

551.5

K-85

Областное Управление Водного Транспорта Волжского Бассейна.

1918

Сборникъ Тех. Отд. 2.

МАТЕРІАЛЫ

по изысканіямъ и изслѣдованіямъ рѣкъ Волжскаго Бассейна.

ГИДРОМЕТРІЯ.

ИНЖЕНЕРЪ А. И. КРЫЛОВЪ.

1604

Результаты изысканий
и исследований
рѣкъ Волжскаго
Бассейна

ср

Показанъ.
Лито-Типографія Т-во „Умидъ“.
1918.

1918
СБОРНИКЪ ТЕХ. ОТД. 2.
ГИДРОМЕТРІЯ.
1918

1604

П

У $\frac{551.5}{K-85}$

Областное Управление воднымъ транспортомъ Волжскаго бассейна.

ГИДРОМЕТРІЯ.

Гидрометрическія работы. Оборудование гидрометрическихъ партій. Тарировка вертушекъ. Обработка гидрометрическихъ данныхъ. Примѣры.

1604
Гидрометрический
Институтъ в Казани

Handwritten signature

Инженеръ А. И. КРЫЛОВЪ

проверено
1966 г.

✓



И

О КАЗАНЬ.
Лито-Типографія Т-во „Умидъ“.
1918.

ГЛАВА I.

Гидрометрическія наблюденія.

Подъ гидрометрическими работами принято понимать наблюденія производящіяся въ рѣкахъ, съ цѣлью полученія данныхъ, о количествѣ воды, протекающей въ опредѣленный промежутокъ времени и черезъ опредѣленный пунктъ, о величинѣ скоростей теченія и распределеніи ихъ по живому сѣченію рѣки и т. п.

Всѣ полученныя данныя, характеризующія рѣчной потокъ называются гидравлическими элементами.

Къ основнымъ наблюденіямъ надъ изученіемъ жизни рѣки относятся наблюденія надъ колебаніемъ уровня воды.

Водомѣрныя
наблюденія.

Какъ извѣстно, въ зависимости отъ времени года и стока уровень воды въ рѣкахъ, озерахъ и другихъ водныхъ бассейнахъ измѣняетъ свою высоту. Измѣненіе уровня зависитъ главнымъ образомъ отъ количества выпадающихъ атмосферныхъ осадковъ. Измѣненіе колебанія горизонта воды въ виду нѣкоторыхъ постоянныхъ климатическихъ условій бываетъ болѣе или менѣе періодическимъ; такъ, на примѣръ, весной всегда наблюдается подъемъ воды, лѣтомъ же убыль.

Колебаніе уровня воды въ зависимости отъ условій мѣстности, не считая, конечно, основнаго фактора количества притока водъ, наблюдается въ весьма различныхъ

предѣлахъ и не только для различныхъ рѣкъ, но и для одной и той же рѣки. Такъ, наприм., въ верховьѣ и средней части р.р. Волги и Камы предѣлъ колебанія горизонта отъ самой низкой точки до самой высокой, т. е. амплитуда колебанія достигаетъ шести съ лишнимъ сажень. Въ низовьяхъ же р. Волги амплитуда колебаній достигаетъ лишь до двухъ сажень. На мелкихъ рѣкахъ, какъ напр., на р.р. Унжѣ, Костромѣ предѣлы колебанія выражаются лишь въ четыре сажени.

Наблюденія надъ уровнемъ воды въ рѣкахъ тѣсно связаны съ вопросомъ о количествѣ протекающей воды. Съ увеличеніемъ горизонта воды въ рѣкахъ обычно увеличиваются расходъ воды, скорость и поверхностный уклонъ рѣки.

Измѣреніе колебанія уровня воды производится при помощи реекъ, которыя въ самыхъ простыхъ случаяхъ прикрѣпляются къ вертикальнымъ неподвижнымъ столбамъ или стѣнамъ; бываютъ также рейки, прикрѣпленныя наклонно, но съ измѣненными, соотвѣтственно съ вертикальнымъ положеніемъ, дѣленіями.

На большихъ рѣкахъ самый распространенный типъ водом. поста встрѣчается въ видѣ ряда свай, забитыхъ на берегу и находящихся одна надъ другой на нѣкоторомъ возвышеніи.

Постъ долженъ быть расположенъ по возможности на мало размываемомъ берегу прямолинейнаго участка рѣки.

Колебанія горизонта воды производятся отъ какого-нибудь вполне опредѣленнаго установленнаго или условно принятаго въ зависимости отъ какихъ-либо соображеній

горизонта. Такому горизонту должна соответствовать одна изъ начальныхъ свай водом. поста, такъ называемая нулевая свая.

Кромѣ того, чтобы быть вполне увѣреннымъ въ неизмѣнности этой низкой точки, эту начальную сваю дѣлають чугунной, съ винтообразнымъ концомъ. Но, независимо отъ этой сваи на берегу на незатопляемомъ мѣстѣ ставится вторая свая, такъ называемый контрольный реперъ поста, который въ свою очередь путемъ нивелировки связывается съ контрольной маркой, закрѣпленной, въ цѣляхъ сохраненія своего неизмѣннаго положенія, въ цоколѣ какого-нибудь каменнаго зданія, наприм. церкви.

Такимъ образомъ при пользованіи данными о стояннн уровня воды прежде всего необходимо знать, относительно какой условной отмѣтки взято показаніе.

Первое показаніе, которое получаютъ непосредственно съ поста, обычно дается отъ нулевой сваи. Для общаго же пользованія этотъ горизонтъ переводится въ другую величину, которая берется уже не отъ случайно взятаго возвышенія нулевой сваи поста, а отъ какого-нибудь условнаго, наприм., отъ самаго низкаго навигаціоннаго горизонта¹.

Удобство измѣренія горизонта отъ навигаціоннаго нуля заключается въ томъ, что, зная приблизительную амплитуду колебанія горизонта, напр., шесть саж., легко судить высокій или низкій горизонтъ наблюдается въ настоящій моментъ.

¹ Навигаціоннымъ горизонтомъ считается самый низкій горизонтъ когда-либо наблюдаемый за время существованія поста во время навигаціи.

Напримѣръ, если горизонтъ данъ въ тридцать сотыхъ сажени, то такимъ образомъ онъ по отношенію къ горизонту въ шесть саж. будетъ низкимъ.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда водом. постъ связанъ нивелировкой съ уровнемъ моря, т. е. какъ принято выражаться, имѣетъ абсолютную отмѣтку, то показаніе дается въ абсолютныхъ отмѣткахъ.

Но и здѣсь приходится различать ту или иную нивелировку, т. к. часто различныя учрежденія считаютъ абсолютныя отмѣтки по своему.

Расположеніе свай на посту обычно дѣлается съ такимъ расчетомъ, чтобы возвышеніе верхушки одной сваи надъ другой было равно полсажени. Такое возвышеніе, выработанное многолѣтней практикой, позволяетъ удобно производить обмѣры воды по отношенію свай.

При подъемѣ или паденіи въ тотъ моментъ, когда уровень воды достигаетъ уже основанія забитой сваи, съ этой сваи переходятъ на слѣдующую и записываютъ показаніе горизонта по отношенію обѣихъ свай. Двойная запись служитъ нѣкоторымъ контролемъ въ случаѣ, если та свая, отъ которой производятся наблюденія или слѣдующая, потерпѣла какія-либо измѣненія, т. к. возвышеніе одной сваи надъ другой есть величина опредѣленная.

Водомѣрные наблюденія на судоходныхъ рѣкахъ, кромѣ научныхъ, имѣютъ также чисто практическую цѣль; по этимъ показаніямъ можно знать какова судоходная глубина на томъ или другомъ перекатѣ рѣки; такъ, наприм., если на малоизмѣняемомъ перекатѣ была глубина десять четвертей, а за сутки воды убыла одна четверть, то глубина переката пала до девяти четвертей.

Въ другихъ случаяхъ по водомѣрнымъ постами учиваются количество протекающей въ рѣкѣ воды, въ извѣстный промежутокъ времени; но въ этомъ послѣднемъ случаѣ необходимо, чтобы предварительно была установлена зависимость между возвышеніемъ горизонта и расходами воды, о чемъ будетъ дальше говоритья детально.

Число наблюдений въ день стоитъ въ тѣсной зависимости съ тѣми задачами, которыя возлагаются на водомѣрный постъ.

На водом. посту перваго разряда наблюдений производятся три раза въ день, а на водом. постахъ втораго разряда, всего лишь одинъ разъ. Но рекомендуется и на тѣхъ и другихъ водом. постахъ, въ случаѣ рѣзкаго измѣненія горизонта, наблюдений производить по возможности чаще, чтобы зафиксировать это явление болѣе детально.

Время производства наблюдений на водом. постахъ перваго разряда обычно распредѣляется слѣдующимъ образомъ: въ семь часовъ утра, въ часъ дня и девять вечера лѣтомъ; зимой же въ восемь часовъ утра, въ часъ дня и въ девять часовъ вечера. На постахъ втораго разряда однодневныя наблюдений производятся лѣтомъ въ семь часовъ утра, а зимой въ восемь часовъ утра.

Всѣ данныя, какъ по стоянію уровня воды, такъ и всѣ замѣтки, относящіяся къ состоянію водом. поста заносятся въ отдѣльныя тетради, установленнаго для всѣхъ водныхъ округовъ образца, форма записи приложена въ концѣ расхода номеръ четырнадцатый.

Самый способъ наблюдений надъ стояніемъ уровня воды заключается въ слѣдующемъ: водом. наблюдатель зайдя въ воду или съ лодки ставитъ небольшую ручную

рейку на очередную, находящуюся под водой сваю и отсчитывает по рейкѣ уровень воды. Далѣе, зная возвышеніе этой сваи по отношенію принятаго условнаго нуля и прибавляя измѣренную величину, получаетъ дѣйствительный горизонтъ; наприм., на рейкѣ было отсчитано двадцать одна сотка; свая, надъ которой производится наблюденіе имѣетъ отмѣтку по отношенію нулевой сваи въ одну и восемьдесятъ сотыхъ сажени, такимъ образомъ, горизонтъ относительно нуля водомоста будетъ равенъ двумъ саж. и одной сот. сажени.

Автоматическая рейка.

Кромѣ вышеописаннаго типа поста встрѣчаются также посты съ непрерывной автоматической записью стоянія уровня воды. Такіе посты называются автоматическими рейками.

Относительно устройства автоматической рейки, коснемся здѣсь лишь въ общихъ чертахъ.

Автоматическая водомѣрная рейка состоитъ изъ каменнаго колодца, сообщающагося съ рѣкой посредствомъ трубы.

Надъ колодцемъ устанавливается зданіе, въ которомъ помещается автоматически записывающій аппаратъ. Этотъ аппаратъ состоитъ изъ часовъ и цилиндра, на который для записи показаній накладывается особая бумага.

Цилиндръ соединенъ съ часовымъ механизмомъ, благодаря чему происходитъ вращеніе цилиндра. На бумагѣ, наведенной на цилиндръ, при помощи карандашей отмѣчается время и высота стоянія горизонта въ колодцѣ.

Такъ какъ колодецъ рейки соединенъ съ рѣкой, то въ колодцѣ и въ рѣкѣ колебанія горизонта одинаковы.

Къ вращающемуся цилиндру прикрѣплена линейка съ дѣленіями, по которой, имѣя запись на бумагѣ цилиндра, можно отсчитать въ любое время высоту стоянія горизонта.

Для контроля горизонтъ можетъ быть опредѣленъ еще по стальной лентѣ, къ концу которой прикрѣпленъ грузъ.

Въ заключеніе скажемъ нѣсколько словъ о точности производства наблюдений. Прежде всего точность наблюдений зависитъ отъ добросовѣстнаго отношенія къ дѣлу наблюдателя.

Отсчеты по ручнымъ рейкамъ не отличаются большой точностью, особенно во время волненія. Происходитъ это въ силу слѣдующихъ причинъ: во-первыхъ, отсчеты дѣлаются такимъ образомъ, что водомѣрный наблюдатель смотритъ сверху внизъ; во-вторыхъ, поверхностная головка сваи имѣетъ сравнительно различную высоту и въ третьихъ, самое главное, вслѣдствіе волненія.

Во время волненія рекомендуется производить наблюденія такимъ образомъ, чтобы уловить по рейкѣ самый низкій и самый высокій горизонтъ, а потомъ изъ показанія взять среднюю отмѣтку.

Наблюденія на автоматическихъ рейкахъ болѣе точны, чѣмъ на обыкновенныхъ постахъ.

Для того, чтобы перейти къ вопросамъ о скоростяхъ теченія воды, необходимо въ краткихъ чертахъ ознакомиться съ существующими теоріями о движеніи воды въ открытыхъ руслахъ.

Наблюденія
надъ скоро-
стями теченія
воды въ рѣ-
кахъ.

Въ наукѣ принято понимать, что каждая капля жидкости—воды состоитъ изъ цѣлой массы, отдѣльныхъ частичекъ.

При вопросахъ о разсмотрѣннн движенія воды въ руслахъ, обычно разсматриваютъ движеніе отдѣльныхъ струй.

Скорости движенія струй, въ различныхъ пунктахъ рѣки, различны. Каждая отдѣльная струйка, въ зависимости отъ ея мѣстонахожденія въ рѣкѣ, у берега или по срединѣ рѣки, у поверхности или дна, движется со свойственной ей скоростью.

Скорость движенія струй зависитъ отъ тѣхъ сопротивленій, которыя она встрѣчаетъ на своемъ пути, напр., встрѣчая шероховатую поверхность берега или выступающіе въ руслѣ рѣки камни и т. п. скорость слабѣетъ.

Въ силу этихъ причинъ движеніе струй воды не только не равномерно по всему живому сѣченію рѣки, но и въ каждой точкѣ оно не одинаково въ одинъ и тотъ же промежутокъ времени, при наблюденіяхъ въ одну минуту разница для донныхъ скоростей можетъ достигнуть до 28⁰/₀. Такое явленіе называется пульсированіемъ струй или просто пульсаціей.

Какъ показали наблюденія, пульсація по мѣрѣ приближенія ко дну увеличивается.

Посреди рѣки пульсація поверхностныхъ струй замѣтно меньше, чѣмъ вблизи береговъ.

Въ настоящее время научными опытами доказано, что струи двигаются въ руслѣ непрямолинейно.

Существуютъ различныя теоріи, которыя съ большею или меньшею достовѣрностью доказываютъ, что струи двигаются въ видѣ спиралей, такимъ образомъ, что струи, текуція около береговъ, скатываясь, попада-

ютъ изъ середины рѣки, затѣмъ перемѣщаясь къ поверхности снова попадаютъ къ берегу. Нѣкоторыя наблюденія указываютъ опредѣленно, что кромѣ продольныхъ теченій существуютъ въ рѣкѣ и поперечныя теченія.

Распредѣленіе силы скоростей въ прямолинейномъ участкѣ можно обрисовать слѣдующимъ образомъ: наибольшая скорость находится въ срединѣ рѣки у поверхности, наименьшая на днѣ рѣки и у береговъ.

Причины такого распредѣленія скоростей стоятъ въ тѣсной связи, какъ выше указывалось, съ вопросами о сопротивленіи встрѣчаемыхъ отдѣльными струями съ шероховатыми поверхностями ложа рѣки.

Явленіе это настолько сложное и тонкое, что на скорости движенія струй отражается соприкосновеніе воздуха, который струи встрѣчаютъ на поверхности рѣки.

Вообще же, слѣдуетъ отмѣтить, что область изученія движенія воды мало изслѣдована и на каждомъ шагу приходится встрѣчаться съ явленіями, не подчиняющимися какому-либо извѣстнымъ намъ законамъ.

Измѣреніе скорости движенія воды принято выражать количествомъ кубическихъ саженъ въ секунду.

При опредѣленіи скоростей теченія воды въ рѣкахъ примѣняется нѣсколько методовъ.

Наиболѣе распространенный методъ: опредѣленіе скоростей теченія заключается въ наблюденіяхъ при помощи поплавокъ и гидрометрическихъ вертушекъ.

Методы опредѣленія при помощи гидростатическихъ трубокъ¹⁾ и химическій способъ окраски струй примѣняются рѣдко.

¹⁾ Имѣется описаніе прибора въ трудѣ Н. Д. Тяпкина „приборы для опредѣленія скоростей и расходовъ воды въ открытыхъ руслахъ“.

Для опредѣленія скоростей теченія, мы рассмотримъ вначалѣ самый простой способъ наблюденій—поплавочный. Поплавки раздѣляются на поверхностные и глубинные. Поверхностные полавки представляютъ изъ себя въ самомъ простѣйшемъ случаѣ отрѣзокъ бревна, имѣющій въ діаметрѣ отъ трехъ до пяти вершковъ и толщиной отъ полутора до двухъ вершковъ. Въ другихъ случаяхъ они устраиваются изъ двухъ врубленныхъ накрестъ и однодюймовыхъ досокъ длиною отъ поларшина до аршина и шириною пять вершковъ, поставленныхъ на ребро.

Глубинные же полавки даютъ среднюю скорость струи на опредѣленной глубинѣ. Они устраиваются изъ отрѣзка бревна толщиной въ два или три вершка и длиною двадцать-сорокъ сотокъ. Для того, чтобы полавки принимали на водѣ вертикальное положеніе, къ концамъ ихъ прикрѣпляютъ грузъ, ввидѣ камня или мѣшка съ гравіемъ.

Какъ у поверхностныхъ, такъ и у глубинныхъ полавковъ для того, чтобы полавковъ былъ виденъ на возможно большемъ разстояніи, къ срединѣ, на короткомъ стержнѣ, прикрѣпляютъ небольшой флажекъ.

Основное требованіе, которое необходимо предъявить къ каждому полавку сводится къ слѣдующему: во-первыхъ, полавковъ долженъ быть достаточно легокъ, чтобы его движеніе въ водѣ совпадало съ движеніемъ струй, а не происходило отеканіе струй кругомъ полавка; этому должна способствовать возможно большая площадь полавка, которая подвергается дѣйствию струй.

Во-вторыхъ, полавковъ долженъ по возможности меньше подвергаться дѣйствию вѣтра; для этого необхо-

димо, чтобы поплавокъ сидѣлъ въ водѣ возможно глубже и на поверхности выступала бы только незначительная его часть съ флажкомъ.

Самый типъ поплавка выбирается въ зависимости отъ рода изслѣдованій и величины рѣки.

Наприм., если предполагается обслѣдовать поверхностныя скорости, то ограничиваются поплавкомъ, сидящимъ въ водѣ не глубже десяти сотокъ.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда предполагается обслѣдовать судоходныя скорости, т. е. скорости, расположенныя въ болѣе или менѣе значительномъ слое воды отъ поверхности, то размѣръ поплавка примѣняется въ зависимости отъ толщины этого слоя; наприм., слой воды въ одну саж., то берется поплавокъ размѣромъ въ одну сажень.

При выборѣ того или другого типа поплавка, считаются также съ дѣйствиємъ вѣтра. Въ открытыхъ плесахъ, гдѣ наблюдается постоянная волна, примѣняются глубоководящія крестообразныя поплавки.

Прежде чѣмъ приступить къ гидрометрическимъ работамъ необходимо выбрать участокъ рѣки, гдѣ предполагается произвести работу.

Выборъ участка для производства гидрометрическихъ работъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда выборъ гидрометрическаго участка для опредѣленія скоростей теченія предоставляется на усмотрѣнiе производителя работъ, то участокъ стараются выбрать близъ постояннаго водомѣрнаго поста.

Необходимость такого выбора объясняется желаніемъ имѣть многолѣтній матеріалъ надъ колебаніемъ горизонта воды.

Кромѣ этого, къ выбираемому участку предъявляютъ нижеслѣдующее требованіе: участокъ долженъ представлять на болѣе или менѣе значительномъ протяженіи прямолинейный сжатый плесъ, съ правильнымъ теченіемъ и отсутствіемъ подпора; кромѣ того, нужно обратить вниманіе на то, чтобы русло и берега въ этомъ мѣстѣ были по возможности мало размываемыми.

Обращаютъ также вниманіе и на то, чтобы живое сѣченіе русла съ измѣненіемъ горизонта воды мало бы измѣняло форму и давало бы плавное измѣненіе этой площади съ повышеніемъ горизонта.

Не слѣдуетъ выбирать гидрометрическіе профили на изгибахъ рѣкъ, въ руслахъ которыхъ попадаютъ подводныя песчанья отмели.

На протяженіи участка не должно быть рѣзкихъ переломовъ продольнаго уклона воды. Большія поймы на изслѣдуемомъ участкѣ представляютъ также не мало затрудненій для опредѣленія скоростей теченія.

Въ выбранномъ участкѣ, непосредственно ниже его, не должно быть притоковъ, которые благодаря подпору могутъ вліять при различныхъ горизонтахъ, различно на результаты работъ.

Кромѣ всего этого участокъ долженъ имѣть берега, подходящіе для разбивки магистрали и установки мензулы, не обрывистые и не покрытые сплошь лѣсомъ. Если же съ мѣстъ стоянки мензулы плохо видно или совсѣмъ не видно сигналистовъ, стоящихъ на створахъ, то помѣщаютъ на берегу или въ лодкѣ одного добавочнаго рабочаго, который видѣлъ бы и мензулиста и сигналиста для передачи сигналовъ.

Но если же приходится производить работы на участкахъ, на которыхъ невозможно установить мензулы,

наприм., когда встрѣчается широкая, залитая водой, пойма, въ такихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ устройству вышекъ, на которыхъ и располагаются мензулисты съ инструментами.

Избранное для наблюдений мѣсто, по возможности, должно быть защищено отъ сильнаго господствующаго вѣтра, вызывающаго волненіе, подпоръ воды.

Длина участка зависитъ отъ ширины рѣки, для малыхъ рѣкъ шириною не болѣе 5 саж. участокъ берется 20—25 саж., при большей ширинѣ участокъ берутъ на разстояніи 2—3 ширинъ рѣки выше главнаго профиля и на разстояніи 1—2 ширинъ рѣки ниже главнаго профиля.

Въ началѣ познакомимся съ методомъ опредѣленія при помощи движенія плавковъ, направленія движенія струй потока. Въ этомъ случаѣ вся работа поплавочныхъ наблюдений сводится къ тому, чтобы пуская поплавокъ занести всѣ детали движенія—траекторію этого поплавка на планъ.

Методъ производства поплавочныхъ наблюдений надъ изученіемъ движенія струй.

Одинъ изъ способовъ наблюденія, наиболѣе распространенный—заключаются въ слѣдующемъ: въ различныхъ пунктахъ участка рѣки устанавливаютъ мензулы. Обычно засѣчки поплавка производятъ при помощи мензулы и кипрегеля изъ трехъ различныхъ пунктовъ. Но если участокъ слишкомъ великъ, или въ силу какихъ-либо причинъ какому-нибудь одному изъ мензулистовъ невозможно вести наблюденія за движеніемъ поплавка—устанавливаютъ еще одну дополнительную мензулу съ тѣмъ, чтобы на каждый поплавокъ приходилось три засѣчки.

Выборъ мѣста для постановки каждой мензулы производится съ такимъ расчетомъ, чтобы съ мѣста стоянки можно было видѣть возможно шире участокъ и въ кипрегель слѣдить за движеніемъ поплавка, какъ посрединѣ рѣки такъ и близъ берега.

Мѣста стоянокъ этихъ мензулъ, точно должны быть опредѣлены на планѣ.

Прежде всего для производства наблюденій необходимо имѣть достаточное количество поплавокъ, нѣсколько лодокъ, которыя должны находиться какъ при самомъ спускѣ поплавка, такъ и для обслуживанія технического персонала, находящагося при геодезическихъ инструментахъ.

Если лодокъ имѣется достаточное количество, то у каждаго инструмента должно быть по одной лодкѣ съ рабочимъ для разныхъ посылокъ и кромѣ того необходимо имѣть еще одну, которая слѣдуетъ за поплавкой. Въ этой лодкѣ должны быть помѣщены запасные поплавки и небольшіе ручные изъ разноцвѣтной красной, бѣлой, черной матеріи флажки для подачи сигналовъ. Флажки выбрасываются разнаго цвѣта, все время чередуясь.

Разнообразіе цвѣтовъ сигнальныхъ флажковъ облегчаетъ дальнѣйшую обработку, такъ какъ возможны случаи, что кто-либо изъ мензулистовъ пропуститъ одну или нѣсколько засѣчекъ и тогда разобраться въ матеріалахъ, если бы сигналы были однородными, представлялось бы труднымъ.

На засѣчкахъ отмѣчаютъ начальными буквами цвѣтъ флажка.

При пускѣ поплавка необходимо, чтобы мензулистъ отмѣчалъ начало и конецъ засѣчекъ и всякія перерывы

во время работы. Само собой разумѣется, что часы всѣхъ наблюдателей должны быть передъ работой свѣрены.

Точность записи времени и подачи сигналовъ играетъ роль лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда этими же поплавами, кромѣ направленія струй, желаютъ узнать и скорость ихъ.

Если же эти условія не входятъ въ составъ работы, то время между подачами сигнала не записывается, отмѣчаютъ лишь начало и конецъ наблюденій. Самый процессъ наблюденій заключается въ слѣдующемъ.

Въ одну изъ лодокъ помѣщается нѣсколько гребцовъ, рабочіе съ флажками и техникъ или десятникъ, который руководитъ выбрасываніемъ флажковъ.

Захватъ на лодкѣ нѣсколько выше того участка, который предполагаютъ обследовать, съ лодки пускаютъ одинъ поплавокъ, лодка же все время должна находиться нѣсколько позади поплавка.

Въ началѣ наблюденій съ лодки даютъ сигналъ путемъ отмашки двумя флажками; этотъ сигналъ дается для того, чтобы находящіеся на берегу мензулисты, начинали слѣдить въ кипрегель за движеніемъ поплавка. Спустя минуту-двѣ сигналистъ опускаетъ флажки, въ этотъ моментъ поплавокъ засѣкаютъ на планшетѣ.

На рѣкахъ, какъ наприм., Волга, гдѣ поверхностная скорость колеблется въ предѣлахъ менѣе, чѣмъ 1,30 саж. сигналы обычно подаются черезъ двѣ минуты и болѣе; въ другихъ случаяхъ, гдѣ наблюдается большая скорость, сигналы подаются черезъ 1 минуту.

Флажки выбрасываетъ рабочій по знаку техника, сидящаго тутъ-же съ секундомѣромъ въ рукахъ.

Послѣ того, какъ поплавокъ пройдетъ весь участокъ рѣки, лодка вылавливаетъ поплавокъ и поднимается

вверхъ по теченію, чтобы приступить къ пуску поплавокъ съ другого мѣста.

Для избѣжанія потери времени, на ожиданіе подъема лодки, въ тотъ моментъ, когда прекращаются наблюденія надъ первымъ поплавкомъ, можно пустить новый поплавокъ съ другой лодки.

Запись движенія поплавковъ отмѣчается на планшетѣ нѣсколько своеобразнымъ способомъ.

Мензулистъ ориентуруетъ мензульную доску и на планшетѣ, обозначивъ точкой стоянку мензулы, ставитъ въ эту точку иглу для того, чтобы линейка кипрегеля при вращеніи его, когда слѣдитъ за движеніемъ поплавокъ на всемъ изслѣдуемомъ участкѣ, не сходила съ точки. Изъ точки, гдѣ стоитъ игла, чертится, для обозначенія на нихъ засѣчекъ, рядъ концентрическихъ круговъ.

На планшетѣ должны имѣться засѣчки стѣвера, направленія стоянокъ остальныхъ мензулъ, а также церкви, башни и проч. характерныя точки.

Способъ опредѣленія поплавками скоростей теченія въ извѣстномъ профилѣ, для опредѣленія скорости теченія, нѣсколько отличается отъ только что описаннаго наблюденія надъ направленіемъ струй.

Такъ какъ расходъ воды относится къ нѣкоторому опредѣленному профилю рѣки, то поплавокныя наблюденія при опредѣленіи расходовъ воды производятся на болѣе короткомъ участкѣ, чѣмъ наблюденія надъ направленіемъ струй, гдѣ захватывается участокъ въ версту и болѣе.

Прежде чѣмъ произвести такія наблюденія, на берегу рѣки выставляются, такъ называемые, створы.

Опредѣленіе скоростей теченія поплавками для опредѣленія расходовъ воды.

Створами наз., поставленныя одна противъ другой, вѣхи, которыми опредѣляется направленіе поперечныхъ профилей. Такіе створы обыкновенно выставляютъ по концамъ гидрометрическаго профиля.

Подъ гидрометрическимъ профилемъ подразумѣвается профиль, въ которомъ желаютъ обследовать скорость теченія. Разстояніе между створами выбирается въ зависимости отъ ширины рѣки по формулѣ

$$s = \frac{v}{\Delta v} \Delta S$$

гдѣ V —скорость теченія въ одну секунду

ΔV —допускаемая погрѣшность въ опредѣленіи скорости

ΔS —ошибка наблюденія въ опредѣленіи пройденнаго поплавкомъ пути.

Приведемъ примѣръ вычисленія разстоянія между створами изъ отчета по работамъ на р. Енисей¹⁾.

Вѣроятная наибольшая скорость взята равной $1,5 \frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$

При прохожденіи поправка черезъ створъ, обозначаемый на берегу черезъ двѣ вѣхи, наблюдатель смотритъ черезъ вѣху толщиной 0,02 саж.

Наибольшее отдаленіе поправка отъ вѣхи—380 саж.

1) Матеріалы для описанія русскихъ рѣкъ. Выпускъ XXXIII, изданіе Управл. Внутр. Вод. Путей.

Возможная ошибка при удалении наблюдателя отъ вѣхи на 10 сажень будетъ:

$$\frac{(380 + 10)^2}{10} = 0,78 \text{ саж.}, \text{ кругло } 0,80 \text{ саж.}$$

При наблюденіяхъ на 2 створахъ ошибка равна

$$0,8\sqrt{2} = \pm 1,12 \text{ саж.}$$

При пусканіи въ ходъ секундомѣра возможна ошибка въ $0,3''\sqrt{2} = 0,5 \text{ сек.}$, что при скорости теченія $1,5 \frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$ дасть ошибку въ $\pm 0,75 \frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$

Общая возможная ошибка отъ совокупности двухъ причинъ:

$$\Delta S = \sqrt{(0,75)^2 + (1,12)^2} = \pm 1,35 \text{ саж.}$$

Задаваясь предѣломъ допускаемой ошибки при опредѣленіи скорости поплавокъ въ 4⁰/₀, т. е. $\Delta v = 0,04v$ получимъ разстояніе между створами

$$S = \frac{v}{\Delta v} \Delta S = \frac{1,5}{0,04 \cdot 1,5} \cdot 1,35 = 34 \text{ саж.}$$

Разстояніе между створами было принято въ 40 саж.

Обычно разстояніе между крайними створами при поплавочныхъ наблюденіяхъ на широкихъ рѣкахъ, какъ,

напр., Волга, берется въ 40—50 саж., на малыхъ рѣкахъ въ 30 саж.

У каждаго створа помѣщается опытный рабочій или техникъ съ биноклемъ и еще одинъ рабочій съ сигнальными флажками.

На среднемъ профилѣ иногда помѣщается также рабочій и техникъ для того, чтобы полученныя имъ данныя служили контролемъ при повѣркѣ первыхъ двухъ наблюдений, такъ какъ поплавокъ двигается до средняго профиля и послѣ него съ одинаковой скоростью.

Для засѣчки поправка, при прохожденіи его черезъ створъ, устанавливають мензулу. При мензулѣ долженъ находиться рабочій съ секундомѣромъ.

Лодка нагруженная поплавками заѣзжаетъ нѣсколько выше профиля—створа и изъ разныхъ точекъ поочередно пускаетъ поправки.

Въ тотъ моментъ, когда поплавокъ приближается къ первому профилю, сигналистъ, стоящій на створѣ, поднимаетъ флажекъ и держитъ его въ такомъ положеніи до тѣхъ поръ, пока поплавокъ не пройдетъ черезъ его створъ, послѣ чего флажекъ быстро опускается. Тоже дѣлается и на всѣхъ другихъ профиляхъ.

Прохожденіе поправка черезъ каждый створъ—въ моментъ сигнала мензулистъ отмѣчаетъ засѣчками на планшетѣ, а рабочій, находящійся вблизи него, въ тотъ моментъ, когда поплавокъ проходитъ черезъ первый створъ, пускаетъ секундомѣръ и останавливаетъ его только тогда, когда поплавокъ проходитъ черезъ послѣдній створъ. При прохожденіи же поправка черезъ средній профиль отмѣчается только время. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ при пускѣ поплавокъ употребляются два секундомѣра, у двухъ крайнихъ створщиковъ. Въ моментъ

прохождения поплавок черезъ первыя створы пускаются оба секундомѣра и, когда поплавокъ проходитъ черезъ послѣдній створъ, оба секундомѣра останавливаются и тѣмъ самымъ опредѣляютъ время прохождения поплавокъ между створами.

Всѣ данныя, полученныя отъ наблюденій записываются въ полевую книжку, по которой и ведется дальнѣйшая обработка матеріала.

Способъ обработки будетъ указанъ далѣе.

Выборъ гидро-
метрическаго
профиля.

Переходя къ опредѣленію наблюденій надъ расходами воды, необходимо сказать нѣсколько словъ о выборѣ главнаго гидрометрическаго профиля.

Если условія для выбора гидрометрическаго участка въ цѣломъ остаются тѣ же, какъ описывалось выше, то выборъ гидрометрическаго профиля нѣсколько отличенъ отъ выбора профилей для поплавочныхъ наблюденій.

Для выбора гидрометрическаго профиля сначала необходимо опредѣлить направленіе струй, затѣмъ, по плану, перпендикулярно теченію намѣчаютъ профиль и приступаютъ къ его промѣрамъ.

Окончательное положеніе главнаго профиля опредѣляютъ по минимальной площади живого сѣченія. Для этой цѣли промѣры дѣлаютъ не въ одномъ направленіи, а въ нѣсколькихъ, т. е., принимая извѣстную точку на одномъ изъ береговъ за ось вращенія, разбиваютъ по отношенію къ первому намѣченному по поверхностнымъ скоростямъ теченія еще въ ту и другую сторону добавочные профили.

Уголъ между профилями берутъ весьма незначительный, 5—10 градусовъ.

Затѣмъ на основаніи всѣхъ полученныхъ данныхъ вычисляютъ минимальную площадь, т. к. такая площадь будетъ болѣе другихъ перпендикулярна къ руслу рѣки, то и направленіе главнаго профиля берутъ по ней.

Можно также произвести при одномъ и томъ же горизонтѣ расходы воды на всѣхъ намѣченныхъ профиляхъ; если бы струи воды были бы перпендикулярны ко всѣмъ плоскостямъ профилей, то расходы должны были бы быть равны, но чѣмъ больше отклоненія струй отъ нормали къ плоскости профиля, тѣмъ на большую величину расходы должны различаться между собой.

Минимальный расходъ долженъ соответствовать болѣе правильному выбранному живому сѣченію.

Въ настоящее время, когда существуютъ спеціальныя вертушки, указывающія не только скорости, но и направленія струй, гидрометрическіе профили выбираются при помощи ихъ.

Кромѣ главнаго профиля по обѣ его стороны разбиваютъ добавочные профили, которые служатъ для поповочныхъ наблюденій.

Послѣ того какъ выбранъ главный гидрометрическій профиль и сдѣланы промѣры, его разбиваютъ по живому сѣченію на рядъ отдѣльныхъ точекъ, называемыхъ вертикалями.

Число вертикалей зависитъ отъ ширины русла, такъ для русла шириною ¹⁾:

	до 50 саж.	должно быть не менѣе	5
отъ 50 до 150	„	„	7
„ 150 до 300	„	„	9
„ 300 до 500	„	и болѣе	11

¹⁾ Инструкція для изслѣдованія водныхъ путей. Изданіе управ. внут. вод. путей.

Опредѣленія
скоростей
теченія при
помощи вер-
тушенъ.

Очертанія дна изслѣдуемаго сѣченія заставляютъ вертикали брать не всегда на равномъ разстояніи другъ отъ друга.

Наблюденія надъ скоростями должны производиться въ наиболѣе характерныхъ точкахъ живого сѣченія— на выступахъ или углубленіяхъ дна, въ поймѣ число вертикалей берется менѣе чѣмъ въ главномъ руслѣ, т. к. стремятся болѣе полно обслѣдовать самую дѣятельную часть русла.

Суда и приспособленія для наблюденія скоростей вертушками бываютъ весьма различны, выборъ тѣхъ или иныхъ зависитъ отъ ширины рѣки, скоростей теченія и пр. обстоятельствъ.

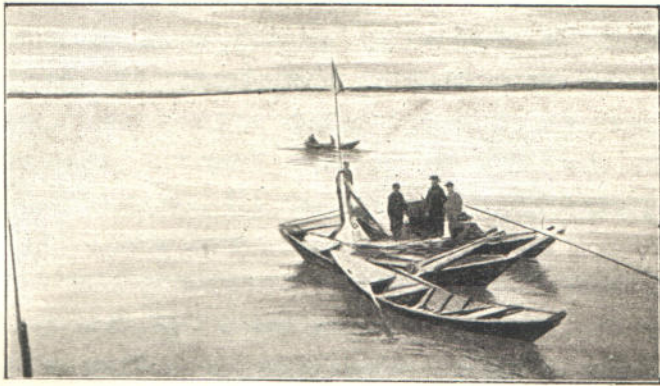
На мелкихъ рѣкахъ устраиваютъ небольшіе деревянные мостики, при быстрыхъ теченіяхъ и каменистомъ днѣ протягиваютъ канатъ и наблюденія производятъ съ корзины, которую подвѣшиваютъ къ натянутому канату. При значительной ширинѣ и глубинахъ наблюденія производятъ непосредственно съ парохода или барказа. Но, нормально, на большихъ рѣкахъ, опредѣленія дѣлаются съ особыхъ понтоновъ.

Понтоны устанавливаютъ слѣдующимъ образомъ.

На первой береговой вертикали устанавливаться обычно очень легко: на глазъ отмѣриваютъ 50 или 100 саж. и, держась все время на поперечныхъ створахъ, понтонъ при помощи якорей по указанію мензулиста точно устанавливаютъ на вертикаль.

Но уже со второй вертикали приходится, прежде чѣмъ передвигаться понтону, забрасывать особый буюкъ— небольшой закупоренный боченокъ.

Забрасываніе буйка производится съ лодки; гребцы, держась на створѣ, по указанію мензулиста, ѣдутъ до



Типы гидрометрических помостовъ для опредѣленія скоростей на малыхъ рѣкахъ

мѣста наблюденія и затѣмъ по сигналу забрасываютъ буюкъ туда, гдѣ впослѣдствіи долженъ стать понтонъ.

Буюкъ примѣняется ввиду трудности манипуляцій съ понтономъ, который особенно на большихъ рѣкахъ бываетъ громоздокъ. На малыхъ рѣкахъ установку понтона производятъ безъ забрасыванія буюка.

Если наблюденія на извѣстномъ профилѣ производятся нѣсколько разъ, при различныхъ горизонтахъ, въ теченіи болѣе или менѣе продолжительнаго періода, то необходимо производить наблюденія всегда въ однихъ и тѣхъ же точкахъ, причина заключается въ удобствѣ обработки, о чемъ будетъ описано далѣе.

Въ этихъ случаяхъ для удобства установки понтона на одномъ или обоихъ берегахъ устраиваются косые створы.

Косые створы устраиваются въ видѣ забитыхъ вѣерообразно ряда вѣхъ, по которымъ безъ мензулиста, всегда держась на поперечномъ створѣ, можно установить понтонъ на опредѣленную вертикаль.

Послѣ того, какъ понтонъ или барказъ съ приспособленіями для опредѣленія скоростей теченія установленъ на вертикаль ¹⁾, дѣлаютъ промѣръ глубины вертикали. Если глубина по плану извѣстна, то ее сейчасъ же приводятъ къ соотвѣтственному горизонту и сравниваютъ. Такое сравненіе служитъ извѣстнымъ контролемъ—на сколько правильно установились на вертикали и не произошло ли рѣзкихъ измѣненій въ рельефѣ дна.

Далѣе приступаютъ къ наблюденію надъ скоростями, дѣлаютъ это или сейчасъ же начиная съ донной точки, или снова вытаскиваютъ вертушку и начинаютъ сверху.

¹⁾ На пересѣченіяхъ створовъ долженъ находиться натянутый троссъ съ вертушкой. Въ случаѣ засѣчки вертикалей при помощи мензулы, надъ мѣстомъ спуска вертушки устанавливаютъ флажокъ.

Скорости принято наблюдать въ пяти точкахъ, а именно: у поверхности на 0,2, на 0,6 и на 0,8 всей глубины вертикали и у дна.

Такимъ назначеніемъ точекъ болѣе всего характеризуются скорости на вертикаляхъ.

Методъ опредѣленія въ пяти точкахъ называется основнымъ методомъ.

Меньшее число точекъ брать не рекомендуется, не только изъ-за пониженія точности, но и по соображенію, что главная затрата времени при работахъ уходитъ на установки и передвиженіе понтоновъ, чѣмъ на наблюденія.

Прежде чѣмъ приступить къ опредѣленію поверхностныхъ скоростей, попутно на одной изъ вертикалей опредѣляютъ такъ называемое мертвое пространство—это разстояніе оси вертушки отъ низа груза, т. е. пространство, на которомъ невозможно опредѣлить скорости теченія.

Для этой цѣли вертушку устанавливаютъ такъ, чтобы грузъ касался поверхности воды, затѣмъ ее опускаютъ до оси вертушки и отсчитываютъ разстояніе по длинѣ выпущеннаго тросса.

Послѣ этого вертушку опускаютъ на 0,07—0,10 саж. ниже поверхности¹⁾.

Далѣе наблюденія производятъ на слѣдующей глубинѣ 0,2 глубины всей вертикали и т. д.

Продолжительность наблюденій въ точкахъ вертикали должна возрастать по мѣрѣ удаленія точки отъ поверхности.

Измѣреніе скорости въ каждой точкѣ разбиваютъ на два равныхъ по времени или по числу оборотовъ

¹⁾ У поверхности вертушку необходимо опускать въ тихую погоду не менѣе чѣмъ на разстояніе равномъ радіусу лопастей, въ вѣтряную погоду опускаютъ нѣсколько ниже.

периода. Оба эти периода рассматриваются как два отдѣльных наблюдений и разница одного наблюдения отъ другого не должна превышать 5⁰/₀ отъ средней арифметической.

Время необходимое для наблюдений въ каждой точкѣ должно быть не менѣе:

у дна	— 8 минутъ
на 0,8 глубины	— 8 „
„ 0,6 „	— 5 „
„ 0,2 „	— 3 „
у поверхности	— 3 „

Самый способъ наблюдений надъ скоростями заключается въ слѣдующемъ: наблюдатель, опустивъ на опредѣленную глубину вертушку, съ опредѣленнаго момента пускаетъ секундомѣръ и слѣдитъ за счетчикомъ, послѣ того какъ прошла первая половина наблюдений, не прерывая работы счетчика записываютъ первое число оборотовъ, затѣмъ черезъ равный промежутокъ времени записываютъ второе показаніе.

Если трудно успѣть записать отсчеты перваго наблюденья, то можно секундомѣръ и счетчикъ оставить и второе наблюдение произвести самостоятельно и работу продолжать.

Во время наблюденья слѣдуетъ слѣдить за равномерностью оборотовъ вертушки, если получаются остановки или перебои, то вертушку необходимо вынуть изъ воды и тщательно осмотрѣть, не произошло ли засореніе контактовъ или не наѣлъ ли соръ на лопасти.

Обычно въ одной точкѣ производятъ не два, а три и болѣе наблюдений для того, чтобы получить сходныя наблюденья, удовлетворяющія выше указаннымъ требованіямъ.

При производствѣ наблюдений всѣ данныя записываютъ въ особый полевой журналъ: записываютъ глубину вертикали, мертвое пространство, глубину погруженія вертушки, показанія счетчика и секундомѣра; кромѣ того отмѣчаютъ время начала и конца наблюдения на вертикали, а такъ же записываютъ въ началѣ и концѣ горизонтъ воды; кромѣ того въ полевомъ журналѣ указывается состояніе водной поверхности, сила и направленіе вѣтра.

Попутно необходимо обратить вниманіе на одинъ практической пріемъ, давшій блестящіе результаты при обработкѣ—это способъ вычерчиванія въ полевомъ журналѣ діаграммы числа оборотовъ на вертикали.

Дѣло въ томъ, что кривая скоростей на вертикали имѣетъ болѣе или менѣе постоянный видъ, во всякомъ случаѣ при нормальномъ положеніи вещей, кривая получается плавная и постепенно убываетъ ко дну.

А такъ какъ обороты почти прямо пропорціональны скорости, то, откладывая по клѣткамъ сначала глубину всей вертикали, а затѣмъ въ извѣстныхъ точкахъ перпендикулярно къ ней, нанося число оборотовъ и замыкая полученныя точки кривой, мы получаемъ наглядное распредѣленіе скоростей теченія по вертикали.

Такой способъ значительно облегчаетъ обработку и предотвращаетъ отъ ряда ошибокъ.

Наблюденія надъ измѣненіемъ уклона рѣки, въ зависимости отъ горизонта воды, производятся съ цѣлью полученія продольнаго профиля рѣки или вѣрнѣе, уклона поверхности воды, опредѣленнаго ея участка при различныхъ горизонтахъ.



Весеннее опредѣленіе расходовъ воды непосредственно съ парохода.



Устройство гидрометрическихъ приспособлений на пароходѣ.

Дѣло въ томъ, что паденіе или уклонъ рѣки бываетъ не одинаковъ не только въ зависимости отъ конфигураціи русла, напримѣръ, уклонъ не одинаковъ на плесѣ или на перекатѣ, но въ зависимости отъ высоты состоянія горизонта уклонъ также измѣняется; при высокихъ весеннихъ водахъ уклонъ больше, чѣмъ при меженихъ.

При практическихъ подсчетахъ величина уклона встрѣчается въ рядѣ гидравлическихъ формулъ при подсчетахъ расходовъ воды.

Конкретный случай необходимости знанія уклона или продольнаго профиля рѣки встрѣчается при расчетѣ шлюзованія рѣки, гдѣ нужно знать черезъ какой промежутокъ и какой высоты необходимо рассчитать плотины.

Способы производства наблюдений надъ уклонами разные, въ зависимости заданій.

Если требуется получить уклонъ водной поверхности всей рѣки, то одной или нѣсколькими особыми геодезическими партіями, производятъ сплошную нивелировку по урѣзу рѣки.

Мы остановимся на методѣ наблюденія измѣненія уклона на опредѣленномъ участкѣ рѣки, въ зависимости отъ измѣненія горизонта.

Для этой цѣли на изслѣдуемомъ участкѣ, напримѣръ, на участкахъ постоянныхъ гидрометрическихъ станцій, забиваютъ на обоихъ берегахъ въ началѣ и въ концѣ участка водомѣрныя сваи и связываютъ ихъ между собой двойной нивелировкой. Очевидно, что, т. к. уклонъ измѣняется сотыми и даже тысячными сажени на версту, то какъ наблюденія, такъ и нивелировка должны быть по возможности болѣе точными.

При значительномъ измѣненіи горизонта наблюденія производятъ одновременно на всѣхъ постахъ, съ этой

цѣлью у каждаго поста ставятъ по наблюдателю и по сигналу сразу производятъ отсчеты горизонта воды. Если наблюдения производятъ на участкѣ, гдѣ нѣтъ гидрометр. станцій и не требуется длительныхъ наблюдений, то тогда, разставивъ наблюдателей, по сигналу одновременно въ уровень съ водой забиваютъ надежные колышки и затѣмъ ихъ связываютъ двойной нивелировкой.

Но если измѣренія горизонта воды незначительно, то можно обойтись однимъ наблюдателемъ, который въ теченіи двухъ—трехъ часовъ можетъ обойти все посты.

Наблюдения надъ уклонами должны производиться по возможности въ тихую погоду, чтобы не было волненія и подпора отъ вѣтра.

Пульсація
струй.

Какъ уже выше указывалось, что пульсаціей называется неравномѣрность движенія струй наблюдаемая въ одной опредѣленной точкѣ живого сѣченія въ краткій періодъ времени.

При длительныхъ наблюденияхъ результаты наблюдений болѣе или менѣе одинаковы, но, при короткихъ разница получается весьма значительна.

Детальные наблюдения надъ пульсаціей производились на рѣкѣ Зеѣ, откуда мы заимствуемъ нѣкоторыя практическія цифровыя данныя ¹⁾.

Наблюдения въ точкахъ производились непрерывно въ теченіе двадцати минутъ и для записи оборотовъ примѣняли хронографъ, что дало возможность при обработкѣ наблюдения раздѣлить на минутные, двухминутные, трехминутные и т. д.

¹⁾ Матеріалы къ инструкціямъ по изслѣдованію водныхъ путей. Вып. I, изд. упр. внут. вод. путей.

Въ послѣдствіи были составлены графики, показывающія наибольшую расходимость между длительными наблюдениями и короткими, т. е. имѣя съ одной стороны двадцатиминутное наблюдение съ нимъ сравнивали болѣе короткія.

На прилагаемомъ здѣсь чертежѣ, заимствованномъ изъ того же отчета, видно: что средняя ошибка для донной точки береговой вертикали № 13 достигаетъ почти 8⁰/о для одноминутныхъ наблюдений.

При пяти минутныхъ наблюденихъ ошибка дѣлается меньше и составляетъ лишь 4,3⁰/о, при десяти 1,5⁰/о и девятнадцати 0,40⁰/о.

Для вертикали, расположенной посреди рѣки, № 5 отклоненія получились меньше, средняя ошибка для донной скорости равна 7⁰/о при одноминутномъ наблюдении и убываетъ до 2,4⁰/о при пяти минутахъ, при десяти минутахъ равна 1⁰/о, а при девятнадцати равна лишь 0,3⁰/о.

Поверхностныя точки всѣхъ вертикалей отличаются сравнительно болѣею точностью.

При одноминутныхъ наблюденихъ средняя ошибка почти 2⁰/о для береговой вертикали и 1⁰/о для средней вертикали, при девятнадцати минутномъ наблюдении расходимость равна 0,1⁰/о и менѣе.

Въ зависимости отъ этого явленія, какъ указывалось выше, измѣняется и продолжительность наблюдения.

Приведенный графикъ наглядно указываетъ, что для того, чтобы получить одинаковую точность наблюдений—необходимо брать различныя промежутки времени—для поверхностныхъ скоростей меньше чѣмъ для донныхъ.

Зимнія гидро-
метрическія
наблюденія.

Зимнія гидрометрическія наблюденія во многомъ отличаются отъ лѣтнихъ и не только по методамъ, но и по составу работъ.

Лѣтомъ мы ограничиваемся наблюденіемъ надъ колебаніемъ уровня воды, скоростями теченія, уклонами; при зимнихъ же работахъ входятъ еще наблюденія надъ толщиной ледяного покрова, доннымъ льдомъ, жужгой или шугой, такъ называется мелкій ледъ, который находится во взвѣшенномъ состояніи въ рѣкѣ, температурой воды и воздуха.

Нужно отмѣтить, что область зимняго состоянія рѣкъ является весьма мало обследованной.

Процессъ замерзанія большой рѣки можно обрисовать слѣдующимъ образомъ.

Глубокой осенью, когда уже температура въ теченіе болѣе или менѣе значительнаго періода, недѣли двѣ, держится ниже нуля, когда берега покрыты снѣгомъ, вода въ рѣкѣ, еще сохраняя запасъ лѣтняго тепла, продолжаетъ бороться съ ледоставомъ.

Но когда температура воды падаетъ до $0,2^{\circ}/0$ градусовъ, начинаютъ появляться: донный ледъ ¹⁾, затѣмъ закраины, такъ называется ледъ у береговъ и, наконецъ, появляется на поверхности рѣки тонкій ледъ—сало.

Вслѣдъ за этимъ рѣка, постепенно отдавая тепло, встаетъ.

Но бываетъ, что ледоставъ устанавливается не сразу, благодаря прибыли воды или оттепелей ледъ послѣ остановки трогается, происходитъ или только незначитель-

¹⁾ Доннымъ льдомъ называется ледъ, который образуется на днѣ у береговъ въ видѣ иголь, или наростовъ на выступающихъ камняхъ, ледъ этотъ иногда всплываетъ на поверхность. Происхожденіе доннаго льда до сихъ поръ мало извѣстно.



Зимнее определение скоростей вертушкой.

ная подвижка или, если оттепель продолжается, начинается осенний ледоходъ.

Когда рѣка снова встаетъ, ледъ начинаетъ крѣпнуть, увеличиваясь въ толщину, и въ руслѣ появляется жужга.

Въ зависимости отъ быстроты теченія жужга передвигается, заполняя иногда на двѣ трети живое сѣченіе. Подъ льдомъ она распредѣляется неравномѣрно, въ нѣкоторыхъ мѣстахъ на большую, въ другихъ — на меньшую глубину.

Въ составъ зимнихъ гидрометрическихъ работъ входятъ слѣдующія наблюденія.

