ТРУДЫ
Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации
Proceedings
Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation
Выпуск 13

367.

Инж. В. Н. ЯРЦЕВ

Инструкция для производства полевых работ и предварительной обработки материала при гидравлических исследованиях на ирригационных каналах

Instructions
for the execution of field work and preliminary elaboration of materials concerning the hydraulic investigations of irrigation channels

by V. N. YARTZEV

САНИИРИ
ТАШКЕНТ – 1934

ТРУДЫ
Среднеазиатского научно-исследовательского института ирригации
Proceedings
of the Middle Asia Scientific Reearch Institute of Irrigation
Issue 13 Выпуск 13

626
13-79
11363

Инж. В. Н. ЯРЦЕВ

Инструкции для производства полевых работ и предварительной обработки материала при гидравлических исследованиях на ирригационных каналах

Instructions
for the execution of field work and preliminary elaboration of materials concerning the hydraulic investigations of irrigation channels

by V. N. YARTZEV

САНИИРИ
ТАШКЕНТ
1934

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлические исследования на ирригационных каналах обычно преследуют задачи:

1. Получение фактического материала для разработки вопросов гидравлики (уточнение существующих расчетных формул, составление новых, создание новой теории движения потока и т. п.), т.-е. научно-исследовательскую задачу. В этих случаях объекты исследования зависят исключительно от поставленного вопроса изучения.[1]

2. Получение фактического опытного материала для обоснования и составления некоторого определенного ирригационного проекта, иначе, задачу изыскательского порядка. Здесь объекты и районы исследования должны, конечно, быть тесно увязаны с проектом.

Если работы, имеющие первую целевую установку, проводятся научно-исследовательскими институтами, то в выполнении вторых должны принять участие и производственные проектирующие организации, во всяком случае в тех работах, которые в опыте прежних исследований получили стандартную, хотя бы и временную, установку методики полевых и камеральных работ.

Существующие и действующие в настоящее время инструкции по производству полевых работ при гидравлических исследованиях на ирригационных каналах[2] охватывают работы при изучении следующих пяти основных вопросов — определение коэфициентов шероховатости, наблюдение над неравномерным движением воды, наблюдение над устойчивостью русла, определение потерь воды на фильтрацию и определение критических заиливающих и размывающих скоростей. По каждому отдельному вопросу имеется специальная инструкция, перечисляющая от начала до конца все полевые работы (порядок, объем, технику). Несомненно, это вызывает повторение в каждой инструкции одних и тех же указаний, ибо в конце концов полевые гидравлические исследования на каналах сводятся к производству ряда простых работ, главным образом, гидрометрических и геодезических.

Комплексное проведение работ, понимая под этим одновременное изучение нескольких вопросов, часто проводимых на одних и тех же участках, несколько затрудняет пользование отдельными инструкциями, тем более, что в них не выделены отдельные моменты, могущие быть специальными вопросами изучения (например, изучение режима наносов, скоростей и пр.). Далее, действующие инструкции, освещая достаточно подробно полевые работы, совершенно не говорят о способах обработки материалов, между тем, сопоставление в поле тех и других в значительной мере должно способствовать как

---

[1] Объекты изучения в некоторых случаях могут сооружаться специально для исследования.

[2] Издание ОИИВХ 1926 г. „Инструкция для производства полевых работ".

пониманию производящихся полевых работ, так и критической оценке их и введению методически допустимых коррективов.

Эти кратко изложенные соображения послужили причиной издания настоящих инструкций. В основу их были положены существующие перечисленные выше инструкции, временные инструкции по обработке материалов, составленные для Бюро обработки ОИИВХ, и отдельные программы, планы и задания по полевым работам, проведенным в свое время институтом. Кроме того, в инструкциях получил по возможности полное отражение значительный опыт работ как института в целом, так и отдельных работников его, принимавших близкое участие в исследованиях.

Порядок изложения инструкции принят следующий:

1. В начале приводятся инструкции по производству отдельных полевых работ:

а) по съемке участков исследования;

б) по наблюдению за горизонтами воды;

в) по определению поверхностных уклонов воды;

г) по измерению скоростей течения и расходов воды;

д) по изучению расходов взвешенных наносов.

2. Инструкции по отдельным вопросам исследования:

а) по определению коэфициентов шероховатости;

б) по изучению условий незаиляемости каналов;

в) по изучению предельных скоростей, безопасных в отношении размыва грунтов, слагающих ложе каналов;

г) по наблюдению над устойчивостью русла;

д) по определению потерь воды из каналов на испарение и просачивание в грунт;

3. Приложения к инструкциям:

а) краткая инструкция по составлению отчетов по полевым исследованиям;

б) нормальный штат полевого отряда;

в) ведомость нормального технического оборудования полевых отрядов;

г) оборудование участков исследования.

Каждая отдельная инструкция включает указания по методике и технике проведения полевых работ и по первичной обработке материалов, понимая под последней весь процесс вычисления вплоть до получения окончательных результатов по отдельным опытам без общего заключения по вопросу исследования (по всей серии опытов).

ЧАСТЬ I

1. Съемка участков исследования

§ 1. Съемка участка исследования обычно преследует задачи: 1) выяснения общего характера участка исследования в плановом и высотном отношении, 2) закрепления участка в плановом и высотном отношении на месте с целью производства дальнейших повторяющихся наблюдений, 3) определения средних гидравлических величин участка.

Обычно все эти три момента бывают тесно связаны между собой и сопутствуют большинству работ гидравлических исследований.

§ 2. Местоположение участков, размеры (протяжение), характер русла (очертание, слагающий грунт) должны соответствовать поставленному вопросу изучения. Правила назначения участков и перечень условий, которым они должны удовлетворять в зависимости от указанных вопросов, перечислены в соответствующих инструкциях второй части.

§ 3. Съемка участков канала или русла естественного источника производится с помощью поперечников, разбиваемых нормально к основному направлению участка в плане, для чего выполняются следующие работы: а) разбивка и закрепление магистрали, б) разбивка поперечников, в) нивелировка магистрали и поперечников, г) съемка русла в промежутках между поперечниками и местных предметов, расположенных на участке.

Магистраль

§ 4. После выбора участка и определения границ его (см. инстр. 2-й части) вдоль участка по берегу, по возможности параллельно ему, разбивается магистральная линия. Длина магистрали должна быть равна длине участка.

Начало, конец и вершины всех углов магистрали закрепляются реперами, служащими в дальнейшем исходными высотными точками при всех нивелировках на участке.

На магистральной линии на всем ее протяжении помещаются пикеты, отмечаемые: 1) кольями с номерами и 2) забитыми вровень с землей колышками-точками. Основные пикеты разбиваются, как принято, через каждые 100 метров, и дополнительные, соответствующие точкам пересечения магистральной линии с поперечниками.[1] Расстояния между основными и дополнительными пикетами измеряются дважды стальными лентами.

Примечание. При наклоне местности в 3° и более необходимо вводить поправку на наклон.

[1] В пикетажных книжках дополнительные пикеты отмечаются расстояниями от предыдущего пикета и порядковым номером поперечника (например 3-11, 50; п. п. № 4)

§ 5. Число и расстояние между поперечниками зависят от вопросов изучения и устанавливаются соответствующими инструкциями. Поперечники разбиваются нормально основной оси потока и закрепляются дополнительными пикетами на магистрали (§ 4 инструкции), а на противоположном берегу прочно забитыми кольями.

Для правильной разбивки поперечников, т.-е. для того, чтобы направление их было действительно нормально оси потока, поступают следующим образом.

Первоначально поперечники разбиваются на-глаз с целью только предварительной плановой съемки участка. Закрепив поперечники на магистрали и на противоположном берегу временными колышками, определяют расстояние между ними, углы, составляемые поперечниками с магистралью, и расстояние от нее до урезов берегов по направлению поперечников. По этим данным вычерчивают в достаточно крупном масштабе план участка и наносят на него основную ось потока (геометрическую ось). На оси назначают точки, через которые должны проходить действительные поперечники (рис. 1), и наносят последние нормально оси до пересечения их с магистралью (обычно расстояния между поперечниками по оси назначаются равные). На вычерченной таким образом схеме с помощью масштаба и транспортира определяют расстояния между исправленными поперечниками по магистрали и необходимые углы. Эти данные переносятся затем на местность.

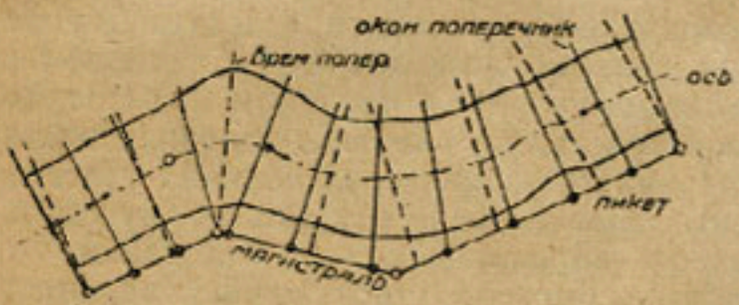


Рис. 1.

При совершенно прямолинейных участках, что встречается при съемках каналов инженерного типа, для разбивки поперечников нормально оси достаточно лишь строго параллельно оси разбить магистраль, а поперечники к ней назначить под углом в 90°. Для этого предварительно, примерно, параллельно оси, намечают магистраль, в начале и в конце которой разбивают поперечники. Определив по поперечникам расстояние до урезов воды, вычерчивают схему и определяют ось потока. По оси исправляют направление магистрали.

При правильных закруглениях канала поперечники разбиваются по радиусам кривой.

§ 6. Закончив разбивку поперечников, приступают к инструментальному определению на местности углов, составляемых поперечниками с магистралью, и расстояний между поперечниками. Для определения углов следует пользоваться теодолитами с точностью отсчета до $^1/_2'$, и только при прямолинейных незначительной длины (200—300) и ширины (25-30 м) участках допускается пользование простыми гониометрами без зрительной трубы.

Все окончательные элементы разбитой сети, как, например, углы магистрали, углы, составляемые поперечными профилями с магистралью репера и пр., вычерчиваются в поле на клетчатке и прилагаются к общему отчету по съемке.

§ 7. Следующей работой является нивелировка магистрали и поперечников. Репера и пикеты нивелируются двойным ходом с увязкой по возможности с абсолютными отметками или, во всяком случае, с отметками данной оросительной системы.

По поперечным профилям производится нивелировка поверхности берегов и русла потока, при чем счет горизонтальных расстояний начинается от соответствующего пикета магистральной линии, для чего поперек канала натягивается, с минимальным возможным провесом, стальная лента или размеченный стальной трос диаметром 3-5 мм. Необходимо следить за совпадением нулевого деления троса с центром пикета, от которого и производят нумерацию вертикалей; несовпадение нулевого деления створного троса с центром пикета должно быть каждый раз отмечено в нивелировочном журнале в графе примечаний, с указанием расстояния нулевого деления от центра пикета.

Нивелировку производят оттовской рейкой с выдвижной штангой. Выдвижение штанги обязательно записывается в нивелировочную книжку (пример: „штанга выдвинута на 1,50 метра").

Примечание. Если при нивелировке пользуются одновременно оттовской и обыкновенной нивелировочной рейкой (на точках берега и откоса), то необходимо произвести проверку показаний той и другой рейки.

Нивелировка поперечников производится при одном положении трубы хорошо выверенного нивелира и начинается на каждом поперечнике взглядом на репер.

§ 8. При нивелировке поперечных профилей точки в русле следует брать в зависимости от ширины канала на расстояниях, указанных в таблице, или, примерно, с таким расчетом, чтобы число их было от 15 до 20. На откосах точки следует брать чаще, не реже чем через 0,5 метра. Вне пределов потока нивелировкой должен быть детально выяснен характер его берегов по направлению профиля. Обязательно должны быть взяты точки на урезах и особенно тщательно зарегистрировано их расстояние от магистральной линии.

Ширина канала (в м)	Расстояние между точками промеров (в м)
до 2	0,10
2—3	0,15
3—5	0,20
5—10	0,25
10—20	0,50
больше 20	1,00

§ 9. Когда нивелировка русла затруднительна по техническим условиям (большая ширина, большие глубины и скорости), допускается как исключение промеры поперечников производить промерами глубин с помощью метроштоков (отметки дна в дальнейшем вычисляются как разность отметок горизонтов воды и промерных точек). Глубина в каждой точке промеряется несколько раз (не менее 2) и за расчетную глубину принимают среднее арифметическое из всех промеров в данной точке.

§ 10. Как при нивелировке, так и при промерах глубин легко размываемого русла необходимо следить за тем, чтобы устанавливаемая рейка по возможности не нарушала дна, для чего отсчет по рейке следует производить в момент касания ее дна и ни в коем случае не допускать погружения рейки в грунт от собственной тяжести. Полезно также употреблять специальные рейкодержатели, позволяющие спокойно опускать рейку и закреплять ее в вертикальном положении в любой момент.

§ 11. Для помещения рейки на точку под водой поперечники оборудуются передвижными или постоянными мостиками, лодками, паромами, люльками, т.-е. всем тем, чем пользуются при измерении расходов воды (инструкция IV § 8).

§ 12. При съемке, преследующей только определение плановой и высотной характеристики участка, в период производства нивелировок русла (в начале, в конце или во время работ) необходимо в возможно короткий срок, в течение которого не меняется режим потока, определить отметки горизонтов воды у каждого поперечника (см. инструкцию III). Когда же съемка должна дать, кроме того, материал для определения средних гидравлических величин участка в течение некоторого периода (обычно в течение производства работ по измерению расхода воды или мутности), подобное определение отметок горизонтов воды на поперечниках должно производиться периодически в зависимости от изменения режима потока, но во всяком случае не реже двух раз в начале и в конце съемки.

§ 13. Закончив нивелировку поперечников, приступают к съемке всего участка в целом для детализации промежутков между поперечниками (очертание берегов, островов, местоположение местных предметов, сооружений и пр.). Эта съемка производится обычным методом, т.-е. расстояния определяются дальномером, а углы измеряются при одном положении круга. При пересеченной местности, когда нивелировкой поперечников невозможно полностью осветить рельеф, дополнительно нивелируются точки берегов и откосов участка. При этой съемке необходимо обращать особое внимание на фиксацию тех моментов, которые являются объектами изучения, например, при изучении устойчивости съемкой должны быть определены районы и размеры размывов, отложений, выносов и т. п.

Повторные съемки

§ 14. Повторные съемки участков производятся при изучении устойчивости русла, при необходимости определения средних гидравлических элементов при разных расходах воды[1] и пр. Число и частота повторяемости устанавливаются инструкциями по изучению отдельных вопросов (часть II).

Все нивелировки при повторных съемках производятся обычно на одних и тех же поперечниках и по постоянным точкам. В случае необходимости при повторных съемках захватить новую область участка или детализировать промежутки между поперечниками или сам поперечник, разбивают дополнительные поперечники и точки, не сокращая, однако, ранее назначенных.

Сокращение числа поперечников и вертикалей допускается производить только при особом на то указании в задании, что бывает при частых промерах контрольного характера в промежутках между полными съемками. Объем сокращений должен каждый раз оговариваться особо.

Правила производства повторных съемок те же, что указаны в предыдущих параграфах инструкции.

---

[1] При совершенно устойчивых руслах (облицованные каналы или проходящие в неразмываемых грунтах) для определения средних гидравлических элементов, повторные нивелировки можно не производить, ограничиваясь лишь каждый раз нивелировкой горизонтов воды и, для контроля, измеряя расстояния от урезов до магистральной линии.

Записи при съемке

§ 15. Все записи при нивелировании поперечных профилей ведутся в особых графах нивелировочного журнала, где должно быть отмечено: 1) расстояние каждой промерной точки от соответствующего пикета магистральной линии в случае совпадения нулевого деления тросса с пикетом, равное отсчету по горизонтальному тросу, 2) отсчеты по нивелировочной рейке на каждой промерной точке (или глубина по метроштоку), 3) длина выдвигаемой штанги оттовской рейки и 4) характер дна — степень твердости.

Примечание. Степень твердости дна определяется ориентировочно прощупыванием дна нормальной деревянной рейкой. Например, при погружении рейки в грунт дна под влиянием собственного веса, твердость дна характеризуется как „мягкое"; при необходимости для погружения в дно конца рейки надавливания на рейку—дно характеризуется „средней твердости" и, наконец, когда рейка даже под давлением не проникает в грунт дна дно отмечается как „твердое".

Во всех случаях испытания твердости дна необходимо указывать вес рейки, поперечное сечение ее конца (поддона), примерное усилие, приложенное к рейке при надавливании, и глубину погружения рейки в грунт.

§ 16. Обработка материалов съемки производится на основании полевых записей в нивелировочных журналах и в пикетажных книжках.

Все подсчеты нивелировочных точек, а равно вычисления углов и составление схемы разбитой сети, должны производиться в поле тотчас же вслед за окончанием работы с целью непосредственной проверки правильности съемки и немедленного исправления допущенных ошибок.

Составление плана и поперечных разрезов

§ 17. Обычно по данным съемки бывает необходимо: 1) составить план и поперечные разрезы русла, 2) определить средние гидравлические величины участка.

План участка составляется по общим правилам — построением сети (магистрали и поперечников) и нанесением на нее данных промеров, расстояний, нивелировок и пр. Детализация плана (масштаб, число горизонталей) зависит от цели составления плана и общих задач исследования.

1. Для характеристики общего планового расположения участка исследования и правильности русла его, участка, в общем, незначительного протяжения (до 500 м) план составляется с расчетом достаточно-подробного определения очертания берегов и общего изменения рельефа дна и берегов. Масштаб для плана подбирается с расчетом, чтобы ширина русла на плане была бы примерно равна 2—5 см. Расстояние между горизонталями достаточно, для общей характеристики, принимать равным $^1/_4$—$^1/_5$ средней разности отметок берега и дна русла.

При каналах незначительной ширины или значительного протяжения (мелкая и мельчайшая сеть, участки изучения потерь на фильтрацию), масштаб для плана выбирается с расчетом получения достаточно точного изображения изменения участка в плане. Горизонтали обычно не наносятся, а изменения дна иллюстрируются поперечными профилями.

2. Детальные планы участков исследования составляются при подробном изучении характера русла, часто с помощью повторных съемок. В этом случае масштабы зависят лишь от точности полевых работ и должны всецело соответствовать последней, главным образом, детальности нивелировок. Расстояние между горизонталями принимается равным, примерно, половине средней разности отметок между двумя соседними поперечниками и соседними вертикалями.

Пример. Поперечники и точки на них для нивелировки взяты столь часто, что разность отметок соседних точек не превышает в среднем 0,5 м, горизонтали проводят через 0,25 м; если указанная разность равна 2 м, то проводят через 1 м и т. д.

Примерный порядок обработки материала для составления продольных разрезов и планов участка следующий:

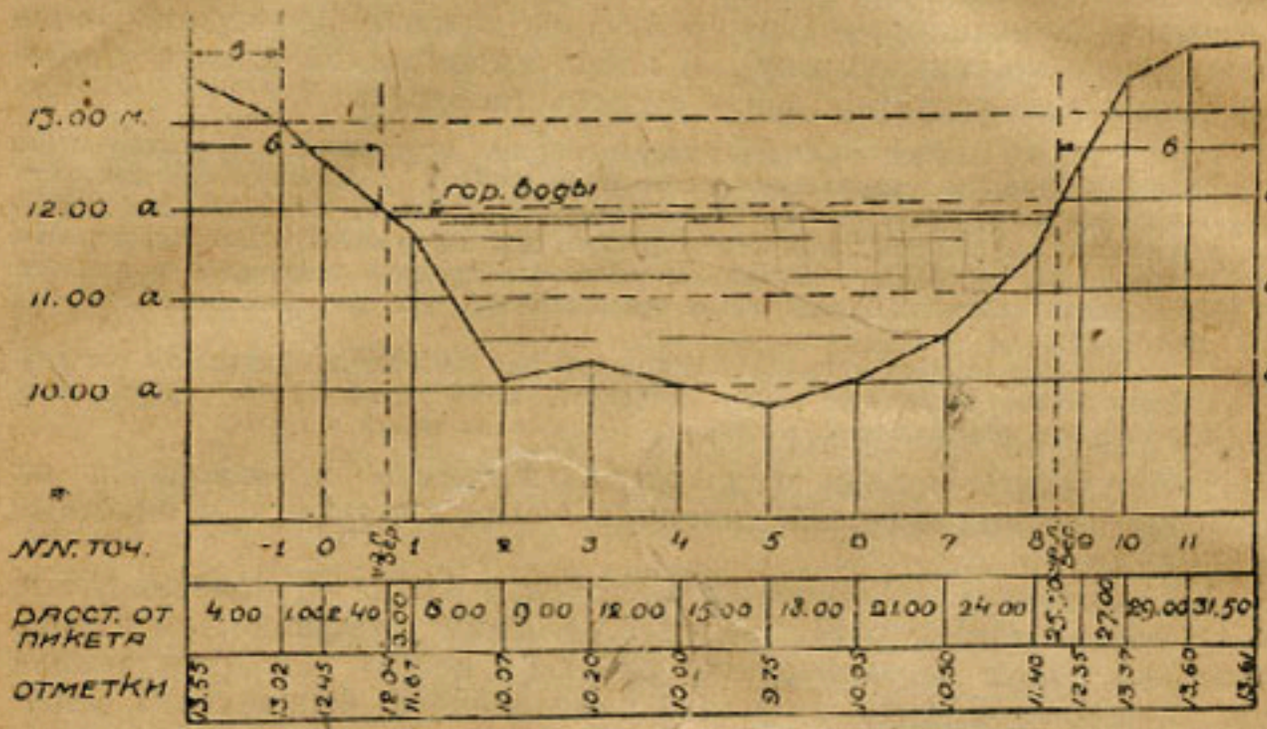


Рис. 3.

а) Составляются профили по каждому занивелированному поперечнику (рис. 3), на котором указываются номера нивелировочных точек, расстояние точек от пикета магистрали и отметки точек.[1]

Горизонтальный масштаб для профилей подбирается таким образом:

1. Масштаб должен всецело соответствовать точности измерения расстояний в поле. Так, при точности измерения до 1 см масштаб принимается не мельче $^1/_5$, т.-е. дающий возможность учесть на чертеже расстояние до 1 см. При точности измерения $^1/_{10}$ м не мельче $^1/_{200}$ и т. д.

2. Должен соответствовать масштабу вычерчиваемого по поперечникам плана, т.-е. быть во всяком случае не мельче масштаба последнего.

Назначение вертикального масштаба зависит от характера изменения поперечного профиля и подбирается таким образом, чтобы на нем достаточно резко оттенялись указанные изменения. Этому условию масштаб будет удовлетворять, когда на чертеже длина профиля будет не более чем в 3—4 раза наибольшей его глубины. Принимать вертикальный масштаб больше чем в 10 раз по сравнению с горизонтальным не следует в виду слишком резкого искажения действительного характера профиля. Вертикальный масштаб не должен быть мельче $^1/_{50}$, так как точность нивелировки дна русла равна, примерно, одному сантиметру.

Масштаб для всех поперечников назначается одинаковый.

Для нанесения на профиль горизонта воды у правого и левого берега наносят отметки горизонта, полученные при специальном нивелировании горизонтов воды у поперечника (§ 12 инструкции). При

[1] При определении точности измерения в поле необходимо учитывать возможный провес разметочного троса (§ 8).

составлении профилей, на которых дно потока определялось промерами глубин (§ 9), отметки точек дна вычисляются как разность между средней отметкой (правого и левого берега) горизонта воды во время промера и глубиной вертикали, определенной по метроштоку[1].

б) По углам[2] и измеренным расстояниям вычерчивают магистраль и поперечники в плане в соответствующем масштабе (согласно указаниям настоящего параграфа).

в) На основании характера вычерченных профилей определяют необходимое расстояние между горизонталями (по указаниям, изложенным выше).

г) Определяют точки пересечения горизонтальных плоскостей с очертанием поперечного профиля, проводя для этого на чертеже профиля горизонтальные линии на высоте, равной отметкам указанных плоскостей (рис. 4, линии а б).

д) На чертеже профиля определяют расстояния (в) от нулевого пикета до точек пересечения линии профиля с горизонтом воды и с линиями горизонталей (аб) и указанные расстояния переносят в масштабе плана на поперечники в плане, надписывая около каждой точки ее высоту.

е) Точки равной высоты соединяют плавными кривыми (горизонталями).

ж) На план участка наносят все местные предметы, заснятые в районе участка (§ 13).

Примечание. Если для дальнейшей обработки материалов исследования, составления поперечных профилей вообще не требуется, то нанесение горизонталей может быть произведено и обычным способом, а именно — нанесением на поперечники в плане всех нивелировочных точек и нахождением точек пересечения с поперечниками горизонталей путем интерполирования отметок соседних точек.

Определение средних гидравлических величин участка

§ 18. Средние гидравлические величины участка определяются по данным живых сечений русла потока на поперечниках. На основании съемки определяют среднюю площадь живого сечения ($F_{ср}$), средний смоченный периметр ($P_{ср}$), среднюю ширину водного зеркала потока ($B_{ср}$), среднюю глубину ($h_{ср}$) и средний гидравлический радиус ($R_{ср}$).

Для вычисления указанных величин по каждому поперечнику вычерчивается площадь живого сечения (применительно правилам, указанным в § 17). Отметка горизонта воды, ограничивающего площадь живого сечения, принимается равной средней отметке горизонта воды, полученной при нивелировке горизонтов у поперечников в течение периода производства измерений (§ 12).

Порядок вычисления гидравлических величин следующий:

1. Вычисляется площадь живого сечения на каждом поперечнике. Основным способом вычисления считается аналитический, т.-е. вычисление по формуле, выражающей сумму площадей отдельных трапеций, образуемых вертикалями, поверхностью воды и дна (рис. 4):

$$F = \frac{h_0 + h_1}{2} b_1 + \frac{h_1 + h_2}{2} b_2 + \frac{h_2 + h_3}{2} b_3 \ldots . \frac{h_{n-1} + h_n}{2} b_n \ldots . (1)$$

[1] При значительной разнице между отметками горизонтов воды у берегов поперечника (на закруглениях при значительной скорости течения), когда вычисление глубины по указанному способу может дать ошибку более 2% отметку горизонта воды для каждой промерной точки следует определять интерполированием отметок урезов воды.

[2] При накладке углов следует пользоваться транспортиром с делениями до $^1/_4°$.

или при равных расстояниях между вертикалями (b_{const}) по формуле:

$$F = \left(\frac{h_0}{2} + h_1 + h_2 + h_3 \ldots . h_{n-1} + \frac{h_n}{2}\right) \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (2)$$

Площади живых сечений (F) определяются: если площади отдельных трапеций (f) на данном створе в большинстве случаев мень-

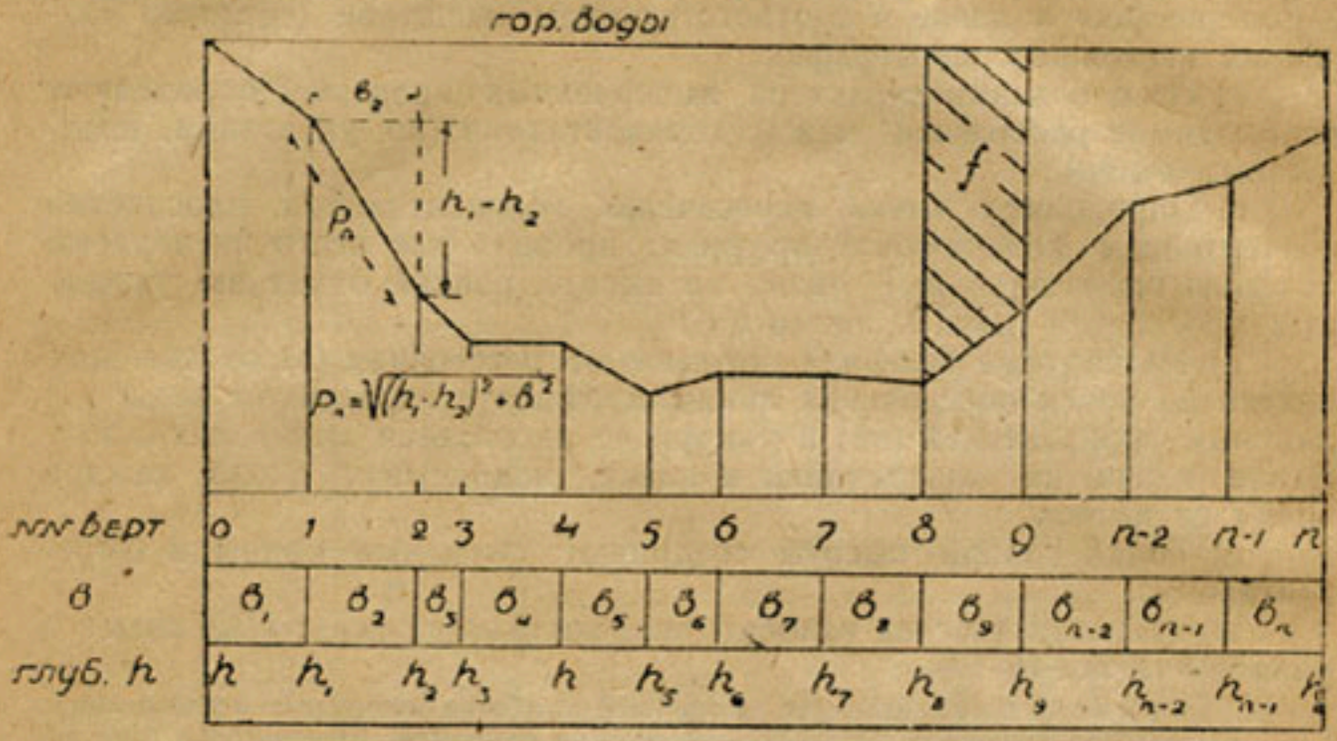


Рис. 4.

ше 1 м², то все f вычисляются до 0,001 м², а $F=\Sigma f$ — до 0,01 м²; если большинство $f>1$, то они вычисляются с точностью до 0,01 м², а $F=\Sigma f$ — до 0,1 м². Для больших рек при $f>10$ м² вычисляются до 0,1 м², а F с точностью до 1 м².

В некоторых случаях вычисление площади живого сечения производят графо-механическим способом, планиметрируя построенный на клетчатке профиль. Обводка каждой площади для вывода средних значений F [1] производится не менее 3 раз. Графо-механический способ обычно употребляется для контроля аналитических вычислений.

Вычисление площади планиметром производится с точностью при ширине зеркала воды $B<10$ м, до 0,01 м², при $B>10$ м — до 0,1 м².

2. Вычисляют для каждого поперечника длину смоченного периметра как сумму расстояний по дну между соседними вертикалями (рис. 4):

$$P = \sqrt{(h_0-h_1)^2+b_1^2} + \sqrt{(h_1-h_2)^2+b_2^2} \ldots . \sqrt{(h_{n-1}-h_n)^2+b_n^2} \ldots (3)$$

Отдельные элементы периметра (p_n) вычисляются с тремя значущими цифрами: если большинство $p_n<1$ м., то все p вычисляются до 0,001 м, а $P=\Sigma p_n$ с точностью до 0,01 м. Если большинство $p_n>1$ м, то все они вычисляются до 0,01 м, а $P=\Sigma p_n$ с точностью до 0,1 м. Для больших рек, когда большинство $p_n>10$ м, p_n вычисляются с точностью до 0,1 м, а P — до 1 м.

3. Определяют для каждого живого сечения его ширину водной поверхности B, как равную сумме расстояний между вертикалями (b_n). Ширина B вычисляется до 3 значущих цифр и не точнее чем до 1 сантиметра.

---

[1] Площадь живого сечения F равна a n N, где a — коэфициент планиметра, n — число делений, а N — произведение масштабов (вертикального и горизонтального) чертежа (метров в сантиметрах). Пример: вертикальный масштаб — в 1 см 0,5 м, горизонтальный — в 1 см 10 м. $F=a\,n\,(0{,}5\times10)$ м².

4. По полученным данным F, P и B для каждого поперечника определяются средние их значения для всего участка, приравнивая их среднему арифметическому из данных по отдельным поперечникам.

$$F_{ср} = \frac{\Sigma F_n}{n}; \quad P_{ср} = \frac{\Sigma P_n}{n}; \quad B_{ср} = \frac{\Sigma B_n}{n},$$

где n—число поперечников. Точность определения средних величин принимается равной точности их вычисления для отдельных живых сечений.

5. После вычисления средних $F_{ср}$, $P_{ср}$ и $B_{ср}$ вычисляют для всего участка среднюю глубину $h_{ср} = \frac{F_{ср}}{B_{ср}}$ и средний гидравлический радиус $R_{ср} = \frac{F_{ср}}{P_{ср}}$.

Указанные средние величины определяются с точностью до 3 значущих цифр:

при $h_{ср}$ и $R_{ср} < 1$ м с точностью до 0,001 м
„ „ „ > 1 „ „ „ „ 0,01 „

6. Кроме вычисления $h_{ср}$ и $R_{ср}$ для всего участка, обычно определяют и их значение для каждого поперечника, принимая $h_n = \frac{F_n}{B_n}$ и $R_n = \frac{F_n}{P_n}$ с целью сравнения их между собой по длине участка для оценки правильности (однообразности) русла участка.

Формы таблиц

§ 19. Обработка материалов для определения гидравлических величин ведется по специальным формам.

1. По каждому поперечнику (образец 1)

I.

Таблица вычисления смоченного периметра и площади живого сечения аналитически.

Район работ ..... реки / канал ..... участок

Расход ..... месяца ..... числа 19 ..... г.

Профиль №

Расстояние в метрах от постоянной точки	Глубина точки h м	Разность глубин двух соседних точек $h_{n-1} - h_n$ м	Расстояние между точками b_n	Расстояние между точками по перпендикуляру $P_n = \sqrt{(h_{n-1} - h_n)^2 + b_n^2}$	$\frac{h_n + h_{n+1}}{2}$	$\frac{h_n + h_{n+1}}{2} b$
1,25	0,00	0.70	1,00	1.22	0.350	0,350
2.25	0,70	0,53	1,00	1,13	0.965	0,965
3,25	1,23	0.80	1.25	1,48	1 630	2,036
4,50	2,03		—	—	—	—
		и т. д.				
По участку . .	—		$B_{уч} = \Sigma b_n$	$P_{уч} = \Sigma p_n$	—	$P_{уч} = \Sigma \frac{h_n + h_{n+1}}{2} b$

Вычислял ..... Проверял .....

2. Для всего участка (образец II):

II

Таблица средних гидравлических величин

Район работ ..... канал ..... участок .....

№№ профилей	Ср. отметка гор. воды на профиле	F пл. живого сечения	B ширина зеркала воды	P смоченный периметр	$H = \frac{F}{B}$ ср. глубина	$R = \frac{F}{P}$ гидравлическ. радиус	$V = \frac{Q}{F}$
1	125,84	8,26	12,04	15,41	0,685	0,535	
2	125,79	9,01	11,12	14,50	0,811	0,620	
3	125 68	8 75	11,90	14,92	0,735	0,586	
		и т. д.					
Сумма							
Сред. по участку							

Вычисляя ..... Проверил .....

II. Наблюдение за горизонтами воды

§ 1. Наблюдение за горизонтами воды [1] потока на участке исследования имеет задачей учесть изменение режима потока в течение всего периода исследовательских работ и в течение отдельных процессов наблюдения, предполагая, что большинство изучаемых элементов потока (F, B, P, R, h, V, Q, i) являются некоторой функцией от высоты стояния горизонта воды.

§ 2. Сущность наблюдения за горизонтами воды сводится к определению его высотного положения относительно какого-либо постоянного горизонта, увязанного с своей стороны с нивелировочными отметками участка исследования. Другими словами, наблюдения ставятся таким образом, чтобы для каждого наблюденного уровня можно было бы определить его отметку, увязанную с отметками участка.

Пункты наблюдения

§ 3. Число пунктов (постов) наблюдения и их местоположение зависит от характера русла изучаемого участка, характера движения потока и от задач исследования.

При исследовании участков с установившимся равномерным движением, горизонты воды могут наблюдаться в любом удобном для этого месте, а именно в местах: 1) с достаточно спокойным течением (отсутствие волн, набегов, водоворотов, взмывов и пр.), 2) где при различных горизонтах воды не наблюдается местных подпоров или спадов воды.

При наличии на участках исследования створов для измерения скоростей или для взятия проб наносов, для удобства наблюдения за изменением горизонтов воды, водомерные посты следует располагать вблизи указанных створов.

В тех случаях, когда изучению подвергнут неустойчивый участок (изменение горизонтов воды не характеризует закономерное изменение других гидравлических величин), водомерные посты необходимо располагать выше или ниже участка (по возможности вблизи его) в районе, где русло более устойчиво и постоянно.

При изучении участка с неравномерным движением потока (в районе влияния подпора), водомерный пост располагается по возможности вблизи участка, но во всяком случае в районе равномерного движения.

В случаях значительного отдаления водомерных постов от участка исследования или от места производства отдельных частых измерений, дополнительно организуются контрольные посты для наблюдения на них за изменением горизонтов воды во время отдельных процессов работ.

---

[1] В настоящей инструкции предусматриваются исключительно наблюдения, определяющие во времени колебание горизонтов воды; правила определения горизонтов для вычисления уклонов воды указаны в инструкции III, 1 части.

Сроки наблюдения

§ 4. Горизонты воды наблюдаются периодически ежедневно в течение всего периода исследования, и дополнительно в моменты производства наблюдений в течение времени производства их.

При работах на естественных источниках, имеющих более или менее равномерный суточный режим[1], горизонты воды ежедневно наблюдаются 3 раза—в 7 часов утра, в 1 час дня (13 ч.) и в 7 часов вечера (19 ч.). В дни паводковых нарастаний горизонтов воды, с тем, чтобы захватить максимальный уровень, необходимо, в зависимости от быстроты нарастания горизонтов, наблюдения производить чаще, через равные промежутки, захватывая и ночное время.

При работах на источниках, имеющих резкое суточное колебание горизонтов (небольшие горные речки), наблюдения производят столь часто, сколь это требуется для захвата резких изменений и, главное, суточных максимумов. Часы наблюдения обычно устанавливаются после предварительного наблюдения за режимом источника.

На ирригационных каналах, режим которых, вообще говоря, является искусственным и зависит от поливного режима, сроки ежедневных наблюдений следует увязывать с последним, произведя предварительно наблюдения за суточными колебаниями и определив сроки наиболее резкого изменения горизонтов[2].

Во время производства работ наблюдения ведут периодически в начале каждого отдельного приема:

1. Перед измерением скоростей на каждой вертикали.
2. Перед взятием пробы на каждой вертикали.
3. Перед нивелировкой и после нивелировки каждого поперечника.
4. В начале и в конце нивелировки уклонов воды (и т. д. см. соответствующие инструкции) и во всяком случае не реже чем через 1 час.

Способы наблюдения

§ 5. Горизонты воды наблюдаются: 1) при помощи водомерных реек, 2) лимнографами и 3) с помощью специальных реперов.

Водомерные рейки обычно употребляются в потоках со спокойным течением, с небольшими скоростями и при более или менее продолжительных работах. Рейки для наблюдения по ним устанавливаются в глубоком месте, по близости от берега и укрепляются отвесно на специальных сваях.

Горизонты воды по рейке определяются путем отсчета с точностью до 1 см покрытых водой делений над нулем рейки, связанного двойной нивелировкой с репером участка („отметка нуля"). Нуль рейки следует располагать ниже возможного наинизшего горизонта воды—в естественных руслах ниже минимальных уровней, в каналах примерно на уровне дна.

При большом набеге волны на рейку, затрудняющем точность отсчетов, рейку следует располагать не в самом русле, а в специальных колодцах, соединенных с потоками узкой канавкой. Направление этой канавки следует давать нормальное к течению потока, а сам колодец располагать в конце канавки несколько выше по течению (рис. 5). Устье канавки рекомендуется загружать крупным булыжником.

---

[1] Ниже указаны сроки наблюдения в условиях, когда установка постоянно действующих автоматических самопишущих приборов (лимнографов) почему-либо невозможна.

[2] Определение указанных сроков необходимо также для разработки плана работ, увязки времени производства измерений с наиболее устойчивым периодом режима потока.

§ 6. При очень крутых берегах (обрывистых) или на облицованных каналах, когда установка реек на сваях технически затруднена, могут быть установлены цепные рейки (горизонтальные), наиболее употребительной из которых является рейка Томаса (рис. 6). следующей конструкции: на столбах, врытых в берег, укрепляется точно

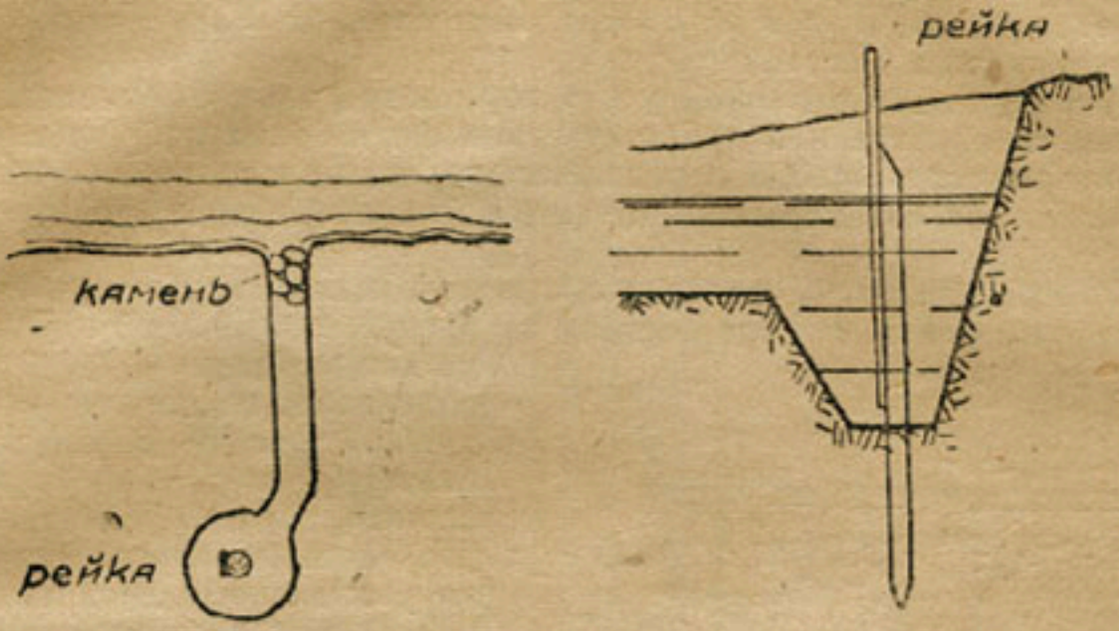


Рис. 5.

горизонтально рейка с сантиметровым делением. Конец рейки выступает над водой; по рейке вдоль делений скользит шнур, перекинутый через блочки. Шнур имеет отвес и указатель. При положении острия отвеса на уровне нижней грани рейки, указатель укрепляется на шнуре против нулевого деления.

Определив отметку нижней грани рейки (или обрезов столбов), определяют отметку горизонта воды вычитанием из отметки грани числа делений, против которых находится указатель при положении острия отвеса на уровне воды.

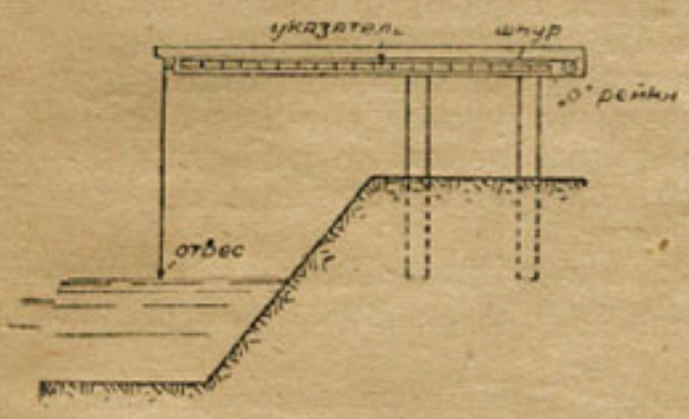


Рис. 6.

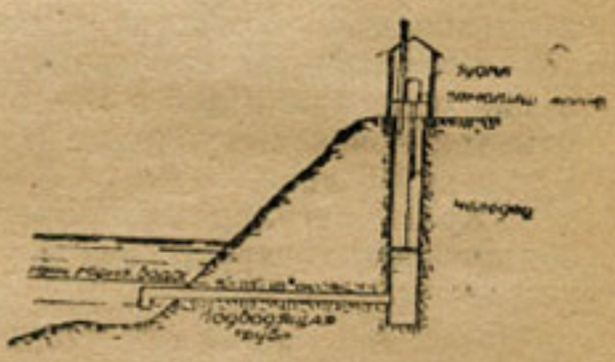


Рис. 7.

§ 7. Лучшим способом наблюдения за горизонтами воды является наблюдение по самопишущему лимниграфу, как непрерывно учитывающему все изменения горизонтов воды и исключающему индивидуальные ошибки наблюдателей.

Способ установки лимниграфов зависит от их конструкции. При продолжительных исследованиях устанавливают лимниграфы в специальные закрытые колодцы, соединенные с потоком закрытыми трубами (рис. 7). При краткосрочных работах можно устанавливать лимниграфы в открытых колодцах, соединенных с потоком канавками (см. схему установки в колодцах нормальных реек, рис. 5).

Для увязки показаний лимниграфа с общими высотными отметками необходимо:

1. Ежедневно в определенные часы определять отметку горизонта воды потока в створе лимниграфа (нивелировкой или по водомерной контрольной рейке).

