того, что никакой закономерности этихъ колебаній современные, удобопримѣнимые въ большихъ открытыхъ руслахъ приемы и средства изслѣдованія не обнаруживаютъ,—сказанныя колебанія должны быть отнесены къ категоріи измѣненій случайнаго характера, обуславливающія собою случайныя же погрѣшности въ измѣреніяхъ величины скорости. Такъ какъ ослабленіе вліянія погрѣшностей случайнаго характера на результатъ какого бы-то ни было измѣренія достигается, вообще говоря, лишь увеличеніемъ числа повторныхъ измѣреній,—изъ которыхъ опредѣляется затѣмъ средняя величина,—то единственнымъ способомъ полученія возможно точнаго (постояннаго) значенія мѣстной скорости можетъ быть *признанъ единственно лишь способъ достаточно продолжительнаго ея наблюденія, издавна рекомендуемый гидравликами.* Что же касается кратковременныхъ измѣреній, подобныхъ детальнымъ, то онѣ,—даже при самыхъ медленныхъ перемѣщеніяхъ измѣрительнаго прибора вдоль вертикали,—опредѣляютъ значенія мѣстныхъ скоростей съ весьма малою степенью приближенія и, очевидно, отражаютъ случайный характеръ ихъ измѣненія тѣмъ лучше, чѣмъ быстрѣе производится перемѣщеніе прибора и чѣмъ детальнѣе обрабатывается наблюденіе (т. е. чѣмъ меньше берется высота элементовъ вертикали). Поэтому кривыя скоростей вертикалей, построенныя на основаніи детальныхъ измѣреній, всегда сохраняютъ свой случайный характеръ и при каждомъ повтореніи измѣренія принимаютъ совершенно новыя формы, обусловленныя новыми и разнообразными комбинаціями величинъ мѣстныхъ скоростей въ смежныхъ точкахъ вертикали. Слѣдовательно, всѣ исканія „характеристическаго вида“ кривой скоростей на выбранной вертикали помощью детальнаго метода представляютъ собою трудъ по меньшей мѣрѣ бесполезный; вся „характеристичность“ сводится здѣсь лишь исключительно къ извилистой формѣ кривой скоростей, лишенной всякаго постоянства.

Не допуская скольконибудь удовлетворительного выяснения распределения местных средних скоростей, детальный метод дает, однако, хорошие результаты в смысле определения величин средних скоростей вертикали и прекрасные результаты в определении величины расхода рѣки; это вполне подтверждается рассмотрѣніемъ таблицы № III. Таблица эта составлена на основаніи полученныхъ результатовъ наблюдѣній, независимо отъ высказаннаго выше предположенія о существованіи погрѣшностей въ детальныхъ измѣреніяхъ на вертикаляхъ № 2, № 8 и № 9; хотя вліяніе этихъ погрѣшностей на степень сходимости расходовъ, определенныхъ различными методами, ничтожно, однако для полного устраненія всякихъ сомнѣній, а также и въ цѣляхъ полученія болѣе правильныхъ выводовъ здѣсь приводится таблица № VI, составленная на основаніи слѣдующихъ вѣроятныхъ предположеній, выбранныхъ, вмѣстѣ съ тѣмъ, съ такимъ расчетомъ, чтобы они предпочтительно умалляли степень сходимости конечныхъ результатовъ изслѣдованія, но никакъ не преувеличивали бы ее. Допущенія эти таковы: 1) площадь скорости на верт. № 2, независимо отъ способа обработки детального измѣренія ( $\omega_{ed_1} = \omega_{vd_2} = \omega_{vd} = \omega_{vi} = \omega'_v$ ) предположена отличающейся отъ  $\omega_{vp}$  на 5%, что приблизительно соответствуетъ максимальной разности ( $\omega'_v - \omega_{vp}$ ), полученной при всѣхъ безусловно благонадежныхъ измѣреніяхъ\*); 2) разность эта принята не со знакомъ минусъ, а со знакомъ плюс, что въ связи съ допущеніемъ третьимъ и полученными величинами расходовъ обуславливаетъ собою увеличеніе абсолютнаго значенія разностей ( $Q'_a - Q_p$ ), и 3) допущено, что предполагаемая погрѣшность въ детальныхъ измѣреніяхъ на вертикаляхъ № 8 и № 9 обусловила собою ошибки въ определеніи ихъ площадей скоростей, одинаковыя для всѣхъ способовъ обработки и равныя + 2% отъ соответственныхъ величинъ  $\omega_{vp}$ .

Кромѣ исправленія, согласно этимъ допущеніямъ, данныхъ таблицы № III при составленіи таблицы № VI въ нее были включены еще результаты определенія величины расхода  $Q_i$  интеграціоннымъ методомъ безъ введенія поправокъ на неполное измѣреніе вертикалей.

Величины всѣхъ расходовъ были определены для сравненій аналитически въ виду того, что въ случаѣ неблагоприятнаго со-

\*) Измѣренія на верт. № 1 и № 12, въ виду слишкомъ малой величины отношенія полной глубины вертикали къ высотѣ неизмѣннаго пространства въ соображеніе, очевидно, приниматься не должны.



четанія неизбѣжныхъ погрѣшностей при обводѣ площадей планиметромъ, — какъ это видно изъ таблицы № IV, — расходимость между величинами  $Q$ , найденными помощью планиметра, могла достигнуть  $0,28\%$  (вмѣсто  $0,12\%$  — при опредѣленіи ихъ аналитически) въ то время, когда разности ( $Q' - Q_p$ ), обусловленные примѣненіемъ различныхъ методовъ, оказываются меньшими  $1\%$  —  $1,5\%$ .

Итакъ, величины расходовъ, опредѣленные основнымъ методомъ и обоими детальными, разнятся между собою ничтожно и вполне согласуются съ приведенными ранѣе результатами сравнительныхъ измѣреній инж. Najos'a; величины же площадей скоростей на вертикаляхъ \*) (отбрасываемъ, конечно, неблагонадежныя измѣренія) оказались здѣсь еще ближе между собою, что навѣрное обусловилось меньшей скоростью перемѣщенія вертушки и большей глубиной вертикалей.

Считая данныя, собранныя въ таблицѣ № VI, болѣе близкими къ дѣйствительности, чѣмъ въ таблицѣ № III, и имѣя въ виду, что  $Q_{d1}$  найдено при высотѣ элементовъ въ  $0,20$  саж., а  $Q_{d2}$  при высотѣ ихъ въ  $0,05$  сж., надо отнести худшую сходимость  $Q_{d1}$  и  $Q_p$  къ погрѣшностямъ отъ неравномѣрности движенія вертушки вдоль вертикалей, потому что по мѣрѣ уменьшенія высоты элементовъ вліяніе погрѣшностей этого рода, очевидно, должно ослабляться. Знакъ и размѣры погрѣшности, полученной для величины расхода детально-интеграціоннымъ методомъ вполне подтверждаютъ это предположеніе; размѣры же погрѣшности въ величинѣ расхода  $Q_i$  показываютъ, что, при высотѣ неизмѣннаго пространства въ  $0,10 - 0,15$  саж., — ошибки, проистекающія отъ неполнаго измѣренія скоростей на вертикаляхъ, должны быть отнесены къ тому же порядку погрѣшностей, къ какому относятся ошибки отъ неполной равномѣрности перемѣщенія вертушки вдоль вертикали при движеніи ея вручную, безъ всякихъ спеціальныхъ регулирующихъ приспособленій.

Такимъ образомъ, результаты произведеннаго на р. Волгѣ изслѣдованія детального метода показываютъ, что методъ этотъ, несмотря на малую продолжительность измѣрительныхъ работъ, удовлетворяетъ требованіямъ точнаго опредѣленія какъ расхода рѣки, такъ и среднихъ скоростей вертикалей, почти такъ же хорошо, какъ и основнѣй методъ; не выясняя, однако, вопроса о распре-

\*) Процентныя разности ихъ, очевидно, равны процентнымъ разностямъ дѣйствительныхъ среднихъ скоростей вертикалей.