Во-первыхъ, кромѣ обычной съемки участка на другомъ планѣ показываютъ, при болѣе характерномъ горизонтѣ, толщину льда, жужги, снѣга, шероховатость подошвы льда.

Желательно, въ предѣлахъ хотя бы и небольшого участка, вести періодическія наблюденія по лункамъ, расположеннымъ въ шахматномъ порядкѣ надъ постепеннымъ ростомъ толщины льда, движеніемъ жужги.

Вообще же въ районѣ наблюденій — участокъ долженъ быть обследованъ на нѣсколько верстъ ниже и выше профиля, чтобы выяснить нѣтъ-ли заторовъ или мѣсть сильнаго скопленія жужги, которая можетъ сильно вліять, создавая подпоры, на измѣненіе горизонта воды.

Водомѣрные наблюденія, вслѣдствіе этихъ причинъ, приходится вести по цѣлому ряду водомѣрныхъ постовъ.

Главный профиль желательно выбрать тамъ, гдѣ скопленіе жужги наблюдается меньше.

Лунки для спуска вертушки выкалываются во льду по возможности минимальнаго размѣра, чтобы не нарушать условія движенія воды подо льдомъ.

Точки наблюдёнія берутся такъ же, какъ и при лѣтнихъ наблюдёніяхъ, т. е. на глубинѣ 0,2—0,6—0,8 глубины дѣйствующей вертикали¹⁾, а также производятся наблюдёнія и у точки нулевой скорости и донной. Подъ точкой нулевой скорости подразумѣвается скорость на вертикали, гдѣ впервые при помощи вертушки начинаютъ наблюдаться скорости.

Продолжительность наблюдёнія при существованіи ледяного покрова должна быть болѣе, чѣмъ лѣтомъ:

у нижней пов. ледяного покрова	8 мин.
у дна	8 "
на 0,2 глубины вертикали	8 "
на 0,6 "	5 "
на 0,8 "	8 "

Эти наблюдёнія, такъ же какъ лѣтнія, разбиваются на два періода наблюдёній, которые не должны отличаться другъ отъ друга болѣе чѣмъ на 5⁰/о отъ средней ариѳметической.

Распредѣленіе скоростей на вертикали получается совершенно иное, чѣмъ лѣтомъ—при разсмотрѣніи кривыхъ зимнихъ скоростей получается такой видъ, какъ будто лѣтнюю вертикаль повернули низомъ вверхъ. Наибольшая скорость находится ближе ко дну, чѣмъ къ поверхности льда.

Производство зимнихъ наблюдёній надъ скоростями теченія требуетъ нѣкоторыхъ спеціальныхъ устройствъ. При большихъ морозахъ устраиваютъ особыя будки, гдѣ внутри помѣщаются всѣ приборы, а также и переносная

1) Подъ дѣйствующей частью вертикали подразумѣваютъ ту часть, гдѣ наблюдаются скорости. Обычно въ жужгѣ скоростей не наблюдается и поэтому стараются обследовать полнѣе ту часть, гдѣ есть скорости.

Зимнее опредѣленіе расхода воды.



Приборъ для опредѣленія жужги.

керосиновая печь. Въ болѣе теплую погоду установку вертушки дѣлають на особыхъ саняхъ.

Для измѣренія толщины льда, жужги берутъ особый шестъ, на концѣ котораго прикрѣплены складные или не складные щупы.

Записи въ полевомъ журналѣ должны вестись подробно, чѣмъ лѣтомъ.

При наблюденіяхъ появленія доннаго льда, закраинъ должно подробно отмѣчаться состояніе погоды, т. е. пасмурно или ясно, сила вѣтра, температура воды и воздуха, время сутокъ и пр.

При наблюденіяхъ на вертикали, отмѣчаютъ толщину ледяного покрова, жужги, снѣга. Вообще зимнія изслѣдованія нужно сопровождать по возможности подробнымъ описаніемъ, т. к. область зимняго состоянія рѣкъ мало изслѣдована и крайне затруднительно выдѣлать изъ всѣхъ наблюденій только существенное.

Иногда, опущенныя на первый взглядъ, какъ будто мелочи могутъ затруднить при обработкѣ сдѣлать важныя обобщенія.

Вопросъ о выясненіи точности гидрометрическихъ наблюдений въ настоящее время находится болѣе или менѣе въ стадіи опыта и носитъ характеръ чисто академическихъ вычислений.

Погрѣшность при опредѣленіи площади живого сѣченія.

Въ данной главѣ мы постараемся стать на нѣсколько иной путь и указать, кромѣ обычныхъ вычислений точности, главнымъ образомъ, источникъ ошибокъ и возможность въ нѣкоторыхъ случаяхъ ихъ предотвращенія.

Въ опредѣленіи расхода воды ошибка слагается изъ ряда погрѣшностей.

Къ первому источнику ошибокъ слѣдуетъ отнести ошибки при промѣрахъ живого сѣченія. Эта ошибка въ свою очередь слагается изъ ряда неточностей при измѣреніи ширины рѣки, разстоянія отдѣльныхъ точекъ промѣровъ, а также и ошибокъ при промѣрахъ глубинъ.

Если первыя ошибки при тщательной постановкѣ геодезическихъ измѣреній весьма мала, то ошибка при промѣрахъ глубинъ бываетъ весьма значительна. По инструкціи изслѣдованій водныхъ путей требуется, чтобы расхожимость между отсчетами не превышала 0,04 саж. Но такая точность отсчетовъ совершенно не характеризуетъ точности промѣровъ; дѣло въ томъ, что при большихъ весеннихъ скоростяхъ на такихъ рѣкахъ какъ Волга, Кама, гдѣ глубины достигаютъ 12 и болѣе саж., ошибка отъ относа тросса, несмотря на грузъ отъ 8 до 12 пуд., весною можетъ получиться равной полсажени; къ тому же слѣдуетъ отмѣтить и песчаное дно, въ которое грузъ можетъ глубоко уйти благодаря тяжести.

Обычно промѣры производятъ тѣмъ же троссомъ и грузомъ, на которомъ спускаютъ вертушку, но, благодаря помѣщенію въ троссѣ электрическихъ проводовъ, троссъ имѣетъ значительное сѣченіе, что способствуетъ его относу внизъ по теченію, если же грузъ увеличивать, то троссъ сильно портится, особенно на блокахъ.

Достиженіе груза до дна узнаютъ двоякимъ способомъ: или при помощи особаго электрическаго сигнала, о чемъ будетъ описано далѣе, или присутствіе груза на днѣ узнаютъ пробуя натяженія тросса.

При песчаномъ или илистомъ ложѣ электрическій контактъ дѣйствуетъ плохо и необходимо прибѣгнуть ко второму методу, но при этомъ рекомендуется произво-



Подвижная будка для зимних гидрометрических работ.

дителю работъ ставить у лебедки и поручать пробовать силу натяженія троса опытному наблюдателю.

Послѣ того какъ грузъ съ размаха падаетъ на дно, тросъ сразу слабѣетъ, правильнымъ положеніемъ троса считаютъ, когда лебедчикъ, не подымая груза, тросъ нѣсколько натянетъ, чтобы онъ принялъ болѣе или мене отвѣсное положеніе.

При твердомъ днѣ и вообще въ руслахъ съ мало измѣняемымъ ложемъ промѣры рекомендуется дѣлать въ низкую воду или со льда.

Кромѣ чисто неизбѣжныхъ ошибокъ при промѣрахъ бываютъ грубыя ошибки въ записи и отсчетѣ оборотовъ лебедки, съ которой опускаютъ тросъ.

При наблюденіяхъ надъ скоростями теченія на вертикаляхъ, какъ уже указывалось, чтобы избѣжать этой ошибки, рекомендуется вновь полученный промѣръ сравнивать съ предыдущими, вести такъ называемый журналъ глубинъ, въ которомъ вновь полученная глубина, приведенная къ извѣстному горизонту, сейчасъ же сравнивается; такой способъ значительно сокращаетъ грубыя ошибки.

Для того, чтобы достичь большей точности въ опредѣленіи площади живого сѣченія при обработкѣ, относъ троса слѣдуетъ подсчитывать ¹⁾.

Средняя ошибка измѣренной площади живого сѣченія, по методу наименьшихъ квадратовъ, подсчитывается по слѣдующей формулѣ.

$$M = \pm \sqrt{\left[\frac{b_1 + b_2}{2} m_H\right]^2 + \left[\frac{b_2 + b_3}{2} m_H\right]^2 + \left[\frac{b_{n-1} + b_n}{2} m_H\right]^2 + \sqrt{(H_1 m_b)^2 + (H_2 m_b)^2 + (H_n m_b)^2 + m_H^2 \left(\sum \frac{b_i + b_{i+1}}{2}\right)^2 + m_b^2 \sum H_i^2}}$$

¹⁾ См. вычисленіе отклоненія троса теченіемъ.

Гдѣ подѣ буквами обозначены нижеслѣдующія значенія:

M —средняя ошибка измѣренной площади живого сѣченія,

b_1, b_2, \dots, b_n —разстояніе между промѣрами,

H_1, H_2, \dots, H_n —глубины соотвѣтствующія этимъ промѣрамъ,

m_b —погрѣшность въ опредѣленіи положенія промѣра.

Для примѣра приводимъ вычисленіе средней ошибки при промѣрахъ на р. Зеѣ ¹⁾.

№№ про- мѣровъ	В ъ с а ж е н я х ъ .				
	b .	H .	$\frac{b_{i-1}+b_i}{2}$	$\left(\frac{b_{i-1}+b_i}{2}\right)^2$	H^2
1	1,10	0,16			
2	2,00	0,39	1,55	2,4025	0,0256
3	3,60	0,68	2,80	7,8400	0,1521
4	3,50	0,90	3,55	12,6025	0,4624
5	5,25	1,05	4,37	19,0969	0,8100
6	4,25	1,16	4,75	22,5625	1,1025
7	5,00	1,13	4,62	21,3444	1,3456
8	5,50	1,10	5,25	27,5625	1,2769
9	4,75	0,98	5,12	26,2144	1,2100
10	5,75	0,81	5,25	27,5625	0,9604
11	3,75	0,68	4,75	22,5625	0,6561
12	4,85	0,53	4,30	18,4900	0,4624
13	5,15	0,43	5,00	25,0000	0,2809
14	6,00	0,14	5,62	31,5844	0,1849
15	5,75	0,31	5,87	34,4569	0,0196
16	4,50	0,24	5,12	26,2144	0,0961
17	4,00	0,13	4,25	18,0625	0,0576
18	4,50	0,06	4,25	18,0625	0,0169
19	2,60	0,00	3,55	12,6025	0,0036
				$\sum \left(\frac{b_{i-1}+b_i}{2}\right)^2 = 374,2239$	$\sum H^2 = 9,1236$

¹⁾ Матеріалы къ инструкціямъ по изслѣдованію водн. пут. вып. 1.
Изданіе упр. внутр. водн. путей.

Подставляя данныя и беря m_b погрѣшность въ опредѣленіи точки промѣра 0,25, а погрѣшность m_n измѣренія глубины равной 0,023 саж. получимъ

$$M = \pm \sqrt{(0,023.374,223)^2 + (0,25.9,1236)^2} = \pm 0,92 \text{ кв. саж.}$$

Площадь живого сѣченія была вычислена по формулѣ

$$F = H_1 \left(\frac{b_1 + b_2}{2} \right) + H_2 \left(\frac{b_2 + b_3}{2} \right) + \dots + H_i \left(\frac{b_i + b_{i+1}}{2} \right) + \dots + H_{n-1} \left(\frac{b_{n-1} + b_n}{2} \right)$$

и равнялась $F = 51,58$. Слѣдовательно средняя ошибка измѣренія была равна 1,78% отъ опредѣленной площади.

При опредѣленіи скоростей теченія поплавками рядъ ошибокъ, въ силу неопредѣленности, остается неподдающимся учету, сюда относятся: вліяніе вѣтра на поплавокъ, отеканіе струй потока вокругъ поплавокъ, т. е. струи какъ бы не захватываютъ съ собой поплавокъ въ силу его тяжести, затѣмъ остается неучтенной пульсація струй и пр.

Въ описаніи устройства поплавокъ мы уже указывали—поплавки должны быть по возможности легки, имѣть достаточную поверхность для дѣйствія струй и

Погрѣшность при опредѣленіи скоростей теченія поплавками.

быть по возможности менѣ подвержены дѣйствию вѣтра. Вообще поплавочныя наблюденія во избѣжаніе дѣйствія вѣтра производятся въ тихую погоду.

Намъ остается анализировать одну доступную вычисленію ошибку, а именно: неточность наблюденія при опредѣленіи момента прохожденія поплавка черезъ створы. Ошибка эта состоитъ въ томъ, что, благодаря нѣкоторой толщинѣ вѣхи, при наблюденіяхъ по створамъ получается нѣкоторый уголъ зрѣнія.

Возьмемъ примѣръ. Пусть толщина вѣхи будетъ равна 0,02 саж., поплавокъ отъ вѣхи находится на разстояніи 300 саж. и наблюдатель отстоитъ отъ вѣхи на 10 саж., тогда ошибка отъ опредѣленія поплавка при помощи бинокля будетъ равна

$$\frac{300 \times 0,02}{10} = 0,6 \text{ саж.}$$

При наблюденіяхъ на двухъ створахъ, ошибка будетъ

$$0,6 \sqrt{2} = \pm 0,845 \text{ саж.}$$

При пускѣ въ ходъ и остановки секундомѣра возможная ошибка составитъ:

$$0,3'' \sqrt{2} = \pm 0,5 \text{ сек.}$$

что при наибольшей скорости, скажемъ 1,3 саж. въ секунду, дастъ ошибку въ 0,65 саж.

Общая возможная ошибка наблюдения получается равной

$$\Delta S = \sqrt{0,65^2 + 0,84^2} = \pm 1,15 \text{ саж. въ сек.}$$

Если расстояние между створами 40 саж., то ошибка въ опредѣленіи скорости потока будетъ равна 2,6⁰/о.

Для поплавокъ, находящихся ближе къ берегу, ошибки будутъ меньше.

При засѣчкахъ поправка при помощи трубы какого нибудь геодезическаго инструмента ошибка отъ засѣчки поправка дѣлается настолько ничтожной, что ею можно пренебречь, тогда остается только ошибка отъ пуска и остановки секундомѣра.

Вертушечныя наблюденія надъ опредѣленіемъ теченія считаются болѣе точными чѣмъ поплавочныя, т. к. при наблюденіяхъ избѣгаютъ ряда ошибокъ, которыя встрѣчаются при поплавочныхъ.

Погрѣшность при опредѣленіи скоростей теченія вертушками.

Источникомъ главныхъ ошибокъ при вертушечныхъ наблюденіяхъ является отсутствіе частыхъ тарировокъ вертушекъ.

При правильной постановкѣ дѣла вертушку послѣ каждаго періода работъ весенняго, лѣтняго и пр. слѣдуетъ тарировать, чтобы быть гарантированнымъ, что тарировочныя коэффиціенты остаются одни и тѣ же.

Кромѣ того на работахъ необходимо имѣть не менѣе двухъ вертушекъ, которыя передъ работой, а также время отъ времени на одной изъ вертикалей необходимо сравнивать. Опредѣлять скорости рекомендуется обѣими

вертушками, при чемъ одной изъ нихъ рѣже, держа ее какъ запасную.

Во время работъ необходимъ самый строгій надзоръ за работой вертушки: не засорились ли контакты, не произошло ли какого нибудь поврежденія въ механизмѣ; только тщательность и сознательное отношеніе къ работамъ могутъ предотвратить тѣ погрѣшности, которыя часто губятъ въ основѣ всю точность наблюденій.

Въ предшествующемъ описаніи указывалось, что во время полевыхъ работъ необходимо, хотя бы самымъ схематическимъ образомъ, вычерчивать кривую оборотовъ вертушки на вертикали; этотъ практическій способъ спасаетъ массу матеріала, который бы въ послѣдствіи не поддавался никакой обработкѣ.

Для наглядности вычисленія возможной неточности при работахъ вертушкой приводимъ примѣръ изъ подсчета точности работъ на рѣкѣ Енисѣѣ¹⁾. При работахъ употреблялась вертушка Отта и имѣла формулы для вычисленія скоростей.

Для оборотовъ вертушки болѣе 0,76 въ одну сек.

$$v = -0,002 + 0,5047 n \frac{\text{метр.}}{\text{сек.}}$$

$$\text{или } v = -0,009 + 0,2365 n \frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$$

гдѣ: n = обозначаетъ число оборотовъ

” v = ” скорость теченія.

1) Матеріалы для описанія русскихъ рѣкъ. Выпускъ XXXIII.

Уравненіе вертушки имѣетъ видъ

$$v = \alpha + \beta \frac{N}{t}$$

α и β = коэффициентъ вертушки въ ¹⁾

N = число оборотовъ вертушки въ t секундъ

Средняя ошибка измѣренія скорости вычисляется по формулѣ:

$$m_v = \pm \sqrt{m_\alpha^2 + \left(\frac{N}{t} m_\beta\right)^2 + \left(\frac{\beta}{t} m_N\right)^2 + \left(\beta \frac{N}{t^2} m_t\right)^2}$$

гдѣ m_v средняя ошибка въ опредѣленіи скор.

„ m_α „ „ „ „ коэффициентъ α

„ m_β „ „ „ „ „ коэффициентъ β

„ m_t „ „ „ „ „ время наблюденія

„ m_N „ „ „ „ „ число оборотовъ

Изъ наблюденій имѣемъ нижеслѣдующія цифровыя данныя относительно донной точки одной изъ вертикалей

Число оборотовъ $N=1,701$

продолж. паблюд. $t=600$ саж.

$$\alpha = 0,0009$$

$$m_\alpha = \pm 0,004$$

$$\beta = 0,2365$$

$$\beta_m = \pm 0,002$$

$$v = 0,673 \text{ саж./сек.}$$

¹⁾ См. главу тарированіе вертушекъ.

Ошибку при опредѣленіи времени секундомѣромъ, какъ и ранѣе, беремъ $m_1=0,5$ сек.

Средняя ошибка опредѣленія числа оборотовъ вертушки въ зависимости отъ пульсаціи при 10 минутныхъ наблюденіяхъ составляетъ для донной точки $0,76\%$, т. е. равна 12,9 оборотовъ. Эту величину можно взять по графику, прилагаемому въ описаніи пульсаціи струй.

Подставляя въ формулу числа, будемъ имѣть

$$mv = \pm \sqrt{0,004^2 + \left(\frac{1701}{600} \cdot 0,002\right)^2 + \left(\frac{0,2365}{600} \cdot 12,9\right)^2} + \\ + \sqrt{0,2365 \cdot \frac{1701}{600} \cdot 0,5)^2} = \pm 0,026$$

т. е. средняя ошибка составляетъ $3,8\%$ отъ измѣренной скорости.

Необходимо указать еще на одинъ важный источникъ ошибокъ, который получается при работахъ вертушкой на троссѣ—это отклоненіе вертушки отъ нормальнаго направленія къ изслѣдуемому сѣченію. Расходъ въ силу этой причины получается всегда нѣсколько преувеличеннымъ, т. к. при подсчетахъ берется вся скорость, а не проекція ея на плоскость, перпендикулярную къ живому сѣченію¹⁾.

¹⁾ Въ силу этихъ причинъ расходы, опредѣляемые штанговыми вертушками, должны считаться значительно точнѣе чѣмъ расходы, опредѣленные вертушкой на троссѣ. Кромѣ отклоненія струй въ горизонтальномъ направленіи, нѣкоторые вертушки имѣютъ вращеніе также и въ вертикальномъ, что также вноситъ ошибку.

Опредѣленіе глубины погруженія вертушки на вертикали при штанговыхъ вертушкахъ также точнѣе, т. к. не получается отброса.

При работахъ вертушками, показывающими горизонтальное направление струй, ошибку эту можно учесть. На практикѣ выяснилось, что на хорошо выбранныхъ гидрометрическихъ участкахъ эта ошибка все-же можетъ быть при вычисленіи расхода до 5⁰/₀ и болѣе ¹⁾.

Погрѣшность при опредѣленіи расхода воды слѣдуетъ считать изъ цѣлаго ряда ошибокъ, главныя ошибки: неточность опредѣленія живого сѣченія, возможные неточности, присущія каждому измѣрительному прибору, неточности, допущенныя при обработкѣ матеріаловъ.

Погрѣшность при опредѣленіи расхода воды.

Кромѣ того при работахъ вертушками на троецѣ входитъ еще ошибка, благодаря отклоненію вертушки отъ перпендикулярнаго направленія къ плоскости живого сѣченія.

Первую ошибку—при промѣрахъ, для болѣе или менѣе значительныхъ рѣкъ при песчаномъ руслѣ слѣдуетъ считать въ среднемъ отъ 2⁰/₀ до 4⁰/₀.

Точность опредѣленія скоростей вертушкой въ среднемъ выражается отъ 2⁰/₀ до 4⁰/₀.

Наконецъ, точность обработки—обводка планиметромъ площадей, точность отсчетовъ по масштабу, приведеніе наблюдений къ одному горизонту—нужно принять въ среднемъ отъ 1⁰/₀ до 2⁰/₀.

Такимъ образомъ вся точность опредѣленія расхода въ среднемъ будетъ колебаться отъ 5⁰/₀ до 10⁰/₀.

Для разрѣшенія практическихъ вопросовъ гидротехники такая точность все же вполнѣ достаточна;

¹⁾ При повѣркѣ нормальности струй къ профилю на трехъ волжскихъ гидрометрическихъ станціяхъ выяснилось, что только на одной изъ нихъ погрѣшность въ вычисленіи расхода воды безъ учета отклоненія струй выражалась въ доляхъ процента, на двухъ же другихъ погрѣшность равнялась 5,2⁰/₀ и 5,7⁰/₀ при низкихъ горизонтахъ. При горизонтѣ нѣсколько выше значеніе послѣдней погрѣшности уменьшилось до 2,9⁰/₀.

здѣсь сама природа какъ бы приходитъ Technikѣ на помощь—чѣмъ больше рѣки, тѣмъ болѣе становится трудность производства наблюденій, но тѣмъ съ болѣе крупными сооруже́ніями мы имѣемъ дѣло, напри́мѣръ, если въ весеннюю воду Волга послѣ сля́нія съ Камой несетъ до 5000 куб. саж. сек. въ секунду, погрѣшность въ 200 куб. саж. по отноше́нію къ этой величинѣ будетъ не такъ значительна, учитывая, конечно, всю совокупность непостоянства дѣйствія другихъ факторовъ, вліяющихъ на прочность сооруже́ній. При работахъ же на мелкихъ рѣкахъ, гдѣ расходъ учитывается десятыми долями кубической сажени, точность можетъ быть значительно повышена.

При зимнихъ опредѣленіяхъ расходовъ воды точность понижается какъ въ силу сложности работъ, такъ и вслѣдствіе заполнения живого сѣченія плывущимъ льдомъ, жужгой.

Большое затрудненіе такъ же представляетъ зимой опредѣленіе горизонта воды, къ которому необходимо отнести расходъ. Приходилось наблюдать, что расходимость между двумя расходами, опредѣленными при одномъ и томъ же горизонтѣ, достигала 30⁰/о.



ГЛАВА II.

Гидрометрическіе приборы.

Самый распространенный прибор для опредѣленія скоростей воды является гидрометрическая вертушка.

Общая описанія системъ гидрометрическихъ вертушекъ.

Сущность принципа устройства всѣхъ системъ гидрометрическихъ вертушекъ заключается въ томъ, что если на пути потока поставить лопасти вертушки, то струи движущейся воды, ударяясь о нихъ, приведутъ ихъ во вращеніе и это вращеніе будетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ больше скорость теченія.

Зная какой скорости будетъ соотвѣтствовать извѣстное число оборотовъ вертушки, можемъ узнать и самую скорость.

Основныя части вертушекъ состоятъ: изъ лопастей крыльевъ; которыя могутъ вращаться, изъ остова—тѣла вертушки, контактныхъ электрическихъ механизмовъ и хвоста, заставляющаго принимать вертушку опредѣленное положеніе при наблюденіи надъ скоростями теченія ¹⁾.

Основными типами лопастей слѣдуетъ считать лопасти, устроенныя въ видѣ наклонно расположенныхъ пластинокъ, (напр. у вертушки Амслера ²⁾) и въ видѣ бура, напр. у вертушекъ Хайоза.

Отличіе между этими двумя видами лопастей заключается въ томъ, что лопасти въ видѣ бура представляютъ

¹⁾ См. чертежи вертушекъ.

²⁾ Существуютъ лопасти, указанныя въ видѣ полушарій, колесиковъ съ расположенными наклонно пластинками и пр.

изъ себя болѣе или менѣе законченный видъ винта, а лопасти, состоящія изъ пластинокъ, являются какъ бы отдѣльныя вырѣзки изъ винтовой поверхности.

Въ зависимости отъ наклона поверхности лопасти скорость вращенія въ водѣ, и такъ же чувствительность при улавливаніи скоростей будетъ больше или меньше.

Лопасты съ крутымъ наклономъ, менѣе чувствительныя къ малымъ скоростямъ, наз. лопастями большого шага, а лопасти съ пологимъ винтомъ предназначенныя для малыхъ скоростей—малаго шага. Вращеніе лопастей малаго шага при одной и той же скорости будетъ быстрѣе чѣмъ большого.

Разнообразное устройство лопастей даетъ возможность регулировать количество оборотовъ, такъ, на примѣръ, весной, при большихъ скоростяхъ, когда лопасти дѣлають отъ 13—15 оборотовъ въ 1 секунду, и когда электрическій счетчикъ или хронографъ не успѣваетъ уже отмѣчать обороты вертушки—примѣняютъ лопасти большого шага.

Разница между оборотами того и другого шага бываетъ весьма значительна, напр., одна и та же вертушка даетъ при большомъ шагѣ 2—3 оборота, а при маломъ—13—15.

Кромѣ этого лопасти различаются и по размѣру.

Существуютъ лопасти имѣющія всего лишь 4—5 сан. въ діаметрѣ, но есть и въ 20 сан. Размѣръ лопастей зависитъ, прежде всего, отъ размѣра и системы самой вертушки.

При испытаніи выяснилось, что лопасти большого размѣра и тяжелыя вращаются болѣе плавно, чѣмъ меньшія и легкія.

Вліяніе на точность при измѣреніи скоростей теченія тѣми или другими лопастями не установлено.

Такъ какъ скорость вращенія лопастей зависитъ, главнымъ образомъ, отъ изгиба винтовой поверхности — шага винта, — то при обращеніи съ вертушкой нужно внимательно слѣдить за тѣмъ, чтобы лопасти не были случайно погнуты.

При храненіи вертушекъ въ конторахъ или на работахъ должна быть полная увѣренность въ томъ, что лопасти вертушки не будутъ погнуты.

Средняя часть вертушки, или самый остовъ, называется тѣломъ вертушки. Въ зависимости отъ конструкціи существуетъ большое разнообразіе какъ въ формѣ, такъ и въ вѣсѣ. Тѣло вертушки служитъ оболочкой для помѣщенія различныхъ механизмовъ вертушки, какъ-то: подшипниковъ для лопастей, для устройства подвѣса и для устройства особаго механизма для передачи при помощи электричества отдѣльныхъ оборотовъ лопастей.

Передняя часть вертушки устраивается такимъ образомъ, чтобы лопасти находились нѣсколько впереди втулки, на которой подвѣшена вертушка, чтобы на нихъ меньше сказывалось вліяніе подпора воды.

Въ конечной своей части тѣло вертушки переходитъ въ хвостъ, который направляетъ ее по направленію струй. Хвосты существуютъ различныхъ системъ, которые могутъ дать вертушкѣ какъ горизонтальное, такъ и вертикальное положеніе.

Механизмы, устраиваемые въ тѣлѣ вертушки, при помощи которыхъ можно узнать количество оборотовъ лопастей¹⁾ въ извѣстный промежутокъ времени, существуютъ обычно двухъ типовъ.

¹⁾ Для того, чтобы узнать скорость теченія необходимо для каждой вертушки знать тарировочные коэффициенты, умножая на которые число оборотовъ лопастей получаютъ искомую скорость.

Въ одномъ изъ нихъ обороты отсчитываютъ непосредственно по циферблату, а въ другомъ, обороты передаются при помощи электрическаго тока.

Подробное описаніе того и другого типа имѣется далѣе въ отдѣльныхъ описаніяхъ различныхъ системъ вертушекъ.

Въ заключеніе укажемъ, что электрическіе контакты также раздѣляются на контакты открытые, напримѣръ, у вертушки Амслера, полуоткрытые—у вертушекъ системы „Волга“ и совершенно закрытые, недоступные для воды, въ вертушкахъ Отта.

Заканчивая на этомъ общія замѣчанія о вертушкахъ, укажемъ порядокъ ихъ сборки при работахъ.

Троссъ съ грузомъ, если конструкція вертушки позволяетъ, слѣдуетъ прикрѣплять сначала къ подвѣсной втулкѣ вертушки безъ передней части и хвоста, когда втулка прикрѣплена и троссъ съ грузомъ натянуть, къ ней привинчиваютъ хвостъ.

Переднюю часть съ лопастями прикрѣпляютъ въ самую послѣднюю очередь изъ опасенія погнуть во время сборки лопасти.

Послѣ того какъ вертушка собрана, какъ и для всѣхъ инструментовъ, прежде чѣмъ пустить ее для работы, производить пробу.

Вертушка
Амслера.

Первая вертушка для опредѣленія скоростей теченія была изобрѣтена Вольтманомъ, которая и послужила прототипомъ для всѣхъ остальныхъ.

Приборъ этотъ былъ устроенъ весьма примитивно; онъ имѣлъ лопасти, насаженныя на ось, которыя приводили въ движеніе два счетныхъ колеса, показывающихъ обороты.

Послѣ каждаго наблюденія приборъ необходимо было вынимать на поверхность и отсчитывать показанія оборотовъ.

Вертушка Вольмана была усовершенствована Амслеромъ, который впервые ввелъ въ вертушкахъ электрическую передачу числа оборотовъ вращенія лопастей. Такъ какъ вертушки Амслера еще часто встрѣчаются въ работахъ, то мы остановимся подробнѣе на ея описаніи.

Вертушка состоитъ изъ слѣдующихъ главныхъ частей: лопастей, тѣла вертушки, счетнаго механизма или электрическаго контактнаго механизма, подвѣшенной втулки и хвоста.

Лопаста вертушки B (см. чертежъ) состоятъ изъ двухъ выгнутыхъ пластинокъ, насаженныхъ на ось A , которая свободно вращается на двухъ подшипникахъ; одинъ изъ нихъ расположенъ у лопастей, а другой устроенъ въ видѣ винта, въ который упирается конецъ оси. Если ось вертушки нѣсколько подточится, то винтомъ можно ее привести въ прежнее положеніе.

На оси имѣется винтовая нарѣзка B , которая за дѣвая зубчатое колесико Γ_1 приводитъ его во вращеніе.

Зубчатые колеса имѣютъ дѣленія, по которымъ можно узнать число оборотовъ лопастей. Колесо Γ_1 приводитъ въ движеніе другое колесо Γ_2 , которое указываетъ каждые десять оборотовъ перваго.

У Амслерскихъ вертушекъ на зубчатомъ колесикѣ Γ_1 имѣется штифтикъ D , который при каждомъ поворотѣ колесика соприкасается съ пружиннымъ язычкомъ. Язычекъ и штифтикъ на колесикѣ служатъ главными частями электрическаго контактоваго механизма для подачи сигнала на поверхности воды.

Если мы соединимъ при помощи провода электрической звонокъ и присоединимъ одинъ конецъ къ тѣлу вертушки, въ которой находится зубчатое колесо съ штифтомъ, а другой подведемъ къ изолированному отъ тѣла при помощи костяной пластики язычку, то каждый разъ какъ штифтъ будетъ соприкасаться съ язычкомъ, будетъ получаться звонокъ.

Зубчатое колесо *Г* имѣетъ обычно пятьдесятъ зубцовъ; при каждомъ оборотѣ лопастей оно поворачивается ровно на одинъ зубецъ; такимъ образомъ штифтъ подаетъ сигналъ черезъ пятьдесятъ оборотовъ.

Если на зубчатомъ колесѣ помѣстить два діаметрально расположенныхъ штифта, то получимъ сигналъ черезъ каждые двадцать пять оборотовъ.

Наблюденія этой вертушкой можно производить и безъ электрической сигнализациі, причѣмъ тогда придется пользоваться рычажкомъ *Ж*, который можетъ вращаться на винтѣ *З* и на которомъ укрѣплены зубчатки.

Если рычажекъ *Ж* находится въ томъ положеніи, какъ онъ изображенъ на рисункѣ, то зубчатки соприкасаются съ винтовой нарѣзкой оси, но если рычажекъ отвести внизъ, то зубчатые колеса отходятъ и перестаютъ вращаться.

Передвиженіе производится при помощи стальной проволоки, конецъ которой прикрѣпленъ въ точкѣ *М* къ другому рычажку *Н*. Этотъ рычагъ захватываетъ особой пружиной *О* фигурное шестиконечное колесо *Р*. Конецъ рычага *Ж*, попадая въ вырѣзы шестиконечнаго колесика, прижимаетъ зубчатые колеса, и наоборотъ попадая на выступъ этого фигурнаго колеса—отжимаетъ ихъ книзу.

Наблюденія съ вертушкой безъ электрической передачи производятся слѣдующимъ образомъ.

Передъ опусканіемъ зубчатое колесо Г₁ устанавливають такъ, чтобы оно не соприкасалось съ осью и записываютъ число оборотовъ; затѣмъ, установивъ вертушку, дергаютъ проволоку, т. е. заставляютъ ось соединиться съ счетнымъ механизмомъ и наблюдаютъ время.

По прошествіи нѣсколькихъ минутъ проволоку снова натягиваютъ, въ силу чего происходитъ разъединеніе зубчатыхъ колесъ съ осью.

Вынувъ вертушку на поверхность, отсчитываютъ бороты.

При примѣненіи электрической сигнализациі только что описанный методъ работъ, въ виду огромной потери времени на выниманіе и отсчеты, почти не примѣняется, къ тому же при такомъ методѣ работать вертушкой возможно лишь на штангѣ, что при большихъ глубинахъ затруднительно ¹⁾.

Втулка, на которой вращается вертушка, имѣетъ ту особенность, что вертушку можно опустить или на штангѣ или на троссѣ.

При работахъ на троссѣ вертушка должна быть въ водѣ горизонтально уравновѣшена, если при малыхъ скоростяхъ она не будетъ вставать по теченію, то се лучше закрѣпить какими нибудь вкладышами такъ, чтобы вертушка имѣла только горизонтальное положеніе, но при этомъ при тарированіи нужно указать, чтобы вертушку протарировать именно въ такомъ видѣ.

Хвосты у вертушки Амслера встрѣчаются двухъ видовъ: для работъ на штангѣ—въ видѣ пластинки и для работъ на троссѣ—въ видѣ конуса или крестообразный.

¹⁾ Если на практикѣ встрѣтится необходимость работать вертушкой Вольмана, то весьма рекомендуемъ въ любомъ часовомъ механизмѣ устроить электрическую сигнализацию.

Вертушка
Хайоза.

Вертушка Хайоза является дальнѣйшимъ усовершенствованіемъ гидрометрическаго прибора.

Существенное отличіе отъ типа Амслера заключается въ нѣкоторомъ упрощеніи механизма, а главнымъ образомъ въ примѣненіи шариковыхъ подшипниковъ.

Преимущество шариковыхъ подшипниковъ, т. е. устройство, при которомъ ось вращается не на гладкой поверхности, а на шарикахъ, заключается въ томъ, что здѣсь въ значительной степени сокращено сопротивленіе вызываемое треніемъ поверхности.

Треніе уменьшается также благодаря подвижности самихъ шариковъ. Кромѣ того, сопротивленіе тренію въ шариковыхъ подшипникахъ болѣе однообразно, чѣмъ въ простыхъ, что важно для постоянства тарировочныхъ коэффициентовъ.

Изъ дальнѣйшаго описанія мы увидимъ, что механизмъ для электрической передачи количества оборотовъ болѣе усовершенствованъ, чѣмъ въ вертушкахъ Амслера.

Характерными для этой системы являются форма лопастей, которыя имѣютъ видъ законченнаго бура.

Вертушка Хайоза состоитъ изъ слѣдующихъ частей: лопастей, тѣла *A*, въ которомъ находятся контакты *E*, подвижной втулки *C* и хвоста *B*.

Лопаста имѣютъ видъ бура и снабжены стержнемъ, который вкладывается въ ось вертушки и закрѣпляется винтомъ.

Сама ось *D* находится въ тѣлѣ вертушки и вращается въ передней части на шариковыхъ подшипникахъ¹⁾, а въ задней—на стальномъ остріѣ, упирающемся на пятю,

¹⁾ Число шариковъ должно быть таково, чтобы, если уложить всѣ шарики кругомъ оси, получался бы свободный промежутокъ, равный при близительномъ діаметру одного шарика.

при чемъ эта пята представляетъ изъ себя винтъ, который можетъ быть ввинченъ нѣсколько впередъ въ томъ случаѣ, когда замѣтятъ, что ось подточилась. Въ средней части тѣла вертушки имѣются два продольныхъ вырѣза.

Въ этой части на тѣлѣ вертушки укрѣплена контактовая пластинка *E*, изолированная отъ тѣла вертушки эбонитомъ, и шестерня въ десять зубцовъ, вращающаяся при помощи безконечнаго винта, помѣщеннаго на оси вертушки.

Полный оборотъ шестеренка дѣлаетъ при десяти оборотахъ лопастей.

Контактовая пластинка можетъ скользить или по самой оси, или если прикрѣпить пластинку изогнутую, то по оси шестерни въ зависимости отъ того, черезъ сколько оборотовъ лопастей желательно получить сигналъ.

Въ мѣстѣ скольженія пластинки по оси, ось снабжена эбонитовой вставкой; шестерня также покрыта эбонитомъ и имѣетъ открытымъ лишь мѣдный штифтъ.

Электрическій токъ поступаетъ въ тѣло вертушки по внѣшней оболочкѣ стального тросса, на которомъ подвѣшена вертушка, передается черезъ металлическія части оси и изъ оси переходитъ, когда происходитъ замыканіе, въ изолированную отъ тѣла вертушки контактовую пластинку, къ которой непосредственно присоединенъ другой изолированный проводъ тросса, идущій обратно въ батарею.

Такимъ образомъ, когда пластинка скользитъ по оси, она при каждомъ оборотѣ оси должна одинъ разъ прикоснуться къ эбонитовой вставкѣ и прервать этимъ токъ.

Прерываніе тока мы замѣтимъ, если включимъ въ электрическую цѣпь звонокъ, или электрическій счетчикъ.

При скольженіи пластинки по шестернѣ токѣ будетъ разомкнутъ до тѣхъ поръ, пока пластинка не прикоснется къ мѣдному штифту, что случится одинъ разъ при десяти оборотахъ оси.

Въ средней части вертушки имѣется цилиндръ, въ которомъ находится подвѣсная втулка, снабженная сверху и снизу крючьями.

Сама втулка свободно вращается въ шариковыхъ вкладышахъ, благодаря чему вертушка можетъ принимать любое горизонтальное положеніе.

Заднюю часть вертушки составляетъ хвостъ, направляющій ее по теченію.

Вертушки
системы
„Волга“.

Дальнѣйшимъ упрощеніемъ и усовершенствованіемъ предшествующихъ типовъ являются вертушки, идущія подъ общимъ названіемъ системы „Волга“, модели 1917 и 1918 годовъ¹⁾.

Вертушка модели 1917 года является самой упрощенной конструкціей встрѣчающихся вертушекъ съ электрической передачей оборотовъ лопастей. Она состоитъ изъ лопастей *A*, насаженныхъ на укрѣпленную въ тѣлѣ вертушки стальную ось *B*, контактнаго пружиннаго стержня *B*, прижимаемаго винтомъ *Г*, подвѣсной втулки *Д*, которая позволяетъ вращаться ей въ горизонтальномъ направленіи и хвоста *Ж*, закрѣпленнаго особымъ винтомъ.

Вся разборка вертушки можетъ быть произведена безъ помощи отвертки или какихъ либо другихъ инструментовъ.

¹⁾ Вертушки изготовлены въ мастерской Каз. Окр. п. с. по модели, выработанной мною совмѣстно съ механикомъ Н. А. Ивановымъ.

При работахъ лопасти малаго или большого шага насаживаются на ось и закрѣпляются отъ руки двумя винтиками, которые ходятъ въ особой вырѣзке вертушки.

Эти винты устроены такимъ образомъ, что они во время работъ совершенно не касаются краевъ вырѣзки, т. е. благодаря силѣ теченія лопасти давятъ на конецъ оси.

Для сокращенія тренія лопасти съ осью соприкасаются только въ двухъ мѣстахъ—у начала и у конца оси, въ средней же части каналъ высверленъ шире, чѣмъ ось.

Лопасты во избѣжаніи порчи изготовлены изъ солидной листовой латуни и хорошо впаяны въ ось.

Часть контактнаго механизма устроена въ самыхъ лопастяхъ, а именно тамъ, гдѣ лопасти подходятъ къ вертушкѣ, донышко колпачка, надѣвающагося на ось раздѣлено на двѣ половины, при чемъ въ одну изъ нихъ вставляють эбонитъ¹⁾; другая часть контактнаго механизма устроена въ видѣ пружиннаго стержня, который изолированъ отъ тѣла вертушки и имѣетъ особый винтъ, служащій одновременно и для закрѣпленія стержня и для прикрѣпленія провода.

При каждомъ поворотѣ лопастей, когда контактный стержень стоитъ на эбонитѣ, получается размыканіе тока.

Провода включаются слѣдующимъ образомъ: одинъ проводъ идетъ отъ батареи къ тѣлу вертушки, обычно такимъ проводомъ служитъ самый троссъ, который соприкасается съ подвѣшенной втулкой, другой проводъ отъ другого полюса батареи идетъ черезъ звонокъ или счетчикъ къ контактному винту вертушки, поэтому, если

¹⁾ Матеріаль, не пропускающій электрической токъ. Устройство электрическихъ контактовъ внутри чашечки хорошо защищаетъ ихъ отъ засореній.

стержень находится не на изолированной пластинкѣ, то токъ проходя черезъ него и, попадая въ тѣло, даетъ замкнутую цѣпь.

Вертушка „Волга“ модели 1917 года, благодаря упрощенной системѣ, имѣетъ, какъ указывалось, лишь однотактный контактъ, т. е. контактный механизмъ показываетъ каждый оборотъ вертушки, поэтому для работъ при быстромъ теченіи тамъ, гдѣ скорости достигаютъ болѣе 0,9—1 саж. въ секунду, даже при большомъ шагѣ лопастей, онѣ требуютъ примѣненія электрическаго счетчика, т. к. уловить звонокъ болѣе трехъ-четырехъ разъ въ секунду весьма трудно.

Модель 1918 года вертушки системы „Волга“ отличается существенными преимуществами передъ первой моделью, во-первыхъ, во всѣхъ вращающихся частяхъ примѣнены шариковые подшипники, о достоинствѣ которыхъ говорилось ранѣе и, во-вторыхъ, лопасти устроены въ видѣ лопатокъ.

Эти измѣненія системы съ одной стороны повысили чувствительность прибора, въ то время какъ въ модели 1917 г. начальная скорость улавливается при пяти-сотыхъ сажени, новыми вертушками улавливается скорость при пяти-семи тысячныхъ сажени, а съ другой стороны, лопатко-образныя лопасти, благодаря тому, что онѣ вращаются медленнѣе, чѣмъ буро-обрѣзные, дали возможность примѣнить эту вертушку при большомъ шагѣ со звонкомъ при скоростяхъ, доходящихъ до 1,7—2,0 саж. въ секунду.

Контактное устройство у вертушки такое же, какъ описывалось выше.

Втулка, устроенная на шариковыхъ подшипникахъ, дѣлаетъ вертушку подвижной при небольшихъ скоростяхъ.

Шариковые подшипники требуют нѣсколько болѣе тщательнаго ухода за вертушкой: послѣ окончанія работы шарики необходимо тщательно протирать и слегка смазать.

При сборкѣ шарики вытираются до суха; въ лопасть они закладываются слѣдующимъ образомъ: сначала всѣ шарики ¹⁾ насыпаютъ въ лопасть, затѣмъ слегка навинчивается чашечка и держа лопасти осью горизонтально, сгоняютъ шарики въ бокъ такъ, чтобы вошла ось съ передней части вертушки. Затѣмъ переднюю часть съ лопастями поворачиваютъ вертикально и шарики принимаютъ нормальное положеніе.

Послѣ того, какъ ось правильно вошла въ гнѣздо, держа вертушку въ вертикальномъ положеніи чашечку завинчиваютъ до конца, но не туго, такъ чтобы лопасти свободно вращались и чувствовалась игра шариковъ. Определенное положеніе чашечки достается при помощи закрѣпленія винтомъ, который ввинчивается до отказа.

На чашечкѣ имѣются дѣленія съ цифрами, такъ что ее можно всегда установить въ определенномъ положеніи на дѣленіи, на которомъ производилась тарировка.

Въ настоящее время въ Германіи, а также и въ Россіи, наиболѣе распространеннымъ типомъ являются вертушки, изготовляемыя фирмой Отта.

Вертушка
Отта.

Большинство изъ нихъ представляетъ изъ себя нѣсколько видоизмѣненный и усовершенствованный типъ вертушекъ Амслера, но вертушка изображенная на чертежѣ является существеннымъ отличіемъ отъ описанныхъ типовъ.

¹⁾ Число шариковъ въ лопасти или во втулкѣ должно быть таково, чтобы, если уложить ихъ всѣ въ подшипникъ, между ними оставалось пространство, равное приблизительное діаметру одного шарика.

Особенность этой вертушки заключается въ устройствѣ недоступной для прониканія воды камеры.

Кромѣ того отъ предыдущихъ типовъ она отличается своимъ размѣромъ; она въ 4—5 разъ больше вертушки Хайоза и имѣетъ вѣсъ до полутора пудовъ, такъ что при умѣренномъ теченіи и небольшихъ глубинахъ можетъ быть опускаема безъ груза.

Вертушка состоитъ, какъ и прочія вертушки, изъ трехъ главныхъ частей—передней части, заключающей въ себѣ механизмъ, воспринимающій и регистрирующій скорость теченія; средней части, снабженной подвѣсомъ и задней—хвостовой части—направляющей вертушку вдоль теченія и придающей ей горизонтальное положеніе.

Передняя часть состоитъ изъ лопастей *A*, оси заключенной въ полость тѣлѣ *C* и контактной камеры *B*.

Лопастни *A* представляютъ изъ себя изогнутыя пластинки, какъ бы вырѣзанныя изъ винтовой поверхности и насаженныя на стержни. Стержни прикрѣплены къ усѣченному конусу, который насаживается на ось и привинчивается сверху мѣдной гайкой.

Ось находится въ полости тѣлѣ *C* и вращается въ заднемъ концѣ на агатовой пятѣ, а въ переднемъ на шариковомъ подшипникѣ, причемъ шарики ¹⁾ соприкасаются съ одной стороны съ цапфой оси, а съ другой—съ конусомъ *L*, который ввинчивается въ тѣло вертушки и закрѣпляется пружиной *M*.

Ввинчиваніемъ конуса регулируется неизмѣняемость давленія оси на шарикахъ.

¹⁾ Число шариковъ должно быть таково, чтобы если все шарики уложить кругомъ оси, получался бы свободный промежутокъ равный приблизительно діаметру одного шарика.

Закрѣпленіе этого конуса должно быть таково, чтобы ось свободно вращалась и чувствовалась „игра“ шариковъ, но ось не шаталась.

Если закрыть туго или очень слабо, то тарировочные коэффициенты будутъ не вѣрны.

Обычно при тарировкѣ указывается зубецъ на конусѣ на которомъ производилась тарировка.

На заднемъ концѣ оси находится намагниченный колоколь *D*.

Въ контактной камерѣ *B*, совершенно закрытой доступу воды, находится ось *F*, на концѣ которой помещенъ желѣзный крестъ *E*.

При вращеніи оси вертушки магнитный колоколь увлекаетъ за собой желѣзный крестъ и тѣмъ самымъ вращаетъ ось контактнаго механизма.

На этой оси находится безконечный винтъ, вращающій зубчатое колесо и имѣющіи 25 зубцовъ.

На поверхности колеса имѣется штифтъ, который при каждомъ оборотѣ колеса одинъ разъ прикасается къ контактной пружинѣ. Такимъ образомъ получаютъ сигналы черезъ каждые 25 оборотовъ оси вертушки.

Для показанія каждаго оборота вращенія лопастей, на оси *F* имѣется особый штифтъ, который при полномъ оборотѣ задѣваетъ за другую контактную пружину только разъ.

Средняя часть вертушки снабжена щупомъ и подвѣсомъ. Щупъ находится немного впередъ центра тяжести вертушки. При опусканіи вертушки на дно щупъ упирается въ дно, придаетъ вертушкѣ положеніе, въ которомъ передняя часть слегка приподнята и тѣмъ самымъ предохраняетъ лопасти отъ ударовъ о дно.

Подвѣсь, при помощи котораго весь приборъ подвѣшивается къ троссу, устроенъ такъ, что вертушка свободно можетъ вращаться какъ въ горизонтальномъ, такъ и въ вертикальномъ положеніи.

Хвостовая часть состоитъ изъ длинной полой трубы, заканчивающейся пустымъ цилиндромъ.

Вдоль трубы перемѣщается направляющій крестообразный хвостъ, ставящій весь приборъ по направленію теченія.

До производства наблюденій вертушку, покрытую слоемъ воды, при помощи хвоста приводятъ въ горизонтальное положеніе.

Вертушки для
показанія
скоростей и
направленія
струй.
Вертушка
Экмана.

Вертушки для показанія скоростей и направленія теченія можно разсматривать какъ состоящіе изъ двухъ самостоятельныхъ механизмовъ.

Первый изъ нихъ, для указанія скорости теченія, уже знакомъ намъ изъ предшествующихъ описаній, поэтому дальнѣйшее разсмотрѣніе мы посвятимъ, главнымъ образомъ, разсмотрѣнію конструкціи механизма для указанія направленія скоростей ¹⁾).

По характеру конструкціи приборы для указанія направленія теченія можно раздѣлить на два типа: первый изъ нихъ безъ примѣненія электрическаго тока, второй съ примѣненіемъ. Типичнымъ примѣромъ перваго типа можетъ служить вертушка Экмана.

¹⁾ Мы не будемъ останавливаться на приборахъ, которые при помощи различныхъ рулей будучи соединены со стрѣлками лимбовъ, находящимися надъ поверхностью воды, показываютъ отклоненіе струй отъ профиля живого сѣченія. Такіе примитивные приборы годны лишь для небольшихъ глубинъ до 2,5 саж.

Описаніе флюгера Лелявскаго можно найти въ трудѣ Н. Д. Типкина: Приборы для опредѣленія скоростей и расходовъ воды.

Механизмъ для указанія направленія теченія *A* помѣщенъ внизу вертушки, онъ представляетъ изъ себя круглую коробку, раздѣленную на 36 частей съ особой магнитной стрѣлкой *B*, помѣщенной внутри коробки.

При наблюденіи передъ опусканіемъ въ особую воронку *C*, находящуюся въ счетной камерѣ вертушки, закладываютъ маленькіе мѣдные шарики.

Когда лопасти *D*, вращаются, то черезъ каждые пятьдесятъ оборотовъ выпадаетъ одинъ мѣдный шарикъ. При чемъ черезъ находящееся въ центрѣ контактной коробки отверстія онъ попадаетъ на магнитную стрѣлку.

Магнитная стрѣлка устроена въ видѣ желобка и шарикъ, попадая въ средину стрѣлки въ особую чашечку, катится по направленію ея конца.

Такъ какъ коробка, въ которой заключена контактная стрѣлка раздѣлена на 36 частей маленькими перегородками, то шарикъ попадаетъ въ опредѣленное дѣленіе; каждое дѣленіе коробки имѣетъ центральный уголь, равный 10° .

Такимъ образомъ опредѣленіе положенія вертушки по отношенію магнитнаго меридіана будетъ указываться съ точностью 10° .

Вертушка Экмана не имѣетъ электрической передачи, лопасти пускаются въ движеніе и останавливаются при помощи особыхъ гирекъ, поэтому послѣ опредѣленія на каждой точкѣ живого сѣченія вертушку необходимо вынимать.

Вынувъ вертушку изъ воды, для отсчета числа оборотовъ, контактную коробку отвинчиваютъ и по положенію шариковъ въ томъ или другомъ секторѣ коробки опредѣляютъ направленіе теченія. Зная положеніе гид-

рометрическаго профиля по отношенію магнитнаго меридіана можно легко узнать направленіе струй потока.

Шарики въ контактной коробкѣ обычно располагаются не въ одной ячейкѣ, но все-же въ одну изъ нихъ всегда попадаетъ преобладающее большинство, напримѣръ изъ 8 шариковъ въ первой можетъ быть два, во второй четыре, въ третьей снова два. Такое расположеніе указываетъ, что направленіе струй во время наблюденій мѣнялось.

