9410

ТРУДЫ
Среднеазиатского Научно-исследовательского Института Ирригации
PROCEEDINGS
of the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation
Issue 6 Выпуск 6

532
В-19

Инж. П. И. ВАСИН

РАЗМЫВАЮЩИЕ СКОРОСТИ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

Инж. С. С. БАН

КОЭФИЦИЕНТ БОКОВОГО СЖАТИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

SCOURING VELOCITIES IN LOESS CHANNELS

by P. I. VASSIN

COEFFICIENT OF SIDE CONTRACTION IN REGULATORS

by S. S. BAN

САОГИЗ
МОСКВА—1932—ТАШКЕНТ

ПРОВ. 1951 г.

ТРУДЫ
Среднеазиатского Научно-исследовательского Института Ирригации

PROCEEDINGS
of the Middle Asia Scientific Research Institute of Irrigation

Issue 6 Выпуск 6

9410
532
В-19
532.5

Инж. П. И. ВАСИН

РАЗМЫВАЮЩИЕ СКОРОСТИ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

Инж. С. С. БАН

КОЭФИЦИЕНТ БОКОВОГО СЖАТИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

SCOURING VELOCITIES IN LOESS CHANNELS

by P. I. VASSIN

COEFFICIENT OF SIDE CONTRACTION IN REGULATORS

by S. S. BAN

БИБЛИОТЕКА
Ср.-Аз. Научно-Иссл. Ин-та
Ирригационных Сооружений
(САНИИРСО)
Ташкент, Лесалинская, 22.

ОБРАБОТАНО

СОЮЗНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИЗДАТЕЛЬСТВ
СРЕДНЕАЗИАТСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
МОСКВА 1932 ТАШКЕНТ

Содержание

Инж. П. И. Васин

Размывающие скорости в лессовых грунтах

1. Вступление 4
2. Программа и задание работ 5
3. План и организация работ 5
4. Метод полевых работ 6
5. Метод обработки 7
6. Описание участков 10
7. Количество исполненных работ 12
8. Результаты работ . . . . . —
9. Заключение 16

Инж. С. С. Бан

Коэфициент бокового сжатия регуляторов

I. Введение 28

II. Описание опытов 29

1. Опыты с регулятором Янгиарыкского магистрального канала 29
2. Опыты с регулятором Учкурганского магистрального канала 31
3. Опыты с регулятором Ташсакинского магистрального канала 33
4. Опыты с регулятором Вахшского магистрального канала 34
5. Опыты с боковым отводом 37
6. Резюме 39

III. Заключение 40

Редактор А. П. Каваков

Технические редакторы: Эм. Г. Балканский и А. З. Сокальский

Сдана в производство 28-VI—32

Подписана к печати 8-X—32

Узлит № 206/л ОГИЗ-566-XI-НТ-3-т $2^3/_4$ п. л. по 72 т. зн. Тираж 3150

Типо-литография № 2 Узполиграфа. Заказ № 1859. Ташкент. 1932

Инж. П. И. ВАСИН

РАЗМЫВАЮЩИЕ СКОРОСТИ В ЛЕССОВЫХ ГРУНТАХ

1. Вступление

В вопросе выбора допустимых скоростей воды в ирригационных каналах у проектирующих организаций отсутствуют точные данные о допустимых скоростях в лессовых грунтах Средней Азии.

В силу этого, при назначении допустимых скоростей, проектирующим организациям приходится ориентироваться на данных для суглинистых и глинистых грунтов, вводя некоторые поправки на основании опыта построенных каналов.

Настоящим трудом мне хотелось бы дать освещение некоторых полученных данных по затронутому вопросу, являющихся результатом полевых гидравлических исследований, проведенных мною летом 1929 г.

История возникновения вопроса исследования следующая:

В предварительном проекте орошения джунских земель Ташкентского округа, предположенном к выполнению в 1928/29, 1929/30, 1930-31 операционных годах в части сбросной сети предусматривалась в слабых местах системы постройка ряда консолей. При рассмотрении указанного проекта на заседании техсовета при УВХ Средней Азии от 25 сентября 1928 г. (протокол № 44/345) было указано на необходимость временно воздержаться от постройки некоторых консолей, впредь до производства наблюдения за размывом русел сбросных трактов и выявления предельных скоростей.

Вследствие этого бывшим Опытно-исследовательским институтом водного хозяйства Средней Азии (теперь Институт ирригации), за средства Ташкентского окружного водного хозяйства, по договору с последним от 21 марта 1929 г., были поставлены гидравлические исследования по определению предельных скоростей, безопасных в отношении размыва грунтов, слагающих ложе каналов на ирригационной системе джунских земель. Массив, орошаемый Джуном, простирающийся вдоль участка Среднеазиатской железной дороги от ст. Кауфманская до ст. Вревская (см. рис. 12 стр. 16)[1], имеет своими естественными границами: с севера Боз-су, с юга Куру-кульдук, с востока Салар и с запада низовья Боз-су. Общая схема ирригационной сети к моменту исследований такова: Старый Джун, берущий начало из канала Салар помощью головного сооружения инженерного типа, имеет длину 37,8 км и представляет собою систему туземного типа не с одним десятком лет существования.

Головной расход определен в 17,13 м. На всем протяжении канала имеется в обе стороны 71 выпуск с нормальными расходами от 0,035 до 1,33 м и три сброса. Первый сброс Шань-тепе берет начало на 15 км с расходом в 14,45 м, второй Из-за на 23 км с расходом 12,38 м³ и третий Чах-чам на 37,8 км с расходом в 9,06 м. Сброс Шань-тепе и Из-за впадают в Боз-су, Чах-чам в Куру-кульдук.

От перегораживающего сооружения Чах-чам канал носит название „Новый Джун", построенный в 1926 году, на длину по магистрали всего лишь на 15 км, переходя далее в распределитель под № 113, имеющий длину в 12 км. Головной расход Нового Джуна определен в 9,06 м. Поступающая с головы вода большей своей частью разбирается на протяжении 15 км магистрали, а остаток максимум $Q_{max} = 2,28$ м проходит по распределителю 113.

---

[1] Схема распространения деформаций грунтов на джунских землях в 1929 г. заимствована из технического отчета гидрогеолога М. М. Решеткина, о наблюдениях над просадками грунтов в 1929 году.

Новый Джун имеет 20 выпусков с нормальными расходами от 0,035 до 0,30 м³ и один лишь распределитель № 113 имеет нормальный расход $Q_н = 1,52$ м.

На 7 км находится сброс „Садовый", предназначенный главным образом для предохранения деревянного жолоба (акведука) длиною в 450 м, находящегося на 9 км, а также принимающий все излишки воды, которые не могут пройти в распределитель 113. На всем протяжении распределителя 113 имеется 5 выпусков с расходами от 0,13 до 0,50 м. Новый Джун и распределитель 113 проходят в полунасыпи в полувыемке, напоминая туземную систему, оборудованную инженерными сооружениями временного (деревянного) типа.

В конце распределителя 113 на 12 км (по пикетажу от головы Нового Джуна — п. № 268) берет начало распределитель 2-го порядка 113—9 с расходом в 0,14 м и тут же начинается концевой сброс распределителя 113. Сброс в голове имеет временную перемычку с двумя отверстиями, перекрывающимися деревянными шандорами.

Ниже по сбросу, примерно в 20 м, имеется консоль с перепадом до 4 м, предохраняющая грунт от размыва вверх к распределителю. Сброс представляет собой естественный сай длиною 6,7 км, весьма извилистый, проходящий местами в высоких, а местами незначительных (распаханных почти до горизонта воды), пологих откосах. Первая вода по сбросу была пропущена в 1928 г. Излишние воды, поступающие периодически в сброс небольшими порциями, создали на дне сая углубление, достигающее до 0,6 м глубины и 1—4 м ширины.

Резкое падение к Куру-кульдуку (41 м на 6,7 км) по всему саю отчасти распределяется на небольшие перепадики от 0,10 до 0,50 м, а на п. № 53 + 13 в два метра.

По всему протяжению сброса с правой и левой его сторон имеется масса впадающих в него саев, в которые в поливной период сбрасываются излишние воды с полей. На п. № 34 + 76 находится запроектированный водосбор под № 113—9—3; дно, то-есть углубление, по которому протекает вода, лессовое, чистое, изредка встречаются корни мелких трав; откосы выше горизонта воды сильно заросли травой.

2. Программа и задание работ

В части гидравлических исследований 1929 г. в районе орошения новоджунских земель программа работ состояла из исполнения одного задания, а именно: определение предельно-максимальных допустимых скоростей в каналах на новых джунских землях (каналах старых и вновь сооруженных), при чем эта программа предусматривала два положения:

1) работа должна быть произведена не менее чем на 2 сбросах в районе исследований;

2) число пунктов и месторасположение участков устанавливается Бюро полевых работ после предварительного обследования района.

3. План и организация работ

По обследовании района и согласовании с Ташкрволхозом вопроса относительно снабжения водой сбросов, Бюро полевых работ ИВХ был разработан следующий план работ:

3. Наблюдения за предельными скоростями произвести:

а) на концевом сбросе распределителя 113;

б) на сбросе Садовом;

в) на спрямленном участке канала Старый Джун между пикетами №№ 223 225.

2. Объем работ по распределителю 113 устанавливался в 10 измерений расходов воды, взятием проб взвешенных наносов и нивелировками профилей.

1. На сбросе Садовом работы предполагалось провести рекогносцировочного характера, поверочные для концевого сброса, так как оба находятся на новых джунских землях. Объем работ устанавливался в половинном размере, то-есть 5 измерений расходов воды, взятие проб взвешенных наносов и прочее.

4. На спрямленном участке Старого Джуна объем работ устанавливался тоже в 5 измерений.

5. Работы должны производиться при разных скоростях течения, захватив минимум и максимум расходов воды.

6. Очередность работ намечалась следующая: в первую очередь на концевом сбросе распределителя 113, затем на сбросе Садовом и в третью—на спрямленном участке Старого Джуна.

Очередность работ, намеченная на основании увязки плана водопользования системы, предусматривала необходимые условия в смысле разрешения вопроса по намеченному плану работ. Но с первых же дней работы отряда, вследствие стихийных бедствий по Джуну, план работ был резко нарушен. Неоднократные прорывы Нового Джуна, с прекращением питания водой на несколько дней, не давали возможности работникам Ташокрводхоза прогнать воду в оросительную сеть. Отряд, прибывший 16 апреля, то-есть за несколько дней до предполагаемого прохода воды по сбросу распределителя 113, вынужден был по окончании подготовительной работы переброситься 24 апреля на спрямленную часть Старого Джуна. В этом месте отряд пробыл до 14 мая, произведя измерение всего лишь двух расходов воды со взятием проб взвешенных наносов и нивелировкой профилей и смоченной части канала. Дальнейшее производство работ было прекращено за отсутствием возможности регулирования воды, так как начавшийся вегетационный период требовал бесперебойной подачи воды в Новый Джун. Помимо этого, сама выемка, где был расположен участок для наблюдений, стала угрожать жизни работающих, вследствие обвалов разрушающегося под действием потока грунта.

14 мая отряд вновь возвратился на концевой сброс распределителя 113. Недостаток воды в разгар поливного периода с жестким очередным водопользованием, поставил и здесь исследовательскую работу в полную зависимость от эксплоатации системы. Необходимое регулирование воды по сбросу было неосуществимо. Дабы не сорвать совсем намеченного плана, отряд вынужден был перейти на ночную работу, использовав те небольшие излишки воды, которые ночью не расходовались на поля, а попадали в сброс. Выполнить же в целом плановое предположение и в этом случае не удалось, вследствие начавшихся в головной консоли деформаций, происходящих от просадок грунта как под консолью, так и вокруг нее.

По ликвидации работы на концевом сбросе распределителя 113, отряд 8 июня возвратился на спрямленную часть Старого Джуна, где, произведя одну нивелировку профилей участка для выявления степени разрушения и осадки канала, возвратился 16 июня в Ташкент.

Столь сильное изменение очередности и порядка работ, по независящим от отряда причинам, естественно вызвало простои в работе и лишние накладные расходы на переезды и разъезды и невыполнение в части плана работ. Намеченные рекогносцировочные исследования на сбросе Садовом за отсутствием средств и времени, а также и гарантии в пропуске с необходимым регулированием воды по нем, совершенно не были поставлены.

4. Метод полевых работ

Сбросы, на которых должны были быть поставлены исследования, выбирались с таким расчетом, чтобы на них можно было производить регулирование воды с постепенным переходом от минимума расхода до максимума (почему из обследованных сбросов отпали Из-за и Чах-чам; последний, кроме этого, еще и по технической невозможности, а именно: высокие обрывистые берега с беспрерывными обвалами).

Участки на подлежащих исследованиям сбросах выбирались, насколько позволяли условия местности, с прямолинейным потоком.

Параллельно среднему течению потока с правой или левой его стороны разбивалась магистраль, закрепленная в конце и начале ее реперами. Длина магистрали разбивалась на 21 пикет, от которых разбивались поперечные профиля, перпендикулярные к магистрали. На первом и двадцать первом профилях ставились гидрометрические мостики — рабочие створы для измерения расходов воды. Измерение расходов воды производилось одновременно на верхнем и нижнем створе участка вертушками системы Прайса в конструкции ИВХ. Число вертикалей колебалось от 5 до 10 шт. с расстоянием друг от друга по сбросу 0,30 м и по Старому Джуну в 1 м. Скорости по вертикали промерялись на глубинах: поверхность, 0,2h; 0,4h; 0,6h; 0,8h и дно. При незначительных глубинах часть изме-

рений по вертикали совмещалась, так как расхождение их не превышало радиуса крыльев верхушки.

Время наблюдения во всех случаях было установлено по 2 минуты на каждой точке.

После измерения скоростей на вертикали, тут же брались пробы взвешенных наносов батометром системы Жуковского одновременно по верхнему и нижнему рабочим створам. Пробы брались по Старому Джуну через вертикаль, а по сбросу распределителя 113 на каждой вертикали, в общем не менее, чем на 4 вертикалях, так что за один расход бралось от 19 до 34 проб на каждом рабочем створе. Нивелировочные точки по живому сечению профилей брались в зависимости от ширины потока, и расстояние их друг от друга по сбросу равно 0,15 м, а по Старому Джуну—0,25 м. Наблюдение за колебанием горизонта воды осуществлялось нижеследующим образом:

Через профиль по сбросу распределителя 113 и через два по Старому Джуну на исследуемых участках были вырыты с обеих сторон отстойные колодцы, удаленные в стороны от урезов потока и вверх по течению.

Колодец соединялся узкой канавкой с урезом воды на профиле, вследствие чего горизонт воды в колодце всегда вточности соответствовал горизонту воды на профиле.

В колодцы забивались 2,5-метровые колья диаметром не менее 70 мм, в верхнюю часть которых забивались в уровень с водой лишенные шляпок гвозди.

Гвозди увязывались нивелировкой с реперами участка. Каждый раз до и после измерения расхода производился складным метром промер расстояния от гвоздя до поверхности воды в колодце с точностью до 0,001 м. Для определения суточных колебаний горизонтов воды на участке велись ежедневные наблюдения по водомерным рейкам, установленным на каждом створе.