дѣленіи мѣстныхъ скоростей въ живомъ сѣченіи, онъ не можетъ занять того обособленнаго мѣста, какое отводятъ ему венгерскіе инженеры и долженъ быть приравненъ не основному, а интеграціонному методу, отъ котораго онъ отличается лишь нѣсколько большей точностью, но вмѣстѣ съ тѣмъ и необходимостью значительной и непроизводительной затраты труда и времени на детальную обработку кривыхъ скоростей на вертикаляхъ.

Въ заключеніе отмѣчу еще, что возможность примѣненія къ детальнымъ измѣреніямъ метода обработки, названнаго мною детально-интеграціоннымъ, была вскользь указана самимъ Hajos-омъ\*), хотя впрочемъ онъ предлагаетъ способъ исправленія погрѣшностей на неполное измѣреніе вертикалей нѣсколько болѣе сложный, чѣмъ примѣняемый мною: онъ рекомендуетъ опредѣлять величины скоростей ниже предѣловъ измѣренія „графически“, т. е. построениемъ нижней части кривой скорости на вертикали; для этого нужно детально обработать по лентѣ „нѣсколько“ (повидимому не менѣе трехъ) нижнихъ элементовъ вертикали и нанести на чертежъ соответствующія имъ скорости, опредѣляющія то направленіе, по которому нужно продолжить (по прямой линіи) кривую скоростей за предѣлами измѣренія; здѣсь, слѣдовательно, площадь скорости въ неизмѣренномъ пространствѣ будетъ представлять собою трапецію съ большимъ основаніемъ, обращеннымъ въ зависимости отъ случая—иногда кверху, а иногда—книзу. Въ принятомъ же мною способѣ исправленія, приводящемъ къ цѣли гораздо быстрее, взаимныя трапеціи берутся вездѣ прямоугольниками, площади которыхъ, очевидно, отличаются отъ площадей соответственныхъ трапецій на ничтожно малыя величины, не способныя сколько нибудь замѣтно отражаться ни на значеніяхъ среднихъ скоростей вертикалей, ни, тѣмъ болѣе, на величинѣ расхода.

Обращаясь теперь къ выясненію степени рациональности примѣненія разсмотрѣнныхъ методовъ измѣренія скоростей и расходовъ воды гидрометрическими станціями, необходимо прежде всего отмѣтить, что одновременно съ опредѣленіемъ расхода принято стремиться также и къ выясненію распредѣленія скоростей воды; согласно этому и были предложены основной и детальный методы измѣреній. Источникомъ такого стремленія несомнѣнно являлась первоначально необходимость опредѣлить степень соответ-

\*) S. Hajos. Neues Verfahren bei Strommessungen. Budapest. 1903.

ствія дѣйствительнаго движенія воды допущеніямъ и выводамъ гидродинамики; въ настоящее же время, когда можно считать давно установленнымъ, что соотвѣтствіе это, — находясь въ прямой зависимости отъ выбора изслѣдуемаго участка рѣки, — безукоризненнымъ никогда не бываетъ, но, что, тѣмъ не менѣе, при надлежащемъ выборѣ сказаннаго участка и при условіи разсмотрѣнія „средняго“ движенія воды, — имъ можно вполне довольствоваться для общихъ цѣлей измѣренія расходовъ, — въ настоящее время совмѣщеніе работъ по изслѣдованію распредѣленія скоростей съ работами по опредѣленію расходовъ сохраняются, надо думать, лишь по традиціи.

А между тѣмъ совмѣщеніе это, — даже въ томъ случаѣ, если бы изслѣдованія скоростей касались не только ихъ величины, но также и ихъ направленій, — оказывается по отношенію къ успѣшности и плодотворности гидрометрическихъ работъ не только неумѣстнымъ, но и крайне вреднымъ, ибо оно, съ одной стороны, обуславливаетъ непроизводительныя задержки въ измѣреніяхъ расходовъ, а съ другой — ставитъ работы по изслѣдованію скоростей въ условія наименѣе для нихъ благопріятныя. И дѣйствительно, наблюденія надъ движеніемъ рѣчныхъ водъ давно показали, что если допущенія гидродинамики остаются еще пріемлемы для „средняго“ движенія воды въ наиболѣе правильныхъ участкахъ рѣки, то при небольшихъ, сравнительно, отклоненіяхъ русла отъ формъ прямолинейнаго канала, они оказываются уже совершенно непримѣнны, такъ какъ мѣстныя перемѣщенія массъ (струй) воды и ихъ работа пріобрѣтаютъ столь существенное для состоянія ложа и, — до извѣстной степени, — взаимно независимое значеніе, что, всякая попытка объединить эти перемѣщенія въ какое либо „среднее“ для всего потока движеніе, съ тѣмъ чтобы подвести результаты наблюденій къ выводамъ гидродинамики, — не можетъ разсматриваться иначе, какъ покушеніе къ переходу на чисто спекулятивное отношеніе къ явленіямъ природы. \*) Поэтому, имѣя въ виду не застарѣлую псевдо-теоретическую постановку вопроса объ изученіи распредѣленія скоростей, — гдѣ вѣнцомъ всѣхъ стараній является полученіе на вертикаляхъ

\*) Новѣйшія теоріи движенія воды, въ которыхъ вводятся новыя допущенія, очевидно, требуютъ для своего приложенія къ гидротехникѣ производства многочисленныхъ и разнообразныхъ наблюденій, практическихъ изслѣдованій, повѣрокъ и поэтому этими теоріями было бы уместно пользоваться при назначеніи программъ наблюденій, какъ рабочими гипотезами.

пресловутыхъ параболъ, но постановку его въ полномъ смыслѣ слова утилитарную, способствующую выясненію разнообразныхъ явленій дѣятельности рѣчныхъ водъ въ цѣляхъ нахождения безспорно правильныхъ приближеній къ рѣшеніямъ различныхъ задачъ гидротехники, приходится, я думаю, свести разсматриваемый вопросъ къ вопросу объ изслѣдованіи взаимодѣйствія между рѣчнымъ ложемъ и движущимся въ немъ потокомъ воды или, иначе, къ вопросу объ изученіи характера и сферы распространенія тѣхъ измѣненій, какія испытываетъ въ различныхъ своихъ частяхъ потокъ при встрѣчѣ съ различными болѣе или менѣе крупными препятствіями его движенію, какъ неизмѣнными, такъ и измѣняющимися и имѣющими различныя формы, размѣры и расположеніе въ руслѣ. Изученію такого вопроса, очевидно, не могутъ удовлетворять постоянные профили, закрѣпленные на многіе годы въ среднихъ частяхъ длинныхъ, прямолинейныхъ и долговѣчныхъ плесовъ, единственно удобныхъ для наблюденія расходовъ. И, наоборотъ, участки рѣки, совершенно непригодные для этихъ послѣднихъ наблюденій, разнообразныя крупными неправильностями своего ложа, претерпѣвающіе болѣе или менѣе ощутительныя измѣненія подѣ дѣйствіемъ свободно протекающихъ въ нихъ водъ, имѣющіе характерныя изгибы береговъ и, наконецъ, подвергаемые воздѣйствію выправительныхъ и землечерпательныхъ работъ, такіе именно участки, вмѣстѣ съ непосредственно прилегающими къ нимъ частями плесовъ какъ разъ и являются наиболѣе, если не исключительно, подходящими пунктами изслѣдованія вопросовъ, касающихся распредѣленія скоростей.