Недостаткомъ этого прибора является невозможность прослѣдить послѣдовательность паденія шариковъ ¹⁾—важно знать является—ли неспокойное положеніе вертушки лишь совпаденіемъ неточной установки въ началѣ наблюденій прибора или же струи мѣняютъ свое направленіе и въ какихъ предѣлахъ.

Остроумное разрѣшеніе этой задачи предлагаетъ инж. Близнякъ, онъ совѣтуетъ шарики перенумеровать и закладывать въ счетную коробку въ извѣстной послѣдовательности.

Вторымъ недостаткомъ этой вертушки, какъ уже указывалось является отсутствіе электрической передачи, —вертушку необходимо послѣ cadaго наблюденія вынимать изъ воды.

Американская вертушка является болѣе усовершенствованнымъ приборомъ, чѣмъ вертушка Экмана. Главное преимущество передъ ранѣе описаннымъ типомъ заключается въ томъ, что ей можно узнавать не прерывая наблюденія надъ скоростями въ любой моментъ направленіе теченія.

¹⁾ Матеріалы къ инструкціямъ по изслѣдованію воды. пут. Вып. XII. Изд. Упр. внутр. водн. пут.

Въ виду сложности механизма изучить американскую вертушку при помощи одного или двухъ рисунковъ весьма трудно, а потому мы ограничимся лишь общими указаніями, при помощи которыхъ, имѣя ее передъ собою, возможно легко разобраться въ деталяхъ ¹⁾).

Основной принципъ ея устройства основанъ на дѣйствіи двухъ аналогичныхъ механизмовъ, изъ которыхъ одинъ находится на поверхности воды *A* — показатель отклоненія струй, а другой *B* помѣщенъ внутри тѣла вертушки въ особой водонепроницаемой камерѣ.

Механизмъ, помѣщенный внутри вертушки, состоитъ изъ обыкновеннаго магнита *C* или магнитной стрѣлки и особаго зубчатаго колеса *D*, которое приводится въ движеніе при помощи якоря *E* электромагнитныхъ катушекъ. У показателя отклоненія струй — магнитной стрѣлки не имѣется, а стрѣлка непосредственно соединена съ зубчатымъ колесомъ.

Оба механизма соединены между собою проводами, идущими отъ одной батареи или аккумулятора.

Зубчатое колесо, находящееся въ камерѣ вертушки, когда токъ не включенъ, находится всегда въ опредѣленномъ положеніи, которое соотвѣтствуетъ нулевому направленію стрѣлки на показателѣ отклоненія струй.

Такое положеніе достигается при помощи особой цѣпочки, одинъ конецъ которой наматывается на ось зубчатаго колеса, а другой прикрѣпленъ къ пружинѣ, такъ что когда зубчатка ничѣмъ не задерживается, цѣпочка, увлекаемая сжимающейся пружиной *N*, при-

¹⁾ Подробное описаніе имѣется въ трудѣ А. Е. Коровина. Изданіе Казанскаго Окр. Пут. Сооб. Выпускъ 5 Отдѣла гидротехническихъ изслѣдованій.

водитъ ее всегда въ нулевое положеніе. Нулевое положеніе этой зубчатки соотвѣтствуетъ направленію оси вертушки.

Зубчатое колесо указателя струй соединенное со стрѣлкой приводится въ первоначальное положеніе особой пружиной.

Въ тотъ моментъ, когда хотять опредѣлить направленіе скоростей на вертикали, пускается токъ въ направленіи первой цѣпи. Токъ, достигая вертушки во-первыхъ, сейчасъ же закрѣпляетъ и дѣлаетъ неподвижной магнитную стрѣлку внутри вертушки и начинаетъ приводить въ движеніе при помощи якоря электромагнита зубчатое колесо ¹⁾. Вращеніе этого колеса происходитъ до тѣхъ поръ, пока оно, благодаря устроенному на зубчаткѣ штифту, не касается магнитной стрѣлки.

Въ тотъ моментъ, когда штифтъ коснется стрѣлки, токъ попадаетъ во вторую цѣпь, вслѣдствіе чего происходитъ размыканіе и зубчатка возвращается обратно.

Стрѣлка, скрѣпленная съ зубчатымъ колесомъ показателя струй, будучи связана съ дѣйствіемъ вертушечнаго механизма, показываетъ также уголъ отклоненія между первоначальнымъ положеніемъ и магнитомъ, но только съ той разницей, что дойдя до опредѣленнаго положенія, она не возвращается обратно, а задерживается при помощи особой пружины. Для того, чтобы привести снова весь механизмъ въ дѣйствіе нужно нажать кнопку указателя струй, тогда, во-первыхъ, стрѣлка указателя сейчасъ-же возвращается на мѣсто, а затѣмъ, благодаря прохода тока по первой цѣпи, снова можетъ показать отклоненіе струй.

¹⁾ Токъ въ электромагнитъ поступаетъ непостоянный, а проходить черезъ особый размыкатель, который приводится въ движеніе часовымъ механизмомъ, помѣщеннымъ въ коробкѣ указателя.

Зубчатка имѣетъ 180 зубцовъ, такимъ образомъ каждый зубецъ равенъ двумъ градусамъ,—это и есть та точность, съ которой можно производить направленіе струй.

Какъ было указано выше, что первоначальное положеніе стрѣлки указателя соотвѣтствовало направленію оси вертушки, а уголь, на который онъ отклоняется, есть уголь, составляемый осью и магнитомъ, поэтому, зная направленіе профиля по отношенію магнитнаго меридіана, легко узнать и направленіе струй.

Наблюденіе надъ направленіемъ струй въ каждой точкѣ дѣлають нѣсколько разъ и берутъ преобладающее положеніе.

Какъ выяснилось на работѣ съ этой вертушкой, необходимо строго слѣдить, чтобы она была горизонтальна, въ противномъ же случаѣ на магнитъ начинаетъ сказываться дѣйствіе не только горизонтальной слагающей земнаго магнетизма, но и неблагоприятное дѣйствіе вертикальной, поэтому вертушку цѣлесообразно наглухо закрѣпляютъ въ обоймѣ, чтобы она имѣла вращеніе лишь въ горизонтальной плоскости.

Отклоненіе вертушки отъ горизонтальнаго положенія, которое получается вълѣдствіе относа тросса, не оказываетъ замѣтнаго вліянія на точность измѣренія направленія струй.

Въ заключеніе необходимо указать, что на ряду съ огромнымъ преимуществомъ передъ другими вертушками, эта вертушка не обладаетъ большой чувствительностью—первая скорость, которая улавливается вертушкой, лишь 0,09 саж./сек., тогда какъ вертушка Экмана улавливаетъ скорость 0,004 саж./сек.

Ухедъ за
гидрометриче-
скими инстру-
ментами.

Особенность гидрометрическихъ инструментовъ по-редѣ геодезическими заключается въ томъ, что послѣ каждой работы ихъ необходимо разбирать и тщательно чистить все ихъ части.

Хотя въ большинствѣ случаевъ эти инструменты дѣлаются изъ мѣди (латуни), но все-же есть части и изъ стали, которыя ржавяють; наконецъ, какъ бы ни была чиста вода, все же на вертушкѣ получается осадокъ.

Разбирать вертушки слѣдуетъ на столѣ, чтобы не потерять мелкихъ винтовъ или шариковъ изъ подшипниковъ и при помощи соответствующей величины отвертки и плоскогубцевъ (щипцовъ).

Не слѣдуетъ отвинчивать винты ножемъ, т. к. портятся головки винтовъ и царапается вертушка.

Контактные язычки у открытыхъ механизмовъ слѣдуетъ также тщательно протирать и если замѣчается сильный осадокъ благодаря прохожденію тока, то его необходимо снять при помощи шкурки или перочиннаго ножа.

Послѣ того какъ вертушка тщательно вытерта, берутъ тряпку, пропитанную или вазелиномъ или спеціально смазочнымъ масломъ и слегка протирають главнымъ образомъ стальные части вертушки: ось, шарики и пр.

Въ смазанномъ видѣ вертушки оставляють въ томъ случаѣ, когда предполагають ихъ долго хранить или пересылать, но для работы смазанные части вертушки снова слегка вытирають сухой тряпкой, чтобы снять масло.

Дѣлается это для того, чтобы смазка не повліяла на измѣненія сопротивленнаго тренію вращенія вертушки—дѣло въ томъ, что, еслибы сопротивление измѣнилось, т. е. масло было бы смыто водою, то и измѣнились

бы тарировочные коэффициенты, поэтому при тарированіи вертушки такъ же не смазываются.

Въ заключеніе укажу на необходимость тщательнаго храненія вертушекъ: неаккуратное отношеніе къ приборамъ губить въ основѣ точность работъ инструмента.

Надо любить и хранить измѣрительные приборы, какъ свои собственные хорошіе часы.

Должна быть полная гарантія въ томъ, что приборъ въ отсутствіи васъ не будетъ развинчиваться, разсматриваться въ неумѣлыхъ рукахъ, не говоря уже о томъ, что, благодаря небрежности, лопасти могутъ быть погнуты.

Если не всегда одинаковая смазка частей вертушки можетъ повліять на точность работъ, то очевидно механическое поврежденіе въ корнѣ измѣнить работу прибора и дальнѣйшія измѣренія имъ могутъ повлечь бесполезную трату средствъ и времени.

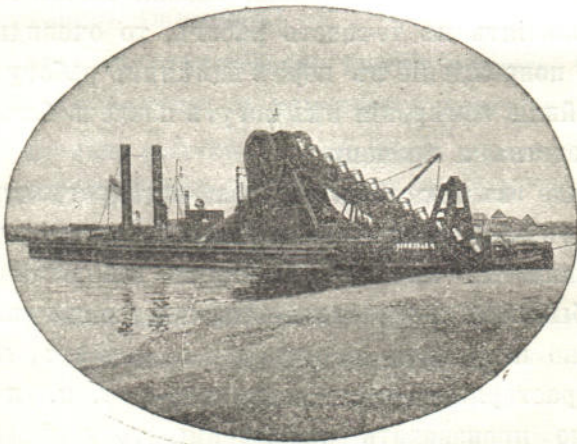
Вообще въ полевомъ журналѣ смѣдуетъ строго отмѣчать, въ какомъ положеніи находилась вертушка и не произошло ли чего либо во время работъ.

Но бываютъ несчастные случаи, когда на мѣстѣ невозможно исправить вертушку, на примѣръ, погнуты лопасти, растеряютъ части шариковъ и т. п. и все-же необходимо производить наблюденія, то измѣренія возможно продолжать лишь при условіи, что послѣ работъ именно въ такомъ положеніи вертушка будетъ протарирована и будутъ даны именно для этого особые коэффициенты.

Иногда случается, что какъ будто на видъ произошло существенное измѣненіе въ вертушкѣ напр., старую работанную часть шариковаго подшипника замѣнили новой, въ дѣйствительности же коэфетить измѣнится очень незначительно и наоборотъ трудно уловимое на глазъ

поврежденіе напр., плохое притягиваніе магнитнаго крестика у Оттовскихъ вертушекъ можетъ испортить всё наблюденія. Поэтому механизмъ вертушки требуется хорошо знать и ясно разбираться въ работѣ каждой отдѣльной части его механизма.

Въ случаѣ какихъ либо поврежденій или замѣны одной части механизма вертушки другой, все-же болѣе надежно будетъ хотя бы примитивнымъ путемъ временно тарировку произвести сейчасъ же на мѣстѣ.



ГЛАВА III.

Оборудованіе гидрометрическихъ партій.

Въ приводимой главѣ мы остановимся на разсмотрѣніи, главнымъ образомъ, гидрометрическихъ приборовъ.

Комплектъ геодезическихъ инструментовъ требуется такой, чтобы возможно было произвести съемку участка, нивелировку продольнаго уклона и разбивку перпендикулярно къ магистрали створовъ.

При гидрометрическихъ работахъ примѣняются: мензулы для засѣчки поплавковъ и вертикалей на профилѣ, гониометръ для разбивки створовъ и измѣрительная лента для измѣреній магистрали.

Для измѣренія уклоновъ воды примѣняется точный нивелиръ.

Переходимъ къ описанію оборудованія партій гидрометрическими приборами и приспособленіями.

Въ приводимой таблицѣ указаны какъ примѣръ, комплекты гидрометрическихъ вертушекъ и необходимыхъ къ нимъ принадлежностей, какъ для полного оборудованія партій, такъ и только для необходимаго.

Вертушки взяты лишь тѣ, которыя наиболѣе распространены въ продажѣ.

Безусловно для каждой партіи желательно имѣть вертушки съ указаніемъ направленія теченія на различныхъ глубинахъ, но эти вертушки, напр., американскія, далеко еще не усовершенствованныя—стоятъ весьма дорого—до 500 руб., по цѣнамъ 1914 года.

Названіе инструментовъ	Полное оборудова- ніе партіи			Самые необ- ходимые инструменты		
	Шт.	Цѣна		Шт.	Цѣна	
		р.	к.		р.	к.
1	Вертушка сист. Хайоза съ 2 лопастями малаго и боль- шого шага	1	90	—	—	—
	Верт. сист. А. Отта, типъ VII, съ 3 запасными лопа- стями мал. и больш. ш., изъ нихъ 2 бурообразныхъ и 1 лопаткообразная	1	196 28	—	—	—
2	Тросъ 4 проводниковый 7,5 м./м. для груза до 15 пуд.	30	64 80	30	64 80	—
3	Лебедка сист. Хайоза . .	—	—	1	80	—
	Лебедка сист. А. Отта . .	1	171	—	—	—
4	Счетчикъ электрической А. Отта	1	60	—	—	—
5	Грузъ съ хвостомъ до 9,5 п.	1	15	1	15	—
6	Часы секундомѣръ	1	45	1	45	—
7	Электрическая батарея 4 элемента (2 для работы, 2 за- пасныхъ) сухіе элементы . .	4	10	4	10	—
8	Электрической звонокъ .	1	1	1	1	—
9	Проводъ для электриче- скихъ звонковъ	2	2	2	2	—
Итого		—	655 80	—	307 80	—

Кромѣ перечисленныхъ въ таблицѣ инструментовъ для оборудованія необходимы еще слѣдующія принадлежности: небольшіе щипцы-плоскозубцы, отвертки, напильникъ небольшой, молотокъ; матеріалы: изоляціонная лента, гвозди.

При производствѣ вертушечныхъ наблюденій для большого удобства, всѣ необходимые приборы, какъ, напр., счетчики, звонки, секундомѣры, а также и элементы помѣщаютъ на одну доску.

Къ этой доскѣ подводятъ провода, идущіе отъ вертушки, причѣмъ, благодаря устройству ряда переключателей, на этой доскѣ можно показаніе оборотовъ вертушки переключать или на счетчикъ или на звонокъ, а также и включать показаніе одноктактныхъ и 25-тактныхъ контактовъ.

Въ продажѣ имѣются готовые распределительныя доски, но въ виду большой стоимости заграничныхъ распределительныхъ досокъ и сложности ихъ устройства, можно ограничиться доской, устроенной домашнимъ способомъ.

На описаніи этого типа распределительныхъ досокъ мы остановимся нѣсколько подробнѣе ¹⁾: на самомъ краю доски имѣются четыре зажима; первые три зажима служатъ для включенія проводовъ, идущихъ отъ вертушки одноктактныхъ и 25-тактныхъ контактовъ. Четвертый зажимъ можетъ служить для включенія провода, идущаго, напр., отъ даннаго контакта.

Далѣе на доскѣ помѣщенъ: электрическій счетчикъ, секундомѣръ, въ отдѣльной запирающейся коробкѣ, два звонка, батарея, состоящая изъ четырехъ элементовъ и ящикъ—для электрическихъ проводовъ, изоляціонныхъ лентъ и мелкихъ инструментовъ.

Первый переключатель, находящійся на доскѣ служитъ для перемѣны на счетчикъ или звонокъ одноктактныхъ или 25-тактныхъ контактовъ вертушки. Второй пере-

¹⁾ См. схема расположенія проводовъ распределительной доски и фотографическій снимокъ съ доски.

ключатель, расположенный у звонковъ служить для включенія одного или, въ случаѣ порчи его, другого звонка.

Третій переключатель—при помощи переключателей, расположенныхъ на ящикѣ съ элементами, можно включать одинъ, два или три элемента.

Такая доска удобна, но нѣсколько громоздка.

Въ простѣйшихъ случаяхъ, вмѣсто распределительной доски, устраиваютъ особый ящикъ, въ которомъ помещаютъ батарею изъ 2-хъ элементовъ и звонокъ.

Работа съ такимъ ящикомъ удобна съ лодокъ, распределительная доска примѣняется при работахъ съ нонтонъ или парохода.

Троссъ.

Для спуска вертушки въ воду употребляютъ обычно металлическіе троссы.

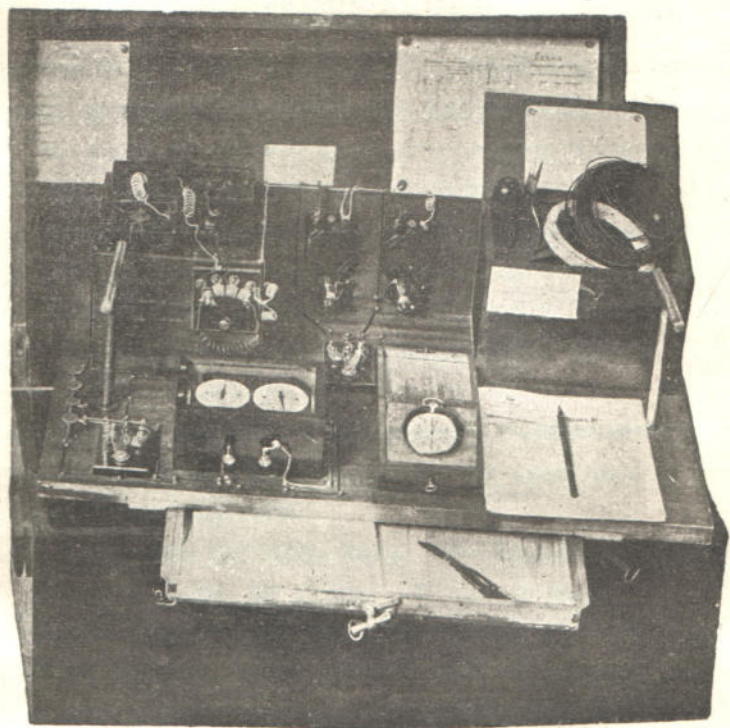
Въ тѣхъ случаяхъ, когда вертушка не снабжена электрической сигнализацией, вмѣсто тросса употребляютъ простую стальную проволоку діаметромъ отъ двухъ до трехъ миллиметровъ, напр., вертушка Экмана.

Въ тѣхъ же случаяхъ, когда троссъ служитъ электрическимъ проводникомъ лишь для передачи скорости вращенія лопастей вертушки, берется троссъ, состоящій внутри изъ одного изолированнаго проводника.

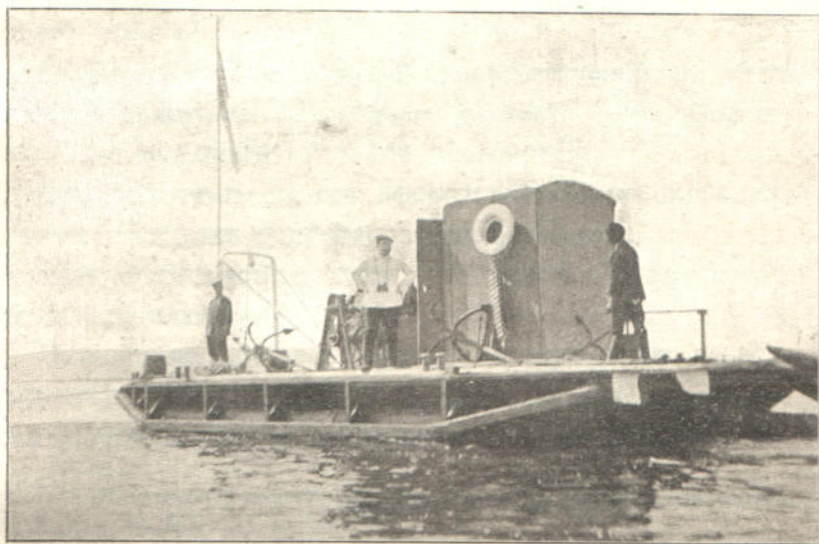
Въ послѣднее время употребляются троссы, имѣющіе четыре отдѣльных проводника и имѣютъ діаметръ до 7,52 миллим.

Допускаемая тяжесть груза можетъ быть, согласно каталога, до 35 пудовъ.

Четырехпроводниковый троссъ имѣетъ передъ двухпроводниковымъ то преимущество, что въ вертушку можно включить сразу однотактный и для контроля 25-так-



Распределительная доска для гидрометрических работ.



Большой гидрометрический помость.

тний контактъ, а кромѣ того, въ случаѣ порчи одной изъ жилъ, можетъ быть включена сейчасъ же другая.

Но на ряду съ этими положительными качествами, этотъ троссъ имѣетъ серьезные недостатки.

Первый недостатокъ заключается въ слишкомъ большомъ діаметрѣ, вредно отражающимся на отноше́ его теченіемъ. Кромѣ того, несмотря на указанія фирмы, что нагрузка можетъ быть произведена до 35 пудовъ, этотъ троссъ съ грузомъ всего лишь въ 12 пуд. часто портится. Главная причина порчи тросса обычно заключается въ недостаточности діаметра роликовъ, съ которыхъ спускается троссъ съ грузомъ.

При большихъ грузахъ, какъ 10—15 пуд., діаметръ ролика долженъ быть не менѣе 16—20 сотокъ.

Вторымъ недостаткомъ четырехпроводниковаго тросса является трудность его ремонта. Въ случаѣ порчи проводниковой жилы нужно, удаливъ всю поверхностную обмотку въ мѣстѣ порчи, исправлять изоляцію гуттаперчевой лентой, такой ремонтъ въ значительной степени портитъ троссъ.

Существуетъ еще другой распространенный типъ тросса—одножильный, который состоитъ изъ мѣднаго провода, обмотаннаго стальной проволокой.

Діаметръ этого тросса нѣсколько меньше описаннаго выше; нагрузка допускается до 20 пудовъ.

Этотъ троссъ имѣетъ тотъ недостатокъ, что при спускѣ онъ раскручивается¹⁾.

Независимо отъ того, будетъ ли при работахъ употребляться тотъ или иной видъ тросса, на основаніи опытовъ, практики пришли къ заключенію, что при работахъ

¹⁾ Далѣе имѣется описаніе прибора для избѣжанія этого неудобства, которое влечетъ за собой обрывъ проводовъ.

необходимо всегда имѣть подѣ рукой обыкновенный гуттаперчевый шнуръ, не боящійся сырости, чтобы, въ случаѣ порчи проводниковъ въ троссѣ, работать имъ, хотя съ меньшими удобствами.

Изоляціонная лента является необходимой принадлежностью при электрической установкѣ вертушки.

Заканчивая на этомъ описаніи троссовъ, нужно указать на необходимость очень бережнаго отношенія при ихъ употребленіи и что главнымъ условіемъ исправной работы тросса, является хорошо устроенные и достаточнаго діаметра передаточные ролики, употребляемые при спускѣ.

Приспособленія для избѣжанія обрыва проводовъ при скручиваніи тросса.

Существеннымъ недостаткомъ нѣкоторыхъ троссовъ, преимущественно тѣхъ, которые не имѣютъ обмотки сверху, является скручиваніе или раскручиваніе тросса при спускѣ его въ воду.

Такъ какъ вертушка, благодаря хвосту, всегда находится параллельно теченію, то проводники, вынутые изъ тросса и прикрѣпленные къ ней, при раскручиваніи тросса быстро наворачиваются на втулку, вслѣдствіе чего происходитъ часто обрывъ проводовъ.

Одной изъ мѣръ борьбы съ этимъ служитъ устройство большого хвоста у груза. Но, какъ показала практика, при отсутствіи специальныхъ грузовъ и троссовъ, весьма полезно имѣть приборъ, который далъ бы возможность вращаться троссу не обрывая проводовъ. Такой приборъ ¹⁾ состоитъ изъ сплошнаго лимба, на который насаженъ подвижной ободъ.

¹⁾ Приборъ сконструированъ завѣдующимъ Волжской гидрометрической станціей М. П. Шкляревскимъ.

Для облегченія вращенія между ободомъ и лимбомъ заложены шарики.

Проводникъ при работахъ прикрѣпляется къ наружному ободу такъ, что средняя часть, вращаясь съ лимбомъ, не влечетъ за собою его вращеніе. Для облегченія прохожденія тока, оба лимба соединены особымъ контактнымъ язычкомъ.

Схема включенія проводовъ слѣдующая—предполагая, что нейтральнымъ проводомъ служить самый троссъ,—второй проводъ прикрѣпляютъ къ изолированной черезъ эбонитъ пластинкѣ, къ которой въ свою очередь прикрѣпленъ средній лимбъ. Далѣе токъ черезъ язычекъ поступаетъ во внѣшній ободъ, соединенный проводомъ съ контактовымъ язычкомъ вертушки.

Для подъема вертушекъ съ грузомъ употребляются небольшія, специально приготовляемые для гидрометрическихъ работъ, лебедки.

Лебедка.

Основными частями лебедки являются: барабанъ для наматыванія тросса, электрической или простой указатель количества оборотовъ барабана и передаточныя шестерни для облегченія вращенія барабана.

Барабанъ лебедки устраивается пустотѣлымъ съ деревянной обкладкой.

Механизмъ, указывающій количество оборотовъ, дѣлаемыхъ барабаномъ, устраивается съ боку въ видѣ циферблата.

Въ послѣдней системѣ лебедокъ Отта на циферблатѣ имѣются двѣ стрѣлки, одна для одного оборота, другая для десяти оборотовъ. Отсчеты длины тросса по циферблату могутъ быть сдѣланы съ точностью до двухъ сантиметровъ.

У электрическихъ контактовъ, показывающихъ каждый оборотъ барабана, принципъ устройства такой же, какъ у вертушки. При выборѣ системы лебедокъ или при устройствѣ ихъ слѣдуетъ обратить вниманіе на то, чтобы окружность барабана имѣла достаточную величину. Въ послѣднихъ выпускаемыхъ заграничныхъ лебедкахъ, окружность равна одному метру.

Барабанъ лебедки долженъ имѣть также достаточную длину, чтобы весь тросъ укладывался въ одинъ рядъ. Навертываніе троса въ два ряда является нежелательнымъ, такъ какъ при этомъ происходитъ порча, благодаря тяжелому грузу троса, находящагося въ нижнемъ ряду.

Грузъ. Для того чтобы вертушку не относило теченіемъ, къ ней прикрѣпляютъ грузъ ¹⁾). Вѣсъ этого груза бываетъ весьма разнообразенъ и выборъ его зависитъ отъ скоростей теченія и глубинъ.

При выборѣ вѣса для груза руководствуются слѣдующими соображеніями: стараются по возможности уменьшить относъ троса съ вертушкой, хотя все-же выбираютъ грузъ достаточно легкій, чтобы съ нимъ было удобно обращаться.

На Волгѣ, при большихъ глубинахъ, спускаютъ грузъ вѣсомъ до 12 пудовъ въ меженное время, при глубинахъ до 3 саж. опускаютъ грузъ вѣсомъ 3—4 пуда.

Для болѣе тонкаго троса и легкаго типа вертушекъ, напр., системъ Хайоза или „Волга“ грузъ долженъ быть меньше чѣмъ для большихъ вертушекъ Отта.

Кромѣ разнообразія вѣса наблюдается также большое разнообразіе въ формѣ груза. При проектированіи груза

¹⁾ Для уничтоженія вліянія подпора отъ груза, грузъ необходимо прикрѣпить такъ, чтобы разстояніе груза отъ оси вертушки было бы не менѣе 0,15 саж.



Изыскательская брандвахта во время буксировки.



Гидрометрический помост во время работъ.

всегда стремятся къ тому, чтобы относь его былъ по возможности меньше, поэтому и форму груза, въ особенности поперечную его часть, на которую главнымъ образомъ дѣйствуютъ удары струй, дѣлаютъ по возможности наименьшую.

Грузы существуютъ въ видѣ полушарій, линзы, длинной призмы съ заостреннымъ концомъ, шара.

На Волжскихъ станціяхъ остановились на грузахъ, имѣющихъ форму удлиненной призмы съ устройствомъ особаго металлическаго хвоста.

Теоретически такая форма, имѣя весьма незначительное поперечное сѣченіе, оказываетъ наименьшее сопротивленіе теченію потока.

Особенность устройства этого груза заключается въ томъ, что грузъ состоитъ изъ трехъ отдѣльныхъ плитъ и для работъ могутъ быть приспособлены двѣ или три сразу, въ зависимости отъ потребнаго вѣса.

Благодаря же устройству хвоста исключается возможность скручиванія троса. Кромѣ того, данный грузъ снабженъ приспособленіемъ для подачи электрическаго сигнала въ томъ случаѣ, когда грузъ касается дна.

Обычные грузы изготовляются изъ чугуна, но болѣе удобно чугунъ замѣнять свинцомъ, благодаря большому удѣльному вѣсу свинца.

Для подсчета числа оборотовъ вертушки употребляютъ особые электрическіе счетчики.

Счетчикъ.

Принципъ дѣйствія этого счетчика основанъ на замыканіи и размыканіи электрическаго тока, благодаря чему имѣющіеся электромагнитныя катушки притягиваютъ особую пластинку; путемъ ряда передаточныхъ ко-

лесиковъ, стрѣлка отмѣчаетъ каждый оборотъ и каждые сто оборотовъ.

На практикѣ оказалось, что большинство существующихъ механизмовъ не всегда удовлетворяютъ своему назначенію; счетчики обыкновенно очень быстро портятся, благодаря пѣжному механизму, а также пропускаютъ обороты благодаря ослабленію дѣйствія батарей. При работѣ со счетчикомъ рекомендуется его періодически повѣрять.

На ряду со счетчикомъ при всѣхъ гидрометрическихъ оборудованіяхъ обязательно устраиваютъ сигнализацию при помощи электрическаго звонка. Для удобства и точности при работахъ со звонкомъ сажаютъ специально одного изъ рабочихъ съ карандашемъ и бумагой около звонка и поручаютъ ему на бумагѣ отмѣчать, въ видѣ палочекъ, каждый ударъ звонка.

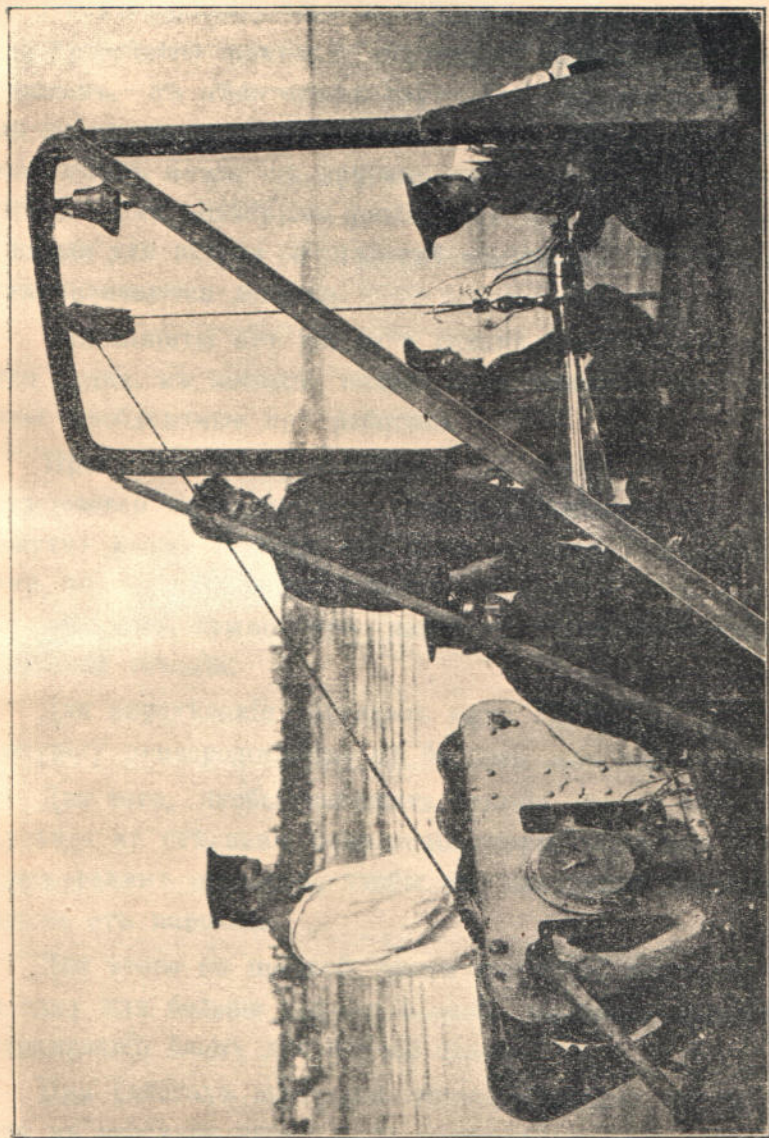
Секундомѣръ.

Время при наблюденіяхъ отсчитывается при помощи секундомѣровъ. Не останавливаясь подробно на описаніи системы секундомѣра, укажемъ лишь на то, что во всѣхъ отношеніяхъ удобнѣе не секундомѣръ, а часы—секундомѣры.

Пользованіе для отчета времени секундной стрѣлкой обыкновенныхъ карманныхъ часовъ не рекомендуется, въ виду возможныхъ погрѣшностей при отсчетѣ.

Понтонъ или помосты для производства гидрометрическихъ работъ.

Въ самыхъ простыхъ случаяхъ для производства гидрометрическихъ наблюденій употребляютъ обыкновенную завозню (большую лодку). Для спуска вертушки устраиваютъ съ боку особый выносъ. Производить гидрометрическія наблюденія на лодкахъ возможно лишь на небольшихъ рѣкахъ.



Работа вертушкой съ гидрометрического понтона.

На постоянныхъ гидрометрическихъ станціяхъ устраиваютъ особые спеціальные понтоны.

Устройство понтонъ отличается большимъ разнообразіемъ, въ нѣкоторыхъ случаяхъ ихъ устраиваютъ изъ двухъ скрѣпленныхъ между собою лодокъ, съ помощю надъ ними; въ другихъ случаяхъ лодки замѣняются особыми желѣзными поплавками. Для подъема якорей, а также для спуска и подъема вертушекъ на понтонъ устанавливаются лебедки.

Для защиты отъ дождя и солнца на понтонѣ строится будка, въ которой сохраняются также и всѣ приборы, необходимые при работахъ.

Преимущество производства наблюдений съ понтонъ заключается въ томъ, что, благодаря имѣющемуся промежутку между лодками или замѣняющими ихъ поплавками, наблюдается меньшій напоръ поверхностныхъ струй, что особенно важно при наблюдении поверхностныхъ скоростей теченія.

Для опредѣленія расходовъ воды спускаютъ иногда вертушку непосредственно съ барказа или парохода.

Для того, чтобы избѣжать вліянія самого корпуса парохода на стѣсненіе отклоненія струй, вертушку опускаютъ такимъ образомъ, чтобы она находилась возможно дальше отъ парохода.

Для этого съ носовой части парохода выдвигаютъ на одну или больше сажени выносъ, на концѣ котораго устраиваютъ блокъ для спуска троса.

При работахъ вертушки непосредственно съ парохода въ весеннее время и на большихъ рѣкахъ, замѣтнаго вліянія на точность опредѣленія расходовъ воды не сказывалось.

Большое затрудненіе при опредѣленіи скоростей теченія встрѣчается при работахъ въ поймахъ, особенно поросшихъ кустарникомъ, гдѣ трудно пробраться лодкѣ съ выносомъ, устроеннымъ съ боку, или же при опредѣленіи очень большихъ скоростей теченія въ пролетахъ моста, а такъ же и на широкихъ или заливныхъ дамбахъ.

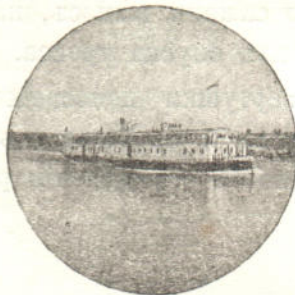
Въ такихъ случаяхъ рекомендуется употреблять вертушки—лаги.

Лагъ представляетъ изъ себя продолговатый цилиндръ такого діаметра, чтобы съ подвѣшенной къ нему вертушкой онъ больше половины находился бы на поверхности воды. Къ этому цилиндру прикрѣпляютъ на особой пластинкѣ или въ простѣйшихъ случаяхъ на двухъ проволокахъ вертушку; разстояніе между цилиндромъ и осью вертушки обыкновенно бываетъ 20—25 сотокъ.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда вертушка очень легка, цилиндръ дѣлаютъ болѣе массивнымъ или заполняютъ его чѣмъ нибудь для болѣе устойчиваго положенія въ водѣ.

Такой лагъ, легко устраиваемый, является необходимымъ приспособленіемъ для партіи, дѣлающей изслѣдованія въ поймахъ или подъ мостами.

При самыхъ работахъ съ лагомъ лодка или пароходъ устанавливается въ саженьяхъ 8—15 и выше отъ того мѣста, гдѣ необходимо произвести опредѣленіе. Лагъ пускается при помощи легкаго тросса.



ГЛАВА IV.

Тарированіе вертушекъ.

При измѣреніи скоростей въ потокахъ посредствомъ вертушекъ намъ удастся, непосредственно въ полѣ, получить лишь опредѣленное количество оборотовъ ея лопастей въ извѣстный промежутокъ времени. Значеніе же самой скорости получается лишь послѣ умноженія полученнаго числа оборотовъ на соотвѣтствующіе коэффиціенты.

Опредѣленіе этихъ коэффиціентовъ при помощи особыхъ приспособленій наз. тарированіемъ вертушекъ¹⁾, а выведенные на основаніи полученныхъ при тарировкѣ данныхъ коэффиціенты, наз. тарировочными.

Въ большинствѣ существующихъ тарировочныхъ станціяхъ испытательнымъ бассейномъ служитъ длинный каналъ, на стѣнкахъ котораго укладываются рельсы для передвиженія вагонетки²⁾.

Устройство тарировочныхъ станцій

1) Разница въ работѣ вертушки при тарированіи и измѣреніи скоростей въ потокахъ заключается въ томъ, что въ первомъ случаѣ вертушка двигается съ опредѣленной скоростью въ стоячей водѣ и узнаемъ соотвѣтствующее этой скорости число оборотовъ, во второмъ, приборъ стоитъ неподвижно, движется самая жидкость. Зная по первому числу оборотовъ, которое дѣлаетъ вертушка въ извѣстный промежутокъ времени, узнаемъ и самую скорость.

2) Въ Ташкентѣ была выстроена въ 1910 году тарировочная станція съ круглымъ испытательнымъ бассейномъ по примѣру, существующей во Франціи, въ Греноблѣ, но такой типъ станціи отличается большими недостатками, какъ-то: быстро создающимся круговымъ теченіемъ въ испытательномъ бассейнѣ отъ движенія въ немъ гидрометрическихъ приборовъ и невозможностью тарированія вертушекъ на троссѣ и пр.

Въ описаніи устройствъ различныхъ типовъ тарировочныхъ станцій, главный интересъ представляютъ размѣры тарировочныхъ бассейновъ какъ въ отношеніи поперечнаго сѣченія, такъ и длины.

Длина испытательнаго канала, отъ которой зависитъ продолжительность наблюденія, имѣетъ существенное вліяніе на степень точности тарирования гидрометрическихъ приборовъ и, несомнѣнно, чѣмъ она болѣе, тѣмъ точнѣе будутъ тарировочныя данныя.

Теоретически для тарирования вертушки казалось бы достаточно брать длину, на которой лопасть вертушки совершала бы хотя одинъ оборотъ, но такъ какъ при тарированіи входитъ рядъ неизбѣжныхъ погрѣшностей, то и результаты, чтобы они не были случайными, берутся какъ средне-арифметическіе изъ болѣе или менѣе продолжительныхъ наблюденій.

Для примѣра приведемъ длины существующихъ тарировочныхъ бассейновъ.

Въ Ганноверѣ длина тарировочнаго канала равна 45 м.

Профессоръ Харляхеръ въ своихъ опытахъ пользовался длиною канала отъ . . . 50—100 м.

Профессоръ Вагнеръ бралъ длину опытаго участка 70 м.

Испытательный бассейнъ Новаго Адмиралтейства въ Петроградѣ: имѣетъ длину канала, приспособленнаго также для тарирования вертушекъ 120 м.

Лучшая изъ европейскихъ тарировочныхъ станцій Берлинская, имѣетъ длину канала 150 м.

Изъ американскихъ испытательныхъ бассейновъ, производящихъ тарировку вертушекъ, можно упомянуть о Вашингтонскомъ, имѣющимъ длину канала . . . 153 м.

Въ переименованныхъ тарировочныхъ каналахъ мы видимъ большое разнообразіе размѣровъ испытательныхъ бассейновъ; объясняется это тѣмъ, что помимо тарирования вертушекъ, во многихъ каналахъ производятся и другого рода испытанія, какъ, напр., сопротивленіе воды движенію судовъ и тарированіе является какъ бы побочной работой. Но кромѣ того длина тарировочнаго канала зависитъ и отъ способовъ передвиженія испытуемыхъ приборовъ (ручной или механической).

На одной изъ лучшихъ европейскихъ станцій—Берлинской—путемъ многолѣтней практики было установлено, что для тарирования вертушекъ является вполне достаточною длина въ 50 м., каковой они въ послѣднее время и пользуются для подсчета тарировочныхъ коэффициентовъ, несмотря на то, что общая длина канала равна 150 м.

Изъ высылаемыхъ тарировочныхъ документовъ этой станціи мы видимъ, что длина въ 50 м., а значитъ и соответствующая продолжительность наблюденія, вполне достаточна, такъ какъ средняя ошибка тарирования колеблется отъ 0 до 8 миллим., при скоростяхъ отъ 0,1 м. до 4 м. въ сек.

Поперечные размѣры тарировочнаго канала имѣютъ значительное вліяніе на вращеніе лопастей вертушки.

Изъ опытовъ Берлинской станціи установлено, что вращеніе лопастей вертушки въ двухъ различныхъ тарировочныхъ каналахъ—въ Берлинскомъ, имѣющемъ размѣръ 10,50 метр. шир. и 3,5 метр. глуб., и Бернскомъ—въ 1,20 м. шир. и 1 м. глуб.—различно.

Расходимости въ получаемыхъ скоростяхъ могутъ достигать до 6⁰/о ¹⁾.

Такимъ образомъ, если бы мы по тарифовочнымъ коэффициентамъ, полученнымъ путемъ тарифовки въ каналѣ небольшихъ размѣровъ, вычислили бы скорость по числу оборотовъ, полученныхъ въ извѣстный промежутокъ времени при наблюденіяхъ въ рѣкѣ, то мы получили бы скорость не соответствующую дѣйствительной.

Наиболѣе извѣстныя тарифовочныя станціи имѣютъ нижеслѣдующіе поперечные размѣры каналовъ:

Бернскій тарифовочный каналъ имѣлъ	1,2 шир. — 1 м. глуб.
Хаслярскій тар. испыт.	
каналъ шир.	6 м. — 2,8 м. „
Ново-Адмиралтейскій каналъ шир.	6,7 м. — 3,0 м. „
Берлинскій каналъ шир.	10,50 м. — 3,5 м. „
Вашингтонскій тар. каналъ шир.	13,1 м. — 4,45 м. „

Какъ въ вопросахъ о длинѣ испытательныхъ каналовъ, такъ и въ данномъ случаѣ мы встрѣчаемся съ широкимъ разнообразіемъ размѣровъ.

Общій принципъ устройства долженъ быть таковъ, чтобы въ искусственномъ тарифовочномъ каналѣ создались для работы лопастей условія, возможно близкія къ работѣ ихъ въ естественномъ потокѣ.

Извѣстно, что отъ движенія какого либо тѣла въ стоячей водѣ спокойствіе ея нарушается, получаютъ вихри и неравномѣрное поступательное движеніе ея частицъ.

¹⁾ Данныя взяты изъ работъ Берлинской тар. станціи, отчетъ которыхъ помѣщенъ въ журн. Zeitschrift für Bauwesen 1907 г.

Но уже на нѣкоторомъ разстояніи отъ тѣла вліяніе, оказываемое его движеніемъ, становится незамѣтнымъ.

Теоретически въ гидромеханикѣ, гдѣ не учитываютъ вязкость жидкости, упомянутое нарушеніе спокойствія должно было бы затухать на безконечности, но на самомъ же дѣлѣ, какъ это указалъ еще S. Uenant¹⁾, при умѣренныхъ скоростяхъ затуханіе происходитъ на разстояніи всего лишь въ нѣсколько разъ, превосходящемъ діаметръ движущаго тѣла²⁾.

Очевидно, что такъ какъ донная стѣнка будетъ вліять также на отраженіе струй, то тарировку слѣдуетъ производить по возможности въ центрѣ канала, ближе къ поверхности.

Въ Берлинской тарировочной станціи тарируютъ на глубинѣ одного метра.

Для передвиженія испытываемыхъ приборовъ съ различными скоростями служитъ тарировочная желѣзная вагонетка, снабженная обыкновенно электромоторомъ.

Электромоторъ, приблизительно пятисильный, имѣетъ разныя приспособленія для измѣненія скорости хода вагонетки отъ 0,004 до 3 саж. въ секунду.

Къ числу такихъ приспособленій относится система переключающихся шестеренокъ, съ различнымъ отношеніемъ передачъ.

Кромѣ мотора и указанныхъ приспособленій, на платформѣ вагонетки будутъ находиться лебедки для под-

¹⁾ Онъ разсматривалъ равномерно движущуюся жидкость и неподвижное тѣло.

²⁾ Для устройства вповь проектируемой тарировочной станціи въ Казани, послѣ детального разсмотрѣнія для бетоннаго канала, поперечные размѣры установлены 2,40 метра ширины и глубины.

нятія вертушки при тарированіи на троссѣ, желѣзный столъ съ лавкой для наблюдателя и различные приборы для тарированія.

Какъ примѣръ простѣйшаго устройства тарировочной станціи, приведемъ описаніе первой Волжской тарировочной станціи¹⁾.

Тарировочная станція устроена на берегу пруда, причемъ на одномъ изъ береговъ этого пруда, выровненномъ и укрѣпленномъ плетнемъ, уложенъ желѣзнодорожный путь длиною 50 саж.

Тарировочная телѣжка была устроена изъ старой вагонетки, употребляемой для подвозки балласта; для этой цѣли на раму была положена платформа 1 саж. длины и 1 с. ширины, съ боку изъ фигурнаго желѣза устроена выносная штанга. Длина выноса по желанію можетъ измѣняться отъ 1 до 1,7 саж., въ зависимости отъ горизонта воды въ прудѣ.

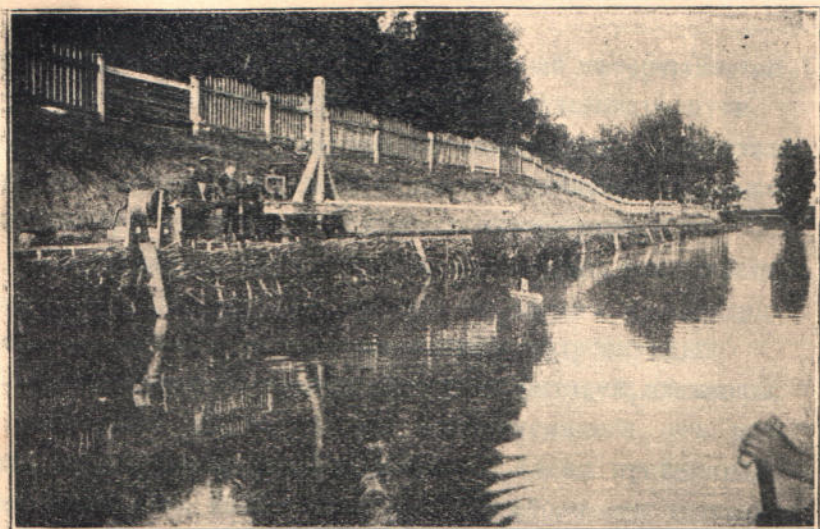
Для спуска тросса съ приборомъ на концѣ штанги устроенъ блокъ.

На платформѣ телѣжки, на укрѣпленномъ столѣ, устанавливаются необходимые при тарировкѣ приборы—хронографъ, урверкъ и проч.

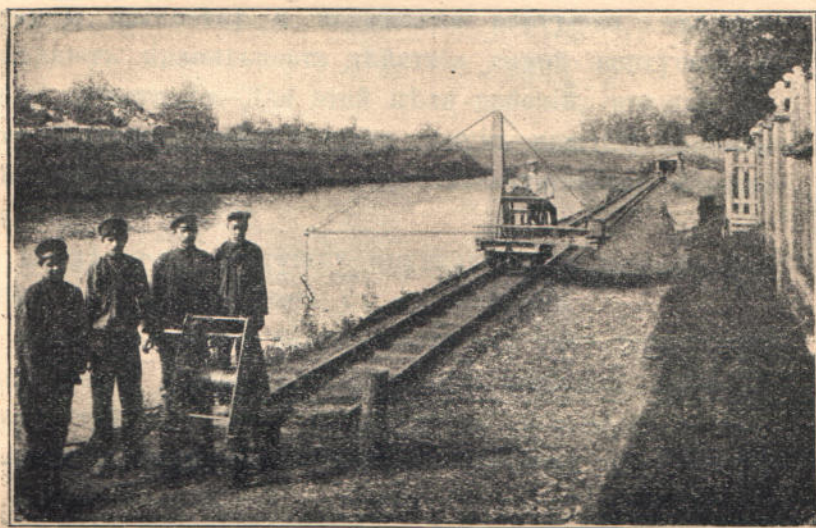
Электрическій контактъ указывающій каждый оборотъ ходового колеса телѣжки, устроенъ въ видѣ валика, по которому скользили двѣ мѣдныя пружины. Валикъ деревянный, обитъ на три четверти діаметра мѣдью и насаженъ на ось между передними колесами.

Движеніе тарировочной вагонетки производится двумя способами: для большихъ скоростей—ручнымъ, а

¹ Инж. А. Крыловъ. Тарировочная станція Каз. Окр. п. с. Сборникъ LXXVII.



Укрѣпленіє берега тарировочнаго пруда.



Общій видъ Тетюшской тарировочной станціи.

для малыхъ — при помощи троса, который наворачивается на лебедку, установленную въ концѣ рельсоваго пути.

Для автоматической записи количества оборотовъ лопастей вертушки и ходоваго колеса вагонетки, а также времени при тарированіи служитъ хронографъ.

Продолжительность времени наблюденія указываетъ спеціальныи заводящійся часовой механизмъ съ электрическимъ контактомъ, показывающимъ полусекунды.

Электрическій токъ получается отъ батарей; элементы, въ количествѣ двухъ — трехъ, въ зависимости отъ ихъ силы, соединяются послѣдовательно. Длина пройденнаго пути на станціи измѣряется числомъ оборотовъ ходоваго колеса, діаметръ котораго въ точности измѣрень.

Каково бы ни было устройство тарировочнаго бассейна, процессъ тарированія болѣе или менѣе одинаковъ.

Тарированіе
вертушекъ.

Послѣ того какъ все приборы установлены на тарировочную вагонетку и подвѣшена вертушка, сначала провѣряютъ правильность дѣйствія самой вертушки и запись хронографа. Для этой цѣли рабочій, вращая лопасти вертушки, отсчитываетъ вслухъ каждый оборотъ, а наблюдатель смотритъ соотвѣтствуютъ-ли обороты записи.

Послѣ этого вертушку опускаютъ на достаточную глубину¹⁾ и приступаютъ къ тарированію.

Какъ уже выше указывалось, что такъ какъ необходимо знать какое число оборотовъ лопастей соотвѣтствуетъ той или иной скорости, то вагонетку прокатываютъ съ разными скоростями, начиная отъ самыхъ

¹⁾ Глубину погруженія рекомендуется брать, приблизительно, 1 метръ и во всякомъ случаѣ не меньше 0,50 м.

малыхъ и кончая предѣльными, которыя соотвѣтствуютъ скоростямъ, встрѣчающимся при обследованіи въ рѣкахъ.

Начальную скорость берутъ такую, при которой лопасти впервые начинаютъ вращаться въ зависимости отъ конструкціи вертушки; эта скорость наблюдается отъ 0,004 до 0,05 саж. и наибольшее берется въ предѣлахъ до 1,2—1,7 саж. въ секунду.

Во время тарирования строго слѣдятъ за правильностью вращенія лопастей, затѣмъ, чтобы не было толчковъ и колебанія тросса.

Обороты лопастей, соотвѣтствующая скорость вращенія ходового колеса вагонетки и время записываются автоматически—хронографомъ.

При помощи особыхъ рейсфедеровъ на бумажной лентѣ получается запись въ видѣ трехъ параллельныхъ линій, съ выступающими зубцами, по этой записи очень легко не только вычислить тарировочныя коэффициенты, но и судить насколько равномерно было вращеніе лопастей.