2. Делать на бланках лимниграфа на кривой уровня заметки, соответствующие моментам определения отметок горизонтов воды, и величину этих отметок.

§ 8. При необходимости учета горизонтов воды с точностью до делений сантиметра или при отсутствии водомерных реек, рекомендуется применять способ определения горизонтов воды измерением расстояния от некоторых постоянных точек (реперов) до уровня воды.

Репера для этого располагают в колодцах с канавками, как и водомерные рейки. Репера состоят из прочно забитого в дно колодца кола толщиной 7—10 см с обделанной в виде уступа верхушкой (рис. 8). В уступ забивается гвоздь с круглой шляпкой, от которой производят измерения. Отметка точки увязывается двойной нивелировкой с репером участка. Измерения следует производить с помощью точных выверенных линеек.

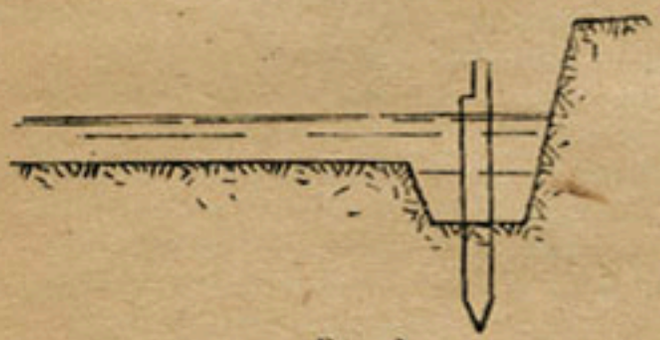


Рис. 8.

§ 9. Отсчеты горизонта воды по рейкам и по реперам для большей точности следует при каждом наблюдении производить несколько раз, особенно при волнении воды около точек наблюдения. Обязательно отсчитываются крайние пределы колебания[1]. При обработке за действительный горизонт принимают средний из отсчетов.

Проверка водомерных установок

§ 10. Установки для наблюдения за горизонтами воды необходимо регулярно проверять в течение всего периода производства исследования. Проверка заключается в определении отметок тех точек, от которых производят отсчеты до уровня воды: при наблюдении по рейкам (§§ 5 и 6) — отметок нуля рейки, по реперам (§ 8) — отметок точек. Регулярные проверки следует производить не реже 1 раза в 10 дней.

Кроме регулярных проверок, таковую производят: 1) при всех обнаруженных нарушениях в установках и 2) при замене или ремонте установок.

Примечание. Когда водомерная установка находится под наблюдением неквалифицированного наблюдателя, не могущего самолично произвести проверку, последний должен точно отмечать время замеченных повреждений и произведенного им ремонта и немедленно сообщать об этом технику.

Записи при наблюдениях

§ 11. В полевых записях наблюдателя при каждом наблюдении должны отмечаться:

1. Номер или наименование водомерного поста.

2. Отсчеты пределов колебания уровня в сантиметрах [2] по установке без введения поправок или вычисления отметок.

---

[1] Крайние пределы колебания обязательно записятся в книжках наблюдения.

[2] Миллиметры записываются как доли сантиметра.

3. Время наблюдения (месяц, число, час и минуты).
4. Примечание о состоянии водомерных установок.

При каждой проверке поста отмечается:

1. Время проверки.
2. Полученные проверенные отметки постоянных точек.

Записи наблюдений ведутся по следующим примерным формам:

III

Водомерный журнал

река / канал ..... участок .....

19 ..... г.

Месяц и число	Часы и минуты наблюд.	Отсчеты от постоянных точек до гор. воды в сант. по постам					Примечание
		1	2	3	4	5	
Август 1	7—15	27,0/28,5	43/45	15,5/15,5	93/95	112/115	При наблюдении в 12 ч. обнаружено повреждение рейки № 4, рейка сорвана со сваи. Отсчет произведен после ремонта
	12—00	30,5/32,0	43,5/44	16,0/17,0	95/98	112,5/113	
	19—10	30,0/31,0	42/42	17,5/18,5	92/93	113/114	

Наблюдатель .....

IV

Журнал проверки водомерных постов

река / канал ..... участок .....

19 ..... г.

Месяц и число проверки	Часы и минуты	Отметки постоянных точек постов					Примечание
		1	2	3	4	5	
Август 1	16—00	—	—	—	10,540	—	
5	12—30	10,231	9,985	9,995	10,540	10,145	
8	13—00	—	9,980	—	—	—	
15	12—30	10,230	9,980	9,995	10,540	10,140	
21	11—00	—	—	—	10,670	—	
30	14—15	10,230	9,980	9,994	10,670	10,140	
Сентябрь 2	12—00 и т. д.	9,950					

Обработка материала

§ 12. Обработка материалов наблюдения за горизонтами воды заключается:

1. В приведении горизонтов к нивелировочным отметкам или к высоте от некоторого условного постоянного уровня.

2. К определению средних суточных и за некоторые периоды горизонтов.

3. В графическом изображении колебания горизонтов воды за периоды работ.

Приведение показания

§ 13. Отметка наблюденного уровня равна отметке постоянной точки, от которой производился отсчет (отметка нуля рейки или точки репера), плюс или минус отсчет: плюс, когда точка находилась ниже горизонта воды, и минус — в обратном случае.

Иногда для избежания выражения уровней в громоздких цифрах отметках, уровни выражают от некоторого условного постоянного горизонта, назначаемого всегда ниже наинизшего возможного горизонта воды, принимая этот горизонт за нуль (так называемый „нуль графика"). Высотное положение условного уровня выражают в общих отметках.

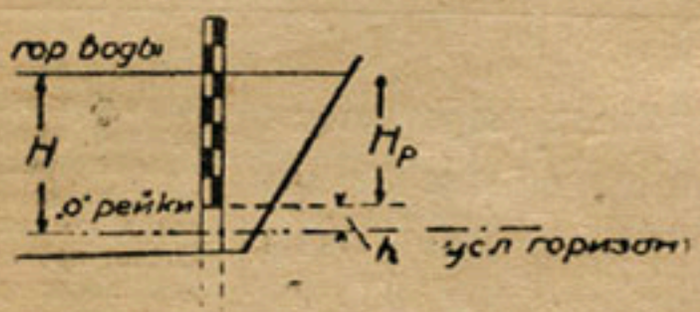


Рис. 9.

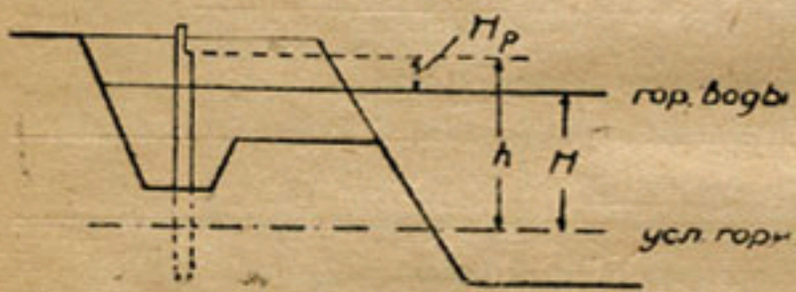


Рис. 10.

Приведение наблюденных горизонтов в этих случаях заключается в вычислении превышения их над условным нулем, равное

$$H = H_p - h \quad \ldots \ldots (4)$$

где H_p — отсчет по рейке, h — разность в отметках между условным горизонтом и горизонтом точки, от которой производится отсчет.

Пример: 1. Отметка условного горизонта — 100,00 м. Отметка нуля рейки — 100,10 м, показания рейки H = 0,50. Приведенный горизонт H = 0,50 — (100,00 — 100,10) = 0,50 + 0,10 — 0,60 м или 60 см. (рис. 9).

2. Отметка условного горизонта (рис. 10) 100,00 м, отметка точки 101,25 м, отсчет — 0,10 м.

H = — 0,10 — (100,00 — 101,25) = — 0,10 + 1,25 = 1,15 м (115 см).

Отметки горизонтов, наблюденных по лимниграфу, вычисляются по масштабу бланка лимниграфа, на котором первоначально наносятся в масштабе линии отметок уровней, полученных при ежедневных проверках (§ 7).

Средние уровни

§ 14. Средние горизонты определяются: за сутки — по отдельным суточным наблюдениям, за периоды больше суток — по средним суточным горизонтам.

Средние суточные горизонты, при регулярных наблюдениях через равные промежутки времени, приравниваются среднему арифметическому из приведенных к постоянному горизонту уровней.

$$H_{сут} = \frac{\Sigma H_n}{n} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (5),$$

где n — число отдельных наблюдений.

Примечание. При троекратных суточных наблюдениях (§ 4) на источниках, не имеющих резких суточных колебаний, средний суточный горизонт равен также среднему арифметическому из трех горизонтов

$$H_{сут} = \frac{H_7 + H_{13} + H_{19}}{3}$$

При наблюдениях, производимых в течение суток через разные отрезки времени, когда моменты наблюдения приурочены, главным образом, к моментам резких колебаний горизонтов потока, средний

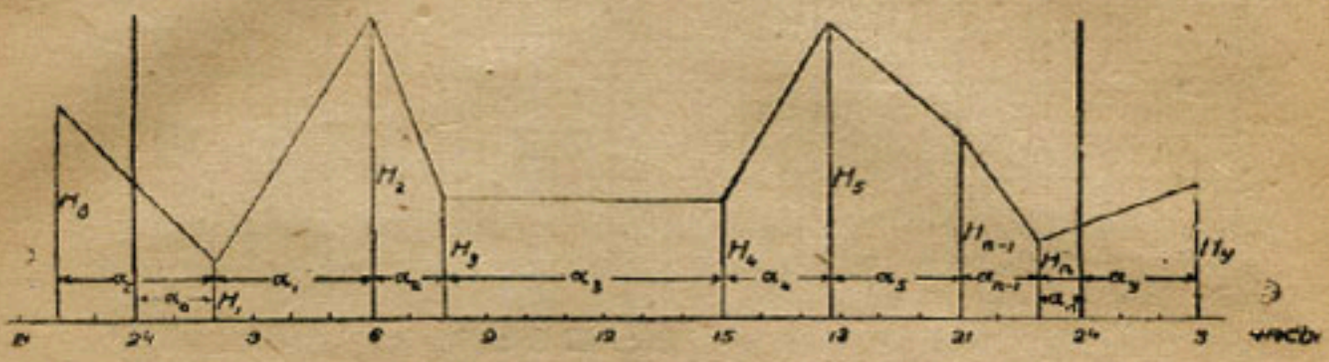


Рис. 11.

суточный горизонт приравнивается средней высоте суточной кривой, для чего вычисляется площадь, ограниченная кривой и нулевым горизонтом. Деля площадь на число часов в сутки (24), получают $H_{сут}$ (рис. 11).

$$H_{сут} = \left[\frac{(H_n - H_1)\alpha_0 + 2H_1\alpha_n}{2\alpha_n}\alpha_0 + \frac{H_1 + H_2}{2}\alpha_1 + \frac{H_2 + H_3}{2}\alpha_2 + \right.$$

$$\left. \ldots\ldots \frac{H_{n-1} + H_n}{2}\alpha_{n-1} + \frac{(H_y - H_n)\alpha_n + 2H_n\alpha_y}{2\alpha_y}\alpha_n \right] : 24 \quad \ldots\ldots (6)$$

где H_n — последний наблюденный горизонт воды в предыдущие сутки;

$H_{1, 2, 3 \ldots n}$ — горизонты, наблюденные в течение суток;

H_y — первый наблюденный горизонт воды в следующие сутки;

α_0 — промежуток времени в часах от начала суток до первого наблюдения;

α_1 — то же между первым и вторым наблюдениями и т. д.;

α_n — то же от последнего наблюдения предыдущих суток до первого наблюдения настоящих;

α_y — то же между H_n и H_y.

Примечания: 1. При суточных наблюдениях, производимых в разные промежутки времени, но при плавных колебаниях горизонтов, для определения средних суточных можно пользоваться не всеми наблюденными горизонтами, а только теми, расстояния между которыми по времени примерно равны. $H_{сут}$ в этом случае может быть принят равным среднему арифметическому из выбранных горизонтов.

2. Определение средней ординаты кривой = $H_{сут}$ может быть произведено механическим способом — планиметрированием, для чего первоначально на миллиметровке вычерчивают кривую колебания (рис. 11). Планиметрированием определяют площадь в квадратных сантиметрах, которую делят на число сантиметров, заключающихся в сутках.

Для определения среднего суточного горизонта по лимниграмме на последней следует наметить и определить горизонты в точках резких перегибов кривой (рис. 12-А). Средний суточный горизонт вычисляют по приведенной формуле 6

$$H_{сут} = \left[\frac{H_0 + H_1}{2}\alpha_0 + \frac{H_1 + H_2}{2}\alpha_1 \ldots\ldots \frac{H_{n-1} + H_n}{2}\alpha_n \right] : 24$$

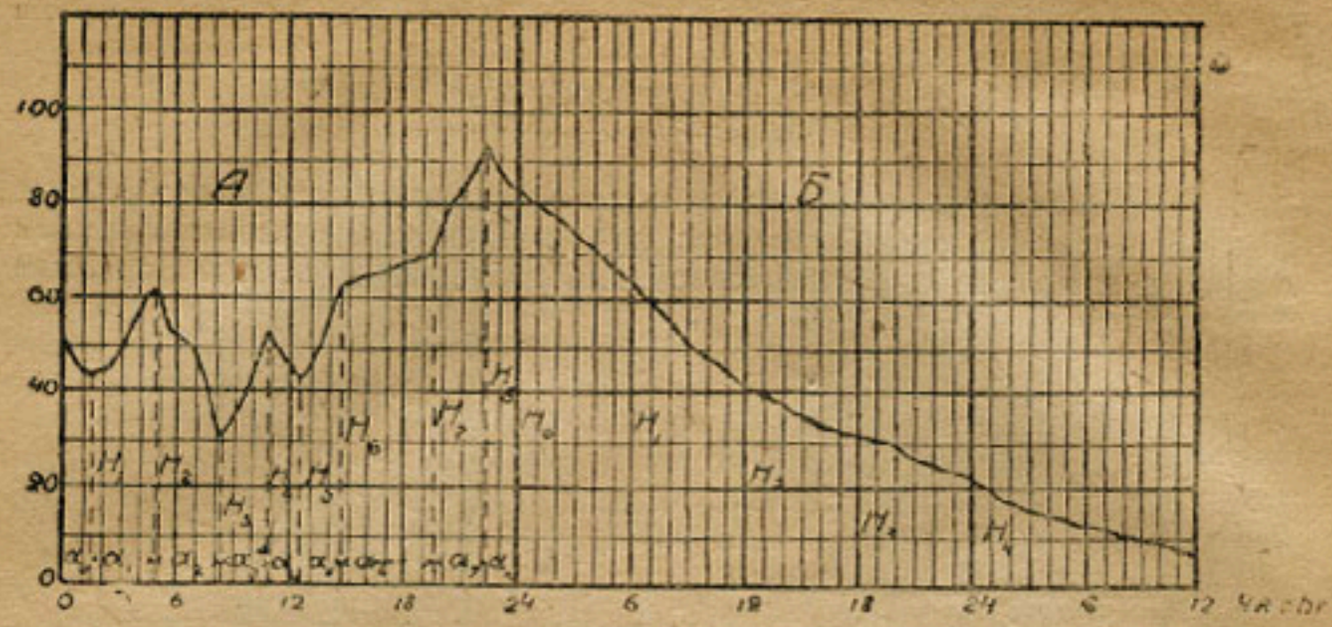


Рис. 12 А и Б

или, если расстоявия между выбранными горизонтами по времени можно сохранить постоянными (при плавном очертании кривой рис. 12 Б), $H_{сут}$ вычисляют как средний арифметический

$$\left(H_{сут} = \frac{H_0 + H_1 + H_2 \ldots . H_n}{n+1} \right).$$

График колебания горизонтов

§ 15. Для графического изображения кривой колебания горизонтов время откладывают по оси абсцисс, а горизонты по оси ординат.

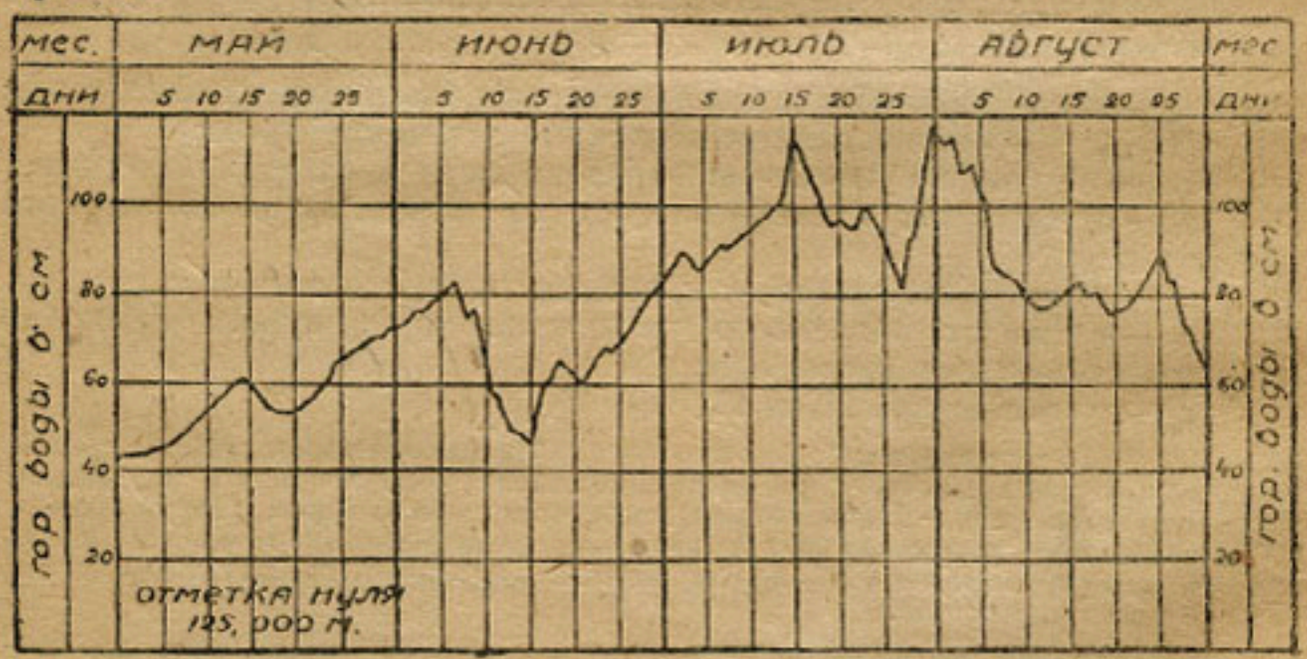


Рис. 13.

Пример построения кривой колебания суточных горизонтов показан на рис. 13.

Точность вычисления

§ 16. Отдельные наблюдения обычно вычисляются с точностью до 1 см и только в случае необходимости особой точности наблюдения (например на мельчайшей сети) и при действительной соответствующей точности полевых наблюдений, горизонты вычисляются до 1 мм.

Средние горизонты за сутки и за периоды больше суток вычисляются всегда с точностью до 1 см.

III. Определение поверхностных уклонов воды

§ 1. Поверхностным продольным уклоном воды потока на некотором его участке считается отношение разности в данный момент горизонтов воды в начале и в конце участка к его длине. Этот уклон принимается также за средний для участка в данный момент.[1]

§ 2. Определение продольного поверхностного уклона потока на участках производится почти при всех исследованиях или с целью получения данных о его величине для вычисления гидравлических величин (например, коэфициент шероховатости) или для введения поправок при вычислении элементов живого сечения (см. §§ 12, 17 и 18 инструкции I).

§ 3. Для определения уклона, следовательно, необходимо измерить по возможности в самый короткий срок (лучше одновременно), в течение которого режим потока не изменяется, горизонты воды на границах участка и горизонтальное расстояние между точками наблюдения их.

§ 4. Горизонты воды определяются обязательно у обоих берегов и за расчетный горизонт принимают средний из них.

Способы определения горизонтов применяются те из указанных в инструкции по наблюдению за горизонтами (§§ 6 и 8), которые обладают наибольшей точностью наблюдения, а именно, как основной по рейкам, а в случае невозможности устройства успокоительных колодцев — по рейке Томаса.[2]

Определение горизонтов воды для уклона необходимо производить со всей возможной тщательностью, помня, что ошибки при малой вообще величине падения уровней сильно сказываются на окончательных результатах вычисления:

а) в каждой точке отсчеты горизонтов следует производить несколько раз и за истинный принимать средний арифметический из отдельных отсчетов;

б) отсчеты следует производить с точностью до миллиметра;

в) перед каждым определением уклона необходимо производить проверку двойной нивелировкой постоянных точек, от которых производятся отсчеты до горизонтов воды (§ 10 инструкции II).

§ 5. Расстояние между точками наблюдения горизонтов определяется по оси потока и только в случае прямолинейных участков и при магистралях, разбитых параллельно оси потока (§§ 4, 5 инструкции I), расстояние между точками определяют по магистрали с введением всех необходимых поправок на уклон местности (при уклонах местности более 3°).

---

[1] Общий уклон участка равен среднему из уклонов отдельных подразделений его, равных между собой по длине $l_{уч} + \frac{l_1 + l_2 \ldots . l_n}{n}$

[2] Определение уклона по водомерным рейкам не допускается.

Расстояние по оси потока определяется графически по точным планам участка.

Обработка материала

§ 6. Поверхностный продольный уклон вычисляется по уравнению

$$I = \frac{H_в - H_н}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

где I — искомый уклон;

$H_в$ — средний между горизонтами правого и левого берегов, горизонт $\left(H_в = \frac{H_{пр} + H_л}{2}\right)$ на верхней границе участка;

$H_н$ — то же на нижней границе участка;

L — расстояние по оси потока между границами участка.

Каждый горизонт у берегов ($H_{пр}$ и $H_{лев}$) является средним из отдельных отсчетов (см. § 4 п. „а").

Средний уклон за некоторый период (за время измерения расхода воды или наносов и т. п.) вычисляется как средний из отдельных уклонов, определенных в течение указанного периода (обычно при равномерном изменении горизонтов, в начале и в конце периода).

$$I_{ср.\ за\ период} = \frac{I_1 + I \ldots\ldots I_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

или

$$I_{ср.\ пер.} = \frac{\Sigma H_в - \Sigma H_н}{n\,L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

Точность вычисления

§ 7. При вычислении уклона I следует помнить, что даже самая точная и тщательная нивелировка допускает ошибку на каждые 100 м — 1 мм, или на каждый метр — $\pm$ 0,00001 м. Шестой знак после запятой всегда сомнителен. При менее точном нивелировании сомнительными будут стотысячные доли. Вычисление уклонов с точностью до 0,0000001 никогда не будет соответствовать точности полевых наблюдений.

Уклоны следует вычислять вообще с тремя значущими цифрами и никогда не брать более 6 знаков после запятой. (пример I = 0,000725, I = 0,00105, I = 0,0235; I = 0,000008 и т. д.).

Для однообразия все уклоны на данном участке и в данный период времени вычисляются с одинаковой точностью в соответствии с порядком величины большинства.

Пример: I. Величина большинства уклонов порядка тысячных долей: I = 0,00925; I = 0,00730; I = 0,01037; I = 0,00095; II — порядка десятитысячных долей: I = 0,000125; I = 0,000097; I = 0,001030; I = = 0,000008 и т. д.

IV. Измерения скоростей течения и расходов воды

§ 1. Измерение расходов воды и связанное с этим измерение скоростей течения и других элементов живого сечения потока при гидравлических исследованиях обычно имеет цель изучения расходного и скоростного режима потока, в широком смысле этого слова, в связи с другими изучаемыми явлениями.

Моменты определения расходов, объем работ, необходимая точность измерения и обработки материалов и, наконец, порядок увязки с другими наблюдениями указываются в соответствующих инструкциях второй части.

Объем работ

§ 2. Для определения расхода воды через сечение потока необходимо иметь данные о площади живого сечения (средней за период измерения) и данные о средней скорости потока.

При гидравлических исследованиях, требующих достаточной точности определения изучаемых элементов, площадь живого сечения определяется по возможности нивелировкой русла и горизонта воды, а скорости измеряются исключительно вертушками[1] в различных точках живого сечения, расположенных в порядке, удовлетворяющем условию достаточной точности определения средней скорости течения и получения данных о распределении скоростей по сечению.

§ 3. Измерения расходов воды требуют подготовительных общих работ:

а) выбор створа для измерения скоростей,

б) оборудование створа,

в) назначения постоянных вертикалей для промеров глубин и измерения скоростей, а также при каждом измерении:

а) назначение дополнительных промерных и скоростных вертикалей,

б) измерения глубин,

в) измерения ширины потока,

г) измерения скоростей течения,

д) наблюдения за колебаниями горизонтов воды,

е) записей, разъясняющих условия работы и характер потока.

Выбор створа

§ 4. При выборе места для створа необходимо учесть:

1. Цель определения расхода или скоростей в соответствии с общим вопросом изучения.

---

[1] На мельчайшей оросительной сети, где размеры живого сечения столь незначительны, что не позволяют производить измерения вертушками, расходы воды определяются водосливами.

2. Удобство определения измерений.

3. Условия, которым должен удовлетворять створ для получения наибольшей возможной точности измерения.

Местоположение створов в зависимости от вопросов исследования указывается в соответствующих инструкциях второй части, общими же соображениями для назначения места относительно участка исследования могут быть следующие:

1. Когда задачи исследования не приурочивают изучение скоростей или расходов воды к определенному месту на участке, то, в случае правильного русла (прямолинейность участка, однообразный характер сечения русла), створ следует располагать в нижней половине участка, примерно, на 0,6 общей его длины. В случае же неправильности русла, для створа выбирается русло без резких скачков глубин, не считаясь с его положением по длине участка.

Обычно створы совмещаются с одним из поперечников, разбитых для съемки участка.

2. Когда установленный заданием участок исследования не представляет удобного места для измерения расходов и в то же время в задачу исследования входит только количественный учет воды, створ для измерения может быть выбран вне участка, выше или ниже, с обязательным фиксированием его расположения в плане при общей съемке участка.

Примечание. При устройстве створа вне участка необходимо следить за тем, чтобы между ним и участком не было бы потерь или притока воды, не поддающихся точному учету. Равно не допускается располагать створы в значительном удалении от участка во избежание недоучета возможных потерь на фильтрацию; примерно, на постоянно действующих источниках, в зависимости от фильтрующейся способности грунта, створы не следует удалять более чем на ½—1 км, на мельчайшей временно действующей сети не более 50 м.

3. При изучении какого-либо явления, учитываемого параллельными измерениями расходов воды (изучение размывных и заиливающих скоростей, определение потерь), местоположение створов определяется также необходимым расстоянием между створами, устанавливаемым соответствующими инструкциями.

§ 5. Учет удобства производства работ при выборе места створа предусматривает следующие моменты: 1) возможности ускорения процесса самих измерений, 2) избежания сложного оборудования, 3) безопасности для производящих измерения и для оборудования.

Этим условиям будут удовлетворять места по возможности с небольшой шириной потока, с невысокими и некрутыми берегами, с умеренными скоростями и глубинами, с чистым от коряг дном и пр.

§ 6. Если задачи исследования не определяют точно место измерения расходов, то участок русла, на котором разбивается створ, должен удовлетворять по возможности следующим условиям, обеспечивающим точность измерения скоростей и других элементов живого сечения.

1. Выше створа на протяжении трехкратной ширины и ниже на одну-две ширины потока, русло должно быть прямолинейным, с параллельно струйным течением, с наибольшими скоростями по оси потока. Русло должно быть правильного, симметричного по отношению к середине сечения, без резких изменений глубин, ям; поток должен быть без водоворотов и обратных течений.

2. Берега и дно русла должны быть по возможности чистыми от растительности.

3. На створе и вблизи створа не должно быть подмывов или отложений на берегах и дне (условия устойчивости).

4. Створ должен быть разбит в месте, по возможности защищенном от господствующих ветров, вызывающих волнение, подпор или сгон воды.

При затруднительности выбора места для створа, удовлетворяющего одновременно всем указанным условиям, следует выбор производить так, чтобы характер участка удовлетворял условиям по мере возможности, соответственно степени их важности для изучаемого вопроса.

В случае, если дно или откосы русла потока покрыты растительностью, мешающей нормальной работе вертушек, эта растительность удаляется на протяжении, достаточном для помещения вертушки.

При измерении расходов воды на небольших потоках исключительно для количественного учета воды, особенно, когда створ выносится за пределы участка, рекомендуется искусственно улучшать русло, как то: производить очистку от зарослей, выравнивать берега, очищать дно от крупных камней и т. п.

§ 7. Материалом для суждения о степени выполнения условий при назначении створов служит предварительное ознакомление с участком исследования и районом, примыкающим к нему, данные съемки участка (главным образом данные нивелировок профилей) и пробные пуски поплавков для определения общего характера направления струй.

Оборудование створов

§ 8. Каждый створ для производства измерений должен быть оборудован приспособлениями для передвижения приборов и измеряющих расход воды через поток, водомерными установками для учета колебания горизонтов воды во время промеров и приспособлениями для закрепления постоянных вертикалей.[1]

Для перемещения по створу производящих измерение и необходимых приборов устанавливаются: 1) при ширине потока до 10 м — балочные мостики, 2) при ширине более 10 м—подвесные мостики или гидрометрические паромы и люльки.

Гидрометрические мостики не должны иметь опор, стесняющих живое сечение.

Гидрометрические паромы применяются, когда ширина потока затрудняет устройство простых или висячих мостиков и когда скорости течения допускают безопасное производство работ. Передвижение парома производится с помощью специального ходового стального троса, перетянутого поперек русла. Паромы должны снабжаться приспособлениями для неподвижного закрепления их в любой точке ширины потока. Размер парома зависит: 1) от скоростей течения и 2) от характера производящихся работ.

Применение паромов, вообще говоря, нежелательно, в виду того, что они нарушают естественное течение потока, но те удобства, которые они представляют для гидрометрических работ (перенос парома на любой створ участка, передвижение приборов измерения, удобство записей и пр.), обеспечивают им широкое применение и при гидравлических исследованиях.

Необходимо избегать пользоваться паромами на потоках с малыми глубинами (при средних глубинах менее 1 м). Следует измерять скорости вертушкой по возможности перед паромом. Лодкам парома необходимо придавать наиболее удообтекаемую форму. Следует избегать глубоко сидящих в воде паромов.

В тех случаях, когда устройство мостиков невозможно, а пользоваться паромами опасно (большие скорости течения, больше 3-4 м/сек) или нежелательно (малые глубины), створы оборудуются гидрометрическими люльками, передвигающимися по тросам.

---

[1] Общая схема устройства постового оборудования дается в приложении IV.

§ 9. Наблюдения за колебаниями горизонтов воды во время измерения расходов производятся по установленным водомерным рейкам, лимниграфам или реперам, согласно указаниям предыдущей инструкции.

§ 10. Разметка вертикалей, на которых в дальнейшем будут измеряться скорости, производится на створах, оборудованных мостиками, непосредственно на мостиках, на створах, оборудованных паромами или люльками, на специальных разметочных тросах,[1] перетягиваемых с наименьшим возможным провесом через поток по направлению створа.

Разметка створа и назначение вертикалей ведется следующим путем:

1. На мостике или на перетянутом тросе делают отметки, разбивающие всю ширину потока на равные промежутки (через метр или через округленные части метра), совмещая нулевое деление с пикетом на магистрали, когда створ совмещен с каким-нибудь разбитым для съемки поперечником (см. § 7 инструкции I), или с постоянной точкой створа на берегу закрепляемой на местности колом-репером, когда створ расположен вне участка исследований (§ 4 п. 6).

2. По данным съемки участка, или по специально произведенной нивелировке поперечника по створу, вычерчивается в поле профиль и, сообразуясь с его характером, назначают постоянные вертикали:

а) В случае правильного русла, вертикали распределяются равномерно, на расстояниях, указанных в таблице. Если равномерно рас-

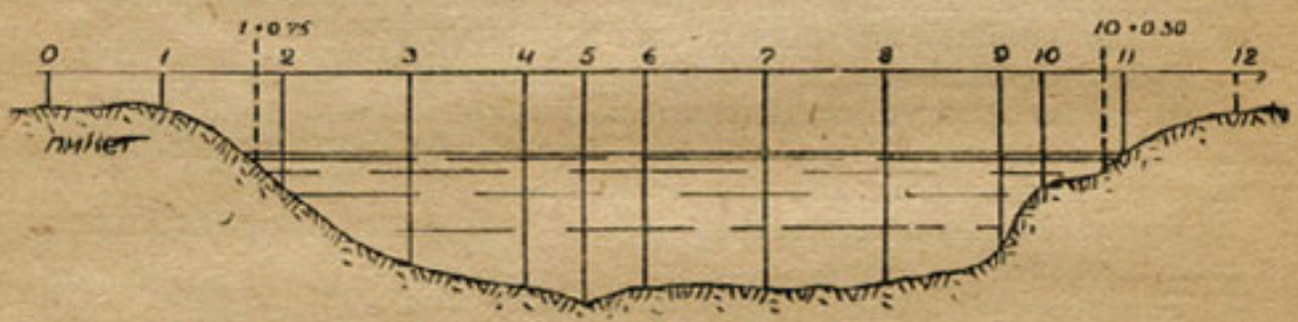


Рис. 14.

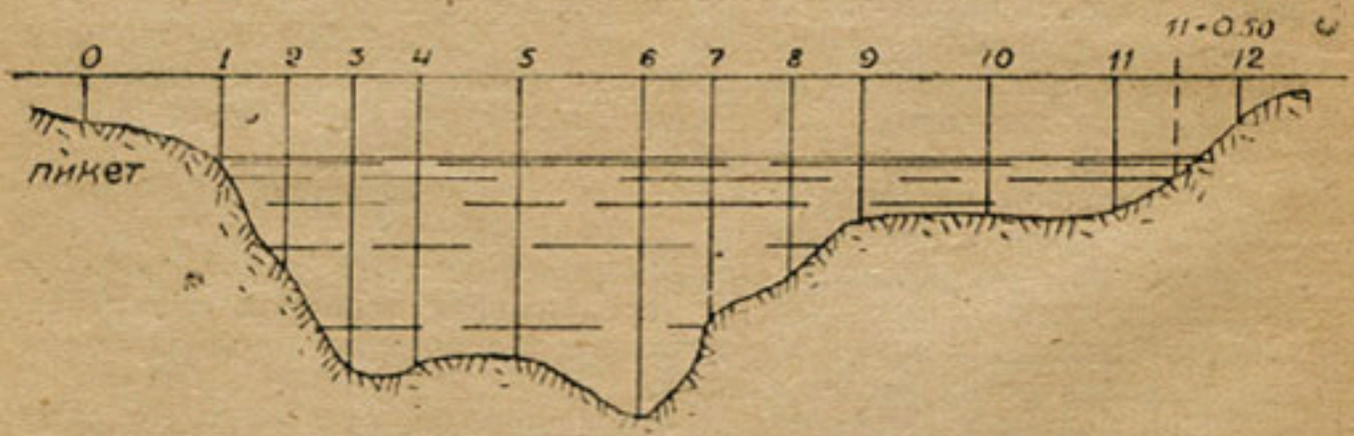


Рис. 15.

пределенные вертикали недостаточно освещают изменение откосов или дна, то на характерных точках перегиба их назначают дополнительно постоянные вертикали (рис. 14 верт. 5 и 10).

б) В неправильных руслах вертикали назначаются чаще в том месте, где сосредоточены наибольшие глубины и главное течение

[1] Разметочный трос не должен нести никаких дополнительных нагрузок. Не допускается пользоваться в качестве разметочного троса бичевками или пеньковыми канатами.

потока (рис. 15). Число вертикалей вообще не должно быть менее 8—10 (см. таблицы) и только при очень правильных очертаниях русла (каналы инженерного типа с облицовкой) количество их может быть сокращено до 5, с примерной разбивкой их как показано на рис. 16.

Ширина русла в м	Расстояние между вертик. в м	Ширина русла в м	Расстояние между вертик. в м
до 2 м	0,25	от 15 до 20	1,5 - 2,0
от 2 до 5 м	0,25 - 0,50	от 20 до 30	2,0 - 3,0
от 5 до 10 м	0,50 - 1,00	от 30 до 40	3,0 - 4,0
от 10 до 15 м	1,00 - 1,50	и т. д.	

3. Вертикали на створах нумеруются от № 1, считая номера от начальной точки (пикета).

§ 11. При каждом измерении расхода к основным закрепленным постоянным вертикалям назначаются дополнительные по мере необходимости, в случае неустойчивости русла, а также вертикали у урезов воды (рис. 14, 15 и 16, пунктирные линии). Последние сле-

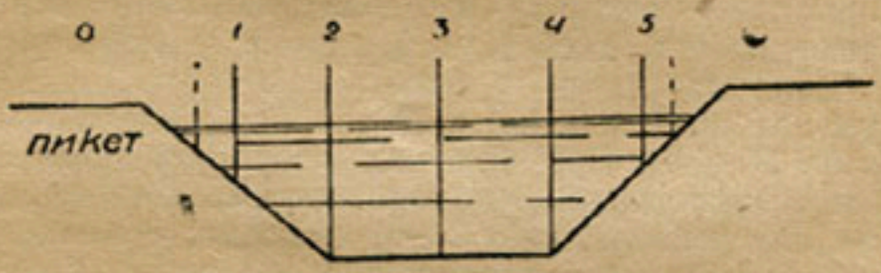


Рис. 16

дует располагать в непосредственной близости от уреза с тем, однако, расчетом, чтобы глубина вертикали была достаточна для измерения вертушкой хотя бы поверхностной скорости и где скорости течения достаточны для того, чтобы дать вращение крыльям вертушки.

Дополнительные вертикали в записях нумеруются номером предыдущей основной вертикали с указанием расстояния до нее (напр., № 5+0,25 м, № 12+1,00 м и т. п.).

Измерение глубин

§ 12. Определение глубин для измерения скоростей производится двояко:

1. Нивелировкой поперечного профиля по всем основным и дополнительным вертикалям и по точкам между ними для более детального определения впоследствии площади живого сечения.

2. Промерами глубины каждой вертикали перед измерением на ней скоростей. Промеры выполняются метроштоками, штангами от вертушек или грузом на троссе.

При промерах глубин метроштоками или штангами следует применять указания, перечисленные в инструкции I, § 10.

При измерении глубин грузом с тросса отсчет производится по выпущенной длине тросса, при чем при больших скоростях течения необходимо определять угол относа груза от вертикального направления для введения при обработке материалов необходимых поправок (§ 28 прим.).

Для отсчетов глубин на троссе делают разметку, а при наличии специальных лебедок со счетчиками, глубины определяются по показанию счетчика.

Примечания: 1. Правильность показания счетчика проверяется перед работой, памятуя, что для тросов разной толщины показания счетчика изменяются. Проверкой устанавливается переходный коэфициент от показания к истинной глубине.

2. Трос на барабан лебедки наматывается правильными, плотно прилегающими друг к другу оборотами и не более чем в один ряд.

3. Производить точные отсчеты глубины непосредственно по метроштоку или штанге при больших скоростях течения бывает крайне затруднительно. Рекомендуется применять следующий способ: рядом со штангой отвесно укрепляется размеченная рейка с делениями, начинающимися сверху. На штанге, когда подвон ее касается только поверхности воды, делается отметка — указатель против нулевого деления рейки. Опустив штангу до дна и сохраняя параллельное ее положение с рейкой, определяют глубину точки положением переместившегося вместе со штангой указателя.

§ 13. Ширина водного зеркала потока по створу измерения определяется по разметкам троса, для чего особенно тщательно фиксируют расстояние урезов воды от ближайшей предыдущей вертикали и от постоянной точки (пикета).

Измерение скоростей

§ 14. Скорости измеряются гидрометрическими вертушками. Последние в зависимости от скоростей, глубин и состояния потока применяются различных систем и типов.

При малых глубинах и небольших скоростях применяются вертушки Отто (тип. IV и V). При больших скоростях употребляются вертушки с более значительными тарировочными коэфициентами, устанавливая на них (на вертушках Отто, имеющих комплекты крыльев) крылья с более пологой винтовой поверхностью. Обычно при больших скоростях применяются вертушки Отто типа V, VI и вертушки типа Прайса. При сильно замутненных потоках следует употреблять вообще вертушки с открытыми контактами или с герметически закрытыми контактными камерами (вертушка Отто магнитная, тип VI). В потоках, несущих водоросли, применяются вертушки с закрытыми механизмами и с винтообразными крыльями (Отто, тип V, VI).

Следует избегать вообще пользоваться вертушками Вольтмана и Отто карманными, как устаревшими и неточными в работе.

Примечания: 1. Измерение скоростей в течение всего периода исследований необходимо производить однотипными вертушками. Однотипными же вертушками необходимо пользоваться и при параллельных измерениях на участке на разных створах.

2. Вертушкой допускается производить измерение только до тех пор, пока в ней не замечено никаких нарушений, могущих повлиять на изменение тарировочного коэфициента, а равно и до ее разработки после продолжительной работы. Ориентировочно хорошо содержащейся вертушкой можно производить без тарировки 15-30 измерений расходов (в зависимости от скоростей и мутности потока).

§ 15. Для опускания и удержания вертушек в точках измерения скоростей служат упорные и подвесные штанги овального и круглого сечения и грузы на тросах. По возможности рекомендуется работать штангой, так как подпор, образуемый грузом, несколько нарушает нормальную работу вертушки. Упорные штанги следует применять при устойчивом, твердом дне. Работать с троса допускается только в случае больших скоростей и глубин, когда удерживать штангу на месте затруднительно и имеется опасение за целость оборудования.

При работе упорными штангами, последние обычно удерживаются вручную, подвесными — с помощью специальных станков (штангодержателей), позволяющих закреплять штангу в любом положении. Для работ с троса применяются воротки или специальные лебедки (например, лебедка Отто со счетчиком глубин).

§ 16. При измерении скоростей вертушкой с горизонтальной осью, укрепляемой на штанге, следует наблюдать за тем, чтобы ось

вертушки была направлена нормально створу. Для правильного положения применяют визиры, направленные на створные вехи.

Вертушка на грузе устанавливается сама по направлению течения в данной точке. Вертушки типа Прайса дают всегда скорость по направлению течения. Другими словами, в этих двух случаях в данной точке всегда измеряется наибольшая скорость и, при значительном отклонении струй от нормального направления к створу, результат измерения всегда будет несколько преувеличен. При отклонении струй от нормального направления более чем на 8° необходимо при обработке материала вводить поправку (см. § 27). Для регистрации углов отклонения оси вертушки применяются специальные приборы (прибор Отто для работы с груза и прибор Владычанского для работы со штанги).

Методы измерения

§ 17. Методом измерения скоростей для получения расхода воды или средней скорости по живому сечению является определение скоростей в различных точках живого сечения. Эти точки распределяются по ширине потока по вертикалям и по вертикали в порядке, удовлетворяющем условию определения с достаточной точностью средней скорости на вертикали.

При гидравлических исследованиях основным методом измерения скоростей течения является метод измерения на каждой вертикали в 6 точках:

1. У поверхности так, чтобы получилось полное погружение крыльев вертушки в воду, — примерно, на глубине $1^1/_2$ радиуса крыльев.
2. На 0,2 глубины от поверхности.
3. „ 0,4 „ „
4. „ 0,6 „ „
5. „ 0,8 „ „
6. У дна, возможно глубже, насколько позволяет конструкция вертушки, приспособления для ее удержания и передвигающиеся по дну наносы.

Этот метод даст наибольшую возможную точность определения средних скоростей по вертикали в условиях, вообще говоря, ограниченного возможного срока производства отдельных измерений расходов в полевой обстановке, и применяется, когда в задачу исследования входит детальное изучение распределения скоростей по живому сечению, необходимость определения поверхностных и донных скоростей.

Когда же измерение скоростей преследует только задачу количественного учета воды и определения только средней скорости потока, может быть применен упрощенный, а именно трехточечный метод, при котором скорости измеряются на вертикали на 0,2, 0,6 и 0,8 глубины от поверхности.

На отдельных вертикалях допускают отступление от указанных методов в следующих случаях:

1. При малой глубине вертикали, когда конструкция вертушки или приспособления для ее опускания не позволяют погружать вертушку на 0,8 глубины, скорости измеряются при общем шеститочечном методе у поверхности, на 0,2, 0,4 и 0,6 глубины, при трехточечном — только в одной точке на 0,6 глубины.
2. При весьма малой глубине скорость на вертикалях измеряют только у поверхности.

Переход к работе вертушкой на сокращенное число точек по вертикали должен быть каждый раз оговорен с мотивировкой.

Продолжительность наблюдения

§ 18. Так как установлено, что пульсация скоростей струй потока увеличивается от поверхности ко дну, продолжительность наблюдения в отдельных точках вертикали, с целью получения одинаковой точности измерения, необходимо увеличивать по мере удаления точки от поверхности.

Для сохранения достаточной и одинаковой точности измерения для отдельных точек вертикалей продолжительность наблюдения устанавливается следующая:

1. У дна 6 мин.
2. На 0.8 глубины 6 мин.
3. „ 0,6 „ 4 „
4. „ 0,4 „ 3 „
5. „ 0,2 „ 2 „
6. У поверхности 2 „

Сокращать указанную продолжительность допускается:

1. При ограниченном времени для производства измерения.
2. При сильно замутненных и засоренных потоках, когда засорение вертушки нарушает ее нормальную работу.
3. При работе в засоленных потоках, вызывающих быстрое окисление контактов вертушки.
4. Когда по характеру исследования не требуется особой точности измерения, в частности при применении трехточечного метода.