Принявъ, кромѣ того, во вниманіе тѣ замедленія въ измѣреніяхъ расходовъ воды и тѣ затраты кабинетнаго труда, какія приносятся постоянными гидрометрическими станціями въ жертву бесполезному изслѣдованію распредѣленія скоростей въ одинокихъ профиляхъ участковъ станцій и имѣя въ виду, что замедленія въ измѣреніяхъ обуславливаютъ собою, какъ уже упоминалось, — весьма крупныя погрѣшности въ величинахъ расходовъ, определяемыхъ въ періоды ощутительныхъ ихъ колебаній, что длительность обработки исключаетъ возможность своевременныхъ повѣрокъ неблагонадежныхъ измѣреній и, наконецъ, что общія задержки въ работахъ отражаются роковымъ образомъ на числѣ и порядкѣ послѣдовательности ежегодно определяемыхъ станціями расходовъ, нельзя не придти къ осужденію разсматриваемой и обычно принимаемой нынѣ системы общихъ наблюденій движенія воды въ рѣкахъ.

Но вредъ этой системы, внушающей къ себѣ понятное недоверіе со стороны практическихъ дѣятелей, къ сожалѣнію не ограничивается однимъ лишь пониженіемъ производительной дѣятельности существующихъ станцій и повышеніемъ стоимости единицы ихъ работъ; онъ несравненно существеннѣе тѣмъ, что, по отношенію къ области практическихъ интересовъ, современные гидрометрическія работы неизмѣнно пребываютъ въ какомъ то ложномъ, изолированномъ отъ жизни положеніи, въ то время, какъ при рациональной ихъ постановкѣ онѣ, очевидно, должны были бы всегда оставаться органически связанными со всѣми техническими мѣропріятіями по улучшенію естественно-судоходнаго состоянія водныхъ путей и, неизмѣнно предшествуя и соутествуя имъ, постепенно развѣртывать всесторонне ясную картину быта рѣки, истинное знаніе котораго исключительно и можетъ быть положено въ основу дѣйствительно экономичной борьбы съ мелководіемъ нашихъ большихъ рѣкъ.

Всѣ эти соображенія заставляютъ меня высказаться за полную и неотложную необходимость измѣненія обычно практикуемой системы гидрометрическихъ работъ, за расширеніе области примѣненія этихъ послѣднихъ, а также и за обязательную ихъ организацію на всѣхъ важнѣйшихъ равнинныхъ рѣкахъ по общей программѣ, устанавливающей единство методовъ измѣреній, удовлетворяющей требованіямъ полноты и систематичности веденія разнородныхъ гидрометрическихъ работъ и предусматривающей, наконецъ, необходимость установленія тѣсной связи между гидрометрическими и главнѣйшими гидротехническими работами въ руслѣ рѣки.

Не позволяя себѣ останавливаться на подробномъ обсужденіи этой программы, которая, мнѣ кажется, должна была бы представлять собою трудъ коллективный съ участіемъ въ немъ лицъ наиболѣе компетентныхъ въ области гидротехники и рѣчной гидравлики, я возвращаюсь къ главной темѣ своего доклада, касающейся, очевидно, лишь двухъ частныхъ вопросовъ гидрометріи.

Такъ какъ предыдущія разсужденія ясно обнаруживаютъ необходимость рѣзкаго разграниченія работъ по наблюденіямъ расходовъ отъ работъ по изслѣдованію распределенія скоростей, то въ дальнѣйшемъ изложеніи вопросы, касающіеся рациональной поставки тѣхъ и другихъ работъ, будутъ также раздѣлены между собою.

Для того, чтобы количества расходов, ежегодно определяемых постоянными гидрометрическими станциями, могли бы быть доведены до желательного и возможного максимума, для того чтобы можно было пользоваться результатами наблюдений расходов не только для разработки вопросов общего характера \*), но также и для текущих потребностей практики, наравнѣ съ показаніями водомѣрныхъ постовъ, для того, чтобы получить возможность относить къ величинамъ расходовъ, для большей ясности, результаты другихъ гидрометрическихъ наблюдений, для этого долженъ быть выбранъ такой методъ измѣренія, который велъ бы къ цѣли прямымъ, кратчайшимъ путемъ и, вмѣстѣ съ тѣмъ, допускалъ бы опредѣленіе величинъ расходовъ съ максимальной точностью.

Основной и детальный методы, ведущіе къ опредѣленію величины расхода окольнымъ путемъ, удовлетворить всѣмъ поставленнымъ условіямъ, очевидно, не могутъ, и выборъ можетъ остановиться лишь на способѣ механической интеграціи скоростей, которая сводитъ затраты труда и времени къ возможному минимуму какъ въ измѣрительныхъ, такъ и въ кабинетныхъ работахъ.

Для примѣненія механической интеграціи, какъ было уже отмѣчено, вертушка должна имѣть формулу вида линейнаго уравненія, и перемѣщеніе ея вдоль вертикали должно производиться по возможности равномерно; однако, изъ разсмотрѣннаго выше опыта примѣненія детально-интеграціоннаго метода видно, что погрѣшность отъ неполной равномерности этого перемѣщенія недостаточно велика для того, чтобы оправдать употребленіе сложныхъ механическихъ регуляторовъ скорости вращенія лебедки—совершенно достаточно пользоваться какимъ-либо простымъ и дешевымъ акустическимъ приспособленіемъ, подобно тому, какъ я пользовался метрономомъ.

Примѣненіе къ производству измѣреній стоячихъ штангъ съ направляющей (по Harlaher'у) въ цѣляхъ повышенія точности измѣреній расходовъ надо признать желательнымъ лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда штанги могутъ быть установлены рабочими „отъ руки“, такъ какъ затраты на какія-либо механическія приспособ-

\*) Каковы, напр., вопросы: регистраціи многолѣтнихъ колебаній величинъ расходовъ, установленія связи ихъ съ метеорологическими наблюденіями въ бассейнѣ рѣки, обнаруженія пониженія уровня воды въ рѣкѣ въ связи съ пониженіемъ ея дна, изученія вліянія лѣсоохранительныхъ мѣропріятій на многоводность рѣкъ и т. под.

собленія для ихъ постановки едва ли могутъ быть оправданы. Но во всякомъ случаѣ, имѣя въ виду, что употребленіе штангъ хотя и незначительно (при достаточномъ навѣкѣ рабочихъ), но все же неизбѣжно замедляетъ работы, необходимо въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ убѣждаться въ томъ, дѣйствительно ли оправдывается ихъ примѣненіе существующими въ живомъ сѣченіи направленіями скоростей.

Несмотря на то, что погрѣшность отъ неполнаго измѣренія вертикалей при механической интеграціи сравнительно мала (таблица № VI), нецѣлесообразно, однако, пренебрегать ею въ то время, когда ея устраненіе, способствуя ослабленію возможности накопленія ошибокъ, — не представляетъ затрудненій; но кромѣ того, несмотря на свою малость, ошибки подобнаго рода оказываются въ извѣстныхъ случаяхъ весьма чувствительны.

При выборѣ способа исправленія ошибокъ отъ неполнаго измѣренія вертикалей нельзя, я полагаю, отдать предпочтенія способу Nagler'a, потому что поправка въ этомъ случаѣ равносильна, въ сущности, дополненію ряда случайныхъ величинъ величиною постоянной, определенной независимо отъ комбинацій, существовавшихъ въ моментъ наблюденій и способной ощутительно различаться отъ того значенія скорости, какое дѣйствительно существовало въ данномъ случаѣ въ неизмѣренномъ пространствѣ, а это — едва ли цѣлесообразно: кромѣ того, неправиленъ и самый приемъ определенія коэффициентовъ  $\xi$  въ зависимости лишь отъ высоты неизмѣреннаго пространства и отъ глубины вертикали, ибо существуютъ факторы (напр. положеніе вертикали въ профиль), которые, очевидно, способны вліять на величину поправки несравненно сильнѣе глубинъ; наконецъ, способ этотъ и неудобенъ, такъ какъ онъ требуетъ большого количества предварительныхъ наблюденій, особыхъ для каждой высоты неизмѣреннаго пространства. Способъ Najos'a, согласно которому для исправленія рассматриваемой погрѣшности пользуются случайнымъ же значеніемъ скорости, въ ближайшемъ сосѣдствѣ съ неизмѣреннымъ пространствомъ — несравненно цѣлесообразнѣе и логичнѣе; видоизмѣненіе же его, примѣненное мною при обработкѣ измѣреній 14—15 іюля 1903 года детально-интеграціоннымъ методомъ, казалось бы наиболѣе удобно въ практическомъ отношеніи; кстати замѣчу здѣсь, что высоту нижняго элемента вертикали, служащаго для вычисленія поправочной скорости, слѣдуетъ брать равной высотѣ неизмѣреннаго пространства, съ тѣмъ, чтобы сообщить поправкѣ

равноцѣнность, соответствующую наблюденьямъ, произведеннымъ въ измѣренномъ пространствѣ.