5. Метод обработки

А. Вычисление секундного расхода воды

Для вычисления средних скоростей по вертикалям строятся „площади эпюр скоростей", ординатами которых служат глубины вертикалей, а замеренные скорости абсциссами.

Абсциссы можно рассматривать как диференциальные расходы, то-есть расходы через элементарную площадку шириною (dx) и высотою (dy) в точке измерения скорости (рис. 1).

Диференциальный расход (dq) равен[1]

$$dq = v\,dx\,dy$$

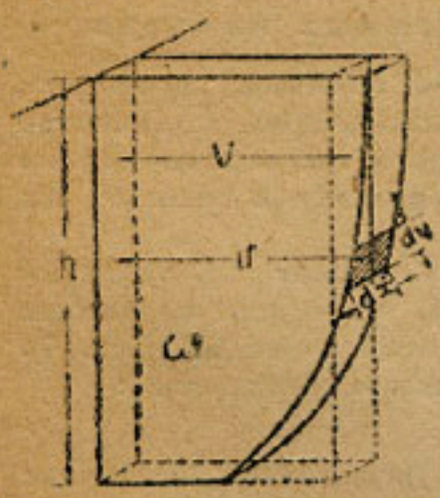


Рис. 1

где v — замеренная скорость в точке. Тогда средний диференциальный расход по вертикали будет

$$dq = \frac{\int_0^h dq}{\int_0^h dy} = \frac{\int_0^h v\,dx\,dy}{h} = \frac{\omega\,dx}{h}$$

где $\omega = Vh$; V — средняя скорость по вертикали; ω — площадь эпюры скоростей, наиболее просто вычисляемая по готовой эпюре площади ее (рис. 1), откуда определяется средняя скорость из уравнения

$$V = \frac{\omega}{h}$$

Для вычисления полного секундного расхода воды потока (Q) строится на ширине водного зеркала (B) эпюра расхода, ординатами которой служат элементар-

[1] Если принять значение dx по всем вертикалям за одинаковую постоянную величину, то ее можно тогда опустить из рассмотрения.

ные расходы створа (Δq), равны произведению средней скорости (V) на глубину (h) и бесконечно малую ширину (dx), то-есть

$$\Delta q = \omega dx = Vhdx$$

Для получения закона распределения средней скорости по живому сечению, на ширине потока строится плавная кривая средних скоростей, полученных на вертикалях створа.

Так как при съемке живого сечения число точек промера его глубин всегда бывает значительно больше числа вертикалей, то в тех случаях, когда имеется надобность определения элементарных расходов (для более точного отыскания расхода потока) для плоскостей, промежуточных между вертикалями, пользуются построенной кривой средних скоростей по живому сечению.

Для этого, взяв с кривой значение средней скорости, соответствующее данному промеру глубины, и умножив ее на эту глубину, получаем величину элементарного расхода (Δq) для вертикальной плоскости, проходящей через точку промера.

Площадь, заключенная между плавной кривой, соединяющей концы ординат (Δq), и линией ширины водного зеркала (рис. 2), представляет собою площадь расхода (Ω), равную по величине

$$Q = \Omega = \int_0^B \Delta q = \int_0^B Vhdx = \Omega_1 u = uHB$$

где u — средняя скорость по живому сечению;

B — ширина по верху;

H — средняя глубина по живому сечению, определяемая из уравнения

$H = \frac{\Omega_1}{B}$, где Ω_1 — площадь живого сечения потока.

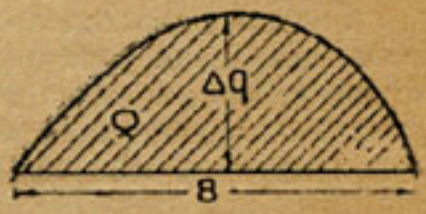


Рис. 2

Средняя скорость всего потока (u) находится из уравнения

$$u = \frac{Q}{BH} = \frac{Q}{\Omega_1}.$$

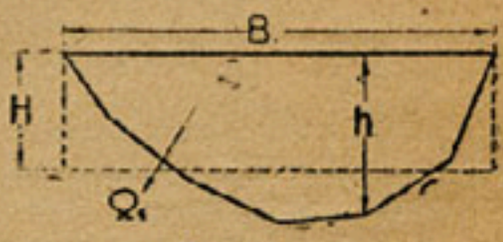


Рис. 3

Имея живое сечение и ряд скоростей, измеренных на вертикалях этого сечения, соединяем точки, имеющие одинаковые скорости, плавными кривыми линиями, получаем картину распределения равных скоростей на живом сечении (изотахи).

Б. Вычисление секундного расхода взвешенных наносов

Мутность в потоке замеряется путем взятия проб воды объемом, примерно, равным одному литру, с последующим определением в лаборатории количества взвешенных наносов, содержащихся в этом объеме, как общего, так и отдельно по фракциям, то-есть мутность (m), „в точке вертикали" выражается в граммах на литр воды (или в килограммах на кубический метр).

Подсчет по определению расхода наносов в общем повторяет предыдущий метод по определению расхода воды, с той только разницей, что строят не эпюры скоростей, а эпюры произведений скорости (v) на мутность в этой точке (m) (рис. 4).

Так, диференциальный расход наносов (dn) в точке замера выразится [1]:

$$dn = mvdxdy$$

Для вычисления средней мутности по вертикали (m_0) подсчитаем в начале элементарный расход наносов по ней (Δn), который по величине своей будет равен сумме (интегралу) диференциальных расходов наносов в точках, то-есть

$$\Delta n = \int_0^h dn = \int_0^h mvdxdy$$

[1] Сделанное выше замечание о dx применимо и здесь.

Тогда средний удельный расход наносов, то-есть средний расход на погонный метр вертикали, будет

$$\Delta n_{ср.} = \frac{\int_0^h \Delta n}{\int_0^h dy} = \frac{\int_0^h mvdxdy}{h} = \frac{\omega' dx}{h}$$

где ω' — площадь эпюры (рис. 4).

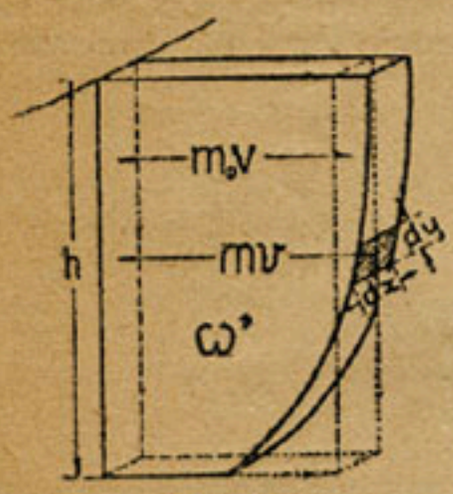


Рис. 4

Так как элементарный расход воды на этой вертикали (Δq) равен

$$\Delta q = \omega dx = \int_0^h vdxdy,$$

то средняя мутность по вертикали (то-есть количество килограммов наносов в одном кубическом метре воды) будет равна

$$m_0 = \frac{\Delta n}{\Delta q} = \frac{\int_0^h mvdxdy}{\int_0^h vdxdy} = \frac{\omega'}{\omega},$$

где ω — площадь эпюры (рис. 1).

Вследствие того, что взвешенные наносы неравномерно распределяются по живому сечению потока, для выявления закона распределения их строится, по полученным данным удельных расходов через вертикали ($\Delta n_{ср.}$), кривая их, после чего непосредственным измерением расстояний от точек на этой кривой до линии поверхности воды отсчитываются удельные расходы для всех замеренных глубин створа.

Определив их, вычисляют элементарные расходы наносов (Δn) для промежуточных глубин между вертикалями, как произведение ($\Delta n_{ср.}$) на соответствующую глубину (h). Зная расходы наносов (Δn) по всем глубинам створа, строят кривую их на ширине потока (рис. 5).

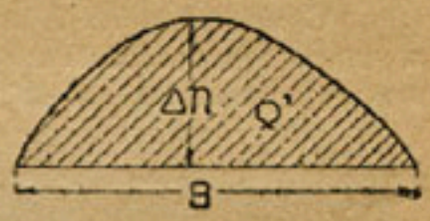


Рис. 5

Площадь (Ω'), заключенная между кривой (Δn) и линией водного зеркала, и будет выражать общий расход наносов в потоке ($Q_н$), равный

$$Q_н = \Omega' = \int_0^B \Delta n = M_0 Q,$$

где M_0 — средняя мутность потока, определяется из уравнения

$$M_0 = \frac{Q_н}{Q} = \frac{\Omega'}{\Omega}$$

Так как абсолютный расход наносов зависит в сильной степени от мощности потока (Q), то он не может служить наглядной характеристикой насыщенности воды наносами (а также и характеристикой транспортирующей способности потока), поэтому определение средней мутности всего потока представляет, несомненно, большой практический интерес.

Выше эта средняя мутность потока (M_0) определялась как отношение площадей $\left(\frac{\Omega'}{\Omega}\right)$,

где $\Omega' = \int_0^B \int_0^h mvdxdy$

$\Omega = \int_0^B \int_0^h vdxdy$

Ее можно определить и иным путем.

Мы имели среднюю мутность по вертикали (m_0), равную

$$m_0 = \frac{\int_0^h mvdxdy}{\int_0^h vdxdy} = \frac{\omega'}{\omega}$$

Построив кривую (m_0) на ширине потока (B) и определив площадь (Ω_2), заключенную между этой кривой и линией ширины потока (рис. 6), вычисляем среднюю мутность (M_0), равную по величине

$$M_0 = \frac{\int_0^B m_0 dx}{\int_0^B dx} = \frac{\Omega_2}{B} = \frac{кг}{м^3}.$$

Рис. 6

Соединяя точки, имеющие одинаковую мутность на вертикалях живого сечения, плавными кривыми, получим картину распределения равных мутностей на живом сечении (изомутности).

Описанный метод вычисления расхода взвешенных наносов производится как для общего расхода, так и для отдельных фракций, за исключением наименьшей из них по своему количеству (обычно 1-й или 2-й), которая определяется по разности между общим расходом и вычисленными фракциями.

6. Описание участков

Участок на сбросе распределителя 113 длиною в 100 м, расположен в 2,5 м от поселка Вревского, проходит в высоких пологих откосах. Профилей 21 с расстоянием друг от друга в 5 м.

С профиля № 1 по профилю № 15 поток имеет слегка извилистую форму, а далее прямолинейную. На расстоянии 45 м выше участка имеется поворот влево, примерно, на 45°; ниже, на расстоянии 15 м — вправо.

Рис. 7. Общий вид участка вниз по течению.

Дно участка лессовое, совершенно чистое. У урезов воды местами встречаются заросли мальвы, а далее по откосам — разная невысокая трава. На расстоянии 0,3 км ниже участка расположен временный деревянный мост, построенный в конце мая 1929 г.

Находящийся на расстоянии 5 км от головного сооружения участок по пикетажу Ташокрводхоза верхним рабочим створом расположен на п. № 48+89.80, а нижним на п. № 49+89.80. Магистраль участка, разбитая с левой стороны сброса, закреплена в начале и конце деревянными реперами ИВХ за номерами 1 и 2, которые связаны с репером Ташокрводхоза, расположенным на п. № 60+65 с правой стороны сброса.

Участок на спрямленной части Старого Джуна, длиною в 150 м, расположен в выемке, являющейся спрямлением петли и осуществленной постройкой в 1929 г. Высота откоса от бермы канала колеблется от 2 до 6 м, с бермой в 0,50 м, проектной глубиной канала в 2,5 м и шириной по дну в 4 м. Проектные откосы самого канала, одиночные, выше бермы — четвертные $\left(m = \frac{l}{h} = \frac{1}{4} \right)$.

Профилей на участке 21, с расстоянием друг от друга в 7,5 м.

Поток имеет прямолинейную форму. Дно и откосы—лессовые, совершенно чистые. По верху выемки встречаются одиночные небольшие кусты колючки, а за пределами отсыпанных кавальеров — сплошные густые заросли трав с колючкой.

Впереди участка имеется небольшое закругление вправо, а затем на расстоянии 55 м резкий поворот влево; позади на расстоянии 25 м резкий поворот, почти на 90°, влево. За пределами участка как выше, так и ниже, местами имеются густые заросли камыша, отходящие от урезов к средине канала не более одного метра, а выше следа максимального горизонта воды — разная трава по откосам и отдельные одиночные деревья тала.

На расстоянии 2 км от участка, вверх по течению, имеется 5 выпусков и один деревянный мост, ниже на расстоянии 0,5 км — 6 выпусков, один мост и одно перегораживающее сооружение со сбросом Из-за.

Находящийся на расстоянии 22 км от головного сооружения участок по пикетажу Ташокрводхоза верхним рабочим створом расположен на п. № 223+46,0 и нижним на п. № 224+96,0.

В дополнение к общему правилу на исследуемом участке, с правой его стороны была разбита двойная магистраль. Первая по верху выемки параллельна потоку, а вторая параллельна первой по берме, на расстоянии 7,5 м от первой. Каждый раз перед нивелировкой профилей и измерением расхода по натянутому тросу проектировалось положение нуля профиля по второй магистрали от первой, от которого (нуля) и шел счет по живому сечению потока.

Вторая магистраль в начале и конце ее была закреплена временными деревянными реперами ИВХ за №№ 1 и 2. Кроме этого, против нижнего рабочего створа, на левом берегу, в расстоянии 21 м от оси потока, в месте, не подверженном оседанию, был установлен репер ИВХ за № 3.

Репер № 3 увязан с репером Ташокрводхоза, расположенным на п. № 230 с левой стороны канала.

При каждом использовании реперов за №№ 1 и 2 производилась и увязка их с основным постоянным репером № 3.

Участок, имевший, надо предполагать, полное указанное выше проектное сечение (зафиксировать участок до прохода воды не удалось, так как отряд прибыл 24-го, а вода прошла 18 июня), к моменту оборудования описываемых работ не имел никаких признаков разрушения.

По истечении 11 дней прохода воды по нему появились начальные признаки трещин вдоль всего канала как по правому, так и по левому берегам, а также по откосам и берме в различных направлениях.

Трещины, быстро разрастаясь по ширине за счет отклонения и осадки грунта со стороны потока, стали быстро увеличиваться и в глубину.. Направление щелей, имея извилистый вид, в общем совпадает с направлением потока.