Продолжительность наблюдений в каждой точке не должна быть однако менее 2 минут.

§ 19. В течение указанных сроков наблюдения в каждой точке производятся непрерывно, при чем число оборотов крыльев вертушки регистрируется не только по прошествии всего срока, но и в течение работы вертушки через равные интервалы по числу оборотов (от сигнала до сигнала, через сигнал и т. д.), сообразуясь с необходимостью производства аккуратных и точных записей.[1]

Промежуточные регистрации производятся с точностью до 1 секунды (не останавливая секундомер), по окончании срока измерения после остановки секундомера с точностью до 0,2 секунды.

При регистрации числа оборотов крыльев в течение работы вертушки необходимо все время следить за продолжительностью отдельных интервалов, указывающих на величину пульсации скоростей, а также и на правильность работы вертушки. Если продолжительность интервалов значительно разнится между собой (особенно при постепенном удлинении срока между интервалами), то вертушка должна быть осмотрена, причина, мешающая работе (обычно засорение), удалена, и измерение повторяется сначала в полном объеме. Если неправильность в интервалах зависит исключительно от пульсации, то продолжительность наблюдения следует увеличить, особенно, когда последняя принята равной 2 минутам. Нормальной пульсацией, не требующей удлинения срока, считают такую, при которой разность двух соседних интервалов не превышает, примерно, 1 секунды. Срок наблюдения при большой пульсации против общего принятого удлиняют, примерно, в 1½ 2 раза.

§ 20. Во все время производства работ по измерению расхода воды необходимо производить наблюдения за колебаниями горизонта ее по установленным для этого приспособлениям (§ 9). Горизонты

---

[1] Имеется в виду звуковая сигнализация (по телефону и электрическим звонком). При работе со счетчиком регистрация производится по его показанию. Число сигналов в каждом интервале принимается таким, чтобы продолжительность интервалов не была бы менее 30 секунд.

воды отмечаются при начале измерения скоростей на каждой вертикали (§ 4 инструкция II).

§ 21. В начале и в конце измерения расхода при некоторых исследованиях (см. инструкцию 2 й части) производят определение температуры воды с помощью родниковых термометров.

Полевые записи и формы

§ 22. Записи при измерении расходов ведутся в особых книжках для измерения скоростей, отдельные страницы и графы которых имеют следующую примерную форму.

А. Для общих записей при каждом измерении расхода. V

Река / канал ..... участок

..... 19 г.

Расход №

Для определения[1] .....

.....

Вертушка № фирмы

Крылья № Время тариров

Уравнение тарир. кривой

Вертушка опускалась

.....

Диаметр крыльев вертушки ..... см.

Расстояние от оси вертушки до низа подона ..... см.

Ср. температура воды ..... °С.

Нач. отряда

Техник, производив. измерение

(Нужное подчеркнуть)

Расстояние от створа до постовой рейки выше ниже по течению ..... м

Состояние погоды: ясно, пасмурно, туман, дождь, снег.

Направление ветра: по флюгеру или на-глаз: с лев. берега, с прав. берега, вниз, вверх по течению.

Сила ветра: нет слабый, средний, сильный, очень сильный

Мутность воды: чистая, слабая, средняя, сильная, очень сильная.

Мусор плывет: у берегов, по стрежню нет, мало, много.

Размывает берег: правый { выше / на створе / ниже

левый { выше / на створе / ниже

Растительность: дна, берегов, русла, есть, нет, слабая, средняя, сильная, какая . .

Водовороты: есть, нет; против каких вертикалей, выше и ниже по течению

		Вертикали													
Глазомерное расстояние водоворотов от створа в метрах	Выше														
	Ниже														

В. Для записей на каждой вертикали и точке измерения (с примерным заполнением). VI

Вертикаль № 3

Расстояние от уреза прав. берега 4.53 м

» » пост. точки . . 6.00 м

Глубина вертик. по нивел. . . 2.14 м

по промеру . . . 2.15 м

Начало измерения 10 ч. 30 м.

Горизонт воды по в начале 125 см.

рейке № в конце 126 см.

Состав дна: (подчеркнуть) камень, песок, глина, ил.

Твердость дна: тверд. мягк.

[1] Указывается цель работ, например, для определения коэфициента шероховатости, для определения расхода наносов и т. п.

[2] Указывается размер и форма штанги, какой — мерной, подвесной. Указывается вес и форма груза, какими приспособлениями пользовались для удержания штанги или груза.

Положение точки на вертикали	Глубина точек в метрах от поверхности	Число оборотов крыльев по счетчику или по звонку	Время наблюдения в секундах	№ № бутылок с пробами[1]	Число оборотов крыльев в одну секунду[2]	Скорость течения в м/сек в точке[2]	Ср. скорость на вертик. м/сек[2]	Примечание
У поверх.	0.12	50	0'31"	10				
		100	1'03"					
		150	1'34"					
		200	2'05"					
		250	2'36,2"					
0.2h	0.43	50	0'29"					
		100	0'58"					
		150	1'28"					
		200	1'57"					
		250	2'26,8"					
0.4h	0.86	50	0'30"					
		100	1'00"					
		150	1'31"					
		200	2'01,4"					
		и т. д.						

Измерение расходов водосливами

§ 23. При малых расходах воды и незначительных глубинах, когда вертушкой работать затруднительно, измерение расходов про-

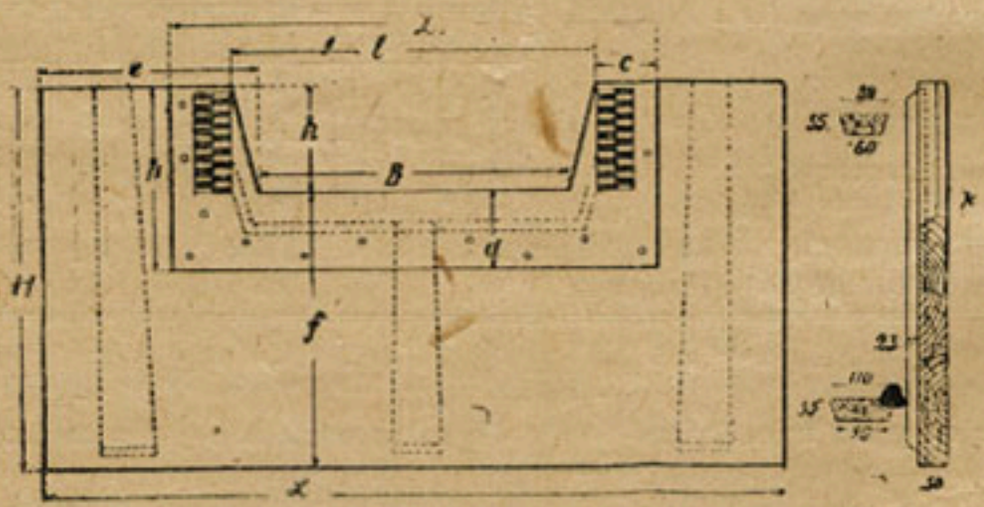


Рис 17.

изводят с помощью переносных водосливов, из которых наиболее распространенными являются водосливы Чиполетти трапецоидальной

[1] См. инстр. V, § 10.
[2] Заполняется при обработке материалов

формы, различных стандартных размеров. Чертеж подобного водослива и соотношение частей его при длине порога в 25 см, 50, 75, 100 и 125 см приведен ниже (рис. 17).

Водосливом с наибольшей указанной длиной порога (1,25 м) может быть определен расход воды до 0,6 куб. м/сек.

Примечание. Водосливами учитывается только расход воды и средние скорости потока на участке. Распределение скоростей по живому сечению не выявляется.

Правила установки водосливов

§ 24. Для определения расходов воды на участке исследования водосливы необходимо располагать на таком расстоянии от границ участка, чтобы установки не оказывали влияния на естественный режим потока в пределах участка.

При расположении водосливов выше участка, их устанавливают на растоянии 3—5 м от верхней границы участка.

Примечание. При определении расходов наносов на верхнем створе расстояние между ним и водосливом должно быть достаточным для того, чтобы на естественный режим наносов не влиял возможный размыв грунта от переливающейся через порог струи.

При установке водосливов ниже участка расстояние между нижним створом и водосливом должно быть большим, чем длина кривой подпора, образуемого водосливом.

Примечание. Для проверки указанного положения применяют следующий прием: определяют нивелировкой отметку горизонта воды перед самым водосливом и отметку дна на нижнем створе участка. Если вторая отметка больше или равна первой — условие соблюдено, если меньше — водослив переносят еще ниже по течению, пока не получат указанного соотношения между отметками.

Для более точного получения результатов измерения водосливная установка должна удовлетворять следующим требованиям:

а) Порог водослива должен быть установлен строго горизонтально, что проверяется нивелиром или достаточно точным уровнем (ватерпасом).

б) Перед водосливом подходные скорости должны быть минимальными, что достигается устройством успокоительного бассейна перед водосливом (расширением русла и возможно более высоким положением порога водослива).

в) Водослив необходимо располагать точно поперек течения.

г) Горизонт воды за порогом должен быть ниже порога для того, чтобы не происходило подтопления струи.

д) Высота переливающегося слоя воды через порог не должна быть больше $^1/_3$ длины порога, равно не следует допускать слишком низкого переливающегося слоя воды. Другими словами, размер водослива необходимо подбирать соответственно измеряемому расходу воды.

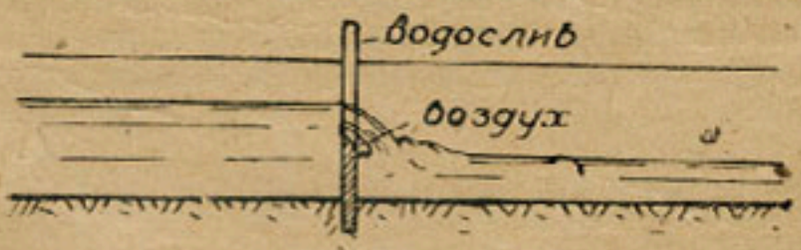


Рис. 18.

е) Под струей должен быть обеспечен свободный приток воздуха (рис. 18), что достигается некоторым расширением русла непосредственно ниже водослива.

ж) Между стенками водослива, вделанными в русло, дном и берегами не должно быть просачивания воды.

Измерение расхода

§ 25. Расход воды через водослив определяется путем отсчета по реечкам, укрепленным у отверстия, высоты переливающегося слоя воды через порог. Отсчеты производятся с точностью до миллиметра. К отсчетам приступают только после того, как через водослив установится постоянный расход, что учитывается постоянством показания реечек.

Если измерение расхода воды через водослив совмещается с определением расхода наносов, уклонов воды на участке, нивелировкой поперечников и т. д., что и бывает в большинстве случаев при гидравлических исследованиях, наблюдение за высотой переливающегося слоя производится периодически, в течение всего времени исследования, не реже чем через 10 минут.

Записи

§ 26. Отсчеты горизонтов воды по рейкам водослива записываются в специальные водосливные книжки, отдельные страницы которых имеют следующую форму (VII).

Длина порога ..... метр. VII

Часы	Минуты	Отсчеты по рейкам в см		Средний отсчет	Расход воды[1] м³/сек	Примечание
		прав.	лев.			
10	35	14,2	14,2	14,2		
	45	14,4	14,4	14,4		
	55	14,8	14,6	14,7		
11	05	14,6	14,4	14,5		
	15	14,4	14,4	14,4		
	25	14,4	14,4	14,4		
	и т. д.					

До работы водосливом необходимо проверить положение нулей реек, которые должны точно находиться на линии верхней кромки порога водослива. При неправильном положении нулей при каждом измерении в полевых записях делаются соответствующие отметки, а при обработке материалов вводится необходимая поправка на величину ошибки.

Обработка материалов

§ 27. Обработка материалов измерения скоростей и расходов воды, в зависимости от задач исследования и методов работы, может иметь следующие цели:

1. Определение расхода воды.

[1] Заполняется при обработке.

2. Определение средних скоростей потока для отдельных живых сечений и средних для всего участка.

3. Определение характера распределения скоростей течения по площади живого сечения.

4. Нахождение кривых зависимостей между расходами или скоростями от других гидравлических элементов потока.

5. Определение общего стока воды за некоторый период и нахождение за периоды средних расходов или скоростей течения.

6. Графическое изображение колебания расходов воды во времени за тот или другой характерный период наблюдения.

Способы обработки зависят от точности произведенных работ в поле, от методов и, наконец, от поставленных задач исследования.

Ниже приводятся наиболее распространенные в настоящее время при гидравлических исследованиях способы обработки материалов в порядке процесса выполнения.

Определение скоростей в отдельных точках

§ 27. Первым действием определения расхода воды является вычисление скоростей течения в отдельных замеренных точках на вертикалях. Эта работа обычно производится в поле.

Скорости вычисляются по уравнению тарировочной кривой, полученной при тарировке вертушки после ее изготовления или последнего ремонта.[1]

Тарировочное уравнение имеет общий вид:

$$v = An + B,$$

где v — искомая скорость;

n — число оборотов крыльев вертушки в 1 секунду;

A и B — постоянные численные величины.

Число оборотов n вычисляется с точностью до 0,01 оборота по специальным таблицам или с помощью счетной линейки.

Скорости течения v вычисляются до 0,001 м/сек.

Записи при вычислении числа оборотов и скоростей ведутся в книжках для измерения скоростей (§ 22, образец VI).

Когда направление струи в точке измерения отклоняется от нормального к створу более чем на 8° и измерение производилось вертушкой на грузе или вертушкой с вертикальной осью (§ 16), при вычислении скорости течения вводят поправку, принимая

$$v = v_1 \cos\alpha \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

где v_1 — скорость, вычисленная по тарировочной кривой,

α — угол отклонения струи.

Определение скоростей по вертикали

§ 28. Следующим процессом вычисления расхода является определение площади элементарных расходов и средних скоростей по отдельным вертикалям. Здесь в зависимости от принятого метода измерения применяются несколько способов:

---

[1] Пользоваться тарировочными данными после последнего ремонта, вообще говоря, допускается только тогда, когда вертушка в течение всего периода работ была в достаточно исправном состоянии. Если же вертушка, бывшая в начале работ вполне исправной, после некоторого периода пришла в состояние изношенности, но ею продолжали производить измерения, то тарировочный коэффициент проверяется по окончании работ до ремонта прибора. При расхождении результатов вычисления скоростей по тарировочным уравнениям до и после работ более чем на 1%, для измерений, произведенных в период изношенности вертушки, необходимо пользоваться уравнением, полученным после вторичной тарировки по окончании работ до ремонта.

а) Графо-механический — в случае достаточного количества отдельных точек измерения, равномерно распределенных по глубине (шеститочечный метод § 17).

Первоначально строят кривую распределения (эпюру) скоростей по вертикали, для чего в некотором выбранном масштабе по вертикальной оси откладывают глубину вертикали h (рис. 19) и на ней точки измерения скоростей. Из указанных точек горизонтально откладывают в масштабе, выбранном для скоростей, величины скоростей, вычисленные согласно § 27. Вершины отрезков скоростей соединяют по лекалу плавной кривой, продолжая ее до пересечения с линиями горизонта воды и дна.

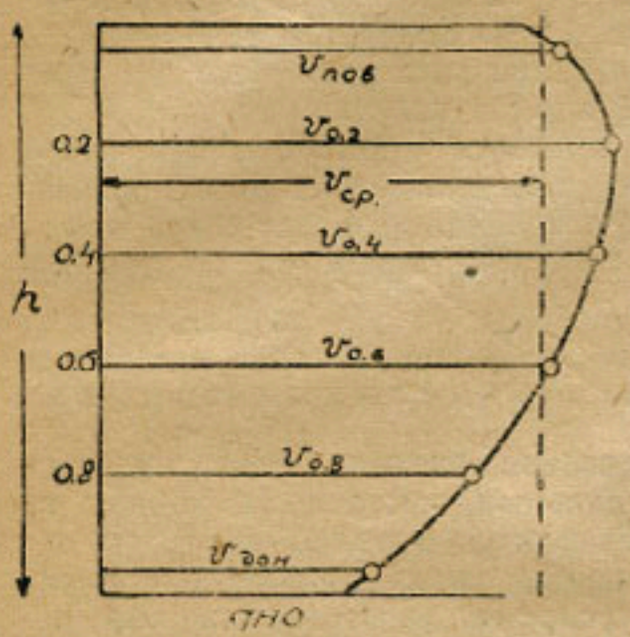


Рис. 19.

Площадь элементарного расхода q_n, заключенная между линиями дна, глубины, поверхности воды и кривой, определяется с помощью планиметра и выражается в кв. м/сек.[1]

Средняя скорость на вертикали определяется делением площади элементарного расхода на глубину вертикали

$$v_{ср.n} = \frac{q_n}{h_n} \text{ м/сек.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (12)$$

При построении эпюры скоростей в отношении выбора масштаба необходимо руководствоваться для получения достаточной точности вычисления, следующими правилами:

1. Масштабы выбирают применительно к средним значениям глубин и скоростей данного измерения расхода.

2. Масштаб глубины выбирается таким образом, чтобы на чертеже глубина выражалась, примерно, равной 5—8 см.

3. Масштаб скорости — с расчетом выражения на чертеже средней скорости отрезком, равным примерно 4—6 см.

4. Для отдельных эпюр данного расхода придерживаются одинакового масштаба, выбранного для средней глубины и скорости.

Следующая таблица дает примерное соотношение масштабов

Ср. h по жив. сечению	Масштаб глубины метр. в см	Ср. v по жив. сечению	Масштаб скорости метр. в см
< 0,8	0,1	< 0,25	0,05
0,8—1,6	0,2	0,25—0,6	0,10
1,6—2,0	0,25	0,6—1,20	0,20
2,0—3,0	0,40	1,20—1,50	0,25
> 3,0	0,50	1,50—2,40	0,40
		2,40—3,00	0,50
		> 3,00	0,50

Примечание. Среднюю глубину живого сечения ориентировочно определяют как среднее арифметическое из отдельных глубин; среднюю скорость — как среднее арифметическое из скоростей, измеренных на 0,6 глубины отдельных вертикалей.

[1] Определенное планиметрированием q = числу кв. сантиметров чертежа, помноженному на произведение масштабов глубины и скорости, выраженных метрами в сантиметрах. Пример: при масштабе h в сантиметрах 0,5 м и v — в 1 см. — 0,20 м/сек., q = A (0,5 x 0,20) = 0,1 A кв. м/сек.

б) Графический способ[1] — также при достаточном количестве точек измерения скоростей на вертикалях.

В указанном в п. „а" порядке построения и, примерно, в тех же масштабах, строят эпюру скоростей (рис. 20). Точки середин отрезков кривой, заключенных между абсциссами измеренных скоростей, проектируют на линию дна; на продолжении линии глубины (АО) выбирают точку (полюс), которую соединяют прямыми (лучами) с проекциями указанных точек.

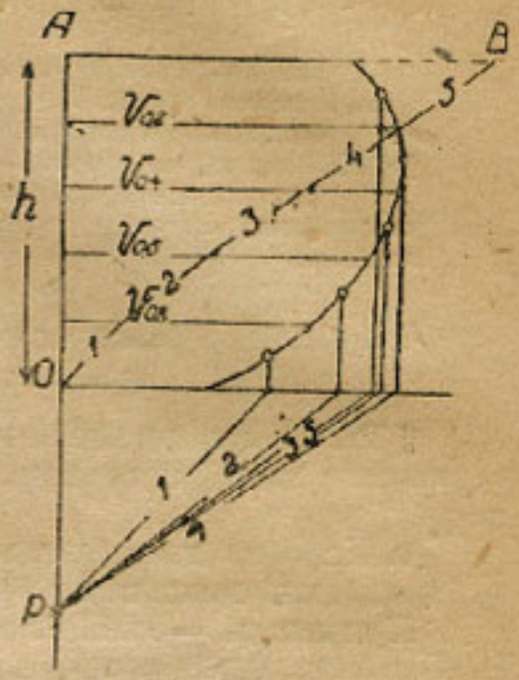


Рис. 20.

Из точки „О" проводят линию, параллельную лучу (на чертеже обозначены одинаковыми номерами), соединяющему полюс с проекцией точки середины отрезка кривой между абсциссой дна и абсциссой придонной скорости до пересечения с последней.

Далее проводят линию параллельно следующему лучу (2) до пересечения с абсциссой скорости на 0,8 h и т. д. Конечная абсцисса АВ, измеренная в масштабе скоростей, помноженная на полюсное расстояние ОР, измеренное в масштабе глубины, будет равна площади расхода $q_в$.

Вычисление $v_{ср}$ производится по формуле 12.

в) Аналитический способ применяется при измерении скоростей трех- и одноточечным методом.

Для определения площади расхода первоначально определяют среднюю скорость по вертикали, а затем произведением ее на глубину получают $q_в$.

Средняя скорость на вертикали приравнивается

$$v_{ср} = \frac{v_{0,2} + 2v_{0,6} + v_{0,8}}{4} \quad \ldots\ldots\ldots (13),$$

где значки у скоростей показывают глубину измерения.

При измерении скорости только на 0,6 глубины вертикали, средняя скорость принимается равной скорости на 0,6

$$v_{ср} = v_{0,6} \quad \ldots\ldots\ldots (14)$$

и, наконец, при скорости, измеренной только у поверхности,

$$v_{ср} = n\, v_{пов} \quad \ldots\ldots\ldots (15)$$

где n — поправочный коэфициент, принимаемый обычно равным 0,85.

Примечание к § 28. Во всех случаях определения площадей элементарных расходов, средних скоростей за расчетную глубину вертикали принимают глубину, определенную нивелировкой русла по створу (при наличии данных измерения метроштоком и нивелировкой § 12).

При измерении глубин только грузом с троса, необходимо в данные отсчета глубин вводить поправку на относ груза, если последний вообще имел место и угол откоса превышал 3°.

До некоторой определенной скорости истинная глубина может быть получена из выражения

$$h = h_l \cos\alpha \quad \ldots\ldots\ldots (16)$$

где α — угол отклонения троса от вертикали,

h_l — измеренная глубина (длина троса).

Предельное значение скоростей, при которых применима эта формула, меняется от веса груза и, в частности, может быть принято для груза — 32 кг — 1.800 м/сек. и 100 кг — 2.500 м/сек.

---

[1] Графический способ, как требующий затраты времени больше, чем графо-механический, применяют в случаях отсутствия возможности производить планиметрирование; по точности определения эти два способа равноценны.

При больших скоростях, а также при отсутствии данных об углах относа истинные глубины можно определять в зависимости от средних скоростей, вертикали —

для груза в 33 кг $h = h_1 - \frac{h_1 (6{,}08v - 7{,}3)}{100}$ . . . . . (17)

„ 100 кг. $h = h_1 - \frac{h_1 (3{,}24v - 5{,}6)}{100}$ . . . . . (18)

где v — средняя скорость определяемая ориентировочно по скорости, измеренной на 0,6 h.

Поправки вводятся только при скоростях течения в первом случае > 1.200 м сек., во втором > 1.050 м сек.

При введении поправок на относ груза изменяют также и глубину точек погружения вертушки, принимая положение точек относительно исправленной глубины.

Точность вычисления средних скоростей по вертикали и q_n

§ 29. Площади элементарных расходов и средние скорости по вертикали, вообще говоря, вычисляются с точностью до 3 значущих цифр.

1. Если на данном створе $q_n < 1$ кв. м/сек., а $v_{ср} < 1$ м/сек., то q_n и $v_{ср}$ вычисляются до 0,001 кв.м/сек. и 0,001 м/сек.

Пример: $q_n = 0{,}242$ кв. м/сек., 0,547 кв. м/сек., 0,041 кв. м/сек., $v_{ср}$ — 0,725 м/сек., 0,105 м/сек., 0,008 м/сек.

2. Если на данном створе большинство q_n и $v_n > 1$, то таковые вычисляются с точностью до 0,01 кв.м/сек и 0,01 м/сек.

Пример: $q_n = 2{,}73$ кв. м/сек., 5,01 кв. м/сек., 1,02 кв. м/сек., $v_{ср}$ — 3,25 м/сек., 1,02 м/сек.

При планиметрировании площадей каждую площадь следует определять не менее трех раз и за действительную принимать среднюю из трех (по среднему отсчету планиметра).

Расхождение среднего числа делений планиметра, выражающего площадь, от числа делений отдельных планиметрирований не должно превышать одного деления на каждую сотню их.

Определение расхода воды живого сечения

§ 30. Расход воды по живому сечению потока определяется вычислением площади расхода, построение которой ведется нижеследующим порядком. Горизонтально откладывают ширину (рис. 21) живого сечения B и на ней отмечают положение отдельных вертикалей.

Рис. 21.

Против каждой вертикали откладывают в масштабе вычисленные средние скорости. Вершины ординат скоростей и точки урезов воды соединяют по лекалу плавной кривой. Затем таким же образом откладывают величины q_n и проводят вторую кривую.

Примечание. На вертикалях, где имеются измеренные глубины, но где скорости не измерялись, q определяется произведением $v_{ср}$, взятой по ординате кривой скорости против вертикали, на глубину вертикали.

Площадь, заключенная между зеркалом воды и кривой q_n, носит наименование площади расхода и выражает собой расход через живое сечение Q в куб. м/сек.

Определение указанной площади производится различными способами, соответственно принятым при вычислении площадей элементарным расходам.

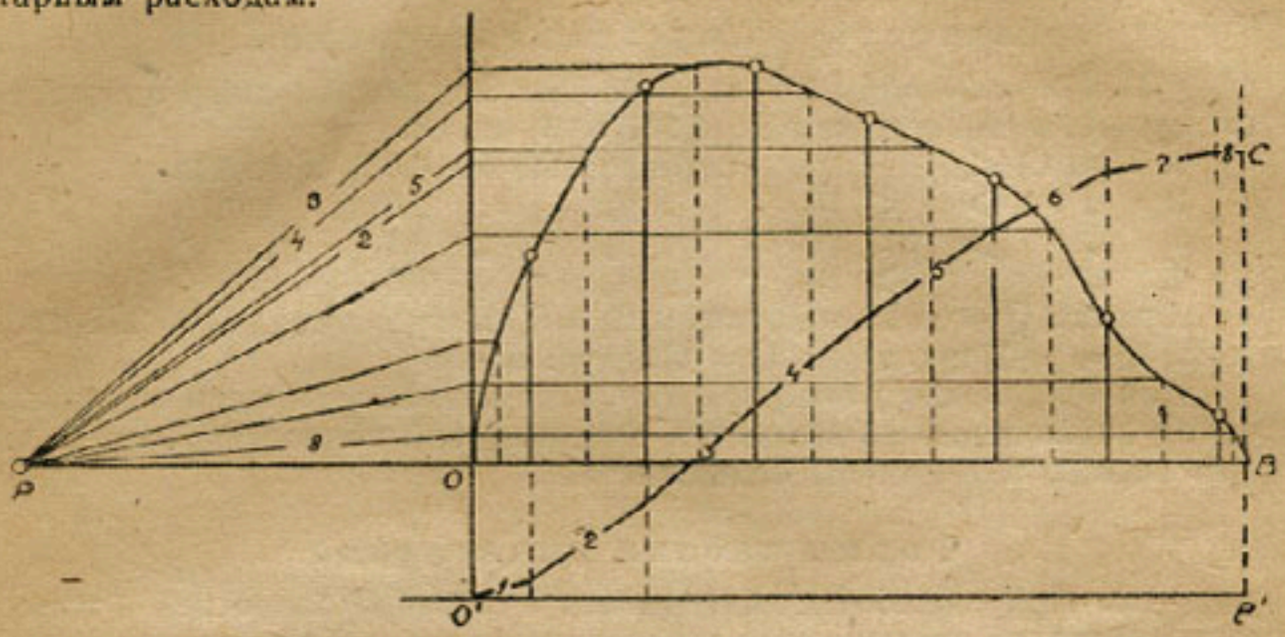


Рис. 22.

а) Графо-механический способ заключается в определении площади планиметром. Масштаб при этом подбирается таким образом, чтобы ширина потока на чертеже равнялась, примерно, 10 — 15 см, а q_n по среднему своему значению ∞ 6 — 10 см.

Примечание. Для однообразия масштабы принимаются одинаковые для всех измеренных расходов на данном участке за данный период наблюдения.

Общие правила планиметрирования те же, что указаны в §§ 28 и 29.

б) Графический способ с общим ходом решения, указанным в § 28 п. „б"

$$Q = CB' \times OP \text{ куб. м/сек.},$$

где C′B — конечная ордината суммарной кривой O′C, измеренная в масштабе q_n, а OP — полюсное расстояние, измеренное в масштабе ширины потока.

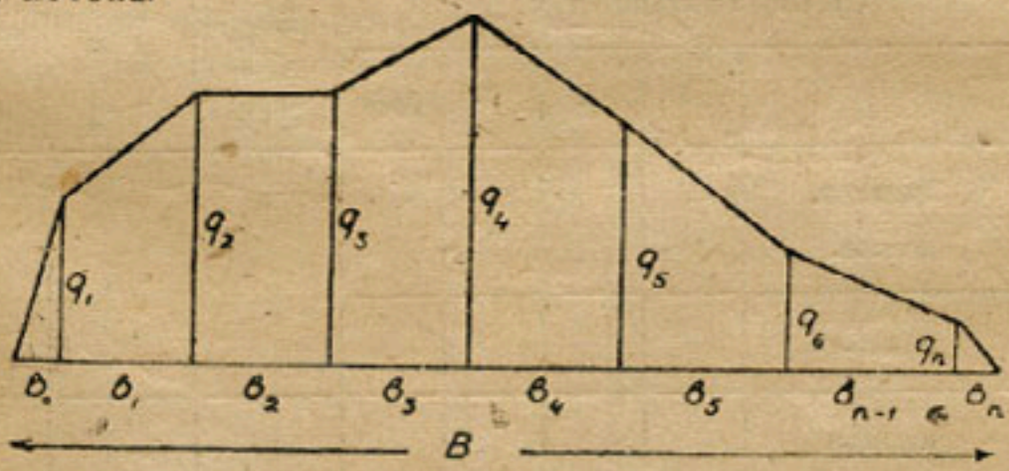


Рис. 23.

в) Аналитический способ, заключающийся в вычислении суммы площадей трапеций, заключенных между соседними ординатами (b_n) (рис. 23).

$$Q = \frac{q_1}{2} b_0 + \frac{q_1 + q_2}{2} b_1 \ldots\ldots \frac{q_{n-1} + q_n}{2} b_{n-1} + \frac{q_n}{2} b_n \ldots\ldots (19)$$

или же при равных расстояниях между вертикалями (обычно за исключением береговых b_0 и b_n)

$$Q = \frac{q_1}{2} b_0 + b\left(\frac{q_1}{2} + q_2 + q_3 \ldots\ldots q_{n-1} + \frac{q_n}{2}\right) + \frac{q_n}{2} b_n \quad \ldots\ldots (20)$$

Точность вычисления расходов

§ 31. Расходы воды вычисляются до 3 значущих цифр и во всяком случае не точнее, чем до 0,001 куб. м/сек.

1. При $Q < 1$ с точностью до 0,001 кубм/сек.
2. „ $> 1 < 10$ „ „ 0,01 „
3. „ $> 10 < 100$ „ „ 0,1 „
4. „ > 100 „ „ 1,0 „

Пример: $Q = 0{,}015$ куб. м/сек, $Q = 0{,}720$ куб. м/сек., $Q = 2{,}78$ куб. м/сек., $Q = 15{,}2$, куб.м/сек., $Q = 475$ куб. м/сек.

Для однообразия все расходы Q_n на данном участке и за данный период наблюдения вычисляются с одинаковой точностью, определяемой порядком величины большинства.

Формы таблиц вычисления

§ 32. При обработке материалов измерения скоростей и вычисления расходов применяются следующие формы таблиц и ведомостей:

а) Вычисленные скорости в каждой точке вертикали заносятся непосредственно в полевую книжку (§ 22, обр. VI). В эту же книжку записываются и средние скорости по вертикалям в случае вычисления их аналитическим способом.

б) Для графо механического способа вычисления расхода применяется следующая форма (обр. VIII).

VIII

Таблица вычисления расхода графо-механическим способом

район работ ..... река / канал ..... участок .....

Расход № ..... мес. ..... число ..... 19 ..... г.

Планиметр № ..... коэф. планиметра .....

Масштаб площади элем. расхода q_n ..... метр в см.

№№ вертикалей	Отсчеты по планиметру					площ. расхода q	глубин. вертик. h	средн. скор. вертик. $v = \frac{q}{h}$
		1	2	3	средн			
	начальн.							
	конечн.							
	разность							
	начальн.							
	конечн.							
	разность							
	и т. д.							

Вычислял ..... Проверил .....

Вычисление площади расхода и площади живого сечения

Масштаб расхода ..... масшт. площади живого сечения .....

Отсчеты по планиметру					Отсчеты по планиметру				
	1	2	3	средн.		1	2	3	средн.
Начальн.					Начальн.				
Конечн.					Конечн.				
Разность					Разность				
Коэф. планиметра		Расход Q =			Коэф. планиметра		Площ. жив. сечения F		

Вычислял ..... Проверял .....

в) Для графического способа (IX).

Таблица вычисления расхода графическим способом IX

Район работ ..... река / канал ..... участок .....

Расход № ..... мес. ..... число 19 ..... г.

Масштаб площади элем. расх. .....

№№ вертик.	Полюсное расстоян. α	Величина конечной абсцис. суммар. кривой β	Площадь элем. расхода $q = \alpha\beta$	Глубина вертик. h	Средн. скор. вертик. $v = \frac{q}{h}$

Масштаб площади расхода .....

Полюсн. расст. α	Величина конечной ординаты суммар. кривой β	Расход $Q = \alpha\beta$	Площ. жив. сеч. F	Средн. скор. жив сеч. $v = \frac{Q}{F}$

Вычислял ..... Проверял .....

Определение средних скоростей потока

§ 33. Средняя скорость живого сечения створа измерения расхода воды, а равно и живых сечений по отдельным поперечникам участка исследования, определяется по формуле

$$v = \frac{Q}{F_n} \text{ м/сек.} \quad \ldots\ldots\ldots (21)$$

Средняя скорость потока для всего участка исследования за период измерения данного расхода определяется

$$v_{уч} = \frac{Q}{F_{уч.}} \text{ м/сек} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (22)$$

где $F_{уч.}$ — средняя площадь живого сечения на участке исследования (инстр. 1, § 18, п. 4).

Средние скорости вычисляются до 3 значущих цифр и не точнее 0, 001 м/сек.

Определение расхода по водосливу

§ 34. Величина расхода воды через водослив Чиполетти определяется по формуле

$$Q = 0{,}42\, bh\sqrt{2gh} = 1{,}86\, bh^{\frac{3}{2}} \text{ куб. м/сек} \quad \ldots\ldots\ldots (23)$$

где b — длина порога, h — величина напора (среднее показание реек у водослива, §§ 23 и 26), g — ускорение силы тяжести — 9,81 м/сек.

Для получения расхода в куб. м/сек. h и b берутся в метрах.

Обычно расходы по водосливу вычисляются по специальным водосливным таблицам вычисления, составленным для разной длины порога и разной величины h (через миллиметр) с точностью до 0,001 куб. м/сек.

Средняя скорость по отдельным поперечникам участка исследования и для всего участка определяется по формулам 21 и 22.

Распределение скоростей по живому сечению

§ 35. Изображение характера распределения скоростей по живому сечению производится с помощью изотах, т. е. линий равных скоростей. Изотахи проводятся обычно через каждые 0,2 м/сек.

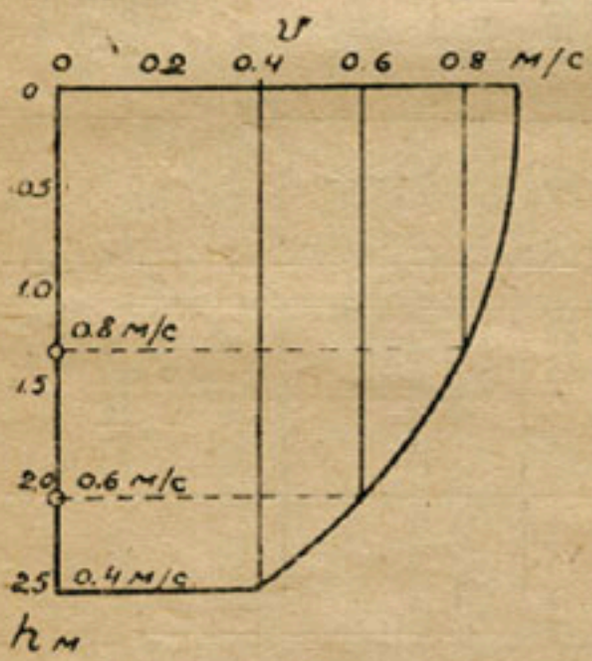


Рис. 24.

Для построения изотах пользуются следующим способом: на вычерченной площади живого сечения обозначают скоростные вертикали и на них точки, где скорости равны значениям изотах. Точки равных скоростей соединяют плавной кривой, подобно горизонталям на планах.

Для нахождения точек пересечения изотах с вертикалями пользуются эпюрами скоростей вертикалей, для чего на них в масштабе скоростей (рис. 24) проводят через каждые 0,2 м прямые, параллельные оси глубин. Точки пересечения указанных прямых с кривой распределения скоростей проектируют на ось глубин. Расстояния до этих точек, измеренные в масштабе глубины, переносят на соответствующие вертикали площади живого сечения. Вертикальный масштаб живого сечения для удобства построения изотах следует брать равным вертикальному масштабу эпюр скоростей по вертикалям.

---

[1] Форму записей вычислений см. инстр. I, § 19, обр. 11.

Для графического изображения распределения характерных скоростей, представляющих интерес для общих вопросов исследования (обычно $v_{пов.}$, $v_{ср}$ по верт. $v_{доп.}$), чертеж живого сечения с изо-

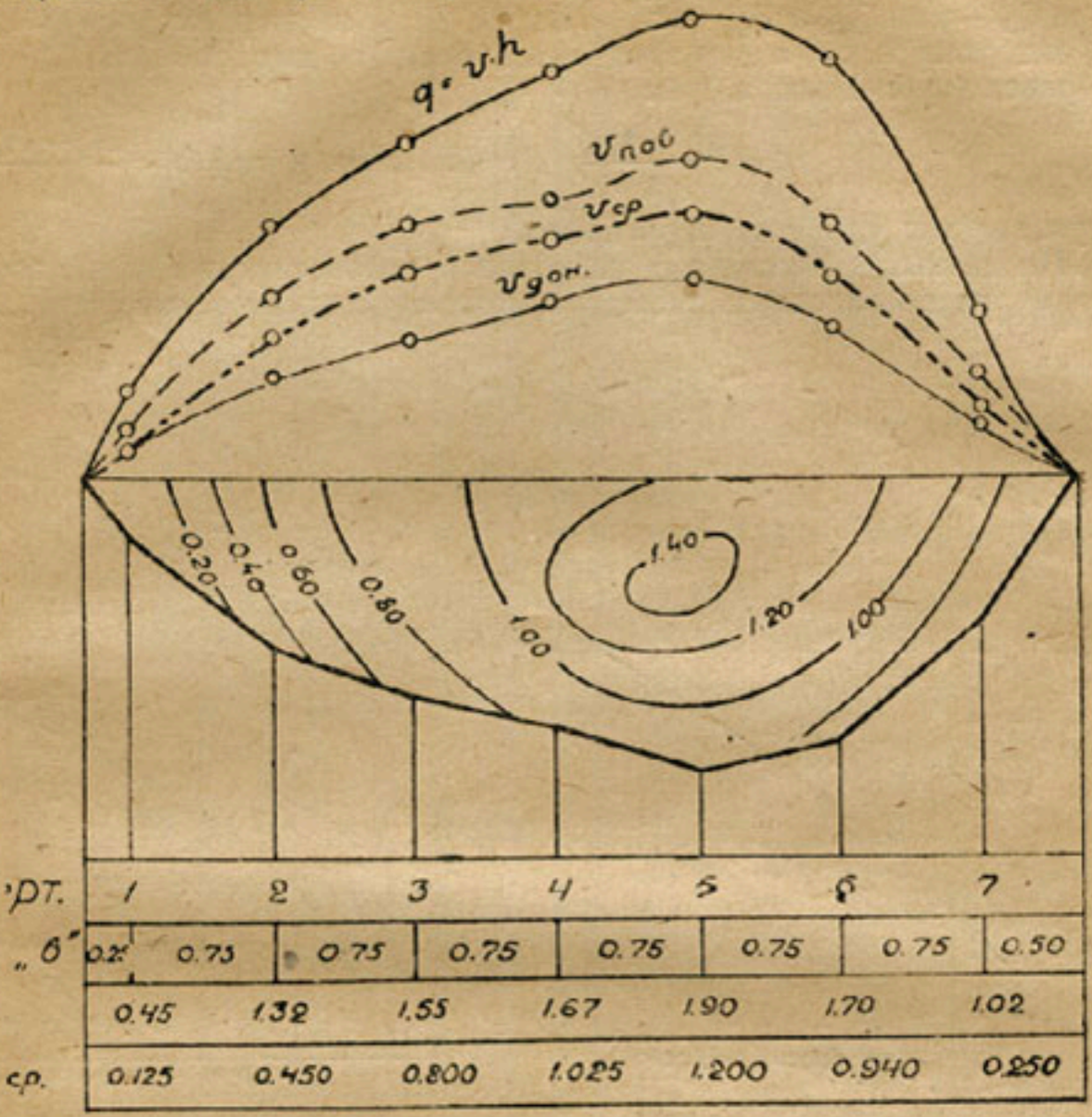


Рис. 25.

тахами дополняют эпюрами указанных скоростей. Чертеж живого сечения с изображением распределения скоростей показан на рис. 25.

Построение кривой расхода

§ 36. Для характеристики изменения расхода от других обусловливающих его величину факторов, для контроля измеренных расходов, для нахождения их значения по данным других величин без непосредственных замеров скоростей, строят так называемые кривые расхода.

В практике наиболее часто встречается необходимость в установлении зависимости между Q и горизонтами воды основного водомерного поста (как фактора, наиболее просто учитываемого), а потому настоящая инструкция и ограничивается указанием способов построения кривой и нахождения аналитического выражения зависимости только между указанными величинами.[1]

а) Графический способ. По вертикальной оси строят масштаб горизонтов, по горизонтальной — масштаб расходов. Подбор масштабов

[1] Приводимые способы могут быть применены и для нахождения зависимости между другими величинами, связанными закономерностью соотношений (например, Q от F, $v_{ср}$ от H и т. д.).

производят таким образом, чтобы построенная в дальнейшем кривая была приблизительно наклонена к координатам под углом 45°.

Для выполнения этого условия поступают следующим образом: выбирают две пары H и Q с наибольшим и наименьшим их значением (H_1 и Q_1 — мин. Q_2 и H_2 — макс.) Затем, если на чертеже ось расходов содержит A см, а ось горизонтов B см, то масштаб для Q будет равен (куб. м/сек. в 1 см.)

$$a = \frac{Q^1 - Q_1}{A}, \quad \text{для H (метр. в см.)} \quad b = \frac{H_2 - H_1}{B}$$

(результат для удобства округляется).

По данным вычисленных расходов и соответствующих им горизонтов[1], на построенную систему координат наносят точки (черт. 26).

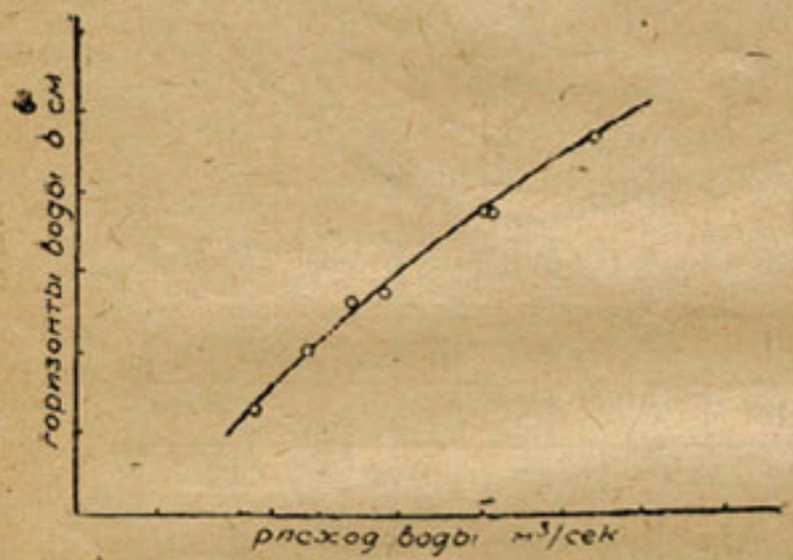


Рис. 26.

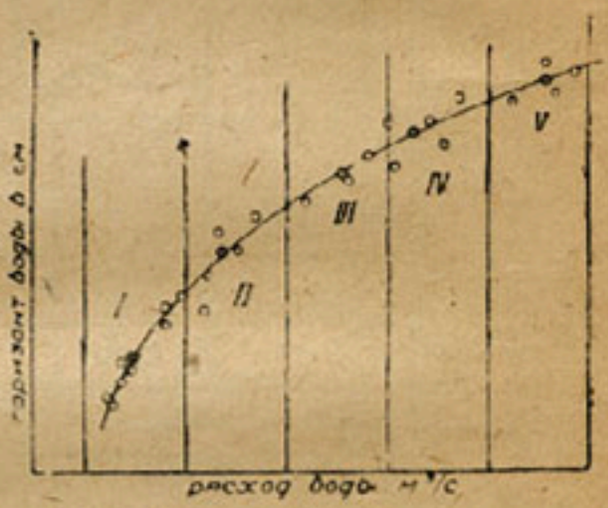


Рис. 27.