Отъ примѣненія къ измѣреньямъ хронографа съ контактнымъ аппаратомъ для регистраціи времени—работы безусловно выиграютъ, такъ какъ автоматическая записъ, устраняющая личныя ошибки наблюдателя и оставляющая документальныя данныя о произведенныхъ измѣреньяхъ, очевидно, должна быть предпочтена простымъ отсчетамъ; кромѣ того, хронографъ Najos'a по сравненію со счетчиками имѣетъ за собою преимущества простоты устройства.

Чтобы не быть голословнымъ въ приведенномъ выше утвержденіи о чувствительности, въ нѣкоторыхъ случаяхъ, погрѣшностей въ 1%—1,5%, происходящихъ отъ неполнаго измѣренія вертикалей,—я привожу здѣсь таблицу № VII результатовъ сравнительныхъ измѣреній расходовъ, произведенныхъ мною въ предѣлахъ участка станціи зимою 1903 года.

Имѣя въ виду, что результаты этихъ измѣреній, помимо общаго ихъ интереса, приложимы также и къ практикѣ примѣненія детально-интеграціоннаго метода, о которой здѣсь идетъ рѣчь, я позволю себѣ нѣсколько остановиться на ихъ разсмотрѣніи, отмѣтивъ предварительно, что измѣреньями этими предполагалось выяснить слѣдующіе вопросы:

1) Насколько удачно выбрано направленіе рабочаго профиля станціи по отношенію къ направленію средняго движенія воды при низкихъ горизонтахъ \*).

2) Каково вліяніе разстояній, взятыхъ между рабочими вертикалями, на величину расхода и на видъ кривой расхода.

3) Наблюдается ли полное соответствіе между стрелковыми изгибами дна въ рабочемъ профилѣ и изгибами кривой расхода,

и 4) Насколько постоянна величина расхода при повторныхъ ея опредѣленіяхъ въ одномъ и томъ же и въ различныхъ рабочихъ профиляхъ въ періоды устойчивыхъ горизонтовъ воды въ рѣкѣ.

Такъ какъ построеніе изотакъ помощью кривыхъ скоростей на вертикаляхъ, полученныхъ детальнымъ методомъ, представляетъ существенныя неудобства, то мною былъ примѣненъ для рѣшенія перваго вопроса слѣдующій способъ обработки результатовъ измѣреній. Вычертивъ кривыя расхода на всѣхъ рабочихъ профи-

\*) Такъ какъ условія движенія воды подъ льдомъ кореннымъ образомъ отличаются отъ таковыхъ же при отсутствіи льда, то лѣтомъ, конечно, слѣдовало бы получить второе рѣшеніе этой задачи.



ляхъ, пользуются этими кривыми, какъ профилями при нанесеніи горизонталей, и проводятъ на планѣ (черт. № IX) плавныя кривыя равныхъ элементарныхъ расходовъ (что то же—площадей скоростей); затѣмъ проводятъ въ изслѣдуемомъ профилѣ черезъ всѣ эти точки касательныя къ кривымъ равныхъ элементарныхъ расходовъ и откладываютъ на нихъ по направленію теченія длины, пропорціональныя произведеніямъ элементарныхъ расходовъ соотвѣтственныхъ вертикалей, на полусумму разстояній этихъ вертикалей до двухъ другихъ смежныхъ съ ними. Разсматривая, наконецъ, всѣ полученные отрѣзки, какъ векторы силъ, опредѣляютъ ихъ равнодѣйствующую по величинѣ и направленію помощью веревочнаго многоугольника. Длина полученной равнодѣйствующей дастъ числовое значеніе величины расхода, направленіе ея позволитъ приблизительно судить о среднемъ направленіи горизонтальныхъ проекцій скоростей въ разсматриваемомъ живомъ сѣченіи, а точка приложенія ея на профилѣ дастъ горизонтальную проекцію точки пересѣченія динамической оси потока съ плоскостью рабочаго профиля. При правильномъ выборѣ положенія этого послѣдняго полученная равнодѣйствующая должна, конечно, составлять съ нимъ въ планѣ углы близкіе къ  $90^{\circ}$ .

Раньше чѣмъ проводить линіи равныхъ элементарныхъ расходовъ на вертикаляхъ слѣдуетъ увязать невязки, полученные между частными значеніями отдѣльныхъ расходовъ и среднимъ его значеніемъ; съ этой цѣлью каждая невязка должна быть разложена на всѣ рабочія вертикали соотвѣтственнаго живого сѣченія пропорціонально произведенію площади скорости каждой вертикали на полусумму разстояній ея до двухъ смежныхъ съ ней. Опредѣливъ точку приложенія вектора полного расхода на рабочемъ профилѣ, любопытно, между прочимъ, найти положеніе и величину угла, образуемаго векторами частныхъ расходовъ по правую и по лѣвую сторону отъ этой точки. Для лучшаго опредѣленія полного расхода слѣдуетъ всегда проводить лишнюю линію равныхъ элементарныхъ расходовъ независимо отъ принятыхъ промежутокъ между этими линіями (по величинѣ элементарныхъ расходовъ),—черезъ наивысшую точку кривой расхода въ главномъ рабочемъ профилѣ. Векторъ полного расхода, очевидно, долженъ всегда получаться,—при непараллелоструйности теченія и при существованіи вертикальной оси вращенія у вертушки, которой производили измѣренія,—меньше величины расхода, опредѣленной обычнымъ путемъ. Искать полного равенства угловъ, обра-

зубых векторомъ полного расхода съ главнымъ рабочимъ профилемъ, нѣтъ надобности, такъ какъ, повидимому, неизбежная длительность и другія несовершенства измѣреній, въ связи съ характеромъ движенія воды въ рѣкѣ, позволяютъ опредѣлять величину расхода съ точностью лишь въ нѣсколько единицъ процентовъ и этимъ, именно, и можетъ въ значительной мѣрѣ обусловиться неточная его перпендикулярность къ профилю.

Такъ, напримѣръ, въ разсматриваемыхъ измѣреніяхъ расходъ № 6, опредѣленный 27 февраля въ проф. № 14, разнится отъ расхода № 7, измѣреннаго въ тотъ же день въ профилѣ № 16

на  $5,2 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  или  $4,7\%$ , тогда какъ профили эти расположены всего лишь на разстояніи 100 саж. одинъ отъ другого и ложе рѣки какъ выше, такъ и ниже этихъ профилей не представляетъ никакихъ крупныхъ неправильностей. Замѣчу, кстати, что такой расходимости соответствовалъ бы уголъ наклона профили къ среднему направленію движенія воды, равный  $17^\circ$  \*).

На второй изъ поставленныхъ вопросовъ былъ полученъ слѣдующій отвѣтъ. При разстояніи между рабочими вертикалями въ 20 саж. и обычномъ мѣстоположеніи ихъ былъ полученъ расходъ

равный  $111,6 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ , а при разстояніи между ними въ 10 саж.— кривая расхода сдѣлалась болѣе извилистой, и расходъ оказался

равнымъ  $110,7 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ , т. е. расходъ уменьшился на  $0,8\%$ . Отсюда слѣдуетъ, что для лучшей сравнимости расходовъ ихъ слѣдуетъ всегда опредѣлять на однѣхъ и тѣхъ рабочихъ вертикаляхъ.