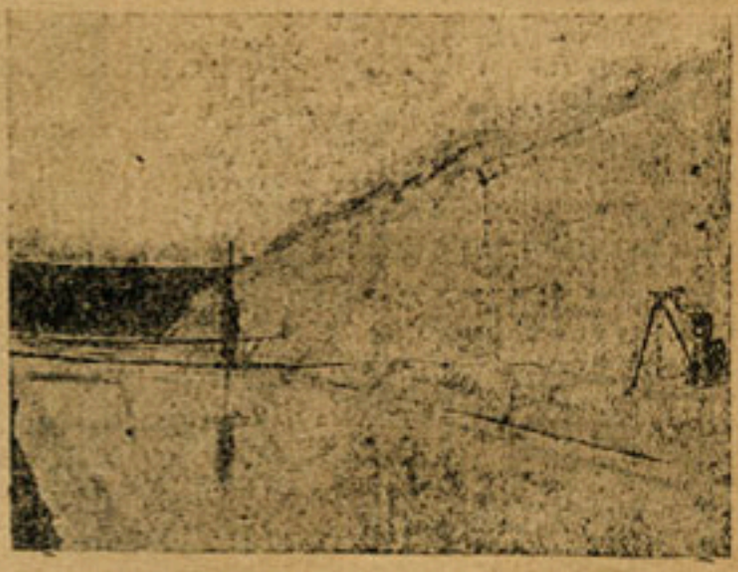
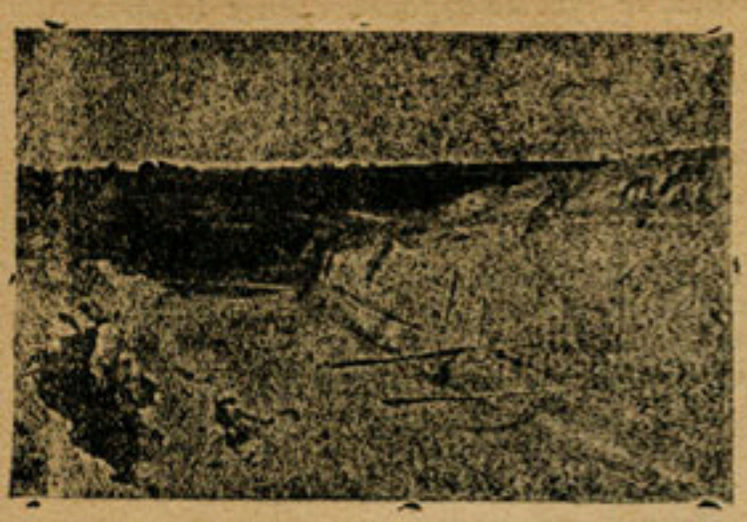


Рис. 8. Вид трещин на правом откосе концевой части участка

После почти 2-месячного прохода воды по каналу, трещины в некоторых местах приняли размеры до 2 м по ширине на поверхности, простираясь в глубину до 7 м.

Входная часть выемки, выше верхнего рабочего створа на 15 м и ниже до 5-го профиля участка, совершенно разрушилась. По верху выемки разрушения достигли с правой стороны в глубину от бывшей бровки до 3 м и откос в этом месте дошел до вертикального, а местами даже до вогнутого. С левой стороны потока, между профилями №№ 15 и 19, после нивелировки участка по дну

получился обвал откоса (вместе с бровкой), достигающий до 1 м в глубину и 25 м в длину. С правой стороны, на профиле № 17 получился оползень в глубину у поверхности до 2,0 м и ширину до 7,0 м при уцелевшей берме.



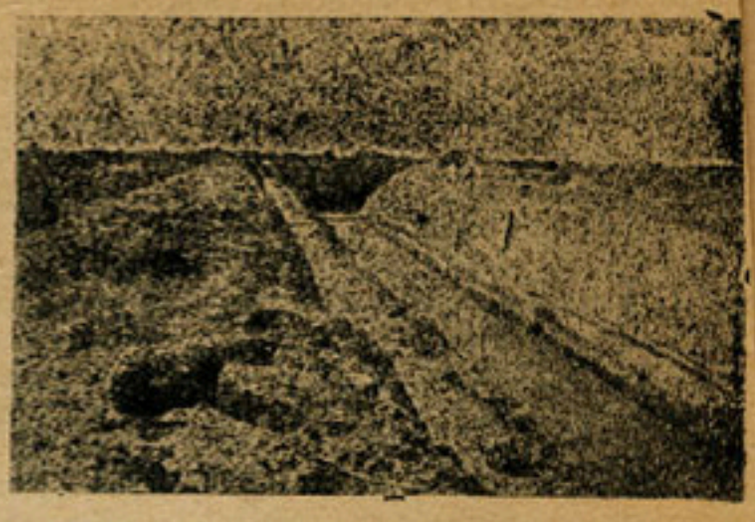


Рис. 9. Виды трещин по левому берегу участка

К концу работ на некоторых профилях участка число трещин с одной стороны потока достигало до 4 шт., образуя, таким образом, пять рядов ступеней, разграниченных трещинами. Непрекращающееся увеличение трещин по ширине сопровождается опрокидыванием грунта, ограничивающего трещину со стороны потока, или его оползанием.

7. Количество исполненных работ

Общее количество работ выразилось в следующем:

Измерено парных расходов воды	9 шт.
Вертикалей при этом .	107 „
Скоростных точек на вертикалях	528 „
Нивелировок профилей	9 раз
Нивелировочных точек на них	8637 шт.
Прочих нивелировок .	5 км
Точек на них	179 шт.
Взято проб наносов парных	9 раз
Проб в них	417 шт.
Установлено реперов деревянных	5 „

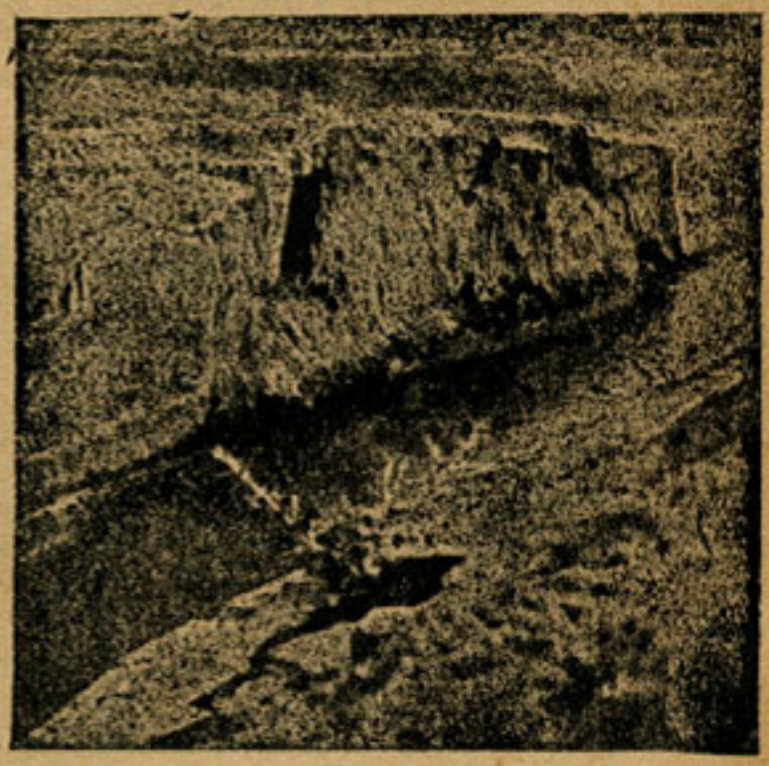


Рис. 10. Вид разруш. левого берега между проф. № 15—19

8. Результаты работ

По концевому сбросу распределителя 113, в части общих гидравлических элементов средних из 7 наблюдений, сведенных в таблицу первую, имеем (см. стр. 22):

$$Q = 0{,}47 \text{ м}, \quad B = 2{,}34 \text{ м}, \quad P = 2{,}52 \text{ м},$$
$$F = 0{,}48 \text{ м}, \quad R = 0{,}18 \text{ м}, \quad V_{ср} = 0{,}94 \text{ м/сек}$$
$$H = 0{,}20 \text{ м}, \quad i = 0{,}0039$$

Средняя скорость исследуемого участка колеблется в пределах 0,78—1,10 м/сек, возрастая с повышением горизонта воды.

Результаты механического анализа проб грунтов, взятых в ложе потока на исследуемого участка, в процентах по отношению к общему количеству представляются следующей табличкой.

№№ п п	Навеска в граммах	В процентах от общего количества			Место взятия пробы
		> 0,25	< 0,25 > 0,05	< 0,05	
1	3,652	—	6,16	93,84	Дно на проф. № 11
2	3,93	—	7,94	92,06	Откос проф. № 11

Таким образом, грунты, слагающие ложе канала, состоят из преобладающего большинства частиц d < 0,05 мм. Перейдя к расходам взвешенных наносов и мутности, сведенных в таблице второй, и рассматривая относительную мутность в килограммах на кубический метр, следует отметить, что в шести случаях общая относительная мутность по нижнему створу превышает таковую мутность по верхнему створу и только в одном случае (расход № 7) остается постоянной для обоих створов.

Третья фракция с частицами d < 0,05 мм также в шести случаях превышает верхний створ и лишь в расходе № 6 уменьшается на незначительную величину.

Что же касается второй фракции с частицами 0,25 < d > 0,05, то здесь имеется в четырех случаях превышение и в трех — уменьшение.

Первая фракция, как видно, во всех случаях отсутствует.

При принятом во всех случаях расходе мутности по верхнему створу за 100%, таковой по нижнему створу составляет:

В общем количестве от 100% до 119,1%:

По 3-й фракции от — 99,2% до 118,7%
По 2-й „ „ — 43,5% „ 178,9%

Средние проценты третьей и второй фракции по каждому створу от общей относительной мутности выражаются:

	Общее количество	3-я фракция	2-я фракция
Верхний створ	100%	93,8%	6,2%
Нижний „	100%	94,2%	5,8%

Средняя относительная мутность в килограммах на кубический метр из семи отдельных наблюдений по каждому створу может быть сведена в следующую табличку:

Створ	Относительная мутность			
	Общее количество	> 0,25	< 0,25 > 0,05	< 0,05
Верхний	5,76	нет	0,36	5,40
Нижний	6,25	нет	0,36	5,89

Из приведенной таблички и сопоставления полученных материалов выходит, что в общем исследуемый участок размывается и, главным образом, за счет третьей фракции, хотя в то же время в некоторых случаях происходит и намыв (ничтожный по количеству) второй фракции. Для наглядности выявления величины размыв, на исследуемом участке произведена накладка по одному профилю, являющемуся средним из 1-го, 11-го и 21-го профилей по данным нивелировок начала, середины и конца работ (см. рис. 11, стр. 14).

В разделе „Метод обработки" количество килограммов взвешенных наносов в одном кубическом метре воды определено понятием „мутность". Но так как это количество наносов в некоторой литературе принято называть „относительная мутность", то последняя терминология в дальнейших рассуждениях, а также и в прилагаемых чертежах, оставлена.

Из профиля заключаем, что средняя глубина размыва на участке за период времени с 20 апреля по 31 мая 1929 г. достигла до 0,14 м.

Произведенным подсчетом объема вымытого грунта как общего за все время наблюдений, так и между отдельными нивелировками, выявлено, что общий объем в 14,95 м³ распределяется следующим образом:

с 20/IV	по	17/V	9,15 м³
„ 17/V	„	19/V	1,60 „
„ 19/V	„	23/V	1,40 „
„ 23/V	„	28/V	1,15 „
„ 28/V	„	31/V	1,65 „

Построим кривую работы воды на участке за время наблюдений (рис. 13, стр. 15).

Приняв за нуль графика начальное состояние участка к моменту исследований 20 апреля 1929 г. и откладывая по оси абсцисс время (в сутках) производства нивелировок, а по оси ординат объем вынесенного грунта до этих дней включительно, получим кривую, характеризующую размыв, возрастающий со временем, при скоростях в пределах 0,78—1,10 м/сек.

Что же касается предельной скорости, при которой исследуемый участок находился бы в установившемся состоянии, то таковая, как видно, не могла быть выявлена и, надо полагать, лежит гораздо ниже средней участковой из всех наблюдений, равной 0,94 м/сек.

Распределение по живому сечению равных скоростей — изотах, а также равных мутностей — изомутностей, было нанесено по каждому створу отдельно для 3 расходов: при наименьшем, среднем и наибольшем горизонтах воды, наблюденных в период исследования, каковые представляются более или менее плавными кривыми. Для иллюстрации прилагается расход воды и мутности по верхнему створу при наибольшем наблюденном горизонте воды от 30 мая 1929 года (рис. 14 и 15, стр. 16 и 17).

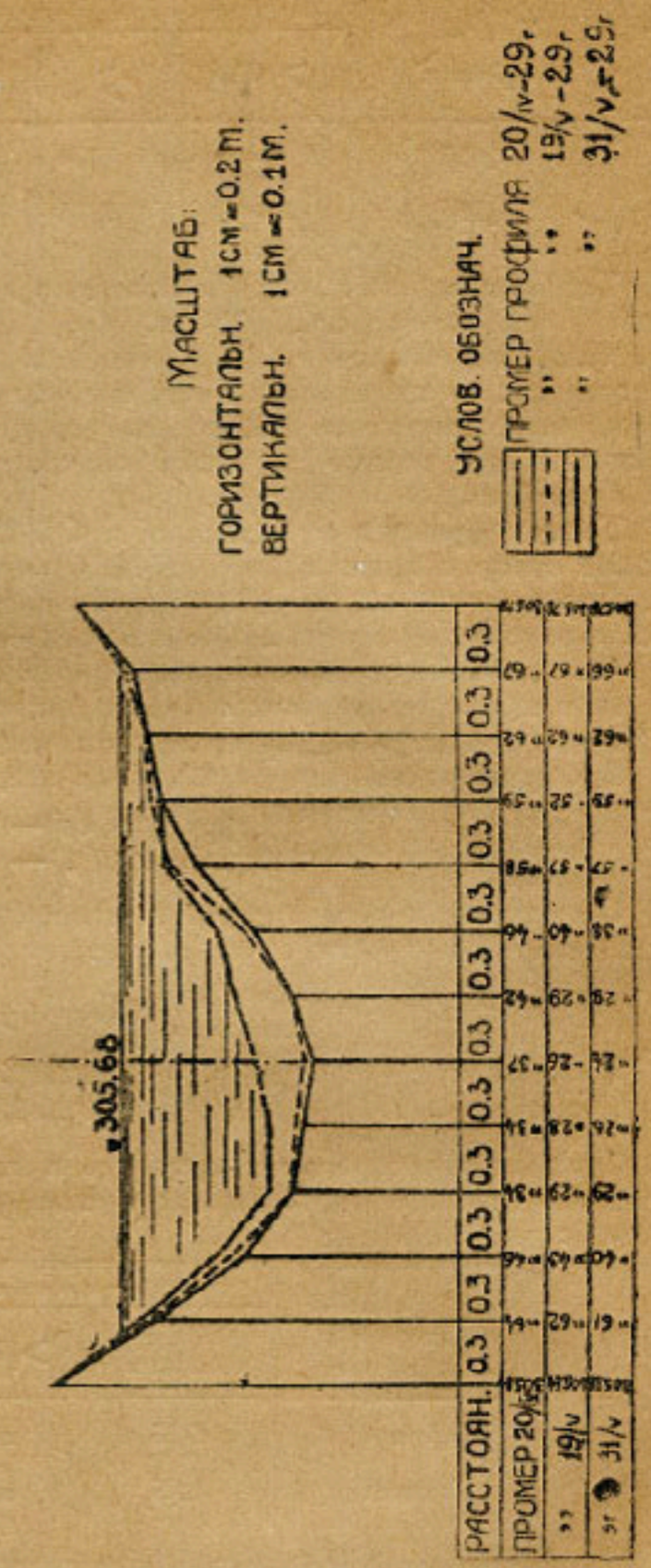


Рис. 11. Средний профиль участка сброса R—113

По участку на канале Старого Джуна общие гидравлические элементы из 2 наблюдений, сведенные в таблице первой, таковы:

$Q = 7{,}46$ м³, $F = 7{,}71$ м², $B = 6{,}78$ м, $P = 7{,}99$,

$H = 1.14$ м, $R = 0{,}96$ м, $V_{ср} = 0{,}98$ м/сек.