Если число точек незначительно и проведение на-глаз по ним кривой не встречает затруднений (рис. 26), то последняя первоначально проводится от руки, а затем по лекалу. Если точек много и они, кроме того, лежат полосой (рис. 27), то кривую проводят по центрам тяжести отдельных групп точек; для этой цели горизонтальную ось делят на равные участки (на 5 — 6 уч.); по координатам отдельных точек на участке находят средние координаты для каждой группы.

$$H_{ср} = \frac{\Sigma H}{n} \quad \text{и} \quad Q_{ср} = \frac{\Sigma Q}{n}$$

и по последним временно наносят на чертеж точки, по которым и проводят кривую сперва от руки, а затем с помощью лекала.

б) Аналитический способ. Для нахождения аналитической зависимости между Q и H находят уравнение, связывающее эти две величины, предполагая, что кривая расхода близка в общем к параболе 2-й степени общего вида

$$Q = \alpha + \beta H + \gamma H^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (24)$$

[1] Горизонты воды предпочтительно приводить к условному нулю (см. инструкцию II, § 13).

Указанное уравнение находят по способу наименьших квадратов (когда $\Sigma (Q_i - Q)^2$ равно наименьшему возможному значению, где Q_i — измеренные расходы, а Q — расходы, взятые по кривой). Составление уравнения (24) заключается в определении неизвестных α, β и γ, вычисляемых решением системы трех уравнений:

$$\left.\begin{array}{l} 1.\ n\alpha + \beta\Sigma H + \gamma\Sigma H^2 = \Sigma Q \\ 2.\ \alpha\Sigma H + \beta\Sigma H^2 + \gamma\Sigma H^3 = \Sigma QH \\ 3.\ \alpha\Sigma H^2 + \beta\Sigma H^3 + \gamma\Sigma H^4 + \Sigma QH^2 \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (24)$$

где n — число измеренных расходов.

ΣH — сумма всех горизонтов воды, к которым отнесены измеренные расходы,

ΣH^2, ΣH^3 и ΣH^4 — сумма квадратов, кубов и четвертых степеней тех же горизонтов,

ΣQ — сумма измеренных расходов воды,

ΣQH — сумма произведений расходов на соответствующие им горизонты,

ΣQH^2 — то же на квадраты горизонтов.

Горизонты воды H следует привести к какому-либо условному горизонту, уменьшающему их величину.

Для вычисления всех одночленов, входящих в систему уравнений, составляется следующая примерная таблица (обр. X).

Таблица для вычисления уравнения кривой q f (H)

Участок ..... $\frac{\text{канал}}{\text{река}}$ ..... год .....

Горизонты взяты по посту X

№ № расх.	Дата измерения	Гориз. к которому отнесен расход H в метр	H^2	H^3	H^4	Измеренный расход воды q куб. м/сек	$Q_i H$	$Q_i H^2$	Расход по кривой Q	$Q_i - Q = \Delta Q$	ΔQ^2
n		ΣH	ΣH^2	ΣH^3	ΣH^4	ΣQ_i	ΣQH	ΣQH^2	ΣQ		ΣQ^2

Значения отдельных расходов и горизонтов и суммы входящих в уравнение элементов берутся со следующей точностью:

H и ΣH — с точностью до 0,01 м.
H^2 и ΣH^2 — с точностью до 0,0001 м.
H^3 и ΣH^3 — с точностью до 0,000001 м.
H^4 и ΣH^4 — с точностью до 0,00000001 м.
Q_i и ΣQ_i — с точностью до 3 значущих цифр (§ 31) при $Q < 1$ куб. м/сек.

Q_i — до 0,001 куб. м/сек., ΣQ_i до 0,001 куб. м/сек, $Q_i H$ и $\Sigma Q_i H$ до 0,00001; $Q_i H^2$ и $\Sigma Q_i H^2$ до 0,0000001

$10 > Q_i > 1$ куб. м/сек., Q_i и ΣQ_i до 0,01; $Q_i H$ и $\Sigma Q_i H$ до 0,0001; QH^2 и $\Sigma Q H^2$ до 0,000001.

$100 > Q_i > 10$ куб. м/сек., Q_i и ΣQ_i до 0,1; $Q_i H$ и $\Sigma Q_i H$ до 0,001, $Q_i H^2$ и $\Sigma Q_i H^2$ до 0,00001.

При $Q > 100$: Q_i и ΣQ_i до 1; $Q_i H$ и $\Sigma Q_i H$ до 0,01; $Q_i H^2$ и $\Sigma Q_i H^2$ до 0,0001.

Для характеристики степени, определенной уравнением, закономерности, которой следует фактически измеренные расходы, дополнительно вычисляют среднюю квадратичную ошибку в процентах, возможную при определении расходов по уравнению

$$\sigma_Q\% = \frac{\pm\sqrt{\frac{\Sigma(\Delta Q)^2}{n}}}{Q_{ср.}} \times 100 \quad \ldots\ldots \quad (25)$$

где ΔQ — разность между измеренными и вычисленными расходами при одном и том же H;

n — число отдельных наблюдений;

$Q_{ср.}$ — средний расход воды, вычисленный по уравнению $= \frac{\Sigma Q}{n}$.

Для графического изображения зависимости по вычисленному уравнению строят кривую расхода, определяя координаты Q по произвольным округленным значениям H (рис. 28).

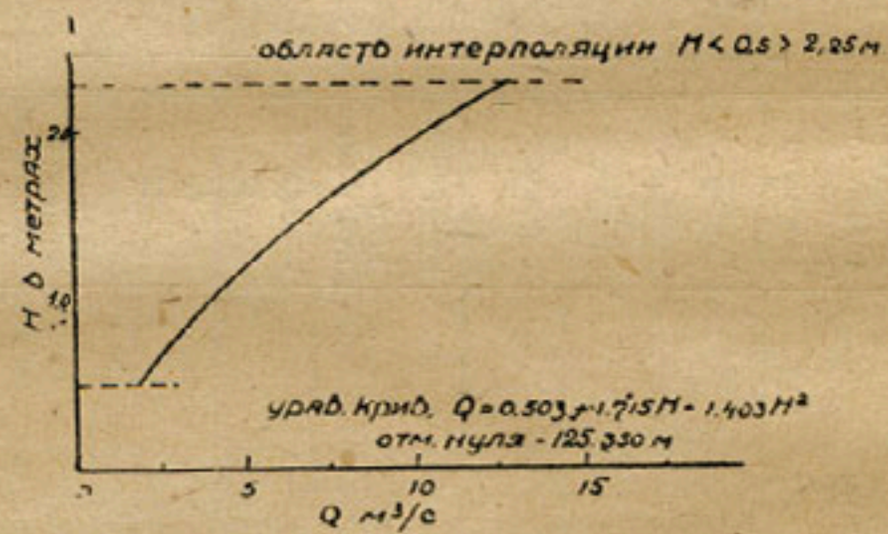


Рис. 28.

На чертеже кривой необходимо отметить предел фактически произведенных наблюдений (область интерполяции), отметку нуля графика, уравнение кривой и среднюю квадратичную ошибку.

В виду некоторой сложности определения зависимости уравнением параболы 2-й степени, в тех случаях, когда нулевому значению H может и должно соответствовать нулевое значение Q (когда счет горизонтов идет от устойчивого правильного дна канала, например, бетонированного с правильным уклоном), кривую расходов проще выражать показательным уравнением вида $Q = \alpha H^m$.

Способ определения подобного вида уравнения указан во 2-й части инструкции II, § 18.

Средние секундные расходы за период

37. Средние секундные суточные расходы определяется по кривой расхода по среднему суточному горизонту, вычисленному по инструкции II, § 14.

Средний расход за период вычисляется как частное от деления суммы средних суточных расходов на число суток в периоде

$$Q_{пер} = \frac{\Sigma Q_{сут}}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (26)$$

За периоды обычно принимаются пятидневки, декады, месяцы, период исследования, год, вегетационный и невегетационный периоды и т. д.

Вычисление стока

§ 38. Суточный расход воды (суточный сток) равен среднему секундному за сутки, помноженному на число секунд в сутки

$$Q'_{сут} = Q_{ср.} \times 86.400 \text{ куб. м/сек.}$$

Сток за некоторый период равен сумме суточных расходов воды: $Q'_{пер} = \Sigma Q'_{сут}$ или среднему секундному расходу за период, помноженному на число секунд в периоде $Q'_{пер} = Q_{ср.} \times 86.400\, n$, где n — число суток.

Примечание. Во избежание громоздкости цифр сток за период выражается иногда в кубических километрах.

График колебания расходов и графики стока

§ 39. График колебания расходов воды за тот или иной период составляется по средним суточным секундным расходам или по средним секундным за периоды более суток, обычно по пяти- и десятидневкам. Образец такого графика показан на рис. 29.

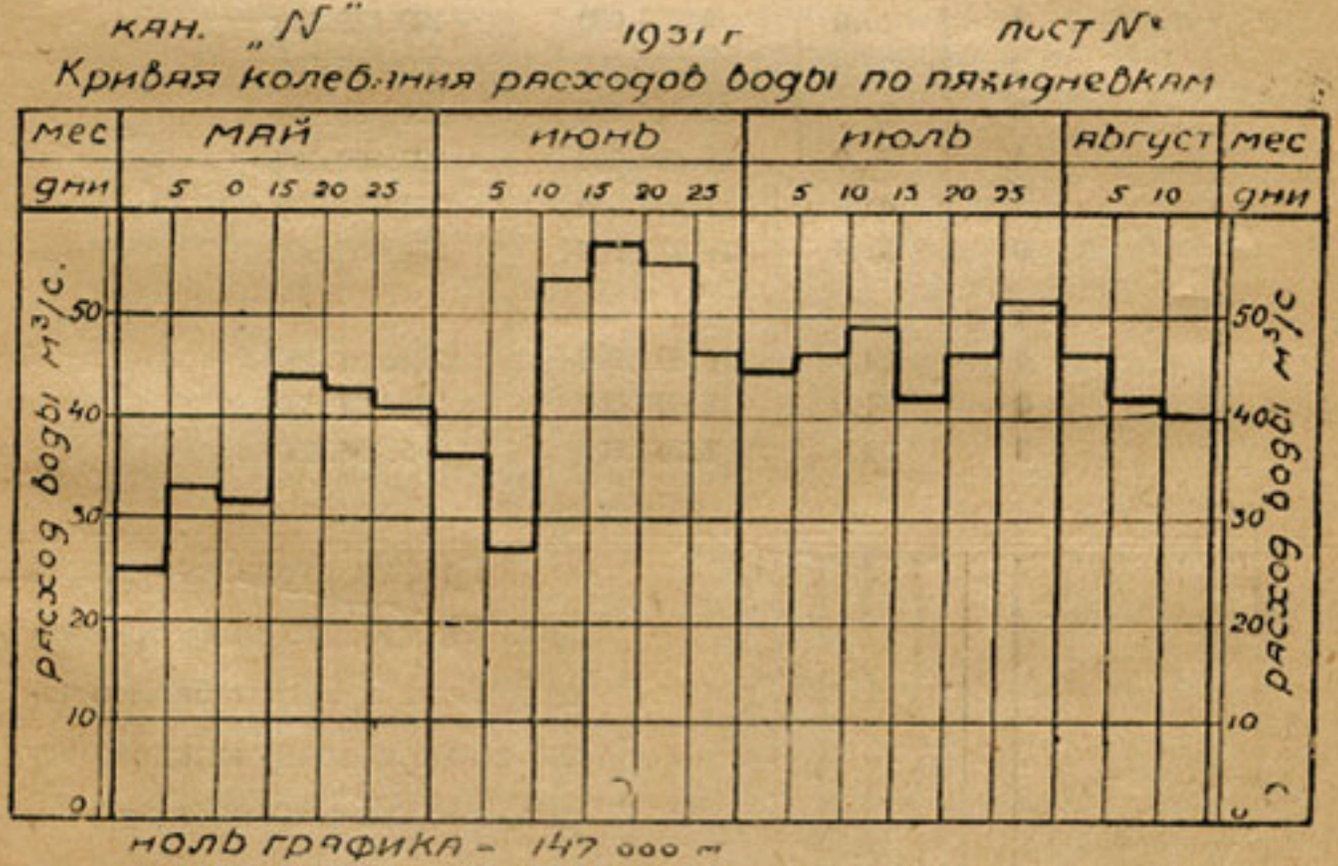


Рис. 29.

Графики стока изображаются суммарной кривой стока, последняя ордината которой дает общий сток за весь период. Для составления подобного графика первоначально составляют таблицу суточных (или за более продолжительный срок) расходов воды и стока с начала периода (обр. XI).

Пятидневка	Ср. сек. расх. за 5 дней	Расход за 5 дней $Q_{ср.} \times 86.400$ п куб. м/сек.	Сток куб. м/сек.
Май			
1	25,0	10.800.000	10.800.000
2	23,4	10 108 800	20.908.800
3	31,5	13.607.000	34.515.800
4	33,0	14.156.000	48.671.800
5	35,0	15.120.000	63 791.800
6	32,5	16 848.000	80 639.800
Июнь			
1	30,0	12 960.000	93.599 800
2	43,6	18 835 200	112.435.000
3	48,0	20.736.000	133.171.000
4	41,5	18.052 500	151 223.500
5	32,5	16 848.000	168.071.500
6	31,3	13 607.000	181.678.500
Июль			
1	19,0	8.208.000	189.886 500
2	25,0	10.800.000	200.686.500
3	27,3	11.793 600	212.480.100
4	35,0	15.120 000	227.600.100
5	33,0	14 156 000	241 756.100
6	31,4	16 277 760	258.033.860
Август			
1	32,5	16.848.000	274.881.860
2	31,5	13.607.000	283.488.860
3	28,0	7.307.600	295.796.460
		и т. д.	

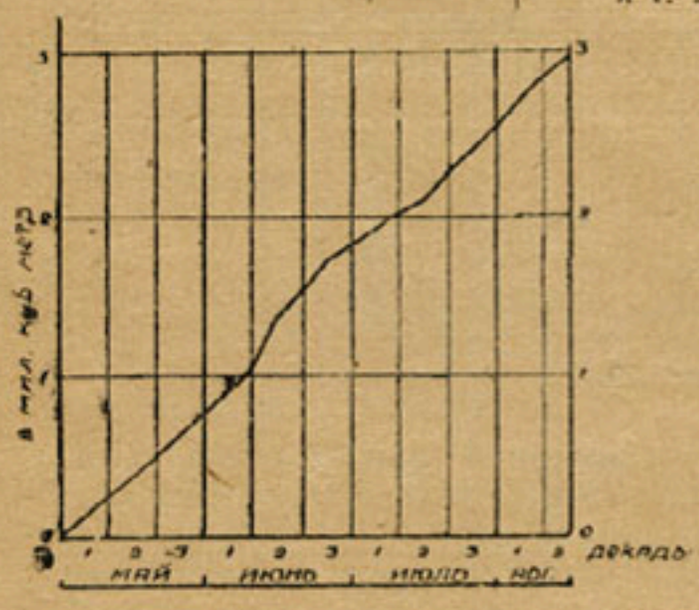


Рис. 30.

График стока показан на рис. 30, где по оси ординат отложены в масштабе величины стока к концу каждого периода с начала наблюдения, а по оси абсцисс — время.

V. Учет наносов

§ 1. Определение количества и качества взвешенных наносов, проносимых водным потоком, производится при всех гидравлических исследованиях, связанных с изучением вопросов заиления или размывания русла, при специальном изучении режима наносов, их количественного стока и, наконец, часто для выявления возможного влияния наносов на те или иные изучаемые гидравлические величины.

В некоторых случаях полевые работы по учету наносов заключаются в определении расходов их, в других — только в определении относительного их содержания в потоке.

Объем работ по учету наносов, сроки наблюдения и порядок производства работ устанавливаются соответствующими инструкциями 2-й части.

§ 2. Количественный учет взвешенных наносов возможен, если известны следующие данные: величина протекающего за некоторый период объема воды (расхода) и среднее за то же время количество наносов в единице объема воды.

Следовательно, при изучении вопросов, требующих определения количества проносимых наносов (расхода наносов), кроме работ для получения данных о них (взятие проб), необходимо и определение скоростей течения в объеме, достаточном для вычисления расхода воды.

Для определения количества наносов в пробах и установления качественной характеристики (обычно размера частиц, иногда петрографического и химического состава, удельного веса), необходимо производство лабораторных анализов.

Методы взятия проб

§ 3. Основным методом определения расхода наносов считается метод взятия проб во всех точках измерения скоростей при определении расхода воды. Этот метод, удовлетворяя требованию возможной наибольшей точности определения расхода наносов в полевых условиях, дает одновременно достаточно полный материал по определению картины распределения наносов по всему живому сечению. При этом методе пробы наносов берутся во всех шести точках каждой вертикали, где измеряются скорости течения, а именно — у поверхности, на 0,2, 0,4, 0,6 и 0,8 глубины от поверхности и у дна (см. инструкцию IV, § 17).

В некоторых случаях — при правильных руслах и правильном течении потока, в целях экономии средств,[1] допускается некоторое сокращение числа точек взятия проб наносов: пробы наносов берутся через вертикаль, однако, с таким расчетом, чтобы их было не ме-

[1] Наиболее дорогую часть представляют работы по производству механических анализов

нее 7, с распределением их по ширине потока, следующим образом: 1 вертикаль по стрежню потока, 2 вертикали у урезов берегов (хотя бы по одной пробе на каждой) и по 2 вертикали с каждой стороны между стрежнем и урезами.

Следующее уменьшение числа проб идет за счет сокращения числа точек на вертикали — допускается не брать проб на 0,4 глубины от поверхности.

При рекогносцировочных исследованиях, в результате которых ожидается получение материала ориентировочного характера, количество вертикалей допускается сокращать до 5, сохраняя в этом числе вертикали — урезные, стрежневые и по одной с каждой стороны между стрежнем и берегами.

§ 4. Другим методом определения расхода наносов является метод суммарных проб, применяемый в следующих случаях:

1. Когда задания предусматривают только количественный учет наносов, оставляя в стороне вопрос распределения наносов по живому сечению.

2. При более или менее правильных участках исследования, когда существует уверенность в достаточно равномерном распределении наносов по живому сечению (достаточные скорости, равномерное их распределение, отсутствие случайных замутнений, отсутствие заводей и пр.).

Метод суммарных проб заключается во взятии проб в отдельных, равномерно распределенных по глубине точках по вертикалям и в соединении указанных отдельных проб в общую суммарную пробу по каждой вертикали.

Скорости определяются в точках на вертикалях по правилам, установленным для измерения расхода воды, и теми методами, которые дают возможность с достаточной точностью установить средние скорости по вертикалям.

Число точек взятия проб на каждой вертикали зависит от требуемой точности определения расхода наносов и, вообще говоря, может быть увеличено даже против установок основного, шести-точечного метода. Точки необходимо распределять по глубине равномерно:

1. Через 0,1 глубины — у поверхности, на 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9 глубины и у дна.

2. Через 0,2 глубины — аналогично шеститочечному методу.

3. Через 0,25 глубины — у поверхности, на 0,25; 0,5; 0,75 глубины и у дна.

Пробы меньше чем на 5 точках при суммарном методе брать не рекомендуется.

§ 5. На мелкой и мельчайшей ирригационной сети, когда незначительные размеры живого сечения затрудняют вообще взятие проб на равномерно распределенных точках, пробы наносов берутся следующим образом[1]:

1. Все пробы по живому сечению соединяются в одну общую пробу.

2. При ширине потока $<0{,}75$ м пробы можно брать в одной точке живого сечения по оси потока, примерно, на 0,6 глубины. Число отдельных проб не менее 4—5.

3. При ширине потока от 0,75 до 1 м — в 3 точках по ширине: по оси и на равном расстоянии в каждую сторону от оси, на середине между осью и берегом. Число проб в каждой точке 2, всего 6 проб, глубина взятия, примерно, 0,6 глубины вертикали.

---

[1] Во всех тех случаях, когда скорости потока определяются определением расхода воды водосливом (инструкция IV, § 23).

4. При ширине потока более 1 м, но при малых глубинах, число вертикалей увеличивают до пяти, распределяя их аналогично указанному в § 3. Число проб на каждой вертикали 2—3.

Ежедневные пробы

§ 6. Для характеристики изменения расходов наносов в период между отдельными измерениями, с целью вычисления в дальнейшем общего стока наносов, применяется способ ежедневных проб в постоянной точке живого сечения. Местоположение этих точек устанавливается на основании данных измерения расходов и распределения наносов по всему живому сечению. Точки взятия ежедневных проб назначаются таким образом, чтобы содержание наносов в них было бы близким к среднему содержанию наносов по всему живому сечению.

При неизученности режима наносов на участке исследования, точки ежедневных проб выбираются, примерно, на $^1/_5$ ширины потока при осевом положении стрежня и на 0,6 глубины от поверхности. При трудности организации взятия проб в указанном месте, постоянная точка может быть выбрана у берега, где достаточна скорость течения и не наблюдается случайного замутнения или осветления воды.

При каждом измерении расхода наносов по всему живому сечению дополнительно к пробам на вертикалях (§ 3 и § 4), обязательно берется отдельная проба в постоянной точке.

Ежедневные пробы берутся или при каждом наблюдении горизонта воды (периодический суточный учет горизонтов по § 4 инструкции II), или один раз в сутки в сроки, приуроченные, примерно, к моментам, когда горизонт воды близок к среднему суточному горизонту.

При многократном взятии в течение суток проб, они могут соединяться в одну суммарную суточную пробу.

§ 7. Для характеристики возможного влияния количества и качества проносимых потоком наносов на изучаемые гидравлические величины (например, на коэфициент шероховатости, на потери на фильтрацию) обычно расход наносов по всему живому сечению не определяется; работу ограничивают взятием проб во время наблюдения по одной характерной вертикали или даже в одной постоянной точке живого сечения, согласно указаниям предыдущего параграфа. По вертикали пробы берутся тогда, когда для исследования интересно распределение отдельных фракций наносов по глубине. Пробы берутся обыкновенно на стрежневой вертикали, число точек на ней зависит от степени желаемой детализации распределения наносов и не должно быть менее 3 — у поверхности, на 0,6 глубины и у дна.

Приборы для взятия проб

§ 8. Пробы наносов берутся с помощью батометров, из которых в настоящее время наиболее употребительными являются мгновенного наполнения — батометр Жуковского, и постепенного — батометр Глушкова. Для опускания батометров и удержания их на необходимой глубине служат специальные батометрные штанги или грузы, приспособленные для установки прибора.

Створы

§ 9. Створ для взятия проб наносов является одновременно, как указывалось в предыдущих параграфах, и створом для измерения скоростей течения, а потому все требования, предъявляемые створам

инструкцией IV (§§ 4—8), сохраняют силу и при назначении их для учета наносов. Особое внимание следует обратить на то, чтобы вблизи створа не было бы случайных замутнений потока, происходящих от обвалов, подмывов, или осветлений благодаря резкому уменьшению скоростей вблизи створа. Ни в коем случае не допускается наличие водоворотов, взмывов, обратных течений и прочих явлений, искажающих нормальный расход наносов.

Правила взятия проб

§ 10. Общие правила взятия проб устанавливаются следующие:

1. Количество воды в отдельных пробах, взятых батометром, не должно быть менее 500 куб. см, почему, при пользовании батометрами постепенного наполнения, время выдержки прибора в точках живого сечения изменяется в зависимости от скоростей течения.

2. Взятое количество воды должно полностью поместиться в бутылку, куда сливается проба.[1] Не допускается ни в коем случае отливать излишек воды, а также дополнять бутылку вторичными пробами.

3. При методе взятия проб в отдельных точках, пробы берутся в каждой точке тотчас же по измерении в ней скорости течения. При методе суммарных проб по вертикалям, пробы берутся после измерения скоростей по всей вертикали.

4. При взятии проб батометром со штанги особенно тщательно следует наблюдать за перпендикулярностью положения оси батометра к створу, применяя для этой цели визиры.

5. По извлечении батометра с пробой, последняя тотчас сливается в бутылку, заранее чисто вымытую. Слизать пробу следует с помощью воронки большого размера, следя за тем, чтобы на стенках не оставались частицы наносов, в противном случае последние смываются в бутылку чистой отстоянной водой, количество которой должно тотчас фиксироваться в записях.

6. Бутылки с пробами немедленно закупориваются корковой пробкой, плотно входящей в отверстие. Бутылка снабжается ярлыком, где отмечается простым (не чернильным) карандашем место взятия проб, время и № пробы (образец XII), № бутылки (№ пробы), кроме того, записывается в соответствующую графу книжки для измерения скоростей (образец VI) и помечается на пробке сверху.

XI.

(Наименование учреждения)

Отряд .....

река / канал ..... участок .....

193 г. ..... мес. ..... чис.

Расход воды № .....

Вертикаль № ..... глубина взятия пробы

№ бут. .....

проб. брал .....

Проверял техник

§ 11. Партия бутылок (проб) по возможности в самом непродолжительном времени высылается в лабораторию для производства необходимых анализов. Каждая партия должна сопровождаться (отдельно почтой) описями проб, составляемыми по следующей примерной форме (образец XIII).

В примечании обязательно указывается объем необходимого анализа — на сколько фракций и номера тех проб, которые необходимо для анализа соединить в общую суммарную пробу. Графа „объем во-

[1] Если проба не помещается в одну бутылку, остатки следует помещать в другую, не смешивая их с последующими пробами.

ды в пробе" заполняется или в самой лаборатории, когда пробы присланы в бутылках, или на месте работ, когда фильтрование проб произведено самим отрядом (см. следующий § 12).

XIII

О П И С Ь

пробам взвешенных наносов взятых на $\frac{\text{реке}}{\text{канале}}$ .....

участка ..... 19 г. при расходе воды № .....

пробы брались барометром .....

№№ проб	Объем воды в пробе	№№ вертикалей	Глубина вертикалей	Глубина взятия проб	Примечание

Для проб, взятых в постоянной точке живого сечения по ежедневным наблюдениям опись составляется по форме образца XIV.

XIV

Число	№№ проб	Объем воды в пробе	Примечание
			(Указывается место взятия проб)

Примечание. Следует избегать пересылку проб в бутылках во время морозов во избежание замерзания воды.

Фильтрование проб

§ 12. При возможности организовать на месте фильтрование проб, необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Фильтры для фильтрования проб получают в лаборатории, которой впоследствии будет передаваться производство анализов. В лаборатории фильтры взвешиваются, нумеруются и упаковываются с указанием веса.

Примечание. Взвешивание фильтров производится на тех весах, на которых потом они будут взвешиваться с осадком.

2. Бутылки по взятии проб и по доставке их на постоянное место хорошо взбалтываются, чтобы смыть осадки с пробки и горлышка, и оставляются на 7—10—15 дней на отстой.

3. По истечении указанного срока на бутылке осторожно, не взмучивая осадка, отмечается уровень воды, отметкой восковым карандашем или наклейкой узкой полоски бумаги.

4. Бутылки с пробами осторожно откупориваются (лучше шилом).

5. Заряженным сифоном из бутылки сливают главную массу воды до уровня на 2—3 см выше осадка (слитую чистую воду собирают, так как она будет нужна для смывания осадков со стен бутылок).

Примечание. В тех случаях, когда не имеется возможности ждать пока отстоится вода (п. 2), или вода при открытии случайно замутится, необходимо фильтровать всю воду.

6. В чисто вымытые бутылки вставляется воронка с фильтрами. Фильтр должен плотно прилегать к стенкам, для чего его смачивают чистой водой.

7. Взбалтывая бутылку с остатками воды, воду осторожно в несколько приемов сливают на фильтр по стеклянной палочке, не наполняя фильтр до краев. Наружные края горлышка бутылки следует слегка смазывать вазелином, во избежание затекания воды.

8. После того, как вся вода с мутью будет перенесена на фильтр, остатки со стенок бутылки смывают тонкой струей, пользуясь для этого совершенно чистой водой, и переводят эти остатки на фильтр.

Примечание. Если частицы осадка водой не смываются, то их необходимо оттирать при помощи ерша (маленькой щетки). Ерш обмывается так же, как обмываются стенки и дно бутылки.

9. Как только будет отмыт весь осадок, фильтр накрывают бумагой и оставляют для просушки. Слегка влажный фильтр складывается и заворачивается в пергаментную бумагу. На фильтрах делается простым карандашем надпись (№ пробы). В случае прорыва фильтра, фильтрование заканчивают на новом фильтре, добавляя к нему прорвавшийся с указанием сего в примечании. Когда при фильтровании попадается солома, куски дерева и прочие случайные примеси, их осторожно удаляют, обмыв предварительно над фильтром чистой водой.

10. После фильтрования производится определение объема воды в пробах, для чего в бутылки, в которых была проба, наливается вода до поставленной метки (п. 3) и затем объем налитой воды определяется мерным цилиндром с точностью до 5 куб. см. Объем воды записывается в соответствующую графу описи пробам (образцы XIII и XIV).

Примечания к § 12: 1. При суммарном методе взятия проб пробы, взятые в отдельных точках на вертикали, фильтруются на один фильтр. Объем воды записывается суммарный.

2. Фильтрование необходимо производить в прохладном, затененном и чистом помещении.

Обработка материалов

§ 13. В конечном результате перед обработкой материалов исследования взвешенных наносов в зависимости от задания, объема работ и методов учета, может быть поставлено решение следующих вопросов.

1. Определение расхода наносов по общему их количеству и по отдельным фракциям.

2. Определение относительного содержания наносов в отдельных точках живого сечения и среднего по всему сечению.

3. Выяснение картины распределения наносов по живому сечению.

4. Определение расхода наносов за тот или иной период времени.

5. Определение режима наносов (колебания расходов и относительного содержания их) за период.

Данными для обработки и вычисления отдельных моментов служат результаты лабораторных анализов проб наносов и данные определения в поле скоростей течения и других необходимых элементов живого сечения.

Анализы проб

§ 14. Механический анализ проб заключается в определении содержания в каждой отдельной пробе общего и по отдельным фракциям количества наносов по весу (в граммах) и относительного их содержания в единице объема воды.

Количество и размер отдельных фракций устанавливается задачами исследования и характером производящихся полевых работ. В инструкции 2-й части даются на этот счет соответствующие указания.

При гидравлических исследованиях взвешенных наносов обычно наносы разделяются на три или на четыре фракции.

На три фракции — первая размером частиц больше 0,25 мм, вторая — от 0,25 до 0,05 мм, третья — меньше 0.05 мм.

На четыре фракции — первая больше 0,25 мм, вторая — от 0,25 до 0,05 мм, третья — от 0,05, до 0,01 мм, и четвертая — меньше 0 01 мм.

Лаборатории на основании анализа проб, препроводительных описей, в конечном результате представляют данные по следующей форме (образец XV). XV

№№ проб	№ вертикали	Глубина вертикали	Глубина взятия пр б	Объем пробы в литрах	Общее количест наносов в пробе в грам	Относительное содержание наносов в грам на литр = кг на куб. м					Примечание
						Общее количество	По фракциям				
							I > 0,25	II 0,25 - 0,05	III 0,05 - 0,01	IV < 0,01	
1	1	1,40	0,05	0,735	5,127	6,975	0 612	1,650	2,925	1,788	
2	—	—	0,28	0,820	6,140	7,488	0,63	1,477	2 687	2,699	
			и	т. д							

(С примерным заполнением)

Относительное содержание наносов как общего количества, так и по фракциям, получается делением веса наносов в граммах на объем воды в пробе в литрах. Полученное таким образом значение соответствует содержанию наносов в килограммах на кубический метр $\left(\frac{кг}{м^3}\right)$

Кроме определения в лаборатории веса наносов, в случае, если задачи исследования предусматривают необходимость учета наносов не только весовым, но и объемным способом, определяется (по выборочным пробам) также и объем наносов (см. ниже § 20). Определение объема достаточно производить по 2—3 взятым на различной глубине пробам, из общего числа, собранных при измерении расхода.

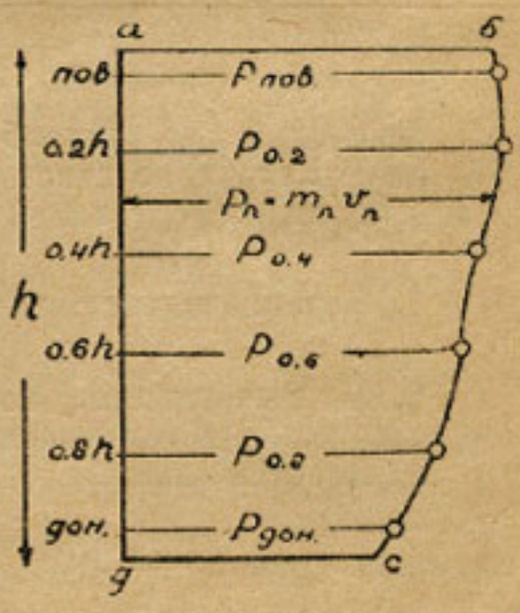


Рис. 31.

Вычисление расхода

§ 15. Способы вычисления секундного расхода наносов зависят от методов взятия проб и измерения скоростей.

1. При шеститочечном методе взятия проб, ход решения задачи вычислений следующий:

По скоростям течения в точках взятия проб и по соответствующим данным относительного содержания наносов, строются эпюры расходов наносов по вертикалям (черт. 31). На вертикальной оси откладывают глубину вертикали (h) и глубину отдельных точек наблюдения (пов, 0,2h, 0,4h и т. д.). Из каждой точки нормально к линии глубины откладывают величину $p_n = m_n v_n$, где m_n — относительное содержание наносов в точке вертикали, а v_n — соответствующая скорость течения. Площадь а б с д выражает собой расход наносов по вертикали (q_n) и определяется:

а) графо-механическим способом—планиметрированием или

б) графическим—построением суммарной кривой. При выборе масштабов, планиметрировании и при построении суммарной кривой необходимо руководствоваться указаниями § 28, 29, инстр. IV.

Подобные эпюры строятся и площади вычисляются по данным содержания общего количества наносов и по отдельным фракциям.

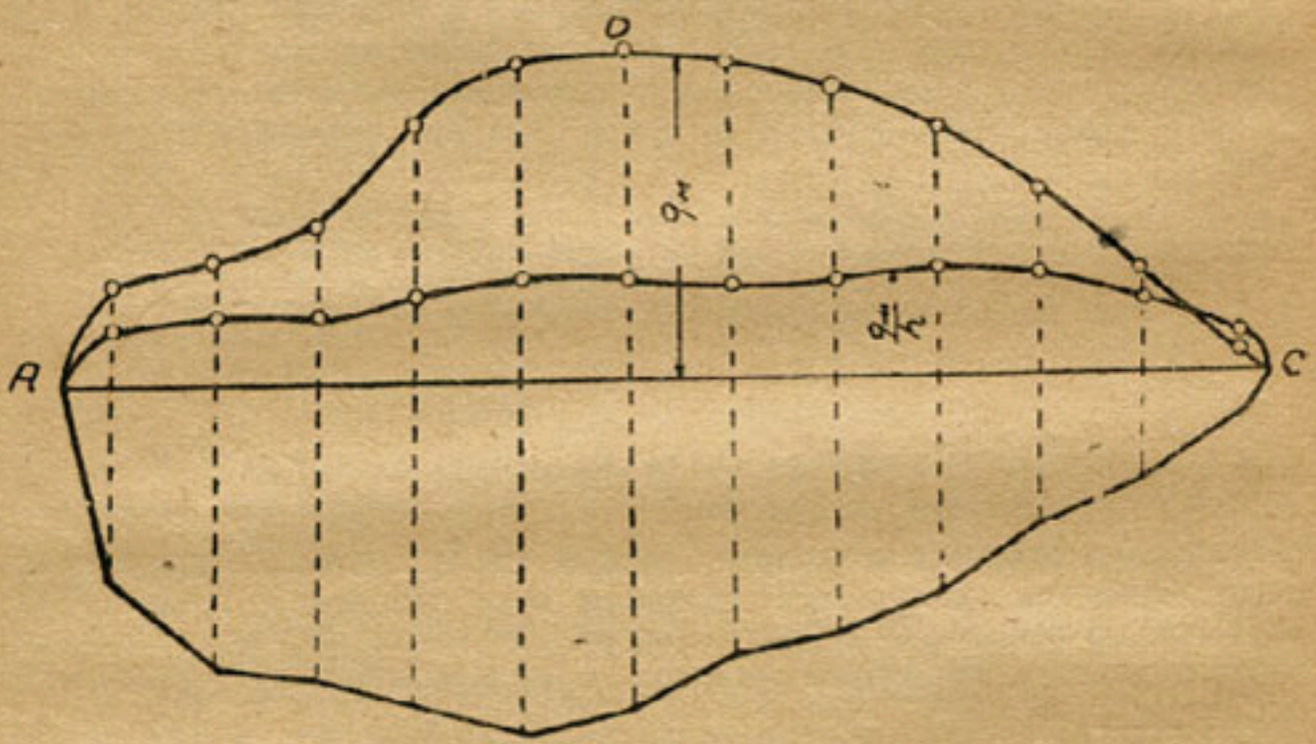


Рис. 32.

Вычислив для данного створа все $q_м$, приступают к построению площади расхода по створу, для чего по ширине потока против соответствующих вертикалей откладывают (рис. 32):

1. Первоначально значения $\frac{q_м}{h}$;

2. $q_м$, вычисленные непосредственно по площадям расходов и вычисленные для тех вертикалей, где имеются измеренные глубины, но не имеется данных о наносах, как произведение глубины на ординату кривой $\frac{q_n}{h}$

Площадь, образуемая кривой, построенной по ординатам $q_м$, и линией ширины, выражает собой расход наносов (по общему количеству или по фракциям) через живое сечение потока — $Q_м$ кг/сек.

Примечание. 1. Расход наносов фракции, содержание которой в данном расходе наибольшее, может определяться и из выражения:

$$Q'_м = Q_м - (Q''_м + Q'''_м \ldots Q^n_м) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (27)$$

2. Значения $Q_м$ вычисляются (графическими или графо-механическими) способами, принятыми для вычисления $q_м$. Для соблюдения необходимой точности вычисления (подбор масштабов, прием планиметрирования следует руководствоваться указаниями инструкции IV в части вычисления расходов воды (§ 30).

2. При суммарном методе взятия проб (§ 4) необходимые значения $q_м$ для построения площади расхода по створу определяются как произведения:

$$q_м = m_0 q_п \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

где m_0 — относительное содержание наносов суммарной пробы;

$q_п$ — площадь элементарного расхода воды через вертикаль, вычисляемая по § 28 инструкции IV.

В остальном ход решения не отличается от указаного в п. 1 сего параграфа.

Примечание. Этот же способ определения применяется при общем шеститочечном методе для отдельных вертикалей, на которых, за незначительностью глубины, пробы брались только в одной точке.

$$q_м = m_п v_{ср} h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (29)$$

3. На мелкой и мельчайшей оросительной сети (§ 5) расход наносов определяется как произведение расхода воды (обычно вычисленного по водосливу) на среднее относительное содержание наносов по створу взятия проб

$$Q_м = M_0 Q \text{ кг/сек.} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

где M_0 = относительному содержанию наносов в суммарной пробе.

Точность вычисления расходов

§ 16. Данные механических анализов обычно представляются с точностью вычисления общего веса наносов до 0,001 гр. Относительное содержание наносов в пробе также вычисляется с точностью до 0,001 грамма (1.125 кг/куб. м; 0.951 кг/куб. м; 5,025 кг/куб. м)

Расход наносов в точке наблюдения ($p_п = m_п v_п$), элементарный р сход через вертикаль ($q_м$) и общий расход по живому сечению ($Q_м$) вычисляются с точностью до 3 значущих цифр.

Для однообразия вычисления все $p_п$ и $q_м$ для каждого расхода каждой фракции и все $Q_м$ для всех расходов, измеренных на участке в данный период времени, вычисляются с одинаковой точностью, согласуя таковую с порядком величины средних значений $p_п$, $q_м$ и $Q_м$.

Формы записей при вычислении расходов наносов

§ 17. При вычислении каждого расхода наносов для записей результатов отдельных процессов работ служит следующая таблица (образец XVI) и для сводки всех измеренных расходов на участке за заданный период — ведомость (образец XVII)

Левая страница

XVI

№ № проб	№ № вертикалей	Глубина вертикали h	Глубина взятия проб	Скорость в точке взятия проб v_n	Общее количество наносов: Содержание наносов в пробе m_n гр/лит.	Общее количество наносов: Расход наносов в точке $p_n = v_n m_n$	Общее количество наносов: Расход наносов по вертикали $q_м$
1	1	1,40	0,05	1,25	6,975	8,72	
2	»	»	0,28	1,42	7,488	10,63	
3	»	»	0,56	1,38	7,250	10,00	12,63
4	»	»	0 84	1,17	7,842	9,18	
5	»	»	1,12	0,95	8,015	7,61	
6	»	»	1,35	0,63	8,350	5,26	
7	2	1,98	0,05	1,42	7,172	10,14	
		и т.	д				

(С примерным заполнением)

Правая страница

Содерж. наносов по фракциям $\frac{гр}{лит} = \frac{кил}{м^3} = \mu_n$				Расход наносов в точках наблюдения по фракциям $\pi_n = \mu_n v_n$				Расход по вертикалям $q_м = \Sigma \mu_n v_n$			
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0,6 2	1,6 0	2,925	1,788	0,77	2,07	3,65	2,23				
0,630	1,477	2,687	2,699	0,89	2,10	3,81	3,83				
0,945	1,408	2,543	2,354	1,30	1,93	3,52	3,25	1,39	2,27	4,84	4,13
1,104	0,916	3,010	2,812	1,29	1,07	3,53	3,29				
0,745	1,215	3,510	2,545	0,71	1,15	3,33	2,42				
1,023	1,600	2,915	2,812	0,64	1,01	1,84	1,77				

XVII

№ № расхода	Дата измерения	Расход воды $Q_м$ м³/сек	Расход наносов $\frac{кг}{сек}$ $Q_м$: Общ.	1 фр	2 фр.	3 фр	4 фр.	Средняя относит. содерж. наносов $\frac{кг}{м^3}$ $M_0 = \frac{Q_м}{Q}$: Общ.	1 фр	2 фр.	3 фр.	4 фр.	Содерж. в процентах отдельн. фракц. от общего количества: Общ.	1 фр.	2 фр.	3 фр.	4 фр.
1	25/VIII	10,25	60,52	нет	12,35	23,45	24,72	5,91	нет	1,20	2,29	2,42	100	0	20,3	38,7	41,0

Вычисление среднего относительного содержания наносов

§ 18. Среднее относительное содержание наносов (общего количества и по фракциям) определяется:

1. По вертикали при шеститочечном методе взятия проб — делением элементарного расхода наносов по вертикали на элементарный расход воды

$$m_0 = \frac{q_м}{q_n} \quad \frac{кг}{куб.\ м} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (31)$$

При суммарном методе взятия проб среднее относительное содержание наносов по вертикали принимается равным относительному содержанию наносов в суммарной пробе

$$m_0 = m_c \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (32)$$

2. По всему живому сечению — делением расхода наносов на расход воды

$$M_0 = \frac{Q_н}{Q} \frac{кг}{куб\ м} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (33)$$

m_0 и M_0 вычисляются с точностью до 3 значущих цифр.

Определение среднего относительного содержания наносов как по вертикалям, так и по всему живому сечению, если изучение этого вопроса идет независимо от вычисления расходов наносов, может производиться путем построения эпюр относительного содержания наносов по вертикали (рис. 33) и построения эпюры среднего относительного содержания наносов по створу измерения (рис. 34).

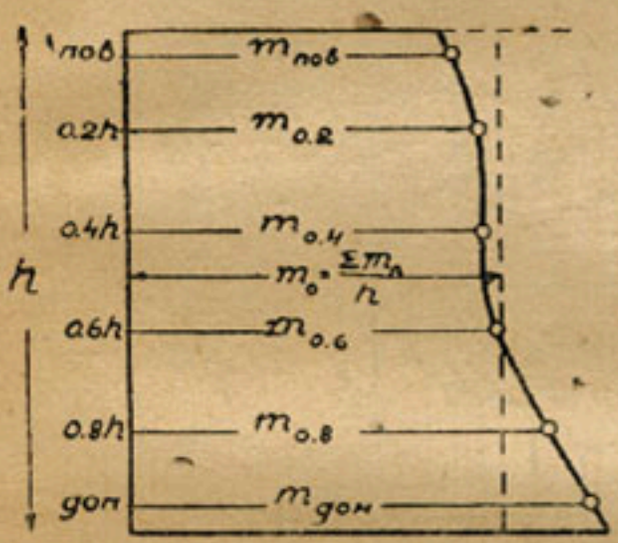


Рис. 33.

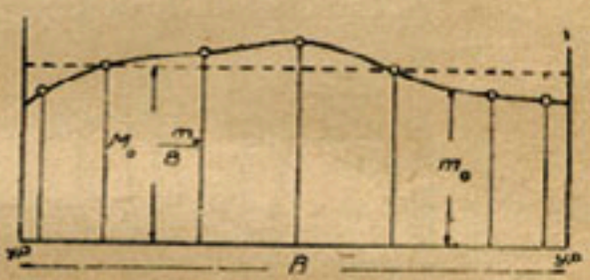


Рис. 34

Эпюры по вертикали строятся по данным относительного содержания наносов в точках наблюдения; m_0 получается делением площади эпюры (Σm) на глубину вертикали h. При построении эпюры по створу ординатами служат средние относительные содержания наносов по отдельным вертикалям (m_0). M_0 получается делением площади Σm_0 на ширину потока B

$$M_0 = \frac{\Sigma m_0}{B} \frac{кг}{куб.\ м} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (34)$$

Способы построения эпюр, подбора масштабов, вычисления площадей аналогичны указанным для построения эпюр скоростей течения, расходов воды и наносов.