Для полученія полной зависимости числа оборотовъ отъ скорости дѣлаютъ отъ 35 до 50 заѣздовъ, послѣ чего приступаютъ къ обработкѣ.

Обработка
тариров. мате-
ріаловъ.

Обработка тарировочныхъ матеріаловъ состоитъ въ подсчетѣ по хронографической лентѣ числа оборотовъ вертушки и ходового колеса вагонетки, а также и числа полусекундъ. Получивъ всѣ эти необходимыя данныя, вычисляютъ скорость движенія вагонетки и соотвѣтственно этому количество оборотовъ, дѣлаемыхъ вертушкой. Такъ, принявъ нижеслѣдующее обозначеніе:

v —скорость движенія телѣжки (или скорость движенія вертушки),

s —длина пути,
 t —время въ секундахъ,
 то скорость будетъ равна

$$v = \frac{s}{t}$$

Если обозначимъ черезъ n число оборотовъ вертушки въ 1 секунду, будемъ имѣть

$$n = \frac{u}{t}$$

подразумѣвая подъ u общее число оборотовъ вертушки въ промежутокъ времени t .

Зависимость между скоростью движенія и оборотами вертушки, какимъ бы методомъ не обрабатывали тарировочные коэффициенты, сначала выражаютъ графически. На клетчатой бумагѣ, по возможности въ большомъ масштабѣ, наносятъ по оси ординатъ (вертикальн.) скорость движенія, а по абсциссѣ (горизонт.) число оборотовъ, найденныхъ путемъ вычисленія по вышеприведеннымъ формуламъ.

Нанесенныя точки уже сразу опредѣляютъ собою направленіе тарировочной линіи. Если на графикѣ встрѣчаются точки, сильно отклоняющіяся въ сторону отъ рядомъ лежащихъ, то прежде чѣмъ перейти къ дальнѣйшимъ подсчетамъ, необходимо для этихъ точекъ провѣрить подсчеты съ самаго начала. Въ случаѣ, если ошибки не выясняются, то данное наблюденіе, какъ очевидно ошибочное, отбрасывается.

Для вычисленія тарировочныхъ коэффициентовъ опишемъ лишь болѣе употребительные методы.

Первый методъ—способъ центральныхъ точекъ¹⁾, другой—способъ наименьшихъ квадратовъ.

Кромѣ этихъ двухъ способовъ, которые будутъ описаны ниже, существуетъ самый простѣйшій—это выраженіе коэффициентовъ графически, путемъ нанесенія черезъ всѣ полученныя точки линіи на глазъ, выражающей зависимости n отъ v .

Но такой способъ вводить въ обработку много гадательности; очень трудно провести линію между разбросанными точками такимъ образомъ, чтобы она ни къмъ не оспаривалась.

Способъ центральныхъ точекъ заключается въ слѣдующемъ: послѣ того, какъ по нанесеннымъ на графикѣ точкамъ проведена одна или нѣсколько отрѣзковъ прямой линіи, характеризующихъ зависимость n отъ v —точки относящіяся къ каждой линіи, дѣлятся на равныя двѣ группы, т. к. для точнаго проведенія прямой линіи требуется двѣ точки.

Сложивъ для каждой группы значеніе n и v и взявъ ихъ среднее арифметическое, находимъ значеніе координатъ центральныхъ точекъ сначала для первой группы:

$$n_1' + n_1'' + n_1''' \dots \dots = \Sigma n_1$$

$$v_1' + v_1'' + v_1''' \dots \dots = \Sigma v_1$$

$$\text{откуда } n_1 = \frac{\Sigma n_1}{m}$$

$$v_1 = \frac{\Sigma v_1}{m}$$

гдѣ m означаетъ число наблюдений.

¹⁾ По способу центральныхъ точекъ ведется обработка на тарифовочной станціи Волжскаго района, способъ былъ предложенъ мною въ бытность мою завѣдующимъ тарифовочной станціей.

и Затѣмъ для второй группы

$$n_2' + n_2'' + n_2''' + \dots = \Sigma n_2$$

$$v_2' + v_2'' + v_2''' + \dots = \Sigma v_2$$

$$n_2 = \frac{\Sigma n_2}{m}$$

$$v_2 = \frac{\Sigma v_2}{m}$$

Отыскавъ по соответствующимъ центральнымъ точкамъ значеніе $n_1 v_1$ и $n_2 v_2$ находятъ, какъ будетъ указано далѣе, значеніе коэффициента для уравненія

$$v = v_0 + kn$$

Изъ сравненія между собою цѣлаго ряда среднихъ ошибокъ наблюденій, получаемыхъ при подсчетѣ, какъ по методу наименьшихъ квадратовъ, такъ и методу центральныхъ точекъ, пришли къ заключенію, что получаемая расходимость между средней ошибкой выражается въ десятыхъ доляхъ процента, что практическаго значенія не имѣетъ.

Переходя къ вопросу о выраженіи зависимости между n и v , мы ограничимся здѣсь приведеніемъ самой простой формулы, позволяющей намъ выразить эту зависимость въ видѣ прямой

Тарировочная
формулы.

$$v = v_0 + kn. \dots \dots \dots I.$$

Такое выраженіе зависимости между скоростью и числом оборотовъ вертушки впервые предложено Вольманомъ.

Изъ формулы мы видимъ, что прямая, выраженная даннымъ уравненіемъ, не проходитъ черезъ начало координатъ, а отсѣкаетъ отъ оси координатъ нѣкоторый отрѣзокъ, равный v_0 .

Въ этой формулѣ подъ буквами принято обозначать слѣдующія величины:

v —скорость передвиженія телѣжки.

n —соотвѣтствующее данной скорости число оборотовъ въ одну секунду.

v_0 , k постоянные тарировочные коэффициенты въ извѣстныхъ предѣлахъ зависимости n отъ v .

Коэффициентъ v_0 по сравненію съ k весьма незначительная величина.

При начальныхъ скоростяхъ, когда число оборотовъ бесконечно близко къ нулю, изъ формулы мы получаемъ:

$$v = v_0$$

другими словами мы получаемъ ту скорость, при которой вращеніе лопастей еще не наблюдается или, въ противоположномъ случаѣ, при этой скорости лопасти прекращаютъ вращаться.

Происходитъ подобное явленіе вслѣдствіе конструктивныхъ неусовершенствованій прибора: тренія въ подшипникахъ, сопротивленія контактовыхъ пружинъ и пр. Такимъ образомъ этотъ коэффициентъ, зависящій при начальныхъ скоростяхъ, главнымъ образомъ, отъ конструктивныхъ особенностей вертушки, показываетъ какъ бы ея чувствительность.

Но при больших скоростях, когда зависимость между n и v не выражается одним отрезком прямой, коэффициент v_0 , начиная уже со второго отрезка прямой, теряет значение характеристики чувствительности прибора.

Дѣло въ томъ, что лопасти при быстромъ вращеніи встрѣчаютъ цѣлый рядъ другихъ, усиливающихся съ возрастаніемъ скорости, сопротивленій, при чемъ болѣе значительныхъ чѣмъ треніе (напримѣръ, сопротивленія вращенію лопасти въ водѣ, зависящія отъ формы крыльевъ¹⁾).

Чтобы точно учесть всѣ эти новыя сопротивленія движеній лопасти, необходимо бы было вводить въ формулу новыя дополнительные члены.

¹⁾ Инженеръ Kvassay „Note sur le moulinet de Woltmann“ Ann. des pouts et chaussées 1877 подмѣтилъ, что при различныхъ скоростяхъ движенія вертушки въ водѣ, скорость вращенія центра крыла зависитъ отъ формы крыльевъ и предложилъ, съ цѣлью облегченія вращенія, замѣнить плоскія лопасти гелисоидальными или винтообразными.

Перемѣщеніе, а также и несовпаденіе центра давленія воды съ центромъ поверхности лопасти, онъ объяснилъ различнымъ давленіемъ струй на элементы крыла. Если бы поверхность лопасти состояла не изъ ряда соединенныхъ другъ съ другомъ частей, то эти части, подъ дѣйствіемъ различнаго давленія струй и въ зависимости отъ удаленности отъ центра, двигались бы различно. Но на самомъ дѣлѣ движеніе лопасти совершается съ нѣкоторой средней скоростью, причѣмъ элементы лопасти, находящіеся ближе къ оси лопасти, испытываютъ большое давленіе, чѣмъ элементы дальше отстоящіе отъ оси, которые могутъ даже тормозить вызывая отрицательное давленіе.

Далѣе въ своемъ трудѣ инженеръ Kvassay далъ, выведенное теоретическимъ путемъ, условіе построенія лопасти, при которомъ давленіе воды на отдѣльные, неразрывно связанные элементы ея, должно оставаться постояннымъ.

Послѣдующія работы инженера гидротехника J. Naugos'a, который построилъ, основываясь на этой зависимости, лопасти—доказали, что линия, выражающая связь между v и n можетъ представлять прямую линію на болѣе значительномъ протяженіи, чѣмъ въ прежнихъ лопастяхъ.

Если же пользоваться формулой I-й, то эти сопротивления отражаются на величинѣ обоихъ коэффициентовъ, какъ v_0 , такъ и k .

При большихъ скоростяхъ v_0 иногда бываетъ со знакомъ минусъ въ томъ случаѣ, когда продолженіе отрѣзка прямой пересѣкаетъ ось ординаты ниже нулевой точки; это уже ясно указываетъ, что v_0 ничего общаго съ показателемъ чувствительности прибора въ данномъ случаѣ не имѣетъ.

Коэффициентъ k въ винтообразныхъ лопастяхъ обозначаетъ ходъ винта и, какъ замѣтилъ Harlacher ¹⁾, чѣмъ точнѣе лопасти построены по винтовой поверхности, тѣмъ согласованіе это полнѣе. Въ плоскихъ крыльяхъ k равняется tg угла, составленнаго параллельными оси вращения лопастей струями потока съ плоскостью крыла. Такимъ образомъ этотъ коэффициентъ съ нѣкоторымъ приближеніемъ можетъ быть полученъ непосредственнымъ измѣреніемъ крыла лопасти ²⁾.

Коэффициенты v_0 и k какъ упоминалось, опредѣляются опытнымъ путемъ; для этого по формулѣ

$$n = \frac{u}{t} \quad \text{и} \quad v = \frac{s}{t}$$

вычисляютъ число оборотовъ въ секунду и соответственную этому скорость. Затѣмъ строятъ линію зависимости v отъ n сначала графически, т. е. точки соединяютъ плавной линіей. Если эта линія представляетъ изъ себя

¹⁾ Harlacher. Die Messungen in d. Elbe und Donau 1881.

²⁾ Въ зависимости отъ крутизны винтовой поверхности крыла лопасти раздѣляютъ: на лопасти большого шага и малого. Чѣмъ больше шагъ, тѣмъ лопасть вращается медленнѣе, т. е. благодаря крутому наклону лопасти, полезное дѣйствіе струй весьма невелико.

прямую или нѣсколько отрѣзковъ прямой, то для аналитическаго выраженія этой зависимости берутъ уравненіе I.

Въ зависимости отъ метода обработки, коэффициенты v_0 и k опредѣляются по методу центральныхъ точекъ изъ уравненій:

$$v_0 = \frac{v_1 [n_1 - n_2] - n_1 [v_1 - v_2]}{n_1 - n_2}$$

$$k = \frac{v_1 - v_2}{n_1 - n_2}$$

или по методу наименьшихъ квадратовъ по формулѣ:

$$v = \frac{\Sigma(n^2) \Sigma(v) - \Sigma(n) \Sigma(nv)}{m \Sigma(n^2) - [\Sigma(n)]^2}$$

$$k = \frac{m \Sigma(nv) - \Sigma(v) \Sigma(n)}{m \Sigma(n^2) - [\Sigma(n)]^2}$$

гдѣ m обозначаетъ число наблюдений.

Погрѣшность для обоихъ уравненій вычисляется изъ уравненія

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\delta^2)}{m-2}}$$

гдѣ δ обозначается разность между v наблюдаемымъ и вычисленнымъ по формулѣ I¹⁾.

1) Кроме вычислений предѣловъ разностей между наблюдаемой и вычисленной скоростями, можно найти возможную погрѣшность при измѣреніяхъ вертушками, которая является результатомъ невѣрности отсчета оборотовъ въ опредѣленія v , v_0 и k .

Для выражения зависимости n отъ v въ виду кривой, примѣняется слѣдующая формула, данная проф. Мюнхенскаго политехникума М. Шмидтомъ:

$$v = k(1 - \beta)n + \sqrt{(kn\beta)^2 + v_0^2} \dots \text{II.}$$

Взявъ нижеслѣдующія обозначенія:

δ_1 —ошибка при опредѣленіи различн. величинъ.

δ_2 —ошибка " " коэффициента v_0 .

δ_3 — " " " " k .

δ_4 — " " отсчитыванія числа оборотовъ въ секунду.

Обычно эту погрѣшность берутъ равной 0,033 оборота. Н. Тяпкинъ.

Приборы для опред. скор. и расх. въ откр. руслахъ.

Тогда формула

$$v = v_0 + kn$$

приметь видъ:

$$v \pm \delta_1 = (v_0 \pm \delta_2) \pm (k \pm \delta_3)(n \pm \delta_4)$$

или по раскрытіи скобокъ и преобразованіи общая погрѣшность выразится:

$$\pm \delta_1 = \pm \delta_2 \pm n \delta_3 \pm k \delta_4$$

Откуда, разсматривая частные случаи этого уравненія, когда

$$\delta_1 = \delta_3 = 0$$

т. е. когда ошибки въ опредѣленіи v и k нѣтъ, будемъ имѣть уравненіе:

$$\pm \delta_2 = \pm k \delta_4$$

и другой случай, когда $\delta_1 = \delta_2 = 0$ получимъ уравненіе:

$$\pm \delta_3 = \mp \frac{k}{n} \delta_4$$

Возьмемъ для примѣра уравненіе $v = 0,01 + 0,30$ мет./сек. и опредѣлимъ погрѣшность въ опредѣленіи коэффициента при скорости $v = 0,1$ м./сек. или $n = 0,30$.

$$\pm \delta_2 = \mp 0,30 \cdot 0,033 = 0,099$$

для того же числа оборотовъ для δ_3 будемъ имѣть:

$$\pm \delta_3 = \mp \frac{0,30}{0,30} \cdot 0,033 = 0,033.$$

Рис. 1.

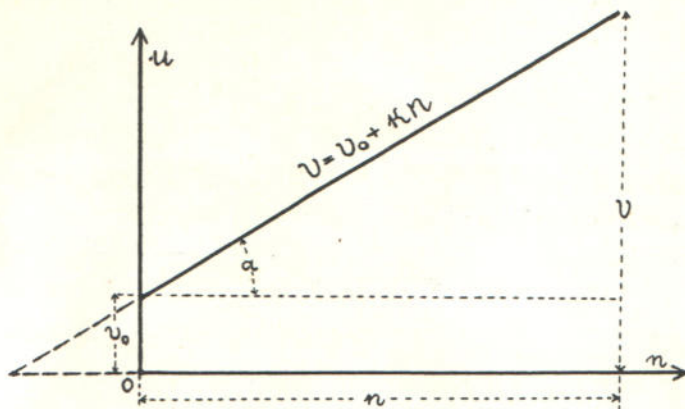


Рис. 2.

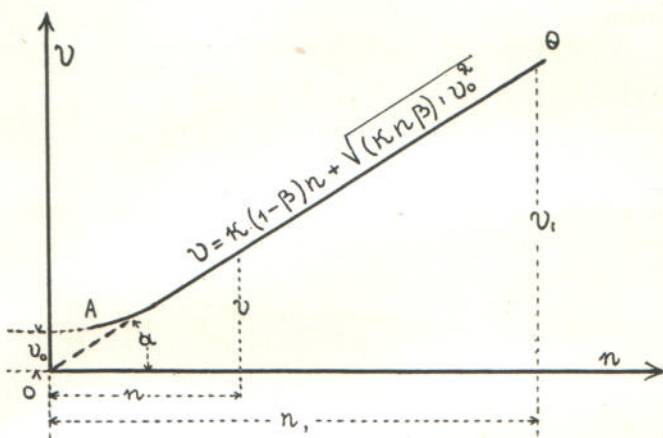
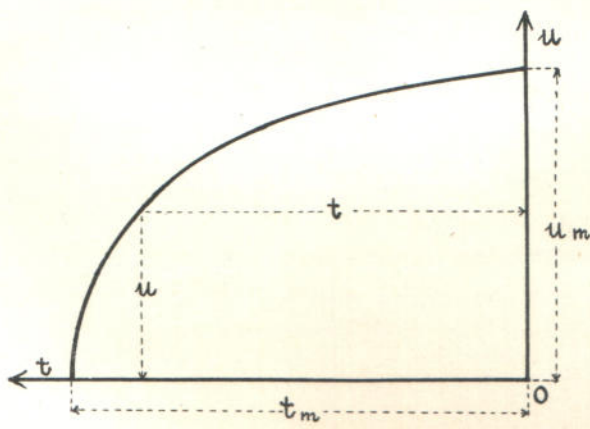


Рис. 3.



Это уравнение обозначает кривую высшаго порядка, при чемъ значеніе коэффициента β колеблется въ предѣлахъ отъ нуля до единицы.

При выводѣ этого уравненія проф. М. Шмидтъ основывался на богатомъ практическомъ матеріалѣ. Онъ изслѣдовалъ 84 прибора, въ которые входили вертушки, какъ съ плоскими, такъ и винтообразными лопастями позднѣйшихъ конструкцій и при помощи графо-аналитическаго метода далъ вышеприведенное общее уравненіе.

Всѣ формулы, выведенныя его предшественниками, являются лишь частными случаями этой формулы.

Для отысканія величины β въ функціи u отъ u_m , t и t_m . Шмидтъ далъ слѣдующее уравненіе:

$$\beta = \frac{\left(\frac{t}{t_m}\right)^2 - \left(1 - \frac{u}{u_m}\right)^2}{\frac{2u}{u_m} \left(1 - \frac{u}{u_m}\right)} \dots \dots \dots (a)$$

или

$$u = u_m \left(1 - \frac{t^2}{t_m^2}\right) \cdot \left(\frac{1}{(1 - \beta) + \sqrt{\beta^2 + \frac{t^2}{t_m^2} (1 - 2\beta)}}\right) \dots \dots (b)$$

которое получается изъ уравненія II, если мы подставимъ значеніе:

$$v = \frac{s}{t}; \quad k = \frac{s}{u_m}; \quad v_0 = \frac{s}{t_m}; \quad u = \frac{u}{t}$$

Буквы обозначаютъ слѣдующія величины:

u —число оборотовъ вертушки, полученное на длинѣ пути— s ;

t —время, соотвѣтственное этому числу оборотовъ;

s —длина пути одна и та же при всѣхъ вычисленіяхъ;

u_m — наибольшая скорость движениа вертушки по длинѣ участка s .

Величина u_m берется какъ средняя ариѳметическая изъ ряда наблюдений.

t_m — время, потребное для передвиженія вертушки по тому же пути s съ такой скоростью, при которой крылья вертушки перестаютъ вращаться, отыскивается такъ же, какъ средняя ариѳметическая изъ ряда наблюдений.

Величины u , t , u_m опредѣляются непосредственнымъ измѣреніемъ.

Величина t_m отыскивается обычно аналитически изъ уравненія:

$$t_m = \sqrt{\frac{u'' \left(1 - \frac{u''}{u_m}\right) t'^2 - u' \left(1 - \frac{u'}{u_m}\right) t''^2}{u'' \left(1 - \frac{u''}{u_m}\right) \left(1 - \frac{u'}{u_m}\right)^2 - u' \left(1 - \frac{u'}{u_m}\right) \left(1 - \frac{u''}{u_m}\right)^2}} \dots (c)$$

Уравненіе это получается изъ формулы (а), если въ нее для u и t вставить сначала одно частное значеніе u и t и затѣмъ другое частное значеніе u и t , написать равенство и рѣшить его относительно t_m .

Отыскиваніе графическимъ путемъ величины не рекомендуется — вслѣдствіе возможной значительной погрѣшности.

Тарированіе прибора, а также и вся дальнѣйшая обработка по формулѣ II производится нѣсколько инымъ образомъ, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда подсчеты коэффиціентовъ производятся по формулѣ I.

Для тарированія берется опредѣленная длина пути s . Передвигая съ различными скоростями тарировоч-

ную телѣжку, а вмѣстѣ съ тѣмъ и вертушку, наблюдаютъ каждый разъ соответственное число оборотовъ u_1 u_2 u_3 и время t_1 t_2 t_3 Затѣмъ, откладывая по оси абсциссъ время t , а по оси ординатъ наблюденное число оборотовъ u , строятъ кривую зависимости u отъ t .

Далѣе наибольшую наблюдаемую ординату принимаютъ за u_m и, взявъ произвольно координаты двухъ точекъ, напримѣръ, u' , t' и u , t , вычисляютъ по формулѣ (с) величину t_m . Имѣя значенія взятой точки (u' t'), зная u_m , t_m , отыскиваютъ по формулѣ (а) величину β . Отыскавъ величины β , t_m , u_m наносятъ на графикъ по точкамъ кривую зависимости u отъ t , для чего, задаваясь абсциссами $t=5, 10, 15$ и вычисляютъ по формулѣ (в) значеніе u .

Подстановка t дѣлается очевидно до t_m .

Получивъ u_m , t_m , β опредѣляютъ по произвольнымъ t соответственное имъ u , а также и значеніе v_0 , v и n изъ уравненій:

$$v_0 = \frac{s}{t_m}; \quad v = \frac{s}{t}; \quad n = \frac{u}{t}$$

и полученныя значенія для u наносятъ въ видѣ отдѣльныхъ точекъ по координатнымъ осямъ.

Далѣе, взявъ одну изъ конечныхъ точекъ n_1 , v_1 и соединивъ ее съ началомъ координатъ, находятъ значеніе угла a , а по нему и значеніе коэффиціента k (ходъ винта) изъ уравненія

$$\operatorname{tga} = k.$$

Но такъ какъ между полученнымъ коэффициентомъ k и взятымъ имперически u_m существуетъ зависимость, то назначеніе u_m провѣряють по формулѣ

$$u_m = \frac{s}{k}$$

Вычисления должны быть повторены, если получается значительная расходямость, при чемъ второй разъ значеніе u_m берутъ уже вычисленное по послѣдней формулѣ.

Имѣя значеніе коэффициентовъ v_0 , β , k по формулѣ II чертятъ сплошную линію АВ.

Какъ уже упоминалось, формула

$$v = k(I - \beta)n + \sqrt{(kn\beta)^2 + v_0^2}$$

имѣетъ общій видъ для формулъ, выведенныхъ предшественниками Шмидта.

Легко убѣдиться, что если мы будемъ подставлять для β разныя значенія, мы получимъ для $\beta=0$ уравненіе прямой линіи, т. е. формулу I, данную Вольтманомъ

$$v = v_0 + kn.$$

Причемъ зависимость между u и t будетъ выражаться такой же прямой линіей.

$$u = \frac{u_m}{t_m}(t_m - t)$$

для $\beta=0,5$ уравненіе гиперболы, предложенное Баумгартеномъ

$$v = \frac{kn}{2} + \sqrt{\left(\frac{kn}{2}\right)^2 + v_0^2}$$

при этомъ въ функціи получается изъ уравненія параболы:

$$u = \frac{u_m}{t_m^2} (t_m^2 - t^2)$$

и при значеніи $\beta=1$ получимъ уравненіе гиперболы вида:

$$v = \sqrt{(kn)^2 + v_0^2}$$

и для числа оборотовъ въ функціи отъ t_0 уравненіе эллипсиса:

$$u = \frac{u}{t_m} \sqrt{t_m^2 - t^2}$$

предложенное Sasse и Etsner'омъ, которое можно разсматривать какъ частный случай формулы, предложенной Баумгартеномъ.

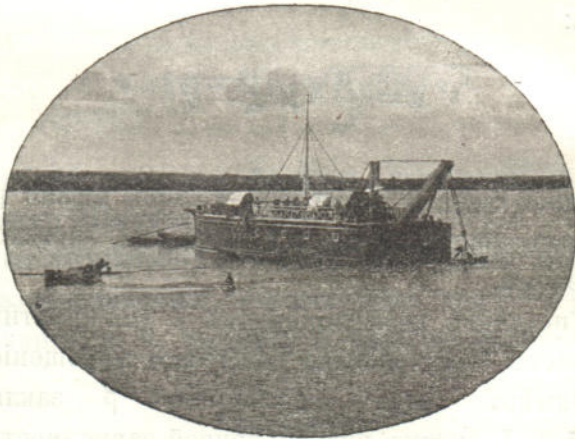
При подсчетѣ коэффициентовъ β для практическихъ цѣлей можетъ быть введено нѣкоторое упрощеніе.

Напримѣръ, если коэффициентъ β заключается между 0,5 и 1, можно уже по кривой зависимости числа оборотовъ отъ t заключить: къ эллипсису или къ параболѣ болѣе подходитъ эта кривая, а соотвѣтственно этому принять для β значеніе, равное 0,5 или 1,00. Ошибка, получаемая при этомъ, весьма не велика и какъ указываетъ у проф. Тяпкина равна, приблизительно, $1^{1/4}\%$, т. е. заключается въ предѣлахъ точности измѣреній.

Коэффициентъ β вычисляется въ большинствѣ случаевъ только тогда, когда кривая зависимости u отъ t получается съ весьма незначительнымъ изгибомъ, но и при этомъ безъ особеннаго ущерба для точности коэффициентъ β можетъ быть принятъ равнымъ нулю, т. е. численное значеніе его заключается между 0 и 0,1.

Для подсчета средней ошибки для формулы II мѣняется нижеслѣдующая формула, выведенная на основаніи теории вѣроятностей:

$$M = \pm \sqrt{\frac{\Sigma(\delta^2)}{m-3}}$$



М. П. С.

Казанскій Округъ

ОТДѢЛЕНІЕ

Гидротехническихъ изслѣдованій.

ТАРИРОВОЧНАЯ СТАНЦІЯ

въ гор. Тетюшахъ

1914 г.

Вертушка № 1606 системы Отг'а.

Лопастъ—шага № 2-я.

Тарированіе производилось 4 дня мая мѣсяца на троссѣ.

Полученныя уравненія:

$$\text{Для } n \begin{cases} > 0,061 \\ < 0,265 \end{cases} \quad v = 0,0146 + 0,4286 n = \begin{matrix} \text{саж.} \\ \text{сек.} \end{matrix}$$

$$\begin{cases} > 0,265 \\ < 2,149 \end{cases} \quad v = -0,0002 + 0,4844 n = \begin{matrix} \text{саж.} \\ \text{сек.} \end{matrix}$$



ВЕРТУШКА ОТТ'А № 1606-й.

№№ заѣздовъ.	Обороты колеса тележки	Путь въ саж. s	Время въ сек. t	Общее	Скорость	Число	Примѣчанія
				число оборот. N	въ 1 сек. $v=s/t$	оборот. въ 1 сек. $n=N/t$	
1	2	1.346	30.5	1.85	0.044	0.061	Цен. точ. съ 1—8
2	2	1.346	31.6	2.43	0.042	0.077	$v=0.057$
3	2	1.346	26.2	2.16	0.051	0.082	$n=0.099$
4	2	1.346	22.8	2.14	0.059	0.094	
5	2	1.346	23	2.50	0.059	0.109	
6	2	1.346	20.8	2.42	0.065	0.116	
7	2	1.346	20.5	2.5	0.066	0.122	
8	2	1.346	20.1	2.67	0.067	0.133	съ 9—13
9	3	2.019	2.69	3.86	0.075	0.143	$v=0.099$
10	2	1.346	17.1	2.54	0.079	0.149	$n=0.197$
11	2	1.346	14.2	2.72	0.095	0.192	
12	2	1.346	14	2.72	0.096	0.194	
13	2	1.346	9	2.78	0.150	0.309	
14	2	1.346	7.5	2.71	0.179	0.362	съ 14—21
15	3	2.019	11.3	4.17	0.179	0.369	$v=0.304$
16	6	4.038	16.1	8.35	0.251	0.519	$n=0.628$
17	4	2.692	9.3	5.6	0.289	0.602	
18	7	4.766	15.2	9.75	0.310	0.641	
19	8	5.384	15.7	11.14	0.342	0.710	
20	4	2.692	6.5	5.59	0.414	0.860	
21	7	4.711	10.1	9.7	0.466	0.960	

№ завздовъ	Обороты колеса тележки	Путь въ саж. s	Время въ сек. t	Общее число оборот. N	Скорость въ 1 сек. $v=s/t$	Число оборот. въ 1 сек. $n=N/t$	Примѣчанія
22	17	11.441	21.1	23.75	0.542	1.126	ст. 22—31
23	7	4.711	8.3	9.75	0.568	1.175	$n=0.722$
24	13	8.749	15.3	18.15	0.572	1.186	$v=1.149$
25	12	8.076	13.1	16.67	0.616	1.273	
26	7	4.711	7.4	9.73	0.637	1.315	
27	15	10.095	13.5	20.72	0.748	1.535	
28	9	6.057	7.7	12.60	0.787	1.636	
29	18	12.114	14.7	25	0.824	1.701	
30	15	10.95	71.5	20.81	0.878	1.810	
31	7	4.711	4.5	9.67	1.147	2.149	

Вычисленіе тарировочныхъ коэффиціентовъ

по способу центральныхъ точекъ.

$$v_1=0.057 \quad n_1=0.099 \quad v_0=0.0146; k=0.4286$$

$$v_2=0.099 \quad n_2=0.197 \quad v=0.0146 + 0.4286n$$

$$M=\mp 0.0032 \text{ саж.}$$

$$v_1=0.304 \quad n_1=0.628 \quad v_0=0.0002 \quad k=0.4844$$

$$v_2=0.722 \quad n_2=1.491 \quad v=0.0002 + 0.4844n$$

$$M=\mp 0.0027 \text{ саж.}$$

Координаты точки слома:

$$v=0.128$$

$$n=0.265$$

Вычисленія { производиль:
 { провѣрять:

Завѣдующій станціей инж.

ГЛАВА V.

Обработка гидрометрическихъ матеріаловъ.

Обработка
наблюденій
надъ колеба-
ніемъ уровня
воды.

Обработка водомѣрныхъ матеріаловъ главнымъ образомъ сводится къ приведенію наблюденій, указанныхъ надъ разными начальными нулями поста, къ показанію состоянія уровня воды отъ одного опредѣленнаго горизонта.

Выборъ начальнаго горизонта зависитъ или отъ спеціальныхъ техническихъ или судоходныхъ условій, но въ большинствѣ случаевъ горизонтъ указывается въ абсолютныхъ отмѣткахъ, т. е. надъ уровнемъ моря.

Въ началѣ книги отмѣчалось удобство давать показанія надъ наинизшимъ навигаціоннымъ горизонтомъ, особенно въ тѣхъ случаяхъ, когда имѣются болѣе или менѣе многолѣтнія наблюденія. Дѣло въ томъ, если горизонтъ соотвѣтствуетъ наинизшему навигаціонному горизонту, то всегда легко судить о высотѣ стоянія воды, зная приблизительно условія колебанія уровня воды для данной рѣки.

Неудобство заключается лишь въ томъ, что этотъ горизонтъ можетъ всегда измѣниться—понизиться и тогда показанія, сведенныя къ наинизшему навигаціонному нулю, приходится пересчитывать вновь.

Для избѣжанія ошибокъ и большаго удобства при пользованіи, необходимо принять, какъ правило, что всегда, когда дается колебаніе горизонта отъ условнаго нуля, необходимо, если имѣется нивелировка, указывать абсолютную отмѣтку этого нуля. Слѣдуетъ также

отмѣчать по какой нивелировкѣ взята абсолютная отмѣтка.

Менѣе всего цѣлесообразно относить показанія уровня воды къ случайно выбранному горизонту, напр. нулевой сваѣ поста. Такія свѣдѣнія могутъ даваться водомѣрными наблюдателями, лишь для удобства, въ отноше- нии простоты, впредь до обработки. Для судоходныхъ рѣкъ является также весьма удобнымъ давать нѣкоторые характерные горизонты надъ уровнемъ, соотвѣтствующимъ среднему меженному горизонту.

Обычно къ такому горизонту относятся планы, снимаемые на рѣкахъ.

Но не мало затрудненія представляетъ точное опре- дѣленіе этого горизонта, т. к., несмотря на то, что даже въ юридической практикѣ существуетъ такой терминъ, все-же точныхъ указаній, какъ его установить, не имѣется.

Какъ наиболѣе соотвѣтствующій дѣйствительности, этотъ горизонтъ можно опредѣлить—какъ среднее арио- метическое изъ высотъ горизонтовъ, взятыхъ въ предѣ- лахъ, начиная отъ окончанія весенняго паводка, т. е. тамъ, гдѣ кривая колебанія горизонта начинаетъ дѣлать переломъ, переходя на меженніе горизонты—до горизонта, который соотвѣтствуетъ появленію осенняго ледохода¹⁾).

Нѣкоторые гидротехники считаютъ, что этотъ гори- зонтъ соотвѣтствуетъ среднему значенію изъ двухъ пре- дѣльныхъ уровней колебанія горизонта—въ меженнее время.

Выбравъ тотъ или иной горизонтъ и принявъ его за основной, приступаютъ къ повѣркѣ отдѣльныхъ водо-

¹⁾ Какъ примѣръ можно указать, что на Волгѣ средній меженный горизонтъ, установленный десятками лѣтъ въ понятіи волгарей, для нѣкоторыхъ пунктовъ, соотвѣтствуетъ примѣрно одному аршину надъ наинизшимъ навигаціоннымъ.

мѣрныхъ наблюдений и къ дальнѣйшимъ подсчетамъ ихъ относительно основнаго горизонта.

Для этой цѣли, взявъ запись водомѣрнаго наблюдателя, каждый горизонтъ повѣряютъ въ ариметическомъ отношеніи, если онъ получился путемъ сложения или вычитанія, а также въ отношеніи вѣрности сдѣланныхъ переходовъ съ одной сваи на другую, если постъ былъ свайнаго типа.

Иногда встрѣчается, что путемъ нивелировки обнаруживается измѣненіе положенія сваи въ отношеніи высоты, тогда по оговоркамъ, которыя должны быть въ водомѣрныхъ талонахъ, показанія исправляютъ.

Напримѣръ, если та или иная свая была повреждена ледоходомъ, то наблюдения, относящіяся къ ней, послѣ

1			2	3	4	5
Нумера постовъ, вошедшихъ въ изданія			Названіе волннхъ путей и мѣсто-нахождение водомѣрныхъ постовъ	Разрядъ постовъ	Разстояніе постовъ отъ устьевъ волннхъ путей (въ верстахъ)	Свѣдѣнія о положеніи, устройствѣ и дѣйствиіи водомѣрныхъ постовъ
IX тома						
НК.	П т.	Ут.				
24			С. Исады	1	2.119	. Постъ открытъ 26 августа 1876 г.—на правомъ берегу рѣки; перенесенъ 1 августа 1881 г. къ концу Исадскаго затона, гдѣ началъ отдѣляться отъ главнаго русла песчанною косою; поэтому 18 августа 1883 г. перенесенъ къ началу затона на 305 с. ниже по теченію (приблизительно противъ г. Макарьева). Постъ свайный; чугунныхъ свай двѣ, (съ 18 августа 1883 г.): нижняя нулевая и верхняя береговая—реперъ. Реперная свая мѣняла положеніе въ 1901—1910 г.г. нѣсколько разъ, но, повидимому, нуль наблюдений оставался безъ измѣненій. Нулевая свая въ 1895 г. пропала и 19 октября того-же года была завинчена вновь; причѣмъ нивелировочной связки поста съ реперами Волжской о. п. (см. томъ II, стр. XIV) нельзя было произвести, такъ какъ ихъ не оказалось; поэтому были установлены новые реперы.
9	20	20				

ледохода необходимо исправить согласно новой нивелировки.

Часто при сводкѣ данныхъ показаній колебанія уровня воды приходится выяснять для того или иного промежутка времени положеніе нуля поста, т. к. при ремонтѣ или переустройствѣ поста условный нуль могъ измѣниться. Опредѣлннне отмѣтки нуля поста дѣлается исключительно на основаніи нивелировокъ и записей въ водомѣрныхъ книжкахъ.

Въ дальнѣйшемъ изъ всѣхъ показаній составляютъ таблицы и, если имѣются многолѣтнія наблюденія, дѣлаются выборки, наиболѣе характеризующія бытъ рѣки ¹⁾.

¹⁾ Въ официальномъ изданіи министерства п. с. „свѣдѣнія объ уровнѣи воды на внутреннихъ водныхъ путяхъ Россіи по наблюденіямъ на водомѣрныхъ постахъ“ имѣются нижеслѣдующія выборки изъ показаній:

6	7	8	9	10	11
Свѣдѣнія о нулѣ графика и нулѣ наблюдений водомѣрныхъ постовъ	Реперы водомѣрныхъ постовъ	Нивелировочныя отмѣтки реперовъ	Отмѣтки реперовъ надъ нулемъ графика	Нивелировочныя отмѣтки нуля графика	Примѣчаніе
		Въ саженьяхъ			
За нуль графика принять нуль наблюдений при основаніи поста.	1. Площадка верхней чугунной сваи поста — съ октября 1910 г.	34,55	9,65	24,90	
Положеніе нуля наблюдений относительно нуля графика: до 1 января 1880 г. 0,00 с. съ 1 января 1880 г. до 1 августа 1881 г. +0,30 с.; съ 1 августа 1881 г. до 1 апрѣля 1883 г. +0,14 с.; съ 1 апрѣля до 18 августа 1883 г. +0,19 с.; съ 18 августа 1883 г. 0,00 с.	2. Верхній выступ цоколя (юго-вост. угла) Никольской церкви—съ 19 октября 1895 г.	43,85	18,95		
	3. Средній выступ цоколя—тамъ-же . .	43,52	18,62		
	4. Нижній выступ цоколя—тамъ-же . .	43,40	18,50		

Кромѣ составленія таблицъ колебанія горизонта воды, для наглядности вычерчиваются годовые графики колебанія уровня.

Для этой цѣли, взявъ тотъ или иной масштабъ, такъ, чтобы на чертежѣ помѣстились все двѣнадцать мѣсяцевъ года, въ видѣ ординатъ откладываютъ для каждаго дня высоту горизонта (въ большинствѣ случаевъ утреннія наблюденія) и соединяютъ ихъ плавной кривой.

Помимо этого на графикѣ наносятъ также въ видѣ горизонтальной черной полосы продолжительность ледостава, причемъ перерывы въ ней соотвѣтствуютъ отдѣльнымъ подвижкамъ или ледоходу.

№ въ изданіи	2	3	4	5	ПЕРИОДЪ ВСКРЫТІЯ												16	17
					Вскрытіе (ледъ тронулся)			Очищеніе отъ льда			Средняя продолжительность ледохода (гр. 8 и 11)	Амплитуда продолжительности ледохода (гр. 6 и 10)	Наивысшій ледоходный уровень	Время наблюденія его	Наинизшій ледоходный уровень	Время наблюденія его		
					Самое раннее	Самое позднее	Среднее	Самое раннее	Самое позднее	Среднее								
					Разрядъ постовъ			Число лѣтъ наблюденій										
24	Басс. Каспійскаго моря. Р. Волга. С. Исады . .	1	2.119	30	23 мар. 1890	16 апр. 1884	3 апр.	1 апр. 1888, 1890, 1903	30 апр. 1893	13 апр.	10	38	5,22	13 апр. 1899	89	28 мар. 1910		

Принято на томъ же графикѣ показывать колебанія температуры воды и воздуха, а также и горизонты, при которыхъ производились наблюденія надъ расходами воды.

Для сравненія колебанія уровня воды за болѣе или менѣе продолжительный промежутокъ времени на одномъ и томъ же графикѣ разными цвѣтами наносятъ кривыя нѣсколькихъ лѣтъ.

Живымъ сѣченіемъ рѣки называется разрѣзъ русла по поперечному профилю. Ограничивъ этотъ разрѣзъ линіей горизонта, мы получимъ площадь живого сѣченія.

Подсчетъ живого сѣченія.

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
ПЕРИОДЪ ЗАМЕРЗАНІЯ														Число дней, свободныхъ отъ льда			
Амплитуда колебаній уровня (гр. 14 и 16)	Первое появленіе сала			Окончательный ледоставъ			Средняя продолжительность ледохода (гр. 21 и 24)	Амплитуда продолжительности ледохода (гр. 19 и 23)	Наивысшій ледоходный уровень	Время наблюденія его	Наивысшій ледоходный уровень	Время наблюденія его	Амплитуда колебаній уровня (гр. 27 и 29)	Наибольшее	Наименьшее	Среднее	Средняя продолжительность ледостава
	Самое раннее	Самое позднее	Среднее	Самый ранній	Самый поздній	Средній											
4,33	3 окт. 1882	12 нбр. 1899	24 окт.	24 окт. 1881	18 дек. 1905	15 нбр.	22	76	2,02	31 окт. 1905	30	31 окт. 1901	2,32	216	167	195	138

Для построения живого сечения должны быть заранее даны: высота стояния горизонта, промѣры глубинъ и ихъ разстоянія отъ магистрали.

Такъ какъ во время производства работъ горизонтъ воды можетъ измѣняться, то, прежде чѣмъ приступить къ построению живого сечения, необходимо всѣ промѣры привести къ „среднему“ рабочему горизонту.

Въ тѣхъ случаяхъ, когда измѣненіе горизонта влечетъ за собой измѣненіе площади живого сечения менѣе, чѣмъ на 1⁰/₁₀₀), то за „средній“ рабочей горизонтъ принимаютъ среднее арифметическое изъ отмѣтокъ горизонтовъ воды на отдѣльныхъ вертикаляхъ.

Такъ, напримѣръ, если у насъ имѣются 6 вертикалей, для которыхъ получили высоты горизонтовъ надъ нулемъ наблюдений: 4.349; 4.348; 4.346; 4.345; 4.345; и 4.344, то средній рабочей горизонтъ будетъ равенъ:

$$H = \frac{4.349 + 4.348 + 4.346 + 4.345 + 4.345 + 4.344}{6} = 4.346 \text{ саж.}$$

Если же площадь живого сечения въ зависимости отъ колебанія горизонта измѣнилась болѣе, чѣмъ на 1⁰/₁₀₀, то средній рабочей горизонтъ опредѣляется по формулѣ:

$$H = \frac{q_1 h_1 + q_2 h_2 + \dots + q_n h_n}{q_1 + q_2 + \dots + q_n}$$

1) Пусть, напримѣръ, площадь живого сечения, построеннаго по начальному горизонту была равна 1.400 кв. саж., а построеннаго по конечному горизонту уменьшилась и стала равна 1.372 кв. саж. Изъ данныхъ числовыхъ величинъ видно, что площ. жив. сечения уменьшилась на 28 кв. саж., т. е. на 2%.

H —отмѣтка искомага средняго рабочаго горизонта,
 $q_1, q_2 \dots q_n$ —величины элементарныхъ расходовъ,
 $h_1, h_2 \dots h_n$ —отмѣтки горизонтовъ воды во время наблю-
 деній на отдѣльныхъ вертикаляхъ.

Хотя въ подсчетахъ средняго рабочаго горизонта мы и сталкиваемся съ величиной элементарнаго расхода, полученіе котораго будетъ объяснено далѣе, но все же для послѣдовательности мы приведемъ именно здѣсь примѣръ, взятый изъ обработки одного расхода, опредѣленнаго на Волгѣ Вязовской станціей ¹⁾.

Въ началѣ наблюденій горизонтъ былъ равенъ 23.877 саж. ²⁾ во время работъ повысился до 24.056.

Площадь, вычисленная по горизонту 23.877, была равна 3.253,0 кв. саж., а по горизонту 24,056 саж.= 3.339 кв. саж.—такимъ образомъ расходимость выражалась въ 2,5⁰/о.

Для дальнѣйшихъ вычисленій намъ необходимо имѣть построенное живое сѣченіе и среднія скорости на вертикаляхъ, чтобы взявъ разстояніе между вертикалями и дѣля его пополамъ пунктирными линиями, смотр. чертежъ, для каждой вертикали вычислить площадь между ближайшими къ ней пунктирными линиями дѣленій, дномъ и линіей соответствующаго данной вертикали горизонта, а затѣмъ, умножая произведенія площадей на среднія скорости соответствующихъ вертикалей и, суммируя ихъ, получить приближенное значеніе величины расхода.

¹⁾ Этотъ примѣръ детально рекомендуется разобрать, ознакомившись сначала со всей обработкой.

²⁾ Въ началѣ одна вертикаль была сдѣлана отъ праваго берега, а затѣмъ наблюденія велись отъ лѣваго луговаго берега.

$$Q = \infty F_1 v'_m + F_2 v''_m + \dots + F_n v'''_m = q_1 + q_2 + q_3 \dots + q_n$$

Q —расходъ воды,

F_1, F_2 —площади между пунктирными линиями,

$v'_m, v''_m \dots$ —скорости, соответствующія выше указаннымъ площадямъ.

Расстояние между вертикалями въ саж. l	Горизонты на отдѣльныхъ вертикаляхъ h	Отмѣтки точекъ дна пункт.вертик. лин.	Глубины пунктирныхъ вертикалей (линіи)
63	23.941	23.941	23.941—23.941=0
		20.350	23.941—20.350=3.591
53,5	23.994	20.350	23.994—20.350=3.644
		19.130	23.994—19.130=4.864
77	23.997	19.130	23.997—19.130=4.867
		16.150	23.997—16.150=7.847
59,5	24.027	16.150	24.027—16.150=7.877
		14.600	24.027—14.600=9.427
39	24.030	14.600	24.030—14.600=9.427
		14.090	24.030—14.090=9.940
41,5	24.037	14.090	24.037—14.090=9.947
		14.100	24.037—14.100=9.937
43	24.041	14.100	24.041—14.100=9.941
		14.380	24.041—14.380=9.661
45	24.056	14.380	24.056—14.380=9.676
		16.150	24.056—16.150=7.906
58,5	23.877	16.150	23.877—16.150=7.727
		23.877	23.877—23.877=0

Примѣчаніе: Для упрощенія вычисленія:

вмѣсто $h_1 = 23.941$, и $h_2 = 23.994$ саж.

взято $h_1 = 0.941$, и $h_2 = 0.994$ и т. д.

Далѣ суммируемъ произведенія элементарныхъ расходовъ на среднія отмѣтки горизонта воды на каждой вертикали, получимъ:

$$q_1 h_1 + q_2 h_2 + \dots + q_n h_n$$

дѣля полученную сумму, согласно формулѣ, на приближенно полученный расходъ Q будетъ имѣть H . Смотрите прилагаемую таблицу.

Площадь между пунктирными линіями $F \frac{(B+b)}{2} l$	Приближенно вычисленный расходъ воды $Q = \infty F_1 v_m + F_2 v_m \dots = q_1 + q_2 + q_n$	Элементарные расходы, умноженные на горизонты $q_1 h_1 + q_2 h_2 + \dots + q_n h_n$
$\frac{(0+3.591) 63}{2} = 113.117$	$113.117 \times 0.949 = 107.348$	$107.348 \times 0.941 = 101.014$
$\frac{(3.644+4.864) 53.5}{2} = 227.589$	$227.589 \times 1.071 = 243.748$	$243.748 \times 0.994 = 242.286$
$\frac{(4.867+7.847) 77}{2} = 489.489$	$489.489 \times 1.096 = 536.480$	$536.480 \times 0.997 = 534.871$
$\frac{(7.877+9.427) 59.5}{2} = 514.794$	$514.794 \times 0.904 = 465.374$	$465.374 \times 1.027 = 477.939$
$\frac{(9.430+9.940) 39}{2} = 377.715$	$377.715 \times 0.934 = 352.786$	$352.786 \times 1.030 = 363.370$
$\frac{(9.947+9.937) 41.5}{2} = 412.593$	$412.593 \times 0.968 = 399.390$	$399.390 \times 1.037 = 414.167$
$\frac{(9.941+9.661) 43}{2} = 421.443$	$421.443 \times 0.954 = 402.057$	$402.057 \times 1.041 = 418.541$
$\frac{(9.676+7.906) 45}{2} = 395.595$	$395.595 \times 0.949 = 375.420$	$375.420 \times 1.056 = 396.443$
$\frac{(7.727+0) 58.5}{2} = 226.015$	$226.015 \times 0.973 = 219.913$	$219.913 \times 0.877 = 192.864$
	$Q = 3.102.516$	$S = 3.141.495$

$$H_1 = \frac{3.141.495}{3.102.516} = 1.012$$

$$H = 24.012 \text{ саж.}$$

Въ дальнѣйшемъ для построенія живого сѣченія выбирается масштабъ съ такимъ расчетомъ, чтобы чертежъ помѣстился на одномъ листѣ и существовала бы извѣстная наглядность. На волжскихъ гидрометрическихъ станціяхъ обыкновенно принято брать масштабы для горизонтальныхъ разстояній отъ 40 до 50 саж. въ 0,01 с., а для глубинъ 1 саж. въ 0,01 саж. Но, сплошь и рядомъ, масштабы берутся и крупнѣе и мельче: иногда бываетъ, что рѣки, при незначительныхъ глубинахъ 5—7 саж., имѣють сравнительно большую ширину. Такъ, напримѣръ, въ половодье ширина р. Волги или Камы мѣстами достигаетъ до 35 и болѣе верстъ. Очевидно, что при такихъ условіяхъ чертитъ живое сѣченіе въ крупномъ масштабѣ неудобно.

Итакъ, имѣя для построенія живого сѣченія всѣ необходимыя данныя, приступаютъ къ самому построенію.

На клѣтчатой бумагѣ проводятъ вертикальную линію, принимаемую за магистраль и перпендикулярно къ ней линію средняго рабочаго горизонта, при которомъ опредѣленъ расходъ воды.

На линіи рабочаго горизонта откладываютъ по даннымъ планшета точки промѣровъ, а также и разстояніе урѣзовъ отъ магистрали.

Послѣ этого изъ точекъ внизъ, перпендикулярно къ рабочему горизонту, откладываютъ величины полученныхъ промѣровъ.

Конечныя точки глубинъ соединяють плавной кривой линіей и, сведя ее постепенно къ урѣзу на нуль, получаютъ живое сѣченіе.

Иногда бываетъ, что промѣры глубинъ вертикалей не совпадаютъ съ промѣрами, произведенными во время наблюденій надъ скоростями. Предпочтеніе обычно отда-

ютъ послѣднимъ, т. к. глубины на вертикаляхъ опредѣляются строго по створамъ и нѣсколько разъ.

При измѣреніяхъ глубинъ, благодаря большимъ скоростямъ теченія, часто наблюдается довольно значительное отклоненіе троса отъ вертикальной линіи; такое отклоненіе влечетъ за собой погрѣшность при опредѣленіи истинной глубины рѣки въ измѣряемой точкѣ.

Вычисленія
отклоненія
троса тече-
ніемъ.

На практикѣ случалось наблюдать, что это отклоненіе достигало при большихъ скоростяхъ въ весеннюю воду до 0,50 саж. при измѣреніи глубины въ 10—11 саж.

Величина отклоненія зависитъ главнымъ образомъ отъ скоростей теченія и длины выпущеннаго троса, но, кромѣ этихъ двухъ величинъ, на отклоненіе вліяетъ также толщина его и форма груза; въ тѣхъ случаяхъ, когда тросъ толще и поперечное сѣченіе груза, которое подвергается дѣйствию струй, больше, — отклоненіе троса бываетъ значительнѣе.

Для того, чтобы приблизиться къ дѣйствительной глубинѣ, при обработкѣ, путемъ нѣкоторыхъ подсчетовъ, вводятъ поправку.

За отсутствіемъ опытовъ и повѣрокъ подсчеты отклоненія троса носятъ нѣсколько теоретическій характеръ.

Съ нѣкоторымъ приближеніемъ мы можемъ сказать, что наибольшаго угла отклоненія тросъ достигаетъ у поверхности, въ средней части получается выуклость и, по мѣрѣ приближенія къ грузу, тросъ принимаетъ болѣе перпендикулярное положеніе (смотри чертежъ). Для вычисленія отклоненія пользуются формулой, основанной на

томъ, что сила горизонтальнаго давленія въ любой точкѣ сѣченія пропорціональна квадрату скорости потока.

Для облегченія подсчета скорость принимаютъ отъ поверхности до дна постоянной, (берутъ среднюю скорость для всей глубины вертикали), а каждый элементъ тросса, при дѣйствіи на него потока, считаютъ находящимся въ отвѣсномъ положеніи.