$i = 0{,}00021$

Что касается грунтов, слагающих ложе канала, то таковые так же, как и на участке Нового Джуна, состоят из преобладающего большинства частиц $d < 0{,}05$мм представленных следующей табличкой:

№№ по пор.	Навеска в граммах	В процентах от общего количества			Место взятия пробы
		>0,25	<0,25 >0,05	0,05	
1	3,777	нет	3,45	96,55	Дно верх. створ.
2	4,085	„	4,09	95,91	Дно нижн. „
3	4,118	„	1,86	98,14	Откос проф. 13

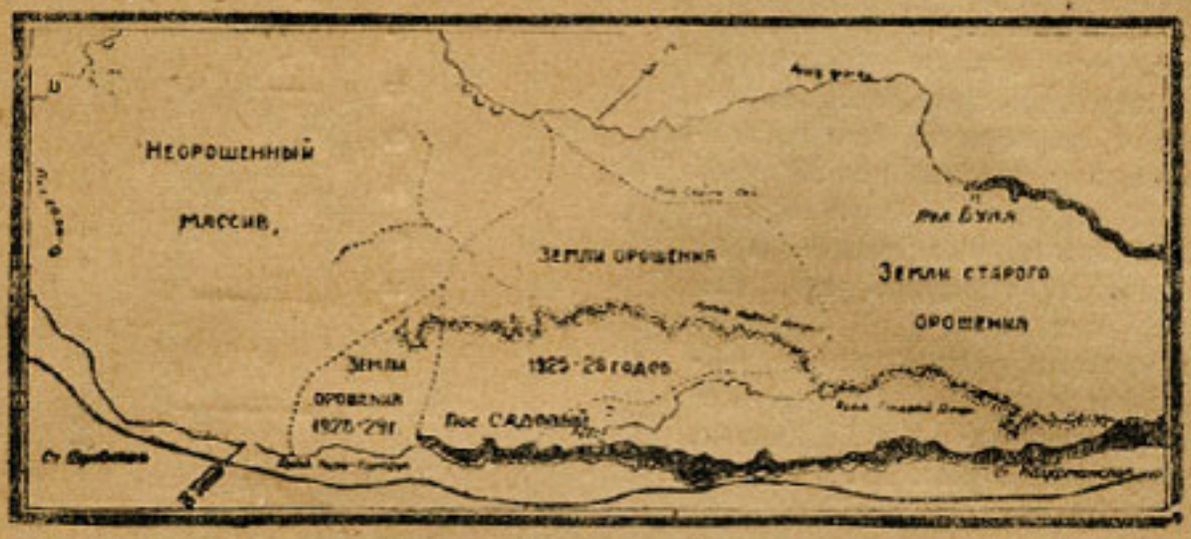


Рис. 12. Схема распространения деформаций грунтов на Джунских землях в 1929 г.

Обращаясь к расходам относительной мутности (таблица вторая), видим, что общее количество мутности и третья фракция нижнего створа в одном наблюдении превышают верхний створ, а в другом делаются меньшими, при уравновешенном состоянии в обоих случаях второй фракции.

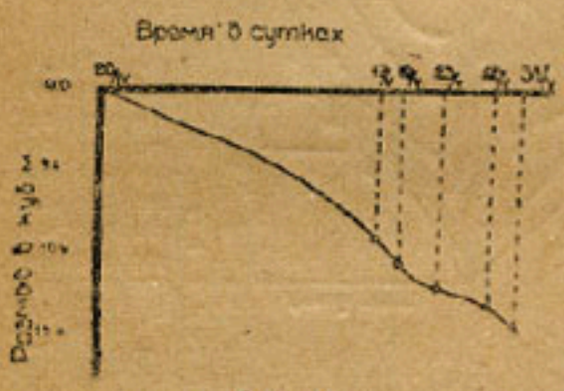


Рис. 13

В отношении первой фракции, с частицами d > 0,25 мм, в обоих случаях выявляется наличие ее на нижнем створе, тогда как на верхнем она отсутствует, или составляет незначительный процент от общего количества. В отношении средней относительной мутности в килограммах на кубический метр, средней из 2 наблюдений по каждому створу, то таковая сводится в следующую табличку:

Створ	Относительная мутность			
	Общее количество	>0,25	<0,25 >0,05	<0,05
Верхний	0,87	0,001	0,054	0,81
Нижний	0,91	0,011	0,054	0,84

Из приведенной таблицы относительной мутности, а также изложенного выше видно, что общее количество мутности, а также первая и третья фракции на нижнем створе, превышают верхний створ, при уравновешенном состоянии второй фракции, что и здесь характеризует собою размыв. Что же касается предельных скоростей, то и в этом случае они не уловлены и находятся где-то ниже средней

участковой скорости равной 0,98 м/сек. при колебаниях ее в период наблюдений от 0,87 до 1,09 м/сек.

Что касается вопроса распределения по живому сечению равных скоростей и равных мутностей, то таковые также представляются более или менее плавными кривыми, что наглядно видно на рис. 16 и 17 (стр. 18 и 19). Помимо размываемости участка, происходит и общая осадка дна его с бермами, откосами и прилегающего материка к ним.

Произведенной накладкой нивелировок профилей участка от 20 апреля, 7 мая и 10 июня установлено, что осадка происходит весьма неравномерно, общая просадка дна за период прохода воды по каналу в течение 52 дней выразилась, примерно, в 0,75 м от проектного, что видно и из прилагаемого среднего профиля участка (рис. 18).

Плановое расположение образовавшихся щелей и разрушений, по состоянию их на 12 июня, представлено на рис. 19.

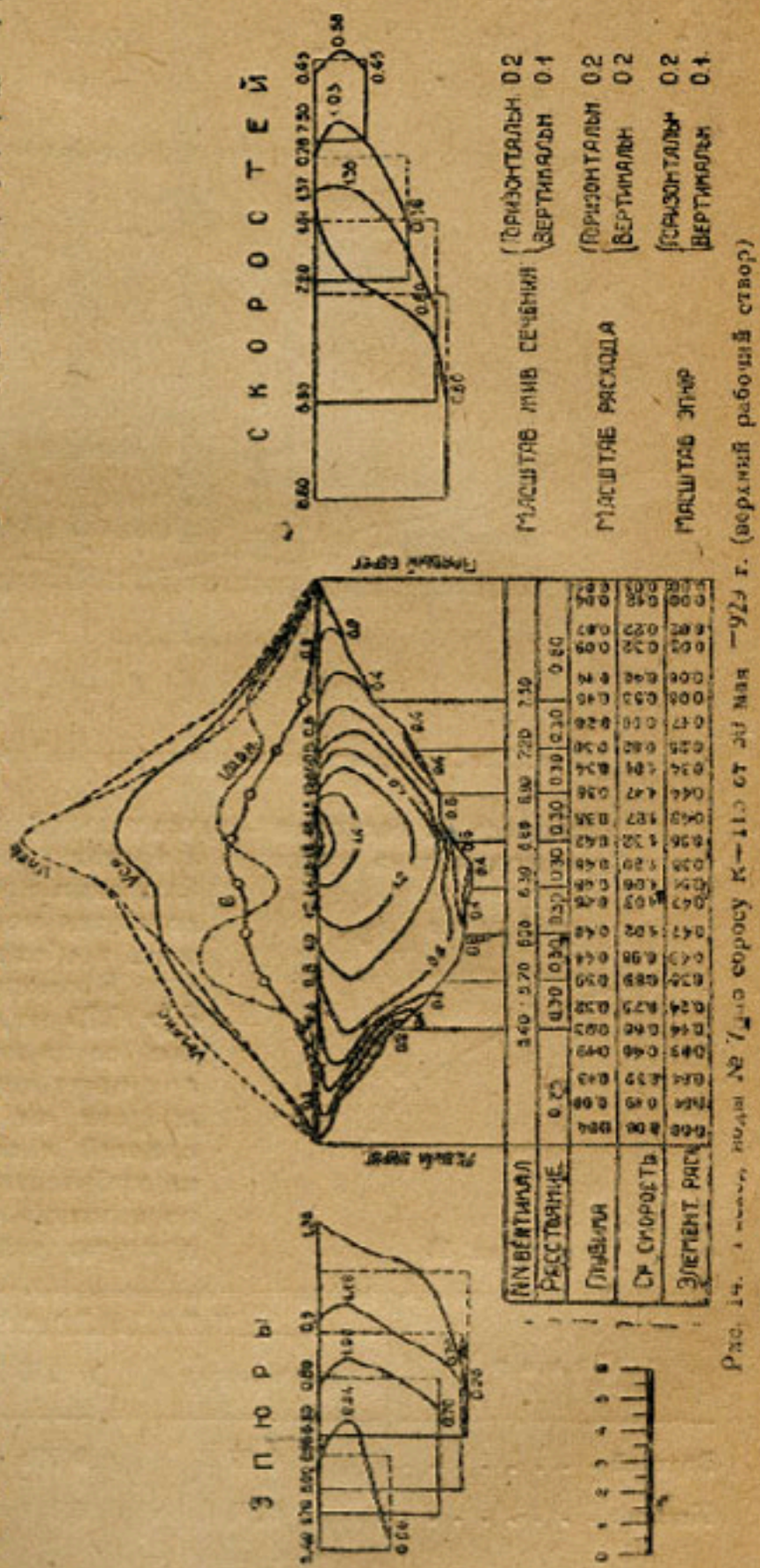


Рис. 16. [illegible] по сбросу К—113 от 30 мая—27 г. (верхний рабочий створ)

9. Заключение

Полученные средние скорости воды в каналах, достигающие максимума своего значения в 1,10 м/сек. при средних участковых за период наблюдений по сбросу R—113 в 0,94 м/сек. и по Старому Джуну 0,98 м/сек. как видно, являются размывающими для лесса. Так как наблюдения приспосабливались всецело к условиям эксплоатации системы, а в силу этого длительность наблюдений была очень незначительна, не дав полной картины режима исследуемых каналов, полученные результаты можно считать решенными лишь в первом приближении.

В заключение не безынтересно будет привести полученные результаты по наблюдениям за средними скоростями на ирригационных каналах Средней Азии, являющимися результатом полевых исследований института в течение ряда лет; при этом необходимо будет отметить, что приводимые ниже данные не являются результатом непосредственного изучения размывающих скоростей, а лишь по комплексу гидравлических исследований имеют ответы о степени устойчивости участка в период его исследования, этим самым давая большой практический интерес о наблюденных средних скоростях потока на исследуемом участке. Не вдаваясь подробно в описание каналов и отдельных участков на них, ограничимся

здесь кратким описанием места, даты производства работ и, наконец, слагающих грунтов ложа каналов, сведя весь цифровой материал в таблицу третью.

1. Участок № 2 на 25 км магистрального Голодностепского канала исследования 1926 г. в период с 2-го по 17 июля. Участок прямолинейный, длиною 400 м. в выемке из лессового грунта. Дно покрыто отложениями лесса и песка. Имеются заросли камыша и трав, при чем камыш местами входит от 1 до 2,5 м от уреза воды в живое сечение потока; по данным наблюдений, участок устойчивый[1].

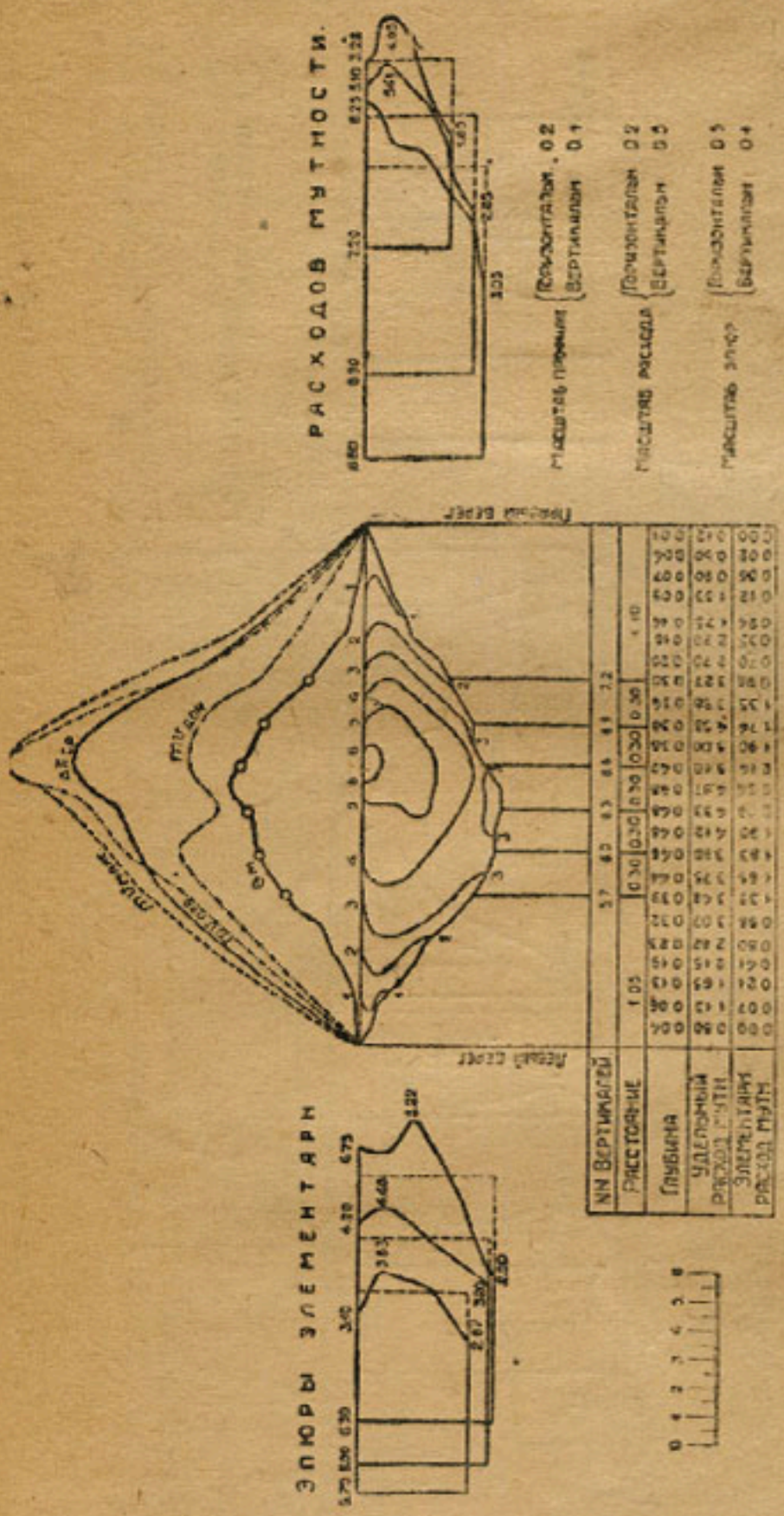


Рис. 15. Общий расход мутности № 7 по сбросу R—113 от 30 мая 1929 г. (верхний рабочий створ)

2. Участок № 3 на 38 км. магистрального Голодностепского канала (исследования с 1-го по 28 августа 1926 г.); длиной 400 м проходит в лессовом грунте. Дно и откосы покрыты отложениями лесса и мелкого песка. Охарактеризован как устойчивый.