Распределение наносов по живому сечению

§ 18. Для характеристики распределения наносов по живому сечению по общему их количеству или по фракциям строят: 1) кривые равных расходов наносов и 2) кривые равных мутностей (относительного содержания наносов).

Способ построения как тех, так и других, совершенно аналогичен способу построения изотах (инструкция IV, § 35). Частота проведения кривых зависит от величины разности между наибольшим и наименьшим значениями расходов наносов (или относительного их

содержания) в отдельных точках живого сечения. Кривые проводятся обычно через $^1/_5$ указанной разности.

Пример: Расход наносов в точках живого сечения наибольший 3 кг/сек., наименьший 0,4 кг/сек.; разность между ними — 2,6 кг. — кривые равных расходов проводят через каждые 0,5 кил. $\left(\frac{2,6}{5} = \infty\, 0,5\right)$.

Относительное содержание в отдельных точках наибольшее 8,50 кг/куб. м, наименьшее 3,4 кг/куб. м, разность между ними равна 5,10. Кривые равной мутности достаточно проводить через $\left(\frac{5,10}{5}\right)$ — 1,00 кг/куб. м.

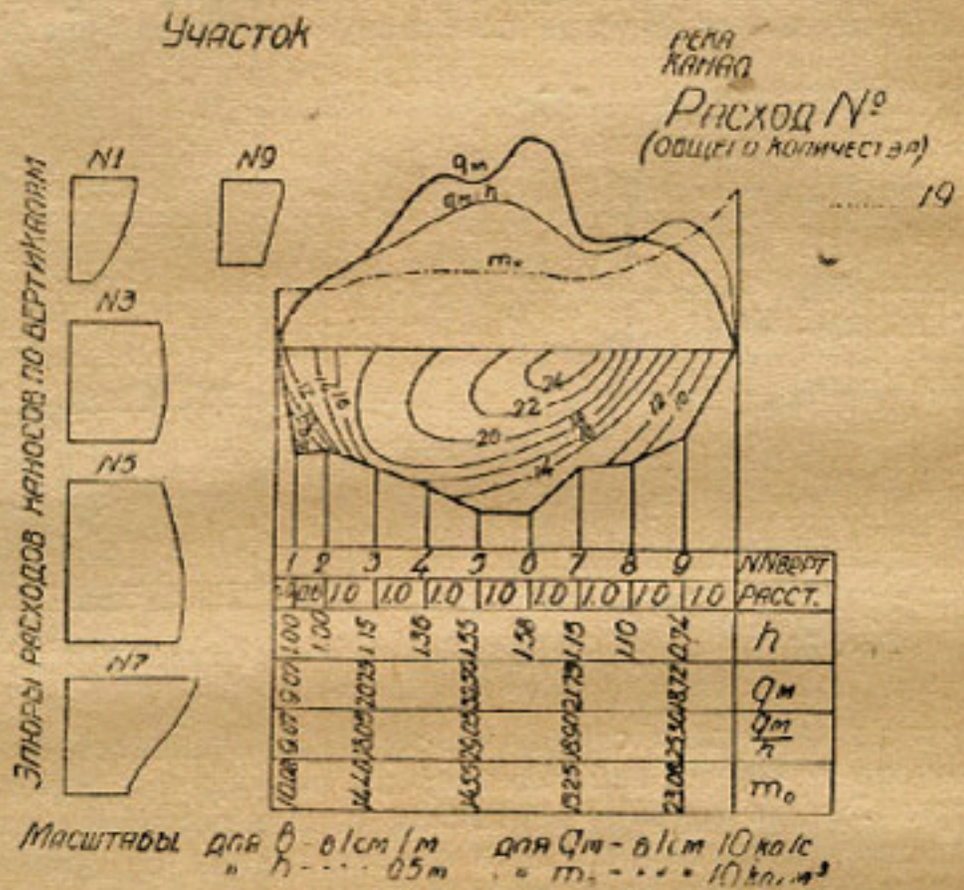


Рис. 35.

Рисунок (35) расхода наносов с нанесенными кривыми равных расходов наносов изображен выше.

Расход наносов за период

§ 19. Определение общего количества стока наносов производится на основании данных измерения отдельных расходов наносов, данных анализа ежедневных проб, взятых в постоянной точке живого сечения, и данных определения средних суточных расходов воды.

Решение задачи заключается в нахождении зависимости между средним относительным содержанием наносов по всему живому сечению и относительным содержанием наносов в пробах постоянной точки живого сечения.

Предварительно составляется ведомость (образец XVIII) для вычисления среднего секундного за сутки расхода наносов, где средний суточный расход воды $Q_{ср}$ определяется по кривой расхода, а β как частное от деления относительного содержания наносов в пробе, взятой в постоянной точке живого сечения во время измерения расхода наносов, на среднее относительное содержание наносов в потоке (по измеренному расходу, см. § 6 инструкции V).

Число	Относ. содерж. наносов в пробе постоян. точки жив. сеч. m_n	Средний сек. расход воды за сутки $Q_{ср}$ куб. м сек.	Измеренные расходы наносов	Среднее относ. содерж. наносов по жив. сеч. M_n	Отношение $\frac{m}{M_n} = \beta$	Принятое отношение β_1	Средний сек. за сутки расход наносов $Q'_м = \frac{m}{\beta_1} Q_{ср}$
2	0,730	2,16	1,73	0,803	0,908	0,91	1,73
3	0,775	2,05				0,93	1,71
4	0,740	1,97				0,95	1,53
5	0,792	1,84	1,52	0.825	0,958	0,96	1,52
6	0,738	1,80				0,94	1,41
7	0,810	2,15				0,92	1,89
8	0,815	2,78				0,89	2,54
9	1,010	3,50	4,08	1,167	0,867	0,87	4,07
10	0,930	3,50				0,92	3,53
11	0,970	3,40				0,97	3,40
12	1,000	3,25				1,03	3,16
13	1,015	3,38	3,17	0,938	1,081	1,08	3,18
14	1,013	4,50				1,08	4,23
15	1,025	5,02				1,08	4,77
16	1,540	5,17				1,08	7,37
17	1,720	6,56	10,40	1,588	1,081	1,08	10,43
							56,47
						ср. —	3,53

Для тех суток, в которые измерение расходов наносов не производилось, β_1 получается интерполированием по данным двух соседних определений. Если β в течение некоторого периода сохраняет более или менее постоянное значение (отклонение предельных значений не превышает 10%), то отношение β_1 для этого периода принимается равным среднему арифметическому из значений β за период.

Определение общего стока наносов за период производится суммированием суточных расходов наносов, равных среднему суточному ($Q'_м$), помноженному на число секунд в сутки (86.400)

$$Q_{м\ сток} = 86{,}400\ \Sigma Q'_м \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (34)$$

или

$$Q_{м\ сток} = n\ 86{,}400\ Q'_{м\ сред} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (35),$$

где n — число суток в периоде, а $Q'_{м\ сред}$ — средний суточный секундный расход за период $= \frac{\Sigma Q'_м}{n}$

Пример. Общий расход наносов за весь период по данным, приведенным в таблице XVIII, будет равен $86{,}400 \times 56{,}47 = 4.879.000$ кг или 4,879 тонны, или по форм. (35) $16 \times 86{,}400 \times 3{,}53 — 4.879.872$ кг или 4,880 тонн.

Указанным способом определяются расходы наносов только по общему их количеству без подразделения на фракции. Для опреде-

ления же расходов по фракциям пользуются данными процентного содержания их в наносах по фактически измеренным расходам.

Пример. Если среднее процентное содержание отдельных фракций в общем количестве наносов за период было для I фракции — 5%, для II — 33,5%, для III — 37,8% и для IV — 23,7%, то общий расход наносов за период был I фракции — $\frac{4{,}880 \times 5}{100} = 244{,}00$ т., II — $\frac{4{,}880 \times 33{,}5}{100} = 1.634{,}80$ т., III — 1.844,64 т., IV — 1.156,56 т.

Объемный учет

§ 20. Для перехода от весового учета наносов к объемному, кроме данных о весе наносов в пробе, необходимо иметь данные и об объеме наносов при определенной влажности и определенном уплотнении [1].

При известном соотношении $\frac{p}{\omega}$ — веса наносов в граммах к объему в кубическом сантиметре и известном расходе наносов по весу (секундный, суточный, за период), пересчет на объем (обычно в кубических метрах) производится путем деления $Q_м$, выраженного в тоннах, на $\frac{\rho}{\omega}$.

Для получения $\frac{p}{\omega}$, объем наносов определяется по двум, трем пробам, с характерным для данного расхода механическим составом взвешенных наносов (§ 14).

Количество наносов в пробе должно быть достаточным для точного определения объема ($\sim$ 10 куб. см), почему пробу воды для этой цели следует брать большего, чем принято, объема, особенно при слабой мутности воды.

При сдаче заказа в лабораторию необходимо давать точные указания о необходимой степени уплотненности и влажности [2] наносов во время определения объема.

---

[1] Степень уплотнения и влажность устанавливаются задачами обработки материала в исследования.

[2] Например, уплотнение после суточного, декадного, месячного оседания наносов в спокойной воде при влажности осевших наносов под водой, при естественном высыхании осевших наносов и т. д.

ЧАСТЬ II

I. Определение коэфициента шероховатости

Состав работ

§ 1. Для определения коэфициента шероховатости на участке ирригационного канала, состояние и состав грунта русла которого соответствуют заданию, необходимо:

1. Измерить все гидравлические величины, входящие в общепринятые формулы, определяющие коэфициенты, как то: скорости течения потока, уклоны, элементы живого сечения.

2 Определить величины, так или иначе влияющие на значение искомых коэфициентов, количество и состав взвешенных и донных наносов, температуру воды, размываемость или заиляемость русла.

§ 2. Для детальной характеристики состава грунта русла канала, для которого производится определение коэфициента шероховатости, необходимо изучение его механического состава, а для характеристики состояния русла, производство детальной съемки и описание участка исследования.

§ 3. Таким образом, при каждом определении в поле обязательно выполняются следующие работы:

1. Измеряется установившийся расход воды на участке с точностью, достаточной для определения средней скорости потока.

2. Определяется средний поверхностный уклон на участке в период измерения скоростей.

3. Производится съемка участка по поперечникам для определения в дальнейшем среднего живого сечения (и его элементов) для всего участка.

4. Берутся пробы наносов.

5. Измеряется температура воды.

6. Отмечаются условия производства работ и состояние потока (сила и направление ветра, засоренность потока и пр.).

К общим же работам по исследованию коэфициентов относятся:

1. Выбор участка, соответствующего общим условиям, предъявляемым к участкам для изучения коэфициентов вообще, и условиям задания для данного случая (по составу грунта, характеру русла, желаемому уклону, скорости течения и пр.).

2. Предварительная съемка участка и выбор створа для измерения скоростей.

3. Взятие проб грунта, составляющего дно и берега участка.

4. Подробное описание характера участка (устойчивость, характер и количество растительности на дне и берегах и пр.).

Количество отдельных определений

§ 4. Количество отдельных определений на участке исследования в данный период его состояния можно считать достаточным, если ими охвачены различные моменты в режиме потока, если измерения производились при разных расходах (скоростях) с охватом минимальных и максимальных расходов, при различной степени замутнения потока, при разных поверхностных уклонах.

На каждом участке за период исследования следует определять коэфициенты не менее 10 — 12 раз, при чем наблюдения должны распределяться равномерно по всей амплитуде колебания расходов[1], в 5 или 6 ее точках с двухкратной повторностью в каждой.

Для изучения же изменения коэфициентов шероховатости под влиянием изменения состояния русла участка, указанное количество определений производится в каждый отдельный период. В этом случае исследования носят стационарный характер (могут быть многолетние) и требуют принятия мер для закрепления участков.

Примечание. При кратких рекогносцировочных исследованиях количество определений сокращается в зависимости от задач рекогносцировки, но во всяком случае должно быть достаточным для проверки правильности произведенных измерений для вывода хотя бы ориентировочных средних данных. Желательно, чтобы число определений не было бы менее трех.

Выбор участка исследования

§ 5. Участок канала для исследования коэфициентов шероховатости должен отвечать:

1. Условиям задания, определяющим состав грунта и состояние русла.
2. Моментам, обусловливающим установление равномерного движения потока.
3. Условиям, обеспечивающим достаточно точное измерение отдельных элементов.

Участок для исследования должен быть:

1. Прямолинейным, с однообразным сечением русла на всем своем протяжении, когда ширина и глубина потока одинаковы или отличаются на разных сечениях между собой незначительно, откосы берегов имеют однообразную крутизну.
2. Уклон дна на участке должен быть однообразный, без ям, гребней, островов и пр.
3. Течение должно быть спокойным, параллельно-струйным, со стрежнем по оси потока, не должно быть вихрей и боковых течений.
4. Поверхностный уклон должен быть на всем протяжении участка однообразным; не допускается наличие перекатов, плесов.
4. Состав грунта должен быть однообразным, а равно однообразна по характеру и густоте должна быть растительность на берегах и дне русла (при наличии таковой вообще на участке).

Указанным условиям участок должен удовлетворять при разной высоте горизонта воды.

Выше и ниже участка на протяжении, примерно равном 5-10-кратной ширине потока, желательно также сохранить перечисленные условия.

В районе участка не должно быть никаких гидротехнических сооружений (мостов, стесняющих русло, перегораживающих сооружений, сбросов, перепадов и пр.). В пределах участка можно лишь

---

[1] Изменение расходов сопровождается изменением и других перечисленных моментов (скоростей, уклонов, мутности).

допустить мелкие (по отношению к изучаемому потоку), недействующие во время промеров водовыпуски.

§ 6. Участки, удовлетворяющие всем перечисленным условиям, могут встретиться только при исследованиях каналов инженерного типа, облицованных и необлицованных в начальные периоды их действия до разработки русла потоком. При исследовании же инженерных каналов после разработки русла и каналов местного типа, отличающихся своей извилистостью, неправильным сечением, участки должны удовлетворять поставленным условиям по мере возможности[1].

§ 7. Для ориентировочного суждения о характере русла участка могут служить промеры 3—4 профилей футштоком, ряд промеров дна в продольном направлении, определение поверхностного уклона. Более детальная характеристика, а следовательно, и степень выполнения условий § 5, могут быть выяснены только после съемки участка и измерения скоростей в разных точках живого сечения.

§ 8. Длина участка назначается с таким расчетом, чтобы ошибка в измерении величины падения горизонта воды на протяжении участка (при определении уклонов) не превышала 2—5%. Другими словами, длина участка должна быть тем больше, чем меньше уклон. Следует назначать:

при	уклоне в	0,0001	длину участка	— 500 м
„	„	0,0002	„ „	— 300 „
„	„	0,0004	„ „	— 200 „
„	„	0,0006	„ „	— 150 „
„	„	0,0008	„ „	— 125 „
„	„	0,0010	„ „	— 100 „
„	„	0,0015	„ „	— 70 „
„	„	0,0020	„ „	— 50 „

Длина участка, однако, не должна быть меньше 5—6-кратной ширины канала.

Предварительно для назначения длины, в пределах участка следует определить уклон, пронивелировав для этого горизонты воды в двух местах, отстоящих друг от друга на 200—300 м.

При криволинейных участках, которые встречаются, как указывалось выше, при работах на каналах местного типа, длину их полезно назначать большую, чем указано в таблице, с тем, чтобы при обработке материалов можно было бы выделить из общего участка более или менее прямолинейные колена, для выяснения влияния кривизны на сопротивление движению потока.

Съемка участка и определение средней площади живого сечения

§ 9. Для съемки участка и для определения средних живых сечений (и их элементов) потока, на участке разбиваются не менее 11 профилей, на равных между собой расстояниях.

Примечания: 1. Сокращение числа профилей допускается только на участках канала инженерного типа с облицованными откосами и дном. В этих случаях число поперечников сокращается до 6.

---

[1] Необходимо помнить, что отступление от перечисленных условий ведет к получению искаженных (в той или иной степени) значений коэфициента шероховатости под влиянием местных сопротивлений движению потока.

2. На извилистых каналах, где на протяжении участка могут быть выбраны отдельные более прямолинейные колена (см. § 8), число поперечников следует увеличить с таким расчетом, чтобы при обработке материалов средние живые сечения на коленах могли бы быть вычислены с достаточной точностью.

Во время производства съемки участка берутся пробы грунта, слагающего ложе со дна и берегов, не менее чем по трем поперечникам (по 3 пробы на каждом).

Техника разбивки поперечников, нивелировка их и прочее указаны в инструкции I.

Нивелировка поперечников для определения средних площадей живых сечений потока на участке производится:

1. На участках неустойчивых при каждом определении коэфициента шероховатости.

2. На участках, где изменение русла происходит медленно, постепенно, каждая нивелировка может быть распространена на два наблюдения коэфициентов, если промежуток времени между ними небольшой (1-2 дня).

3. На совершенно устойчивых участках, или, во всяком случае на участках неизменных в период исследования, нивелировку поперечников достаточно производить 3 раза — в начале, в середине и в конце работ (для взаимного контроля).

§ 10. Для производства измерений скоростей и расходов воды, рабочий створ выбирается на участке исследования и совмещается с одним из разбитых для съемки поперечников. Правила выбора и оборудования створа указаны в инструкции IV, § 4 — 8.

§ 11. Для внесения большей определенности в характеристику русла, попутно со съемкой производится подробное описание русла канала. В описании отмечается:

1. Форма участка в плане.

2. Направление потока в плане на участке с указанием положения стрежня, с приложением схематического чертежа направления главных струй.

3. Форма потока в плане на некотором протяжении выше и ниже исследуемого участка, размеры островов, отмелей, резкие закругления и их расстояние до границ участка.

4. Всякого рода гидротехнические сооружения, расположенные выше и ниже участка и их местоположение.

5. Характер берегов и откосов на участке (отвесные, крутые, пологие, размытые, подмываемые, неразмытые, голые или покрытые растительностью и какой именно — травой, кустами, деревьями; густота растительности, характеризуемая количеством корней на единицу площади, проходит ли канал в дамбах, в полувыемке или выемке).

6. Породы, слагающие берега, откосы, дно.

7. Отложение наносов в русле потока и глубина этих отложений.

8. Родники в русле потока.

9. Заростаемость потока выше и ниже исследуемого участка.

10. Все прочие характерные особенности участка.

Данные характеристики необходимо проверять в течение всего периода работ и вносить все замеченные изменения.

Примечание. Описание желательно сопровождать фотографическими снимками для получения более полного представления об участке.

Порядок работ

§ 12. Весь цикл работ и наблюдений по каждому определению проводится в следующей последовательности и следующими способами:

1. Производят определение уклона воды на всем участке по обоим берегам, нивелируя (или измеряя от постоянных точек) горизонты воды на каждом поперечнике (инструкция III).

2 Измеряют температуру воды у створа, пользуясь для этого родниковым термометром с делением шкалы в 0,2° С (для измерения температуры термометр опускают в воду на 2—3 минуты, отсчеты записываются в журнал для измерения скоростей, образец V).

3. Определяют горизонт воды по водомерному посту, расположенному у рабочего створа (инструкция II, §§ 3, 4).

4. Приступают к измерению расхода воды. Измерение скоростей производят основным шеститочечным методом (инструкция IV, §§ 10—22).

5. Одновременно с началом работ по измерению скоростей приступают к нивелировке поперечников на участке, следуя правилам, указанным в инструкции I (§§ 7—15).

6. Производят периодически наблюдение за горизонтами воды во время измерения скоростей (инструкция IV, § 20).

7. После измерения скоростей на стрежневой вертикали, берут по ней пробы взвешенных наносов (инструкция V, § 7).

8. По окончании измерения расхода производят вторичное определение поверхностного уклона, температуры воды и горизонта воды.

1. $C = \frac{v}{\sqrt{RI}}$

2. По Базену: $\gamma = \left(\frac{87}{C} - 1\right)\sqrt{R}$

3. „ Ганг.-Куттеру: $n = \frac{-(C-K) + \sqrt{(C-K)^2 + \frac{4CK}{\sqrt{R}}}}{\frac{2CK}{\sqrt{R}}}$

при $K = 23 + \frac{0.00155}{I}$

4. „ Маннингу: $n_1 = \frac{R^{0.167}}{C}$

№ расходов	Дата определения	v сред. скорость участка	I ср. поверх. уклон на участке	R сред. гидравлическ. радиус	$\frac{1}{\sqrt{R}}$	$\frac{1}{\sqrt{I}}$	$\frac{1}{\sqrt{R}\cdot\sqrt{I}}$	$C = \frac{v}{\sqrt{RI}}$	$\frac{87}{C}$	$\frac{87}{C} - 1$	$\gamma = \left(\frac{87}{C} - 1\right)\sqrt{R}$	$\frac{0.00155}{I}$	$K = 23 + \frac{0.00155}{I}$	$(C - K)$
	июль													
1	2	0.725	0.00081	0.915	0.957	0.02845	0.02723	26,6	3,27	2,27	2,17	1,9	24,9	1,7
2	10	1.040	0.00125	1.020	1.010	0.03536	0.03571	28,6	3,04	2,04	2,06	1,2	24,2	4,4
							и т. д.							

(с примерным заполнением)

Таблица XIX

вычисления коэфициентов шероховатости

район ..... река / канал ..... участок .....

19 ..... г.

$(C-K)^2$	CK	$\frac{CK}{\sqrt{R}}$	$\frac{4CK}{\sqrt{R}}$	$\frac{2CK}{\sqrt{R}}$	$(C-K)^2+\frac{4CK}{\sqrt{R}}$	$\sqrt{(C-K)^2+\frac{4CK}{\sqrt{R}}}$	$-(C-K)+\sqrt{(C-K)^2+\frac{4CK}{\sqrt{R}}}$	$n=\frac{-(C-K)+\sqrt{(C-K)^2+\frac{4CK}{\sqrt{R}}}}{2\frac{CK}{\sqrt{R}}}$	$lg\,R$	$0,167\,lg\,R$	$lg\,C$	$lg\,n_1=0,167\,lg\,R-lg\,C$	n_1
3	662	692	2768	1384	2771	51,1	49,4	0,036	1,96142	−0,00644	1,42488	2,56868	0,037
									−0,03858				
19	692	684	2736	1362	2755	52,5	48,1	0,035	0,00860	0,00144	1,45637	2,54507	0,035

Все измерения, связанные с определением коэфициентов шероховатости, необходимо производить в течение одного дня и при устойчивом положении горизонтов воды.

Обработка материалов

§ 13. Обработка материалов заключается в определении по данным полевых измерений коэфициентов шероховатости по наиболее принятым в практике расчетов, формулам:

1. По формуле Базена

$$\gamma = \left(\frac{87}{C} - 1\right)\sqrt{R} \qquad (36)$$

2. По формуле Гангилье-Куттера

$$n = \frac{-(C-K) + \sqrt{(C-K)^2 + \frac{4CK}{\sqrt{R}}}}{2\frac{CK}{\sqrt{R}}} \qquad (37)$$

3. По формуле Маннинга

$$h_1 = \frac{R^{0,167}}{C} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (38),$$

где C по формуле Шези $= \frac{v}{\sqrt{RI}}$; K (в формуле 37) $= 23 + \frac{0.00155}{I}$;

Величины V, R и I для вычисления коэфициентов в формулы вводятся в средних, для всего участка исследования, значениях

I—уклон на участке, в некоторых случаях для учета неравномерности движения потока входит в формулы в виде

$$I = I_y - \frac{v_н^2 - v_в^2}{2gL} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39),$$

где I_y — средний поверхностный уклон воды участка (инструкция III)

$v_н$ — средняя скорость по живому сечению нижнего поперечника участка,

$v_в$ — то же, верхнего поперечника,

L — длина участка в метрах,

g — ускорение силы тяжести, равное 9,81 (2 g = 19,62).

Указанную поправку в уклон следует вводить только в тех случаях, когда величина выражения $\frac{v_н^2 - v_в^2}{2gL}$ составляет от I_y больше 5%[1].

Порядок вычисления и формы таблиц

§ 14. Вычислению коэфициентов шероховатости предшествует определение средних для всего участка R, v и I. Правила вычисления указаны в соответствующих инструкциях I, III и IV первой части. Само же вычисление по формулам для удобства разбивается на ряд отдельных действий, результат по которым заносят в таблицу (образец XIX).

Вычисление отдельных элементов формул и окончательных результатов производится со следующей точностью:

1. v, I и R — вычисляются с точностью, указанной в соответствующих инструкциях 1-й части (инструкция I, III и IV).

2. $\sqrt{R}$ вычисляется с значущими цифрами.

3. $\sqrt{I}$ и $\sqrt{I}\sqrt{R}$ определяются с тем же числом десятичных знаков, с каким было вычислено I.

4. C вычисляется с тремя значущими цифрами.

5. γ вычисляется с точностью до 0,01, с той же точностью определяется и входящее в формулу выражение $\frac{87}{C}$.

---

[1] Полагая, что ошибка при определении поверхностного уклона I_y равна примерно 5%.

Для изучения коэфициентов шероховатости, как указано выше в § 5, участки с неравномерным движением вообще нежелательны, но если в силу каких-либо причин избежать этого обстоятельства нельзя, необходимо помнить при обработке материалов, что учет неравномерности движения имеет смысл только тогда, когда например в площади живых сечений на участке изменяются постепенно или увеличиваясь или уменьшаясь, когда поверхностный уклон воды и уклон дна на всем протяжении однообразны и форма сечений русла подобна на всех поперечниках).

Во всех же других случаях (особенно на туземного типа каналах), когда неравномерность движения на протяжении участка не сохраняет своего характера, введение поправок по скоростям верхнего и нижнего створов не достигает цели и может дать искаженные результаты.

6. Величины $\frac{0{,}00155}{I}$, $K = 23 + \frac{0{,}00155}{I}$ и $(C - K)$, входящие в формулу Гангилье-Куттера, вычисляются с точностью до 0,1.

7. $(C - K)^2$ определяется с точностью до 1.

8. Произведение CK и дробь $\frac{CK}{\sqrt{R}}$ вычисляются с точностью до 1.

9. Коэфициент шероховатости n вычисляется с точностью до 0,001.

10. $lg\ R$ и $lg\ C$ определяется по пятизначным таблицам.

11. Коэфициент шероховатости n, определяется с той же точностью, что и n Гангилье-Куттера.

Результаты всех определений на участке за период исследования сводятся в ведомость (образец XX) с указанием средних значений всех гидравлических элементов потока и коэфициентов шероховатости. Средние значения вычисляются как средние арифметические из отдельных определений.

Кроме сводной ведомости, в отчет об исследованиях необходимо включить:

1. Общий план участка (1-я часть, инструкция I, § 17).

2. Подробное описание участка, составляемое на основании полевых записей (§ 11 настоящей инструкции).

3. Чертежи эпюр скоростей по вертикали по каждому измерению расхода воды (1-я часть, инструкция IV, § 28).

4. Чертежи живых сечений по отдельным определениям с изотахами, эпюрами ср-дних, максимальных, поверхностных и донных скоростей и эпюрой расхода (1 часть, инструкция IV, § 35).

5. Таблицы скоростей по каждому измерению расхода воды по форме образца XXI.

Таблица скоростей

Район работ ..... $\frac{\text{канал}}{\text{река}}$ ..... участок .....

Расход № ..... измеренный ..... дня ..... мес. 19 г.

№№ верт.	По вертикалям								По расходу					Примечание
	$h_м$ глубина	$v_{ср.}$ м/сек.	v поверх.	v макс.	$v_{дон.}$	$\frac{v_{ср}}{v_{макс}}$	$\frac{v_{ср}}{v_{пов.}}$	$\frac{v_{ср}}{v_{дон.}}$	$v_{ср.}$	Глубина $H_{ср.}$	$v_{ср.}$	$\frac{v_{пов.\ макс.}}{h_{макс.}}$		
1	0,45	0,42	0,53	—	—	—	0,79	—						
2	0,85	0,67	0,75	0,75	0,53	0,89	0,89	1,26						
3	1,15	0,98	1,125	1,140	0,70	0,86	0,87	1,40	1,43	1,73	0,85	0,80		
4	1,65	1,35	1,50	1,165	0,11	0,82	0,90	1,22						
						и	т.	д.						

(С примерным заполнением)

6. Данные, характеризующие устойчивость русла участка (часть II, инструкция IV).

7. Данные относительного содержания наносов в отдельных пробах, взятых при измерении расходов воды (1-я часть, инструкция V, § 7).

8. Результаты механического анализа проб грунтов, взятых со дна и берегов русла участка (§ 9 настоящей инструкции).

Сводная ведомость

определенных коэфициентов шероховатости

район ..... река / канал ..... участок .....

XX за время с ..... по ..... 19 г.

Дата определения	Отм. горизонта воды	Q м³/сек. расход воды	F м² пл. жив. сечен.	B м ширина потока	P м смочен. периметр.	H м сред. глубина	R м гидрав. радиус	v м/сек. ср. скор. потока	I уклон воды	L м длина участка	t° ср. темпер. воды	Относительное содержание наносов в гр. лит кг./мет³					С коэф. по формуле Шези	Коэфициент шероховатости		
												По общему количеству	По фракции					По Базену γ	По Ганг.-Куттер n	По Маннингу n
													1 > 0,25 мм	2 0,25—0,05 мм	3 0,05—0,01 мм	4 <0,01 мм				
июль																				
2	213,25	6,71	9,25	7,34	10,1	1,26	0,915	0,725	0,00081	125,0	16,2	4,528	0,620	0,810	1,315	1,783	26,6	2,17	0,036	0,037
10	213,31	10,85	10,43	7,95	10,2	1,31	1,020	1,040	0,00125	—	17,4	6,023	0,715	0,905	1,513	2,890	28,6	2,06	0,03	0,035
15	213,28	9,43	9,85	7,70	9,9	1,28	1,000	0,958	0,00109	—	17,0	5,515	0,720	0,813	1,603	2,379	29,0	2,00	0,034	0,034
Σ	639,84	26,99	29,53	22,99	30,2	3,85	2,935	2,723	0,00315	—	50,6	16,066	2055	2,528	4,431	7,052	84,2	6,23	0,105	0,106
n | M	213,28	9,00	9,84	7,66	10,1	1,28	0,978	0,907	0,00105	—	16,9	5,355	0,685	0,843	1,477	2,351	28,1	2,08	0,035	0,035

(С примерным заполнением)

II. Изучение условий незаиляемости каналов и определение коэфициентов в формуле Кеннеди

Состав работ

§ 1. Достаточно распространенная до настоящего времени в расчетной практике формула Кеннеди устанавливает зависимость между средней глубиной потока и средней скоростью течения, безопасной в отношении заиления. Коэфициенты в указанной формуле изменяются в зависимости от механического состава (размера частиц) наносов, переносимых потоком. Значения коэфициентов, даваемые различными авторами, ни в коей мере не могут считаться достаточно полными и охватывающими возможные случаи в практике, а потому формула Кеннеди требует в отдельных случаях опытной проверки и уточнения.

С другой стороны зависимость между v и H, установленная Кеннеди, далеко не может считаться единственно возможной и окончательно установленной без дальнейших исследований в этой области. Вполне допустима возможность применения совершенно новых оснований расчета незаиляемости каналов, перестройки формулы в корне или замена входящей в формулу глубины другими гидравлическими величинами.

§ 2. Полевые работы по определению коэфициентов в формуле Кеннеди в частности и по исследованию условий незаиляемости и соотношения между критическими скоростями и другими гидравлическими величинами, вообще, должны заключаться в таком комплексе, который определял бы в известных условиях движение потока и состояния русла — размер и форму живого сечения русла канала и всех его гидравлических элементов[1] (v, i, R, H, P), размер и вес частиц наносов, насыщенность наносами потока, количество проносимых или отлагающихся наносов, распределение скоростей по сечению потока и т. п.

§ 3. Каждый опыт в поле составляется из следующих работ:

1. Определение установившегося расхода воды на участке исследования.

2. Определение расхода взвешенных наносов в начале и в конце участка исследования.

3. Определение средней площади живого сечения потока на участке во время измерения расхода воды и наносов.

4. Учет колебания горизонтов воды.

5. Определение среднего поверхностного уклона во время производства опыта.

6. Взятие проб грунта и отложившихся наносов со дна и откосов канала.

---

[1] Не ограничиваясь изучением соотношения только между H и v согласно формуле Кеннеди.

7. Описание состояния русла и потока.

8. Описание сопутствующих явлений при производстве опыта — регистрация силы и направления ветра, температуры воды, состояния погоды и пр.

§ 4. Общими предварительными работами по исследованию на каждом участке являются:

1. Выбор участка, соответствующего общему заданию исследования и условиям, благоприятствующим получению доброкачественного материала.

2. Съемка участка исследования.

3. Подробное описание характера участка и канала в районе исследования.

Выбор участка

§ 5. Участок для изучения условий незаиляемости должен быть обязательно устойчивым, понимая под таковым участок, средняя отметка дна которого в течение ряда лет остается постоянной и только лишь в некоторые периоды на участке могут отлагаться в незначительном количестве наносы, вымываемые в другое время. Таким образом, работам по изучению условий незаиляемости должны предшествовать исследования, определяющие характер устойчивости намеченного участка. Вообще говоря, окончательно устойчивость может быть установлена только после ряда лет наблюдения (инструкция IV 2 й части). Однако, в большинстве случаев необходимость срочного получения расчетных данных для проектирования заставляет многолетние наблюдения заменять рекогносцировкой, устанавливающей характер устойчивости по внешним признакам и по общему ознакомлению с условиями заиления, по опросным данным и сведениям, получаемым от технического эксплоатационного штата и от старожилов. Внешними признаками устойчивости могут служить:

1. Отсутствие в течение ряда лет работ по очистке участка канала от наносов.

2. Состояние дна русла — отсутствие отложившихся наносов. Этот момент лучше всего устанавливается непосредственным осмотром осушенного русла участка.

§ 6. К прочим условиям, предъявляемым участкам исследования, относятся следующие:

1. Участок должен соответствовать поставленным заданиям по составу взвешенных наносов и по размеру канала.

2. Участок по состоянию и характеру русла должен обеспечивать условия равномерного движения потока, другими словами, он должен быть:

а) прямолинейным, с однообразным сечением русла на всем своем протяжении, с однообразной шириной и глубиной, с однообразной крутизной откосов;

б) с однообразным уклоном дна, без ям, гребней и островов;

в) со спокойным параллельно-струйным течением, со стрежнем по оси потока; не должно быть вихрей, взмывов и пр., вызывающих местное замутнение потока;

г) с однообразным поверхностным уклоном воды, без перекатов, заводей и плесов;

д) с однообразным составом грунта ложа;

е) с чистыми от растительности дном и берегами.

Примечание. Перечисленные условия течения и характера русла желательно сохранить и на некотором протяжении выше и ниже исследуемого участка (около 5—10 ширин канала).

3. В районе участка не должно быть никаких гидротехнических сооружений, работа которых оказывает влияние на движение потока на участке. В пределах участка допускаются лишь мелкие (в сравнении с потоком), недействующие во время измерений, водовыпуски.

§ 7. Отступление от указанных правил выбора участка возможно при особом на то задании:

1. При специальном изучении движения наносов на участках с неравномерным движением в зависимости от поставленных задач; таковые выбираются на каналах с неравномерным движением потока, происходящим или от неправильности русла или от влияния подпора или спада.

2. Криволинейные участки выбираются в случае изучения процесса отложения наносов на кривых.

3. Исследования извилистых участков допускаются при изучении местных систем в случае отсутствия достаточно длинных прямолинейных участков. Условия однообразности русла и течения потока должны быть, однако, сохранены в возможной мере.

4. Растительность на дне и берегах участка допускается только в случае, если задания предусматривают изучение влияния растительности на характер движения наносов[1].

§ 8. Для ориентировочного суждения о характере русла участка, необходимо предварительно сделать несколько промеров глубин по трем-четырем створам и ряд промеров дна вдоль участка (при возможности закрыть воду, полезно производить непосредственный осмотр всего русла). Окончательное уточнение границ участка производится после съемки участка и полевой обработки материалов съемки.

§ 9. Длина участка исследования должна быть достаточной: 1) для точного определения уклона воды (в этом отношении при назначении длины участка можно руководствоваться правилами перечисленными в § 8 инструкции 2-й части;) 2) для того, чтобы путем учета наносов в начале и в конце участка при отдельных определениях можно было установить моменты заиляемости канала; длину участка для этого следует выбирать в пределах возможности, учитывая необходимость сохранения условий § 4 и не допуская на протяжении участка местных отложений, взмывов и пр.

Съемка участка

§ 10. Для съемки участка и для определения в дальнейшем средних площадей живого сечения и их элементов, на участке разбивается не менее 21 поперечника, на равном друг от друга расстоянии.

Сокращение числа поперечников не допускается и при правильных участках, ибо нивелировка их служит также методом учета устойчивости участка в течение всего периода исследования.

Съемка участка производится по правилам инструкции I, 1-й части.

Во время съемки со дна и берегов берутся с помощью донного щупа пробы грунта по трем-четырем поперечникам (по 3 пробы на каждом).

Примечание. При съемке участка, кроме поперечников, разбиваемых в намеченных пределах участка, полезно разбить и пронивелировать дополнительные поперечники выше и ниже участка с тем, чтобы более детально уточнить его границы.

§ 11. Повторные съемки для определения средних живых сечений и для учета устойчивости русла производятся по всем попереч-

[1] Обычно, для сравнения результатов, параллельно изучению заросшего участка производят подобные же исследования и на участке, чистом от растительности. Второй участок по характеру русла (форма и размер сечения, уклон дна) должен быть подобен первому заросшему.

никам окончательно выбранного участка при каждом определении скоростей потока и расхода наносов.

Примечание. Когда сроки между отдельными определениями значительны и в течение их происходят резкие изменения в режиме потока (расхода воды и наносов), нивелировку поперечников желательно производить и в периоды между производством полных циклов наблюдений (§ 3), приурочивая ее к моментам, следующим тотчас же после резкого изменения режима.

Рабочие створы

§ 12. Рабочие створы для определения расходов воды и наносов совмещаются с поперечниками, разбитыми в начале и в конце участка. Это условие требует при определении границ участка учета требований, предъявляемых при выборе створов, обеспечивающих точность измерения скоростей и взятия проб наносов (инструкция IV, часть I).

Описание участка

§ 13. Для внесения большей определенности в характеристику русла, при съемке участка необходимо производить самое тщательное описание характера русла канала, а в дальнейшем регистрировать все происшедшие в период исследования изменения.

Перечень моментов, отмечаемых в описании, указан в инструкции I, § 11, 2 й части

Порядок производства работ

§ 14. Каждый цикл работ по отдельным наблюдениям (§ 3) рекомендуется производить в нижеследующей постепенности.

1. Производят определение уклона воды на всем протяжении участка, нивелируя горизонты воды по урезам обоих берегов, руководствуясь правилами, указанными в инструкции III, 1 й части.

2. Измеряют температуру воды в пределах участка с помощью родникового термометра с делением шкалы в 0,2° С (для измерения температуры термометр опускают в воду на 2—3 минуты, отсчеты записываются в журнал для измерения скоростей, образец V).

3. Определяют горизонты воды по водомерным постам, расположенным у рабочих створов в начале и в конце участка исследования (инструкция II, §§ 3 и 4, часть 1-а).

4. Приступают к измерению скоростей и взятию проб наносов одновременно на двух рабочих створах в начале и в конце участка, следя в течение всего времени промеров за параллельностью производства отдельных моментов измерения.

Скорости течения измеряются основным шеститочечным методом (инструкция IV, §§ 10—22, 1-я часть). Пробы наносов берутся (для определения в дальнейшем расхода наносов и относительного содержания их в потоке) как шеститочечным, так и суммарным методами:

а) шеститочечным методом пробы желательно брать в характерные моменты режима потока — при максимальном, среднем и минимальном расходе воды (с тем, чтобы иметь достаточный материал для характеристики распределения наносов по живому сечению);

б) в промежутках между взятием проб шеститочечным методом, допускается переходить на суммарные пробы, если условия режима наносов не противоречат указаниям инструкции V, §§ 3—4, 1-й части.

5. Одновременно с началом работ по измерению расхода воды и наносов приступают к нивелировке поперечников на участке, следуя правилам, указанным в инструкции I, §§ 7—15, 1-й части.

6. В течение времени производства нивелировок и измерения скоростей периодически наблюдают за горизонтами воды у обоих створов (1-я часть инструкции IV, § 20).

7. По окончании измерения скоростей и взятия проб наносов вторично определяют уклон и температуру воды и фиксируют горизонты.

Весь перечисленный цикл необходимо производить в течение одного дня и при незначительных колебаниях горизонтов воды.

Ежедневные наблюдения

§ 15. При ежедневных обычных наблюдениях за горизонтами воды на участке исследования, в течение всего производства работ, желательно брать на верхнем и нижнем створах пробы наносов в постоянной точке живого сечения (инструкция V, § 6, часть 1-я).

Количество отдельных определений

§ 16. Для получения достаточно доброкачественного материала, позволяющего судить об условиях незаиляемости и установления зависимости между незаиливающими скоростями и другими факторами, число отдельных определений (цикла работ § 15) не должно быть менее 10—12, при чем последними необходимо охватить равномерно амплитуду колебания скоростей на исследуемом участке. Должны быть обязательно охвачены наблюдениями минимальные и максимальные возможные скорости. Поскольку скорости находятся в зависимости от горизонтов воды (при равномерно-установившемся движении), определения приурочивают к различной высоте горизонта, распределяя их равномерно по всей амплитуде колебания (в 5 или 6 точках амплитуды с двукратной повторностью в каждой).

Изучение следует производить при достаточной мутности потока. Охват наблюдениями периода наибольшей мутности обязателен.

Обработка материала

§ 17. Окончательному сведению всех результатов измерений и наблюдений и вычислению уравнения Кеннеди (определение коэфициентов) предшествует предварительная обработка полевых измерений, заключающаяся:

1. В составлении плана участка.
2. В вычислении для каждого определения средней площади живого сечения участка и гидравлических элементов площади.
3. В вычислении расходов воды, скоростей, уклонов.
4. В вычислении расходов наносов по верхнему и нижнему створам и в определении относительного их содержания.
5. В вычислении данных, характеризующих устойчивость участка.

Указанная предварительная обработка ведется по правилам, перечисленным в соответствующих инструкциях 1-й части, в частности:

1. Составление плана производится по инструкции I, § 17.
2. Вычисление средних площадей живого сечения и его гидравлических элементов ведется по инструкции I, а средних уклонов по инструкции III, § 6, при чем окончательным видом обработки служит сводная таблица II.
3. Вычисление расхода воды производится по инструкции IV, за расчетный расход, по данным которого определяют среднюю скорость участка, принимают средний из измеренных на верхнем и ниж-

нем створах. Обработка каждого расхода и скоростей доводится до заполнения таблицы скоростей (образец XXI) и составления чертежей живых сечений (по створам) с изотахами и эпюрами скоростей и расходов.

4. Вычисление расходов наносов и относительного их содержания[1] производится для каждого измерения и для каждого створа. Окончательным видом обработки служит таблица образца XVII, сопровождаемая по расходам, определенным шеститочечным методом, чертежами площадей с эпюрами расходов, мутностей и кривыми равных расходов наносов и отдельно кривыми равных мутностей. Обработка ведется по правилам инструкции V.

5. Обработка материалов нивелировок поперечников участка с целью характеристики устойчивости русла заключается в определении среднего слоя намыва или размыва и объема отложившихся или вымытых наносов за каждый период между промерами. Обработка ведется согласно инструкции IV, 2-й части.

§ 18. Уточнение формулы Кеннеди, дающей, как указано выше, зависимость между средними скоростями потока и средними глубинами его для устойчивых незаиляемых каналов, заключается в определении коэфициентов K и m,[2] входящих в формулу общего вида

$$v_{кр} = K h^m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (40),$$

где $v_{кр}$ — средняя скорость потока, безопасная в отношении заиления,

h — средняя глубина,

K и m — коэфициенты, зависящие от крупности частиц наносов.

Метод определения коэфициентов сводится к построению кривой зависимости v от h по данным непосредственных измерений при каждом определении, произведенном в условии устойчивости участка, и к нахождению аналитической связи между указанными переменными, выраженной уравнением (40).

Ход решения задачи следующий:

1. Первоначально составляется сводная таблица определенных средних скоростей и средних глубин участка, принимая среднюю скорость равной (при одновременном измерении расхода воды на верхнем и нижнем створах),

$$v = \frac{Q_в + Q_н}{2F_{ср}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (41),$$

где $Q_в$ — расход воды, определенный на верхнем створе,

$Q_н$ — то же на нижнем,

$F_{ср}$ — средняя площадь живого сечения участка.

Примечание. В указанную таблицу не включаются данные тех определений, при которых расходы (или относительное содержание) наносов на верхнем и нижнем створах отличаются более чем на 10% (по общему содержанию).[3] Не включаются в таблицу также данные определений, вызывающих сомнения в правильности произведенных полевых измерений. Для критической оценки данных следует предварительно построить кривую зависимости (графически) между h и v; точки, резко отклоняющиеся от намеченной кривой, анализируются (проверяются все условия производства работ в поле). В случае установления неисправимых ошибок, данные этих измерений при дальнейших вычислениях во внимание не принимаются.

---

[1] По общему количеству и по 4 фракциям.