Третій вопросъ былъ выясненъ сопоставленіемъ вида кривыхъ расхода \*\*), полученныхъ въ различныхъ профиляхъ съ видомъ соответственныхъ профилей, при чемъ оказалось, что связи между изгибами кривой и стречневыми изгибами дна, вообще говоря, не наблюдается. Это приводитъ къ заключенію, что изгибы кривыхъ расхода не зависятъ отъ небольшихъ относительно изгибовъ дна.

\*) Если  $Q$  расходъ въ нормальномъ профилѣ и  $Q'$ —въ наклонномъ, то  $Q = Q' C \sin \alpha$ ; когда  $(Q' - Q) = 0,047 Q$ , —имѣемъ  $\frac{Q}{C \sin \alpha} = 1,047 Q$ , откуда приблизительно  $\alpha = 17^\circ$ .

\*\*) Я не имѣю возможности, къ сожалѣнію, приложить къ настоящему докладу соответственныхъ чертежей, такъ какъ копій съ нихъ я себѣ не оставилъ.

Поэтому можно думать, что мнѣніе нѣкоторыхъ наблюдателей, совѣтующихъ проводить кривую расхода между рабочими вертикалями не плавно, а сообразуясь съ изгибами дна,—не должно быть относимо къ малымъ его изгибамъ, а такъ какъ на крупныхъ,—какъ извѣстно,—всегда полагается брать самостоятельныя рабочія вертикали, то мнѣніе это нельзя считать правильнымъ, тѣмъ болѣе, что оно, очевидно, приводитъ въ концѣ концовъ къ извѣстному произволу при нанесеніи кривой расхода который влечетъ за собой неисправимыя ошибки въ величинѣ расхода и плохую его сравнимость съ другими расходами.

Наконецъ, на четвертый вопросъ отвѣтъ ясенъ изъ разсмотрѣнія таблички № VII. Величины расходовъ, какъ я уже отмѣтилъ, замѣтно колеблются, но размѣры этихъ колебаній далеко не такъ велики, чтобы можно было пренебрегать погрѣшностью въ  $1\%$ — $1,5\%$ , примѣняя интеграціонный методъ безъ введенія поправокъ на неполное измѣреніе вертикалей.

Кстати замѣчу, что, рассматривая таблицу, любопытно обратить вниманіе на  $Q_{N_2} = 109,0 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ , измѣренный при горизонтѣ  $18,75 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$  саж. и оказавшійся на  $1,5\%$  меньше  $Q_{N_3} = 110,7 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ , измѣреннаго при горизонтѣ  $18,73$  саж.; въ первомъ случаѣ площадь живого сѣченія была нѣсколько больше, чѣмъ во второмъ, вслѣдствіе меньшей толщины льда и шла медленная убыль въ высотѣ воды ( $-0.002$  сж.), въ то время какъ во второмъ случаѣ шла медленная прибыль ( $+0.001$  сж.).

Продолжая дальнѣйшее обсужденіе вопроса о практическомъ примѣненіи детально-интеграціоннаго метода, я считалъ бы рачіональнымъ принимать за основную величину расхода во всѣхъ измѣреніяхъ величину его, найденную аналитически, а не механически (т. е. помощью построения и обвода планиметромъ кривой расхода). Въ большинствѣ случаевъ предпочитаютъ, наоборотъ, принимать за основную ту величину, которая опредѣляется механически, въ силу того соображенія, что въ этомъ послѣднемъ случаѣ ординаты, выражающія элементарные расходы (или площади скорости на вертикаляхъ) измѣняются совершенно плавно, не образуя на рабочихъ вертикаляхъ угловъ, что лучше соответствуетъ вѣроятному ихъ измѣненію. Хотя, по существу, нельзя не признать этого разсужденія правильнымъ, однако же, имѣя въ виду, что

элементарный расходъ на промежуточной, неизмѣренной вертикали одинъ разъ можетъ, въ дѣйствительности, оказаться большимъ, а другой разъ—меньшимъ соотвѣтственной ординаты кривой расхода,—едва ли можно настаивать на томъ, что опредѣленіе расхода механически даетъ величину его болѣе близкую къ истинѣ, чѣмъ вычисленіе его аналитически; ясно, что какъ та, такъ и другая величина въ равной мѣрѣ условны. Поэтому въ выборѣ основной величины расхода мы вправѣ поступить такъ, какъ это намъ удобнѣе, а удобнѣе, очевидно, для скорѣйшаго окончательнаго опредѣленія величины расхода, а также и для устранения вліянія погрѣшности отъ примѣненія планиметра, принять болѣе быстрый и точнѣе выполнимый способъ—вычислительный, механическому же—отвести роль повѣрочнаго; замѣчу къ тому же, что сказанное имѣетъ болѣе значенія въ формальномъ отношеніи, чѣмъ въ практическомъ, ибо расходимость между величинами расхода, опредѣленными тѣмъ и другимъ способомъ, никогда не превосходить десятыхъ долей процентовъ.

Возможно, что мнѣ придется услышать упрекъ въ томъ, что, настойчиво предлагая совершенно отказаться отъ примѣненія основнаго метода измѣреній расходовъ, точность котораго справедливо считается наивысшей, и рекомендуя переходъ къ менѣе точному, детально-интеграціонному, я пытаюсь сдѣлать шагъ назадъ въ дѣлѣ наблюденія расходовъ. Легко показать, однако, всю несостоятельность такого возраженія. Не говоря уже о томъ, что сравнительныя измѣренія 14—15 іюля 1903 года, несмотря на не вполне совершенную равномерность перемѣщенія вертушки по вертикалямъ, обнаружили весьма удовлетворительную сходимостъ расходовъ  $Q_{ia}$  и  $Q_p$  и что, при рекомендуемомъ мною контролѣ этой равномерности метрономомъ, величины  $Q_{ia}$  безусловно будутъ еще точнѣе,—можно утверждать, что, при условіи одинаковой затраты времени на измѣренія, детально-интеграціонный методъ позволяетъ опредѣлять величину расхода не менѣе точно, а наоборотъ, болѣе точно, чѣмъ основной. Для этого при надлежащей равномерности перемѣщенія вертушки нужно лишь: 1) независимо отъ глубины вертикали употреблять на подъемъ вертушки періодъ времени не меньшій принятаго при измѣреніяхъ въ отдѣльныхъ точкахъ (обычно равный при точныхъ наблюденіяхъ 3—5 минутамъ) и 2) опредѣлять площадь скорости на каждой вертикали, какъ среднюю изъ нѣсколькихъ самостоятельно произведенныхъ одно за другимъ измѣреній. Примѣняя одно лишь первое условіе, мы получаемъ

величины  $v_{id}$  почти точно равноцѣнныя соответственнымъ  $v_p$ , а применяя оба условія вмѣстѣ и производя на каждой вертикали по  $r$  измѣреній, получаемъ величины средних скоростей  $v_{id}$  вертикалей, болѣе точными, чѣмъ  $v_p$  почти въ  $\sqrt{r}$  разъ.