3. Участок № 4 на первом километре Левой ветви магистрального Голодностепского канала, прямолинейный, длиною 400 м. проходит в лессовой выемке. Дно и откосы канала покрыты отложениями лесса и мелкого песка. По наблюдениям с 4-го сентября по 15 сентября 1926 г. охарактеризован, как не вполне устойчивый.

4. Участок № 1 на канале Газават (Хорезм), прямолинейный, длиною 360 м. Дно канала наносное (слой песка до 1 м), откосы песчано-лессовые. Уклон дна обратный течению. По данным наблюдений в период с 11 июля по 1 августа 1926 г. охарактеризован, как установившийся (устойчивость участка, помимо промера живых сечений его, выявлена и по учету взвешенных наносов по створам — в начале и конце участка).

5. Участок № 2 на притоке канала Газават-Ходжа-ярган (Хорезм), прямолинейный, длиною 240 м. Дно наносное, песчаное со слоем песка до 1 м. Берега

[1] Во всех приводимых ниже характеристиках об устойчивости участков, в основу положены результаты многократных промеров живых сечений на участке, по которым производились вычисления [illegible] для выяснения степени его устойчивости.

песчано-лессовые. Период наблюдений с 7-го по 29 августа 1926 г. По данным промеров живых сечений и учету навешенных наносов участок заиляемый.

6. Канал Палван, уч. № 1 (Хорезм), расположен на 75 м. ниже впадения саки Тугай; прямолинейный, длиною 250 м. Берега песчано-лессовые, дно песчаное. В период наблюдений с 11 мая по 16 сентября 1930 г. охарактеризован, как не установившийся (в период максимальных расходов размывается, а в период минимальных расходов заиливается).

7. Канал Газават, участок № 1 (Хорезм) длиною 198 м. Берега песчано-лессовые, дно мелко песчаное. В период наблюдений с 10 мая по 16 сентября 1930 г. выявлена неустойчивость участка.

8. Кайсар-сака, участок № 2 (Хорезм), расположен на 13 км. Участок прямолинейный, длиною 180 м. Берега песчано-лессовые, дно мелко песчаное. В период наблюдений с 11 мая по 12 сентября 1930 г. установлена устойчивость участка.

9. Канал Шават, участок № 1 (Хорезм), расположен на 100 м. ниже впадения в Шават Кайсар-саки, прямолинейный, длиною 250 м. Берега и дно песчано-лессовые. Период наблюдений со 2 апреля по 14 сентября 1930 г.

Участок неустойчивый.

10. Таза-ярган-сака, участок № 1 (Хорезм), длиной 180 м прямолинейный. Дно глинисто-песчаное, берега песчано-лессовые. В период наблюдений с 25 мая по 9 сентября 1930 г. выявлена незначительная размываемость и намываемость участка. В общем участок охарактеризован, как не установившийся.

11. Канал Клыч-ниаз-бай, участок № 1 (Хорезм), расположен ниже впадения Таза-ярган-саки, прямолинейный, длиною 216 м. Берега лессово-песчаные. Дно мелко песчаное. Период наблюдений с 30 мая по 12 сентября 1930 г. Участок устойчивый.

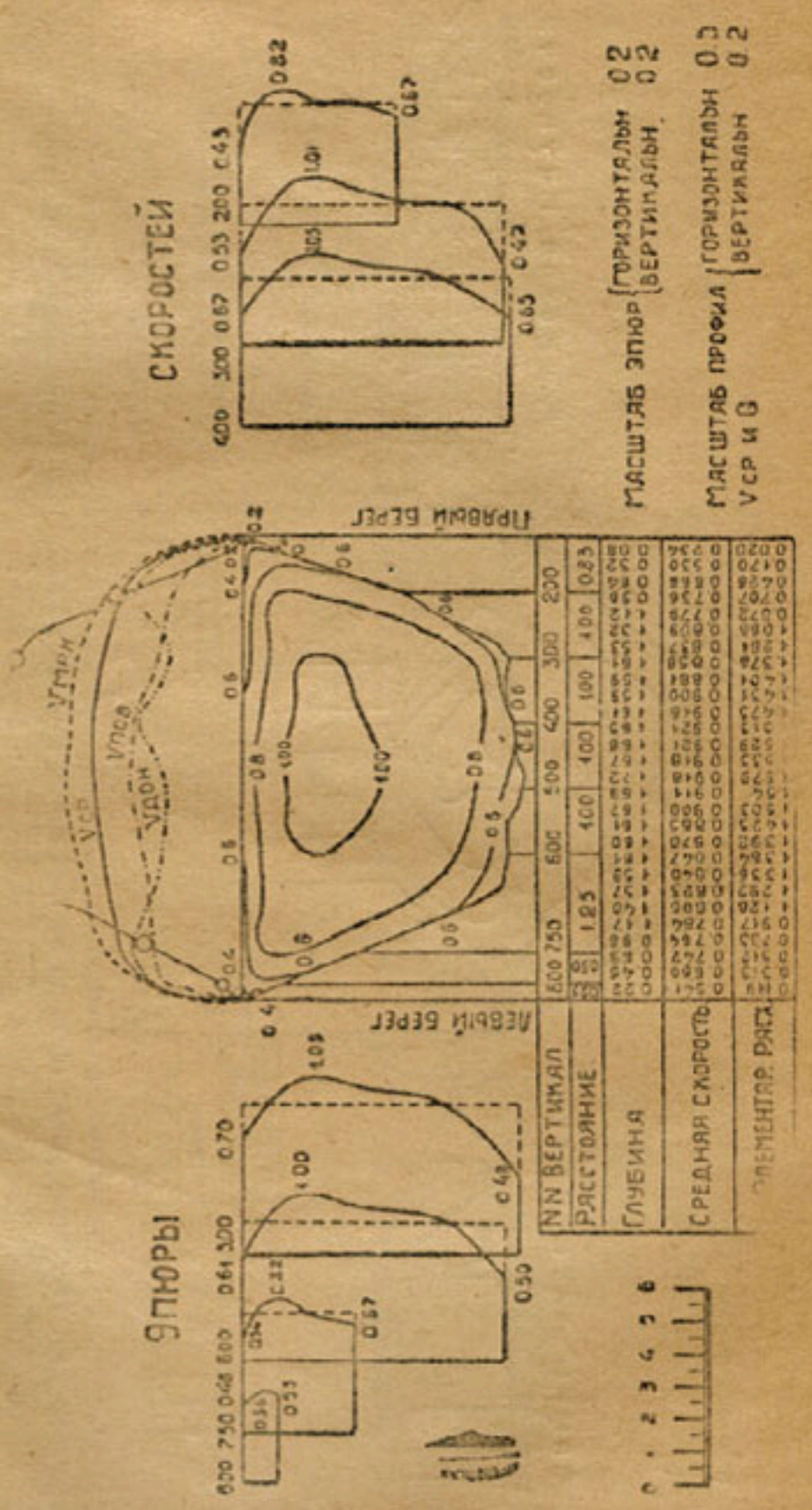


Рис. 16. Расход воды № 2 по участку Старого Джуна от 8 мая 1979 г. (нижний рабочий створ)

12. Канал Джиликуль, участок № 1 (Курган-тюбинский район) на 1 км от головы канала. Длина 90 м. Берега и дно галечниковые с небольшой примесью песка. Наблюдения с 11-го по 25 августа 1930 г. По данным промеров живых сечений и учету взвешенных наносов, выявлена устойчивость участка.

13. Участок на канале Гердышар (Курган-тюбинского района) расположен на 6 км. Длина 152 м. Дно и откосы глинистые с большим количеством наносного песка. По наблюдениям со 2-го по 9 сентября 1930 г. участок устойчивый.

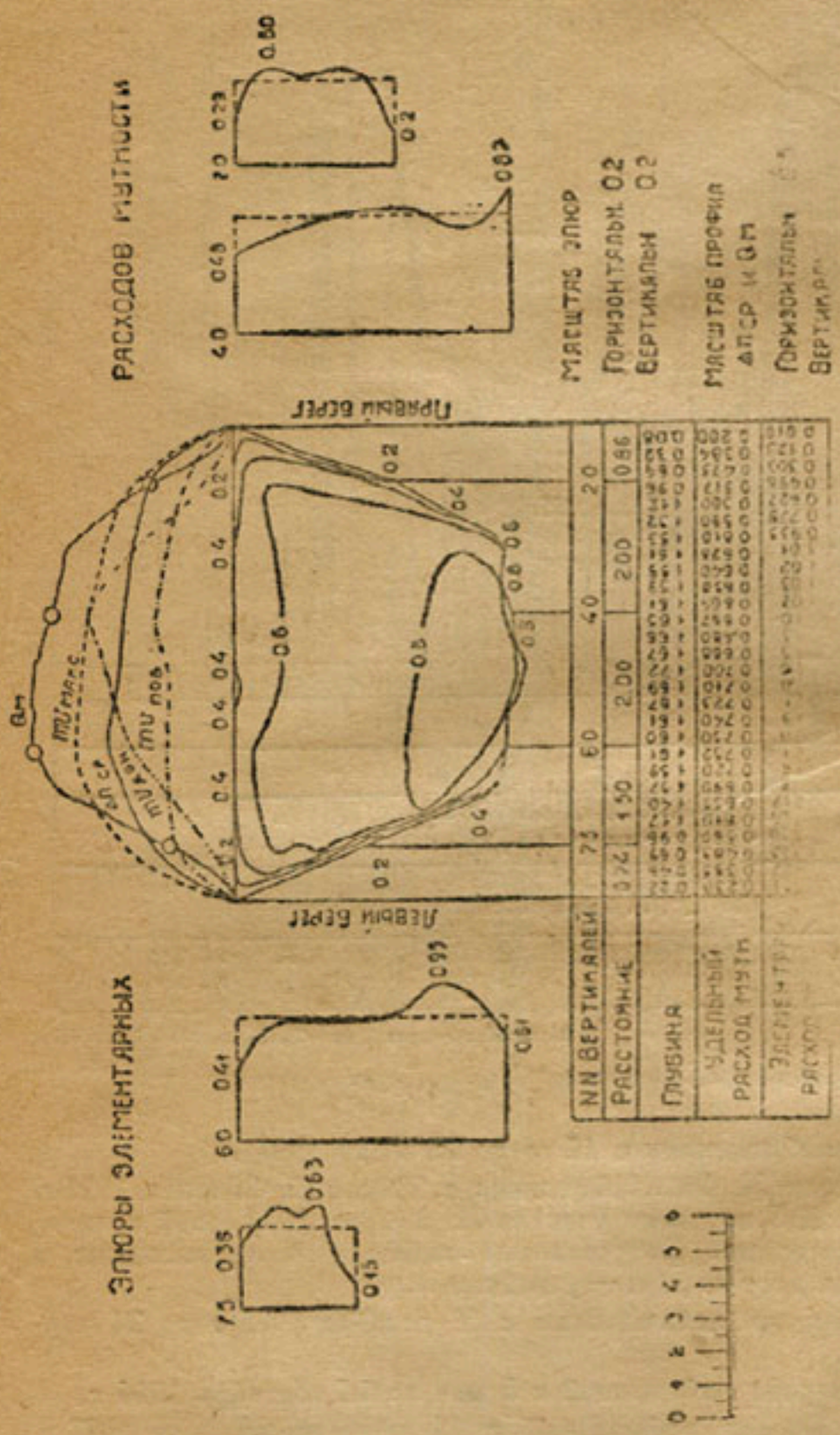


Рис. 17. Общий расход мутности № 2 по участку Старого Джуна от 8 мая 1929 г. (нижний рабочий створ)

14—15. Участок на левой ветви реки Сукулук (Семиречье), длиною 3 км от п. № 17+50 до п. № 47+50. Дно и откосы сложены из крупной гальки с песком (поперечный размер галек до 60 см). Участок устойчивый. В начале и конце участка были разбиты дополнительные участки длиною по 100 м для определения коэфициентов шероховатости. Период наблюдений с 3-го по 31 октября 1930 г. В прилагаемой сводке под порядковым номером 14 — результаты в начале исследуемого участка, а под № 15 — в конце участка.

16. Участок на р. Нарын, в районе головы канала Уч-курган, расположен на месте бывшей Учкурганской гидрометрической станции. Берега — галька с песком, с выходом на поверхность конгломерата. Дно конгломератовое, покрытое наносной галькой. Вычислением намывов и размывов по 8 кратным промерам одного профиля установлено, что дно периодически меняется в зависимости от расхода воды, при чем подвижка донных наносов происходит при расходах более 400 м сек, то-есть при средних скоростях участка выше 1,52 м/сек. Период наблюдений с 21 июля по 1 октября 1928 г.

17. Предыдущий участок на р. Нарын, длиною 233 м. Период наблюдений с 14 апреля по 13 августа 1929 г. Характеристика устойчивости та же, что и в 1928 г.

18. Канал Даргом, участок № 3. Наблюдения с 7-го по 8 августа 1925 г. Длина участка 100 м. Дно из крупной гальки, берега песчано-гравелистые. Стационарные наблюдения произведены в 1925-1926-1927 гг. За этот период участок охарактеризован, как устойчивый.

19. Предыдущий участок в период наблюдений с 31 декабря 1925 г. по 18 марта 1926 г.