Вводя слѣдующія обозначенія:

d —діаметръ тросса (въ сантиметрахъ),

v —скорость потока (метр. секунду),

q —вѣсъ одного метра тросса (въ килогр.),

p —давленіе воды на одинъ погонный метръ тросса (въ килограм.),

F —поперечное сѣченіе груза и вертушки (кв. децим.),

Q —вѣсъ груза съ вертушкой подъ водой (въ килогр.),

P —давленіе воды на вертушку вмѣстѣ съ грузомъ (килограм.),

f° —уголъ отклоненія тросса у поверхности,

f —уголъ отклоненія тросса подъ водой,

L —длина погруженнаго тросса (въ метрахъ),

T —теоретическая глубина погруженія вертушки (въ метрахъ), обозначая:

$$n = \frac{q}{p} \quad \text{и} \quad m = \frac{pL + P}{Q}$$

и принимая, что

$$p = 0,52 \, dv^2$$

$$P = 0,52 \, Fv^2$$

а также, что давленіе на наклонно висящій троссъ

равно $= p \sin f$, какъ равнодѣйствующую изъ силы отклоненія и тяжести груза, получимъ въ окончательномъ видѣ

$$T = \frac{Q}{p} \cdot \frac{f - f^\circ}{1 - nf}$$

Для отысканія значенія угла f , который есть функція величинъ m и n , приводится нижеслѣдующая таблица.

Таблица для отысканія угла f , какъ функціи m и n .

$n \downarrow m \rightarrow$	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
0,0	0,000	0,100	1,295	0,390	0,390	0,480	0,567	0,649	0,726	0,798	0,866	0,928	0,986	1,039
0,1	0,000	0,099	0,194	0,287	0,375	0,459	0,538	0,612	0,681	0,745	0,805	0,860	0,909	0,955
0,2	0,000	0,098	0,190	0,278	0,362	0,439	0,511	0,578	0,641	0,698	0,751	0,799	0,844	0,884
0,3	0,000	0,096	0,187	0,272	0,350	0,421	0,487	0,549	0,604	0,655	0,702	0,745	0,784	0,820
0,4	0,000	0,095	0,183	0,264	0,338	0,405	0,466	0,521	0,571	0,617	0,659	0,698	0,733	0,765
0,5	0,000	0,094	0,181	0,257	0,327	0,390	0,446	0,497	0,542	0,583	0,621	0,656	0,687	0,715

Пользуясь указанной выше формулой и, подставляя въ нее данныя величины, какъ напримѣръ

$Q=70$ килограммовъ

$d=0,75$ сантиметра

$q=0,1$ килограмма

$F=2,4$ кв. дециметровъ

получаемъ для различныхъ скоростей нижеслѣдующія значения:

L	v	p	P	$n = \frac{q}{p}$	$m = \frac{pL+P}{Q}$	i°	f	$T = \frac{Q}{p} \cdot \frac{f-f^2}{1-nf}$ met
met	met/s	052 dv ²	052 Fv ²					
10	1	0,390	1,248	0,256	0,074	0,018	0,072	9,87
10	1,5	0,878	2,808	0,114	0,166	0,040	0,161	9,87
10	2	1,560	4,992	0,064	0,294	0,071	0,284	9,74
10	2,3	2,063	6,601	0,048	0,389	0,094	0,373	9,64
15	1	0,390	1,248	0,256	0,101	0,017	0,098	14,73
15	1,5	0,878	2,808	0,114	0,228	0,040	0,219	14,64
15	2	1,560	4,992	0,064	0,406	0,071	0,386	14,39
15	2,3	2,063	6,601	0,048	0,536	0,094	0,500	14,11
18	1	0,390	1,248	0,256	0,118	0,018	0,113	17,65
18	1,5	0,878	2,808	0,114	0,266	0,040	0,254	17,57
18	2	1,560	4,992	0,064	0,472	0,071	0,442	17,13
18	2,3	2,063	6,601	0,048	0,625	0,094	0,573	16,71
20	1	0,390	1,248	0,256	0,129	0,017	0,123	19,64
20	1,5	0,878	2,808	0,114	0,291	0,040	0,277	19,51
20	2	1,560	4,992	0,064	0,517	0,071	0,480	18,93
20	2,3	2,063	6,601	0,048	0,684	0,094	0,619	18,36

Для дальнѣйшаго облегченія подсчетовъ по полученнымъ даннымъ можно вычертить рядъ кривыхъ, по

которымъ, уже зная величину выпущеннаго тросса, отыскиваютъ его относъ. См. прилагаемый граффикъ.

Необходимо замѣтить, что всѣ эти вычисленія — весьма кропотная работа, а главное неудобство заключается въ томъ, что прежде чѣмъ узнать величину отклоненія тросса, необходимо узнать среднюю скорость на мѣстѣ промѣра, напримѣръ на вертикали ¹⁾).

Изъ прилагаемой таблицы мы видимъ, что, напримѣръ, при скорости 1 метра въ секунду, для тросса, длиною 20 метр. относъ равенъ 0,36 метр. для 18 метр. равенъ 0,35 мет. и т. д., т. е. съ уменьшеніемъ глубины относъ уменьшается; для 10 метр. относъ равенъ 0,13 мет. Основываясь на этомъ,—поправку на относъ включаютъ лишь тамъ, гдѣ относъ получается не менѣе пяти сотыхъ сажени.

Вычисливъ по указанному способу глубины вертикалей, переходятъ къ исправленію живого сѣченія; для этого въ точкахъ наблюденія откладываютъ надъ прежними промѣрами вновь вычисленную глубину и соединяютъ плавной кривой. Между сосѣдними вертикалями кривую проводятъ сообразуясь съ общимъ очертаніемъ рельефа дна, согласно ранѣе нанесеннымъ промѣрамъ.

У береговъ новое очертаніе рельефа дна постепенно сливается съ прежнимъ, т. к. предполагаютъ, что, благодаря малымъ скоростямъ, по мѣрѣ приближенія къ урѣзу рѣки, ошибка въ промѣрахъ глубины должна уменьшаться.

¹⁾ Для упрощенія подсчета можно принять, безъ риска существенной погрѣшности, за среднюю скорость — полусумму скоростей, измѣренныхъ на 0,2 глуб. и 0,8 или же, просто, скорость на 0,6 глуб. вертикали.

Вычисленіе скоростей теченія и построеніе кривыхъ скоростей на вертикаляхъ.

Для построения кривыхъ ¹⁾ скоростей на вертикаляхъ необходимо имѣть глубины вертикалей, глубины отдѣль-

¹⁾ Цѣль графическаго построения примѣняется для того, чтобы вывести нѣкоторую непрерывную зависимость между двумя опредѣленными величинами. Эта зависимость выражается обычно между двумя гидравлическими элементами, напр. расходами воды и высотой стояня горизонта или между высотой горизонта и средней скоростью теченія воды и т. д.

Всѣ эти явленія совершаются въ природѣ съ извѣстной плано-мѣрностью—отсутствіемъ рѣзкихъ колебаній въ стороны. Эти соображенія позволяютъ намъ вводить нѣкоторую плавность, несмотря на то, что нѣкоторыя изъ отдѣльныхъ наблюденій, въ силу ошибокъ, имѣютъ отклоненіе въ ту или иную сторону. Кромѣ того, если мы имѣемъ въ извѣстныхъ предѣлахъ рядъ данныхъ съ нѣкоторыми промежутками, то, соединивъ ихъ кривой, мы можемъ установить непрерывность зависимости одной величины отъ другой. Напримѣръ, если у насъ было произведено опредѣленіе расходовъ воды при горизонтахъ 1—2—3 и т. д. саж., то, соединивъ всѣ эти точки кривой, мы можемъ знать расходы воды въ промежуточныхъ стадіяхъ при $1\frac{1}{2}$, $2\frac{1}{2}$ саж. и т. д. Такой способъ опредѣленія промежуточныхъ величинъ наз. интерполяціей или интерполированіемъ.

Другой примѣръ можетъ быть слѣдующій: требуется узнать распредѣленіе поверхностныхъ скоростей по всему живому сѣченію рѣки; имѣются же наблюденія только на вертикаляхъ, отстоящихъ въ 50—60 саж. одна отъ другой. Нанеся въ извѣстномъ масштабѣ на линіи горизонта измѣренныя нами величины и, соединивъ ихъ плавной кривой, мы можемъ узнать также и всѣ промежуточные значенія.

Если наши наблюденія прекратились въ извѣстный періодъ и мы знаемъ, что данное явленіе продолжалось еще далѣе, то по тѣмъ же принципамъ проводя по общему характеру кривую за предѣлы точекъ, мы можемъ до нѣкоторой степени охарактеризовать дальнѣйшую зависимость, такъ напр., если наши наблюденія надъ расходами воды кончались при горизонтѣ 5 саж., а мы знаемъ, что горизонтъ достигалъ до 6 саж., то продолжая кривую, можно узнать расходы воды и при 6 саж. Такой способъ опредѣленія называемъ экстерполяціей. Кромѣ графическаго изображенія зависимости одной величины отъ другой, для удобства пользованія при подсчетахъ, зависимость выражается иногда аналитически въ видѣ той или иной математической формулы. Въ данномъ случаѣ поступаютъ такимъ способомъ: сначала изображаютъ графически зависимости одной величины отъ другой, затѣмъ, по общему характеру этой кривой, задаются той или иной формулой для выраженія зависимости

ныхъ точекъ наблюденій надъ скоростями теченія воды и, наконецъ, величины скоростей на этихъ глубинахъ.

Глубина наблюденія скорости на вертикали или непосредственно указывается въ полевомъ журналѣ, или дается въ опредѣленныхъ доляхъ глубины всей вертикали.

У поверхности, если погруженіе вертушки не указано, глубину берутъ равной 0,07—0,10 с., что приблизительно соотвѣтствуетъ слою воды, покрывающему лопасти вертушки ¹⁾).

Дальнѣйшія точки, если указаны только доли глубины, вычисляютъ. Если, на примѣръ, при глубинѣ вертикали, равной 4,29 саж., наблюденія производились на 0,2, 0,6 и 0,8 всей глубины, то точки погруженія вертушки получаютъ слѣдующимъ образомъ:

на глубинѣ 0,2 будемъ имѣть $4,29 \times 0,2 = 0,86$ саж.

„ „ 0,6 „ „ $4,29 \times 0,6 = 2,57$ саж.

и т. д. смотр. приложение.

Наконецъ, глубина точки, на которой опредѣляютъ донную скорость, равна глубинѣ всей вертикали минусъ, такъ называемое, мертвое пространство, равное разстоянію отъ оси вертушки до нижней поверхности груза, которое должно быть указано въ полевомъ журналѣ. Въ приводимомъ примѣрѣ оно равно 0,19 саж.; значитъ, опредѣленіе донной скорости производилось на глубинѣ $4,29 \text{ с.} - 0,19 \text{ с.} = 4,10$ саж.

¹⁾ Въ тихую погоду вертушку погружаютъ на глубину, равную радіусу лопасти, въ вѣтряную погоду это разстояніе берутъ нѣсколько больше, т. к. при незначительномъ волненіи лопасти вертушки могутъ обнажиться.

Скорости течения вычисляются по особымъ тарифовочнымъ формуламъ, которыя даются для каждой вертушки отдѣльно.

Обычная формула для вертушекъ сист. Отта, Гайоза, Волга и другихъ имѣетъ слѣдующій видъ:

$$v = v_0 + kn$$

въ которой v —обозначаетъ скорость въ секунду (въ метрахъ или саженьяхъ), v_0 и k —постоянные тарифовочные коэффициенты въ метрахъ или саженьяхъ и n —число оборотовъ лопастей вертушки въ секунду.

Напримѣръ, вертушка № 4 Гайоза, лоп. № 12 ¹⁾ которая употреблялась при опредѣленіи расходовъ воды на р. Волгѣ у д. Собакино 15 мая 1915 г. имѣла такую формулу:

$$\text{для } n \begin{matrix} > 0,627 \\ < 3,228 \end{matrix} \quad v = 0,0549 + 0,0570 n$$

$$\text{„ } n \begin{matrix} > 3,228 \\ < 10,476 \end{matrix} \quad v = 0,0068 + 0,0719 n$$

$$\text{„ } n \begin{matrix} > 10,476 \\ < 13,337 \end{matrix} \quad v = 0,1430 + 0,0862 n$$

При опредѣленіи скоростей на первой вертикали были получены слѣдующія значенія для n : у поверхности 8,55, у дна 5,00, на 0,2 глубины 8,26, на 0,6—7,60 и на 0,8—6,80 оборотовъ въ секунду; для вычисленія скоростей формулами пользуются слѣдующимъ образомъ: для

¹⁾ См. приложенія. Расходъ № 14.

всѣхъ наблюденныхъ скоростей беремъ $v = 0,0068 + 0,0719 n$, такъ какъ число оборотовъ лопастей въ секунду заключается между числами 5,00 и 8,55.

Такимъ образомъ получаемъ слѣдующія скорости:
у поверхности $v = 0,0068 + 0,0719 \cdot 8,55 = 0,622$ саж. ск.
на 0,2 глуб. $v = 0,0068 + 0,0719 \cdot 8,26 = 0,601$ " "
" 0,6 " $v = 0,0068 + 0,0719 \cdot 7,60 = 0,553$ " "
" 0,8 " $v = 0,0068 + 0,0719 \cdot 6,80 = 0,496$ " "
у дна $v = 0,0068 + 0,0719 \cdot 5,00 = 0,366$ " "

При выборѣ масштаба нужно руководствоваться слѣдующими соображеніями: во-первыхъ, чтобы не нарушить возможности полученія болѣе точныхъ величинъ площадей кривыхъ скоростей на вертикаляхъ при обводкѣ планиметромъ; во-вторыхъ, чтобы при обводкѣ планиметромъ возможно было обвести всю площадь сразу, не разбивая ее на части.

На гидрометрическихъ станціяхъ Волжскаго района, принимая во вниманіе общую точность работъ для построенія кривыхъ скоростей на вертикаляхъ, обычно берутся слѣдующіе масштабы: для глубинъ 1 саж. въ 0,01 саж. и для скоростей 0,2 саж. въ 0,01 саж. или для глубинъ 0,5 саж. въ 0,01 саж., а для скоростей—0,1 саж. въ 0,01 саж.

Примѣненіе масштаба болѣе крупнаго, чѣмъ принятыя, какъ показали ваши пробныя вычисленія, не давало замѣтнаго повышенія точности при измѣреніи площади планиметромъ.

Итакъ, имѣя необходимые матеріалы для построенія кривыхъ скоростей на вертикаляхъ, а именно: глубину всей вертикали, глубины отдѣльныхъ точекъ наблюденій

надъ скоростями, величины этихъ скоростей и, выбравъ тотъ или иной масштабъ, приступаютъ къ самому построению.

Построение кривыхъ скоростей дѣлается обычно на клѣтчатой бумагѣ съ дѣленіями на 0,01 саж. Сначала проводятъ вертикальную линію, откладываютъ на ней глубину вертикали и наносятъ глубины отдѣльныхъ точекъ наблюдений надъ скоростями; затѣмъ, перпендикулярно къ отложенной глубинѣ вертикали, откладываютъ величины скоростей въ отдѣльныхъ точкахъ и концы абсциссъ соединяютъ плавной кривой.

У поверхности кривую выводятъ или вертикально, или отклоняютъ въ ту или другую сторону по общему ходу кривой ¹⁾.

У дна кривую сводятъ на нуль, если величина скорости, отмѣченная вертушкой надъ „мертвымъ пространствомъ“, невелика; если же скорость здѣсь болѣе или менѣе значительна, напримѣръ, 0,3—0,4 саж. въ секунду, то кривую, сообразуясь съ общимъ ея очертаніемъ, доводятъ до дна, заканчивая вертикаль почти горизонтальной линіей ²⁾.

¹⁾ Смотрите вспомогательныя діаграммы для опредѣленія среднихъ скоростей на отдѣльныхъ вертикаляхъ.

²⁾ Рядъ гидротехниковъ, посвятившихъ свои опыты изслѣдованію закона распредѣленія скоростей по глубинѣ вертикали, пришли къ весьма разнорѣчивымъ выводамъ. Одни, напримѣръ, Вольтманъ, Хагенъ высказываютъ, что измѣненія скоростей на вертикали происходитъ по параболической зависимости, причѣмъ ось параболы расположена вертикально, а вершина находится ниже дна.

Другіе даютъ уравненія кривой зависимости скоростей на вертикали въ видѣ гиперболы или логарифмической линіи. Ясмундъ пришелъ къ заключенію, что лучшіе результаты даетъ логарифмическая линія съ вертикальной осью, выражаемая уравненіемъ.

Эти результаты подтверждаются Рейнскимъ гидротехническимъ Управленіемъ. Разнообразіе въ выводахъ заключается, повидимому, въ непостоянствѣ условий, въ которыхъ производились опыты.

Построивъ вышеописаннымъ способомъ кривыя скоростей на вертикаляхъ, опредѣляютъ ихъ площади, обводя три или четыре раза планиметромъ ¹⁾).

¹⁾ При опредѣленіи площадей пользуются двумя методами: аналитическимъ и механическимъ.

Первый методъ состоитъ въ томъ, что данную фигуру разбиваютъ прямыми линиями на части и математическимъ путемъ опредѣляютъ площадь каждой изъ нихъ въ отдѣльности, а затѣмъ находятъ общую сумму.

Второй же методъ состоитъ въ опредѣленіи площади помощью спеціального прибора—планиметра. Конечно, можно пользоваться какъ тѣмъ, такъ и другимъ способомъ, но, если площадь ограничена кривыми линиями, какъ это бываетъ у насъ, то второй способъ наиболѣе цѣлесообразенъ, какъ болѣе точный.

Планиметръ—площадеизмѣритель состоитъ изъ подвижнаго стержня А (см. черт.), на одномъ концѣ котораго прикрѣпленъ штифтъ конецъ послѣдняго при обводкѣ водятъ по периметру фигуры.

На стержнѣ неподвижно, при помощи винта *d* закрѣплены салазки КК существенную часть которыхъ составляетъ вертикальный кругъ L. Этотъ кругъ раздѣленъ на сто частей и черезъ каждыя десять дѣлений поставлены цифры 0, 1, 2 . . 9.

Вращеніе вертикальнаго круга, при помощи безконечнаго винта и шестерни, передается горизонтальному, раздѣленному на десять частей и, когда вертикальный кругъ сдѣлаетъ десять оборотовъ, горизонтальный сдѣлаетъ одинъ оборотъ.

Слѣдовательно, число полныхъ оборотовъ вертикальнаго колеса отсчитывается по горизонтальному, десятая и сотая по вертикальному кругу и, наконецъ, тысячная по нониусу L; вслѣдствіе чего каждый отсчетъ планиметра состоитъ изъ четырехъ цифръ.

При помощи рычага AA салазки и стержень движутся по периметру около неподвижной точки груза в.

Отсчетъ производится такимъ образомъ: отмѣчаютъ прежде всего показаніе индекса *n* на горизонтальномъ кругѣ, пусть индексъ указываетъ, что прошла цифра 3, смотрите малый рисунокъ;

Послѣ этого смотрятъ на вертикальный кругъ и записываютъ меньшую цифру изъ двухъ, между которыми расположится нуль нониуса, на чертѣ показано—5; слѣдующая цифра, которую надо записать, выражаетъ число дѣльных дѣлений вертикальнаго кружка отъ цифры 5 до нуля нониуса: положимъ, что цифра эта будетъ 8 и, наконецъ, послѣдней цифрой будетъ та, которая показываетъ дѣленіе нониуса, совпадающее съ какимъ либо дѣленіемъ вертикальнаго круга, на примѣръ 5. Тогда отсчетъ планиметра будетъ 3,585.

Далѣ, раздѣливъ найденныя площади на соответственныя глубины вертикалей, находятъ среднія скорости на нихъ.

Прежде чѣмъ приступить къ дальнѣйшей обработкѣ гидрометрическихъ данныхъ по опредѣленію расходовъ воды, нужно кривыя скоростей на вертикаляхъ, если онѣ вызываютъ какія либо сомнѣнія, сравнить до нѣкоторой степени одну съ другой или съ предыдущими кривыми, полученными на этихъ вертикаляхъ.

Планиметрированіе состоитъ въ слѣдующемъ: помѣщаютъ остріе штифта въ какой-либо точкѣ периметра, (точку, если это необходимо, можно отмѣтить для чего нужно только надавить пальцемъ на головку штифта, отчего на бумагѣ остается слѣдъ), записываютъ число, показываемое планиметромъ и начинаютъ вести штифтъ по линіи, наблюдая, какъ за равномѣрностью движенія, такъ и за тѣмъ, чтобы остріе штифта не сходило съ линіи; для достиженія послѣдняго лучше всего помѣщать глазъ такъ, чтобы штифтъ двигался къ нему. Обводку можно производить какъ по направленію движенія часовой стрѣлки, т. е. справа налѣво, такъ и обратно.

Когда планиметръ придетъ въ исходную точку, то онъ будетъ показывать уже другое число, которое и дѣлаютъ или уменьшаемымъ, если обводка была по стрѣлкѣ часовъ, или же вычитаемымъ, если она была въ обратномъ направленіи.

Въ первомъ случаѣ первоначальное число планиметра дѣлаютъ вычитаемымъ, а во второмъ—уменьшаемымъ.

Полученный отсчетъ есть число отвлеченное, а потому, чтобы получить площадь данной фигуры въ какихъ-либо квадратныхъ мѣрахъ, необходимо опредѣлить такъ называемый коэффициентъ—число, показывающее зависимость отсчета планиметра отъ площади фигуры.

Коэффициентъ этотъ находится такимъ образомъ: берутъ какую либо заранѣе извѣстную площадь, напримѣръ площадь въ 0,8 кв. сажени. что при масштабахъ: въ одной соткѣ—сажень для глубинъ и 0,2 сажени для скоростей будетъ равно квадрату со стороной въ двѣ сотки и обводятъ ее нѣсколько разъ, а затѣмъ берутъ изъ полученныхъ отсчетовъ ариметическое среднее. Положимъ это среднее равно 415.

Такъ какъ взятая нами площадь равна 0,8 кв. саж. то отсюда слѣдуетъ, что единицѣ отсчета соответствуетъ площадь равная 0,8, дѣленая на полученныя числа, т. е.

0,0019 кв. саж.

Для этой цѣли, если наблюденія велись на одной и той же вертикали при различныхъ горизонтахъ, на клѣтчатой бумагѣ наносятъ для каждой вертикали всѣ относящіяся къ ней кривыя скоростей.

По плавности кривыхъ легко замѣтить ошибку: если наблюденія въ какой либо точкѣ были неправильны, то кривая сейчасъ же отклоняется отъ общаго очертанія другихъ.

О точности наблюденій можно судить также по изотаксамъ. Способъ построения будетъ указанъ далѣе.

Это число и будетъ искомый коэффициентъ. Отсюда, само собой, понятно, что для опредѣленія площади какой-либо фигуры ее нужно обвести планиметромъ, соблюдая вышеописанныя правила и полученный средній отсчетъ помножить на найденный коэффициентъ.

Но на практикѣ обращаться съ такимъ числомъ, какъ 0,0019, и т. п. неудобно, а потому при опредѣленіи коэффициента стремятся къ тому, чтобы онъ равнялся 0,005—0,002 т. д., что достигается передвиженіемъ рычага въ ту или другую сторону.

Что касается числа обводокъ, то чѣмъ оно больше, тѣмъ точнѣе будетъ опредѣлена площадь, обвести необходимо три-четыре раза.

Допускаемая разница въ отсчетахъ зависитъ отъ масштаба чертежа и чѣмъ онъ мельче, тѣмъ и разница эта должна быть меньше. Допускаемая ошибка при опредѣленіи площади не должна превышать 0,05% всей площади.

Для большей точности необходимо, кромѣ вышеупомянутыхъ правилъ, соблюдать еще слѣдующія: передъ началомъ обводки нужно опредѣлить неподвижную точку такъ, чтобы при обводкѣ всей фигуры рычаги планиметра не образовывали между собой слишкомъ острыхъ или тупыхъ угловъ; чтобы чертежъ не скользилъ, для чего чертежъ или наклеивается или прикалывается кнопками; чтобы столъ, на которомъ производится обводка отличался устойчивостью и на поверхности его отсутствовали различнаго рода неровности; чтобы приборъ не сходилъ съ листа чертежа на столъ, если же безъ этого обойтись нельзя, то необходимо подложить бумагу, и, наконецъ, чтобы рука свободнѣе скользила по чертежу, можно подъ нее подложить клочекъ бумажки такъ, чтобы шероховатая сторона соприкасалась съ рукой, а гладкая скользила по чертежу.

Положимъ, что у насъ на какой нибудь глубинѣ вертикали скорость была опредѣлена неправильно; тогда, разсматривая изотахи, мы увидимъ, что линія, соединяющая однородныя скорости, въ этомъ мѣстѣ будетъ отклоняться отъ общаго плавнаго очертанія другихъ изотакъ.

Единичныя неправильности при наблюденіяхъ въ обработкѣ, безусловно, съ большой осмотрительностью и оговорками въ чертежахъ, лучше выбросить, чѣмъ гадательно исправлять.

Приведенныя въ концѣ книги цифровыя данныя, чертежи: кривыхъ скоростей на вертикаляхъ и живого сѣченія, даютъ болѣе или менѣе ясное представленіе о ходѣ описанной обработки.

Для построенія эпюры среднихъ скоростей необходимо имѣть среднія скорости на вертикаляхъ.

Какъ было уже сказано средняя скорость вертикали получается отъ дѣленія площади кривой скоростей = f на глубину вертикали = h

$$v = \frac{f}{h} \quad \text{саж. въ сек.}$$

Но среднія скорости на вертикали можно получать и другимъ способомъ¹⁾, такъ, путемъ опыта, выяснилось, что средняя скорость, подсчитанная по способу построения діаграммы по пяти точкамъ, весьма близка къ

¹⁾ Рядъ авторитетныхъ гидрометровъ указываетъ, что переходный коэффициентъ, для лѣтнихъ опредѣленій, отъ скорости, опредѣленной по пяти точкамъ, къ скорости, опредѣленной по двумъ, равенъ единицѣ.

Вычисленіе
средней ско-
рости на вер-
тикали и по-
строеніе эпюры
среднихъ ско-
ростей.

среднему арифметическому значенію скорости, вычисленной по двумъ точкамъ, взятымъ на глубинѣ 0,2 и 0,8 вертикали, т.-е.:

$$v = \frac{V_{0,2} + V_{0,8}}{2} = \text{саж. сек.}$$

Инструкція изслѣдованія водныхъ путей допускаетъ даже производство наблюдений въ двухъ точкахъ, если путемъ опыта выяснилось, что для изслѣдуемаго профиля среднія скорости на вертикаляхъ, опредѣленные по пяти точкамъ и по двумъ не расходятся между собой болѣе, чѣмъ на 5⁰/о.

Но при этомъ указывается, что сравненіе среднихъ скоростей должно быть произведено при различныхъ горизонтахъ съ интервалами не болѣе одной сажени.

Если нельзя рекомендовать въ широкомъ масштабѣ пользоваться такимъ упрощеніемъ при наблюденіяхъ, то, во всякомъ случаѣ, къ способу отысканія средней скорости по двумъ точкамъ при обработкѣ, особенно въ спѣшныхъ случаяхъ, можно прибѣгать.

Для этой цѣли, опредѣляя въ интервалахъ одной сажени среднія скорости по пяти точкамъ и сравнивая ихъ съ двухточечными, остальные подсчитываютъ по двумъ точкамъ.

Путемъ сравненія цѣлаго ряда кривыхъ установлено, что наблюденія, взятые на 0,6 глубины вертикали также близки къ средней скорости, опредѣленной по пяти точкамъ.

Такъ, согласно таблицѣ, составленной Гростомъ¹⁾ на основаніи сравненія 1605 кривыхъ, полученныхъ на раз-

¹⁾ Матеріалы для описанія русск. рѣкъ выпускъ XXXIV. Изд. Упр. Внутр. водн. пут.

личныхъ рѣкахъ, выяснилось, что, на основаніи 476 наблюденій, средняя величина переходнаго коэффиціента отъ скорости, наблюденной на 0,6 глубины вертикали, къ средней равна 0,99, крайнія колебанія 1,03 и 0,95. Величина этого коэффиціента для остальныхъ 910 кривыхъ равна 1,00, крайнія колебанія 1,04—0,97. Средній коэффиціентъ для всѣхъ кривыхъ былъ равенъ 0,998.

Въ той же таблицѣ имѣются сравненія средней скорости, вычисленной по пяти точкамъ и по двумъ на 0,2 и 0,8 глубины вертикали.

Для 476 кривыхъ коэффиціентъ былъ равенъ 1,001 для 216 кривыхъ этотъ коэффиціентъ для мелкихъ рѣкъ съ каменистымъ дномъ былъ равенъ 1,005.

Какъ уже указывалось, имѣя среднія скорости на всѣхъ вертикаляхъ, приступаютъ къ построенію эпюры среднихъ скоростей. Для этого надъ живымъ сѣченіемъ, нѣсколько выше его, проводятъ горизонтальную линію и проектируютъ на нее съ живого сѣченія всѣ вертикали.

На спроектированныхъ такимъ образомъ вертикаляхъ откладываютъ внизъ, напр. въ масштабѣ 0,2 с. въ 0,01 с., величины среднихъ скоростей и, соединивъ полученныя точки плавной кривой линіей, получаютъ эпюру среднихъ скоростей.

Если площадь среднихъ скоростей раздѣлить на ширину рѣки, то получимъ среднюю скорость всего расхода воды т. е.:

$$V \text{ ср.} = \frac{\Omega}{L} = \text{саж. сек.}$$

гдѣ: Ω обозначаетъ площадь эпюры среднихъ скоростей
 L „ „ ширину рѣки отъ урѣза до урѣза.

Элементарный расходъ на вертикали равенъ средней скорости вертикали, умноженной на соотвѣтствующую глубину, т. е.:

$$q = v \text{ ср. } h$$

гдѣ: q — обозначаетъ элементарный расходъ,

„ $v \text{ ср.}$ — средняя скорость на вертикали,

„ h — глубина вертикали.

Если мы разсмотримъ формулу, то увидимъ, что произведение средней скорости на глубину равно площади, которая образуется между кривой на вертикали и глубиной т. е. той величинѣ — которую мы уже имѣли изъ предшествующей обработки, поэтому можно ее не вычислять¹⁾.

Опредѣливъ величины элементарныхъ расходовъ для всѣхъ вертикалей — приступаютъ къ построению эпюры элементарныхъ расходовъ для всего живого сѣченія.

Для этого по другую сторону горизонтальной линіи, на которой строилась эпюра среднихъ скоростей, откладываютъ на вертикаляхъ въ томъ или иномъ масштабѣ величины элементарныхъ расходовъ. Соединивъ концы ординатъ плавной линіей и сведя ее къ проеціямъ урѣзовъ на нуль — получаютъ эпюру элементарныхъ расходовъ.

Иногда, чтобы болѣе точно опредѣлить мѣсто прохожденія кривой между вертикалями — прибѣгаютъ къ по-

Подсчетъ элементарнаго расхода на вертикали, построение эпюры элементарныхъ расходовъ, подсчетъ расхода воды.

¹⁾ Здѣсь необходимо указать, что элементарный расходъ на вертикали, подсчитанный по вышеприведенной формулѣ, равенъ расходу въ части живого сѣченія, имѣющаго безконечно малую ширину, принимаемую за единицу. Самостоятельнаго значенія эта величина не имѣетъ, служить лишь для построения эпюры расходовъ воды. Если же встрѣчается необходимость подсчитать расходы воды въ отдѣльной части живого сѣченія, то необходимо взять эту часть живого сѣченія и умножить ее на соотвѣтствующую среднюю скорость.

строению вспомогательныхъ точекъ, которыя берутся въ наиболѣе характерныхъ мѣстахъ живого сѣченія. Эти вспомогательныя точки получаютъ непосредственнымъ умноженіемъ глубины живого сѣченія на соотвѣтствующую этой глубинѣ среднюю скорость, взятую по кривой среднихъ скоростей живого сѣченія.

Общій расходъ воды во всемъ живомъ сѣченіи равенъ площади элементарныхъ расходовъ, которую можно опредѣлить путемъ планиметрированія или математическимъ подсчетомъ.

Расходъ воды можно получить также путемъ умноженія средней скорости на площадь живого сѣченія т.-е.:

$$Q = V \text{ ср. } F = \text{куб. саж./сек.}$$

гдѣ: Q = общій расходъ воды

„ V ср. = средняя скорость всего живого сѣченія.

„ F = площадь живого сѣченія.

Изъ приведенной формулы можно вывести нижеслѣдующія зависимости:

$$V \text{ ср.} = \frac{Q}{F} = \text{саж./сек.}$$

т.-е. средняя скорость равна расходу воды дѣленному на площадь живого сѣченія;

$$F = \frac{Q}{V \text{ ср.}} = \text{квадр. саж.}$$

т.-е. площадь живого сѣченія равна расходу воды, дѣленному на среднюю скорость.

Эти формулы указываютъ, что при одномъ и томъ же расходѣ воды, если мы будемъ увеличивать площадь живого сѣченія, скорость должна уменьшаться; далѣе — при одной и той же средней скорости, съ увеличеніемъ расхода воды, должно увеличиваться и живое сѣченіе рѣки и, наконецъ, при одномъ и томъ же живомъ сѣченіи съ увеличеніемъ расхода воды должна возрасти и средняя скорость.

Методъ отдѣльныхъ вертикалей есть, обобщеніе для каждой вертикали ряда наблюденій на ней надъ средними скоростями ¹⁾.

Подсчетъ расхода воды по методу отдѣльныхъ вертикалей.

Какъ описывалось выше, вся обработка гидрометрическихъ данныхъ состоитъ изъ отдѣльныхъ послѣдовательныхъ частей.

Повторимъ еще разъ вкратцѣ: сначала намъ необходимо было установить скорость на отдѣльныхъ точкахъ вертикали, затѣмъ среднюю скорость на всей вертикали; далѣе путемъ умноженія глубины на скорость, мы получали элементарный расходъ воды и, наконецъ, опредѣливъ площадь эпюры элементарныхъ расходовъ получали общій расходъ воды. Для дальнѣйшихъ соображеній необходимо напомнить также, что всѣ встрѣчающіяся величины, какъ скорость, элементарный расходъ зависятъ отъ высоты стоянія горизонта.

Для подсчета расхода воды по методу отдѣльныхъ вертикалей необходимо для каждой вертикали вывести зависимость между средней скоростью и высотой стоянія горизонта воды.

¹⁾ Этотъ методъ примѣнимъ исключительно въ тѣхъ случаяхъ, когда наблюденія надъ скоростями велись на постоянныхъ вертикаляхъ, т. е. вертикаляхъ, находящихся въ строго опредѣленномъ пунктѣ гидрометрическаго профиля.

Такую зависимость можно выразить графически, для этой цѣли откладывая въ томъ или другомъ масштабѣ по вертикальной линіи высоту горизонта, а по горизонтальной-скорости отдѣльныхъ наблюдений и соединивъ плавной линіей всѣ эти точки, получимъ кривую зависимости среднихъ скоростей на вертикали отъ высоты стоянія горизонта.

Установивъ зависимость между средней скоростью и горизонтомъ для одной вертикали, мы можемъ подобнымъ способомъ построить кривыя и для другихъ вертикалей, а затѣмъ, путемъ срѣзки узнавать среднія скорости на всѣхъ вертикаляхъ при любомъ горизонтѣ (въ предѣлахъ установленныхъ среднихъ скоростей).

Въ дальнѣйшемъ, пользуясь этими средними скоростями и умножая ихъ на соответствующія глубины живого сѣченія, мы можемъ для любого горизонта построить эпюру элементарныхъ расходовъ и подсчитать расходъ воды.

Такимъ образомъ, этотъ методъ отличается отъ метода обработки однодневныхъ наблюдений тѣмъ, что при послѣднемъ методѣ берутся среднія скорости на вертикаляхъ, опредѣленные въ одинъ пріемъ для одного расхода и относятся къ среднему горизонту, а при обработкѣ по методу отдѣльныхъ вертикалей мы пользуемся для этой цѣли установленными кривыми среднихъ скоростей для каждой вертикали.

Преимущество такого метода передъ методомъ обработки однодневныхъ наблюдений заключается въ томъ, что при этомъ методѣ обработки не требуется стремиться въ одинъ день произвести наблюденія сразу на всѣхъ

вертикаляхъ, такъ какъ при данномъ методѣ измѣненіе горизонта воды не играетъ никакой роли.

Это обстоятельство особенно важно для наблюденія на большихъ рѣкахъ.

Извѣстно, что скорости въ открытомъ потокѣ распределяются неравномѣрно: у береговъ и дна скорости меньше, чѣмъ на серединѣ и у поверхности. Чтобы наглядно представить распределеніе скоростей въ живомъ сѣченіи рѣки прибѣгаютъ къ построению изотахъ или линій равныхъ скоростей.

Кромѣ этого изотахи служатъ, до нѣкоторой степени, корректурой случайныхъ ошибокъ при наблюденіи надъ скоростями, т. к. по общему распределенію скоростей въ живомъ сѣченіи можно судить о правильности произведенныхъ измѣреній въ отдѣльныхъ пунктахъ.

Сначала опишемъ графическій способъ построения изотахъ.

Для примѣра приведемъ построение изотахъ для расхода № 14.

Смотрите чертежи—вспомогательныя діаграммы и эпюры для вычисленія расхода воды.

Для построения изотахъ на діаграммѣ, хотя бы вертикали № 4, по направленію линіи горизонта отъ начала слѣва направо намѣчаютъ рядъ точекъ, въ такомъ же масштабѣ, въ какомъ нанесена скорость т.-е. 0,2 саж., въ 0,01 саж., отстоящихъ другъ отъ друга на 0,05 саж.,

Построеніе
изотахъ.

если хотятъ показать распределеіе скоростей черезъ пять сотыхъ сажени.

Затѣмъ каждую изъ намѣченныхъ точекъ проектируютъ внизъ на кривую скоростей.

Первая точка пересѣчетъ кривую скоростей на 0,70 т.к. 0,75 скорости не наблюдалось, вторая точка пересѣчетъ на 0,65, очевидно очень близко къ наблюдаемой скорости 0,654, затѣмъ слѣдующая на 0,60 на 0,55 на 0,50 на 0,45 тоже очевидно близко къ имѣющейся 0,452.

Слѣдующія пересѣченія линіи скоростей приходится въ той части ея, гдѣ мы проводимъ линію уже не имѣя данныхъ о распределеіи скоростей, поэтому дальнѣйшее проектированіе излишне очевидно, что на глубинѣ между 8,06 и 8,25 должны получиться всѣ скорости отъ 0,45 до 0 и ихъ можно нанести на глазъ прямо на вертикали живого сѣченія.

Затѣмъ точки пересѣченія кривой скорости проектируются на глубину вертикали.

Такъ какъ у насъ первая точка была 0,70 саж., то она упадетъ между 1,65 саж. и 4,95 саж., вторая точка скорости—0,65 упадетъ немного ниже глубины 4,95 саж. нижняя точка 0,60 саж. между 4,95 и 6,60 и т. д..

Полученныя такимъ образомъ для каждой вертикали глубины—переносятся на соотвѣтствующія вертикали живого сѣченія.

Выборъ интерваловъ между изотаксами зависитъ главнымъ образомъ отъ величины скоростей на вертикаляхъ: чѣмъ больше скорости, тѣмъ большіе берутся интервалы; на примѣръ, если скорость доходитъ до 1 саж. сек., то интервалы можно брать въ 0,10 саж. и 0,25 саж., если же скорость будетъ измѣняться только въ предѣлахъ 0,25 саж., то интервалы нужно взять въ 0,05 с.

Какъ наиболѣе простой и скорый способъ построения изотакъ, а также и перенесенія ихъ на живое сѣченіе, практикуется слѣдующій: берутъ полоску бумаги и раздѣливъ ее въ масштабъ скоростей на тѣ или иные интервалы, въ нашемъ примѣрѣ на 0,05 саж. передвигаютъ ее параллельно линіи горизонта, совмѣщая одинъ конецъ съ линіей глубины до тѣхъ поръ, пока не совпадетъ линія скоростей съ точкой на полоскѣ, гдѣ отмѣчена скорость 0,70 саж. въ сек. Держа въ такомъ положеніи полоску на глубинѣ вертикали, отмѣчаютъ скорость 0,70, саж. въ сек. Очевидно, какъ и въ предыдущемъ случаѣ, она будетъ между 1,65 саж. и 4,95 саж. Затѣмъ полоску двигаютъ до скорости 0,65 и снова на глубинѣ вертикали отмѣчаютъ эту точку и т. д.

Послѣ этого берутъ другую полоску и отмѣтивъ глубину всей вертикали, переносятъ точки скоростей 0,70 саж. въ сек. 0,65 и т. д. на соотвѣтствующую вертикаль живого сѣченія, совмѣщая линію горизонта и донную точку, отмѣченные на полоскѣ, съ линіей горизонта и точкой дна живого сѣченія. Но для этого необходимо, чтобы вертикали и живое сѣченіе имѣли одинъ и тотъ же масштабъ для глубины.

Противъ каждой точки сейчасъ же выписываютъ скорость, соотвѣтствующую данной глубинѣ.

Продѣлавъ такое построеніе скоростей на всѣхъ вертикаляхъ живого сѣченія, рядъ однозначащихъ точекъ (т.-е. точекъ, въ которыхъ скорости одинаковы положимъ 0,70 саж. 0,65 саж.) соединяютъ плавной кривой линіей и получаютъ изотакхи.

Кромѣ указаннаго способа построения изотакъ существуетъ еще третій. Сущность его сводится къ слѣдую-

чему: всѣ скорости непосредственно измѣренныя на различныхъ глубинахъ вертикали переносятся на соответствующія вертикали живого сѣченія. Послѣ этого при помощи интерполированія отыскиваютъ на всѣхъ вертикаляхъ живого сѣченія скорости соответствующія взятымъ интерваламъ.

Но прежде, чѣмъ описать указанный способъ, скажемъ нѣсколько словъ объ интерполяціи.

Интерполированіе есть одинъ изъ способовъ вычисления, промежуточныхъ величинъ, по ряду имѣющихся данныхъ.

Сущность интерполированія, въ нашей задачѣ, сводится къ слѣдующему: предположимъ, что дано разстояніе по глубинѣ вертикали между двумя скоростями 4 саж. и скорости на конечныхъ точкахъ—первая 0,80 саж./сек. послѣдняя 0,40 саж./сек. Пользуясь этими данными, намъ требуется найти такую точку, гдѣ бы скорость равна была 0,60 саж./сек. или иначе говоря, надо найти то разстояніе отъ начальной точки, на которомъ будетъ находиться требуемая скорость.

Дѣлается это такъ: имѣя длину всей линіи 4 саж. и зная разность между скоростями, равную $0,80 - 0,40 = 0,40$ саж., а также разность между большей данной скоростью и искомой, равную $0,80 - 0,60 = 0,20$ саж./сек. можно опредѣлить искомое разстояніе, пользуясь для этого пропорціей:

4 с. соответствуетъ 0,40 саж./сек.

x с. " " 0,20 " "

$$\text{откуда } x = \frac{4,0,2}{0,4} = 2 \text{ саж.}$$

Опредѣливъ изъ этой пропорціи X, мы тѣмъ самымъ найдемъ и то разстояніе, на каторомъ, скорость въ 0,60 саж./сек. будетъ находится отъ точки 0,80 саж. сек., что намъ и требовалось сдѣлать. Въ данномъ примѣрѣ скорость находится какъ разъ посрединѣ.

Недостатокъ интерполированія при построеніи изотахъ заключается въ нашемъ допущеніи, что измѣненіе скоростей происходитъ по прямой линіи, т. е. прямо пропорціонально, а не по кривой, какъ это наблюдается въ дѣйствительности. Опредѣляя въ нашемъ случаѣ неизвѣстныя величины интерполированіемъ, мы всегда будемъ допускать неточность, ввиду чего примѣненіе такого способа вычисленій на практикѣ не рекомендуется, хотя иногда прибѣгать къ нему все-таки приходится.

Для вычисленія скорости 0,70 нашего примѣра вертикали четвертой расходъ № 14 будетъ имѣть.

Вся глубина, въ предѣлахъ которой находится искомая скорость, равна $4,95 - 1,65 = 3,30$ саж. при чемъ скорость опредѣлится въ предѣлахъ $0,723 - 0,654 = 0,69$ саж./сек.

Искомая скорость 0,70 будетъ находится отъ глубины 1,65 саж. на разстояніи X, что соотвѣтствуетъ измѣненію скорости $0,723 - 0,70 = 0,023$ изъ пропорціи:

$$\frac{3,30}{X} = \frac{0,69}{0,023} \text{ будетъ имѣть } X = \frac{3,30 \cdot 0,023}{0,69} = 1,1 \text{ саж.}$$

глубина нахождения скорости 0,70 будетъ отъ поверхности $1,65 + 1,1 = 2,75$ саж.

Найдя такимъ образомъ на всѣхъ вертикаляхъ однозначащія точки, соединяють ихъ между собой плавной кривой линіей и получаютъ изотакхи.

Интерполированіе при проведеніи изотахъ внутри живого сѣченія примѣняется потребности опредѣлить мѣсто прохожденія изотахъ внутри живого сѣченія. Предположимъ, смотрите изотахи расхода опредѣленнаго 15 мая 1915 г., что на двухъ смежныхъ вертикаляхъ живого сѣченія (четвертой и третьей) имѣются скорости на вертикали четвертой не превышающаго 0,74 и на вертикали третьей до 0,0,766; между этими вертикалями надо найти мѣсто, гдѣ пройдетъ изотаха со скоростью въ 0,75 саж.

Для этого находятъ сначала точку наибольшаго приближенія скорости 0,75 къ вертикали четвертой. Берутъ точку скорости 0,766 и проектируютъ ее на глубину вертикали четвертой параллельно линіи горизонта, взявъ по кривой скорости на вертикали соответствующую этой глубинѣ скорость и зная разстояніе между вертикалей находимъ положеніе точки со скоростью 0,75 саж./сек. Отъ этой точки скорости должны къ низу и къ верху убывать.

Когда изотахи внутри живого сѣченія построены, то необходимо опредѣлить на линіи горизонта то мѣсто, куда должны выйти концы изотахъ.

Искомое мѣсто на поверхности опредѣляется двоякимъ путемъ: интерполированіемъ или построеніемъ кривой поверхностныхъ скоростей. Чтобы найти искомую точку поверхностныхъ скоростей при помощи интерполированія, надо знать разстояніе между двумя смежными вертикалями и разность поверхностныхъ скоростей между ними.

Такъ, зная на примѣръ разстояніе между 3 и 4 вертикалью равное 50 саж. и имѣя поверхностныя скорости

равныя 0,759 и 0,740 саж./сек., легко найти на горизонтѣ точку, куда выйдетъ изотаха со скоростью 0,75 саж./сек.

Второй способъ выведенія изотахъ на поверхность болѣе употребителенъ, сущность его сводится къ построению кривой поверхностныхъ скоростей. Дѣлается это такъ: надъ каждой вертикалью живого сѣченія откладываютъ вверхъ, отъ линіи горизонта въ томъ или иномъ масштабѣ (отъ 0,01 с.—0,2 с.) величины поверхностныхъ скоростей и соединяють отложенныя точки плавной кривой линіей. См. чертежъ. Получивъ такимъ образомъ кривую поверхностныхъ скоростей, отыскиваютъ на ней требуемую скорость и, проектируя найденную точку скорости на линію горизонта живого сѣченія, опредѣляютъ такимъ путемъ то мѣсто на поверхности, куда должна выйти изотаха съ соответственной скоростью.

Выведеніемъ изотахъ на поверхность заканчивается ихъ построение.

Изотахами пользуются также и съ чисто-практическими цѣлями. Такъ, по изотахамъ можно опредѣлить расходъ воды въ данномъ живомъ сѣченіи. Дѣлается это такъ: измѣряютъ полученныя въ живомъ сѣченіи площади между изотахами и, умножая эти площади на среднюю арифметическую скорость между ними, получаютъ расходъ воды, проходятъ чрезъ эту площадь. Складывая всѣ, полученныя такимъ образомъ, частичные расходы воды—получаютъ полный расходъ по всему живому сѣченію.

Такой способъ опредѣленія расхода воды называется способомъ Кульмана.

Приступая къ вычисленію расхода воды по полавочнымъ наблюденіямъ, необходимо сначала произвести нѣкоторыя предварительныя, чисто ариѳметическія дѣйствія.

Въ полевомъ журналѣ имѣются лишь данныя о разстояніи между створами, или иначе говоря—путь, пройденный полавками, и время, въ которое они прошли этотъ путь.

Пользуясь этими данными, мы опредѣляемъ прежде всего скорость движенія полавка; для этого дѣлимъ длину пройденнаго полавкомъ пути между створами ¹⁾ на время прохожденія этого пути. Если обозначить скорость движенія полавка черезъ v , путь, пройденный имъ, черезъ s саж. и время прохожденія этого пути черезъ t сек., то, по вышесказанному, будемъ имѣть формулу:

$$v = \frac{s}{t} = \text{саж. въ сек.}$$

Предположимъ, что въ журналѣ имѣется: $s = 40$ саж. $t = 80$ сек. Пользуясь указанной формулой, можно опредѣлить, что:

$$v = \frac{40}{80} = 0,50 \text{ саж. въ сек.}$$

т.-е., полавокъ двигался со скоростью 0,50 саж. въ секунду.

Затѣмъ, на клѣтчаткѣ въ опредѣленномъ масштабѣ (напр. гориз. 50 с. въ 0,01 с., а для глубинъ 1 с. въ 0,01 с.) строить изслѣдуемое живое сѣченіе, приведя предварительно глубины къ одному среднему горизонту ²⁾.

¹⁾ Предполагается, что полавокъ движется между створами въ направленіи перпендикулярномъ къ линіи створовъ.

²⁾ Подробно о построеніи живого сѣченія описано въ отдѣлѣ обработки „Построеніе живого сѣченія“.

Обычно обработка производится однимъ изъ двухъ болѣе или менѣе общепотребительныхъ способовъ.

Первый способъ состоитъ въ томъ, что сначала строятъ эпюру поверхностныхъ скоростей. Дѣлается это такъ: имѣя вычерченное живое сѣченіе проводятъ надъ нимъ, нѣсколько выше, линію параллельную линіи горизонта и наносятъ на ней въ видѣ ординатъ въ определенномъ масштабѣ 1 саж. въ 0,01 с. значенія наблюденныхъ въ разныхъ точкахъ по ширинѣ рѣки поверхностныхъ скоростей, концы ординатъ соединяютъ плавной кривой линіей и получаютъ эпюру поверхностныхъ скоростей.

Далѣе, для опредѣленія расхода воды, необходимо перейти отъ поверхностной скорости къ средней скорости потока.

Путемъ ряда сравненій установлено, что средняя поверхностная скорость мало отличается отъ общей средней скорости потока. Но при обработкѣ для того, чтобы установить общую среднюю скорость потока въ зависимости отъ средней поверхностной скорости—необходимо отыскать переходный коэффициентъ отъ поверхностной къ средней скорости. Для этого если нѣтъ достаточныхъ матеріаловъ ¹⁾ и искомый коэффициентъ нельзя вывести изъ непосредственныхъ наблюденій, то прибѣгаютъ прямо къ готовому коэффициенту.

Величина этого коэффициента дается цѣлымъ рядомъ изслѣдователей; такъ переходный коэффициентъ равенъ по:

Брюнингу к. = 0.915.

Вагнеру к. = 0.838.

¹⁾ На постоянныхъ гидрометрическихъ станціяхъ, гдѣ имѣются вертущія и поплавочныя наблюденія скоростей за много лѣтъ, опредѣляютъ заравѣ отношеніе поверхностной скорости къ средней непосредственно изъ вертущихъ наблюденій.

Хагену к. = 0.86.

Хлихтингу к. = $\frac{1 + 0.2676\sqrt{h}}{2 + 0.4014\sqrt{h}}$

Прони к. = $\frac{+ 2.372}{+ 3.153}$

Риттеру к. = 0.85

Послѣднее значеніе коэффиціента = 0.85 обыкновенно и принимается для обработки данныхъ поплавочныхъ наблюдений въ виду того, что это значеніе было получено на основаніи многочисленныхъ наблюдений вертушками въ профиляхъ большого сѣченія съ очень разнообразными глубинами и скоростями; при чемъ отступление коэффиціента отъ 0,85 въ различныхъ случаяхъ были весьма незначительны.

Изъ непосредственныхъ наблюдений на волжскихъ гидрометрическихъ станціяхъ выведенная величина переходнаго коэффиціента колеблется отъ 0,83 до 0,93.

Кромѣ всего вышесказаннаго величина переходнаго коэффиціента, принимаемая равной 0,85, близка къ среднему ариѳметическому значенію изъ всѣхъ вышеуказанныхъ величинъ.

Итакъ, принявъ величину $k = 0,85$ строятъ эпюру среднихъ скоростей. Для этой цѣли значеніе поверхностной скорости умножаютъ на коэффиціентъ, наносятъ точки въ томъ же масштабѣ, какъ и поверхностныя скорости и соединяютъ ихъ плавной кривой.

Полученную эпюру среднихъ скоростей трижды обводятъ планиметромъ и дѣля полученную площадь на ширину рѣки находятъ значеніе средней скорости всего

¹⁾ h глубина всей вертикали.

потока. Въ дальнѣйшемъ для опредѣленія расхода воды пользуются формулой:

$$Q = Fv = \text{куб. саж. въ сек.}$$

гдѣ Q = общій расходъ воды въ живомъ сѣченіи.