Если бы, напримѣръ, было затрачено на такія повторныя интеграціонныя измѣренія время, израсходованное 14—15 іюля исключительно лишь на измѣренія основнымъ методомъ въ 96 точкахъ, то это позволило бы повторить подъемъ вертушки на 12-ти рабочихъ вертикаляхъ по 8-ми лишнимъ разъ, а всего произвести по 9-ти измѣреній и получить величину расхода почти въ 3 раза болѣе точную, чѣмъ полученная за то же время основнымъ методомъ. Дѣйствительно, допустивъ, какъ это всегда и дѣлается при выборѣ большой продолжительности измѣреній мѣстныхъ скоростей основнымъ методомъ<sup>\*)</sup>, что при одинаковыхъ временахъ наблюденія скоростей въ различныхъ точкахъ живого сѣченія степень точности результатовъ измѣреній вездѣ одинакова, измѣривъ затѣмъ рядъ скоростей  $v_1, v_2, v_3 \dots$  въ отдѣльныхъ точкахъ вертикали съ точностью, скажемъ, до  $\frac{1}{K}$  (т. е. съ максимальной погрѣшностью, равной  $\frac{v_1}{K}, \frac{v_2}{K}, \frac{v_3}{K}, \dots$ ) соответствующей принятой продолжительности наблюденія  $t$  секундъ, мы, очевидно, получимъ, суммируя всѣ  $v$ , величину ихъ суммы съ максимальной погрѣшностью тоже равной  $\frac{1}{K}$  отъ этой суммы; если, наконецъ, дѣленіемъ этой суммы на глубину вертикали мы найдемъ среднюю скорость вертикали  $v_0$ , то максимальная ея погрѣшность тоже будетъ равна  $\frac{1}{K} \cdot v_0$ ; а эта погрѣшность соответствуетъ максимальной погрѣшности, получаемой изъ однократнаго наблюденія той же продолжительности  $t$  вдоль всей вертикали, т. е. по способу механической интеграціи. Имѣя же въ виду случайный характеръ погрѣшностей, получаемыхъ при измѣреніи скорости, можно считать, что  $r$  измѣреній повысятъ точность опредѣленія  $v_0$  въ  $\sqrt{r}$  разъ. Сказанное относится, конечно, въ равной мѣрѣ и къ детальному методу. Такъ какъ колебанія величины скорости близъ дна, вообще говоря, больше, чѣмъ у поверхности, то, строго говоря, принятое допущеніе не

\*) Иногда берутъ продолжительность наблюденія для однѣхъ точекъ равной напр. 2 минутамъ, а для другихъ, напр. 5 минутамъ; я же имѣю здѣсь въ виду тѣ случаи, когда всюду берется максимальная продолжительность, т. е. когда спѣшность измѣреній не играетъ большой роли.

вполнѣ правильно; неблагоприятное вліяніе этого обстоятельства, однако же, сторицей возмѣщается въ механической интеграціи непрерывностью наблюденій вдоль вертикали, не имѣющей мѣста въ измѣреніяхъ основнымъ методомъ. Справедливость сказаннаго наглядно подтверждается превосходной еходимостью въ наблюденіяхъ 14—15 іюля 1903 г. величины  $Q_p$  съ величиною  $Q_{az}$ , гдѣ вліяніе неполной равномерности перемѣщенія вертушки почти вполнѣ устранено, но средняя продолжительность перемѣщеній вдоль вертикали была, однако, меньше 5 минутъ.

Тѣмъ не менѣе примѣняя детально-интеграціонный методъ, необходимо не столько въ цѣляхъ повышенія точности наблюденія, сколько для повѣрокъ, принять за правило всегда производить не однократную, а двукратную интеграцію скоростей вдоль каждой вертикали. Для большей точности скорость перемѣщенія вертушки нужно брать тѣмъ меньшей, чѣмъ меньше глубина вертикали; желая же достигнуть равноцѣнности всѣхъ отдѣльных измѣреній и точности не меньшей той, какую далъ бы основной методъ, можно на каждой вертикали находить эту скорость дѣленіемъ ея глубины на  $5' = 300''$ . Ясно, однако, что нѣкоторые отступленія отъ этого послѣдняго правила, которыхъ могутъ потребовать удобства работъ, замѣтнаго вліянія на величину расхода оказать не могутъ \*).

Примѣненіе постоянными гидрометрическими станціями детально-интеграціоннаго метода для опредѣленія расходовъ, конечно, не исключаютъ возможности и желательности изслѣдованія по величинѣ и направленію распредѣленія скоростей воды, но, во всякомъ случаѣ, при условіи производства этихъ работъ независимо отъ работъ по измѣренію расходовъ. Одной изъ задачъ подобныхъ изслѣдованій должно служить выясненіе тѣхъ направленій движенія, какія существуютъ въ главномъ рабочемъ профилѣ станціи при различныхъ показаніяхъ водомѣрнаго поста, съ тѣмъ, чтобы имѣть твердыя основанія для рѣшенія вопроса о необходимости примѣненія штангъ или введенія въ измѣренія расходовъ поправокъ на неперпендикулярность движенія воды къ плоскости живого сѣченія.

\*) Такъ какъ при медленномъ подъемѣ вертушки и значительной скорости вращенія ея лопастей,—запись числа оборотовъ становится неясной, то для особенно точныхъ измѣреній соотношеніе между діаметрами барабана лебедки и главнаго валика хронографа Najos'a должно быть взято большимъ  $\frac{1}{2}$ .

Кромѣ того, существенно важно было бы произвести рядъ систематическихъ наблюдѣній въ цѣляхъ выясненія вліянія направленія и скорости вѣтра на распредѣленіе скоростей на различныхъ глубинахъ.

Что же касается подробныхъ изслѣдованій распредѣленія скоростей въ предѣлахъ всего участка станціи, а также и изученія явленій колебанія скоростей по величинѣ и направленію, то имѣ, по крайней мѣрѣ, въ ближайшемъ будущемъ, едва ли слѣдуетъ удѣлять слишкомъ много времени, такъ какъ весьма вѣроятно, что движеніе воды въ среднихъ частяхъ плесовъ сопровождается рядомъ столь мелкихъ, равнозначныхъ и поэтому сложныхъ явленій движенія, что найти въ нихъ преобладающія, уловить въ нихъ какую либо закономерность и причинную связь съ другими факторами явленія окажется задачей крайне трудно разрѣшимой. Нельзя, однако, категорически высказываться противъ изученія явленія пульсации воды, такъ какъ искусственное форсированіе пульсации при извѣстныхъ условіяхъ могло бы несомнѣнно получить весьма важныя практическія примѣненія.

Переходя теперь къ вопросу объ упомянутыхъ ранѣе, болѣе полныхъ изслѣдованіяхъ распредѣленія скоростей на протяженіи цѣлыхъ участковъ рѣки, имѣющихъ цѣлью разрѣшеніе различныхъ практическихъ задачъ гидротехники, необходимо отмѣтить, прежде всего, заслуги въ области этихъ работъ покойнаго инженера Лелявскаго, впервые обратившаго должное вниманіе на важность подобныхъ изслѣдованій, построившаго необходимый для этого приборъ и выполнившаго рядъ наблюдѣній, позволившихъ ему оставить по себѣ рядъ весьма цѣнныхъ взглядовъ на движеніе воды въ рѣкѣ, заключенныхъ въ его теоріи сбойныхъ и расходящихся теченій.

Но работы инженера Лелявскаго, которыя возобновлялись въ послѣдніе годы инженеромъ Акуловымъ, къ сожалѣнію не получили до сихъ поръ необходимаго распространенія и постоянной организаціи, и носили характеръ единичныхъ изслѣдованій; а между тѣмъ явленія, подлежащія здѣсь изученію, таковы, что требованіе многочисленности наблюдѣній, систематично производимыхъ въ разнообразныхъ условіяхъ и непременно связанныхъ тѣсно съ наблюденіями другихъ важнѣйшихъ относящихся къ нимъ факторовъ — должно быть поставлено на первое мѣсто.