[2] Формула Кеннеди, составленная на основании исследования каналов на Бари-Доабской системе (Индия) имеет показатель m, равный 0,64, и коэфициент K = 0,545.

[3] Указывает на момент заиления или размываемости. 10% предел устанавливается общей точностью определения расходов наносов в поле.

№№ расх.	$v_{ср}$	$h_{ср}$
1	0,540	0,908
2	0,548	0,926
3	0,593	1,07
4	0,599	1,15
5	0,680	1,35
6	0,725	1,39
7	0,706	1,40
8	0,754	1,48
9	0,791	1,67
10	0,800	1,70
11	0,820	1,75
12	0,825	1,76

(С прим. заполнен.)

2. Вычисляют уравнение, связывающее v и h, а следовательно, и определяют искомые коэфициенты. Вычисление производится обычно или аналитическим способом или графически; в первом случае применяют или метод „нулевых сумм" или метод „корреляции".

А. Метод „нулевых сумм".

Этот метод основан на следующем: логарифмируя уравнение Кеннеди (40) в общем виде

$$\lg v = \lg K + m \lg h \quad \cdots \quad (42)$$

и полагая в нем $\lg K = x$, $m = y$, $\lg h = b$ и $\lg v = a$, приводят к виду

$$x + by = a \quad \cdots \quad (43)$$

Заменяя b и a соответствующими значениями логарифмов скоростей и глубин, определенных в поле, составляют систему условных уравнений:

$$\left.\begin{aligned} x + b_1 y &= a_1 \\ x + b_2 y &= a_2 \\ x + b_3 y &= a_3 \\ &\cdots\cdots \\ x + b_n y &= a_n \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (44),$$

располагая их в порядке возрастающих или убывающих b (= lg h).

Делят эту систему уравнений на две равных части и складывают почленно уравнения, входящие в каждую часть

$$\begin{aligned} x + b_1 y &= a_1 \\ x + b_2 y &= a_2 \\ x + b_3 y &= a_3 \\ &\cdots\cdots \\ x + b_{\frac{n}{2}} y &= a_{\frac{n}{2}} \end{aligned}$$

$$\frac{n}{2} x + y \Sigma b_I = \Sigma a_I$$

$$\begin{aligned} x + b_{\frac{n}{2}+1} y &= a_{\frac{n}{2}+1} \\ x + b_{\frac{n}{2}+2} y &= a_{\frac{n}{2}+2} \\ x + b_{\frac{n}{2}+3} y &= a_{\frac{n}{2}+3} \\ &\cdots\cdots \\ x + b_n y &= a_n \end{aligned} \quad \cdots \quad (45)$$

$$\frac{n}{2} x + y \Sigma b_{II} = \Sigma a_{II}$$

получают систему двух уравнений с двумя неизвестными

$$\left.\begin{aligned} 1.\ \frac{n}{2} x + \beta_1 y &= \alpha_1 \\ 2.\ \frac{n}{2} x + \beta_2 y &= \alpha_2 \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots\cdots \quad (46),$$

где $\beta_1 = \Sigma b_1 = b_1 + b_2 + b_3 \ldots b_{\frac{n}{2}}$; $\beta_2 = \Sigma b_{II} = b_{\frac{n}{2}} + b_{\frac{n}{2}+1} +$

$+ \ldots . b_n$; $\alpha_1 = \Sigma a_1 = a_1 + a_2 + a_3 \ldots . a_{\frac{n}{2}}$ и $\alpha_2 = \Sigma a_{II} =$

$= a_{\frac{n}{2}} + a_{\frac{n}{2}+1} + \ldots . + a_n$.

Решая уравнение (46), находят

$$y = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\beta_1 - \beta_2} = m \ldots \ldots \ldots \quad (47)$$

$$x = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 - m(\beta_1 + \beta_2)}{2} = A \lg K \ldots \ldots \ldots \quad (48),$$

откуда $K = 10^{\wedge}$.

В случае нечетного $(n + 1)$ числа уравнений (44) среднее уравнение делится пополам между обеими группами и в каждую вводится уравнение вида

$$\frac{x}{2} + y b_{\frac{n+1}{2}} = \frac{C_{\frac{n+1}{2}}}{2_1}$$

Практически вычисление указанным методом сводится к следующим процессам:

а) составляют таблицу (образец XXII) в дополнение выше указанной с значениями логарифмов v и h, располагая данные в порядке убывания или возрастания lg h и разделив их на две равные группы;

б) находят суммы lg h и lgv по каждой группе;

в) определяют разность между суммами логарифмов v первой и второй группы $(\alpha_1 - \alpha_2)$ и разность $(\beta_1 - \beta_2)$ между суммами логарифмов h;

г) вычисляют $\beta_1 + \beta_2$ и $\alpha_1 + \alpha_2$;

д) по уравнениям 47 и 48 вычисляют искомые значения K и m.

XXII

h	v	$lg\ h$ (b)	$lg\ v$ (a)
0,908	0 540	$\bar{1}$,95809	$\bar{1}$,73239
0,926	0.548	$\bar{1}$.9 661	$\bar{1}$.73878
1,07	0,593	0,02938	$\bar{1}$.77305
1.15	0,599	0,06070	$\bar{1}$.77743
1,35	0,680	0,13033	$\bar{1}$,83251
1,39	0,725	0.14 01	$\bar{1}$,86034
	Σb_1 =	0,28812	$\Sigma a_1 = \bar{2}$,71450
1,40	0 706	0 14613	$\bar{1}$,86094
1,48	0,754	0 17026	$\bar{1}$.87737
1,67	0,791	0 22272	$\bar{1}$,89818
1,70	0,800	0 23045	$\bar{1}$ 90309
1,75	0,820	0.24304	$\bar{1}$ 91381
1,76	0 825	0.24551	$\bar{1}$,91645
	Σb_{II} =	1,25811	$\Sigma a_{II} = \bar{1}$,36984

Пример: По данным, приведенным в таблице образца XXII, имеем $\alpha_1 = \Sigma a_1 = \overline{2},71450$; $\alpha_2 = \Sigma a_{11} = \overline{1},36984$.

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \overline{1},34466$$

$\beta_1 = 0,28812$; $\beta_2 = 1,25811$

$$\beta_1 - \beta_2 = \overline{1},03001$$

$$m = \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\beta_1 - \beta_2} = \frac{\overline{1}.34466}{\overline{1},03001} = \frac{-0,65534}{-0,96999} = 0,675$$

$$lg\,K = \alpha_1 + \alpha_2 - m(\beta_1 + \beta_2) : n = \frac{\overline{2},08434 - 0,675.1,54623}{n} = \frac{\overline{3},04064}{12} =$$

$$= \frac{-2,95936}{12} = -0,24661 = \overline{1},75339;\ K = 0,567.$$

Уравнение принимает вид

$$v_{kp} = 0,567\,h^{0,67}$$

B. Метод корреляции

Логарифмируя уравнение Кеннеди (40) в общем виде

$$lg\,v = lg\,K + m\,lg\,h$$

и полагая

$lg\,v = y$; $lg\,K = b$; $m = a$ и $lg\,h = x$, приводят его к виду

$$y = ax + b \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (49),$$

определяющему вид уравнения регрессии между логарифмами критической скорости и средней глубины.

Значения a и b вычисляются следующим путем: определяют среднее значение $lg\,h$

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2 + x_3 \ldots + x_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (50)$$

и среднее значение $lg\,v$

$$y_0 = \frac{y_1 + y_2 + y_3 \ldots + y_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (51)$$

где $x_1; x_2 \ldots x_n$ — логарифмы средней глубины по каждому определению, а $y_1; y_2 \ldots y_n$ — логарифмы соответствующих скоростей, n — число отдельных определений.

Вычисляют сумму разностей между логарифмами значения v и h и их средним значением y_0 и x_0

$$\left.\begin{array}{ll} \Delta x_1 = x_1 - x_0 & \Delta y_1 = y_1 - y_0 \\ \Delta x_2 = x_2 - x_0 & \Delta y_2 = y_2 - y_0 \\ \Delta x_3 = x_3 - x_0 & \Delta y_3 = y_3 - y_0 \\ \ldots\ldots\ldots & \ldots\ldots\ldots \\ \Delta x_n = x_n - x_0 & \Delta y_n = y_n - y_0 \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots (52)$$

$$\Sigma \Delta x_i = \Sigma x_i - n x_0 \qquad \Sigma \Delta y_i = \Sigma y_i - n y_0$$

и сумму квадратов разности $\Sigma \Delta x_i^2$ и $\Sigma \Delta y_i^2$.

Коэфициент корреляции определяют из выражения:

$$r = \frac{\Sigma (\Delta x_i \Delta y_i)}{\sqrt{\Sigma \Delta x_i^2 \Sigma \Delta y_i^2}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (53)$$

с вероятной ошибкой

$$\varepsilon_1 = \pm 0.674 \frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (54)$$

Искомые коэфициенты уравнения регрессии . . . . . (49) будут

$$a = \frac{\Sigma(\triangle x_i \triangle y_i)}{\Sigma \triangle x_i^2} = m \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (55)$$

$$b = y_0 - a x_0 = lg K = A$$

$$K = A\,10^A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (56)$$

При вычислении способом корреляции порядок обработки может быть принят следующий:

а) составляют таблицу значений v и h и lg v и lg h (образец XXIII);

б) суммируют отдельно lg v и lg h и определяют их средние значения $\left(y_0 = \frac{\Sigma y_i}{n};\ x_0 = \frac{\Sigma x_i}{n}\right)$;

в) в отдельных графах таблицы вычисляют разность между каждым значением lg v и средним их значением (lg v $- y_0 = \triangle y$) и между каждым lg h и их средним значением (lg h $- x_0 = \triangle x$);

г) далее определяют произведения $\triangle x$ на $\triangle y$ и квадраты $\triangle x^2$ и $\triangle y^2$.

XXIII

v	h	lg v y_i	lg h x_i	$lgv - y_0 = \triangle y$	$lgh - x_0 = \triangle x$	$\triangle y^2$	$\triangle x^2$	$\triangle x \triangle y$
0,540	0,908	$\bar{1}$,73239	$\bar{1}$,95809	$\bar{1}$,89203	$\bar{1}$,82924	0,01166	0,02916	0,01844
0,548	0,926	$\bar{1}$,73878	$\bar{1}$,96661	$\bar{1}$,89842	$\bar{1}$,83776	0,01032	0,02632	0,01648
0,593	1,07	$\bar{1}$,77305	0,02938	$\bar{1}$,93269	$\bar{1}$,90053	0,00453	0,00989	0,00669
0,599	1,15	$\bar{1}$,77743	0,06070	$\bar{1}$,93707	$\bar{1}$,93185	0,00396	0,00464	0,00429
0,680	1,35	$\bar{1}$,83251	0,13033	$\bar{1}$,99215	0,00148	0,00006	0,00000	−0,00001
0,725	1,39	$\bar{1}$,86034	0,14301	0,01998	0,01416	0,00040	0,00020	0,00028
0,726	1,40	$\bar{1}$,86094	0,14613	0,02058	0,01728	0,00042	0,00030	0,00036
0,754	1,48	$\bar{1}$,87737	0,17026	0,03701	0,04141	0,00062	0,00171	0,00153
0,791	1,67	$\bar{1}$,89818	0,22272	0,05782	0,09387	0,00334	0,00881	0,00543
0,800	1,70	$\bar{1}$,90309	0,23045	0,06273	0,10160	0,00393	0,01032	0,00637
0,820	1,75	$\bar{1}$,91381	0,24304	0,07345	0,11419	0,00539	0,01304	0,00839
0,825	1,76	$\bar{1}$,91645	0,24551	0,07609	0,11666	0,00579	0,01361	0,00888
	Σ	$\bar{2}$,08434	1,54623			0,05042	0,11800	0,07715
	$\frac{\Sigma}{n}$	$\bar{1}$,84036	0,12885					

д) суммируют $\triangle x \times \triangle y$ и $\triangle x^2$ и $\triangle y^2$;

е) по формулам 55 и 56 определяют m и K, а по формулам 53 и 54 — коэфициент корреляции и вероятную ошибку.

Пример: По данным, приведенным в таблице XXIII, имеем следующее решение:

$$y_0 = \frac{\bar{2},08434}{12} = \frac{-1,91566}{12} = -0,15964 = \bar{1},84036;$$

$$x_0 = \frac{1{,}54623}{12} = 0{,}12885$$

$\Sigma(\triangle \times \triangle y) = 0{,}07715$; $\Sigma \triangle x^2 = 0{,}11800$.
Решая по формуле 55, имеем

$$m = \frac{0.07715}{0{,}11800} = 0{,}654$$

и по формуле 56,
$lg K = \bar{1}{,}84036 - 0{,}654.0{,}12885 = \bar{1}{,}84036 - 0{,}08427 = \bar{1}{,}75609$;
$K = 0{,}571$.
Уравнение Кеннеди принимает вид $v_{kp} = 0{,}571\ h.^{0654}$

Коэфициент корреляции по формуле 53 равен

$$r = \frac{0{,}07715}{\sqrt{0{,}05042.0{,}11800}} = \frac{0{,}07715}{\sqrt{0{,}00594956}} = \frac{0{,}07715}{0{,}07714} = 1{,}000$$

с вероятной ошибкой (по формуле 54) $\varepsilon = 0$, что показывает на весьма близкую к линейной связи значений логарифмов скоростей и глубин, а, следовательно, и на то, что определенная формула $v = 0{,}571\ h^{0{,}654}$ близка к действительной зависимости между v и h на данном участке.

После того, как коэфициент в формуле Кеннеди будет определен и все вычисления проверены, строят кривую зависимости между v и h с нанесением точек фактических измерений. Кривую следует проводить только в пределах измерения. Построение кривой ведут, задаваясь произвольными округленными значениями h, логарифмируя каждый раз полученное уравнение.

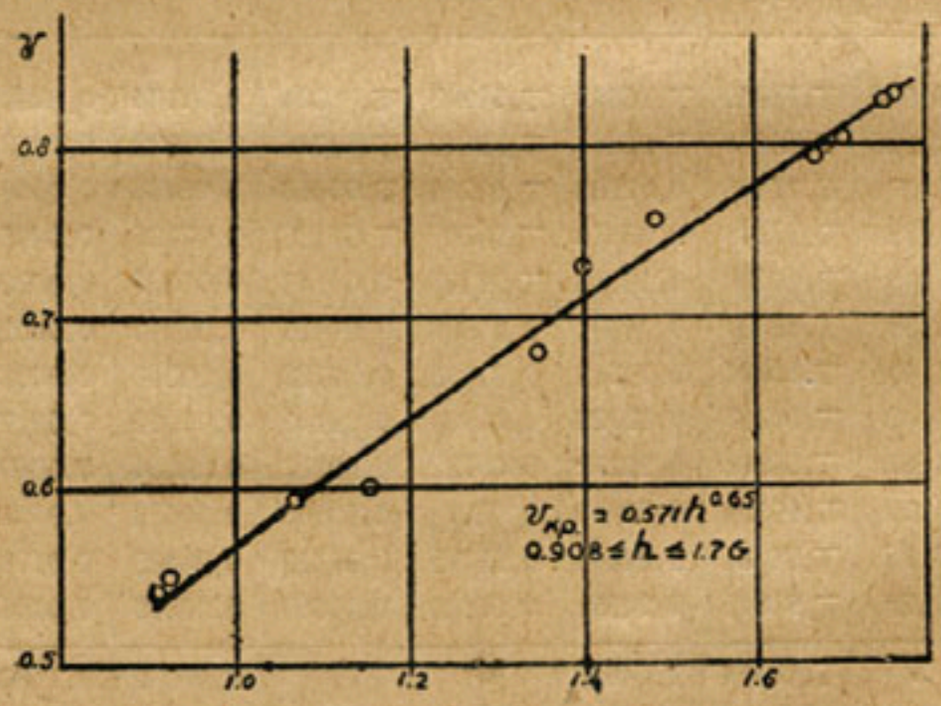


Рис. 36

Пример построения кривой показан на рис. 36 (по данным вычисления, приведенным в предыдущем примере). На чертеже следует показывать верхний и нижний пределы интерполяции.

Вычисление формулы Кеннеди вообще рекомендуется производить как способом нулевых сумм, так и способом корреляции, во-первых, с целью проверки вычисления и, во-вторых, для выбора после построения кривой уравнения, более близко подходящего к фактически определенным в поле точкам.

В. Графический метод

Заключается в нахождении уравнения регрессии между логарифмами критической скорости и средней глубины (формула 49, $y = ax + b$) с помощью построения уравнения на логарифмической сетке.

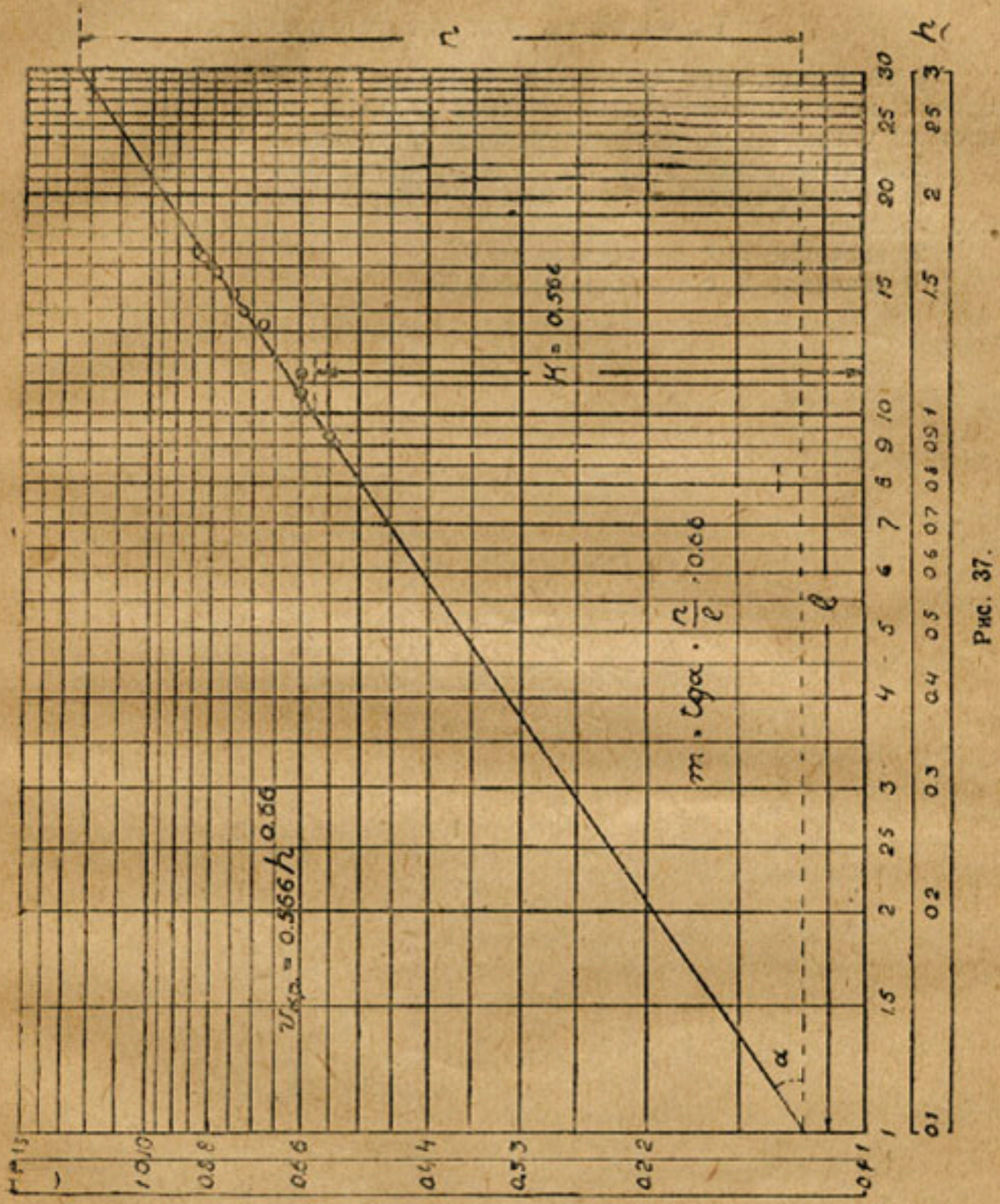


Рис. 37.

Этот способ исключает необходимость логарифмирования данных, так как на координатах сетки показаны числа, логарифмы которых изображены логарифмической шкалой (рис. 37).

Для нахождения численных значений коэфициентов в уравнении a и b, а следовательно, и значений m и K в формуле Кеннеди на логарифмическую сетку наносят точки по фактически измеренным скоростям и глубинам, по которым проводят прямую на глаз, если положение точек не вызывает затруднений, или по условным точкам отдельных групп. Значение $a = m$ получится определением $tg\alpha$—угла,

составляемого прямой с осью h (на черт. 37 — отношение отрезков $\frac{n}{l}$, измеренных линейным масштабом), а величина b = K — отрезком, отсекаемым прямой по координате v, соответствующей h = 1 (на рис. 37 b = K = 0,566), измеренным в масштабе скоростей.

Точность вычисления

§ 19. Вычисление скоростей, расходов воды и наносов и всех прочих необходимых гидравлических величин производится с точностью, указанной в соответствующих инструкциях 1-й части.

Для вычисления формулы Кеннеди необходимо произвести:

1) логарифмирование с помощью четырехзначных или пятизначных таблиц;

2) значение m с точностью до 0,01;

3) значение K с точностью до 0,001.

III. Изучение предельных скоростей, безопасных в отношении размыва грунтов, слагающих ложе каналов

Состав работ

§ 1. Значения скоростей течения, при которых начинает происходить размыв грунта ложа каналов или естественных источников, зависят:

а) от физических, химических и механических свойств грунтов, слагающих ложе;

б) от гидравлических величин потока — глубины уклонов и пр.;

в) от формы русла в плане и по сечению;

г) от характера течения потока — распределения скоростей по живому сечению, направления струй, наличия и характера водоворотов, взмывов;

д) от состояния русла потока (чистое или заросшее, степень и характер растительности);

е) от состава наносов и от степени насыщенности потока наносами;

ж) от степени шероховатости ложа.[1]

§ 2. Таким образом, работы по исследованию предельно допустимых скоростей на участках канала, состав грунта которых отвечает заданиям, должны состоять в определении, при различных скоростях потока, всех вышеперечисленных гидравлических величин и других моментов и в установлении степени размываемости грунта русла участка.

Каждый комплекс работ отдельного опыта (измерения при некоторой установившейся скорости течения) должен включить в себе:

1. Измерение скоростей течения потока на участке при установившемся расходе воды.

2. Определение площадей живого сечения на участке.

3. Определение поверхностных уклонов воды.

4. Определение расходов наносов в начале и в конце участка для учета характера размыва или заиления.

5. Взятие проб донных передвигающихся наносов.

6. Регистрацию всех сопутствующих опыту явлений.

Общими же предварительными работами для всего участка исследования являются:

1. Выбор участка исследования.

2. Съемка участка с подробным описанием его и с отбором проб грунтов для детальной характеристики их состава и физико-химических свойств.

---

[1] Вопрос влияния всех перечисленных моментов на изменение предельно допустимых размывающих скоростей далеко еще не разрешен и стоит перед исследователями почти в полном объеме. К настоящему времени по размывающим скоростям имеются лишь примерные данные о размере их для разных грунтов.

К регулярным ежедневным наблюдениям в течение всего периода производства исследования относятся:

1. Наблюдение за горизонтами воды.

2. Взятие проб взвешенных и донных передвигающихся наносов в постоянных точках живого сечения в начале и в конце участка

3. Ориентировочное определение скоростей течения на участке (хотя бы поверхностных скоростей поплавками — по стрежню потока).

Общий порядок работ

§ 3. Исследование допустимых размывающих скоростей может производиться вообще только на тех участках канала, где при некоторых условиях движения потока наблюдаются явления размыва грунта. Наблюдениями обязательно должны быть зафиксированы те скорости, при которых начинается размыв, и те скорости, при которых размыв прекращается.

Наилучшим порядком проведения работ на участке является производство отдельных опытов при разных скоростях, постепенно увеличивающихся до возможного предела, а затем при постепенно уменьшающихся до их минимального значения.

Этот порядок, конечно, возможен только на участках каналов, расход воды по которым может регулироваться с помощью соответствующих гидротехнических сооружений.

При производстве работ на каналах или естественных источниках, расходы воды на которых не поддаются регулировке, исследования должны иметь стационарный более продолжительный характер и охватывать весь период возрастания и убывания расходов воды.

Как при повышении, так и при понижении расходов воды, определения в каждом случае следует производить при 8 — 10 разных скоростях, через равные, по величине скорости, интервалы, с обязательным захватом минимальных и максимальных их значений.

Выбор участка

§ 4. Участок для изучения предельно допустимых скоростей должен:

1. По составу грунта и по характеру русла отвечать поставленным заданиям.

2. Быть, согласно § 3, размываемым при некоторых значениях скоростей течения.

3. Обеспечивать равномерное движение потока, другими словами быть:

а) прямолинейным, с однообразным сечением русла на всем своем протяжении, с однообразной шириной и глубиной и с однообразной крутизной откосов;

б) с однообразным уклоном дна;

в) со спокойным параллельно-струйным течением, со стрежнем по оси потока;

г) с однообразным уклоном воды, без перекатов, заводей.[1]

4. На участке и в районе его не должно быть никаких гидротехнических сооружений, работа которых может влиять на движение потока на участке.

В пределах участка допустимы лишь мелкие водовыпуски, не действующие во время производства опытов.

---

[1] Эти же условия желательно сохранить выше и ниже участка, примерно на 5—10-кратной ширине потока.

5. Состав грунта на участке должен быть однообразным.

Примечания: 1. Криволинейные и неправильные участки выбираются в случае специального изучения размывания русла на закруглениях и размывания на участках с неравномерным движением.

2. Извилистые участки допускаются на туземных каналах при отсутствии более подходящих прямолинейных.

3. Заросшие участки исследуются при изучении влияния растительности на размывающие скорости.

§ 5. Длина участка должна быть достаточной для точного определения уклона воды (см. § 8 инструкции I, 2-й части).

Съемка и описание участка

§ 6. Для съемки участка, а в дальнейшем для определения площади живого сечения и его элементов при производстве каждого опыта разбивается на равных друг от друга расстояниях не менее 21 поперечника.

Разбивка поперечников, нивелировка их и пр. производятся по правилам, указанным в инструкции I, 1 й части.

Во время съемки для более детальной характеристики состава грунта берутся пробы:

1. С помощью щупа со дна и берегов по трем, четырем поперечникам (по 3 пробы на каждом).

2. Из шурфа, отрываемого на берегу (примерно, на середине участка) через каждые 0,5 — 1 м до глубины, примерно, на 1 м глубже дна канала. Пробы следует брать в ненарушенном состоянии для последующего определения физических свойств грунта (порозности, связности).[1]

§ 7. Повторные съемки (нивелировка поперечников) производятся для определения при каждом опыте средних площадей живых сечений и для учета изменения русла. Съемка ведется по всем без исключения поперечникам.

Когда сроки между отдельными опытами значительны и в течение их происходят изменения в режиме скоростей, нивелировку поперечников следует производить и в периоды между производством полных циклов наблюдения, приурочивая ее к моментам, следующим тотчас же за изменением скоростей.

Рабочие створы

§ 8. Рабочие створы для определения расходов воды (скоростей) и наносов совмещаются с поперечниками, разбитыми в начале и в конце участка. Это условие требует при определении границ участка учета общих условий, ставящихся при выборе створов и обеспечивающих точность измерения скоростей и взятия проб наносов (инструкция IV, часть 1-я.)

§ 9. Для внесения большей определенности в характеристику русла, при съемке участка необходимо производить самое тщательное описание характера русла канала, а в дальнейшем регистрировать все замеченные изменения в период исследования.

Перечень моментов, отмечаемых в описании, указан в инструкции I § 11, 2-й части.

Порядок производства работ при каждом опыте

§ 10. Каждый опыт исследования размывающих скоростей рекомендуется производить в следующей постепенности:

---

[1] При отборе проб необходимо руководствоваться правилами специальных инструкций.

1. После того, как установится определенный расход воды, а следовательно, и скорости течения, производят определение уклона воды на всем протяжении участка, нивелируя горизонты воды по урезам обоих берегов, по правилам, указанным в инструкции III, 1-й части.

2. Измеряют температуру воды в пределах участка с помощью родникового термометра с делением шкалы в 0,2° С (опуская термометр на 2—3 минуты в воду. Отсчеты записывают в журнал для измерения скоростей — образец V).

3. Определяют горизонты воды по водомерным постам, расположенным у рабочих створов в начале и в конце участка (инструкция II, 1-я часть).

4. Приступают к измерению скоростей и взятию проб наносов одновременно на обоих створах в начале и в конце участка, следя в течение всего времени промера за параллельностью производства отдельных приемов измерения (на каждом створе начиная и заканчивая наблюдения примерно на подобно расположенных вертикалях).

Скорость течения следует измерять основным шеститочечным методом (инструкция IV, 1-й части), пробы наносов берут по преимуществу шеститочечным методом и только в случаях повторных наблюдений при одних и тех же скоростях течения допускается применять суммарный метод (инструкция V, 1-й части).

Одновременно с взятием проб взвешенных наносов и измерением скоростей течения, берут пробы донных передвигающихся наносов по 2 - 3 вертикалям с помощью специальных уловителей наносов.

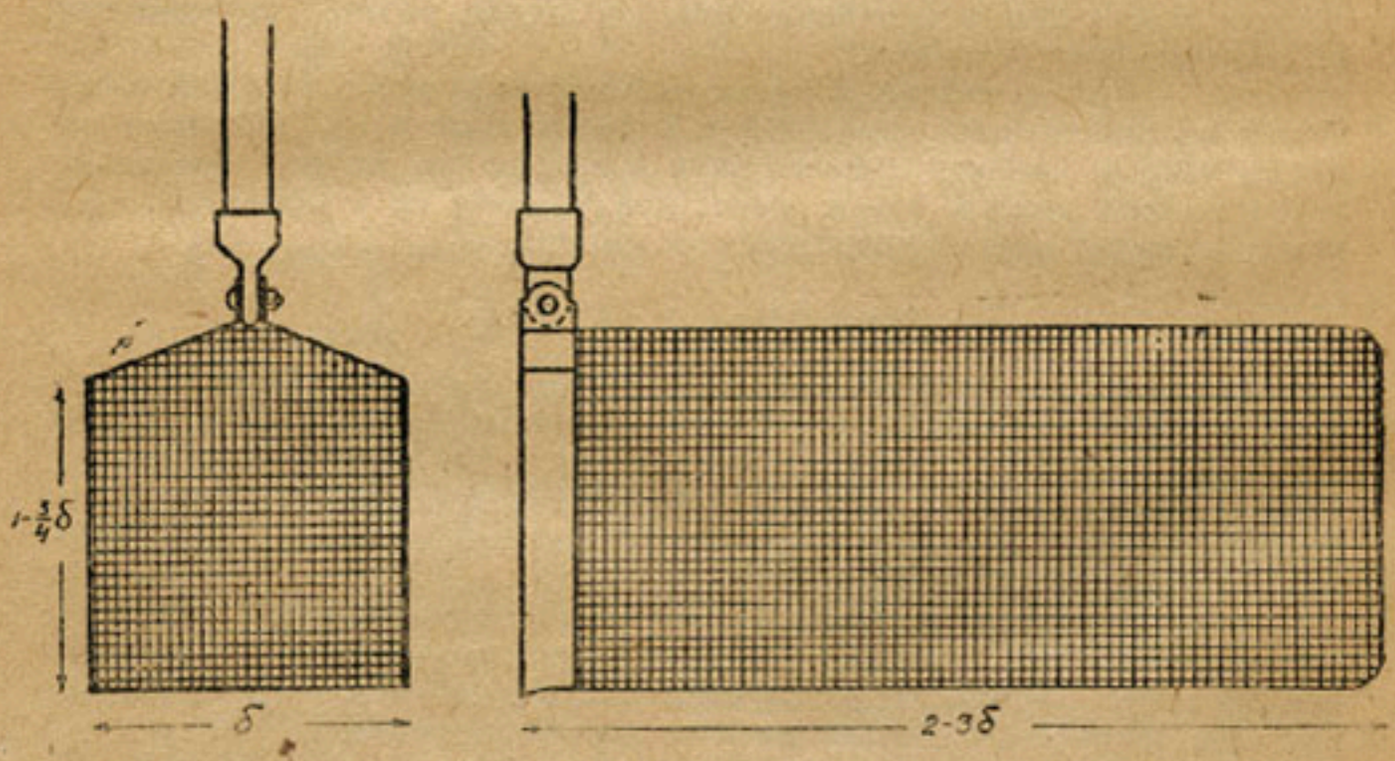


Рис. 38.

Приборы для улавливания донных передвигающихся наносов далеки от совершенства, а те конструкции, которые применяются в практике, имеют мало друг перед другом преимуществ, ибо все они, как искажающие естественное движение наносов, мало пригодны для количественного учета их.

Существующие приборы ограничивают задачу учета освещением только качественной стороны явления. При исследованиях размывающих скоростей взятие проб донных наносов преследует цель определения момента начала и конца движения их с увязкой с величинами донных и средних скоростей течения.

Одним из наиболее простых приборов является сетка (изображенная на рис. 38), устанавливаемая на дно с помощью штанги. Сетки изготовляются из обыкновенной проволочной ткани, размер клетки которой должен быть меньше попадающих частиц донных наносов. Для взятия проб крупных наносов (гальки), сетки для прочности устраиваются двойными — прочная наружная с крупной клеткой (2-3 см) и внутренняя вкладная мелкая по размеру наносов.

При взятии проб необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. В каждой точке пробу брать не менее 3 раз, для получения средней характеристики или для получения уверенности в отсутствии передвигающихся наносов.
2. Сетки необходимо располагать отверстием нормально течению.
3. Учитывать точно время выдержки прибора у дна.
4. Не допускать переполнения сетки наносами.
5. При установке сетки на дно стараться не нарушать структуры грунта.

Для характеристики наносов в пробе необходимо:

1. В каждой пробе определить размер частиц, просеивая пробу последовательно через сита с определенным размером отверстия.
2. Определить вес каждой фракции отдельно.
3. Сделать подробное описание пробы с указанием продолжительности взятия и обстоятельств, сопровождавших опыты.

5. Одновременно с началом работы по измерению скоростей, приступают к нивелировке поперечников на участке, следуя правилам, изложенным в инструкции I, 1-й части.

6. В течение времени производства нивелировок и измерения скоростей периодически наблюдают за горизонтами воды у обоих створов (инструкция IV, 2-й части, § 20).

7. По окончании измерений скоростей и взятии проб наносов, вторично определяют уклон воды, температуру воды и фиксируют окончательно горизонт.

Весь перечисленный комплекс работ необходимо произвести в течение одного дня и при незначительных колебаниях горизонта воды.

§ 11. В течение всего периода исследования на участке, при обычных ежедневных наблюдениях за горизонтами воды, следует брать на каждом створе в постоянных точках живого сечения пробы взвешенных и донных передвигающихся наносов.

Пробы желательно брать по стрежневой вертикали, при чем взвешенные суммарным порядком на 3 точках — у поверхности, на 0.6 h и у дна.

При взятии указанных проб следует производить промеры глубин на верхнем и нижнем створах.

Обработка материалов

§ 12. В конечном результате обработка полевых наблюдений должна быть сведена к ряду таблиц и чертежей, на основании которых получают решение о значениях предельных скоростей и устанавливают моменты, их обусловливающие.

Обработка должна дать:

1. План участка исследования, составляемый по инструкции I, 1-й части.

2. Подробное описание участка с характеристикой состава и свойств грунта, полученной на основе лабораторных анализов проб и их испытаний (§ 6).

3. По каждому опыту:

а) таблицу скоростей по каждому створу (образец XXI), иллюстрированную чертежом живого сечения с изотахами, с эпюрами скоростей и расходов (инструкция IV, 1-я часть);

б) чертежи расхода наносов по каждому створу по фракциям,[1] с кривыми равных расходов и мутностей с эпюрами и пр. (инструкция V, 1-я часть).

4. Сводную таблицу гидравлических элементов потока на каждое определение с вычисленными коэфициентами шероховатости[2] (образец XX без граф, характеризующих состав наносов).

5. Сводную таблицу расходов наносов для каждого створа (образец XVII).

6. Общую сводную таблицу по расходам наносов с указанием соотношения расходов и мутности между створами (образец XXIV).

XXIV

№ № расх.	Дата измерения	Расход воды[1]	Ср. скорость течения на участке	Отношение в % расходов наносов ниж. створа к верх.					Примечание
				Общ	1 фр	2 фр	3 фр.	4 фр.	
7	8 VIII	25.5	1,025	115 6	91,3	115,0	126,7	117,0	1. Расход воды определяется как средний между верхним и нижним створами
8	10. VIII	18,3	0,825	97,0	114,3	84,[illegible]	95,8	99,5	

(С примерным заполнением)

6. Сводную таблицу проб передвигающихся по дну наносов, взятых при проведении опыта и при ежедневных наблюдениях (примеры, образец XXV).

XXV

Число	№ № расходов	Верхний створ								Нижний створ							
		№ № верт.	Глубина вертик.	Скорость на вертик.		Вес наносов в пробе в грамм				№ № верт.	Глубина вертик.	Скорость на вертик.		Вес наносов в пробе в грамм.			
				Сред.	У дна	Общ.	1 фр	2 фр.	3 фр.			Сред.	У дна	Общ.	1 фр.	2 фр	3 фр.
7.VIII	—	5	2 15	1 75	1 42	12,3	--	10,2	2,1	5	2,18	1,80	1,40	10,5	—	8,0	2,5
8	7	5	2,10	1,70	1 30	5,0	—	4,0	1,0	5	2,00	1,60	1 35	2 5	—	—	2,5
9	—	5	2,25	2,00	1,51	14,4	7,0	6,0	2,4	5	2,40	1 95	1,60	21 7	0,5	8,0	3,2
10	—	5	2,01	1,6	1,25	—	—	—	—	6	2,13	1,60	1,15	0,5	—	—	0,5

Примечание.

1. Вес пробы показывается к единицу времени (в одну минуту).
2. Вес по отдельным фракциям определяется по данным анализа.
3. Указывается принятый размер частиц по фракциям (напр.—1 фр. > 5 мм, 2 фр. от 5 до 1 мм, 3 < 1 мм).

7. Сводную таблицу данных по взвешенным наносам, взятым при ежедневных наблюдениях по обоим створам с указанием относительного содержания наносов в пробах (образец XXVI).

[1] Анализ производится обычно на 4 фракции.

[2] Полевой материал дает все данные для вычисления коэфициента шероховатости.

Число	Расход воды	Верхний створ: Пл. жив. сеч. по створу	Ср. скорость по створу	Ср. глубина створа	Глубина верт., где брались пробы	Относительное содержание наносов в пробе в гр. на литр или кг на куб. м: Общ.	1 фр.	2 фр.	3 фр.	4 фр.
7. VIII	27,3	17,6	1,55	1,80	2,15	6,32	2,70	1,15	1,32	1,15
8	25,5	17,1	1,49	1,78	2,25	5,17	2,43	0,96	1,02	0,76
9	20,2	15,5	1,30	1,60	2,01	6,03	2,15	1,23	1,30	1,35

Нижний створ: Пл. жив. сеч. по створу	Сред. скорость по створу	Сред. глубина створа	Глуб. вертик., где брались пробы	Относит. содержание наносов в пробе в гр на литр или кг на куб. м: Общ.	1 фр.	2 фр.	3 фр.	4 фр.	Отношение в % % относит. содержания наносов нижнего створа к верхнему: Общ.	1	2	3	4
17,4	1,57	1,78	2,18	7,85	2,77	1,40	1,63	2,04	124,0	102,5	121,8	123,5	177,5
15,8	1,52	1,75	1,95	6,15	2,53	1,50	1,00	1,12	119,0	104,0	156,2	98,0	147,5
14,5	1,39	1,53	1,75	5,84	2,10	1,32	1,27	1,14	96,7	97,7	107,2	97,7	84,5

Примечание. Для составления таблицы расходы определяются по кривой расхода, площади живых сечений по данным ежедневных промеров (§ 11).

8. Сводную ведомость намывов и размывов русла участка, составляемую согласно инструкции IV 2-й части, образцы XXVII и XXVIII.

IV. Наблюдение над устойчивостью русла

§ 1. Наблюдение над устойчивостью русла ирригационного канала или русла естественного источника преследует обычно одну из следующих задач:

1. Выбор устойчивых в среднем участков для постановки в последующем исследований условий незаиляемости и определения коэфициентов в формуле Кеннеди (см. инструкцию II, 2-й части, § 5).

2. Изучение наивыгоднейших форм канала, обеспечивающих устойчивость его, например, определение допустимой крутизны откосов, радиуса закруглений.

3. Определение степени устойчивости участка реки, места будущего гидротехнического сооружения.

Во всех случаях изучение устойчивости проводится путем периодических съемок русла на участках и наблюдений над режимом потока:

а) над скоростями течения,

б) над уклонами воды,

в) над характером взвешенных и донных наносов.

Наблюдения имеют стационарный характер; продолжительность их зависит от поставленных задач и в некоторых случаях может быть даже многолетней.

§ 2. Выбор участка для наблюдения устойчивости всецело зависит от задания, так, например:

1. При определении степени устойчивости с целью постановки в дальнейшем исследования условий незаиляемости, участки должны отвечать требованиям, предъявляемым при изучении указанного вопроса. При этом обычно выбирается несколько участков, отличных друг от друга по составу грунта, по гидравлическим элементам потока (скоростям, уклонам, глубинам) и по составу взвешенных наносов.

2. При изучении устойчивых форм каналов участки должны соответствовать заданиям по составу грунта, по форме поперечного сечения и по форме в плане.

3. При наблюдении за устойчивостью русла для детального определения места будущего сооружения, участки обычно устанавливаются проектом.

4. При наблюдении за интенсивностью заиления каналов участки назначаются в характерных для данной системы районах.

§ 3. Съемки участков производятся обычным нивелированием поперечников, разбиваемых по правилам, указанным в инструкции I, 1-й части.

Число поперечников назначается в зависимости от необходимой степени детальности изучения вопроса и должно быть достаточным для точного учета изменения дна и берегов русла. Обычно назначается 11 поперечников на равных друг от друга расстояниях.

Примечания 1. При изучении устойчивости русла на закруглениях, в пределах кривых поперечники следует разбивать не реже чем на половину ширины потока.

2. На участках значительных протяжений (например, при учете заиления каналов), расстояние между поперечниками назначается обычно через 50—100 м.

3 При очень широких потоках обычно естественных русел) поперечники разбиваются на более или менее правильных участках, не реже, чем на одну ширину русла, на неправильных (острова, мели) столь часто, сколь это необходимо для детальной высотной и плановой съемки.

§ 4. Каждая съемка участка должна сопровождаться по возможности определениями:

1. Расхода воды:

2. Расхода взвешенных наносов и взятием проб передвигающихся донных наносов.

3. Уклона воды.

4. Взятием проб грунтов, слагающих дно и берега участка.

В период между съемками необходимо вести учет колебаниям горизонта воды и, путем взятия проб воды и донных наносов, вести наблюдение над изменением режима наносов.[1]

Съемки и указанные измерения следует производить периодически в течение всего периода исследования и во всяком случае в характерные моменты изменения режима потока — при разных расходах воды и наносов. Обязательно должны быть произведены измерения перед вегетационным периодом, в момент повышения расходов воды и мутности, при максимальных расходах, при понижении их после летнего паводка и при установившихся меженных горизонтах.

§ 5. Расходы воды и наносов измеряются на рабочем створе, расположенном в пределах участка и совмещенном с наиболее удобным для измерения поперечником.

Методы измерения расходов зависят от детальности изучения: обычно применяют упрощенные методы—скорости измеряются на трех точках вертикали, пробы наносов берутся на вертикали суммарно. Техника работ указана в инструкциях IV и V 1-й части.

При взятии проб передвигающихся донных наносов можно руководствоваться указаниями инструкции III, 2-й части § 10.

Уклоны воды определяются обычным способом — нивелировкой урезов воды по обоим берегам на каждом поперечнике.

Пробы грунтов берутся со дна и берегов на 3—4 поперечниках.

Описание участка должно содержать все характерные особенности его. Перечень необходимых сведений приведен в предыдущих инструкциях (инструкция I, 2-й части).

Обработка материалов

§ 6. Обработка материалов наблюдения над устойчивостью имеет основной задачей установить общий слой намыва и размыва русла за период между отдельными измерениями (съемками).

Предварительная обработка полевого материала, как то: определение расхода воды, наносов, уклонов, определение площадей живых сечений, составление плана и прочее, ведется согласно указаниям предыдущих инструкций. В этих же инструкциях приводятся формы сводных таблиц, необходимые для сведения результатов наблюдения.

Учет же намыва или размыва на участке наблюдения производится способом сравнения между собой площадей живых сечений русла, определенных при периодических съемках. Необходимое вычисление ведут или аналитическим или графо-механическим способами (или параллельно тем и другим для взаимного контроля).

---

[1] Горизонты воды наблюдаются по водомерному посту, расположенному у рабочего створа; пробы наносов берутся в постоянных точках живого сечения (см. инструкцию V, 1-й части).