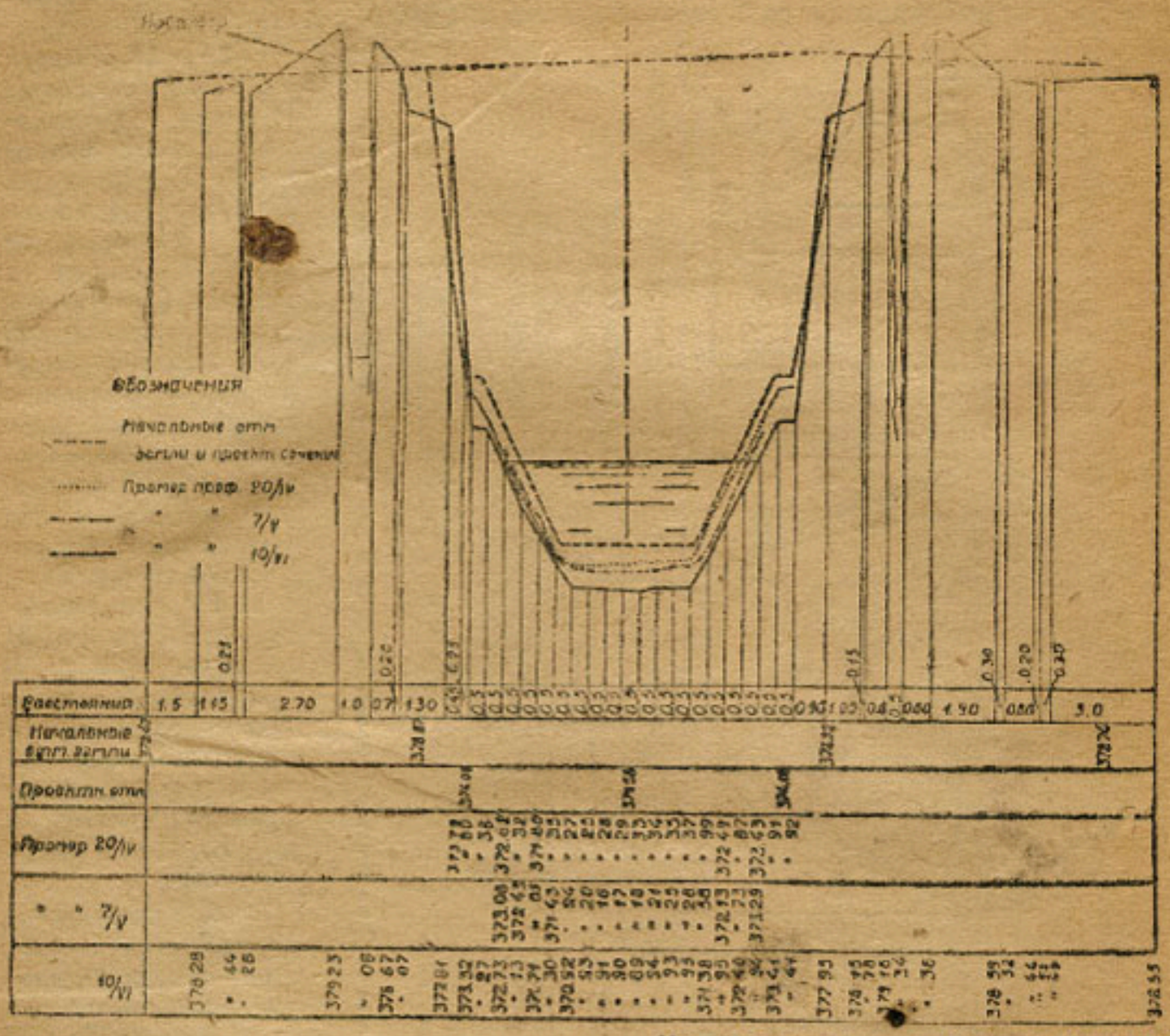


Рис. 18. Средний профиль участка Старого Джуна.

20. Тот же участок по наблюдениям с 12-го по 25 июня 1927 г.

21. Канал Даргом, участок № 4-а. Наблюдения с 23 мая по 26 июля 1925 г. Длина 260 м, расположен на 11,5 км. ниже участка № 3. Дно из средней величины гальки, откосы песчано-лессовые. Стационарные наблюдения произведены в 1925-1926-1927 гг. Участок за этот период — устойчивый.

22. Предыдущий участок по наблюдениям с 18 декабря 1925 г по 24 марта 1926 г.

23. Тот же участок в период наблюдений с 5 мая по 14 сентября 1926 г.

24. Тот же участок в период наблюдений с 11 июня по 25 июня 1927 г. Длина 100 м.

25. Канал Даргом, участок № 6. Наблюдения с 22 июня по 30 июля 1925 г. Длина 180 м. Дно гравелистое с песчаными отложениями. Откосы лессовые, покрытые крупной травяной растительностью. Стационарные наблюдения произведены в течение периодов 1925-1926-1927 гг., по данным которых — участок устойчивый

26. Предыдущий участок по наблюдениям с 4 декабря 1925 г. по 5 марта 1926 г.

27. Тот же участок по наблюдениям с 21 апреля по 22 августа 1926 г.

28. Тот же участок в период наблюдений с 2-го по 14 августа 1927 г.

29. Канал Шарихан-сай. Участок № 1 расположен в середине холостой части. Длина 338 м., проходит в обрывистых берегах. Берега — галька с песком, местами лесс. Дно — галька с песком. Участок неустойчивый, размываемый. Размывы сопровождаются обвалами. Период наблюдений с 18-го по 27 августа 1926 г.

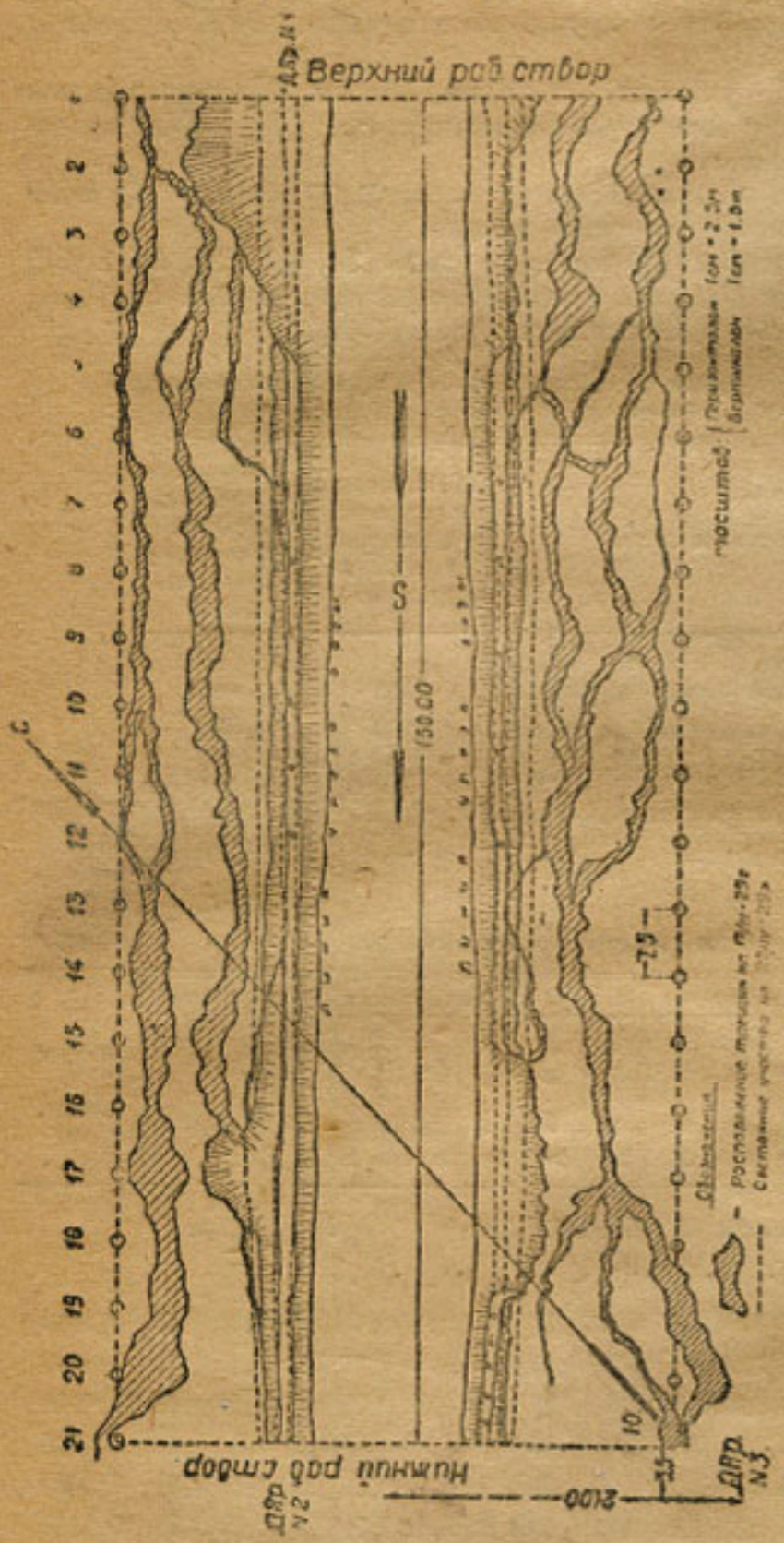


Рис. 19. План участка Старого Джуна с показанием разрушений на 1/IV 1929 г.

30. Канал Шарихан-сай, участок №2, расположен ниже 1-го участка на 2 км. Длина 162 м. Берега и дно галечниковые с песком. Участок неустойчивый, размывается. Размывы сопровождаются обвалами. Период наблюдений с 21 августа по 6 сентября 1926 г.

31. Канал Шарихан-сай, участок № 3, ниже на 1 км участка № 2, длина 342 м, криволинейный. Дно галечниковое с песком. Берега галечниковые, местами глинисто-лессовые. Участок неустойчивый, размываемый. Наблюдения с 5-го по 11 сентября 1926 г.

32. Канал Шарихан-сай, участок № 4, длиной 400 м, прямолинейный. Берега галечниковые и галечниково-лессовые, в верхней своей части покрытые растительностью, местами деревьями с частично обнаженными и погруженными в воду корнями. Дно галечниковое с примесью песка. Период наблюдений с 18-го по 22 сентября 1926 г. Участок неустойчивый.

33. Канал Шарихан-сай, участок № 5, расположен около ст. Курган-тюбе Ср.-Аз. железной дороги в части канала с бетонными и деревянными укреплениями правого берега. Длина участка 272 м. Дно — галька с примесью песка и глины, в некоторых местах около правого берега укрепленное бетонными плитами. Наблюдения в период 3—8 октября 1926 г. Отмечена ничтожная размываемость участка.

34. Канал Кара-су (лев.-бер), участок № 1, расположен на 49 км от головного сооружения, почти прямолинейный, длиною 100 м. Берега илисто-песчаные, дно песчано-гравелистое. Наблюдения с 20 июля по 10 августа 1926 г. Участок неустойчивый

35. Канал Кара-су (лев. бер.), участок № 2 на 45 км, длиною 100 м, слабо криволинейный. Берега песчано-глинистые, дно крупно галечниковое. Наблюдения с 25 июня по 15 июля 1926 г. Участок размываемый.

36. Канал Кара-су (лев. бер.), участок № 5 на 40 км, длина участка 120 м. Берега гравелистые, дно крупно галечниковое. Наблюдения с 18 августа по 1 сентября 1926 г.

37. Канал Кара-су (лев. бер.), участок № 6, на 39 км, криволинейный, длиной 100 м. Берега лессово-илистые, дно крупно галечниковое. Наблюдения с 18-го по 31 августа 1926 г.

38. Канал Кара-су (лев. бер.), участок № 8 на 16 км. Длина участка разная (240 — 370 и 410 м). Берега и дно крупно галечниковые. Период наблюдений с 24 сентября по 3 октября 1926 г.

В программе исследований на канале Кара-су (лев. бер.) стояло выявление распределения скоростей по живому сечению канала.

По описанным выше пяти участкам (порядковые №№ 34, 35, 36, 37 и 38) выявлены предельные скорости, при которых начинается размыв берега или дна, или того и другого вместе, иллюстрируемые следующей таблицей:

Таблица скоростей, при которых размывы прекращались или еще не начинались.
Канал Кара-су (левый берег) 1926 г.

№ № участков	Описание русла и дна	Минимальные скорости, при которых кончался размыв	Самая высокая наблюд. скорость, при которой размыва не было
1	Берега илисто-песчаные, дно песчано-гравелист.	0,48	—
2	„ песчано-глинистые, дно крупно-галечник.	1,09	—
5	„ гравелистые, дно крупно-галечниковое	—	1,61
6	„ лессово-илистые, дно крупно-галечниковое	0,63	—
8	„ и дно крупно-галечниковые	—	1,19

Таблица 1

Средняя ведомость гидравлических элементов

№№ расходов	Дата расхода	Средние участковые: Горизонт воды	Q м³/сек	F м²	B м	P м	H м	R м	V ср. м/сек	Верх. створ: V ср. м/сек	V дон. ср м/сек	V д. мак м/сек	Ниж. створ: V ср. м/сек	V дон. ср м/сек	V дон. мак м/сек	i в процентах
	Участок из обросе распределителя 113 (Новый Джун)															l = 100,0 м
1	18 мая	305,546	0,25	0,32	1,90	2,06	0,17	0,16	0,81	0,67	0,29	0,42	0,7[illegible]	0,36	0,58	0,4010
2	19 „	„ 514	0,22	0,2[illegible]	1,77	1,9[illegible]	0,1[illegible]	0,15	0,78	0,6[illegible]	0,56	0,71	0,69	0,49	0,78	0,4070
3	19 „	„ 540	0,28	0,32	1,87	2,02	0,17	0,16	0,88	0,70	0,5[illegible]	0,73	0,80	0,5[illegible]	0,68	0,4070
4	27 „	„ 581	0,38	0,40	[illegible],06	2,22	0,19	0,[illegible]8	0,95	0,7[illegible]	0,69	0,82	0,8[illegible]	0,55	0,6[illegible]	0,4020
5	28 „	„ 6[illegible]7	0,5[illegible]	0,51	2,33	2,5[illegible]	0,22	0,20	1,00	0,75	0,51	0,71	0,94	0,66	0,81	0,3980
6	30 „	„ 710	0,77	0,75	3,13	3,3[illegible]	0,24	0,22	1,03	0,84	0,57	0,76	0,94	0,59	0,83	0,3630
7	30 „	„ 725	0,8[illegible]	0,80	3,3[illegible]	3,5[illegible]	0,24	0,22	1,10	0,95	0,47	0,7[illegible]	0,94	0,5[illegible]	0,64	0,3550
	Среднее	305,606	0,47	0,48	2,34	2,52	0,20	0,18	0,94	0,75	0,52	0,69	0,84	0,51	0,71	[illegible],3908
	Участок на спрямленной части Старого Джуна (а 223+46—224+96)															l = 150,00 м
1	29 апреля	372,593	7,38	6,75	6,54	7,60	1,03	0,89	1,09	1,17	0,77	1,00	1,04	0,70	1,00	0,0267
2	8 мая	„ 812	7,51	8,6	7,02	8,38	1,21	1,03	0,87	0,9[illegible]	0,32	0,46	0,85	0,57	0,67	0,0153
	Среднее	372,702	7,46	7,71	6,78	7,99	1,14	0,96	0,98	1,04	0,54	0,73	0,94	0,64	0,84	0,0210