„ F = площадь живого сѣченія въ квадр. саж.

„ v = средняя скорость потока саж. въ секунду.

Особенность второго способа заключается въ томъ, что переходный коэффициентъ вычисляется самосто- ятельно для каждой вертикали и примѣняется этотъ способъ главнымъ образомъ тогда, когда имѣется большое количество поплавочныхъ наблюденій и весьма незначи- тельное вертушечныхъ опредѣленій, сдѣланныхъ при большихъ интервалахъ колебанія горизонта воды.

Способъ заключается въ слѣдующемъ:

Опредѣляютъ для каждой вертикали отдѣльно, при разныхъ горизонтахъ по вертушечнымъ наблюденіямъ среднюю скорость и строятъ въ опредѣленномъ масштабѣ (0,2 с. въ 0,01 с.) кривую среднихъ скоростей ¹⁾. Рядомъ съ ней, по тѣмъ же вертушечнымъ наблюденіямъ въ томъ же масштабѣ строятъ кривую поверхностныхъ скоростей. Взявъ, затѣмъ, при одномъ и томъ же гори- зонтѣ величины средней и поверхностной скоростей и раздѣливъ первую величину на вторую—получаютъ переходный коэффициентъ для данной вертикали при данномъ горизонтѣ.

Получивъ, такимъ образомъ, для каждой вертикали рядъ коэффициентовъ при различныхъ горизонтахъ строятъ по полученнымъ величинамъ въ опредѣленномъ масштабѣ (0,1 въ 0,01)—кривую коэффициентовъ для

¹⁾ Подобное построение встрѣчается при обработкѣ расхода воды по методу отдѣльныхъ вертикалей. 10*

каждой вертикали. Далѣе, беря по кривой эяюры поверхностныхъ скоростей, и, умножая на соотвѣтствующіе коэффициенты, получаютъ среднія скорости для всѣхъ вертикалей.

Умножая полученную среднюю скорость на глубину живого сѣченія при этомъ горизонтѣ получаютъ элементарный расходъ для данной вертикали.

Элементарные расходы откладываютъ въ видѣ ординатъ перпендикулярно линіи горизонта въ обычно принятомъ масштабѣ (1,0 въ 0,01). Концы ординатъ соединяютъ плавной кривой линіей.

Полученную такимъ образомъ эяюру элементарныхъ расходовъ трижды обводятъ планиметромъ и получаютъ искомый расходъ во всемъ изслѣдуемомъ живомъ сѣченіи.

Вся вышеописанная обработка относится къ наблюденіямъ поверхностными поплавками. Но наблюденія могутъ производиться еще поплавками глубинными.

Въ данномъ случаѣ обработка такихъ наблюденій ничѣмъ не отличается отъ только что описанной. Разница будетъ только въ подборѣ переходнаго коэффициента, который будетъ инымъ, чѣмъ при наблюденіяхъ поверхностными поплавками.

Для глубинныхъ поплавковъ готовыхъ коэффициентовъ не имѣется, т. к. погруженіе поплавка поперечное сѣченіе и матеріалъ можетъ быть весьма различенъ и потому ихъ необходимо опредѣлить самому.

Обработка данныхъ, полученныхъ при помощи гидрометрическихъ шестовъ, проще обработки поплавочныхъ наблюденій.

Она упрощается тѣмъ, что движеніе гидрометрическаго шеста, имѣющаго длину, равную почти глубинѣ

изслѣдуемаго потока, на 4 или 5 процентовъ менѣе глубины вертикали, берутъ за среднюю скорость.

Но если глубина ¹⁾ гидрометрическаго шеста менѣе 0,94 Н, то для вычислений средней скорости вводятъ погрѣшность по формулѣ Френсиса

$$k = (1,0116 - 0,116 \sqrt{\frac{H-1}{H}})$$

гдѣ: l = длина погруженной въ воду части шеста.

„ Н = глубина на данной вертикали.

Вычисливъ коэффиціентъ, среднюю скорость, получаютъ путемъ умноженія наблюденной скорости v на коэффиціентъ — k т. е.

$$v \text{ ср.} = kv = \text{саж./сек.}$$

Обработка поплавочныхъ наблюдений для изслѣдованія направленія струй потока относится скорѣе къ обработкѣ геодезической.

Обработка поплавочныхъ наблюдений при опредѣленіи направленій струй потока.

Берутъ всѣ планшеты, трехъ и болѣе мензулистовъ и затѣмъ на планѣ изъ точекъ стоянокъ мензулистовъ при помощи транспорта для каждаго положенія поплава проводятъ линію.

Точки пересѣченія двухъ-трехъ, смотря сколько было засѣчекъ, дадутъ точку нахождения поплава въ моментъ засѣчки.

При неточныхъ засѣчкахъ тремя мензулами пересѣченіе получается не въ одной точкѣ, а ввидѣ треугольника.

Въ данномъ случаѣ приходится брать точки пересѣченія нѣсколько наугадъ, сообразуясь съ общимъ направленіемъ траекторіи поплава.

¹⁾ Глубина погруженія гидрометрическаго шеста должна быть вообще не менѣе 0,80 Н.

Обработка гидрометрических данных при определении вертушкими скоростями и направлением течений.

Въ основныхъ принципахъ обработка гидрометрическихъ данныхъ при подсчетахъ расхода воды при определении вертушками, указывающими направление теченія ничемъ не отличается отъ вышеописанной обработки.

Нѣкоторымъ добавленіемъ служатъ вычисленія скорости перпендикулярной къ гидрометрическому профилю.

Дѣло въ томъ, что какъ бы ни былъ идеально выбранъ гидрометрической профиль, все-же, если не во всѣхъ, то въ нѣкоторыхъ точкахъ живого сѣченія струи не будутъ перпендикулярны гидрометрическому профилю; эти отклоненія доходятъ иногда до значительнаго угла $20-30^{\circ}$.

Вертушка, свободно повѣшенная на троссѣ ¹⁾, будетъ показывать по отношенію къ гидрометрическому профилю скорости, нѣсколько преувеличенныя, т. к. если скорость отклонится отъ профиля, мы должны брать при обработкѣ не всю скорость, а лишь ея проекцію на плоскость перпендикулярную живому сѣченію.

Поэтому, если у насъ имѣется уголъ отклоненія скорости, то при подсчетахъ мы должны эту скорость умножить на косинусъ угла отклоненія.

Ошибка въ определении скорости будетъ равна, если принять только горизонтальный уголъ отклоненія отъ нормали:

$$v - v \cos \alpha.$$

¹⁾ Не слѣдуетъ предполагать, что, когда вертушка закрѣплена на, штангѣ и не имѣетъ горизонтальнаго вращенія, то благодаря косому удару струй сама вертушка, дѣлая меньше оборотовъ, даетъ ту скорость которая равна проекціи этой скорости на нормаль къ профилю.

Изъ опытовъ выяснилось, что при дѣйствіи струй на лопасти при углахъ $=10^{\circ}$ замедленіе еле замѣтно при $=20^{\circ}$, при умѣренныхъ скоростяхъ замедленіе равно 2,5% при $=30^{\circ}$ до 40° замедленіе приблизительно равно 11%.

При малыхъ углахъ она незначительная, но съ увеличеніемъ угла отклоненія она продолжаетъ возрастать, такъ напр.

для	10°	ошибка	будетъ	$= 1,5^{\circ}/_{\circ}$.
"	20°	"	"	$= 6,4^{\circ}/_{\circ}$.
"	30°	"	"	$= 15,5^{\circ}/_{\circ}$.
"	40°	"	"	$= 30,1^{\circ}/_{\circ}$.

Для нагляднаго изображенія отклоненія струй обычно на чертежѣ, гдѣ изображены изотакхи, наносятъ въ томъ или иномъ масштабѣ въ видѣ стрѣлокъ, величину скорости и уголъ отклоненія.

Переходимъ къ описанію послѣдней стадіи обработки, а именно къ построенію кривой расхода воды въ зависимости отъ колебанія горизонта.

Построеніе кривой расхода воды въ зависимости отъ колебанія горизонта.

Согласно наблюденія послѣдняго времени установлено, что зависимость между расходами воды и горизонтомъ въ одномъ и томъ же мѣстѣ бываютъ различны для прибыли и для убыли воды, а кромѣ того также значительно отличаются кривыя зимняго и лѣтняго расхода ¹⁾.

Наблюденія, произведенныя въ моментъ стоянія воды на мѣрѣ, т. е. въ тотъ моментъ, когда вода не убываетъ и не прибываетъ, относится обычно въ зависимости отъ предшествующаго стоянія горизонта т. е. была ли убыль или прибыль къ той кривой, которая характеризовала эти предшествующіе процессы.

Построить особую кривую для расходовъ, опредѣленныхъ на всѣхъ горизонтахъ, при которыхъ вода стояла на мѣрѣ, удается рѣдко: требуется слишкомъ продолжительный срокъ наблюденій.

¹⁾ Приходилось наблюдать расходимость при прибыли и убыли воды при одномъ и томъ же горизонтѣ до $10^{\circ}/_{\circ}$, а разница въ величинѣ расхода между лѣтнимъ и зимнимъ до $30^{\circ}/_{\circ}$.

Иногда для практических соображений, при подсчетах не дѣлають раздѣленія между расходами, опредѣленными при убыли или прибыли; такое допущеніе возможно въ силу тѣхъ обстоятельствъ, что наши гидрометрическія наблюденія производятся лишь съ нѣкоторой опредѣленной точностью, которая даже въ зависимости отъ методовъ наблюденія, напр., вертушечнаго или поплавочнаго, а также и другихъ обстоятельствъ варьируетъ въ довольно значительныхъ предѣлахъ точности. Такимъ образомъ, если не требуется особой точности, то такое допущеніе возможно сдѣлать.

Размѣръ масштаба для вычерчиванія расходовъ воды устанавливается въ зависимости отъ интерваловъ между колебаніемъ горизонта и величиной расходовъ.

Для большихъ рѣкъ берутъ обычно 200 куб. саж. въ сек. 0,01 саж. для мелкихъ рѣкъ вдвое крупнѣе.

Вычерченныя кривыя расхода воды характеризуетъ степень точности работъ; рѣзкое отклоненіе отъ кривой, отдѣльных опредѣленій указываютъ на нѣкоторые погрѣшности при наблюденіи или обработкѣ, поэтому обработку такихъ расходовъ слѣдуетъ провѣрять.

На прилагаемомъ для примѣра графикѣ изображена зависимость расходовъ воды отъ высокаго стоянія горизонта для р. Волги у с. Вязовыхъ, выше впаденія въ нее Камы, при убыли и прибыли, кромѣ того имѣются кривыя расходовъ въ каналѣ, находящемся на гидрометрическомъ профилѣ.

На этомъ же чертежѣ проведены кривыя измѣненія въ зависимости отъ горизонта среднихъ скоростей въ живомъ сѣченіи при убыли и кривыя измѣненія площади живого сѣченія.

Таблица относится къ даннымъ, полученнымъ только для весеннихъ наблюдений 1915 г. т. к., цифровыя данныя прошлыхъ лѣтъ имѣлись ранѣе.

Для удобства пользованія кривыми расходовъ воды для нихъ подбираютъ формулы, которыя математически выражаютъ зависимость между расходами воды и колебаніемъ горизонта.

При подборахъ формулъ приходится считаться со многими факторами, которые весьма трудно поддаются учету. Напр. форма русла, характеръ выше и ниже лежащихъ его участковъ рѣки и пр. Планомѣрная зависимость расхода воды отъ горизонта совершенно мѣняется, если близъ профиля имѣются притоки, которые создаютъ подпоръ. Для подбора математической формулы въ основу кладутъ форму живого сѣченія рѣки.

Для русла, имѣющаго параболическое сѣченіе, площадь живого сѣченія будетъ равна:¹⁾

$$F = \frac{2}{3} v. H \text{ мах. откуда } v = A \sqrt{H \text{ мах.}}$$

гдѣ v = ширина русла по урѣзу

$H \text{ мах.}$ = наибольшая глубина

Скорость потока выразится формулой:

$$v = c \sqrt{H \text{ ср. } J}$$

гдѣ c = коэффициентъ, который опредѣленъ изъ непосредственныхъ наблюдений

J = поперхностный уклонъ

H = средняя глубина = $\frac{2}{3} H \text{ мах.}$

Зная что: $Q = F. v$ = куб. саж./сек.

и принимая, что уклонъ остается постояннымъ при всѣхъ колебаніяхъ горизонта воды будемъ имѣть:

¹⁾ См. Jasmund „Flissende Gewässer“.

$$Q = F. v = \frac{3}{2} H^{\frac{3}{2}} \max. B. \sqrt{H} \max. = C H. \max. \text{ или} \\ Q = c (h \pm z)^2$$

гдѣ: h = высота стоянія горизонта

C и Z опредѣляютъ изъ непосредственныхъ наблюдений имѣя H и относящійся къ нему Q изъ двухъ уравненій. Если принять во вниманіе уклонъ J , то формула приметъ видъ:

$$Q = c H^2 \max. \sqrt{J}$$

Для прямоугольнаго сѣченія

$$Q = B_1 H^{1,5}$$

Для треугольнаго

$$Q = C. H^{2,5}$$

Для русла, гдѣ имѣется средоточенное теченіе при всѣхъ горизонтахъ въ одномъ сжатомъ сѣченіи правильнаго очертанія, т. е. съ постепеннымъ углубленіемъ отъ берега къ стрежню, съ правильнымъ распредѣленіемъ струй весьма часто примѣняютъ²⁾ уравненіе кривой второго порядка

$$Q = a + vh + ch$$

a , v и c -коэффициенты вычислены по формуламъ:

Установленными кривыми для расхода воды въ зависимости отъ высоты стоянія горизонта можно пользоваться въ теченіи многихъ лѣтъ, но эта зависимость можетъ нарушиться, напр. въ случаѣ рѣзкаго измѣненія уклона на участкахъ или измѣненіемъ живого сѣченія, которое повлечетъ за собой измѣненіе предѣловъ колебанія горизонта. Напримѣръ, если ранѣе амплитуда была 6 саж., а съ теченіемъ лѣтъ измѣнилась и стала лишь пять саж., то очевидно ранѣе установленная зависимость между высотой горизонта и количествомъ протекающей воды будетъ не вѣрна.

¹⁾ Для рѣки Эльбы у Торгау была выведена формула $Q = 59,69 (h + 0,63)^2$

²⁾ Въ инструкціи Австріи опредѣленно указываютъ на примѣненіе въ этихъ случаяхъ этой формулы.

ГЛАВА VI.

Въ данной главѣ приводится рядъ примѣровъ практическихъ примѣненій результатовъ наблюдений при проектированіи гидротехническихъ сооружений.

Въ связи съ разработкой проекта устройства у г. Рыбинска гавани для составленія проекта въ 1914 году были приняты гидрометрическія работы.

Расчетъ и проектированіе гаванскихъ сооружений у г. Рыбинска.

Гавань предполагается устроить на правомъ берегу ниже города при помощи особой дамбы, которая, будучи запроектирована въ руслѣ, защищала бы зимующія въ ней суда отъ ледохода.

Но такъ какъ протяженіе между дамбой и берегомъ недостаточно, то часть берега за дамбой должна быть снята и углублена для зимней стоянки судовъ.

Дамба въ верхнемъ концѣ примыкая къ выступающему берегу-мысу—постепенно отъ него отходить къ стрелю.

Русло рѣки въ этомъ мѣстѣ нѣсколько расширяется. Въ нижнемъ концѣ дамба съ берегомъ не соединяется, образуя такимъ образомъ входъ въ гавань.

Результаты гидрометрическихъ работъ должны были отвѣтить на рядъ вопросовъ, безъ которыхъ нельзя было составить проекта.

Во-первыхъ, насколько возможно было выдвинуть дамбу въ русло, чтобы съ одной стороны сократить стоимость работъ, каждая сажень ширины гавани стоитъ сотни тысячъ рублей, а съ другой стороны не создать такихъ условий, при которыхъ судоходство стало бы испытывать затрудненія.

Во-вторыхъ, какія должны быть взяты максимальные и минимальные горизонты воды при проектированіи гаванскихъ сооружений.

И въ-третьихъ, указать на какую прочность нужно рассчитывать сооруженія, чтобы они противостояли скоростямъ течения.

Для выясненія этихъ вопросовъ въ программу работъ входили:

1) Детальное изученіе распредѣленія скоростей въ цѣломъ рядѣ сѣченій, охватывающихъ на достаточномъ разстояніи весь наблюдаемый участокъ рѣки.

2) Изученіе вліянія на распредѣленія скоростей при разныхъ горизонтахъ, находящагося выше начала будущихъ гаванскихъ сооруженій выступающаго мыса.

3) Опредѣленіе расходовъ воды въ выбранномъ участкѣ при различныхъ горизонтахъ.

4) Наблюденія за измѣненіемъ уклоновъ въ зависимости отъ высоты стоянія горизонта по обѣимъ сторонамъ рѣки.

Въ задачу изысканій входило также стремленіе дать насколько возможно при болѣе или менѣе незначительномъ измѣненіи горизонта воды, одновременныя распредѣленія скоростей въ нѣсколькихъ профиляхъ на протяженіи всего участка; поэтому наблюденія были раздѣлены на рядъ отдѣльныхъ сессій.

Наблюденія надъ скоростями течения воды при помощи вертушекъ, а для изученія распредѣленія поверхностныхъ струй течения, были примѣнены поплавочныя наблюденія.

Наблюденія надъ уклонами велись по постамамъ, расположеннымъ отъ 300 с. до 600 с. одинъ отъ другого.

Всѣ заданія, поставленныя въ основу работъ партіями были выполнены. Расходы воды, опредѣленные въ рядѣ профилей, были получены при максимальныхъ горизонтахъ того года.

Далѣе мы приводимъ рядъ выдержекъ изъ пояснительной записки, давшихъ отвѣты на вышепоставленные вопросы ¹⁾.

Изъ рассмотрѣнія плана съ нанесенными траекторіями движенія поплавковъ, а также и ряда живыхъ сѣченій съ нанесенными на нихъ изотаксами, мы видимъ, что выдающійся мысъ

¹⁾ Гидр. наблюденія у г. Рыбинска велись подъ непосредственнымъ моимъ руководствомъ, а также мною составлена пояснительная записка и приводимые здѣсь въ дальнѣйшемъ расчеты.

играетъ весьма важную роль въ распредѣленіи теченія на всемъ нижележащемъ изслѣдуемомъ участкѣ рѣки.

Благодаря его присутствію направленіе теченія при высокой водѣ сильно отклонено къ лѣвому берегу, и приблизительно, лишь на 2 версты ниже динамическая ось потока начинаетъ принимать болѣе центральное положеніе.

Насколько значительно его вліяніе можетъ указать тотъ фактъ, что, пуская поплавки въ указанномъ районѣ (см. прилагаемый планъ), мы не могли отмѣтить у праваго берега сколько нибудь замѣтнаго ихъ движенія, и лишь по мѣрѣ удаленія, приблизительно въ концѣ будущей проектируемой защитительной дамбы, поплавки обнаруживали присутствіе скорости теченія.

Далѣе не трудно отмѣтить, что на распредѣленіе скоростей вліяніе мыса при различныхъ горизонтахъ сказывается различно. Во время высокой воды наблюдается болѣе перемѣщеніе скоростей къ лѣвому берегу, чѣмъ при низкой.

Такое явленіе должно благопріятно отразиться на устойчивости защитной дамбы, которая при невыгодномъ для нея условіи (высокихъ горизонтахъ) будетъ подвергаться болѣе слабому напору теченія.

На планахъ, а также и въ таблицахъ приведены цифровыя данныя о силѣ скоростей, теченія, объ измѣненіи уклоновъ и пр., которыя должны служить для дальнѣйшаго расчета сооружений въ связи съ ихъ устойчивостью и сопротивленія размыву.

Изъ разсматриваемаго участка въ общемъ цѣликомъ говорится:

Разсматривая выбранный участокъ гаванскихъ сооружений съ гидротехнической точки зрѣнія, мы убѣждаемся, что участокъ этотъ является наиболѣе подходящимъ для этой цѣли. Какъ уже указывалось, благодаря вышележащему мысу, здѣсь образовалась заводь, защищенная отъ разрушительныхъ дѣйствій теченія рѣки.

Правый берегъ, у котораго предполагается сооруженіе будущей гавани, низкій, болотистый, сильно затопляемый весенними водами. Теченіе рѣки въ данномъ участкѣ сильно отклоняется къ лѣвому берегу.

Необходимо вообще отмѣтить, что въ данномъ районѣ въ естественныхъ условіяхъ наблюдается вообще весьма тихое и спокойное теченіе, на что опредѣленно указываютъ незначительныя скорости: такъ, наибольшая наблюденная средняя скорость при высококомъ горизонтѣ равна 0,48 саж./сек.; тогда какъ, напримѣръ, въ руслѣ Волги въ районѣ Вязовской гидрометрической станціи средняя скорость наблюдалась до 0,81 саж. и у посада Дубовки Гидрометрической станціей отмѣчена средняя скорость, равная 0,98 саж.

Максимальныя поверхностныя скорости въ изслѣдуемомъ районѣ при наблюденіяхъ доходили до 0,55 саж./сек., у села же Вязовыхъ поверхностныя скорости встрѣчаются до 1,00 саж. въ сек., а у посада Дубовки до 1,30 саж.

При сравненіи среднихъ и поверхностныхъ скоростей въ первомъ случаѣ у с. Вязовыхъ берутся скорости, наблюденныя не при самыхъ высокихъ горизонтахъ на 0,80 саж. ниже наивысшаго, у посада же Дубовки указанныя скорости взяты при горизонтахъ близкихъ къ наивысшему.

При дальнѣйшихъ расчетахъ гаванскихъ сооруженій главную роль играетъ расходъ воды при наивысшемъ горизонтѣ, а такъ какъ въ періодъ наблюденій горизонтъ былъ ниже того, который по свѣдѣніямъ наблюдался ранѣе, то его вычисленіе по теоретическимъ формуламъ положено на основаніи данныхъ, полученныхъ при наблюденіяхъ въ 1914 году.

Въ основаніе этого расчета входитъ предположеніе, что расходъ воды въ рѣкѣ измѣняется въ зависимости отъ горизонта воды по закону параболы, параметръ параболы опредѣляется на основаніи полученныхъ опытнымъ путемъ значеній для весеннихъ расходовъ 1914 года и соответствующихъ имъ отмѣтокъ горизонта воды.

Формула параболической зависимости имѣетъ слѣдующій видъ:

$$Q = \frac{(y-v)^2}{p}, \text{ гдѣ}$$

Q = расходъ, соответствующій отмѣткѣ

v = ординатъ вершины параболы

p = параметръ параболы

$$y = 3,44 \quad Q = 375,25$$

$$y = 4,57 \quad Q = 680,25$$

$$y = 5,67 \text{ 1) } \quad Q = ?$$

$$375,25 = \frac{(3,44 - v)^2}{p}$$

$$680,25 = \frac{(4,57 - v)^2}{p}$$

$$Q = \frac{(5,67 - v)^2}{p}$$

Изъ составленныхъ трехъ уровней, исключивъ три неизвѣстныхъ получимъ:

$$Q = 1064,98 \text{ куб. саж./сек.}$$

Полученный такимъ путемъ максимальный расходъ воды весьма близокъ къ наибольшему расходу воды (при убыли); по установленной кривой зависимости расходъ отъ высоты стоянія горизонтовъ по даннымъ (у г. Ярославля) гидромерической станціи, который равняется 1100 куб. саж.

Дальнѣйшія вычисленія сводятся къ выясненію, во-первыхъ, насколько увеличится скорость въ живыхъ сѣченіяхъ рѣки, когда будетъ въ руслѣ расположена дамба и въ какой степени произойдетъ размывъ дна.

Эти вычисленія близко подходят къ вычисленію стѣсненія рѣкъ мостами.

Приведемъ примѣръ расчета для профиля № 2.

При подсчетахъ достаточности сжатого сѣченія рѣки мы разсматриваемъ два періода процесса увеличенія скоростей въ отсѣкаемомъ профилѣ: первый—въ руслѣ размывъ еще не произошелъ, второй—послѣ размыва русла.

Разсчетныя данныя:

Q —наибольшій расходъ воды, происходящій черезъ весь профиль = 1100 куб. саж.

1) Наивысшій горизонтъ воды у г. Рыбинска изъ наблюденій за 40 л.

Q —соответствующая часть наибольшего расхода, проходящий через отсѣкаемое живое сѣченіе = 813,78 куб. саж./сек.

F —площадь живого сѣченія въ нестѣсненномъ руслѣ, соответствующая наибольшему расходу воды = 1883,73 к. с.

F —площадь въ отсѣченномъ живомъ сѣченіи, соответствующая наибольшему расходу воды = 1403,07 к. с.

$$V\text{—средняя бытовая скорость} = \frac{Q}{F} = \frac{1100}{1883,32} = 0,584 \text{ саж./с.}$$

Для отысканія средней скорости въ отсѣкаемомъ участкѣ въ естественныхъ условіяхъ, мы полагаемъ, что отношеніе между средними скоростями въ частяхъ профиля всего живого сѣченія и сѣченія за дамбой сохранится при максимальной водѣ такое же какъ при нашемъ 4,60 саж. наивысшемъ наблюдаемомъ горизонтѣ 1914 года.

Такое предположеніе вполнѣ допустимо для праваго берега, такъ какъ, какъ указывалось выше, благодаря присутствію мыса, направленіе теченія при высокой водѣ болѣе отклоняется къ лѣвому берегу.

Отношеніе эпюръ среднихъ скоростей взятыхъ только въ отсѣченной части и для всего живого сѣченія равняется $\frac{0,513}{0,451} = 1,14$.

Такимъ образомъ средняя бытовая скорость въ отсѣкаемомъ живомъ сѣченіи v ср. = 0,584. $1,14 = 0,666$ саж./сек.

l —ширина рѣки при наивысшемъ горизонтѣ, считая отъ урѣза до урѣза = 400,5 саж.

l —ширина отсѣкаемаго профиля = 242,5 саж.

Предполагая, что размывъ въ руслѣ не произошелъ, съ устройствомъ защитной дамбы, средняя скорость будетъ равна

$$V \text{ ср.} = \frac{1100}{1403,07} = 0,784 \text{ саж./сек.}$$

Мы видимъ, что средняя скорость возрасла на 0,13 саж./сек.

Что же касается средней поверхностной скорости, которая играетъ наиболѣе важное значеніе при проходѣ судовъ въ районѣ даннаго участка, то принявъ въ основу переходный коэффициентъ

отъ средней къ поверхностной скорости, выведенной путемъ дѣленія суммы произведеній изъ отдѣльныхъ поверхностныхъ скоростей, приходящихся на разсматриваемую часть живого сѣченія на сумму среднихъ скоростей, дѣленныхъ на соответственную отсѣченную площадь части живого сѣченія, т. е.

$$\frac{V \text{ ср.}}{V \text{ ср. пов.}} = \frac{\Sigma \omega V \text{ ср.}}{F} : \frac{\Sigma \omega V \text{ пов.}}{F} = \frac{\Sigma \omega V \text{ ср.}}{\Sigma \omega V \text{ пов.}} = K$$

или получивъ $\Sigma \omega V \text{ ср.}$ и $\Sigma \omega V \text{ пов.}$

Графо-механическимъ путемъ равными

$$\Sigma \omega V \text{ ср.} = 102,9$$

$$\Sigma \omega V \text{ пов.} = 114,1$$

Отношеніе средней скорости къ поверхностной

$$K \text{ пов.} = \frac{102,9}{114,1} = 0,902$$

Отношеніе средней скорости къ донной

$$K \text{ дон.} = \frac{102,9}{60,2} = 1,71$$

Откуда поверхностная скорость будетъ равна

$$V \text{ ср. пов.} = \frac{0,513}{0,902} = 0,569 \text{ с./сек.}$$

Принявъ коэффициентъ сжатія между единицей и 0,95 равнымъ 0,98 получимъ среднюю глубину послѣ размыва.

$$\frac{1100}{0,98 \cdot 242 \cdot 5 \cdot 0,75} = 6,13 \text{ саж.}$$

Наибольшая бытовая глубина до размыва

$$7,40 + 1,07 = 8,47 \text{ саж.}$$

Отношеніе наибольшей и средней бытовыхъ глубинъ въ отсѣкаемомъ участкѣ:

$$B = \frac{8,47}{5,78} = 1,47$$

Полагая, что то же отношение сохранится между наибольшей и средней глубинами и въ предѣлахъ стѣсненнаго живого сѣченія послѣ размыва, опредѣляемъ наибольшую глубину послѣ размыва.

$$S \text{ max.} = B. S = 1,47. 6,13 = 9,01 \text{ саж.}$$

Наибольшая глубина размыва:

$$d \text{ max.} = 9,01 - 8,47 = 0,54 \text{ саж.}$$

Эта наибольшая глубина размыва составляетъ:

$$\frac{0,54}{5,8} = 0,1 = \frac{1}{10}$$

средней глубины главнаго русла до размыва, а поэтому взятое стѣсненное живое сѣченіе при средней скорости 0,75 саж./сек. достаточно.

Подпоръ въ этомъ случаѣ выразится совершенно незначительной величиной, а именно 0,02

Дѣйствительно, площадь нестѣсненнаго живого сѣченія равняется 1883,32 кв. саж.

Средняя бытовая скорость—0,584 саж./сек., то по формулѣ

$$\frac{V \sqrt{2-V^2}}{2g} = \frac{0,75^2 - 0,584^2}{2 \cdot 4,6} = \frac{0,22}{9,2} = 0,024 \text{ саж.}$$

Кромѣ этого, изъ рассмотрѣнія всѣхъ имѣющихся графиковъ¹⁾ годового колебанія уровня воды по Рыбинскому водомѣрному посту мы убѣждаемся, что наивысшее стояніе горизонта наблюдается весьма короткій промежутокъ времени въ предѣлахъ двухъ дней и при томъ часто высокая вода проходитъ во время ледохода.

Среднія же данныя за періодъ съ 1887—1913 г. указываютъ, что очистка рѣки ото льда приходится на 10 апрѣля, а самый наивысшій горизонтъ на 15 апрѣля, т. е. спустя пять дней, когда обычно плаваніе судовъ у г. Рыбинска находится въ зачаточномъ состояніи.

¹⁾ Вѣдомости свѣдѣній объ уровнѣ воды. Изд. Упр. Вн. Вод. Пут. и Шос. дор.

Совершенно иная картина получается, если, напримѣръ, мы рассмотрим тотъ же самый процессъ увеличенія среднихъ и поверхностныхъ скоростей при сравнительно высокомъ горизонтѣ 3,53 саж. надъ уровнемъ нуля Рыбинскаго водомѣрнаго поста (наблюденія 2 мая 1914 г.), т. е. выше на 0,51 саж. высокихъ водъ, наблюдававшихся, напримѣръ, въ 1898 г., то увидимъ, что средняя скорость въ стѣсненномъ руслѣ будетъ равна лишь 0,40 с.

Дѣйствительно: полная площадь живого сѣченія равна: = 1107,75 кв. саж. Стѣсненная площадь = 211,5 кв. с.

Расходъ воды = 386,38 саж./сек.

$$= \frac{386,38}{1107,75 - 211,5} = 0,431 \text{ саж./сек.}$$

Расчеты для уширенія высоты защитныхъ сооружений гавани отъ ледохода, а также расчеты высоты берега и разгрузочныхъ меженнихъ площадей, взятыхъ по преобладающимъ горизонтамъ, не приводимъ въ виду ихъ ясности, укажемъ лишь, что благодаря существованію у г. Рыбинска водомѣрныхъ постовъ, возможно было при проектѣ пользоваться готовыми наблюденіями надъ колебаніемъ горизонта и фазами ледохода почти за 40 лѣтній періодъ.

Участокъ р. Волги между дер. Печищи и с. Н. Услономъ, т. е. въ районѣ, прилежающемъ непосредственно къ г. Казани, имѣетъ нижеслѣдующія особенности.

Переходя изъ прямолинейнаго направленія противъ г. Казани, Волга дѣлаетъ крутой поворотъ и беретъ южное направленіе, при чемъ радіусъ заворота рѣки по меженнему очертанію русла выражается всего лишь въ 1500 саженъ.

Въ половодье Волга, пройдя сжатый—(имѣющій 1½—2 в. ширины) участокъ, начиная съ В. Услона быстро расширяется и имѣетъ пойму, достигающую 8-ми верстъ.

Въ самомъ началѣ расширенія напротивъ В. Услона въ руслѣ образовалась большая песчаная отмель. Изъ разсмотрѣнія плановыхъ матеріаловъ можно придти къ заключенію, что, повидимому, песчаное отложеніе есть результатъ потери скорости воды, т. к. потокъ, выходя изъ сжатаго русла, теряетъ свою первоначальную скорость.

Проектъ уширенія канала между Казанской песчаной отмелью и луговымъ берегомъ выше Казанскихъ меженнихъ пристаней.

Между этой косой и лѣвымъ берегомъ образовался каналъ

Въ зависимости—подробности не приводимъ—отъ перереформированія и размыва нижележащей воложки и острова каналъ то заносился, то въ немъ замѣчали размывъ.

Въ 1916 году былъ составленъ проектъ его капитальнаго расширенія и чтобы рѣшиться на дорого стоющія работы, необходимо было детальное обоснованіе.

Въ изслѣдованномъ районѣ гидрометрическія наблюденія производились какъ поплавочныя, такъ и вертушечныя.

Изъ рассмотрѣнія поплавочныхъ наблюденій по даннымъ 1911—1913 г.г. можно установить, что при высококомъ горизонтѣ движеніе поплавковъ совершается, слѣдуя—выше косы по очертанію ведущихъ праваго и лѣваго береговъ, въ районѣ косы, при начальномъ поворотѣ рѣки струи, слѣдуя болѣе или менѣе прямолинейно, начинаютъ отклоняться въ сторону праваго берега.

При болѣе низкихъ горизонтахъ, когда въ виду незначительной за песчаной косой ширины канала, скорости въ послѣднемъ слабѣютъ, поправки направляются въ сторону праваго берега.

Болѣе цѣнный матеріалъ по изслѣдованію протока даютъ гидрометрическія изысканія 1912 года. Опредѣленія производились на цѣломъ рядѣ профилей при помощи точныхъ гидрометрическихъ приборовъ.

При рассмотрѣніи изотакъ—раздвоеніе струй можно прослѣдить уже съ профилями, обозначеннаго подъ № 9, гдѣ рѣзко очерчены два ядра.

Наиболѣе характернымъ для измѣненій скорости теченія, а также наиболѣе обслѣдованнымъ является профиль № 5, проходящій непосредственно черезъ Казанскую косу.

По изотакамъ на данномъ профилѣ видимъ, что наибольшія встрѣчающіяся скорости въ потокѣ при высокихъ горизонтахъ 3,67 саж.—однѣ и тѣ же (0,50 саж./сек.), что и въ коренномъ руслѣ. Линіи среднихъ и поверхностныхъ скоростей распределяются по живому сѣченію почти одинаково.

Изслѣдованія при горизонтѣ +3,30 саж. показываютъ уже нѣкоторое ослабленіе дѣятельности лѣваго лугового протока: средняя скорость дѣлается менѣе.

Изслѣдованія при дальнѣйшемъ пониженіи горизонта съ большей наглядностью показываютъ замираніе дѣятельности протока. Въ коренномъ же руслѣ происходитъ обратное явленіе: скорости увеличиваются. Такъ, ранѣе наблюдаемая скорость 0,50 саж./сек. возросла до 0,65 саж./сек., т. е. меженія скорости дѣлаются больше весеннихъ.

Ту же картину болѣе или менѣе одинаковаго распредѣленія скоростей теченія въ протокѣ и коренномъ руслѣ при высокихъ горизонтахъ, и значительнаго пониженія скорости въ протокѣ при низкихъ, можно наблюдать и въ послѣдующихъ профиляхъ (напр. въ профиляхъ № 7, № 3).

Сопоставляя поплавочныя наблюденія, а также и наблюденія, произведенныя при помощи вертушекъ, можемъ установить, что въ 1912 году наблюдались слѣдующія явленія.

Во-первыхъ, весной при высокихъ горизонтахъ какъ поверхностныя, такъ и среднія скорости распредѣляются болѣе или менѣе равномерно по всему живому сѣченію.

Далѣе, съ паденіемъ горизонта, по мѣрѣ обмелѣнія входа въ протокъ, а также благодаря его незначительной ширинѣ, скорости въ послѣднемъ слабѣютъ болѣе и болѣе, скорости же въ коренномъ руслѣ возрастаютъ.

Разсматривая гидрометрическія данныя 1916 года, видимъ, что за послѣдніе 4 года произошли рѣзкія измѣненія въ сторону увеличенія расходовъ воды и скоростей въ протокѣ.

Несмотря на то, что изысканія были произведены при низкихъ горизонтахъ (+0,89 с.) и вода стояла на мѣрѣ, поверхностныя скорости въ протокѣ не только не были меньше, чѣмъ въ главномъ руслѣ, но наоборотъ болѣе. Въ коренномъ руслѣ 0,53 саж./сек. въ протокѣ 0,55 саж./сек. Сравнивая же скорости 1916 г. со скоростями 1912 года при одномъ и томъ же горизонтѣ, видимъ, что въ протокѣ скорости возросли съ 0,30 саж./сек. до 0,45 саж./сек., т. е. увеличились на 50%.

Въ коренномъ руслѣ произошли обратныя явленія.

Средняя скорость понизилась съ 0,55 саж./сек. до 0,48 саж./сек.

Соотвѣтственно скоростямъ расходъ воды распредѣлился въ 1912 году слѣдующимъ образомъ: въ протокѣ 17,6 кв. саж./сек.,

а въ коренномъ руслѣ 277,4 кв. саж./сек. Въ 1916 году въ протокѣ 52,0 кв. саж. сек., въ коренномъ руслѣ 182,4 кв. саж./сек., т. е. расходъ въ протокѣ возросъ на 195,45%, кругло на 200%.

Если основываться на томъ, что въ 1912 году скорости въ протокѣ весной были значительно больше, чѣмъ въ межень и одинаковы со скоростями въ главномъ руслѣ, то возможно предположить, что въ настоящее время скорости весной въ протокѣ будутъ значительно больше, чѣмъ въ коренномъ руслѣ.

Изъ приводимыхъ цифровыхъ данныхъ и соображеній можно вывести нижеслѣдующія заключенія для обоснованія проектныхъ соображеній:

во-первыхъ, что при переформированіи русла рѣки въ участкѣ между В. Услономъ и г. Казанью наблюдается стремленіе перемѣщенія главнаго потока воды въ лѣвый луговой рукавъ;

во-вторыхъ, что если ранѣе при незначительномъ поперечномъ сѣченіи (указывалось въ той части доклада, которая здѣсь не приводится) рукавъ все-же держался, то нѣтъ опасенія ожидать что каналъ, разработанный на недостаточную ширину и глубину, будетъ занесенъ наносами.

Основная цѣль гидрометрическихъ наблюденій для составленія проекта о оросительныхъ каналахъ заключается въ полученіи основныхъ гидравлическихъ элементовъ, которые указали-бы на какое количество воды и въ какой періодъ можно рассчитывать при проектированіи оросительной сѣти. Первые наблюденія обычно относятся къ наблюденіямъ надъ колебаніемъ горизонта воды.

Въ результатѣ получаютъ минимальные, максимальные горизонты, а также и отклоненія отъ среднихъ величинъ въ ту или другую сторону.

По графикамъ, составленнымъ для колебанія горизонтовъ и установленной зависимостью расхода воды отъ горизонта составляютъ мѣсячныя кривыя расходовъ воды.

Приведемъ нѣкоторыя выдержки изъ отчета гидрометрической части Отдѣла земельныхъ улучшеній за 1913 г.

Въ вегетационный оросительный періодъ минимальный расходъ падаетъ на конецъ сентября и равенъ 98,2 куб. с. при

Гидравлическіе элементы р. Аму-Дарьи для расчета оросительныхъ каналовъ.

горизонтъ 124,016 надъ уровнемъ Каспійскаго моря; менѣе прошлогодняго минимума на 11,7 куб. саж. или на 10,7%.

Максимальный вегетационный расходъ, опредѣлявшійся по способу Стаутовскихъ поправокъ, равенъ 684 куб. саж./сек., наблюдался при горизонтѣ 124,696 надъ Каспійскимъ моремъ; онъ менѣе прошлогодняго на 23 куб. саж. или всего только на 3,26%.

Максимальный, непосредственно измѣренный расходъ при горизонтѣ 124,697 надъ уровнемъ Каспійскаго моря равенъ 676,0 куб. саж. въ сек.

Средній расходъ воды за лѣтній періодъ равенъ 323 куб. саж. въ секунду при среднемъ вегетационномъ горизонтѣ 124,382 ур. Кас. мор., больше прошлогодняго на 4 куб. саж./сек., или на 1,26%.

Отношеніе максимальнаго расхода къ минимальному—6,29 (для вегетационнаго періода).

Средніе мѣсячные расходы вегетативнаго періода колебались въ предѣлахъ отъ 135 куб. саж./сек. до 506 куб. саж./сек., при чемъ отклоненія отъ средняго расхода колеблются отъ 57,7% до 59,1% за весь періодъ.

Въ помѣщаемой таблицѣ приводятся средне-мѣсячные расходы и отклоненія каждаго мѣсяца отъ средняго расхода за періодъ.

Мѣсяцы.	Средне-мѣсячн. расх. въ куб. саж. сек.	Отклоненіе отъ средн. расхода за періодъ	Отклоненіе въ % отъ средн. за періодъ	Средніе мѣсячные уклоны	% отклоненіе отъ среднего всего
IV Апрель	162,0	—156,0	—49,06	0,000201	—14,10
V Май	431,0	+113,0	+35,53	0,000234	—
VI Июнь	411,0	+93,0	+29,25	0,000248	+5,98
VII Июль	506,0	+188,0	+59,1	0,000260	+11,10
VIII Августъ	260,0	—58,0	—18,2	0,000266	+13,67
IX Сентябрь	135,0	—183,0	—57,5	0,000243	+3,84
Вегетационный минимумъ .	98,2	—219,8	—69,1	Ср. запер. 0,000242	+3,42
Вегетационный максимумъ .	684,0	+366,0	+115,1		

На основаніи всѣхъ данныхъ выяснилось, что максимальный секундный годовой расходъ равенъ 684 саж. въ сек.

Отношеніе годового максимума къ минимуму—11,32.

Разсматривая колебанія средне-мѣсячныхъ расходовъ по отношенію къ среднему расходу за годъ, необходимо отмѣтить, что средне-мѣсячныя величины расходовъ колеблются въ широкихъ предѣлахъ отъ 65,2⁰/₀ до +154,8⁰/₀, причемъ положительныя отклоненія бываютъ болѣе чѣмъ въ 2 раза больше отрицательныхъ.

Отрицательныя отклоненія отъ годовой нормы наблюдаются въ теченіе 8 мѣсяцевъ, положительныя—только для четырехъ: мая, іюня, іюля и августа.

Первые три мѣсяца отличаются особенно большими отклоненіями и сопровождаются высокимъ стояніемъ уровня воды и высокой температурой воздуха.

Наибольшія отрицательныя отклоненія наблюдаются въ зимніе мѣсяцы (ноябрѣ, декабрѣ и мартѣ) и сопровождаются низкимъ стояніемъ горизонта и низкой температурой.

Апрѣль, августъ и сентябрь—мѣсяцы подъема и спада—даютъ сравнительно небольшія отрицательныя отклоненія, а августъ даже положительныя на 61,4 куб. саж./сек. или 31,0⁰/₀.

Относительно среднихъ скоростей въ вегетаціонный періодъ было выяснено, что они отклоняются отъ средней за весь періодъ весьма незначительно отъ 44⁰/₀ до 39,4⁰/₀.

Средняя скорость вегетаціоннаго періода, выведенная изъ 16 непосредственно измѣренныхъ, равна 0,649 саж./сек., т. е. въ 1,7 раза больше, чѣмъ зимой и занимаетъ, почти точно, мѣсто ариеметической середины между минимальной и максимальной.

Минимальная средняя скорость равна 0,349 саж./сек.

Максимальная скорость равна 0,905 саж./сек.

Поверхностная наибольшая скорость въ вегетаціонный періодъ колебалась отъ 0,536 до 1,775 саж./сек.

Средняя изъ поверхностныхъ наибольшихъ скоростей, выведенная изъ 14 наблюденій, равна 1,069 саж./сек.

Максимальная поверхностная скорость доходила до 1,775, а наименьшая была равна 0,536 саж./сек.

Что касается наблюдений надъ уклонами, то выше въ таблицѣ были приведены ихъ значенія, изъ нея видно, что наибольшіе уклоны наблюдались въ высокую воду при спадѣ или при подъемѣ.

Приведенныя цифровыя данныя дають представление о сущности необходимыхъ гидрометрическихъ данныхъ, которыя ложатся въ основу расчета оросительной сѣти.

Кромѣ обычныхъ гидрометрическихъ наблюдений, еще ведется попутно рядъ метеорологическихъ наблюдений, а также наблюдения надъ анализами воды, количествомъ наносовъ и проч.

Заканчивая на этомъ приведеніе примѣра, укажемъ, что въ дальнѣйшемъ эти цифровыя данныя идутъ въ расчетъ оросительной системы, а также и соображеній ея эксплуатаціи. Каналы рассчитываются при помощи особыхъ гидравлическихъ формулъ, по которымъ вы узнаете необходимые размѣры оросительныхъ канавъ, уклоны ихъ, быстроту теченія и проч. Эта область уже относится къ области строительной гидротехники.

Основными гидравлическими элементами для расчетовъ отверстій мостовъ служатъ: расходы воды, скорости, уклоны.

Всѣ эти величины берутся при наивысшемъ горизонтѣ, который устанавливается или непосредственно путемъ наблюдений, или на основаніи опроса старожиловъ на мѣстѣ.

Горизонтъ берется за періодъ не меньше 40—50 лѣтъ и болѣе.

Такъ, рѣдко удается опредѣлить наибольшій расходъ воды при самомъ наивысшемъ горизонтѣ за болѣе или менѣе значительный періодъ, то обычно для вычисленій приходится прибѣгать къ теоретическимъ формуламъ.

Площадь живого сѣченія при этихъ горизонтахъ опредѣляется проще—путемъ нанесенія на планъ нивеллировки береговъ до незатопляемыхъ горизонтовъ.

Для примѣра приведемъ расчеты для одного изъ крупнѣйшихъ мостовъ въ Россіи—для Романовскаго моста. Особенность русла въ мѣстѣ перехода заключается въ томъ, что профиль

¹⁾ Пояснительная записка къ проекту перехода р. Волги у ст. Свяжскъ Московско-Казанск. ж. д.

Расчетъ отверстія Романовскаго ж. д. моста черезъ р. Волгу выше г. Казани.

проходить сначала через затонъ, отдѣленный отъ Волги затопляемой косой, затѣмъ черезъ главное русло и наконецъ черезъ пойму.

Въ примѣрѣ приводятся расчеты лишь для главнаго русла, для поймы и затона расчеты совершенно аналогичны.

Опредѣленіе
наибольшаго
расхода весен-
нихъ водъ.

Для опредѣленія наибольшаго расхода весеннихъ водъ путемъ непосредственныхъ наблюдений произведены были:

1) Весною 1899 года—измѣренія скоростей теченія при помощи вертушки Вольтмана въ живомъ сѣченіи 1-го перехода и опредѣленіе уклоновъ весеннихъ водъ.

2) Осенью 1902 года—измѣренія скоростей и уклоновъ, на основаніи которыхъ получены расходы меженныхъ водъ въ трехъ различныхъ живыхъ сѣченіяхъ рѣки Волги и уклоны меженныхъ водъ на участкѣ, общимъ протяженіемъ около 9 верстъ.

3) Весною 1903 года измѣренія скоростей теченія въ живомъ сѣченіи перехода № 7¹⁾ и опредѣленіе уклоновъ весеннихъ водъ.

Непосредственныя измѣренія весеннихъ скоростей въ 1899 и въ 1903 годахъ имѣли особенную цѣнность для опредѣленія наибольшаго расхода рѣки Волги въ мѣстѣ проектируемаго перехода потому, что какъ въ 1899, такъ и въ 1903 году весеннія воды подымались очень высоко: въ 1899 году до отмѣтки 24,37, а въ 1903—24,06, что весьма близко подходит къ отмѣткѣ 24,40, до которой, по даннымъ существующихъ водомѣрныхъ постовъ за послѣднія 25 лѣтъ, доходятъ весеннія воды періодически черезъ каждыя 4—5 лѣтъ. Кромѣ того, горизонты весеннихъ водъ 1899 и 1903 г.г. немного не доходятъ и до того наивысшаго горизонта (24,82 для 1-го перехода и 24,85 для 7-го), который опредѣленъ по указанію старожиловъ и принятъ какъ наивысшій для опредѣленія наибольшаго расхода.

Что касается наблюдений надъ меженними расходами, то, въ виду весьма небольшой разницы горизонтовъ, при которыхъ опредѣлены эти расходы, не превосходящей 0,24 саж., опытные данныя дали послѣ подсчета расходы, весьма близкіе по своей

¹⁾ Для сокращенія подробно приведемъ вычисленія лишь для профиля № 1, для профиля № 7 приводимъ годовые результаты вычисленій аналогичныхъ съ первыми.

величинѣ во всѣхъ трехъ сѣченіяхъ, поэтому въ дальнѣйшемъ принять расходъ, опредѣленный только для одного изъ этихъ сѣченій, а именно, для 1-го перехода при отмѣткѣ горизонта воды 19,16.

ТАБЛИЦА
гидравлическихъ элементовъ профиля № 1,
Главное русло.

Весенній расходъ		Меженній расходъ
Горизонтъ	34, 37 саж. ур. Б. М.	19,16 саж. Ур. Б. М.
F	3184,350 кв. саж.	1020,866
P	460,58 с.	394,26 с.
$R = \frac{F}{P}$	6,914 с.	2,589 с.
Q	1322,848 с.	261,212 кв. с.
$V = \frac{Q}{F}$	0,729 с./сек.	0,256 с./с.

Непосредственная нивелировка высокихъ водъ на томъ участкѣ р. Волги, гдѣ находятся оба живыхъ сѣченія, по которымъ дѣлались измѣренія скоростей, дали слѣдующія цифры уклоновъ воды:

а) Для живого сѣченія перехода № 1.

1) Уклонъ высокихъ водъ по правому берегу рѣки при общемъ протяженіи участка въ 745 с. и общемъ паденіи горизонта воды въ 0,040 саж.

і правого берега=0,0000536.

2) По лѣвому берегу, у затона, при общемъ протяженіи участка въ 598 саж. и общемъ паденіи въ 0,006.

і лѣваго берега=0,00001003,

такъ что средній уклонъ весеннихъ водъ въ главномъ руслѣ этой части рѣки равенъ

$$\frac{0,0000536 + 0,00001003}{2} = 0,000032.$$

Для профиля № 7 средній уклонъ весеннихъ водъ равенъ
=0,000053.

Что касается до уклона меженных водъ, то онъ значительно менѣе и одинаковъ по обоимъ берегамъ; для 1-го перехода

$$i \text{ меж.} = 0,000015.$$

Наибольшій
весенній рас-
ходъ воды,
соответству-
ющей отмѣткѣ
24,82 по
1-му перехо-
ду № 7).

Въ основаніе этого расчета входитъ предположеніе, что расходъ воды въ рѣкѣ измѣняется въ зависимости отъ горизонта воды по закону параболы; параметръ параболы опредѣляется на основаніи весеннихъ расходовъ 1899 и 1903 г.г. и меженного расхода 1902 г. и соответствующихъ имъ отмѣтокъ горизонтовъ воды.

Формула параболической зависимости имѣетъ слѣдующій видъ:

$$Q = \frac{(y-b)^2}{p}, \text{ гдѣ}$$

Q —расходъ, соответствующій отмѣткѣ y ,

b —ордината вершины параболы, иначе говоря,—условная отмѣтка дна, при которой расходъ равенъ нулю,

p —параметръ параболы.

Для примѣненія параболической зависимости имѣются слѣдующіе элементы:

1. Для 1-го перехода:

$$1) y = 24,37; \quad Q = 2807,239$$

$$2) y = 19,16; \quad Q = 261,212$$

$$3) y = 24,82; \quad Q = x$$

Для примѣненія этой формулы къ расходамъ, соответствующимъ 1-му переходу составляются слѣдующія три уравненія:

$$1) 2807,239 = \frac{(24,33 - b)^2}{p}$$

$$2) 261,212 = \frac{(19,16 - b)^2}{p}$$

$$3) Q = \frac{(24,82 - b)^2}{p}$$

Изъ нихъ опредѣляется:

$$Q = 3159,330 \text{ куб. саж./сек.}$$

Такимъ же точно образомъ для перехода № 7 наибольшій расходъ опредѣленъ:

$$Q=3258,755 \text{ куб. саж./сек.}$$

Полученные результаты показываютъ, что наибольшій расходъ, опредѣленный на основаніи весеннихъ наблюдений 1899 г., весьма близокъ къ расходу, опредѣленному на основаніи наблюдений 1903 года, а потому за наибольшій расходъ, опредѣленный по параболической зависимости, можно принять среднюю изъ двухъ найденныхъ величинъ.

$$Q = \frac{3258,755 + 3159,330}{2} = 3209,042 \text{ кв. с./с.}$$

Для опредѣленія величины наибольшаго расхода, по формулѣ Ganguillet и Kutter'a

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1,46067 + \left(23 + \frac{n}{V R}\right) \sqrt{Ri}}$$

Наибольшій теоретическій расходъ, опредѣленный по эмпирической формулѣ Ganguillet Kutter'a.