А. Аналитический способ

Вычисление объема отложившегося или вымытого грунта на участке за время от съемки до съемки производится по формуле (рис. 39):

$$\beta = \frac{l}{2}\left[(H_1 - H_0)(B_1 + B_0) - 2\ (F_1 - F_0) \right] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (57)$$

где β — в кубических метрах;

H_1 — средний горизонт воды при съемке в конце того периода, за который определяют изменение русла;

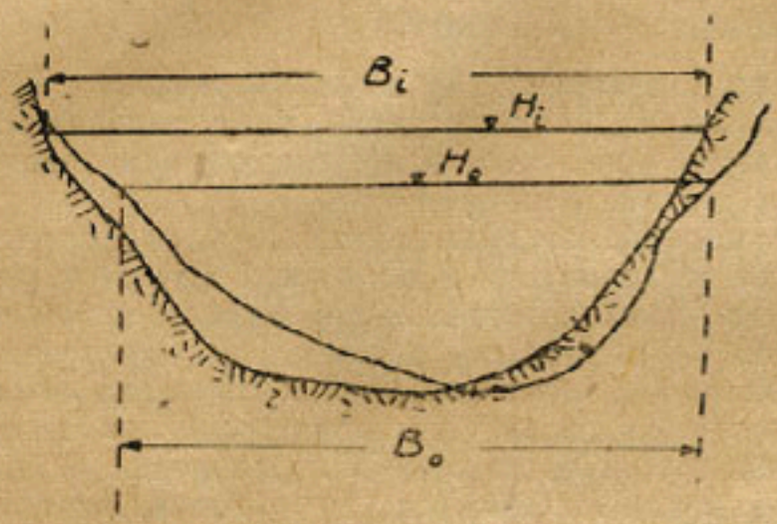


Рис. 39

H_0 — средний горизонт воды при съемке, от которой ведут сравнения;[1]

B_1 и B_0 — средняя ширина зеркала воды на участке в конце и начале периода;

F_1 и F_0 — соответствующие средние по участку площади живых сечений;

l — длина участка в метрах.

Если в результате вычисления по указанной формуле для β получится положительное значение, то это указывает на наличие намыва, при отрицательном — на наличие размыва.[2]

Для перехода на величину среднего слоя (равномерно распределенного по всему участку) намыва или размыва, значение делят на площадь смоченного ложа участка, принимаемую равной Pl, где P — средний смоченный периметр участка.[3]

$$\chi = \frac{\beta}{Pl} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .

Для последовательного вычисления β и χ пользуются вышеприведенной таблицей (образец XXVII).

Б. Графо-механический способ

Заключается в накладке площадей живых сечений участка, определенных при последующих съемках, на таковые же первоначальной съемки и в определении планиметром площадей размывов или намывов (рис. 40).

а

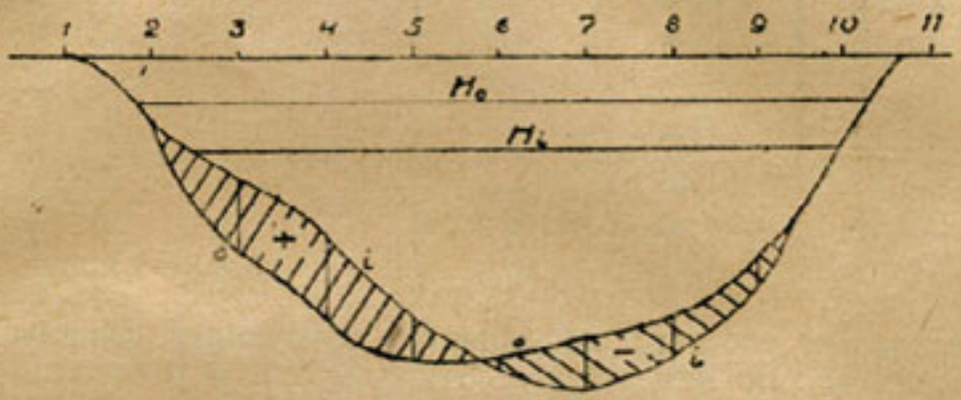


Рис. 40-а

б

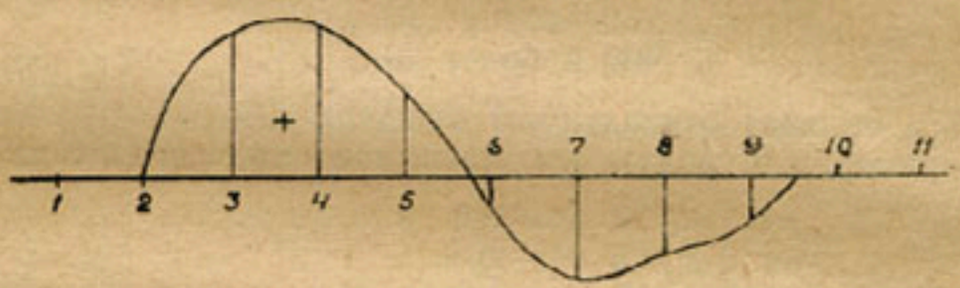


Рис. 40-б.

а) При накладке профилей необходимо следить за совпадением нулевых постоянных точек створов (инструкция I, 1-й части).

При незначительных изменениях дна графическое построение площадей намывов и размывов на поперечнике ведут следующим образом: по горизонтальной оси (рис. 40 „б") от точки нуля на расстояниях, соответствующих положениям промерных вертикалей, откладывают разность глубин между 1-й и 2-й съемками (пользуясь достаточно крупным масштабом). Соединив ординаты плавной кривой, получают площадь изменения русла, которую и планиметрируют.

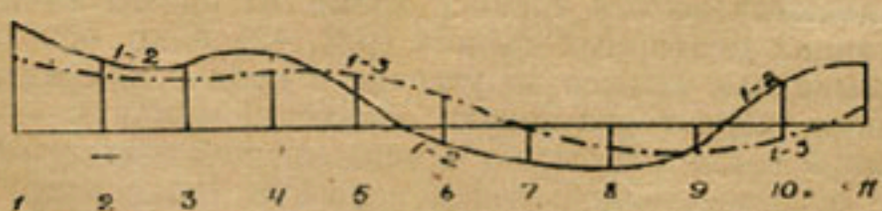


Рис. 41.

б) После определения на каждом поперечнике площадей намывов и размывов и вычисления алгебраической суммы площадей, составляется сводная таблица для всего участка (образец XXVIII).

№№ поперечников	Между съемками					
	1–2	1–3	1–4	1–5	1–6	1–7
1	+0,85	+0,65				
2	+0,40	+0,42				
3	+0,60	+0,48				
4	+0,22	+0,35				
5	—0,45	—0,20				
6	—1,10	—0,78				
7	—0,50	—0,55				
8	+0,85	+0,15				
9	+1,22	+1,25				
10	+1,65	+1,55				
11	+0,70	+0,70				

в) По данным таблицы выполняется следующее графическое построение (рис. 41): по оси абсцисс откладываются расстояния между зацивелированными поперечниками в масштабе при длине участка l

$l <$ 100 м — 4 м в см
от 100—250 „ 5 „ „ „
„ 250—400 „ 10 „ „ „
„ 400 и более 20 „ „ „

По оси ординат откладывают площади намывов (+) или размывов (—) примерно в следующем масштабе[1] при средней для участка

γ м^2 $<$ 2 м^2 — 0,2 м в см
от 2 до 5 м^2 0,5 „ „ „
„ 5 „ 10 — 1,0 „ „ „
$>$ 10 — 2,0 „ „ „

Полученные точки соединяются плавными кривыми, дающими полную картину размывающей и намывающей деятельности воды по продольному сечению участка. Площади этих кривых, измеренные планиметром, дают намывы и размывы в кубических метрах. Алгебраическая сумма площадей дает значения β, совпадающие с таковыми же, вычисленными аналитическим способом.

По показательности графо-механический способ следует предпочитать аналитическому.

Данные намывов и размывов позволяют подойти к решению вопроса о значениях критических размывающих и заиляющих скоростей: откладывая по оси абсцисс время от начала наблюдения до соответствующих повторных съемок (рис. 42), а по оси ординат величину размыва или намыва на участке в кубических метрах (β), получают кривую, характеризующую следующие моменты — восходящие участки кривой свидетельствуют о намывающей деятельности потока, нисходящие о размывающей; точки перегиба (максимумы или минимумы кривой) определяют моменты, когда русло оставалось мало изменяющимся или почти не изменяющимся (переход от намыва к размыву при максимумах и обратно — при минимумах).

[1] Сохраняя масштаб для всех определений за период исследования одинаковый

Если на тот же график нанести средние скорости по участку, то те скорости, которые находятся против точек перегиба, приобретают значения критических.

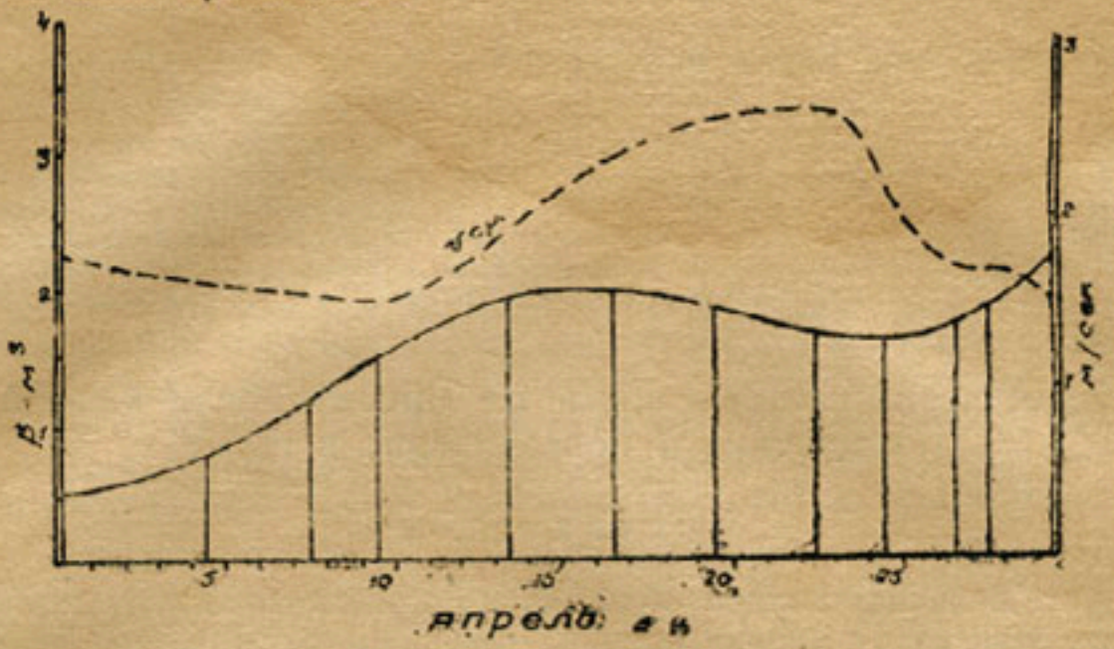


Рис. 42.

Подобным же образом можно детализировать отдельные подучастки и даже отдельные поперечники.

Этим способом полезно проверять выводы, полученные в результате обработки материалов по наносам при изучении размывающих скоростей и условий незаиляемости (инструкции II и III, 2-й части).

V. Определение потерь воды из оросительных каналов на испарение и просачивание в грунт

Состав работ

§ 1. Величина потери воды на просачивания в грунт, вообще говоря, зависит от многих причин, главными из которых являются: 1) фильтрационная способность грунта, 2) глубина залегания грунтовых вод, 3) глубина залегания водонепроницаемых слоев, 4) гидравлические элементы потока (глубина, форма сечения русла, скорости течения), 5) продолжительность действия канала (имеется ли постоянный или периодический ток воды), 6) состояние русла, 7) состав наносов.

Полевые определения потерь должны дать по возможности достаточно полный материал для определения скоростей фильтрации и влияния на них вышеперечисленных моментов.

§ 2. Потери воды на каналах изучаются на отдельных участках, характерных по составу и свойствам грунтов для исследуемого района и соответствующих условиям задания по размеру сечения и пропускной способности.

Комплекс работ каждого опыта состоит из следующего:

1. Определения абсолютной величины потери воды на участке.
2. Определения гидравлических элементов потока на участке.
3. Наблюдения за горизонтами грунтовой воды в районе участка.
4. Наблюдения за испаряемостью воды с водной поверхности на участке.
5. Определения характера проносимых водой наносов.
6. Регистрации всех сопутствующих явлений производства измерений.

Общими же работами при исследовании данного участка являются:

1. Выбор участка, соответствующего условиям задания.
2. Съемка участка и оборудование наблюдений.
3. Подробное описание участка.
4. Закладка шурфов для наблюдения за горизонтами грунтовой воды.
5. Взятие образцов грунтов в районе участка.

Участки исследования

§ 3. Участки для определения потерь должны проходить по возможности в однородных грунтах.

Длина участка должна назначаться с таким расчетом, чтобы действительные потери на участке могли быть учтены способом измерения расходов воды в начале и в конце участка, другими сло-

вами, чтобы величина потерь была больше возможной ошибки измерения (желательно, чтобы потери составляли не менее 5% от расходов воды).

Установить достаточность назначенной длины участка возможно лишь путем пробных измерений.

Примечание. По опыту работ на каналах Средней Азии, в первом приближении, длину участков можно назначать для каналов со значительными расходами (> 10 куб м сек. в зависимости от состава грунта от 5 до 15 км, для каналов с расходом в 2-3 куб м сек. от 3 до 5 км с расходом ≈ 1 куб м — 1-2 км. Для мельчайшей сети с расходом ≈ 100 л/сек — от 500 до 1000 м, а для расходов ≈ 10 — 20 л/с от 200 до 300 м.

При выборе участков необходимо обращать внимание на выклинивание в канал грунтовых вод; участки с явным притоком должны избегаться и только в случае невозможности выбора другого участка или в случае специального задания по определению общего баланса канала, исследование потерь производится и на таких участках.

Примечание. Наличие явления инфильтрации определяется высотой стояния горизонтов грунтовой воды; горизонты их в этом случае должны стоять выше горизонтов воды в канале.

На участке определения потерь по возможности не должно быть водовыпусков (или сбросов в канал), которых нельзя полностью закрыть во время производства наблюдений.[1]

Съемка участка

§ 4. Съемка участка производится обычными, указанными в инструкции I, 1-й части способами, т.-е. по поперечникам, увязанным с магистралью, разбитой параллельно оси потока.

Поперечники разбиваются на участках длиной более 1 км через каждые 100 м, менее 1 км число поперечников не должно быть меньше 11.

Нивелировка поперечников должна полностью установить характер берегов канала, идет ли последний в выемке, в насыпи или полувыемке. Нивелировкой необходимо также захватить все подходящие близко к каналу овраги, обрывы, русла старых арыков и пр.

§ 5. Повторные съемки производятся: 1) при продолжительных, имеющих стационарный характер исследованиях (охватывающих, например, целиком поливной период) не менее 4-5 раз, а) до чистки канала или до наступления начала весенних поливов, б) после чистки, в) во время наибольших расходов воды, г) при убывании расходов, д) в конце поливов; 2) при рекогносцировочных, непродолжительных наблюдениях — не менее 2 раз — в начале и в конце работ.

Каждый раз нивелировка должна вестись по одним и тем же точкам.

Во время съемок следует брать пробы дна хотя бы через поперечник в одной точке дна.

Во время производства нивелировок весьма желательно, чтобы все водовыпуски на участке были закрыты или во всяком случае те из них, которые закрываются во время работ по определению потерь.

Во всяком случае в полевых записях должна точно отмечаться работа каждого водовыпуска во время нивелировок (какие водовыпуски были открыты или закрыты с начала до конца работ, в каких производились во время работ регулировки расходов и т. п.).

[1] Действующие на участке водовыпуски и сбросы сильно понижают точность определения потерь и значительно увеличивают объем работ.

Для более точного определения продольных уклонов воды на участке, съемку необходимо производить при неизменном горизонте воды, а так как при длинных участках это не всегда возможно (съемка может продолжаться несколько дней), то перед нивелировкой на урезах воды по разбитым поперечникам, в течение непродолжительного времени (при постоянном горизонте) следует отметить уровни воды (забивкой колышков с отметкой) и затем заниве-лировать их при нивелировке.

Примечание. Для увязки уклонов с горизонтами воды, определение уклонов желательно производить и в промежутки между съемками при разных горизонтах воды; подобная увязка необходима для вычисления путем интерполяции средних элементов живого сечения участка при каждом определении потерь.

Наблюдательные шурфы

§ 6. Одновременно с первой съемкой участка выбираются места для шурфов с целью организации по ним в дальнейшем наблюдений за горизонтами грунтовой воды и с целью отбора при отрывке проб грунтов для детальной характеристики их состава.

Шурфы назначаются по створам, расположенным нормально к направлению русла канала; створы обычно совмещаются с поперечниками, разбитыми для съемки.

Число шурфовых створов при достаточно однородном грунте в районе участка исследования должно быть не менее 3 — в начале, в середине и в конце участка.

При разнородном грунте, а равно при разной глубине залегания грунтовых вод, число створов увеличивается с расчетом более подробного освещения состава грунта и выделения районов с высокими грунтовыми водами. Дополнительные шурфовые створы совмещаются с дополнительными рабочими створами измерения расходов (§ 9).

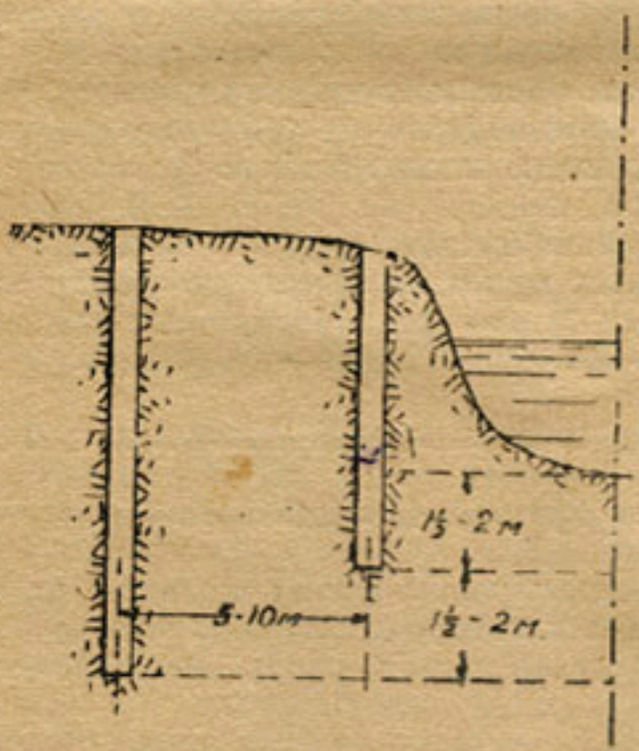


Рис. 43.

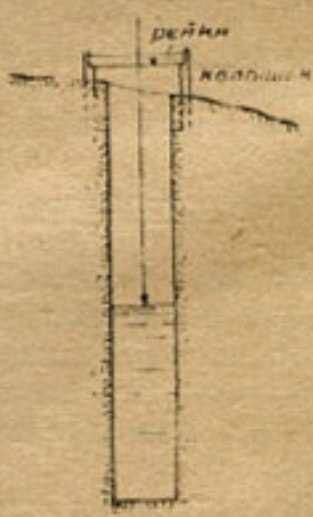


Рис. 44.

На каждом створе число шурфов не должно быть менее четырех — по 2 шурфа на каждом берегу. Первый шурф на каждом берегу закладывается по возможности в непосредственной близости к руслу, второй метров на 5 — 10 от первого (рис. 43).

Шурфы закладываются на 1 м глубже уровня грунтовой воды. Если же грунтовые воды залегают глубоко, то ближайший к урезу воды шурф закладывается метра на $1^1/_2 - 2$ глубже отметки дна русла на данном поперечнике, а следующий на $1^1/_2 - 2$ м глубже первого.

Примечание. Для характеристики же глубин залегания грунтовых вод в районе участка следует производить замеры их по существующим колодцам в районе, увязывая отметки горизонтов с отметками общей съемки; следует также занивелировать горизонты выходов грунтовых вод в районе.

§ 7. При закладке шурфов берут пробы грунта по всей глубине — при однородном грунте через каждый 1 м, при слоистом — не менее 2 проб в каждом заметном слое. Пробы берутся: 1) для определения в дальнейшем механического состава (по выборочным пробам), 2) для определения порозности (для чего пробы необходимо брать с ненарушенной структурой грунта, руководствуясь правилами специальных инструкций), 3) для определения на месте влажности грунта (если последнее вызывает затруднение, при отрывке шурфов необходимо отмечать отметку начала заметного увлажнения грунта).

§ 8. Для наблюдения по шурфам за колебаниями горизонтов грунтовых вод, около каждого шурфа устанавливаются постоянные высотные точки (репера), от которых и производят отсчеты по размеченному шнуру (рис. 44).

В створе шурфов на канале необходимо устанавливать, кроме того, водомерный пост, горизонты воды потока по которому регистрируются одновременно с наблюдениями по шурфам.

§ 9. Для учета потерь воды створы для измерения расходов воды на основном участке устанавливаются:

1. При однородном грунте и при равномерной глубине залегания грунтовых вод, в начале и в конце участка.

2. При разнородном грунте, кроме основных в начале и в конце участка, устанавливаются дополнительные створы на границах перехода одного грунта к другому.

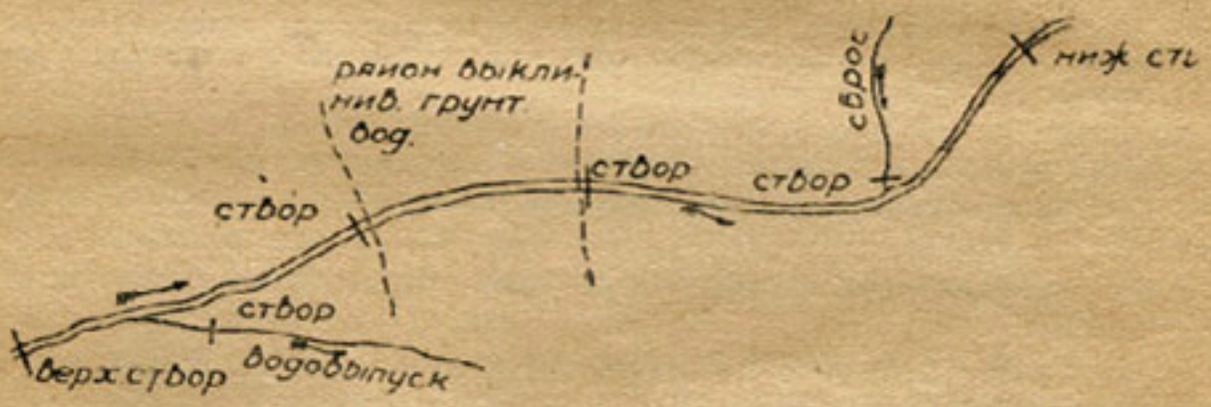


Рис. 45.

3. Если на протяжении участка имеются районы с высокими грунтовыми водами, допускающие возможность выклинивания их в русло канала, то, кроме основных створов, устанавливаются дополнительные выше и ниже района питания канала подпочвенными водами.

4. На участках значительного протяжения (>10 км, хотя бы и с равномерной глубиной грунтовых вод и с однообразным грунтом), кроме створов в начале и в конце участка, следует устанавливать контрольные — по середине участка.

Кроме створов на основном исследуемом канале, таковые устанавливаются на всех водовыпусках из канала в головной части их и на всех сбросах воды в канал (рис. 45).

Примечание. На водоотводах и сбросах створы измерения расходов воды устанавливаются только в том случае, если их нельзя закрыть во время проведения опытов.

Створы измерения оборудуются обычным образом, указанным в инструкции IV, 1-й части, на каналах с расходом более 0,5 куб. м/сек. для вертушечных измерений, на мелкой и мельчайшей сети — для водосливных определений.

Описание участка

§ 10. С целью характеристики участка составляется его описание, которое должно содержать сведения:

1. О форме русла в плане и форме поперечного сечения.

2. Проходит ли канал в насыпи, полувыемке или выемке (причем должно быть отмечено протяжение длины участка в насыпи, полувыемке или выемке), высота дамб, время их возведения.

3. О режиме водного потока, продолжительности действия канала, о нормальных расходах воды.

4. О всех гидротехнических сооружениях, расположенных на участке.

5. О зарастании растительностью отдельных частей участка, русла и берегов.

6. О размывах на участке и их интенсивности.

7. О всех выходах на поверхность подземных вод, местах этих выходов, размерах выходов.

Измерение расходов

§ 11. Определение потерь на участке производится параллельными измерениями расходов воды на всех створах участка.

Время измерения на отдельных створах должно быть согласовано со временем отражения на них колебаний горизонтов, зарегистрированных в начале участка.

Примечание. Практически это устанавливается предварительным пуском поплавков. К измерению расходов воды по створам участка приступают в момент дохода до них поплавка.

Расходы воды следует определять шеститочечным методом и с соблюдением всех правил, обеспечивающих точность работ (инструкция IV, 1-й части).

Расходы на всех створах определяют обязательно однотипными вертушками.

При учете потерь с помощью водосливов (на мелкой сети), полезно, для проверки правильности их показаний при каждом опыте менять их, устанавливая нижний водослив на верхний и обратно.

Во время производства замеров необходимо тщательно наблюдать за работой водовыпусков, не допуская на них увеличения расхода, а на закрытых совершенно не допуская просачивания воды.

§ 12. Во время производства измерений расходов на створах определяют:

1. Температуру воды с помощью родниковых термометров со шкалой в 0,2° С (в начале и в конце участка).

2. На всех створах ведут наблюдение за горизонтами воды в канале согласно инструкции II, 1-й части.

3. По всем шурфам определяют горизонт стояния грунтовых вод.

4. На верхнем и нижнем створе берут пробы взвешенных наносов в постоянной точке живого сечения (инструкция V, 1-й части).

5. Наблюдают за испарением с водной поверхности канала и за осадками по плавучим испарителям (с дождемером), устанавливаемым в начале и в конце участка.

Примечания: 1. Наблюдение за испарением и осадками производится по инструкциям для метеорологических наблюдений.

2. При наличии в районе наблюдения постоянных метеорологических станций наблюдения за испарением можно не производить.

3. Во время интенсивных дождей, допускающих возможности стока в русло дождевой воды, производство работ не разрешается.

Ежедневные наблюдения

§ 13. К ежедневным периодическим наблюдениям в течение всего периода исследования относятся:

1. Наблюдение за горизонтами воды канала по водомерным постам, устанавливаемым у каждого створа измерения расхода и створа шурфов.

2. Наблюдения за горизонтами грунтовых вод по шурфам (1 раз в сутки).

3. Наблюдения над испарением и осадками.

Число отдельных определений

§ 14. Наблюдения над потерями желательно производить в течение всего вегетационного периода, через равные промежутки времени, с обязательным охватом максимальных и минимальных расходов и с повторностью при каждом характерном расходе. Число отдельных наблюдений желательно иметь не менее 25 — 30.

При рекогносцировочных определениях потерь число отдельных опытов может быть уменьшено до 12—15, с обязательным равномерным охватом всей возможной амплитуды колебания расходов.

§ 15. Обращается особое внимание на необходимость определения потерь каждый раз только при установившихся постоянных расходах воды по всем створам измерения.

Обработка материалов

§ 16. На основании данных полевых измерений в конечном результате обработка материалов должна установить величины, характеризующие фильтрационные свойства грунтов участка канала.

Эти свойства определяются:

1. Относительными потерями в процентах на единицу длины участка от расхода в начале его.

2. Потерями на единицу площади смоченного ложа участка.

3. Средней скоростью фильтрации (скоростью просачивания в грунт) или иначе коэфициентом фильтрации.

Кроме того, для выделения потерь на испарение из общих наблюденных, определяются (при наличии соответствующих наблюдений):

а) потери на испарение со всей водной поверхности участка;

б) потери на испарение с единицы площади водной поверхности.

При обработке материалов все перечисленные величины определяются для каждого полевого опыта отдельно по каждому отдельному подучастку и затем, если результаты вычислений дают на это право, устанавливаются средние значения величин для всего участка за весь период наблюдения или за отдельные характерные периоды.

§ 17. Процесс обработки материалов заключается в следующем:

1. Первоначально вычисляют все расходы воды по всем створам по каждому отдельному определению потерь. Расходы воды вычисляются по общим правилам, подробно указанным в инструкции IV, 1-й части.

№ № определения	Дата определения	Расход воды верхн. створа $Q_в$	Расход воды нижн. створа $Q_н$	Расходы водовыпусков						Расходы сбросов				$\frac{1}{2}(\Sigma q_в - \Sigma q_с)$	$Q_{нач} = \frac{1}{2}(\Sigma q_в - \Sigma q_с) - Q_в$	$Q_{кон} = Q_н + \frac{1}{2}(\Sigma q_в - \Sigma q_с)$
				1	2	3	4	5	$\Sigma q_в$	1	2	3	$\Sigma q_с$			

2. По вычисленным расходам, сведенным в таблицу (образец XXIX), определяются так называемые начальный и конечный расходы участка по выражениям

$$Q_{нач} = Q_в - \frac{1}{2}(\Sigma q_в - \Sigma q_с)$$

$$Q_{кон} = Q_н + \frac{1}{2}(\Sigma q_в - \Sigma q_с) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (59)$$

где $Q_в$ и $Q_н$ — соответственно расходы верхнего и нижнего створов, $\Sigma q_в$ — сумма расходов всех водовыпусков на участке $\Sigma q_с$ — сумма всех сбросов на участке.

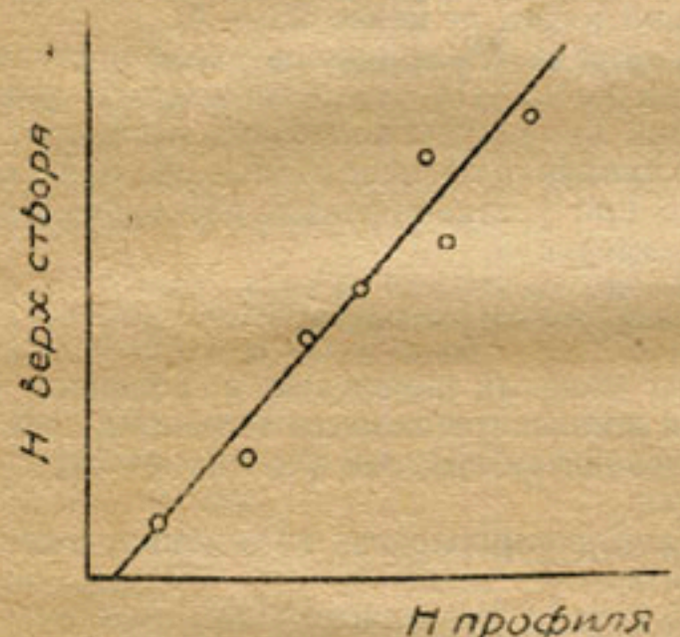


Рис. 46.

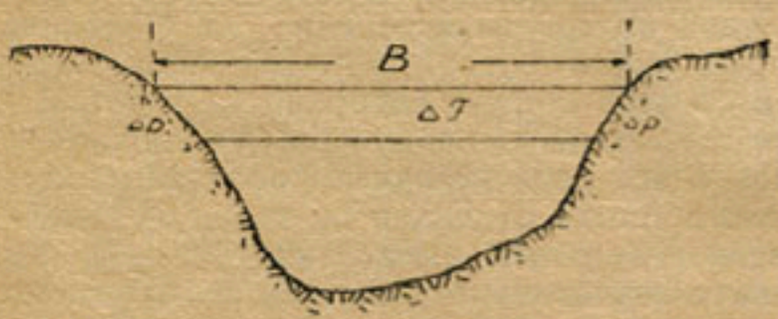


Рис. 47.

3. Следующим процессом будет вычисление средней площади живого сечения участка, средней ширины водной поверхности и среднего смоченного периметра для каждого определения потерь. Поскольку измерение расходов воды по створам для определения потерь на участке не совпадает с нивелировками поперечников, указанные выше средние элементы вычисляются путем интерполяции по данным съемок и определения уклонов (§ 5). Для этого:

а) Для каждого поперечного профиля участка по данным определения продольных уклонов находится графически зависимость между горизонтами воды на верхнем створе и горизонтами воды профиля (рис. 46).

б) Вычерчиваются профиля всех поперечников участка для каждого периода между двумя соседними съемками, принимая при вы-

черчивании за глубину точек русла среднее из двух определений (двух съемок).

в) По вычерченным профилям и по графику зависимости между горизонтами находят для каждого измерения потерь (произведенного в период между двумя съемками) площади, ширину и периметр: по $H_{верх}$ и графику (рис. 46) определяют H профиля, найденный горизонт наносят на профиль поперечника (рис. 47), графически по масштабу чертежа определяют B и аналитически P путем введения поправки — длины отрезков $\triangle p$ у урезов берегов к первоначально[1] вычисленному периметру и подобным же образом определяют F, прибавляя или уменьшая первоначальную площадь на $\triangle F$).

г) Составляют таблицу элементов живого сечения для каждого определения потерь (образец XXX) и вычисляют средние значения их по участку.

XXX

№№ определения потерь	№№ поперечников	Горизонт воды	F	B	P
	Среднее				

4. Приступают к вычислению общих потерь (на фильтрацию и испарение) на участке:

а) Абсолютных, как разность между начальными и конечными расходами

$$d = Q_{нач} = Q_{кон} \text{ куб. м/сек.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .(60).$$

в) На один километр протяжения участка

$$S = \frac{d}{l} \text{ м}^3/\text{с на км} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .(61).$$

г) В процентах на один километр от расхода в начале участка

$$\sigma^0/_0 = \frac{S}{Q_{нач}} \cdot 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad .(62).$$

Данные по общим потерям сводятся в таблицу образца XXXI.

XXXI

№№ определ.	Дата определен.	Расход воды куб. м/сек. нач. Q'	Расход воды куб. м/сек. кон. Q''	Абсолют. потери м³/с. $d = Q' - Q''$	Потери на километр $S = \frac{d}{l}$	в °/₀ от Q' $\sigma^0/_0 = \frac{S}{Q'} 100$

[1] Периметру, вычисленному для первого измерения потерь.

5. Вычисляют потери на испарение и фильтрацию:

а) Абсолютные потери на испарение на всем участке принимают равными

$$E = \frac{e.B.l}{86.400} \text{ куб. м/сек. . . . . (63),}$$

где e — слой испарения в сутки в метрах,

B — средняя ширина в метрах водного зеркала участка,

l — длина в метрах участка, 86.400 — число секунд в сутках.

б) Для определения потерь на испарение с испаряемой площади за единицу площади принимают 1.000.000 кв. метров

$$E' = E\frac{1.000.000}{Bl} \text{ куб. м/сек. . . . . (64).}$$

в) Абсолютные потери на фильтрацию для всего участка определяются как разность между общими суммарными потерями d и потерями на испарение

$$D = d - E \text{ куб. м/сек . . . . . .(65).}$$

г) Для определения потерь на фильтрацию с площади смоченного ложа за единицу площади принимают 1.000.000 кв. м смоченного ложа:

$$D' = D\frac{1.000.000}{Pl} \text{ куб. м/сек. . . . . (66).}$$

где P — средний смоченный периметр участка в метрах.

д) Потери фильтрацией в процентах от начального расхода на 1 км принимаются равными σ по формуле (62), в виду крайне незначительной величины процента потерь на километр испарением[1].

Результаты по абсолютным и относительным потерям сводятся в таблицу XXXII.

Длина участка ..... м XXXII

№№ по порядку	Дата измерения	Суммарные потери на участке	Ср. ширина B м.	Ср. периметр P м.	Площадь поверх. воды Bl м²	Площадь смоч. ложа Pl м.	Суточная испаряемость по испар. в метр.	Потери испарением куб. м/сек.		Потери фильтрации		
								абсолют. по участку	E'	σ%	D	D'

6 Вычисляют коэфициент проницаемости (скорость фильтрации), пользуясь общей формулой Морица

$$S = \frac{1000\,P\,K}{86.400} = 0.011574\,P\,K \text{ . . . . . .(67),}$$

где S[2] — потери фильтрацией в куб. м/сек. на 1 км,

[1] Потери на испарение в ирригационных каналах составляют от потерь на фильтрацию всего несколько процентов (от 1 до 10), поэтому очень часто они не выделяются из общих суммарных потерь. Ограничиваются общим указанием процентного соотношения. Обязательно выделяются потери на испарение при наблюдениях над водохранилищами, озерами и т. п.

[2] По формуле (61) $S = \frac{d}{l}$, а при разделении потерь на фильтрацию и испарения $S = S'\frac{D}{l}$

К — коэфициент проницаемости в метрах в сутки[1], откуда

$$K = \frac{86{,}4\,S}{P}\ \text{м/сут.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (68)$$

7. Составляют сводную ведомость всех вычислений по образцу XXXIII.

XXX II

Дата	Горизонт воды по среднему профилю	Расходы воды в куб. м/сек.		Температура		Потери испарения		Потери фильтраций			Общие потери		Проницаемость грунта К метр/сут
		В нач. уч. $Q_{нач}$	В конце уч. $Q_{кон}$	воды	воздуха	абсолют. по участку E м³/сек.	на 1.000.000 кв. м. водного зеркала E′ м³/сек	абсолют. по участку D м³/сек.	На 1.000.000 кв. м смоченного ложа D′ м³/сек.	в % от расхода в нач. участка на километр $\sigma^0/_0$	абсолют. по участку d м³/сек.	в % от расхода в нач. участка на км. $\sigma^0/_0$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Точность вычисления

§ 18. Абсолютные потери на всем участке (форм. 60) вычисляются с точностью до 3 значущих цифр, согласно указаниям о точности вычисления расходов воды в инструкции IV, 1-й части. С той же точностью определяются потери S на 1 км протяжения участка (форм. 61).

Общие потери в процентах σ из формулы (62) вычисляются до 0,1%, когда значение $\sigma > 1$, и до 0,01%, когда $\sigma < 1$ (пример: 12,3%, 2,4%, 0,67% и т. д.).

Потери на испарение и фильтрацию (E, E′, D и D′ в формулах 63—66) вычисляются с точностью до 3 значущих цифр.

Точность определения К в формуле 68 ограничивается 2 значущими цифрами (пример: — 0,48 м/сутки).

§ 19. Кроме вычисления величин, перечисленных в § 17, и сводных таблиц, к отчету по работам исследования потерь должны быть приложены все сведения, характеризующие участок — его русло и состав грунта, слагающего ложе.

а) Подробное описание участка.

б) Данные анализов проб взвешенных наносов, взятых при измерении расходов с вычисленными величинами относительного содержания наносов в пробах.

в) Данные анализов проб грунтов, взятых по шурфам и со дна канала.

г) Разрезы по шурфам и графики колебания горизонтов грунтовых вод.

д) Графики колебания горизонтов воды в канале по створам измерения расходов.

е) Ведомость средних гидравлических величин по участку при каждом измерении.

---

[1] При вычислении коэфициента проницаемости, конечно, можно не ограничиваться определением К только по Морицу; полезно вычислять соответствующие значения коэфициентов и по формулам других авторов, хотя бы для сравнения результатов между собой.

Приложение 1

Краткая инструкция по составлению отчетов по полевым исследованиям

§ 1. Технические отчеты по полевым исследованиям должны полностью отображать характер произведенных исследований, способы проведения работ и все результаты работ.

§ 2. Материал отчетов служит в дальнейшем для составления обобщающих выводов как по данной работе, в частности, так и по всему вопросу изучения (с использованием материалов других однохарактерных работ). Весьма важно поэтому для облегчения пользования отчетами составлять таковые по одному плану, с результатами, сведенными в однообразные стандартные формы.

§ 3. Каждый технический предварительный[1] отчет должен включать следующие разделы, составляемые кратко в сжатой форме:

1. Цели и задачи исследования — причина постановки работ, предполагаемое направление для использования результатов исследования.

2. Программа работ, кем и когда составлена и утверждена. Перечень работ, намеченных программой, с указанием предполагавшегося объема работ и способа проведения их. Намеченные по программе объекты исследования. Состав уточненной программы на месте. Изменения программы и плана работ, причины изменения.

3. Количество исполненных работ — краткий перечень исполненных работ (число участков исследования, число отдельных определений). Штат отряда с указанием квалификации персонала и распределения обязанностей.

4. Описание участков — краткое описание района исследования; описание оросительной системы, на которой производились работы. Подробное описание каждого участка в отдельности (см. инструкции по производству работ 1-й и 2-й части). Описание иллюстрируется схемами, чертежами и фотографиями.

Примечание. Из фотографий прилагаются только те, которые действительно ясно характеризуют участок исследования.

5. Методы и способы проведения работ — основные методы полевых работ и соответствие их с методами, установленными инструкциями. Причины принятия того или иного метода. Способы проведения работ. Описание приборов и оборудования. Соответствие принятых способов с указаниями инструкций. Причины отклонений от инструкций. Способы обработки материалов. Основные формулы вычисления. Соответствие способов обработки с инструкциями, причины отклонений от инструкций.

---

[1] Понимая под предварительным — отчет, заключающий окончательные результаты исследования без общих выводов по вопросу изучения.

6. Результаты работ: сводные таблицы, графики и чертежи. Пояснения отдельных обозначений.

7. Выводы — краткая характеристика степени достоверности полученных результатов. Соответствие результатов с теоретическими данными и предположениями и с результатами других исследований подобного же характера.

§ 4. При приведении каких-либо сведений, не являющихся результатами работ, в отчетах необходимо точно указывать источник получения их.

При изложении отдельных разделов отчета (особенно при описаниях участка и работ) необходимо избегать сведений, носящих характер индивидуальных впечатлений (например, говоря о мутности воды, нельзя ограничиваться словами „очень мутная", следует привести данные анализов; говоря о крупности донных наносов, не ограничиваться выражением „крупная галька", необходимо привести размер от и до и т. д.).

§ 5. Отчеты составляются в нескольких экземплярах, при чем один из них, подлинный, должен включать все таблицы предварительных вычислений, подписанные производящими вычисления, все полевые записи и пр. Остальные экземпляры, кроме текста, должны включать только окончательные сводные таблицы, чертежи и графики, перечисленные в соответствующих инструкциях.

Приложение 11

Нормальный штат полевого отряда

№№ по порядку	Наименование должности	Кол. единиц для работ по изучению вопроса в целом				Кол. единиц для проведения отдельн. работ			Примечание
		Опред. коэф. шероховат	Изучение неизменности и грам. скорости	Изучение устойчивости участка	Исследование потерь	Съемка участка	Измер. расхода воды	Измер. расхода воды и напоров	
1	Техник II—III р.	1	1	1	1	1	—	—	[1] В зависимости от числа створов измерения расходов. На каждый створ измерения вертушкой необходим 1 мл тех. и 2 рабочих. На водосливную установку, в зависимости от расстояния между ними—на одного наблюдателя назначается район, обход которого требует времени не более 20 минут.
2	Мл. техник или гидрометр	1	2	1	3	—	1	1	
3	Рабочих	4	6	4	6	2	2	2	
4	Наблюдателей . .	1	1	1	2	1	1	1	

1. Указанный штат необходим для проведения полного цикла работ по каждому отдельному опыту на каналах средней величины (шириной до 20 м).

2. В штат не включен начальник отряда, который обычно руководит работами на нескольких участках.

3. Увеличение штата идет обычно с возрастанием сложности производства работ, обусловливаемой шириной потока и скоростями течения.

ВЕДОМОСТЬ

нормального технического оборудования полевых отрядов

№№ по порядку	Наименование предметов	Количество для работ				Примечание
		Опред. коэф. шерохов.	Изучен. нез. ил и размер скоростей	Изучение устойчивости участка	Изучение потерь	
	I. Точные приборы					[1] С принадлежностями треногами и пр.
1	Теодолитов [1]	1	1	1	1	[2] С комплектом штанг (4 метра).
2	Нивелиров [1]	1	1	1	2	
3	Вертушек [2]	2	4	2	6[3]	[3] По числу створов для измерения расходов вертушками — на 2 верт. и по 2 секундомера на створ. 2-я вертушка и 2-й секундомер — запасные.
4	Секундомеров	2	4	2	6[3]	
5	Часов	1	2	1	3	
	II. Техническое оборудование					
6	Реек нивелиров. 4-метр.	2	2	2	4	[4] По числу створов измерения, на каждый створ по одной Оттовской и по две водомерных рейки.
7	Реек промерн. Отто	1	2	1	4[4]	
8	Реек водомерных 2-метр.	2	4	2	6[4]	
9	Метроштоков	1	2	1	4	[5] По числу действующих во время промеров мелких водовыпусков разных размеров.
10	Лент мерных со шпильками	1	1	1	2	
11	Рулеток стальных	1	2	1	3	
12	Вешек	5	10	5	10	[6] При исследовании мелкой и мельчайшей сети.
13	Водосливов	—	—	—	5 10[5]	
14	То же [6]	2	5	5	4	[7] При ширине канала до 10 м.
15	Батометров со штангами	2	4	2	4	
16	Донных щупов	1	2	1	2	[8] По числу створов измерения скоростей вертушками.
17	Сеток для взятия донных наносов	1	2	1	2	
18	Сит для просеивания донных наносов компл.	1	1	1	1	[9] При оборудовании участков паромами.
19	Буровой инструмент, комп.	1	1	1	1	
	III. Постовое оборудование					[10] Для натяжки тросов.
20	Мостиков гидрометрических [7]	1	2	1	3[8]	[11] При оборудовании паромами.
21	Мостиков переносных [7]	1	1	1	2	
22	Паромов гидромет.	1	3	1	3[9]	
23	Штангодержателей [9]	1	2	1	3[9]	
24	Полиспастов [10]	1	1	1	2	
25	Воротов [11]	1	2	1	2	
	IV. Мелкое оборудование					
26	Звонков электрических или счетчиков или телефонов	2	4	2	6	

№ № по порядку	Наименование предметов	Количество для работ				Примечание
		Опред. коэф. шероховатости	Изучен. неза-ил. и размер скоростей	Изучение устойчивости участка	Изучение потерь	
27	Воронок метал. больших для сливания проб	2	4	2	4	[11] При оборудовании створов паромами.
28	Стаканчиков для образцов грунтов	25	25	25	100	[13] На одно измерение расходов наносов.
29	Метров складных	1	2	1	3	[14] На один месяц для ежедневных проб.
	V. Фотооборудование					
30	Аппарат фотограф.	1	1	1	1	[15] Для сигнальных флажков.
31	Фонарей для проявления	1	1	1	1	
32	Ванночек	3	3	3	3	
33	Рамок копировальных	2	2	2	2	
34	Станок для высушивания негативов	1	1	1	1	
	VI. Материалы					
35	Элементов сухоная.	4	8	4	12	
36	Провода изолиров.	20	40	20	60	
37	Тросов стальных оцинкованных для створов [12] мт.	50	100	50	150	
38	То же — для разметок вертикалей	100	150	100	200	
39	Бутылок стекл. [13] штук	40	80	40	—	
40	Бутылок стекл. [14] штук	36	72	36	72	
41	Ленты изолир. кг.	1/8	1/2	1/2	1/2	
42	Нашатыря кг.	1	2	1	2	
43	Ткани цветной мт. [15]	5	5	5	10	
44	Веревок, проволоки, гвоздей, лист. железа, бичевки и проч.	По ме	ре на	добно	сти	
	VII. Рабочий инструмент					
45	Ломов стальных	1	2	1	2	
46	Лопат	4	6	4	6	
47	Кирко-мотыг	2	3	2	3	
48	Топоров	2	3	2	3	
49	Кувалд—8—10 кг.	1	2	1	2	
50	Молотков—1—2 кг.	2	3	2	3	
51	Клещей	1	1	1	2	
52	Стамесок, долот, зубил, буравов, компл.	1	1	1	1	
53	Пил поперечных	1	1	1	2	
54	Пил лучковых	1	2	1	3	
55	Ключей гаечн. раздв.	1	2	1	2	

Приложение IV

Оборудование участков исследования

1. Временные деревянные репера (рис. 48).