Среднія величины и направленія скоростей можно опредѣлять, какъ было уже упомянуто, путемъ измѣненія въ рядѣ смежныхъ профилей однѣхъ лишь величинъ скоростей (основной методъ), при чемъ первоначальная обработка наблюдений производится способомъ Cunniff'a. Имѣя въ виду продолжительность этого способа, слишкомъ общую форму получаемого здѣсь рѣшенія вопроса и, наконецъ, тѣ неудобства въ работѣ, которыя связаны съ невозможностью выясненія единичнымъ измѣненіемъ всѣхъ элементовъ движенія въ какой либо точкѣ потока,—нельзя рекомендовать примѣненіе этого метода въ задачахъ спеціальнаго изслѣдованія распредѣленія скоростей. Предпочтеніе должно быть очевидно отдано методу законченныхъ измѣреній въ каждой изслѣдуемой точкѣ, идеѣ котораго удовлетворяетъ приборъ инженера Лелявскаго. Что же касается метода обработки наблюдений, то здѣсь можно остановиться или на способѣ обработки инж. Лелявскаго, или на способѣ инж. Акулова; однако же устройство моделей русла, какъ это практиковалось на Днѣпрѣ послѣдніе годы, можно признать желательнымъ лишь въ исключительныхъ случаяхъ, такъ какъ подобная система обработки измѣреній для постояннаго примѣненія слишкомъ дорога и продолжительна.

Наблюденія могутъ производиться или помощью „измѣрительныхъ струй“ инженера Лелявскаго, или же помощью прибора, спроектированнаго мною для изученія распредѣленія скоростей въ большихъ рѣкахъ, практическая разработка деталей котораго производится мною въ настоящее время.

Конструкция этого послѣдняго прибора нѣсколько расширяетъ предѣлы возможнаго на практикѣ изслѣдованія распредѣленія скоростей и,—какъ показали первые опыты примѣненія его на Волгѣ осенью 1908 года,—допускаетъ производство измѣреній, безъ особыхъ затрудненій, на глубинѣ 5-ти—6-ти саж. при скоростяхъ воды въ  $0,7—0,8 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$ . Приборъ опредѣляетъ одновременно всѣ элементы движенія воды въ пространствѣ, т.-е. два угла, отнесенные къ неподвижнымъ осямъ координатъ, и величину скорости. Отъ измѣрительнаго прибора показанія передаются помощью электрическаго тока (пять изолированныхъ проводовъ при одномъ обратномъ, которымъ служатъ неизолированныя, металлическія, соединительныя части) хронографу съ электромагнитами, выдвигающему равномерно и одновременно, три бумажныя ленты на которыхъ ведется запись наблюдений; это позволяетъ, при обра-



боткѣ наблюдений, не только опредѣлять среднія величины и направленія скоростей въ изслѣдуемой точкѣ, но тоже вычерчивать, въ случаѣ надобности, графики измѣненія элементовъ движенія—по времени.

Возвращаясь къ вопросу о постановкѣ работъ по изслѣдованію скоростей, необходимо въ заключеніе отмѣтить, что, стремясь къ достиженію полной плодотворности подобныхъ изслѣдованій,—недостаточно удовлетворить одному лишь требованію многочисленности измѣреній.

Отсутствіе всякой односторонности въ наблюденіяхъ, возможная полнота этихъ послѣднихъ, захватывающая всѣ важнѣйшіе факторы изучаемаго явленія и позволяющая установить существующую между этими факторами связь, должны быть признаны для разсматриваемыхъ работъ требованіями первостепенной важности. Лишь удовлетвореніе ихъ способно раскрыть истинную картину жизни рѣки, допускающую какъ ясное пониманіе тѣхъ тенденцій, которыя проявляетъ въ извѣстные періоды сама рѣка, такъ и безошибочное предвидѣніе, если не всегда въ количественномъ, то, во всякомъ случаѣ, въ качественномъ отношеніи, тѣхъ процессовъ измѣненій, какіе должны обнаружиться въ руслѣ, при извѣстныхъ условіяхъ и польза знанія которыхъ въ вопросахъ борьбы съ мелководіемъ рѣкъ не можетъ подлежать никакому сомнѣнію.

Становясь на такую точку зрѣнія и имѣя въ виду крупный масштабъ главнѣйшихъ русскихъ рѣкъ съ одной стороны, а съ другой — недостаточную густоту населенія и бѣдность страны, заставляющихъ отказаться во всѣхъ техническихъ мѣропріятіяхъ улучшенія водныхъ путей отъ принципа насилія надъ рѣкой и замѣнить его принципомъ приспособленія къ ней, я не могу не придти къ отмѣченному уже выше заключенію о неотложной необходимости распространенія и правильной организаціи всестороннихъ наблюдений надъ бытомъ русскихъ рѣкъ, имѣющихъ основной своей цѣлью разрѣшеніе различныхъ практическихъ задачъ гидротехники.

Хотя подобныя изслѣдованія не могутъ быть отнесены къ категоріи простѣйшихъ, тѣмъ не менѣе нѣтъ рѣшительно никакихъ основаній считать ихъ настолько сложными, чтобы полученіе вполнѣ ясныхъ и опредѣленныхъ результатовъ ихъ анализа оказалось недостижимымъ; заранѣе намѣчая преобладающіе факторы явленія, подлежащіе изученію и пренебрегая второстепенными, выдѣляя изслѣдованіе причинъ, дѣйствующихъ въ извѣстныхъ предѣлахъ самостоятельно отъ такихъ, дѣйствій которыхъ неразрывно связаны

между собою, сообразуясь со степенью постоянства вліянія различныхъ причинъ, строго придерживаясь рамокъ поставленнаго на разрѣшеніе частнаго вопроса изслѣдованій, который долженъ быть каждый разъ вполне опредѣленно и, по возможности, конкретно формулированъ и, наконецъ, выбирая надлежащія формы и приемы обработки наблюденій, задачи разсматриваемыхъ изслѣдованій могутъ быть безъ затрудненій значительно упрощены и облегчены.

Имѣя въ виду спеціальнѣйшій характеръ такихъ работъ, всего цѣлесообразнѣе было бы организовать для ихъ осуществленія особаго передвижнаго гидрометрическаго станціи, которымъ ставились бы вопросы изслѣдованій мѣстнымъ центральнымъ учрежденіемъ (Правленіемъ Округа), при чемъ въ этомъ послѣднемъ могло бы быть также сосредоточено и руководство ихъ дѣятельностью.

Тамъ, гдѣ существуютъ въ той или иной формѣ какія либо постоянныя организационныя работы по изслѣдованію состоянія рѣки, дѣятельность разсматриваемыхъ станціи должна была бы быть поставлена въ тѣсную связь съ такими изслѣдованіями; этимъ, съ одной стороны, могла бы быть повышена продуктивность подобныхъ работъ, а съ другой, примѣненіемъ однообразныхъ приемовъ измѣреній, наблюденій и обработки, могли бы быть сообщены одинаковыя качества результатамъ всѣхъ изслѣдованій, очевидно вліяющія весьма чувствительно на степень сравнимости этихъ послѣднихъ. Такъ, напримѣръ, на р. Волгѣ, въ предѣлахъ Казанскаго Округа п. е. дѣятельность передвижныхъ станціи можетъ быть связана какъ съ дѣятельностью состоящихъ при землечерпаніи изыскательныхъ партій, такъ и съ работами постоянныхъ гидрометрическихъ станціи и съ существующимъ на Васильевскихъ перекатахъ постоянными изысканіями.

Время полевыхъ работъ передвижныхъ гидрометрическихъ станціи могло бы быть первоначально ограничено навигаціонными мѣсяцами, слѣдующими за періодомъ прохожденія гребня весенняго паводка, въ томъ предположеніи, однако, что въ дальнѣйшемъ, по мѣрѣ усовершенствованія и упрощенія приемовъ и способовъ измѣреній и обработки наблюденій, періодъ работъ будетъ доведенъ постепенно до полнаго года. Мѣсто работъ каждой станціи придется, вѣроятно, оставлять, въ зависимости отъ изслѣдуемаго вопроса, постояннымъ въ теченіе одного, двухъ и даже всѣхъ навигаціонныхъ мѣсяцевъ. Для удобства работъ вопросы изслѣдованій, какъ было уже упомянуто, должны ставиться, по возможности, въ конкретной формѣ, непосредственно опредѣляемой

той или иной потребностью практики; рядъ производимыхъ такимъ образомъ самостоятельныхъ изслѣдованій постепенно обрисуетъ общую картину быта рѣки, при чемъ въ концѣ концовъ будутъ установлены нѣкоторыя положенія изслѣдованія, общія, если не для всей рѣки, то для извѣстныхъ, болѣе или менѣе обширныхъ ея участковъ.