имѣются слѣдующія данныя:

- 1) Уклонъ i , опредѣленный нивелировками.
- 2) Подводные радиусы.

Остается опредѣлить коэффициенты шероховатости n , соответствующіе живому сѣченію рѣки Волги въ трехъ его частяхъ¹⁾:

- 1) Въ главномъ руслѣ,
- 2) На поймѣ.
- 3) Въ затонѣ.

Эти коэффициенты легко получить, примѣняя во всѣхъ трехъ случаяхъ формулу Ganguillet и Kutter'a къ дѣйствительнымъ скоростямъ, опредѣленнымъ непосредственными наблюдениями 1899, 1902 и 1903 годовъ въ главномъ руслѣ, на поймѣ и въ затонѣ.

Такъ, для главнаго русла перехода № 1 изъ таблицы

$$i = 0,00032$$

$$F = 3184,350$$

¹⁾ Вычисленія приводимъ лишь для главнаго русла.

$$p=460,58$$

$$R = \frac{Q_1}{p} = 6,914$$

$$V=0,729$$

$$\sqrt{Ri}=0,0149.$$

По введеніи этихъ данныхъ въ формулу Ganguillet и Kutter'a получается уравненіе

$$0,729 = \frac{\left(\frac{I}{n} + 69,875\right) 0,149}{1,46067 + 26,619n},$$

изъ котораго $n=0,0271$.

Полученный коэффициентъ шероховатости для весеннихъ мѣсяцевъ былъ примененъ и для меженихъ.

Такъ на основаніи нивелировки горизонтовъ меженихъ водъ, уклонъ i для 1-го перехода $=0,000015$.

По даннымъ таблицы:

$$R=2,589$$

$$i=0,000015$$

$$\frac{0,0015}{i} = 100$$

$$n=0,027; \frac{1}{n} = 36,037$$

$$\sqrt{R} = 1,609; \sqrt{Ri} = 0,00623; \frac{n}{\sqrt{R}} = 0,0168$$

Отсюда эмпирическая средняя скорость.

$$V = \frac{(23+37, 037+100) 0,00623}{1,46067 + (23+100) 0,0168} = \frac{0,99703}{3,52707} = 0,283.$$

Изъ таблицы № 6 видно, что дѣйствительная V средняя $=0,256$, достаточно близкая къ предыдущей, а слѣдовательно коэффициентъ $n=0,027$ можно считать удовлетворяющимъ и меженимъ скоростямъ.

Для поймы и затона коэффициентъ шероховатости получился и для весеннихъ и для меженихъ

для поймы $n=0,035$

для затона $n=0,055$

Для профиля № 7 коэффициентъ послѣ повѣрки взять такой же, какъ и для профиля № 1.

1) По даннымъ таблицы № 1, всѣ элементы живого сѣченія главнаго русла подсчитаны при отмѣткѣ 24,37; поэтому должны быть выведены величины этихъ элементовъ для высшей отмѣтки высокихъ водъ 24,82; эти исправленные элементы слѣдующіе:

$$F=3184,35+460+0,45=3391,35$$

$$R=7,363; \sqrt{R}=2,7135; \sqrt{Ri}=0,01535$$

$$i=0,000032; \frac{0,0015}{i} = 46,875$$

$$n=0,027; \frac{1}{n} = 37,037; \frac{n}{\sqrt{R}} = \frac{0,027}{2,7135} = 0,00995.$$

По формулѣ Ganguillet и Kutter'a средняя эмпирическая скорость для главнаго русла 1-го перехода

$$V = \frac{(23+37,037+46,875) 0,01535}{1,46067+(23+46,875) 0,00995} = 0,807.$$

Отсюда расходъ Q_1 —главнаго русла 1 перехода

$$Q_1=3391,35+0,807=2736,82 \text{ куб. саж.}$$

Расходъ для поймы получился равнымъ

$$Q_2=39383 \text{ куб. саж.}$$

Расходъ для затона

$$Q_3=216,38 \text{ куб. саж.}$$

Общій расходъ по формулѣ

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3347,03 \text{ куб. саж.}$$

Аналогичнымъ путемъ былъ вычисленъ наибольшій расходъ для профиля № 7.

$$Q = 3330,821 \text{ куб. саж.}$$

Для дальнѣйшихъ расчетовъ расходъ воды взять какъ средній изъ двухъ:

$$Q = 3347,03 + 3330,82 = 3338 \text{ куб. сек.}$$

Расчетъ от-
верстїя моста
и опредѣленіе
величины теоретическаго
размыва.

Для 1-го перехода скорость подъ мостомъ допускается та же, которая была теоретически выведена для живого сѣченія главнаго русла по этому переходу

$$V = 0,81.$$

Общее отверстіе моста задается въ 450 саж., при чемъ предполагается произвести разработку русла.

Площадь живого сѣченія отъ отмѣтки 18,93 до отмѣтки 24,82

$$5,89 \times 450 = 2650,50.$$

Полная площадь стѣсненнаго постройкой моста живого сѣченія

$$2650,50 + 928,80 = 3579,30 \text{ кв. саж.}$$

Средняя глубина размыва $\frac{3579,30}{450} = 9,95.$

Отношеніе $\frac{\text{наибол. глубина до размыва}}{\text{средняя глубина до размыва}} = \frac{10,18}{7,95} = 1,28.$

Для опредѣленія средней глубины послѣ размыва предложено для запаса, что весь расходъ, опредѣленный въ количествѣ 3338 куб. саж., пройдетъ черезъ отверстіе моста въ 450 саж., хотя часть въ размѣрѣ 216,38 куб. саж., какъ видно изъ вышележложеннаго, будетъ направлена въ отдѣльное отверстіе, проектируемое на затонѣ. При этихъ условіяхъ и при коэффициентѣ сжатія $\mu = 0,97$, площадь живого сѣченія послѣ размыва:

$$F = \frac{3338}{0,97 \times 0,81} = 4248 \text{ кв. саж.,}$$

а средняя глубина послѣ размыва

$$h' = \frac{4248}{450} = 9,44.$$

Если применить такое же отношение наибольшей глубины къ средней послѣ размыва, какое оно было до размыва, то наибольшая глубина послѣ размыва будетъ:

$$h''=9,44 \times 1,28=12,08.$$

Слѣдовательно, наибольшій размывъ дна послѣ постройки моста

$$12,08-10,18=1,90.$$

Постройка моста осуществлена по профилю № 1.

На основаніи непосредственныхъ наблюдений надъ прохо-Расчетъ мостового отверстия для проектируемаго ж. д. моста черезъ Волгу у г. Саратова и ст. Увекъ¹⁾ домъ высокихъ водъ въ 1912 г., произведенныхъ по линіи перехода у Увека, составлена нижеслѣдующая таблица:

(Скорости опредѣлялись поплавками).

№№ по порядку	Годъ, мѣсяцъ и число	Расходъ воды Q	Площадь живого сѣченія	Средняя скорость $\frac{Q}{F}$	Число точекъ живого сѣченія, въ которыхъ опредѣлены расходы	Отмѣтка горизонта воды во время опредѣленія по реперу Р. У. ж. д.
		куб. саж.	кв. саж.	саж. сек		
	1912 г.					
1	9 мая	3260,5	4787	0 681	17	6.75
2	16 и 17 мая	3056,92	4520	0.676	27	6.63
3	18, 19 и 20 мая	2977,13	4545	0.655	25	6.57
4	21, 22 и 23 мая	2942,91	4447	0.662	25	6.53

Принимая для опредѣленныхъ этими данными точекъ законъ параболической зависимости расходовъ отъ горизонтовъ, изъ разсмотрѣнія графика можно заключить, что парабола, закону которой подчинены расходы воды въ Волгѣ, проходитъ или черезъ точки 1 и 4, или черезъ точки 1 и 2, или черезъ точки 1 и 3.

¹⁾ Пояснительная записка къ проекту перехода черезъ р. Волгу и г. Саратова Общ. Рязанско-Уральск. ж. д.

Подсчетъ 1-й параболы.

$$(y_1 + y_0)^2 = 2 \rho x_1 \text{ и}$$

$(y_4 + y_0)^2 = 2 \rho x_4$, подставляя значенія

y_1, y_4, x_1 и x_4 , имѣемъ:

$$(6,75 + y_0)^2 = 2 \rho \times 3260,50 \text{ и}$$

$$(6,53 + y_0)^2 = 2 \rho \times 2942,91$$

Опредѣляя отсюда неизвѣстныя, имѣемъ:

$$y_0 = 2,239 \text{ саж.}$$

$$2 \rho = 0,006241$$

При $y \text{ max} = 8,10$ саж.

$$X \text{ max} = Q \text{ max} = \frac{(8,10 - 2,239)^2}{0,006241} = 5504,13 \text{ куб. саж.}$$

Подсчетъ 2-й параболы.

$$(y_1 + y_0)^2 = 2 \rho x_1 \text{ и}$$

$(y_2 + y_0)^2 = 2 \rho x_2$ подставляя значенія

y_1, y_2, x_1 и x_2 , имѣемъ:

$$(6,75 + y_0)^2 = 2 \rho \times 3260,50 \text{ и}$$

$$(6,63 + y_0)^2 = 2 \rho \times 3056,92$$

Опредѣляя отсюда неизвѣстныя, имѣемъ:

$$y_0 = 2,98 \text{ саж.}$$

$$2\rho = 0,004489$$

при $y \text{ max} = 8,10$ саж.

$$X \text{ max} = Q \text{ max} = \frac{(8,10 - 2,98)^2}{0,004489} = 5840,01 \text{ куб. саж.}$$

Аналогиченъ подсчетъ и для 3-й параболы

$$Q \text{ max} = 5750,69 \text{ куб. саж.}$$

Для провѣрки расчета расхода по скоростямъ, опредѣленнымъ вертушками, составленъ графикъ, данныя для котораго сгруппированы въ нижеслѣдующей таблицѣ:

ТАБЛИЦА № 5.

(Скорости опредѣлялись вертушками).

№№ по порядку	Годъ, мѣсяць и число	Расходъ	Площадь жи-	Средняя ско-	Число точекъ жи- вого сѣченія, въ которыхъ опредѣ- ляется расходъ	Отмѣтка горизонта воды во время опредѣленія по реперу Р. У. ж. д.
		воды	вого сѣченія	рость.		
		куб саж.	кв. саж.	саж. сек.		
1912 г.						
1	9 мая	3132.96	4786	0.655	17	6.75
2	11 и 12 мая	2828.15	4847	0.583	17	6.73
3	16 и 17 мая	2795.17	4520	0.618	27	6.63
4	18, 19 и 20 мая	2548.45	4545	0.560	25	6,57
5	21, 22 и 23 мая	2348.09	4447	0.528	25	6.53

Подобно вышеизложенному вѣроятнѣйшей параболой можно считать нижеисчисленную

$$(y_2 + y_0)^2 = 2px_2$$

$$(y_4 + y_0)^2 = 2px_4,$$

подставляя величины y_2 , x_2 , y_4 и x_4 , имѣемъ:

$$(6,73 + y_0)^2 = 2 p \times 2828,15$$

$$(6,57 + y_0)^2 = 2 p \times 2548,45$$

Опредѣляемъ отсюда неизвѣстныя, имѣемъ:

$$y^2 = 3,58$$

$$2 p = 0,003512$$

при $y_{\max} = 8,10$ саж.

$$X_{\max} = Q_{\max} = 5817,3 \approx 5817 \text{ куб. саж.}$$

А. Опредѣленіе уклона при гор. с. в. водъ.

Наблюденія на водомѣрныхъ постахъ дали слѣдующія дан-
ныя объ уклонахъ.

Опредѣленіе
расхода воды
въ р. Волгѣ у
Увена по фор-
мулѣ Гангиле
и Нуттера, по
даннымъ на-
блюденій
1912 года.

ТАБЛИЦА

ВРЕМЯ НАБЛЮ- ДЕНИЙ 1912 г.	Высота го- ризон. воды на Уралъ h	Наблюден- уклонъ i	$i \times h$	h^2
9 мая	6.75	0.000022	0.000149	45.5625
11 "	6.74	0.000027	0.000182	45.4276
15 "	6.68	0.000027	0.000180	44.5224
18 "	6.60	0.000021	0.000139	43.5600
20 "	6.57	0.000020	0.000131	43.1649
29 "	6.51	0.000021	0.000137	42.3801
2 июня	6.53	0.000023	0.000150	42.6409
8 "	6.43	0.000026	0.000167	41.3449
16 "	5.53	0.000022	0.000122	30.5809
18 "	5.07	0.000020	0.000101	25.7049
	$\Sigma h=63.41$	$\Sigma i=0.000229$	$\Sigma ih=0.001458$	$\Sigma h^2=404.9891$

Приведенные уклоны опредѣлены между слѣдующими постами: на 765 саж. выше сѣченія въ мѣстѣ перехода и на 1265 саж. ниже сѣченія, т. е. общая длина участка, на которомъ наблюденный уклонъ принять въ расчетъ 2030 саж.

Допуская, что зависимости между уклонами и соответствующими горизонтами выражается уравненіемъ прямой:

$$i = a + bh$$

Опредѣлимъ коэффициенты этой функции по способу наименьшихъ квадратовъ:

$$b = \frac{m \Sigma ih - \Sigma i \Sigma h}{m \Sigma h^2 - (\Sigma h)^2} = \frac{10 \times 0.001458 - 0.000229 \times 63.41}{10 \times 404.9891 - 4020.8281} =$$

$$\frac{0.014580 - 0.014521}{4049.8910 - 4020.8281} = \frac{0.000059}{29.0629} = 0.00000203$$

$$a = \frac{\Sigma i - b \Sigma h}{m} = \frac{0.000229 - 0.00000203 \times 63.41}{10} =$$

$$= \frac{0.000229 - 0.000129}{10} = 0.0000180,$$

Такимъ образомъ формула уклона получается:

$$i=0.000010+0.000002 \times h, \text{ при } h=8,10 \text{ саж.}$$

$$i=0.000010+0.000016=0.000026.$$

Опредѣлимъ теперь коэффициентъ шероховатости русла, **В. Опредѣленіе коэффициента шероховатости русла.** пользуясь данными наблюдений 9 мая 1912 года изъ формулы Гангилье и Куттера.

Согласно наблюдениямъ въ этотъ день расходъ воды, определенный вертушками, равенъ 3132,96 куб. саж.

Площадь живого сѣченія равна 4785,83 и средняя скорость

$$V = \frac{3132,96}{4785,83} = 0,655 \text{ при уклонѣ } i=0,000022$$

$$\text{и подводный радиусъ} = \frac{4785,83}{798,61} = 5,993.$$

Подставляя эти данныя въ формулы Гангилье и Куттера, имѣемъ:

$$V = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{i}}{1,46067 + \left(23 + \frac{0,00155}{i}\right) \frac{n}{V R}} \times \sqrt{R i}$$

$$0,655 = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{0,000022}}{1,46067 + \left(23 + \frac{0,00155}{0,000022}\right) \frac{n}{V 5,993}} \times \sqrt{5,993 \times 0,000022}, \text{ или}$$

$$0,655 = \frac{\frac{1}{n} + 23 + 70,455}{1,46067 + (23 + 70,455) \frac{n}{2,45}} \times 0,0115, \text{ или}$$

$$0,655 = \frac{\frac{1}{n} + 93,455}{1,46067 + 38,145n} \times 0,0115, \text{ или}$$

$$0,655 \times 1,46067 + 0,655 \times 38,145n = \frac{0,0115}{n} + 93,455 \times 0,0115, \text{ или}$$

$$0,95674n + 24,98498n^2 = 0,0115 + 1,07473n, \text{ или}$$

$$n^2 - 0,00472n - 0,0004603 = 0, \text{ откуда}$$

$$n = 0,00236 + \sqrt{(0,00236)^2 + 0,0004603} = 0,00236 + 0,022 = 0,024.$$

С. Определе
наибольша
расхода.

Имѣя n — вычислимъ по этой же формулѣ среднюю скорость при горизонтѣ самыхъ высокихъ водъ, при чемъ въ этомъ случаѣ площадь живого сѣченія равна 5782 кв. саж.

$$R = \frac{5782}{807,81} = 7,1576$$

$$V = \frac{23 + \frac{1}{0,024} + \frac{0,00155}{0,000026}}{1,46067 + \left(23 + \frac{0,00155}{0,000026}\right) \frac{0,024}{\sqrt{7,1576}}} \times \sqrt{7,1576 \times 0,000026}, \text{ или}$$

$$V = \frac{23 + 41,667 + 59,615}{1,46067 + 0,74271} \times 0,01364 = \frac{1,695206}{2,20338} = 0,769 \text{ саж.}$$

Наибольшій расходъ $Q = 5782 \times 0,769 = 4446$ куб. саж.

Примемъ теперь въ основаніе расчетовъ расходы воды определенныя поплавками;

$$\text{тогда для 9 мая имѣемъ } V = \frac{3260,50}{4785,83} = 0,681,$$

$$i = 0,000022, R = 5,993.$$

Опредѣляя при этихъ условіяхъ коэффициентъ шероховатости n , имѣемъ:

$$0,681 \times 1,46067 + 0,681 \times 38,145n = \frac{0,0115}{n} + 93,455 \times 0,0115 \text{ или}$$

$$0,99472n + 25,97675n^2 = 0,0115 + 1,07473n, \text{ или}$$

$$n^2 - 0,00308n - 0,000443 = 0, \text{ откуда}$$

$$n^2 - 0,00154 \pm \sqrt{0,00154^2 + 0,000443} = 0,001 = 0,021 = 0,022.$$

Коэффициентъ шероховатости и расходъ тѣ же, что и въ предыдущемъ случаѣ.

Такимъ образомъ вышеприведенные расчеты дали слѣдующіе расходы при горизонтѣ самыхъ высокихъ водъ:

- 1) при опредѣленіи скорости поплавокми . . 5697 куб. с.
- 2) при опредѣленіи скорости вертушками : 5817 " "
- 3) при формулѣ Гангилье и Куттера 4446 " "

Сопоставленіе приведенныхъ величинъ даетъ основаніе считать послѣдній расходъ нѣсколько преуменьшеннымъ противъ дѣйствительнаго.

При составленіи проекта Сызранскаго моста черезъ Волгу расходъ былъ исчисленъ въ 6100 куб. с.; въ настоящей пояснительной запискѣ при опредѣленіи отверстія моста расходъ принять также въ 6100 куб. с. при площади живого сѣченія во время горизонта самыхъ высокихъ водъ равной 5782 квадр. саж.

При этихъ условіяхъ средняя бытовая скорость опредѣляется:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{6100}{5782} = 1,05 \text{ саж.}$$

Мостовое русло подлежитъ искусственной разработкѣ на обоихъ берегахъ до горизонта меженнихъ водъ (отм. 2,24 саж.) съ пологой выводкой ея на общую длину около 300 саж. на правомъ берегу, на лѣвомъ же берегу предполагена разработка на протяженіи 200 саж. полнымъ профилемъ и далѣе отдѣльными канавами, каковыя размываясь въ высокую воду, дадутъ возможность самой рѣкѣ произвести здѣсь нужную разработку.

Ширина разработки на правомъ берегу \curvearrowright 65 саж., а на лѣвомъ со стороны широкой лѣвобережной поймы \curvearrowright 170 саж.

Согласно требованіямъ Инженернаго Совѣта отверстіе моста должно быть таковымъ, чтобы наибольшія скорости теченія въ пролетахъ моста не превышали тѣхъ скоростей, которыя наблюдаются въ настоящее время.

Чтобы удовлетворить указанному условію скорость въ стѣсненномъ руслѣ безъ размыва должна быть равна средней бытовой скорости. При этомъ условіи скорости въ пролетахъ моста будутъ даже менѣе имѣющихся нынѣ скоростей, т. к. скорость послѣ постройки моста въ урегулированномъ руслѣ распредѣлится равномернѣе, чѣмъ нынѣ, и при равенствѣ средних скоростей дадутъ меньшія колебанія въ величинѣ въ ту и другую стороны.

Искусственная
разработка
русла.

Расчетъ ст-
верстія моста.

При соблюденіи вышеуказанныхъ требованій Инженернаго Совѣта о равенствѣ наибольшихъ скоростей до и послѣ постройки моста, окончательное отверстіе опредѣлилось въ 723,2 саж.

Площадь живого сѣченія въ отверстіи при горизонтѣ с. в. водъ послѣ искусственной разработки, стѣсненнаго опорами равна:

$$p_1 = 5959,47 \text{ кв. саж.}$$

Средняя глубина въ этомъ отверстіи до размыва

$$b = \frac{5959,47}{723,20} = 8,24 \text{ саж.}$$

Полагая, что размывъ прекратится, когда средняя скорость сжатого сѣченія сдѣлается равною средней бытовой скорости, исчисленной выше въ 1,05 саж./сек. опредѣляемъ среднюю глубину въ отверстіи послѣ размыва:

$$S = \frac{Q}{\mu Z V_0}, \text{ гдѣ}$$

$\mu = 0,97$ коэффициентъ сжатія

Z = длина отверстія

$V_0 = 1,05$ саж./сек. — средняя бытовая скорость.

$$S = \frac{6,100}{0,97 \times 723,3 \times 1,05} = 8,28 \text{ саж.}$$

Наибольшая бытовая глубина въ сѣченіи

$$V_{\max} = 11,54 \text{ саж.}$$

Средняя глубина главнаго русла между урѣзомъ с. в. водъ на правомъ берегу и пик. № 1+12 на лѣвомъ берегу длиною 653,10 саж.

$$V = \frac{F_2}{I_2}, \text{ гдѣ,}$$

$$F_2 = 5328,99 \text{ кв. саж.}$$

$$V = \frac{5328,99}{653,10} = 8,16 \text{ саж.}$$

Отношеніе наибольшей и средней бытовыхъ глубинъ въ главномъ руслѣ:

$$\frac{V_{\max}}{V} = \beta = \frac{11,54}{8,16} = 1,42$$

Полагая, что то же отношеніе между наибольшей и средней глубинами сохранится въ предѣлахъ отверстія и послѣ размыва, опредѣляемъ наибольшую глубину сѣченія послѣ размыва:

$$S_{\max} = \beta S = 1,42 \times 8,28 = 11,76 \text{ саж.}$$

наибольшая глубина размыва:

$$L_{\max} = S_{\max} - S = 11,76 - 11,54 = 0,22 \text{ саж.}$$

Если бы по качеству грунта ложа размыва не произойдетъ ни въ предѣлахъ главнаго русла, ни въ предѣлахъ поемной части отверстія, то въ этомъ случаѣ средняя скорость въ отверстіи получилась бы:

$$U_2 = \frac{Q}{\mu F_{\Pi}} = \frac{6100}{0,97 \times 5969,61} = 1,05 \text{ саж./сек.}$$

скорость равна бытовой (1,05).

Это еще разъ подтверждаетъ правильность принятыхъ предѣловъ главнаго русла, ибо при средней скорости, не возросшей по сравненію съ бытовой, размывъ получился 0,22 саж. совершенно ничтожный.

Одноименные выделены и соединены выделенными линиями на
 плоском листе:

$$\frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \sqrt{1,25} = 0,625$$

Полученные отрезки отложены с помощью циркуля и линейки
 на выделенных линиях, соединяя их, получим выделенную линию
 выделенной кривой:

$$2\pi \cdot 0,625 = 3,927 - 1,57 = 2,357$$

выделенная кривая

$$1 \text{ радиан} = 57,3^\circ = 1,75 - 0,39 = 1,36 \text{ рад}$$

Если бы по известной длине выделенной кривой
 мы не знали бы длины дуги, мы бы выделенной кривой
 могли отделить то же самое отрезок от дуги.

$$1 \text{ радиан} = 57,3^\circ = 1,75 - 0,39 = 1,36 \text{ рад}$$

Следует отметить, что выделенная кривая
 это еще раз подтверждает справедливость
 предположения о длине дуги, но при этом
 следует по сравнению с выделенной кривой
 отметить выделенную кривую.

Рѣка ВОЛГА.
Мая 15 дня 1915 г.

Расходъ № 14

М. П. С.
Вязовская
гидрометрическая станція.

Мѣсто опредѣленія расхода: 15-й профиль у д. Собакино.

Время производства работъ:
„15“ мая 1915 г.

Начало работы 8 ч. 50 м. утра
Конецъ работы 5 ч. 50 м. вечера
Продолжит. работы 9 ч. 0 м.

Отмѣтки горизонтовъ воды на рабочемъ профилѣ:

	Лѣвый берегъ	Правый берегъ
Начальная		22.571 сж.
Конечная		22.522 „
Измѣніе гор. воды за время наблюденія		0.049 „
Отмѣтка къ которой отнесенъ расходъ		22.547 сж.

Отмѣтка горизонта воды на ближайшемъ постоянномъ водомѣрномъ посту въ с. Вязовыхъ 22.547 сж. надъ уровн. Балт. моря (нуль поста имѣетъ отмѣтку 18.12 сж.)

Расходъ опредѣлялъ (Подпись).

Гидравлическіе элементы:

Расходъ	$Q =$	1627.7 куб. саж.
Площадь живого сѣченія	$F =$	2625.4 кв. саж.
Ширина рѣки	$L =$	464.0 саж.
Подводный периметръ	$P =$	— саж.
Средняя скорость	$V =$	0.620 $\frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$
Наибольшая скорость	$V_{\text{max}} =$	0.775 $\frac{\text{саж.}}{\text{сек.}}$
Число вертикалей	$N =$	9
Средняя глубина	$H_{\text{ср.}} =$	5.66 саж.

Обстановка работъ:

Вертушка № Hajos'a Лопастя № 12 Послѣдняя тарировка № 120
 Работа съ троса. произведена 8 іюня 1915 г.
 Контактъ черезъ 10 оборотовъ.
 Методъ наблюденія „Основной“ (Пятиточечный)

$$n \left\{ \begin{array}{l} > 0.627 \\ < 3.228 \end{array} \right. V = 0.0549 + 0.0570 n$$

$$n \left\{ \begin{array}{l} > 3.228 \\ < 10.476 \end{array} \right. V = 0.0068 + 0.0719 n$$

$$n \left\{ \begin{array}{l} > 10.476 \\ < 13.337 \end{array} \right. V = -0.1430 + 0.0862 n$$

Вертикаль № 1.

Разстояніе ея отъ луговой магистрали по планшету № 4+452 сж.

Начало наблюденія 8 ч. 50 м. }
 Конецъ наблюденія 9 ч. 25 м. } 9 ч. 8м утра

Продолжительность наблюденія — ч. 35 м.

Отмѣтки горизонтовъ воды на рабочемъ профилѣ относительно ур.
 Балт. моря.

	Лѣвый берегъ.	Правый берегъ.
Начальная	—	} 22.571
Конечная	—	

Показаніе счетчика } ось вертушки на поверхности 0.00 саж
 глубинъ } низъ поддона на двѣ 4.10 саж
 Разстояніе отъ оси вертушки до низа поддона 0.19 саж

Глубина вертикали {
 по счетчику $H_1 =$ 4.29 саж
 по наметкѣ $H_2 =$ — саж
 по штангѣ $H_3 =$ — саж
 по профилю $H_4 =$ — саж

Показаніе счетчика глубинъ или штанги } 0.2 Н 0.86 саж
 при опусканіи вертушки на глубину: } 0.6 Н 2.57 саж
 } 0.8 Н 3.43 саж

Состояніе погоды: Ясно.

Сила и направленіе вѣтра:

Средній верховый вѣтеръ.

Средняя скорость $V_{ср} = 0.546$ саж

Поверхностная скорость 0.622 саж

Состояніе рѣвки: рѣбъ.

Эскизы.

Вычерчивается эскизный чертеж во время полевых работ подобно тому, какой вычерчен на черт. «Вспомогательныя діаграммы для опредѣленія среднихъ скоростей на отдѣльныхъ вертикаляхъ» напр., вертикаль № 1.

Отдѣльня измѣ- ренія или точки	Глубина опусканія вертушки въ саж.	Показаніе счетчика оборотовъ.		Число оборотовъ вертушки.	Продольжи- тельность наблюденія въ сек.	Число оборотовъ въ сек.	Скорость теченія въ сек. въ саж.		
		Началь- ное	Конеч- ное					t	n
		1692	1740	480	100	4.80	0.352		
		1740	1790	500	100	5.00	0.366		
						Средн.	0.366		
0.8 Н	3.43	1790	1860	700	100	7.00	0.510		
		1860	1925	650	100	6.50	0.474		
		1925	1994	690	100	6.90	0.503		
						Средн.	0.496		
0.6 Н	2.57	1994	2070	760	100	7.60	0.553		
		2070	2146	760	100	7.60	0.553		
						Средн.	0.553		
0.2 Н	0.86	2146	2227	810	100	8.10	0.589		
		2227	2311	840	100	8.40	0.611		
		2311	2394	830	100	8.30	0.604		
						Средн.	0.601		
У по- верхн.	0.10	2394	2484	900	100	9.00	0.654		
		2484	2567	830	100	8.30	0.604		
		2567	2647	800	100	8.00	0.582		
		2647	2436	890	100	8.90	0.647		
						Средн.	0.622		

Къ обработкѣ графо-механическимъ способомъ.

Измѣреніе площадей элементарныхъ расходовъ.

Планиметръ № 4960+7308 установка 300.5 Коэффиц. планиметра 0.008
При масштабѣхъ: гориз. 0.01 см. = 0.2 см. и верт. 0.01 см. = 2 см.

№ вертик.	Отсчеты по планиметру					Площадь (эл. расх.)	Глу- бина	Сред- няя ско- рость
		I.	II.	III.	Средн.			
2-2 с.	Кон.	1890	2182	2476	292.7	2.342	4.29	0.546
	Нач.	1592	1890	2182				
	Разн.	292	292	294				
4-2 с.	Кон.	6329	6994	8323	666.0	5.328	7.55	0.706
	Нач.	5662	6329	7657				
	Разн.	667	665	666				
6+3 с.	Кон.	5448	6175	7629	728.3	5.826	8.44	0.690
	Нач.	4719	5448	6900				
	Разн.	729	727	729				
8	Кон.	3594	4279	4963	684.7	5.478	8.25	0.664
	Нач.	2909	3594	4279				
	Разн.	685	685	684				
10+5 с.	Кон.	2282	2876	3471	595.0	4.760	7.65	0.622
	Нач.	1686	2282	2876				
	Разн.	596	594	595				
13-9 с.	Кон.	4304	4729	5152	424.0	3.392	5.97	0.568
	Нач.	3880	4304	4729				
	Разн.	424	425	423				
14	Кон.	2474	2766	3060	293.0	2.344	4.21	0.557
	Нач.	2181	2474	2766				
	Разн.	293	292	294				
16-3 с.	Кон.	9010	10018	1821	170.7	1.366	2.64	0.517
	Нач.	8838	9848	1651				
	Разн.	172	170	170				
18+5 с.	Кон.	8302	8399	8494	96.3	0.770	1.83	0.421
	Нач.	8205	8302	8399				
	Разн.	97	97	95				

Рѣка (каналъ, озеро) *Волга.*

Мѣсто разположенія у. с. *Вязовыхъ.*

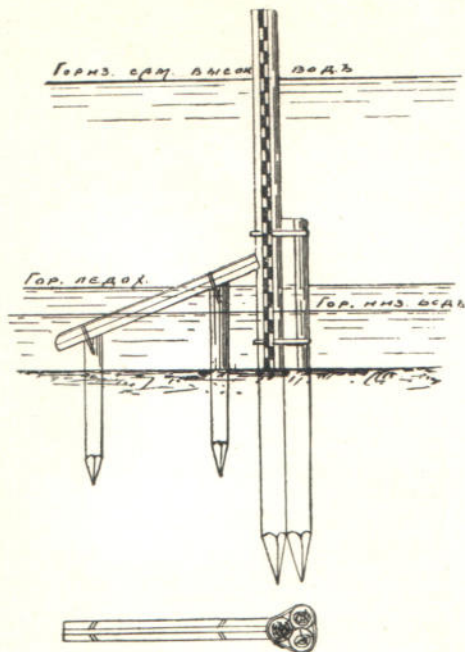
Округъ, отдѣленіе, участокъ и дистанція } *Казанскій округъ.*
 } *Нижегородское отдѣленіе.*
 } *Богородскій участокъ.* Губернія } *Казанская*
 } *Свяжскій.*

При мостѣ *Московско—Казанской* желѣзной дороги.

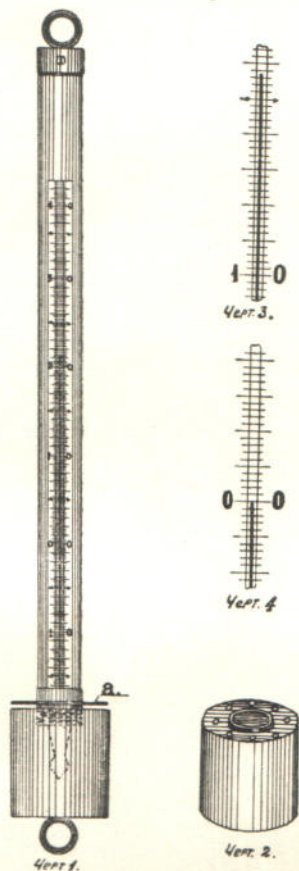
Число мѣсяца	Корешокъ 1915 годъ постъ „I“ разряда Состояніе погоды	Показаніе состоянній уровня воды въ сотыхъ саженіи см. § 4 а и б Инструкціи			Свѣдѣнія о ледоходѣ см. Инструкцію § 5 а) и б)	Время прибытія или прохода, или же отхода перывыхъ судовъ весною и го- слѣднихъ судовъ осенью	Талонъ (Точная копія корешка)
		въ 7 ч утра	въ часъ пополу	въ 7 ч вѣч.			
		Разряды волном. постовъ					
		I	II	I			
	Апрѣля	выше нуля					
1	ясно, тихій вѣтеръ	276	289	296	Вторая подвижка льда въ 2 ч. 15 м. дня.	Срѣзь сверху прошель бунсиф. пароходъ „Сарра“ внутри въ Управление Внутреннихъ водныхъ путей)	
2	дождь, вѣтеръ	312	323	336	Третья подвижка въ 2 ч. 18 м. дня.		
3	дождь, тихо	346	360	375	4-я подв. въ 3 ч. 50 м. утра; 5-я подвижка въ 12 ч. дня.		
4	ясно, вѣтеръ	413	422	429	Ледоходъ		
5	пасмурно, вѣтеръ	443	453	456	Рѣдкій ледоход.		
6	ясно, слабый вѣтеръ	464	469	469	Рѣдкій ледоход.		
7	пасмурно, вѣтеръ	476	477	479	Рѣдкій ледоход.		
8	пасмурно, тихо	483	484	486	Рѣдкій ледоход.		
9	дождь, сильный вѣт.	489	491	492	Чисто		
10	пасмурно, слаб. вѣт.	496	499	501			
11	ясно, вѣтеръ	506	508	510			
12	ясно, штормъ	515	519	522			
13	ясно, сильный вѣт.	527	529	534			
14	тоже	540	542	548			
15	тоже	553	557	561			

Подпись наблюдателя
(Званіе, имя и фамилія)

ПРИМѢЧАНІЕ. На оборотѣ заносятся примѣчанія и отмѣтки начальству ющихъ лицъ, а также свѣдѣнія о повѣркѣ поста, о переходахъ со сваи на сваю и т. п.

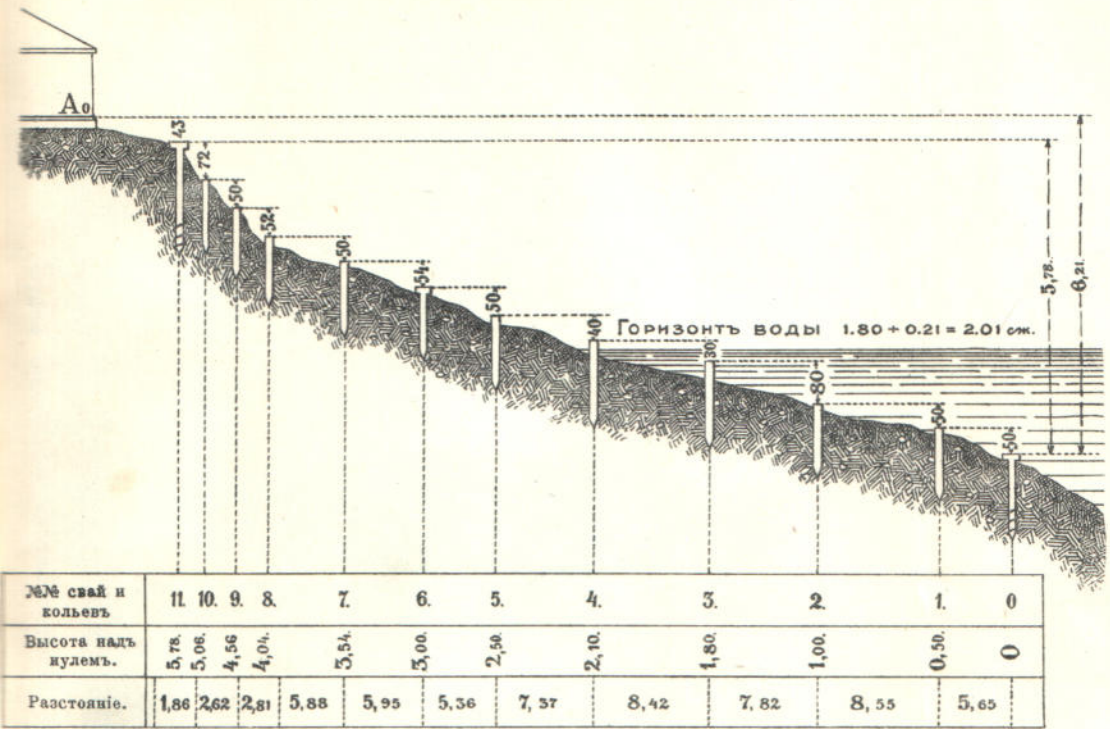


Реечный пост старого типа.

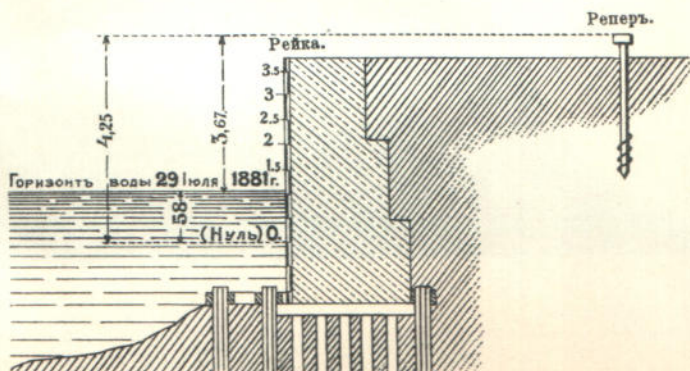


Термометр для определения температуры воды.

Расположение свай на посту.



Водомѣрная рейка на устоѣ моста.

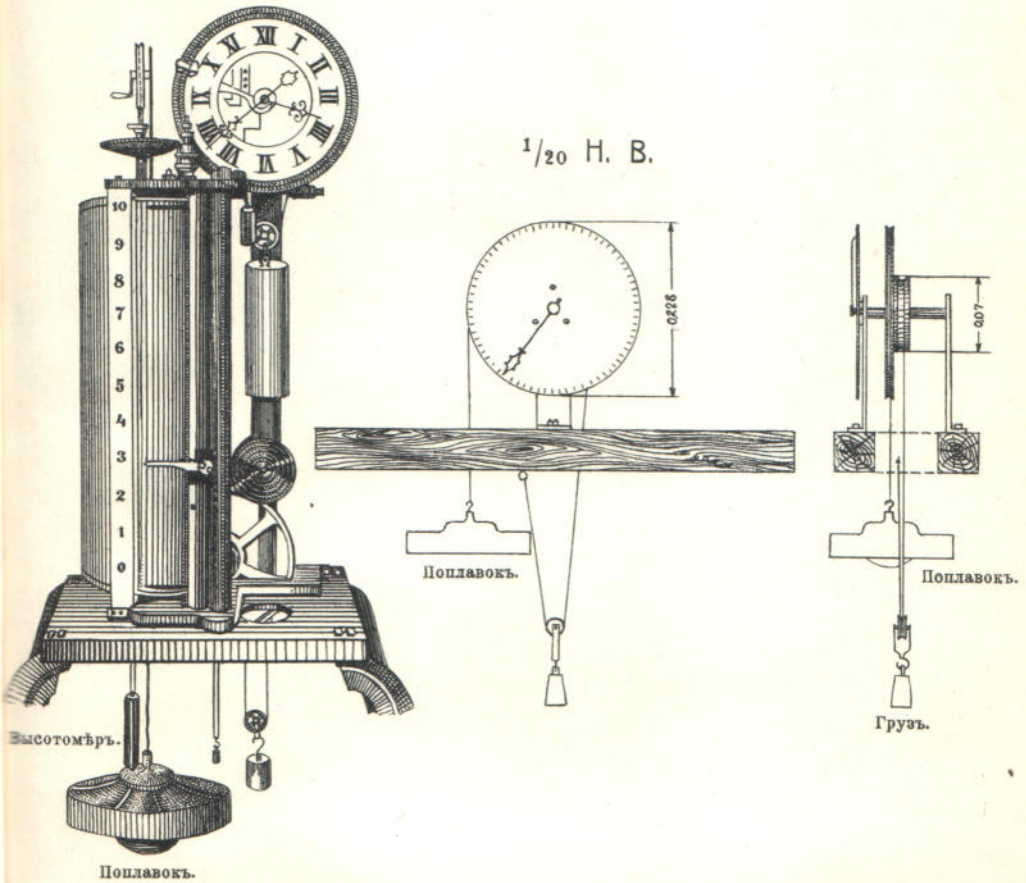




Будка Вязовской автоматической водомёрной рейки, въ высокую воду.

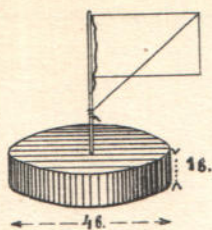
АППАРАТЪ

при автоматической Вязовской водомѣрн. рейкѣ
для механической записи высоты стоянія горизонта.

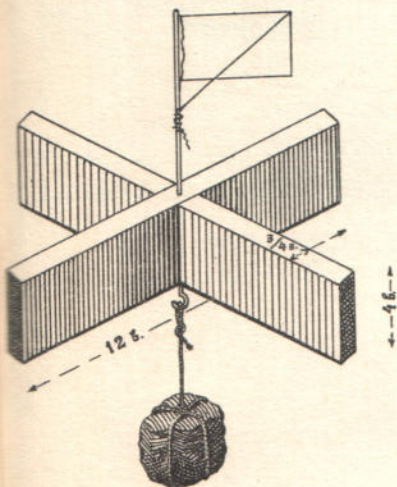


Масштабъ: въ 0,01 с.=0.08 саж.

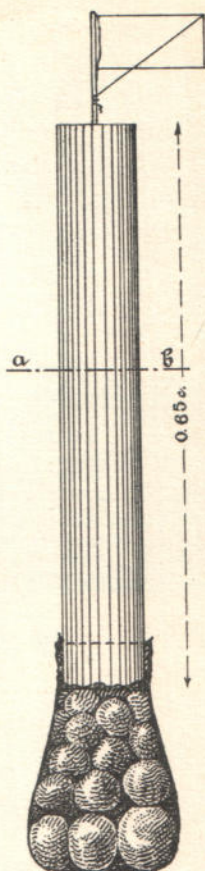
Поплавокъ для опредѣленія
поверхностныхъ струй.



Поплавокъ для опредѣленія
поверхностныхъ струй.



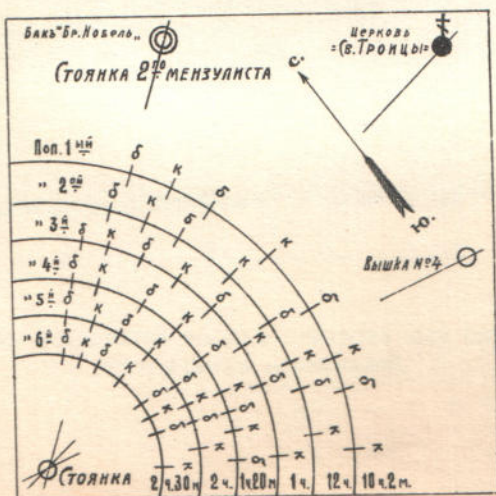
Глубинный поплавокъ.

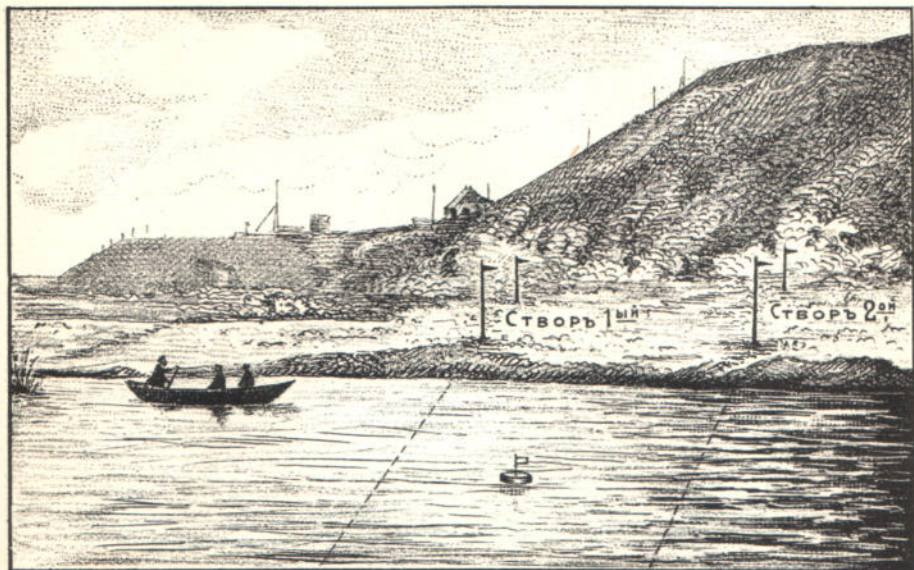


Разрѣзъ а—в.

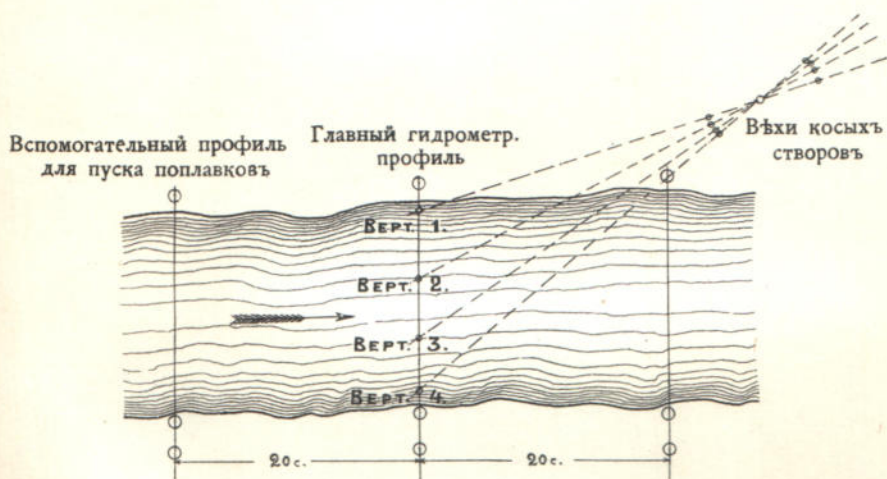


ПЛАНШЕТЪ СЪ ЗАСѢЧКАМИ ПОПЛАВКОВЪ.

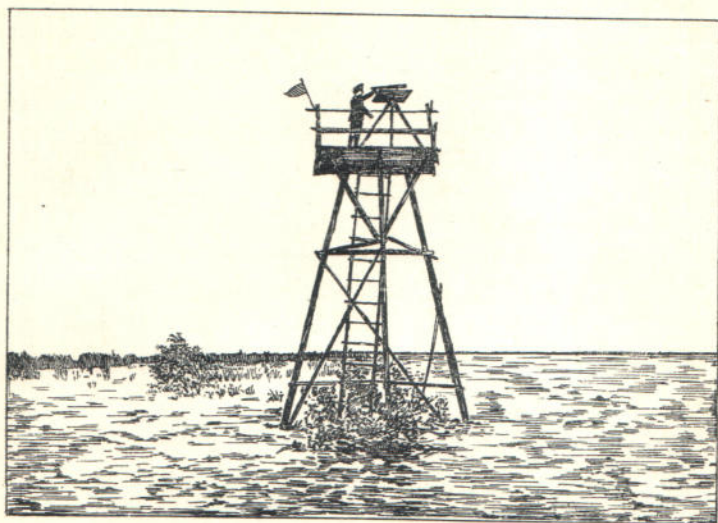




ОПРЕДѢЛЕНІЕ ПОПЛАВКАМИ РАСХОДА ВОДЫ.



Принципъ устройства косыхъ створовъ для опредѣленія постоянныхъ вертикалей.

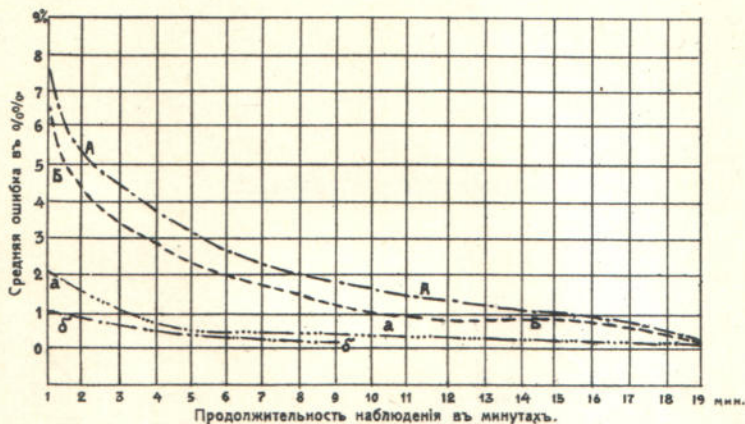


Вышка для установки мензулы.



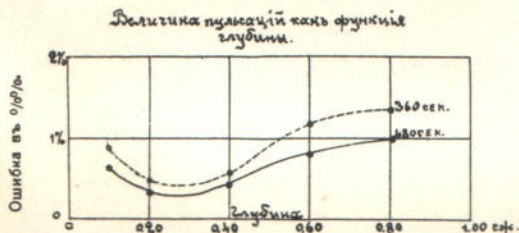
Опускание вертушки Отт'а съ парохода.

Графикъ среднихъ ошибокъ въ опредѣленіи скорости отъ вліянія пульсаціи въ зависимости отъ продолжительности времени наблюденія.



А А=донная точка, на 0,09 глубины надъ дномъ } Верт. № 13.
 а а=поверхн. " " 0,95 " " " } береговая.

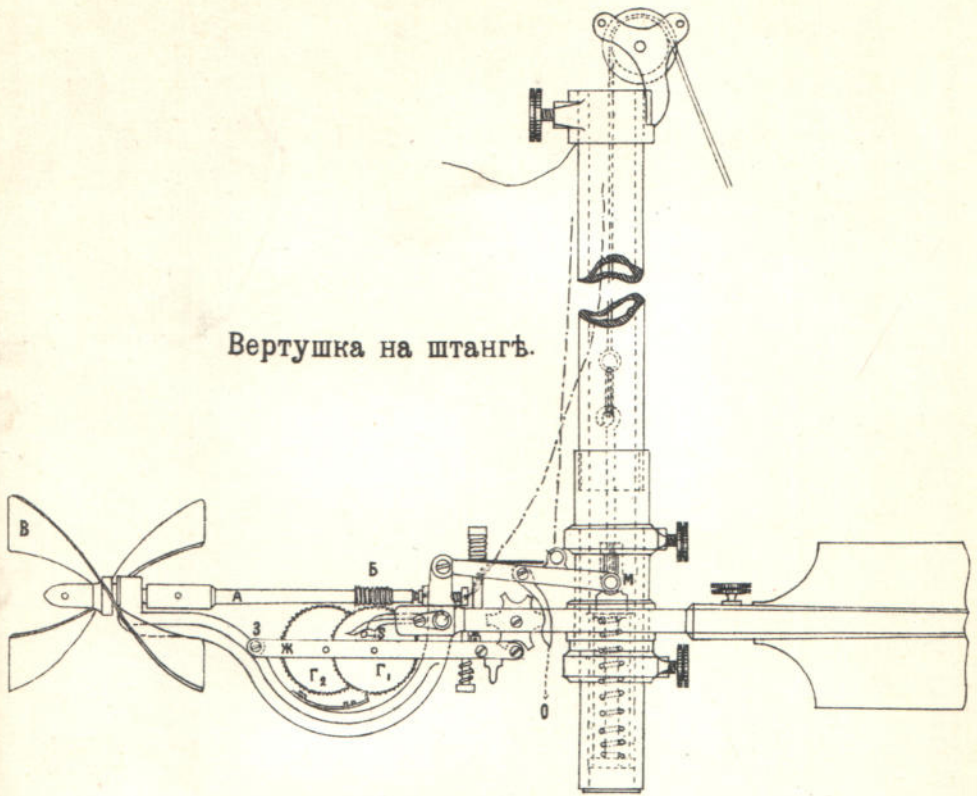
Б Б=донная точка на 0,04 глубины надъ дномъ } Верт. № 5.
 б б=поверхн. " " 0,98 " " " } по срединѣ рѣки.