Таблица 2

Сводная ведомость мутностей

№№ расхода	Расход взвешенных наносов в кг/сек								Относительная мутность											
									В кг/м³								В процентах нижнего створа от верхнего			
	Верхний створ				Нижний створ				Верхний створ				Нижний створ							
	>0,25	≤0,25 >0,05	<0,05	Общее колич.	>0,25	≤0,25 >0,05	<0,05	Общее колич.	>0,25	≤0,25 >0,05	<0,05	Общее колич.	>0,25	≤0,25 >0,05	<0,05	Общее колич.	>0,25	≤0,25 >0,05	<0,05	Общее колич.
Участок на сбросе распределителя 113 (Новый Джуна) l = 100,0 м																				
1	—	0,29	2,61	2,90	—	0,23	3,10	3,33	—	1,11	10,04	11,15	—	0,89	11,92	12,81	—	80,2	118,7	114,9
2	—	0,10	2,04	2,14	—	0,05	2,12	2,17	—	0,45	9,27	9,72	—	0,22	9,64	9,86	—	48,9	104,0	101,4
3	—	0,05	1,21	1,26	—	0,09	1,41	1,50	—	0,18	4,32	4,50	—	0,32	5,04	5,36	—	177,8	116,7	119,1
4	—	0,07	0,91	0,98	—	0,13	1,00	1,13	—	0,19	2,39	2,58	—	0,34	2,63	2,97	—	178,9	110,0	115,1
5	—	0,10	2,04	2,14	—	0,17	2,11	2,28	—	0,20	4,00	4,20	—	0,33	4,14	4,47	—	165,0	103,5	106,4
6	—	0,14	3,12	3,26	—	0,22	3,10	3,32	—	0,18	4,05	4,23	—	0,29	4,02	4,31	—	161,1	99,2	101,9
7	—	0,21	3,27	3,48	—	0,09	3,39	3,48	—	0,23	3,72	3,95	—	0,10	3,85	3,95	—	43,5	103,5	100,0
	Среднее	0,14	2,17	2,31	—	0,14	2,32	2,46	—	0,36	5,40	5,76	—	0,36	5,89	6,25	—	122,2	107,8	108,4
Участок на спрямленной части Старого Джуна (п. 223+45 — 224+96) l = 150,0 м																				
1	0,02	0,50	6,26	6,78	0,04	0,50	7,33	7,87	0,002	0,068	0,85	0,92	0,012	0,068	0,99	1,07	600,0	100,0	116,5	116,3
2	—	0,30	5,81	6,11	0,10	0,30	5,29	5,69	—	0,04	0,77	0,81	0,01	0,04	0,70	0,75	—	100,0	90,9	92,6
	Среднее 0,01	0,40	6,04	6,44	0,07	0,40	6,31	6,78	0,001	0,054	0,81	0,87	0,011	0,054	0,84	0,91	300,0	100,0	103,7	104,6

Сводная ведомость гидравлических элементов на участках, отмеченных с № 1 по 38 *Таблица 3*

№ № по порядку описания	Колич. отдельных наблюд.	Средние участковые из отдельных наблюдений										Колебания наблюденной средней скорости от—до	Колебания наблюденной относительн мутности в кг м³ от—до	Примечание
		Q м³/сек	F м²	B м	P м	H м	R м	V ср. м сек	i в проц.	γ	n			
1	9	59,8	74,0	28,5	30,9	2,59	2,40	0,81	0,0128	1,38	0,0262	0,79—0,82	1,59—5,47	
2	9	58,8	68,7	26,7	28,7	2,57	2,39	0,86	0,0114	1,04	0,0229	0,83—0,89	0,92—1,65	Q—расход воды м³/сек;
3	7	33,4	52,2	25,0	26,5	2,08	1,97	0,64	0,0074	0,94	0,0224	0,57—0,72	0,77—1,18	F—площадь жив. сечения;
4	9	19,4	32,9	41,9	42,3	0,78	0,78	0,59	0,0194	0,78	0,0206	0,52—0,67	2,30—4,63	B—ширина по верху;
5	10	7,7	12,1	15,1	15,6	0,80	0,78	0,63	0,0248	0,79	0,0207	0,56—0,68	3,05—4,21	P—смоченный периметр;
6	[illegible]	46,0	61,1	47,7	48,5	1,28	1,26	0,75	0,0184	1,03	0,0229	0,44—0,84	0,77—5,25	H—средняя глубина потока;
7	16	22,5	31,6	28,9	29,6	1,09	1,06	0,71	0,0187	0,87	0,0215	0,37—0,87	0,76—5,44	R—гидравл. радиус;
8	14	8,1	16,2	22,7	22,9	0,71	0,70	0,50	0,0121	0,56	0,0179	0,27—0,57	0,48—3,27	V ср.—средняя скорость по участку;
9	18	81,2	104,5	64,0	65,0	1,63	1,60	0,78	0,0145	0,97	0,0212	0,44—0,89	1,25—6,90	i—уклон в процентах;
10	15	12,4	15,0	15,9	16,7	0,94	0,89	0,83	0,0630	1,07	0,0239	0,66—1,17	1,43—5,15	γ—коэф. шероховатости в форм. Базена;
11	16	54,5	76,0	53,3	54,0	1,42	1,40	0,72	0,0174	1,07	0,0234	0,47—0,82	1,13—5,07	n—коэф. шероховатости в форм. Гангилье-куттера.
12	12	6,01	6,03	7,24	8,07	0,83	0,74	0,99	0,1250	1,46	0,0291	0,81—1,13	1,51—5,41	
13	7	0,84	1,49	4,64	4,89	0,32	0,30	0,56	0,0812	0,93	0,0237	0,35—0,86	0,43—2,96	
14	11	0,44	0,45	2,35	2,61	0,19	0,17	0,98	2,4700	2,15	0,0421	0,63—1,32	Вода осветл. Наносов не было	
15	11	0,33	0,35	1,78	2,15	0,20	0,16	0,94	3,0700	2,46	0,0467	0,42—1,18		
16	9	643,0	326,6	114,4	115,5	2,86	2,83	1,98	0,0938	—	—	1,39—2,74	0,10—3,87	
17	16	806,6	346,9	110,5	111,5	3,13	3,10	2,31	0,0836	2,50	0,0325	1,75—2,72	0,61—4,33	
18	2	33,2	21,0	26,7	27,2	0,79	0,77	1,58	0,2540	1,24	0,0264	1,56—1,61	Наблюд. не было	
19	6	5,61	8,61	24,1	24,3	0,36	0,35	0,65	0,2230	1,82	0,0356	0,37—0,84		

№ в порядке описания	Колич. отдельных наблюд.	Средние участковые из отдельных наблюдений										Колебания наблюденной средней скорости от—до	Колебания наблюденной относительн мутности в кг м³ от—до	Примечание
		Q м³/сек	F м²	B м	P м	H м	R м	V ср. м/сек	i в проц.	γ	n			
20	13	24,1	17,0	24,6	25,1	0,69	0,68	1,42	0,2070	1,21	0,0262	1,27—1,48	Наблюдений не было	
21	5	32,0	15,8	12,9	14,0	1,23	1,12	2,02	0,1940	1,10	0,0240	1,97—2,08	2,01—3,65	
22	7	3,30	3,40	10,6	10,8	0,32	0,31	0,97	0,2760	0,99	0,0247	0,74—1,18	0,03—0,18	
23	20	23,9	13,3	12,7	13,4	1,03	0,97	1,80	0,2200	1,20	0,0263	1,12—2,06	1,42—2,02	
24	14	17,9	10,5	13,1	13,6	0,80	0,77	1,70	0,2580	1,20	0,0258	1,39—1,89	Наблюдений не было	
25	6	41,2	34,6	19,9	22,0	1,73	1,56	1,19	0,0381	0,94	0,0218	0,93—1,31	1,51—4,24	
26	10	4,28	10,7	17,0	17,4	0,63	0,61	0,39	0,0118	0,70	0,0208	0,27—0,46	0,04—0,08	
27	18	33,7	31,3	20,0	21,8	1,57	1,43	1,07	0,0337	1,06	0,0230	0,58—1,22	0,08—2,63	
28	8	30,9	28,2	20,2	21,6	1,39	1,30	1,10	0,0374	0,86	0,0211	0,99—1,16	Наблюдений не было	
29	3	63,5	40,1	37,6	39,6	1,07	1,01	1,58	0,3295	—	—	1,50—1,66	0,55—1,06	1. В виду незначительного числа наблюдений — материал ориентировочного характера. 2. Данные о мутности по 6 точкам стрежневой вертикали рабочего створа.
30	5	67,5	39,9	39,4	40,0	1,01	1,00	1,69	0,2433	1,49	0,0282	1,65—1,79	0,77—1,36	
31	3	53,4	41,1	41,7	45,6	0,92	0,90	1,29	0,2378	1,98	0,0598	1,20—1,40	0,49—1,15	
32	3	47,1	34,7	32,1	33,2	1,08	1,04	1,36	0,1147	1,16	0,0247	1,32—1,42	0,25—0,58	
33	3	35,3	26,7	22,1	22,7	1,21	1,16	1,32	0,0809	1,11	0,0248	1,24—1,36	0,25—1,25	
34	14	21,6	26,5	37,0	37,7	0,72	0,70	0,81	0,1660	1,90	0,0344	0,75—0,90	Наблюдений не было	
35	15	51,6	34,1	32,1	32,9	1,06	1,03	1,51	0,1266	1,43	0,0278	1,13—1,76	,,	
36	14	26,0	20,9	26,4	26,9	0,79	0,78	1,24	0,2190	1,59	0,0302	1,17—1,30	,,	
37	15	25,0	28,7	27,8	28,5	1,03	1,00	0,87	0,0860	1,73	0,0314	0,76—1,01	,,	
38	9	9,48	12,4	22,1	22,3	0,56	0,55	0,77	0,2666	2,44	0,0420	0,62—0,87	,,	

Инж. С. С. БАН

КОЭФИЦИЕНТ БОКОВОГО СЖАТИЯ РЕГУЛЯТОРОВ

I. Введение

В лабораториях Института водного хозяйства за истекшее время был проведен ряд опытов с головными сооружениями различных магистральных каналов[1]

Сопоставляя полученные материалы по коэфициенту бокового сжатия, можно получить ряд выводов, дающих возможность судить о факторах, кои влияют на величину этого коэфициента.

Учитывая разнородность полученных результатов, остановимся на каждом из проведенных опытов отдельно, коснувшись предварительно самой постановки их.

Опыты проводились на неразмываемых моделях с измерением тем или иным инструментарием глубин, скоростей в нанесенных на модели постоянных точках

По полученным данным производился подсчет коэфициента бокового сжатия. Основной формулой, по которой производился подсчет, была принята формула водослива с широким порогом в виде

$$Q_p = \sigma_n m \varepsilon b \sqrt{2g}\, H_0^{3/2}$$

Обычно в расчетах головных сооружений принимается эта формула при условии подтопленного водослива, то-есть учитывается величина

$$\sigma_n = \frac{k\sqrt{1-k}\cdot\varphi}{m}$$

где

$$k = \frac{a_0}{H_0}$$

$$H_0 = H + \frac{v^2}{2g}$$

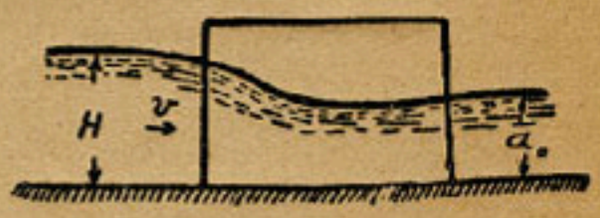


Рис. 1

Величина коэфициента расхода m по постулату Беланже принималась равной $m = 0{,}385\,\varphi$, при чем, учитывая наличие порога, коэфициент φ принимался в пределах от 0,92 до 0,95; при отсутствии порога φ принималось с некоторым допущением, равным 1. Таким образом, величина коэфициента расхода m имела диапазон колебания в пределах от $m = 0.385$ при $\varphi = 1$) до $m = 0{,}354$ (при $\varphi = 0{,}92$).

Решая вышеприведенную формулу относительно ε, получаем

$$\varepsilon = \frac{Q_p}{\sigma_n\, m b \sqrt{2g}\, H_0^{3/2}},$$

В данной формуле величины m, b, $\sqrt{2g}$ нам известны, остальные величины Q_p, σ_n, a_0 и H_0 получались непосредственно на модели, за исключением σ_n получаемой по приведенной выше формуле.

---

[1] Опыты проведены под руководством инж. Д. Я Соколова.

Величины Q_p, a_0 и H_0 получены следующим пут

Для получения глубины a_0 замеры производились между бычками у выхода в канал. Этот пунк для измерения глубины a_0 принят вследствие того, что при выходе в канал получается обычно некоторый подъем уровня, происходящий за счет уменьше ия скорости (по Борда), а потому было неверно брать горизонт воды в канале для определения глубины a_0, хотя в некоторых случаях это дает ничтожную ошибку.

Величина H_0 может быть получена не только как сумма

$$H + \frac{v^2}{2g},$$

где H — замеренная глубина воды перед регулятором, но и из замеренных непосредственно на модели глубин воды у противоположного регулятору берега, так как понижение горизонта воды перед регулятором есть следствие образования подходных скоростей к нему, то-есть

$$\frac{v^2}{2g}.$$

Расход Q' регуля ора замерялся при помощи водослива Чиполетти с предварительной его тарировкой.

Обращ ясь к точности производимых замеров при опытах, необходимо указать, что установка модели производилась при помощи прецизионного нивелира Цейса, при миллиметровых делениях рейки и сравнительно небольшом расстоянии между нивелируемыми точками. Точность нивелировки можно принять равной примерно 0, 20 мм. С такой точностью устанавливались параллели под гидравлическую иглу, дающую точность отсчетов 0,1 мм.

Таким образом, максимальная ошибка не может превышать 0 30 мм в отдельных отсчетах. Учитывая, что пере гановки параллелей для каждого измерения не делалось, следует полагать, что ошибка в установке их войдет во все отсчеты и не войдет в относительную ошибку отсчетов положения уровней, что является наиболее существенным при незначительной величине перепада.

Обратимся к рассмотрению отдельных опытных материалов.

II. Описание опытов

1. Опыты с регулятором Янгиарыкского магистрального канала

Опыты с моделью регулятора магистрального канала Янгиарык, расположенного на реке Нарын в Ферганской долине, производились на модели, в 1/50 натуральной величины.

Расчетные данные регулятора следующие:

H — пониженный горизонт воды в реке = 4,64 м

Q — нормально расчетный расход в реке = 120 м³/сек

Q' — " " " в канале = 78,9 м³/сек.

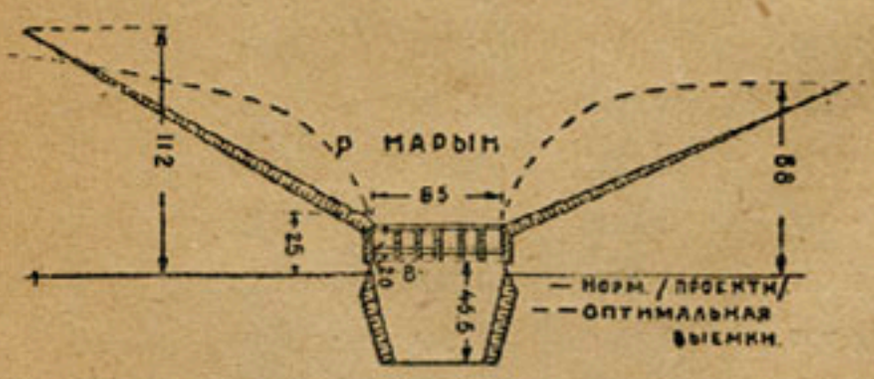


Рис. 2

По проекту регулятор имеет полный пролет L=29,5 м при шести пролетах по 4 м каждый и при толщине бычков 1,1 м. Характерным для данного регулятора является устройство колодца между бычками длиной 5 м и глубиной 0,75 м.

Регулятор имеет вид, представленный на рис. 2 (по модели).

Описываемые опыты дают исследование двух форм подходной выемки — нормальной (проектная сплошная линия, рис. 2), и подобранной опытным путем (оптимальная пунктирная линия, рис. 2).