Изготовляются из сухих бревен толщиной 15—18 см. Глубина закладки 1—1½ м.

На репере делается надпись, отмечающая наименование организации, производящей работу, № репера и дату установки.

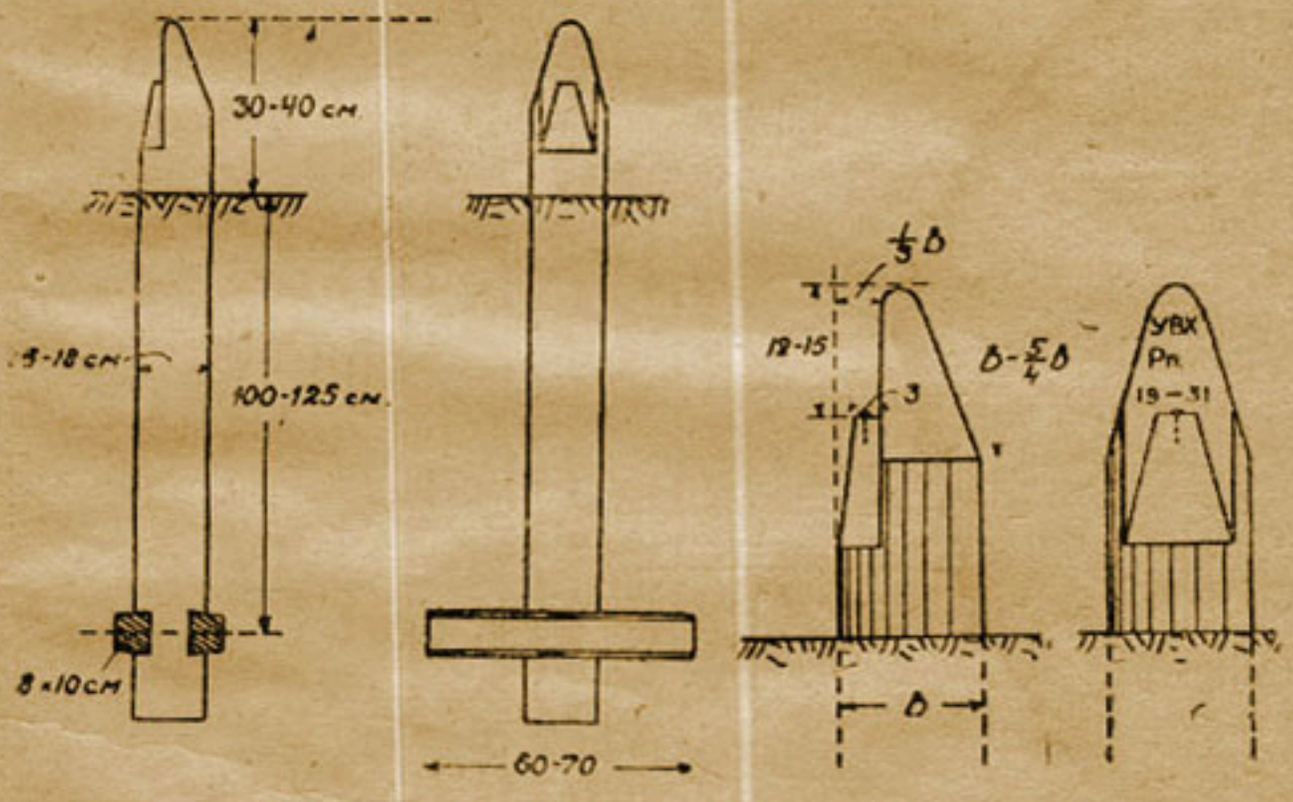


Рис. 48.

Надземную часть репера следует окрашивать масляной краской, зарываемую часть—смолить или хотя бы обжигать.

2. Однопролетные гидрометрические мостики постоянной установки (рис 49).

Изготовляются из досок (схема а и б), брусьев (схема д) или бревен (схемы в и г). Основные размеры поперечного сечения прогонных балок приводятся в таблице XXXIV. Примерное устройство перил показано на рис. 49 б. Перила следует устраивать только с низовой стороны моста.

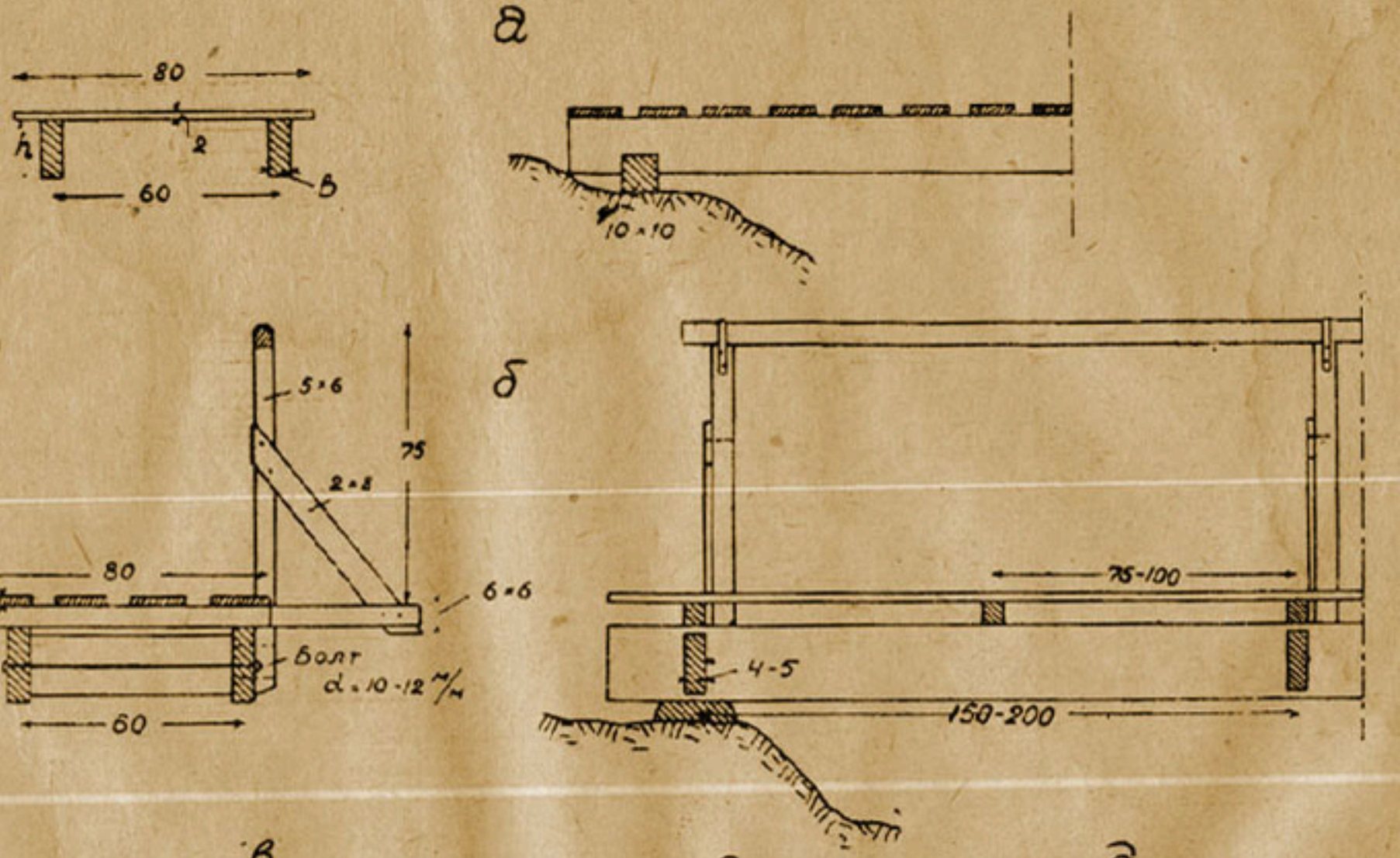

а
80
h
2
60
в
10×10
5×6
75
2×8
80
6×6
h
Болт
d = 10-12 м/м
60
б
75-100
4-5
150-200
в
80
2
d
60
г
80
2
d
30
30
д
80
4×10
h
50

Рис 49.

Длина пролета в м	Схема	Поперечные размеры балок в см			Длина пролета в м	Схема	Поперечные размеры балок в см			Примечание
		h	b	d			h	b	d	
3	а	14	5	—	7	б	20	7	—	За расчетную временную нагрузку принят вес 3 человек и обычное гидрометрическое оборудование
	б	—	—	—		в	—	—	17	
	в	—	—	13		г	—	—	15	
	г	—	—	10		д	16	12	—	
	д	14	8	—	8	б	22	7	—	
4	а	17	5	—		в	—	—	18	
	б	—	—	—		г	—	—	16	
	в	—	—	14		д	17	12	—	
	г	—	—	11	9	в	—	—	20	
	д	13	9	—		г	—	—	17	
5	б	18	6	—		д	18	13	—	
	в	—	—	15	10	в	—	—	21	
	г	—	—	13		г	—	—	10	
	д	14	10	—		д	20	14	—	
6	б	20	6	—						
	в			16						
	г	—	—	14						
	д	15	11							

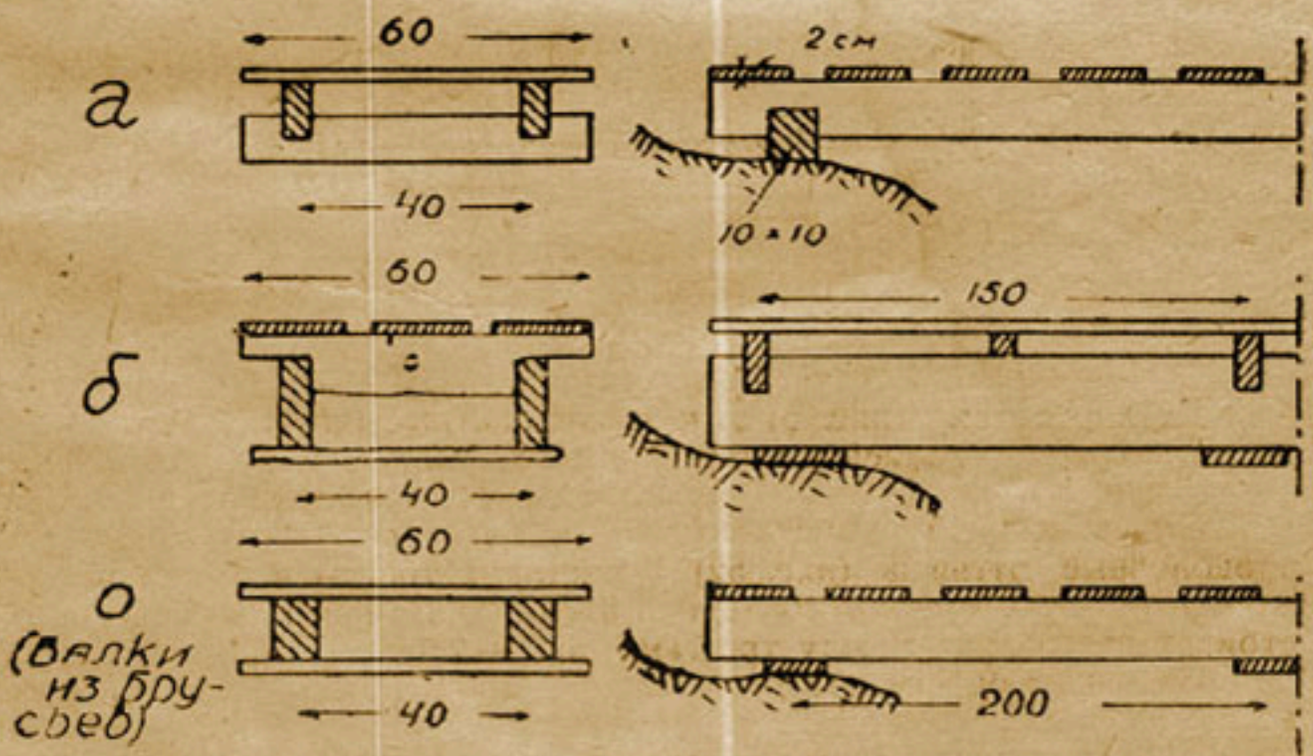


Рис 50.

3. Однопролетные переносные мостики для промеров глубин (рис. 50).

Поперечные размеры балок приведены в таблице XXXV.

Длина пролета в м	Схема	Поперечные размеры балок в см		Примерный вес моста в кг	Примечание
		h	b		
3	а	10	5	30	За расчетную временную нагрузку принят вес 1 человека и вес прибора для измерения глубин.
	в	9	6,5	36	
4	а	12	5	45	
	в	10	7	50	
5	а	14	5	64	
	в	11	8	74	
6	б	15	5	80	
	в	12	9	105	
7	б	16	5	100	
	в	12,5	9	125	
8	б	18	5	120	
	в	13	9,5	150	

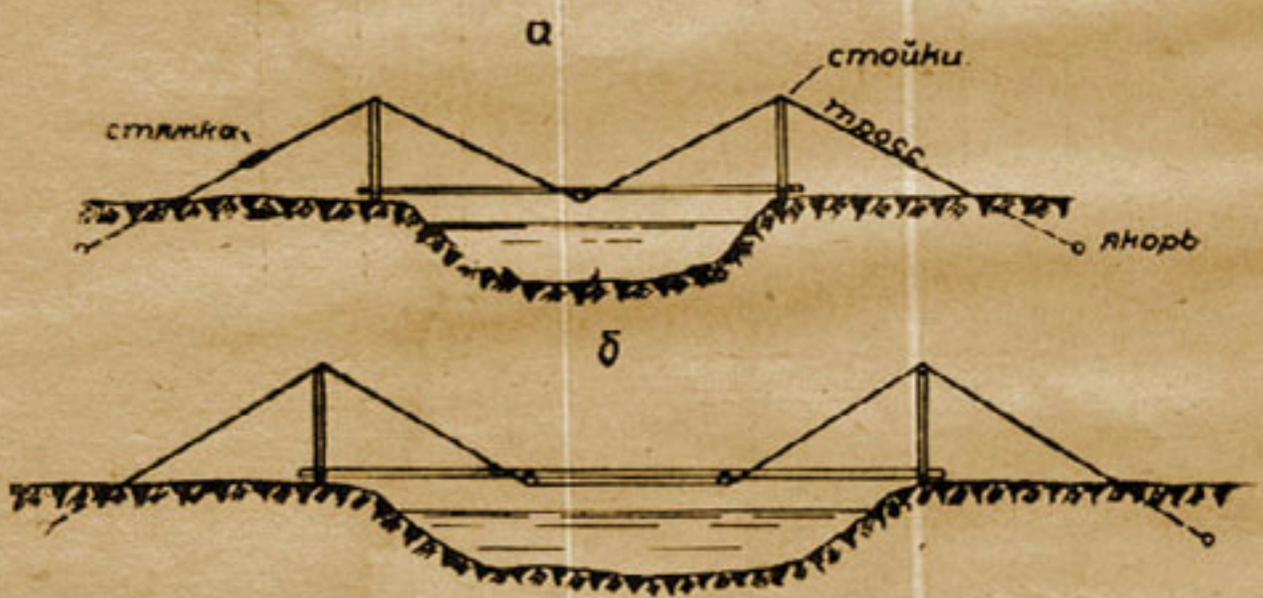


Рис. 51.

4. Подвесные мостики на троссах:

Двухпролетные (рис. 51-а) и трехпролетные (черт. 51-б).

Поперечные размеры прогонных балок могут быть назначаемы по таблице XXXIV. Толщина троса подбирается по таблице XXXVI.

Для уменьшения горизонтальной качки, необходимо применять проволочные оттяжки (рис. 52), а мостовые троссы в плане располагать под некоторым углом к оси моста, увеличивая на береговых стойках расстояния между тросами до 2—2,5 м.

На одном берегу поддерживающие мост троссы закрепляются наглухо с помощью якорей, зарываемых в грунт, на другом—для регулировки натяжения троссов устраиваются ворота или стяжки. Якоря изготовляются для временных мостиков из деревянных балок, для более постоянных — из кусков рельсов. Глубина закладки якоря зависит от длины моста (см. таблицу XXXVI, где указана глубина закладки в лессовом грунте).

Длина моста в м	Длина пролета в м	$\frac{h}{l}$	h в м	Толщина троса в мм	Толщина болта в стяжках в мм	Глубина закладки якоря	Примечание
		Схема а					
10	5	1/2	2,50	5,4	10	0,5	В расчет принят стальной канат с допускаемым напряжением в 1250 кг на 1 см² поперечного сечения. Глубина закладки якоря указана при утрамбованной засыпке его глинистым грунтом. Длина якоря для каждого троса не менее 1,00 м, толщиной 0,25 м.
		1/3	1,66	6,4	10	0,5	
12	6	1/4	3,00	5,5	10	0,5	
		1/5	2,00	6,6	10	0,5	
14	7	1/4	3,50	5,8	10	0,6	
		1/6	2,33	6,0	12,5	0,6	
16	8	1/4	4,00	6,1	12,5	0,6	
		1/6	2,66	7,2	12,5	0,6	
		Схема б					
15	5	1/6	2,50	7,6	12,5	0,8	
		1/9	1,66	9,0	15,0	0,8	
18	6	1/6	3,00	7,8	12,5	0,9	
		1/9	2,00	9,3	15,0	0,9	
21	7	1/6	3,50	8,2	15,0	0,9	
		1/9	2,33	9,7	15,0	0,9	
24	8	1/6	4,00	8,6	15,0	1,0	
		1/9	2,66	10,1	16,0	1,0	

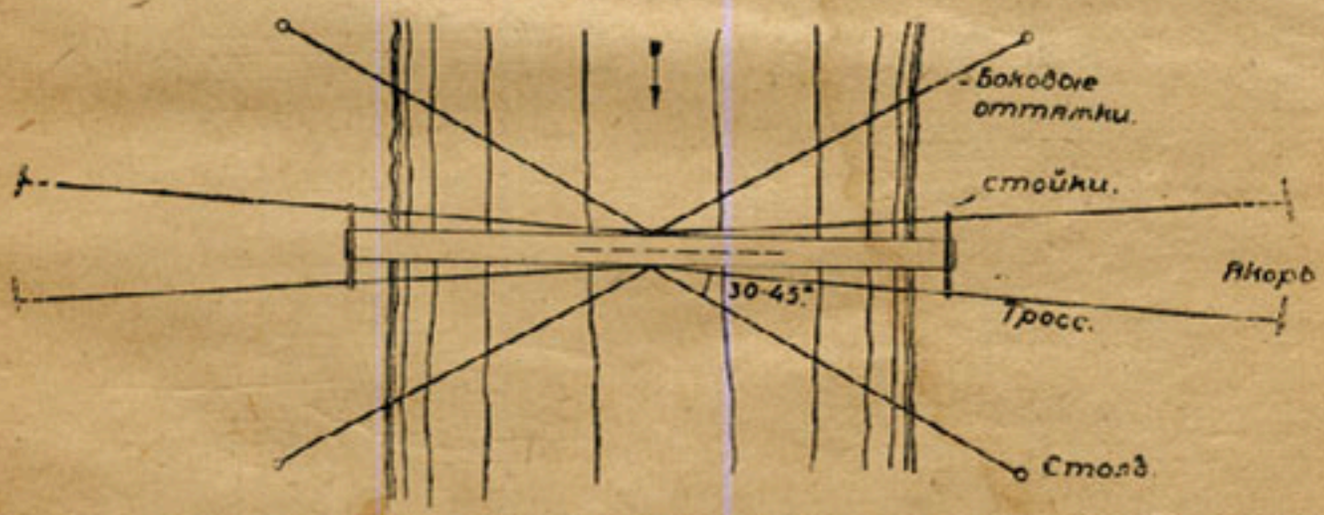


Рис. 52.

Устройство береговых козел показано на рис. 53. Для устойчивости козел необходимо, чтобы углы, образуемые троссом с вертикальной осью стоек, были бы равными (угол α)

5. Деревянные ворота для натяжки тросов (рис. 54). Изготовляются из брусьев или бревен. Устройство ворота и примерные размеры частей показаны на рис. 54. На вал ворота следует употреблять дерево твердых пород. Диаметр вала зависит от толщины наматываемого троса и должен быть не меньше 20 — 25 диаметров последнего.

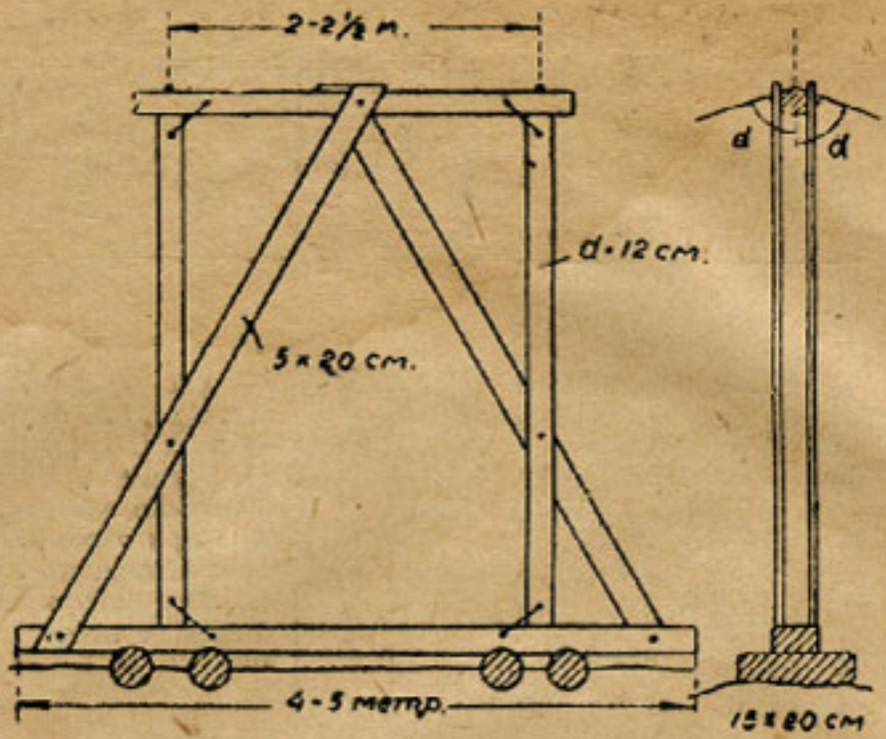

2-2½ м.
d
d
d-12 см.
5×20 см.
4-5 метр.
15×20 см

Рис. 5.

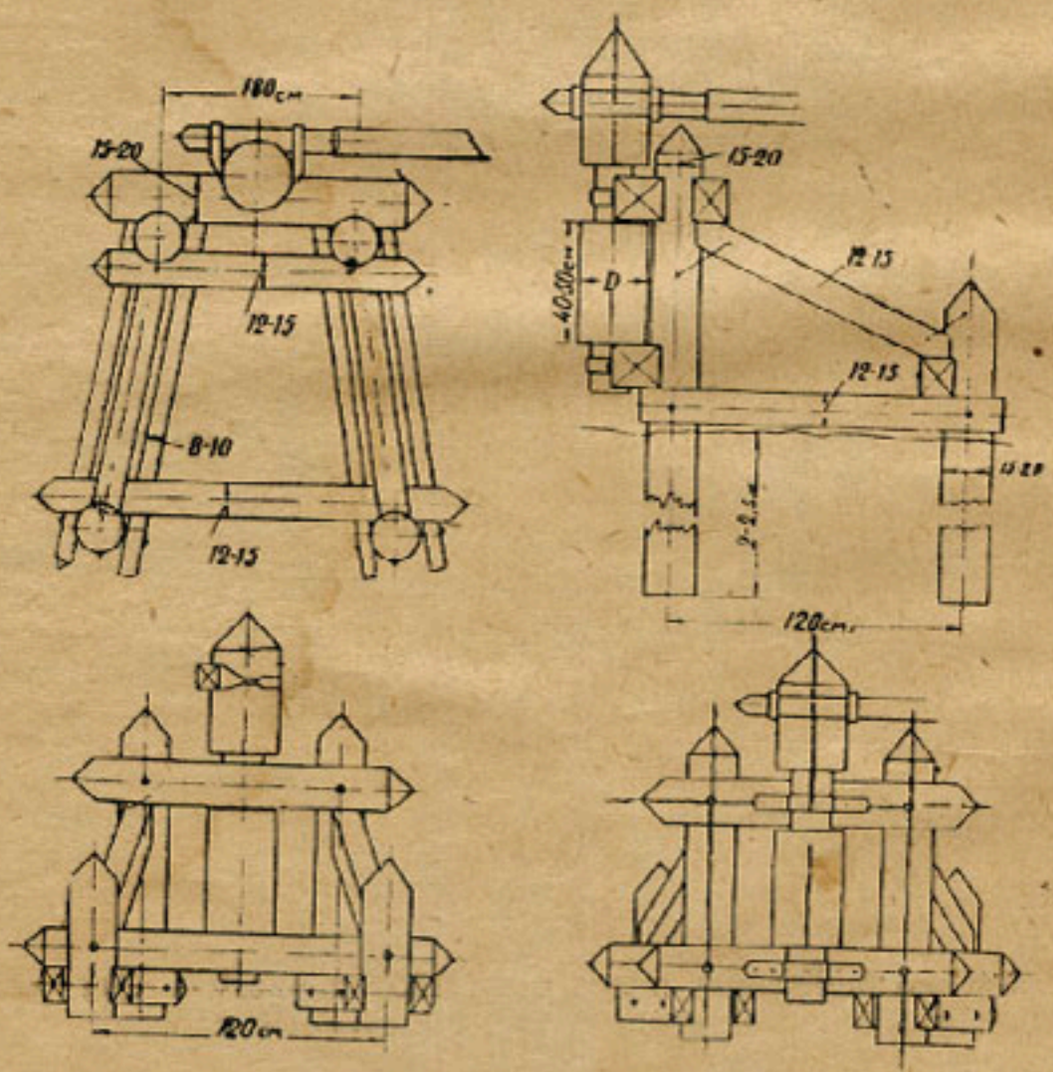

180см
15-20
12-15
8-10
12-15
15-20
12-15
D
40-50см
12-15
120см.
120см

Рис. 54.

Для закрепления вала в любом положении, вокруг ворота необходимо устанавливать столбы (рис. 55), к которым и укрепляется конец рычага. Рычаги изготавливаются из прочного и вязкого дерева или из кусков рельсов.

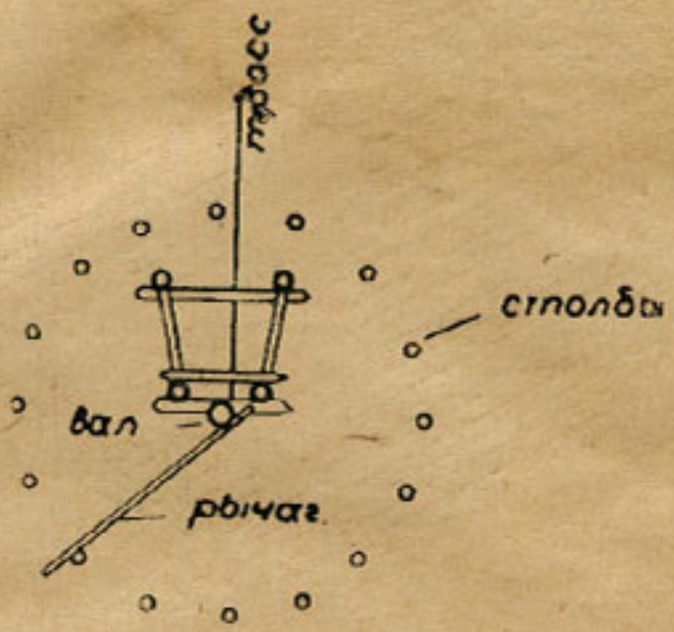


Рис. 55.

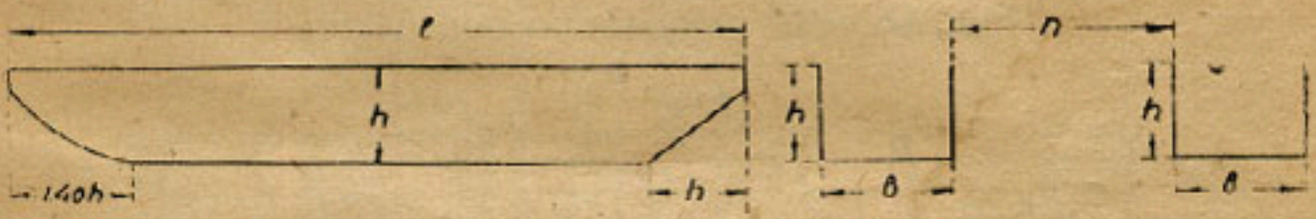


Рис. 56.

6 Гидрометрические паромы.

Очертание паромов показано на рис. 56. Основные размеры паромов зависят от скоростей течения потока и приводятся в таблице XXXVII (за расчетную скорость принимать наибольшую возможную для участка работ скорость у поверхности).

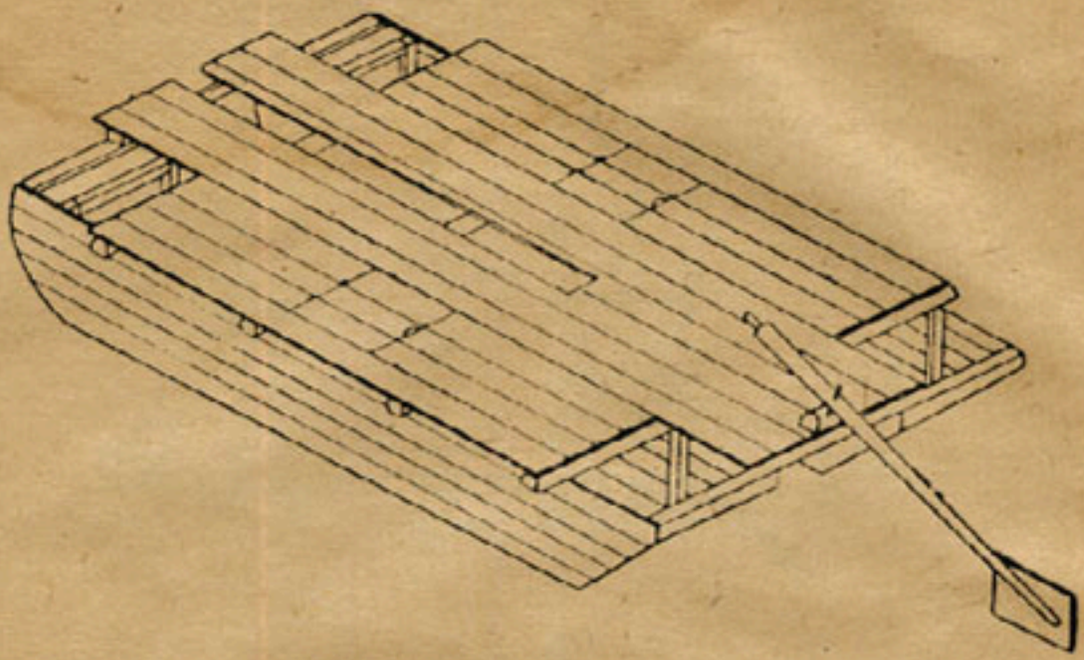
Устройство лодок и скрепление их между собой показано на рис. 57.

XXXVII

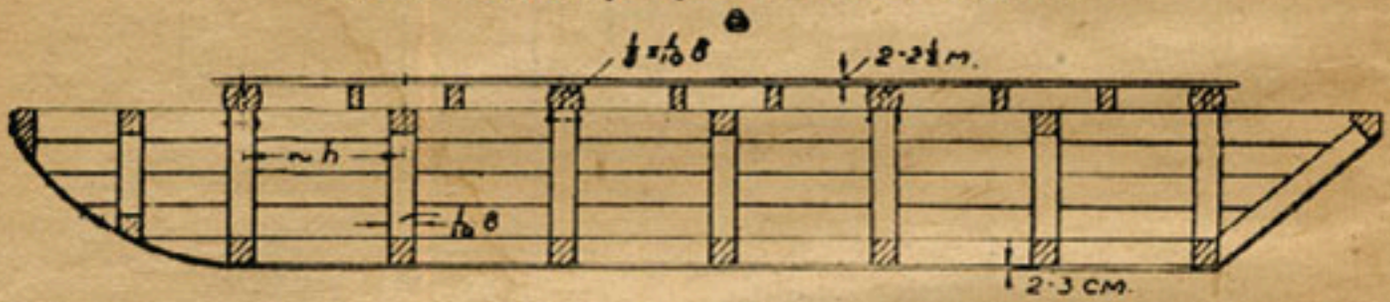
Длина лодки в м l	Высота борта в м h	Ширина лодки по дну b	Расстояние между лодками от борта до борта n	Максимальная скорость течения
4	0,50	0,70	1,00	до 1,5
5	0,65	0,90	1,50	2,0
6	0,75	1,00	1,75	2,5
7	0,85	1,20	2,00	3,0
8	1,00	1,40	2,25	3,4

По конструктивным соображениям размеры деревянных частей можно назначить следующие: доски для настила 2—3 см толщиной, доски для обшивки лодок от 2 до 3 см в зависимости от размера лодок. Бруски на ребра — толщиной, примерно равной $^1/_{10}$ ширины

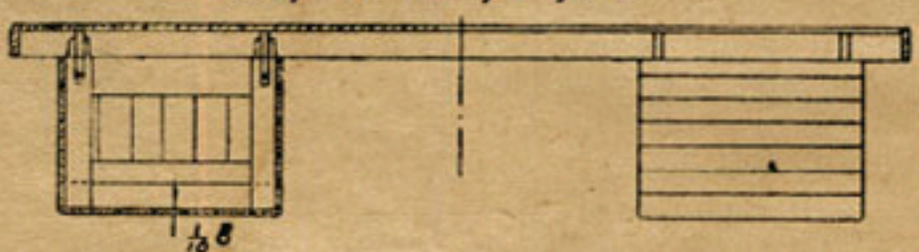
Общий вид парома



Продольный разрез по оси лодки.



Поперечный разрез



Лодка в плане.

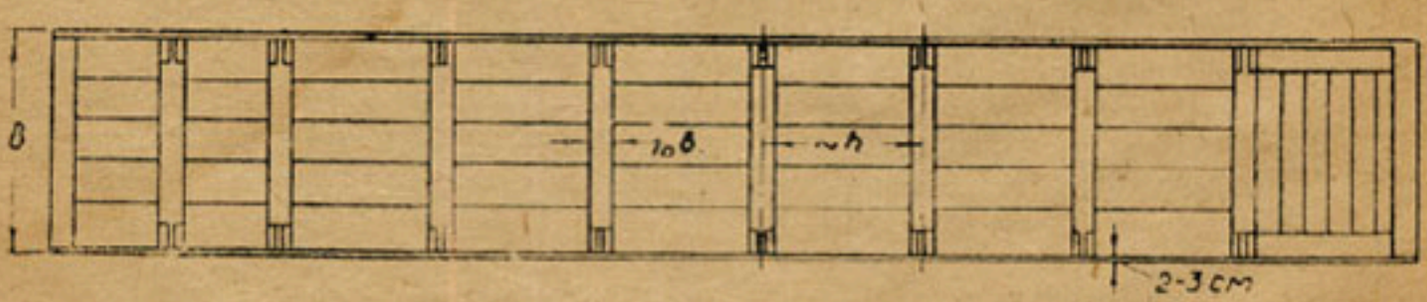


Рис. 57.

Скорость течения м/сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах
до 1,5	20	9	1,00
		10	0 80
		11	0,70
		12	0,60
		13	0,50
	30	9	1,45
		10	1,25
		11	1,00
		12	0,85
		13	0,75
		14	0,67
		15	0,60
	40	9	1,95
		10	1,65
		11	1,40
		12	1,25
		13	1,10
		14	0,95
		15	0,85
		16	0,75
		17	0,65
		18	0,55
	50	9	2,55
		10	2,10
		11	1,80
		12	1,60
		13	1,40
		14	1,20
		15	1,05
		16	0,95
		17	0,85
	75	10	3,40
		11	2,80
		12	2,45
		13	2,15
		14	1,90
		15	1,70
до 1,5	75	16	1,50
		17	1,35
		18	1,25
		20	1,05
		22	0,95
		24	0,85
		26	0,80
		28	0,75
		30	0,70
	100	10	4,55
		11	3,90
		12	3,40
		13	3,00
		14	2,70
		15	2,45
		16	2,20
		17	2,00
		18	1,85
		20	1,55
		22	1,40
		18	0,75
		20	0,65
		28	1,15
		30	1,10
	150	10	7,40
		11	6,25
		12	5,50
		13	4,95
		14	4,50
		15	4,10
		16	3,75
		17	3,45
		18	3,20
		20	2,80
		22	2,55
		24	2,40
		26	2,30
		28	2,20
		30	2,10

XXXVIII (продолжение)

Скорость течения м/сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах	Скорость течения м/сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах
до 2	20	9	2,20	до 2	50	13	2,90
		10	1,90			14	2,50
		11	1,60			15	2,20
		12	1,35			16	1,95
		13	1,15			17	1,75
		14	1,00			18	1,55
		15	0,85			20	1,25
		16	0,75			22	1,10
		17	0,65			24	0,95
		18	0,60			26	0,85
		24	1,30			28	0,75
		26	1,20				
		20	0,50		75	12	5,20
						13	4,50
	30	10	2,70			14	3,95
		11	2,30			15	3,45
		12	2,00			16	3,10
		13	1,70			17	2,75
		14	1,50			18	2,45
		15	1,30			20	2,00
		16	1,15			22	1,75
		17	1,00			24	1,55
		18	0,85			26	1,40
		20	0,70			28	1,25
						30	1,10
	40	10	3,70				
		11	3,10		100	14	5,35
		12	2,65			15	4,80
		13	2,30			16	4,25
		14	2,00			17	3,80
		15	1,75			18	3,40
		16	1,55			20	2,85
		17	1,35			22	2,50
		18	1,20			24	2,20
		20	1,00			26	2,00
		22	0,85			28	1,80
		24	0,75			30	1,65
	50	10	4,75		150	16	6,85
		11	3,95			17	6,10
		12	3,35			18	5,55

XXX. III продолжение

Скорость течения м сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах
до 2	150	20	4,70
		22	4,15
		24	3,75
		26	3,45
		28	3,15
		30	3,95
до 2,5	20	12	2,70
		13	2,35
		14	2,05
		15	1,75
		16	1,50
		17	1,35
		18	1,20
		20	0,95
	30	12	4,05
		13	3,50
		14	3,00
		15	2,65
		16	2,30
		17	2,00
		18	1,75
		20	1,40
		22	1,20
		24	1,05
	40	12	5,40
		13	4,65
		14	4,10
		15	3,60
		16	3,10
		17	2,75
		18	2,40
		20	1,90
		22	1,65
		24	1,45
		26	1,30
	50	12	6,80
		13	6,00
до 2,5	50	14	5,20
		15	4,50
		16	3,85
		17	3,30
		18	2,95
		20	2,45
		22	2,10
		24	1,80
		26	1,60
	75	15	6,85
		16	5,95
		17	5,15
		18	4,50
		20	3,80
		22	3,25
		24	2,80
		26	2,45
		28	2,20
		30	1,95
	100	18	6,15
		20	5,20
		22	4,50
		24	3,90
		26	3,45
		28	3,10
		30	2,75
	150	24	6,30
		26	5,65
		28	5,10
		30	4,55
до 3,0	20	15	2,90
		16	2,45
		17	2,15
		18	1,95
		20	1,60
		22	1,30
		24	1,10

Скорость течения м/сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах	Скорость течения м/сек	Длина пролета в м	Диаметр троса в мм	Наименьший допустимый провес троса в метрах
до 3,0	20	26	0,95	до 3,0	50	17	5,35
		28	0,82			18	4,80
		30	0,72			20	3,90
						22	3,25
	30	15	4,30			24	2,80
		16	3,65			26	2,40
		17	3,15			28	2,10
		18	2,80			30	1,85
		20	2,35				
		22	1,95		75	18	7,35
		24	1,65			20	6,00
		26	1,40			22	5,05
		28	1,20			24	4,35
		30	1,10			26	3,70
						28	3,25
	40	16	4,95			30	2,90
		17	4,35				
		18	3,90		100	18	10,10
		20	3,20			20	8,25
		22	2,65			22	7,00
		24	2,25			24	6,00
		26	1,90			26	5,15
		28	1,70			28	4,55
		30	1,45			30	4,05
	50	16	6,00				

лодки. Брусья или бревна для соединения лодок—толщиной, примерно, $^1/_8$ на $^1/_{10}$ ширины лодки. Расстояние между ребрами назначается, примерно, равным высоте борта лодки.

Щели между досками необходимо конопатить; лодки снаружи и изнутри — смолить; для смоления применять смесь смолы (4 части) с варом (1 часть) и с небольшим количеством сала (на 10 кг смеси около $^1/_2$ кг сала).[1]

Створные рабочие троссы для передвижения парома при измерениях укрепляются на одном берегу с помощью прочного якоря, на другом — с помощью ворота, регулирующего провес троса (устройство ворота см. рис. 54 и 55); при низких берегах тросс перекидывается через береговые козла.

Толщина троса зависит от скоростей течения, длины пролета (расстояния между точками закрепления), размера и веса парома и от величины провеса троса; для подбора необходимой толщины троса приводится таблица, в которой указан наименьший допусти-

[1] В кипящую смолу постепенно прибавляют вар и сало.

мый провес троса при разной длине пролета и при разных скоростях течения (принимая для каждой скорости работу с парома, размер которого указан в таблице XXXVIII).

Для подбора диаметра ненагруженного троса (например, разметочного) можно пользоваться данными таблицы XXXIX.

XXXIX

Длина пролета в м	Наименьший допустимый провес в м	Длина пролета в м	Наименьший допустимый провес в м
20	0,03	90	0,50
30	0,05	100	0,60
40	0,10	110	0,75
50	0,15	120	0,90
60	0,20	130	1,05
70	0,30	140	1,20
80	0,40	150	1,35

Примечание. Таблицы XXXVIII и XXXIX составлены по упрощенной формуле Стефана: $f = \frac{l^2 p}{8R}\left(1 + \frac{2P}{pl}\right)$, где f—наименьший допустимый провес троса, p—вес одного погонного метра троса, R прочное сопротивление троса (принята $^1/_6$ временного сопротивления), P—вес сосредоточенного груза в данном случае давление потока на паром, при самом невыгодном его положении); выражение $f = \frac{l^2 p}{8R}$ дает величину провеса ненагруженного троса.

В расчет приняты стальные оцинкованные гибкие тросы с временным сопротивлением 12000 кг/см² рабочего сечения троса.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 3

Часть I

I. Съемка участков исследования 5
II. Наблюдение за горизонтами воды 15
III. Определение поверхностных уклонов воды 23
IV. Измерения скоростей течения и расходов воды 25
V. Учет наносов 51

Часть II

I. Определение коэфициента шероховатости 65
II. Изучение условий неразмываемости каналов и определение коэфициента в формуле Кеннеди 74
III. Изучение предельных скоростей безопасных в отношении размыва грунтов, слагающих ложе каналов 87
IV. Наблюдение над устойчивостью русла 94
V. Определение потерь воды из оросительных каналов на испарение и просачивание в грунт 100

Приложения

I. Краткая инструкция по составлению отчетов по полевым исследованиям 110
II. Нормальный штат полевого отряда 112
III. Ведомость нормального технического оборудования полевых отрядов 113
IV. Оборудование участков исследования 115

11367.