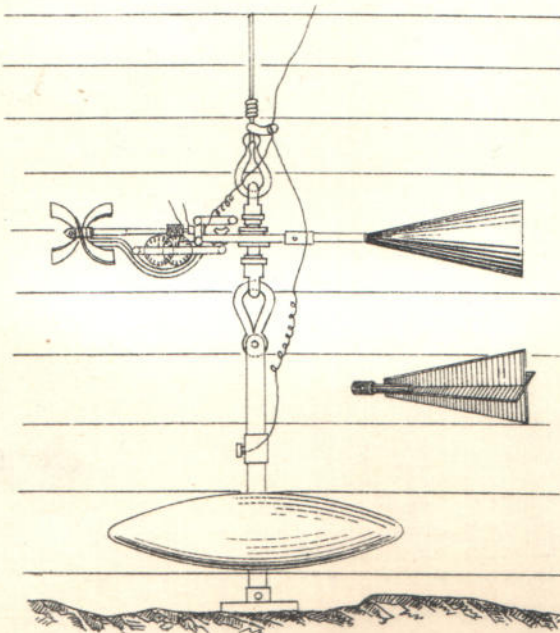
Ошибка въ опредѣленіи скорости отъ вліянія пульсаціи сначала уменьшается, а затѣмъ возрастаетъ съ приближеніемъ ко дну.

Вертушка системы Амслера.

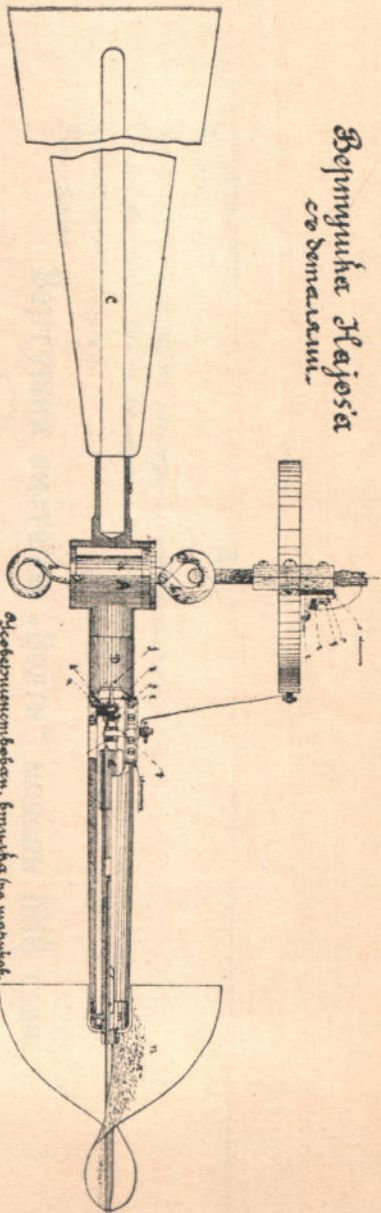
Вертушка на штангѣ.



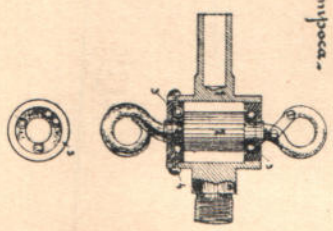
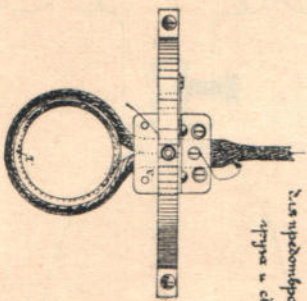
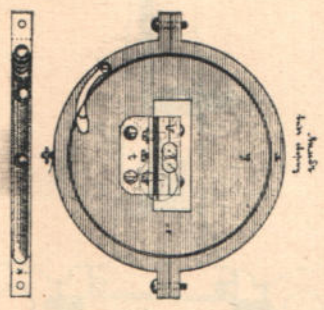
Вертушка на тросѣ.



Bejnyuka Hajosa ce demaratu.

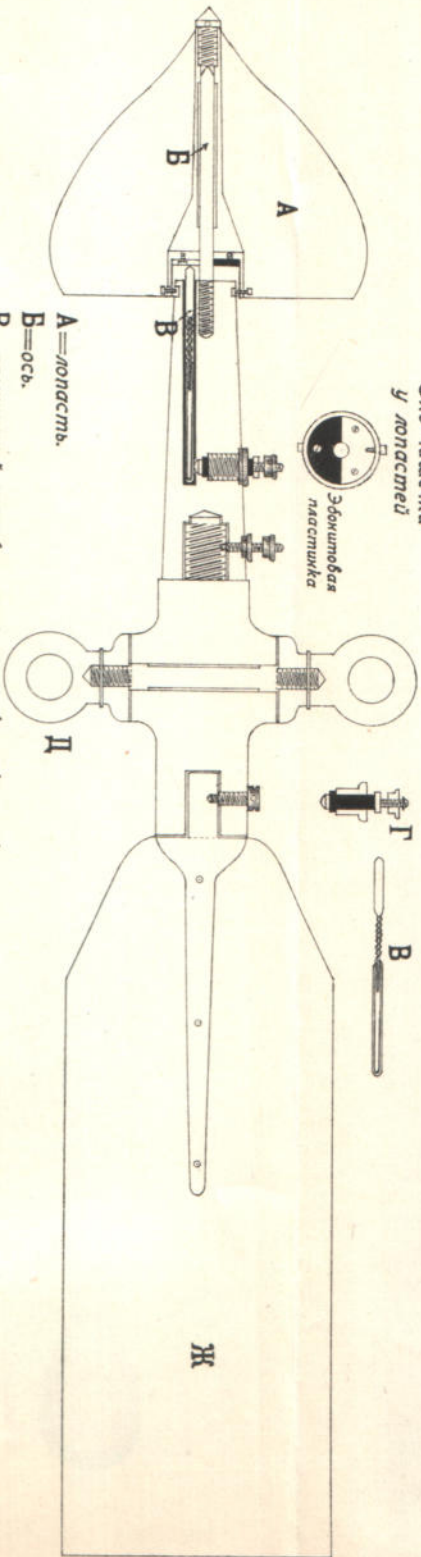


Описанъ въспомогательный приборъ, употребляемый
 въ работѣ по исправленію поврежденнаго
 рельса на станціи.



Вертушка системы "Волга" модель 1917 года.

Дно чашечки
у лопастей



А=лопасть.

В=ось.

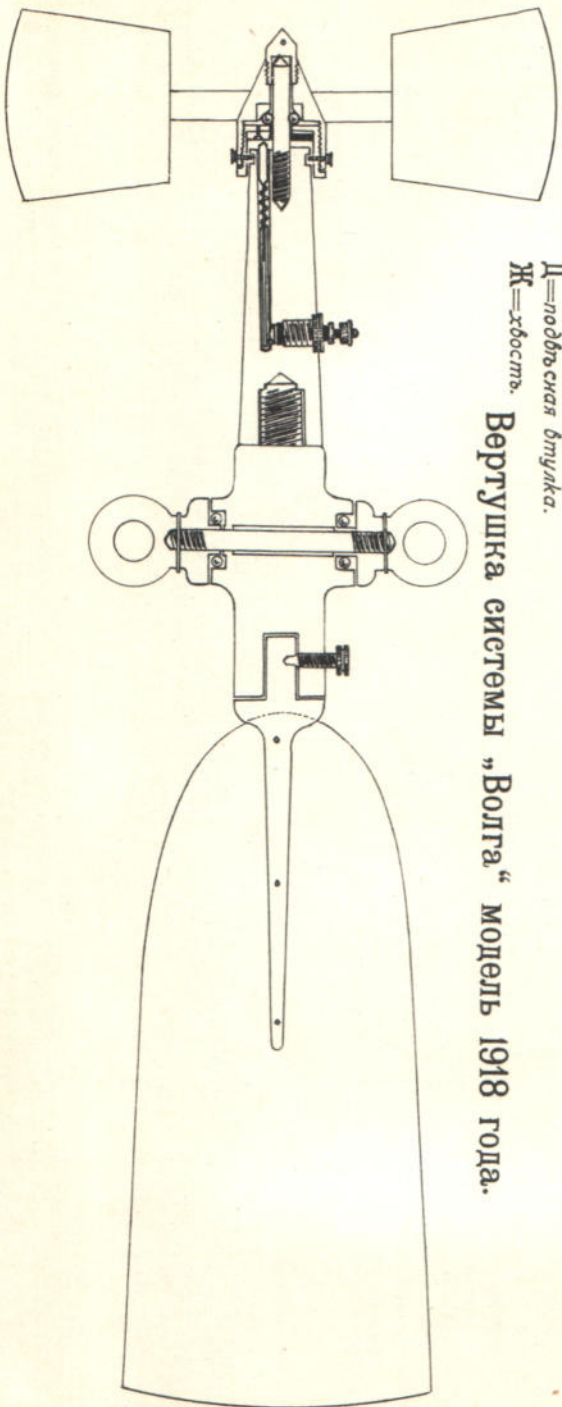
В=пружинный штифт электрического контакта.

Г=закрытый. битье контакта.

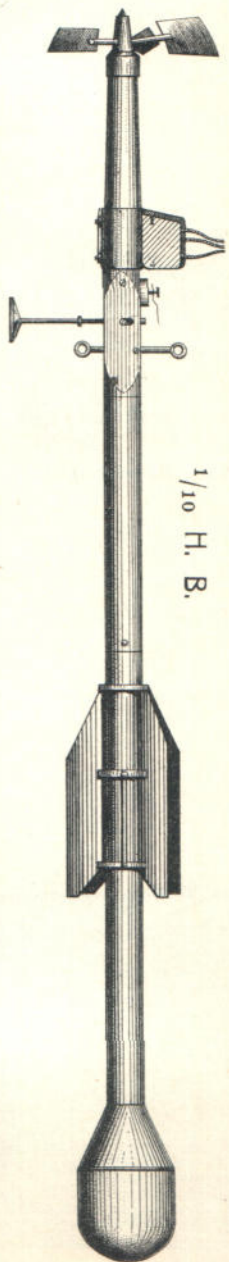
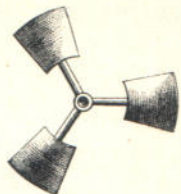
Д=подъёмная втулка.

Ж=хвост.

Вертушка системы "Волга" модель 1918 года.

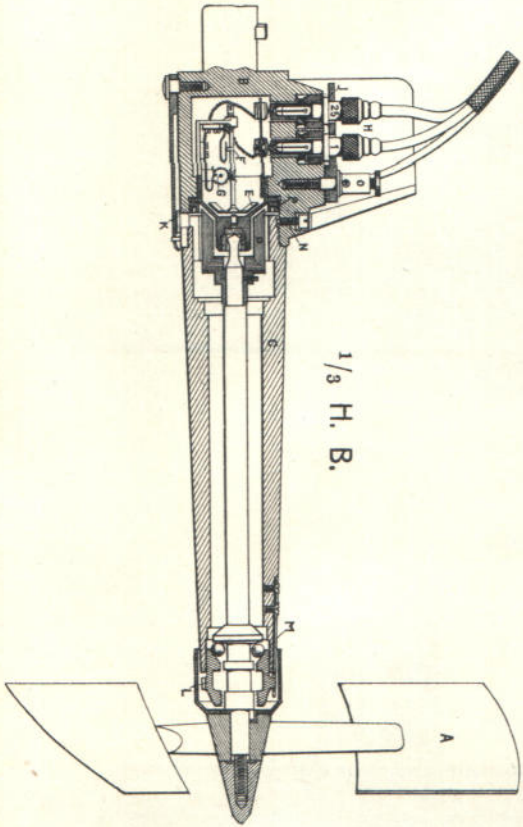


ЧЕРТЕЖЪ ВЕРТУШКИ А. ОТТ'А



1/10 Н. В.

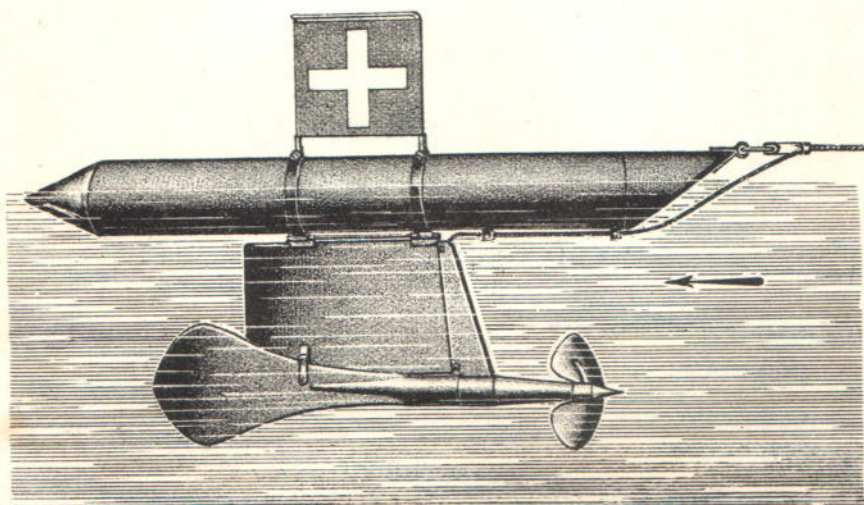
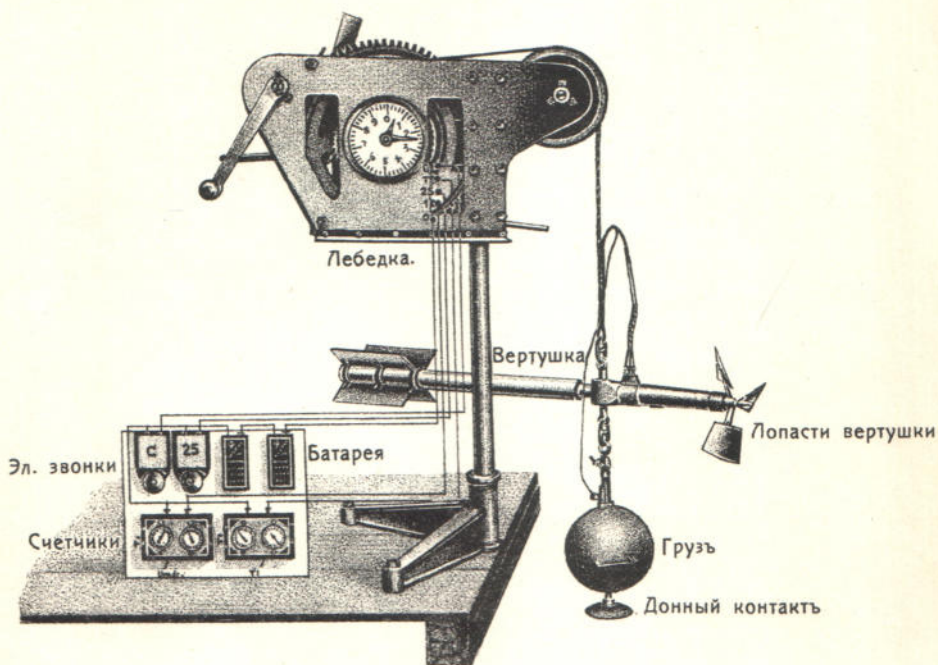
1/3 Н. В.



Объясненія:

- А.—Лопасте.
- В.—Контактная камера.
- С.—Тяго вертушки.
- Д.—Магнитный коловодъ.
- Е.—Железная крестъ.
- Ф.—Ось контактного механизма.
- Г.—Колесо 25-тактнаго контакта.
- Ж.—Пластина для закрыванія штопселев.
- Н.—Штопселе.
- Л.—Конусъ.
- М.—Пружина для закрыванія конуса.
- Н.—Виты для закрыванія контакта камеры съ тягою вертушки.
- Р.—Прокладка для предохраненія отъ сырости.
- О.—Нейтральный проводъ.
- 1.—Проводъ отъ одноконтаннаго контакта.
- 25.—Проводъ отъ 25-тактнаго контакта.

Установка вертушки Отта для опредѣленія скоростей теченія.



Вертушка—лагъ для опредѣленія поверхностныхъ скоростей теченія.

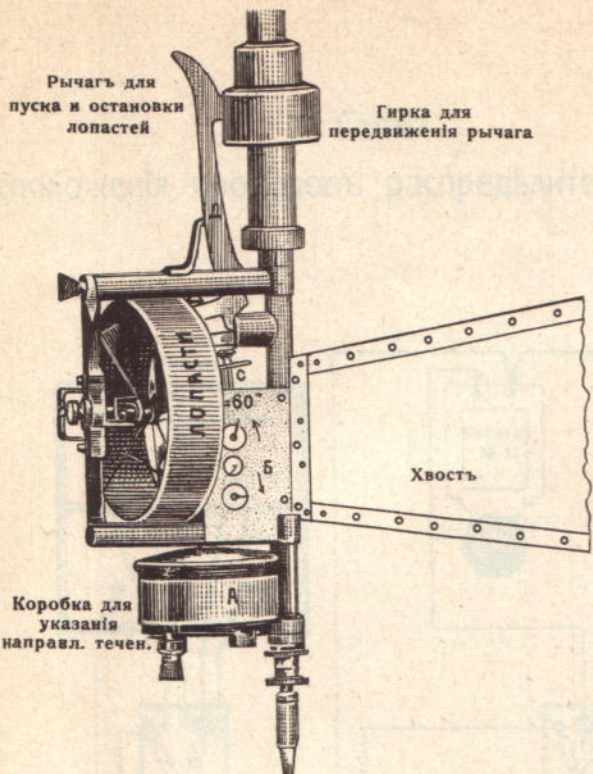


Наблюденія надъ скоростями теченія вертушкой въ поймѣ
съ лодки.

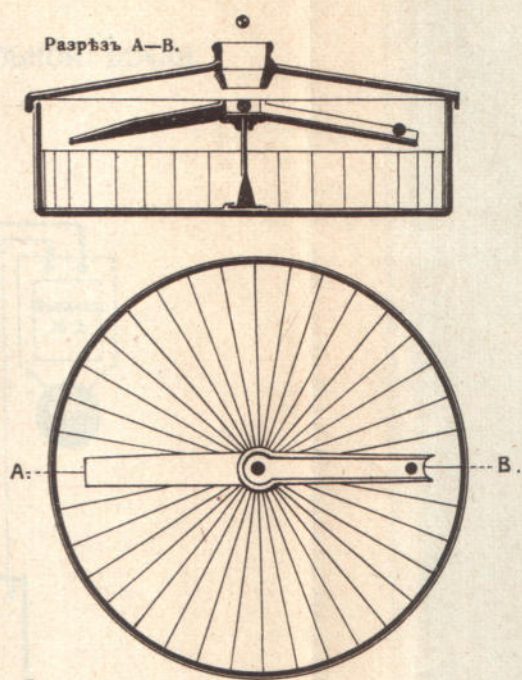


Наблюденія надъ скоростями теченія въ поймѣ
при помощи вертушки—лага.

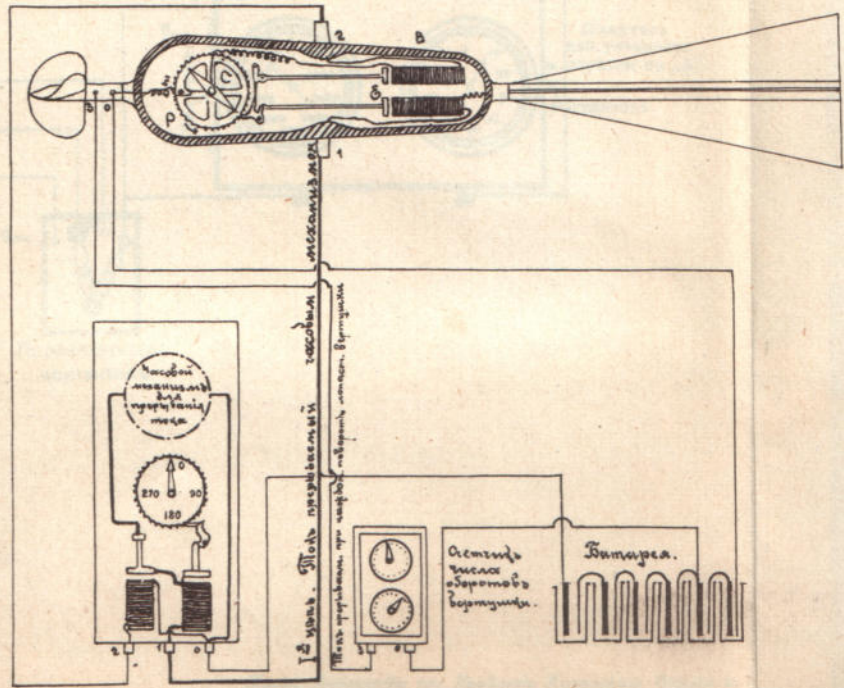
ВЕРТУШКА СИСТЕМЫ ЭКМАНА.



Коробка для указанія направленія теченія.



Схематическое изображеніе установки американской вертушки.



Схема

расположения проводов распределительной доски.

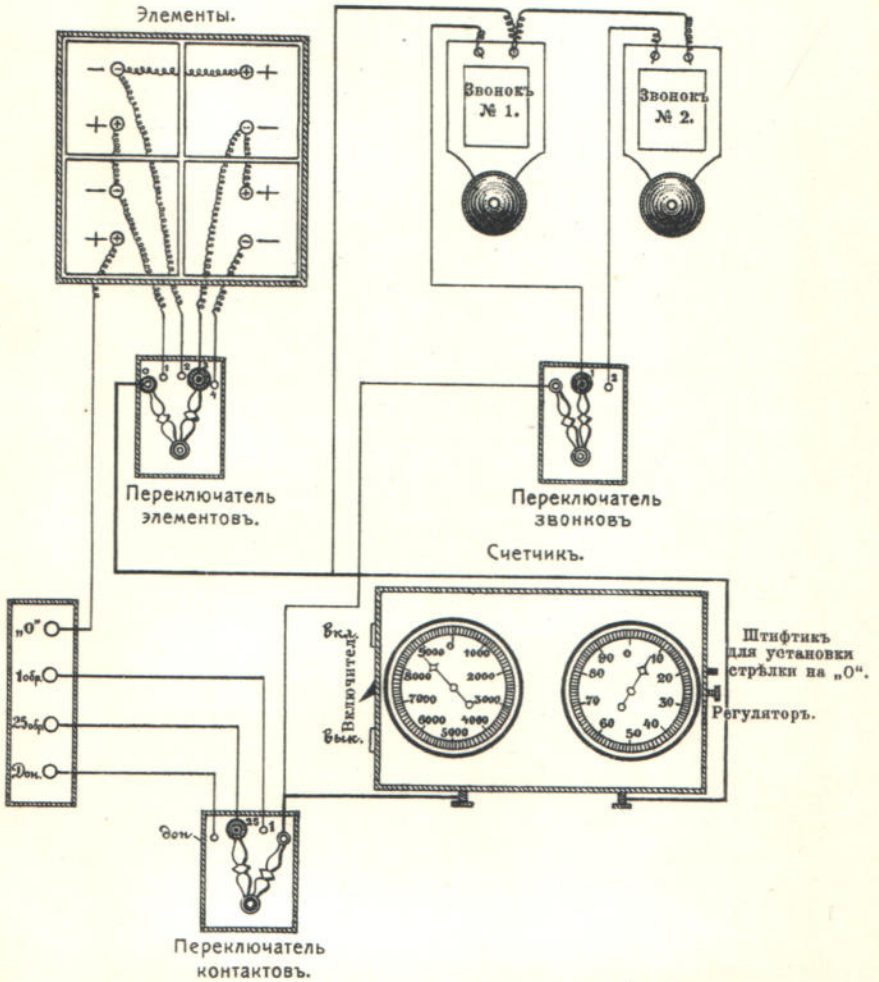


График оборотов и скоростей.

Взрывка № 1606 Омта.

Ломать 2.

Тарировалась на тягость.

Формулы для вычисления скоростей:

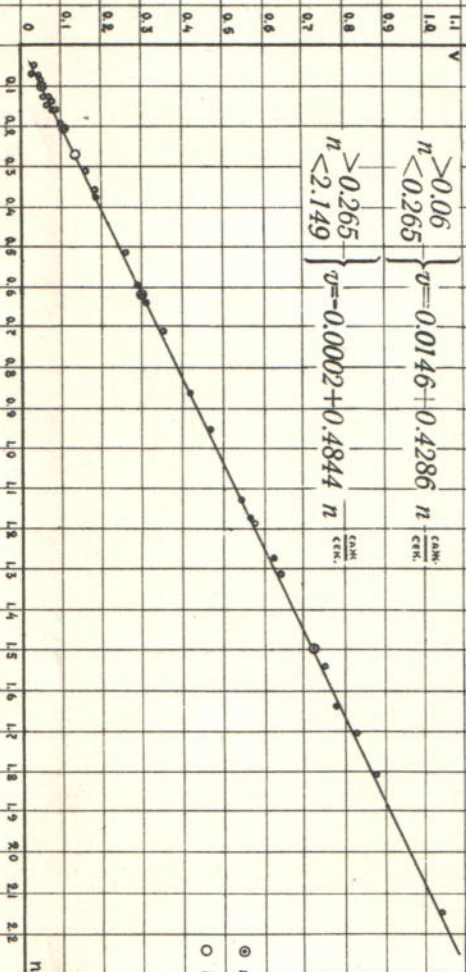
1914 г. 4 мая.

$$\left. \begin{array}{l} n > 0.06 \\ n < 0.265 \end{array} \right\} v = 0.0146 + 0.4286 n$$

САН. СЕР.

$$\left. \begin{array}{l} n > 0.265 \\ n < 2.149 \end{array} \right\} v = -0.0002 + 0.4844 n$$

САН. СЕР.

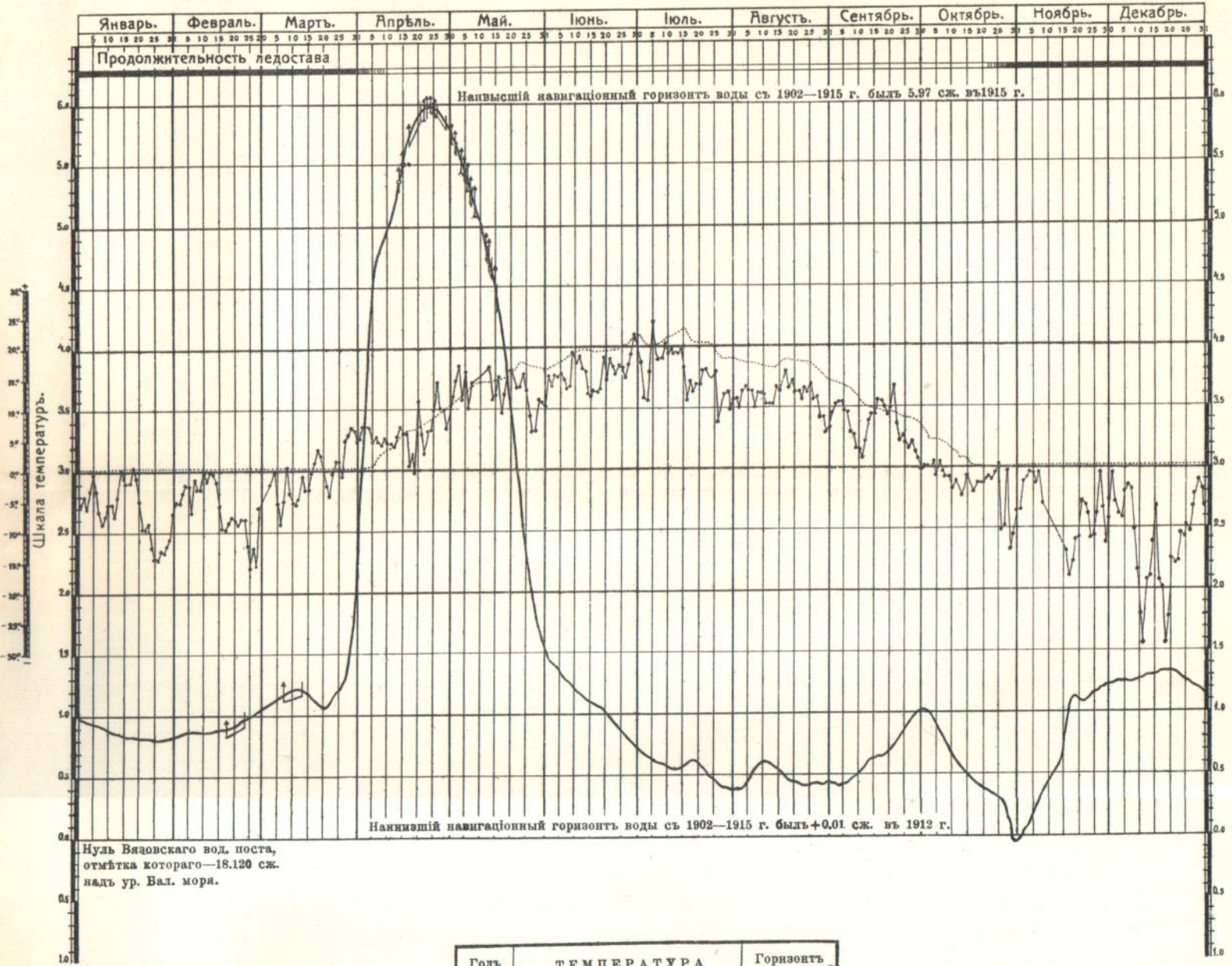


ОБОЗНАЧЕНИЯ.

● центральная точка

○ периферия точки.

Графикъ колебаній горизонта воды, температуру воздуха и воды.



Примѣчаніе:

Графики колебаній горизонта воды и температуры воды нанесены по утреннимъ наблюденіямъ, а температуры воздуха по среднимъ суточнымъ (наблюденія на посту производились съ $\frac{I}{I}$ $\frac{III}{III}$ и $\frac{I}{X}$ $\frac{XI}{XII}$ въ 8 час. утр., 1 ч. д. и 7 ч. в., а съ $\frac{I}{IV}$ $\frac{I}{I}$ въ 7 ч. у., 1 ч. д. и 8 ч. в.).

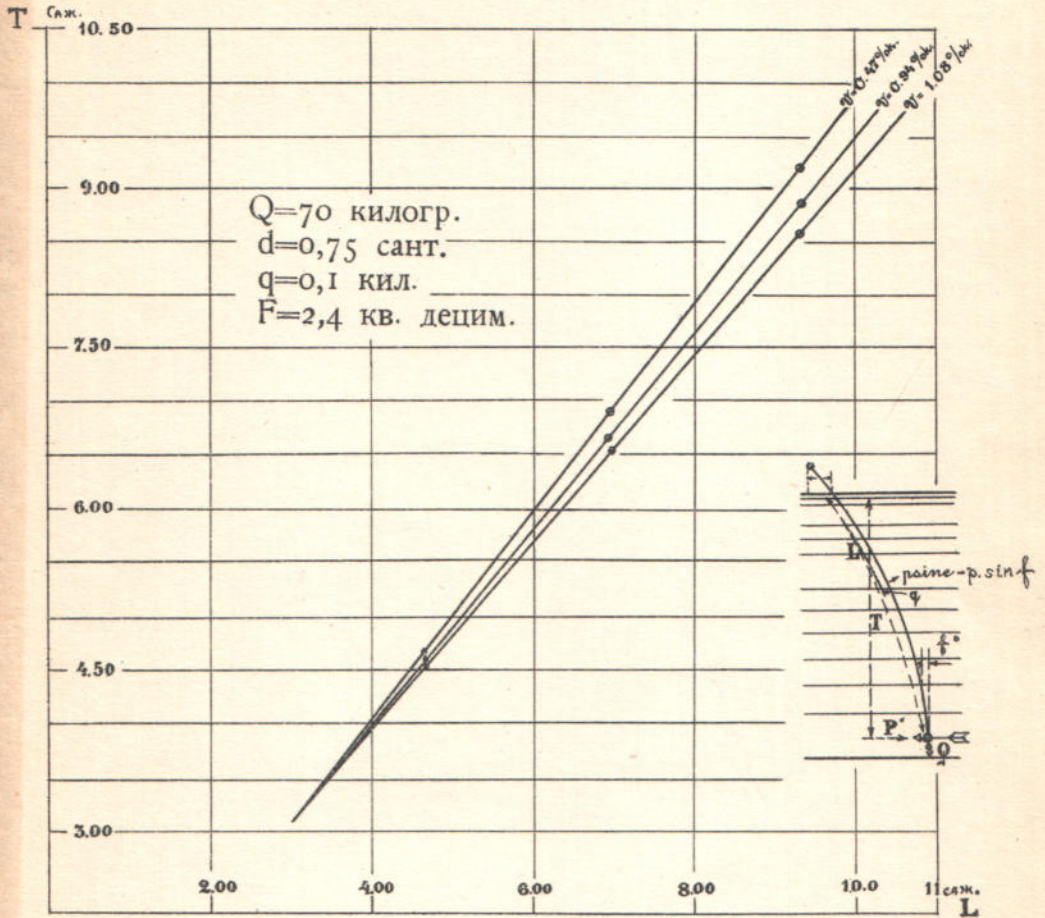
Годъ и мѣсяць	ТЕМПЕРАТУРА				Горизонтъ воды надъ 0 станиці	
	Воды		Воздуха сред.		Max.	Min.
	Max.	Min.	Max.	Min.		
1915 г.	28,0	+0,0	24,0	-28,7	5,97	-0,06
Янв.	+0,3	+0,2	+0,2	-14,6	0,97	0,80
Февр.	+0,3	+0,2	-0,3	-16,0	1,03	0,83
Мар.	+0,4	+0,3	+7,0	-9,0	2,24	1,06
Апр.	+10,5	+0,5	+14,5	-0,5	5,97	2,76
Май.	17,5	+11,0	+17,0	+6,2	5,73	1,53
Іюнь.	21,7	16,5	22,0	11,9	1,46	0,72
Іюль.	23,0	17,7	24,0	7,7	0,70	0,38
Авг.	17,8	14,4	16,0	+5,7	0,60	0,38
Сент.	14,2	7,0	+13,3	-0,3	1,01	0,41
Окт.	6,0	0,0	+0,7	-13,7	1,01	-0,06
Нояб.	+0,2	+0,1	-0,8	-17,8	1,22	-0,02
Дек.	+0,2	+0,1	-1,3	-28,7	1,33	1,16
	28,0°		52,7°		6,03 сж.	

Годовая амплитуда.

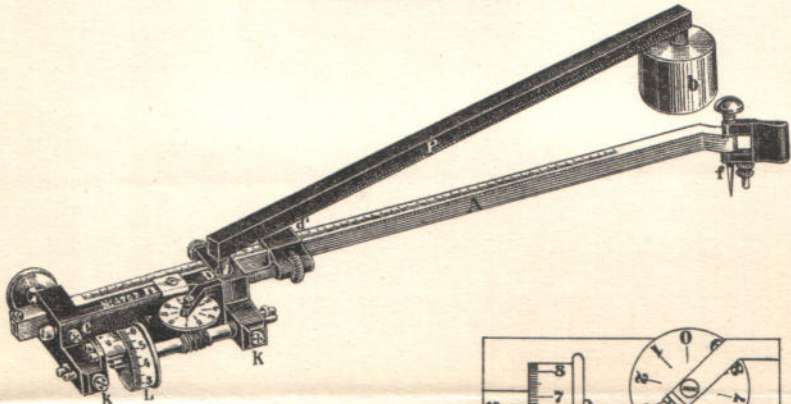
Условные знаки.

- Колебаніе горизонта воды.
- Колебаніе температуры воды въ градусахъ С.
- Колебаніе температуры воздуха въ градусахъ R.
- Вертушечные расходы воды въ коренномъ руслѣ.
- Поплавочные расходы воды въ коренномъ руслѣ.
- Вертушечные расходы воды въ каналѣ.

Графикъ измѣненія длины троса въ зависимости
отъ скорости теченія, составленный для
нижеслѣдующихъ величинъ.



ПЛАНИМЕТРЪ.



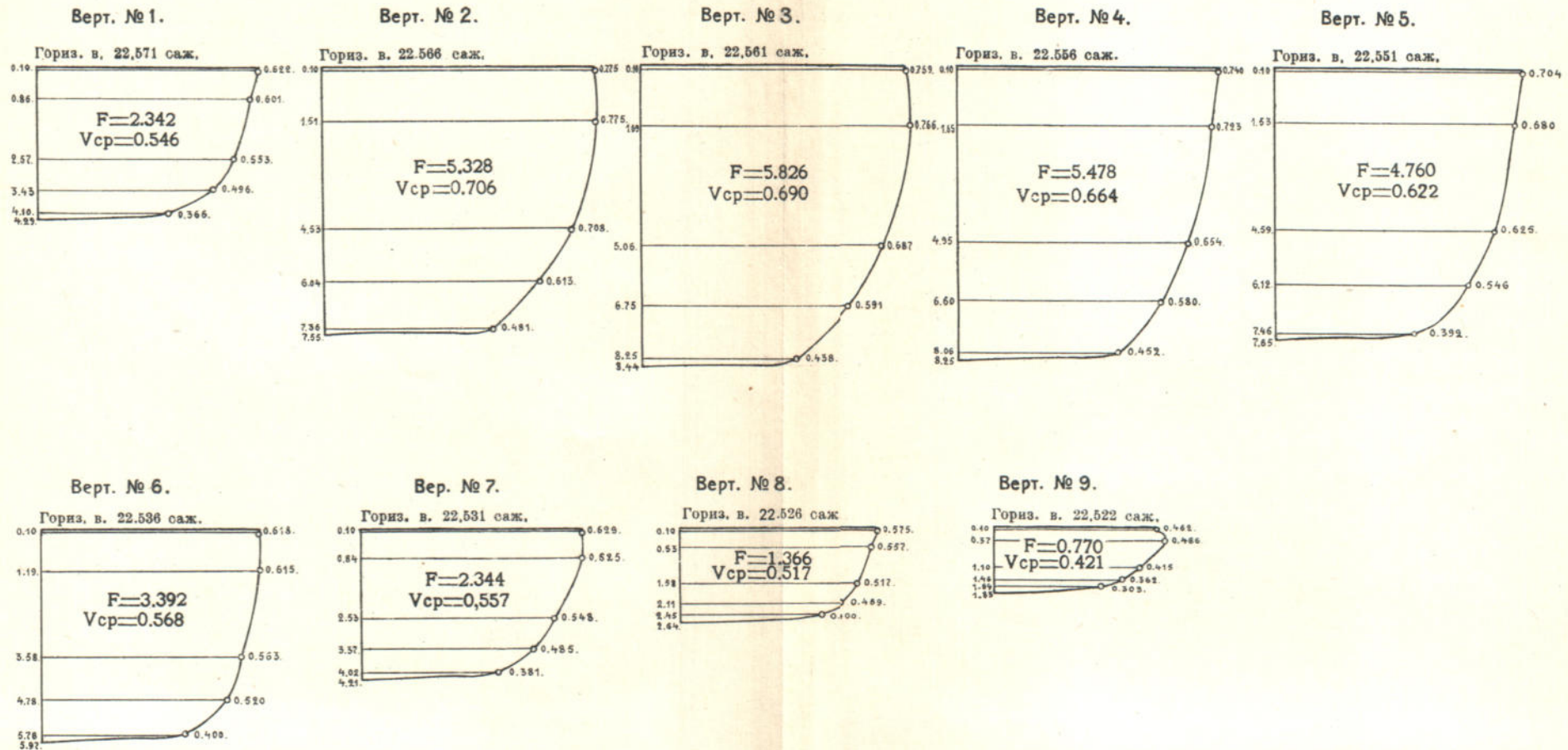
Отсчетъ=3,585.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЯ ДІАГРАММЫ

для опредѣленія среднихъ скоростей на отдѣльныхъ вертикаляхъ 15-го профиля у д. Собакина

Горизонты воды на вертикаляхъ показаны надъ ур. Балт. моря по Вязовскому водомѣр. посту, нуль наблюдений котораго имѣеть отмѣтку +18.120 саж.

Вода идетъ на убыль



Масштабы:

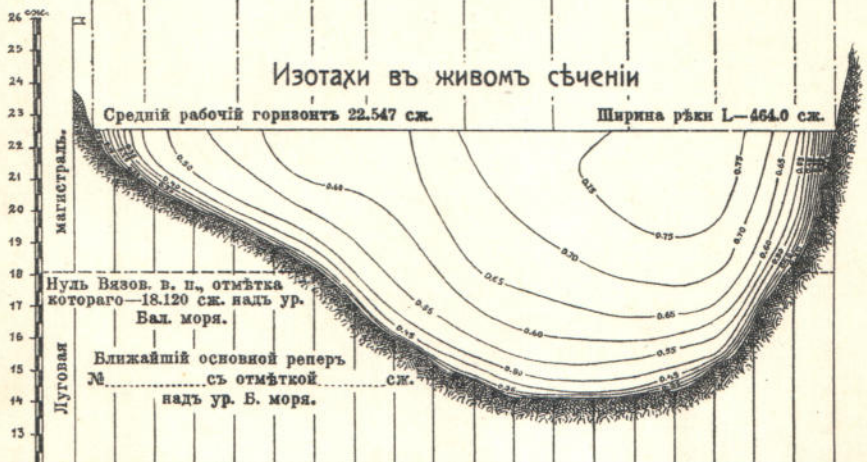
Горизонтальный въ 0,01 с. 0,2 саж.

Вертикальный въ 0,10 с. 2 саж.

Эпюры для вычисления расхода воды.

графо-механическим способом на проф. № 15 у д. Собакина
при гориз. 22.547 с. надъ ур. Б. м. по срд. Вязовскому вод. посту.
при убыли

(Обработанъ по „методу однодневныхъ наблюдений“).



Отмѣтки точекъ дна надъ ур. Вал. м	23.77	21.25	20.66	20.09	19.50	18.95	18.17	17.05	16.56	16.18	14.97	14.07	13.74	13.26	12.84	12.15
Точки промѣровъ глубинъ ж. с.	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Расстояніе отъ маг. до осн. верт.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375
ЖЖ вертикалей.		9	8	7	6	5	4	3	2	1						
Глубины верт. въ сж.		5.83	5.44	5.21	5.07	4.85	4.65	4.43	4.25	4.10	3.95	3.80	3.65	3.50	3.35	3.20

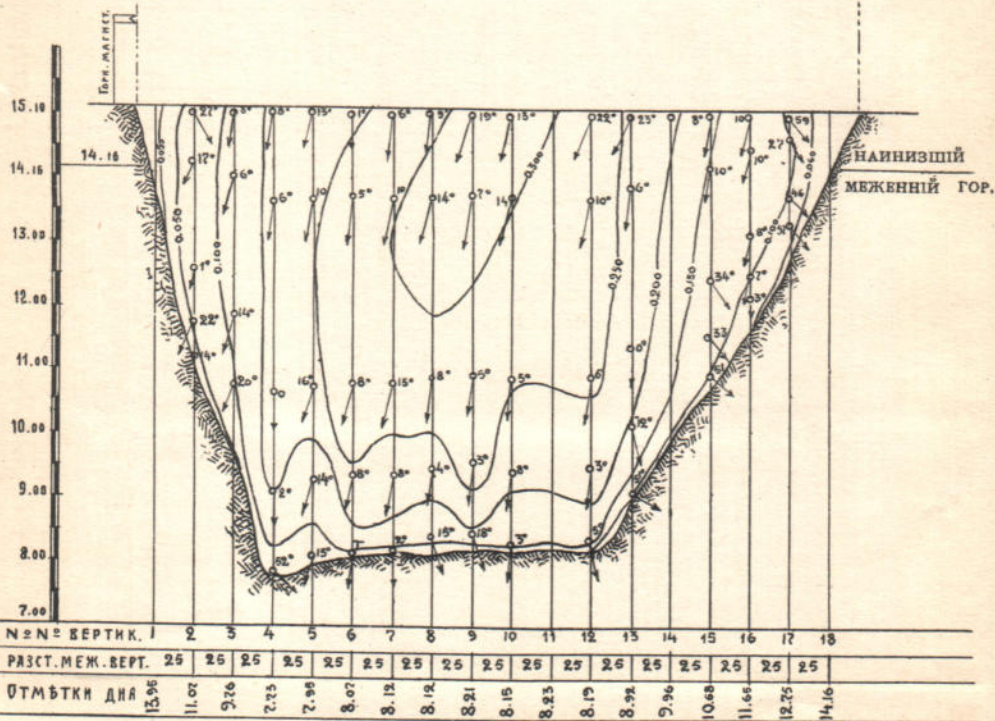
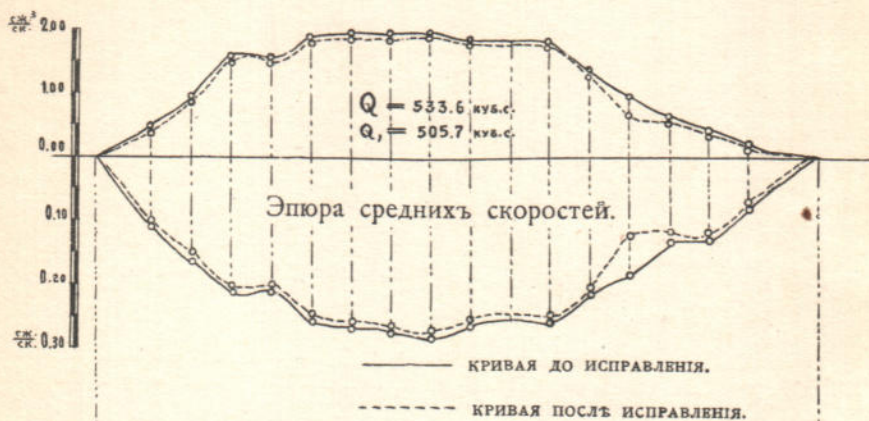
Расходъ воды $Q=1627.7 \frac{\text{сж.}^3}{\text{сек.}}$
 Площадь ж. с. $F=2625.4 \text{ кв. сж.}$
 Средняя скорость $V=0.620 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$
 Наибольшая скорость $V_{\text{max}}=0.775 \frac{\text{сж.}}{\text{сек.}}$
 Средняя глубина $H \text{ ср.} = 5.66 \text{ сж.}$
 Н.-Н.—22.571—22.522 | —0.049 сж.
 Измѣненіе площади ж. с. во время опредѣленія рас. в. 0.8%.

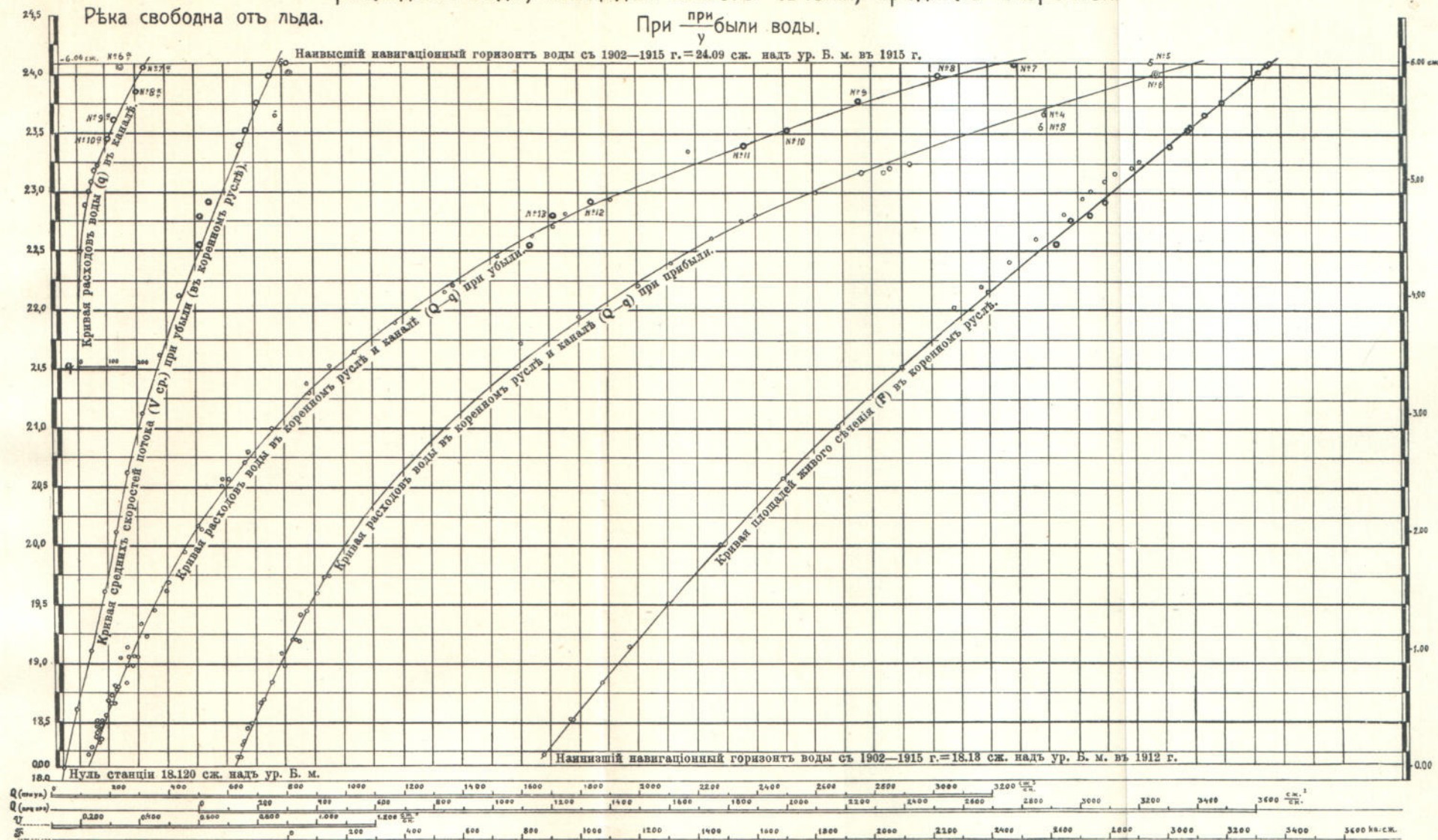
Расходъ определенъ вертущою
 Haia's № 4 лоп. № 12 и скорости
 вычислены по формулѣ Тарировки
 Тетяшской тар. ст. № 120 Юня 8 дня 1915 г.

Масштабы:

Горизонтальный въ 0.01 с.—40 сж.
 для глубинъ въ 0.01 с.—2 сж.
 для элем. рас. въ 0.01 с.—2 кв. сж.
 для скоростей въ 0.01 с.—0.2 сж.

ЖИВОЕ СЪЧЕНЕ, ЭПЮРЫ РАСХОДОВЪ ВОДЫ И СРЕДНИХЪ СКОРОСТЕЙ
ВЪ ПРОФИЛѢ 15 СЪ ПОКАЗАНИЕМЪ ВЕЛИЧИНЫ СКОРОСТЕЙ И УГЛА
ОТКЛОНЕНИЯ ИХЪ ОТЪ НОРМАЛИ КЪ ЖИВОМУ СЪЧЕНЫЮ.





Дѣнь расх.	Мѣсяцъ	Число	Гориз. воды отъ нуля поста.	Абсол. отм. гориз. воды	Расходъ воды Q	Площадь живого сѣченія F	Средняя скорость V	Наибольш. скорость V max.	Приб. или убыл.
Въ коренномъ руслѣ:									
По плавочные расходы:									
3	апрѣля	13—14	5.410	23.530	2764.3	3086.7	0.896	—	пр.
4	"	15	5.544	23.664	2757.6	3187.5	0.879	—	"
Вертушечные расходы:									
6	апрѣля	17—21	5.892	24.012	3065.6	3320.5	0.923	1.169	пр.
7	"	24—25	5.965	24.085	3059.2	3351.9	0.913	1.118	уб.
8	"	26—29	5.858	23.978	2814.9	3300.0	0.853	1.004	"
Въ каналь:									
Вертушечные расходы:									
6 а	апрѣля	21—22	5.951	24.071	145.9	1608.4	0.091	0.189	пр.

Условные знаки:

- — расходы прежнихъ лѣтъ.
- — вертушеч. расх. при убыли 1915 г.
- ⊙ — " " " прибыли.
- ⊖ — поплавочные расходы 1915 г.