Не имѣя въ виду предрѣшеніе вопроса о программѣ работъ передвижныхъ гидрометрическихъ станцій, можно однако думать, что въ циклъ ихъ дѣятельности было бы целесообразно ввести слѣдующія работы:

1) Съемки и промѣры меженного русла рѣки, при чемъ планы должны составляться для возможности сравненія и сопоставленія ихъ какъ между собою, такъ и съ другими работами станціи, не въ изобатахъ, а въ горизонталяхъ.

2) Нивелировки яровъ, сухихъ осередковъ, косъ и глазо-мѣрные съемки поймы.

3) Водомѣрные наблюденія помощью переносныхъ лимнографовъ простѣйшаго устройства.

4) Периодическія наблюденія скоростей воды по величинѣ и направленію въ различныхъ частяхъ изслѣдуемаго участка рѣки.

5) Непрерывныя, въ теченіе нѣсколькихъ дней, наблюденія скоростей воды въ опредѣленныхъ точкахъ потока.

6) Непрерывныя наблюденія скоростей и направленій вѣтра въ связи съ наблюденіями по п. 5-му.

7) Наблюденія перемѣщеній песковъ въ обнаженныхъ частяхъ русла подъ дѣйствіемъ вѣтра.

8) Изслѣдованіе свойствъ грунта, составляющаго берега и ложе рѣки.

9) Наблюденія наносовъ, взвѣшенныхъ и влекомыхъ.

10) Наблюденія температуры воды на разныхъ глубинахъ, въ связи съ наблюденіями по п. 5-му.

11) Опредѣленіе продольныхъ профилей поверхности воды на урѣзахъ обоихъ береговъ рѣки.

12) Опредѣленіе поперечныхъ профилей поверхности воды (эта работа должна, повидимому, потребовать выработки специальныхъ приѣмовъ измѣреній).

13) Опредѣленіе подпора воды, производимаго боковыми вѣтрами въ связи съ наблюденіями по п. 5-му.

14) Запись времени прохода и приблизительныхъ размѣровъ судовъ съ приближеннымъ опредѣленіемъ наименьшихъ ихъ раз-

стояній до измѣрительнаго прибора при производствѣ наблюдений по п. 5-му.

15) Тарировки и повѣрки измѣрительныхъ приборовъ.

16) Обработка всѣхъ наблюдений такъ же, какъ и веденіе особыхъ журналовъ по каждой изъ работъ и общаго журнала по всѣмъ работамъ для каждаго изслѣдуемаго участка рѣки; этотъ послѣдній журналъ въ сопровожденіи пояснительной записки завѣдующаго станціей и съ приложеніемъ обработанныхъ результатовъ всѣхъ измѣреній можетъ представлять собою отчетъ по каждому выполненному изслѣдованію.

Кромѣ того, для цѣлесообразнаго распредѣленія работъ полезно вести въ теченіе ихъ производства:

17) Наблюденія температуры и давленія воздуха.

Было бы, наконецъ, желательнымъ:

18) Заканчивать изслѣдованія нѣкоторыхъ вопросовъ опытной проверкой въ искусственныхъ каналахъ тѣхъ результатовъ, какіе были получены наблюденіями въ рѣкѣ.

Эти послѣднія работы такъ же, какъ и работы по п. 15, всего лучше было бы вести при центральномъ учрежденіи, гдѣ могли бы быть устроены съ этой цѣлью необходимыя приспособленія.

Стоимость первоначальнаго оборудованія каждой передвижной гидрометрической станціи для большой рѣки, подобной Волгѣ, включая стоимость брандвахты для жилья рабочаго персонала и всѣхъ необходимыхъ инструментовъ и приспособленій къ работамъ, но выключая стоимость устройства гидротехнической лабораторіи (для выполнения работъ по п. 18), можетъ обойтись не болѣе 7000 рублей, а полное годовое содержаніе ея—до 5500 руб., изъ этой суммы можетъ быть назначено: на содержаніе постояннаго штата служащихъ (1 завѣдующій станціей—1200 руб., 2 помощника—1440 руб., 2 годовыхъ десятичника—720 рублей и 1 водоливъ брандвахты 120 руб.)—до 3560 руб.; на наемъ рабочихъ въ навигаціонные мѣсяцы, ремонтъ инвентаря и проч. расходы до 1440 руб. и на ежегодное пополненіе и возобновленіе инструментовъ станціи—500 руб.

Инженеръ *Н. Н. Жуковскій.*

## ПОЛОЖЕНІЯ.

---

1) Признается целесообразным отдѣлять при изслѣдованіи рѣкъ работы по измѣренію расходовъ воды отъ работъ по изученію распредѣленія скоростей.

2) Признается соответственнымъ исключительное примѣненіе въ работахъ по опредѣленію расходовъ воды въ большихъ открытыхъ руслахъ метода механической интеграціи скоростей, способствующаго, между прочимъ, удешевленію производства названныхъ работъ, а для изслѣдованія распредѣленія скоростей—примѣненіе метода законченныхъ измѣреній величины и направленія скорости въ отдѣльныхъ точкахъ потока, для чего надлежитъ пользоваться спеціальными приборами.

3) Признается необходимымъ въ ближайшемъ будущемъ возможно широкое распространеніе на русскихъ рѣкахъ гидрометрическихъ работъ, для выполненія которыхъ целесообразно устраивать гидрометрическія станціи двухъ типовъ: однѣ—постоянныя, подобныя нынѣ существующимъ въ нѣкоторыхъ пунктахъ русскихъ рѣкъ и имѣющія основной своей задачей наблюденія расходовъ воды, и другія—передвижныя, имѣющія цѣлью изслѣдованіе движенія рѣчныхъ водъ и производимой ими работы въ рѣкахъ съ подвижнымъ ложемъ.

4) Имѣя въ виду, что дѣятельность указанныхъ передвижныхъ гидрометрическихъ станцій можетъ быть въ полной мѣрѣ полезна лишь въ томъ случаѣ, если всѣ ихъ работы будутъ производиться строго систематично и если въ основаніи работъ будетъ лежать общая программа, объединяющая дѣятельность различныхъ станцій,—признается желательнымъ, чтобы при Управленіи Внутреннихъ Водныхъ Путей и Шоссейныхъ Дорогъ была выработана въ ближайшемъ будущемъ, при участіи компетентныхъ лицъ, основная программа работъ и инструкція для передвижныхъ гидрометрическихъ станцій, которая, въ обезпеченіе лучшей примѣнимости ея къ дѣлу, должна быть построена не только на соображеніяхъ теоретическаго характера, но также и на данныхъ практики изслѣдованій подобнаго рода.

5) Для получения практических данных необходимых, — согласно сказанному в п. 4, для составления основной программы работ и инструкции для передвижных гидрометрических станций, а также и для выработки приемов и методов наблюдений и их обработки, — Съезд признает необходимым в виду новизны подобных работ ходатайствовать перед Управлением об открытии, по возможности в нынѣшнем же 1909 году, одной опытной передвижной гидрометрической станции на р. Волгѣ въ плесѣ Рыбинскъ-Нижній съ расходомъ до 7000 руб. одновременно на ее оборудованіе необходимыми инструментами, судами и инвентаремъ и до 5500 рублей ежегодно на ее содержаніе и дѣйствіе. Вмѣстѣ съ тѣмъ признается желательнымъ поручить какъ оборудованіе этой станции, такъ и руководство ея дѣятельностью докладчику.

Инженеръ *Н. Н. Жуковский.*