Сравнивая обе формы подходных выемок, видим, что поток при оптимальной выемке не имеет водоворота у внутренней стороны отводимой части его каковой появлялся во всех случаях при проектной выемке.

Указанные опыты проводились при расходах русла и канала, приведенных в таблице 1, где также указаны и величины полученных опытным путем коэфициентов бокового сжатия ε.

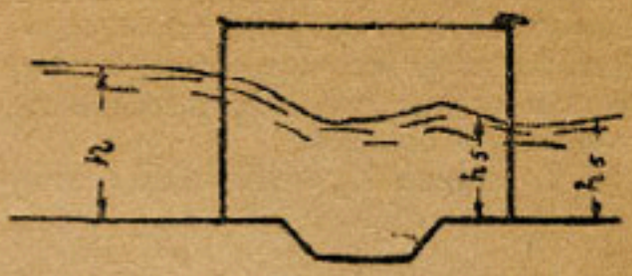


Рис. 3

В условиях опытов с регулятором Янгиарыкского магистрального канала имеем некоторую особенность в подсчете коэфициента бокового сжатия, обусловливаемую наличием в регуляторе колодца между бычками (рис. 3).

Таблица 1

Сводная таблица коэфициентов сжатия нормальной и оптимальной выемок

Расход реки Q л/сек	Расход регулятора Q' л/сек	$m' = \varepsilon m$	ε_n	m	φ	ε	Примечание
10	0,93	0,106	0,588	0,181	0,470	0,50	При m =
„	1,86	0,224	0,739	0,304	0,790	0,83	-385 φ = 0,365
„	2,35	0,322	1,000	0,322	0,838	0,88	
21	0,93	0,065	0,648	0,100	0,259	0,27	Нормальная выемка
„	1,86	0,136	0,751	0,181	0,470	0,50	
„	2,88	0,212	0,753	0,282	0,733	0,77	
„	4,20	0,334	1,000	0,384	0,870	0,92	
35	0,93	0,046	0,620	0,074	0,177	0,20	
„	1,86	0,095	0,670	0,141	0,366	0,39	
„	2,88	0,148	0,830	0,178	0,463	0,49	
„	4,45	0,239	0,842	0,284	0,738	0,78	
10	0,93	0,113	0,542	0,308	0,540	0,57	Оптимальная выемка
„	0,35	0,351	1,000	0,351	0,912	0,96	
21	0,93	0,067	0,293	0,229	0,595	0,63	
„	2,88	0,230	0,652	0,353	0,917	0,97	
„	4,05	0,334	0,987	0,339	0,882	0,93	
35	0,93	0,046	0,164	0,278	0,723	0,76	
„	2,88	0,151	0,499	0,303	0,787	0,83	
„	4,45	0,232	0,731	0,318	0,826	0,87	

Поэтому подсчет перепада велся по разности глубин в реке и у конца бычков регулятора, увеличиваемой на потери в колодце. Так как глубина $(h_s + \Delta h_k)$, по-

лученная опытами, весьма близка к h_6 — глубине в канале сразу за регулятором, то за расчетную величину принимали h_6.

2. Опыты с регулятором Учкурганского магистрального канала

Регулятор Учкурганского магистрального канала расположен на р. Нарын. План расположения регулятора приводится на рис. 4. Расчет регулятора велся на основании следующих данных:

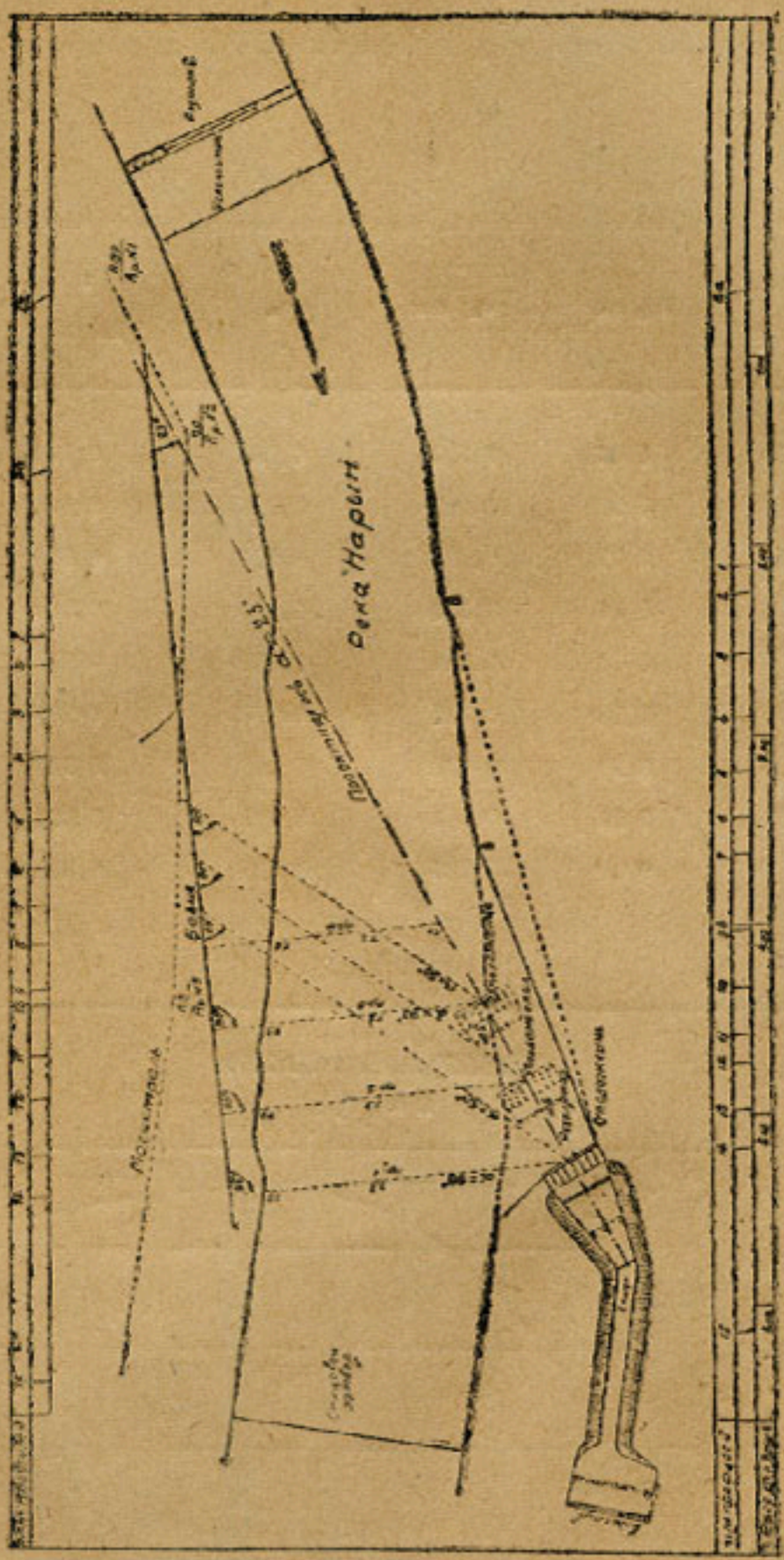


Рис. 4

H — пониженный горизонт воды в реке = 503,0 м
Q — нормальный расчетный расход в реке 558 м³/сек
Q′ — „ „ „ в канале 107 м³/сек.

По проекту полный пролет регулятора получен L = 30,1 м при восьми пролетах по 3,15 м каждый и толщине бычков 0,7 м.

Модельная установка для проведения опытов сделана в масштабе 1:30 натуральной величины, план ее представлен на рис. 4, где сплошной линией указана выработанная опытами выемка.

Так как проектная выемка при испытании дала сильные водовороты у входа в регулятор, то и необходимо было произвести некоторое изменение очертания берега путем его срезки.

Опытами величина этой срезки установлена на 300 м до точки В (рис. 4 и 6, стр. 31 и 33).

Таблица 2

Q л/сек в реке	Q'л/сек канал	H_0 см	σ_n мм	σ_n	ε по опыту	ε по Френсису
84,9	10,10	5 34	0 220	0,797	0,780	0,930
84,9	13,60	5,28	0,302	0,938	0,910	0 930
84,9	16 75	5,77	0,325	0 997	0,920	0,923
84,9	16 75	5 71	0,332	1,000	0,940	0,925
84,9	16 75	5 64	0,334	1,000	0,945	0 925
70,0	14 30	5,18	0 322	0 978	0,940	0 931
70,0	14,30	5 20	0 322	0,985	0 925	0 931
84,9	13 20	5 14	0 303	0,917	0,934	0,934
113,3	21,75	9,03	0,216	0,715	0,855	0,880

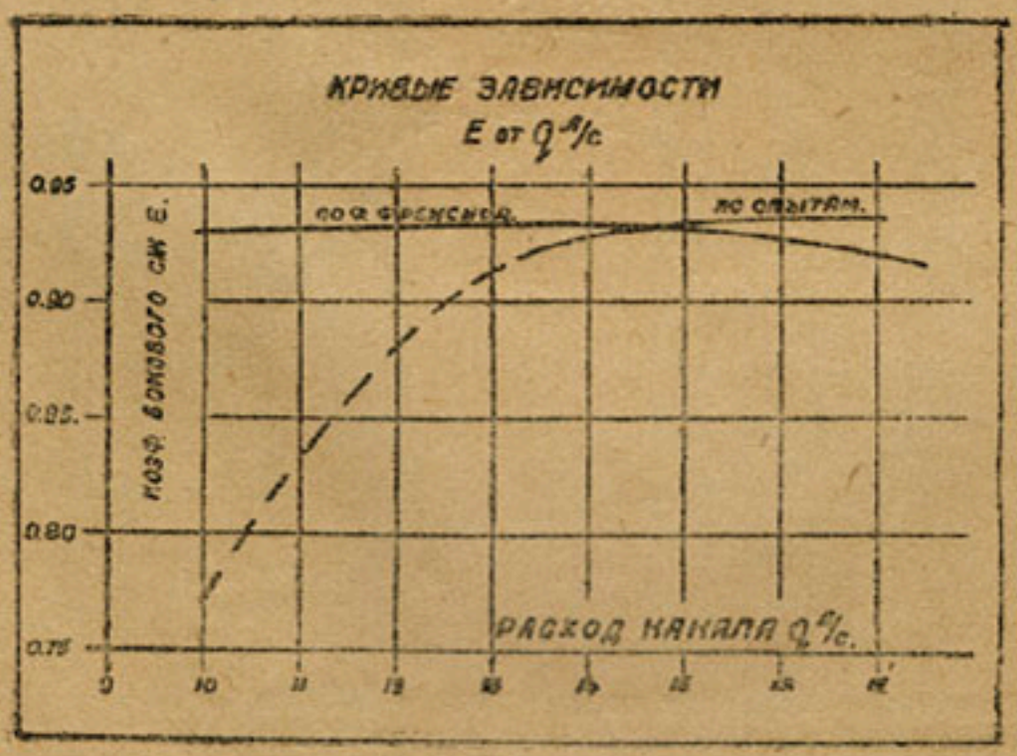


Рис. 5

Указанные опыты проводились при расходах русла и канала, приведенных в таблице 2, где также указаны и величины коэфициентов бокового сжатия, полученных опытным путем и по формуле Френсиса

$$\varepsilon = \frac{b - 0.1\, n \xi H_0}{b}$$

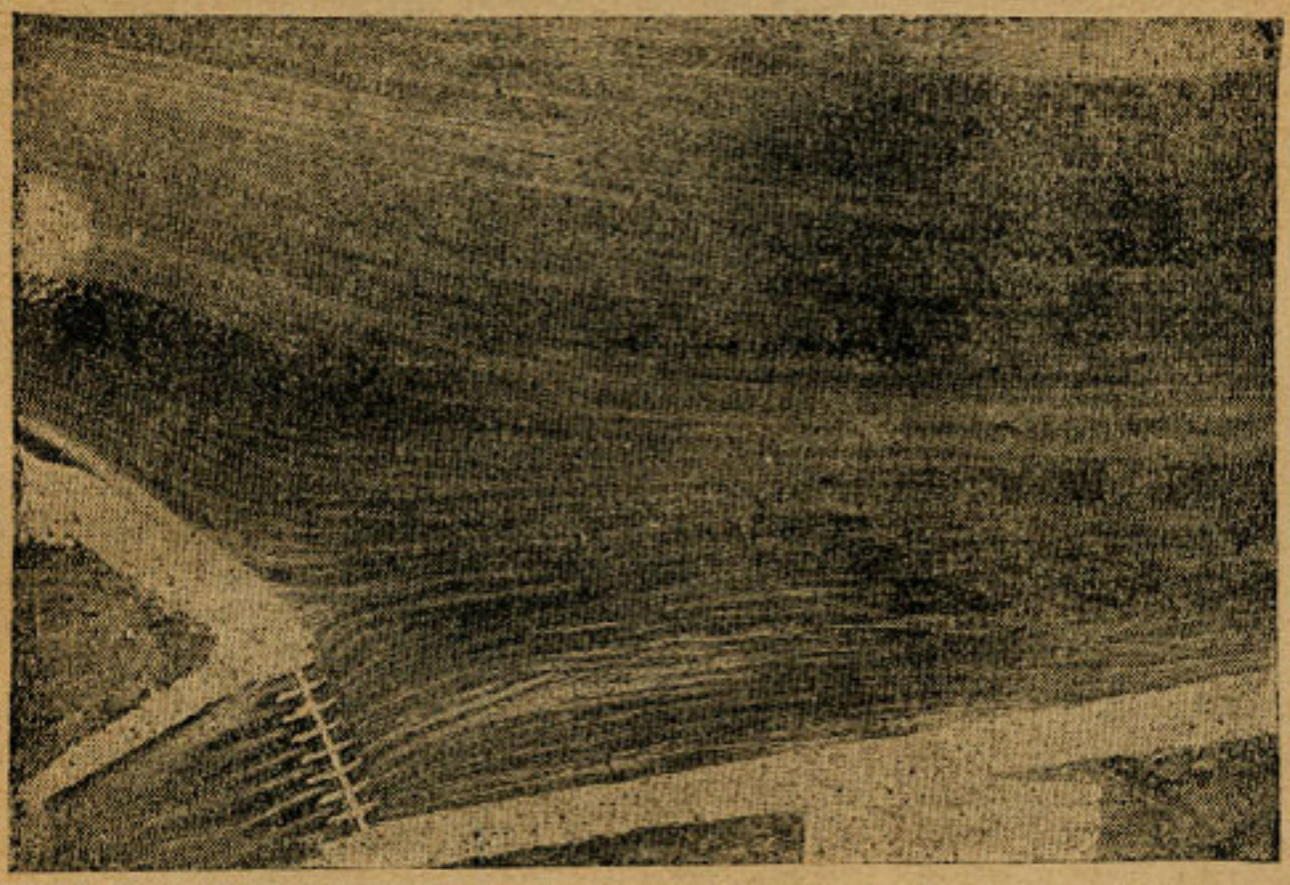


Рис. 6

где n — число отдельных сжатий;
ξ — коэфициент формы бычков по Криджеру = 0,4.

3. Опыты с регулятором Ташсакинского магистрального канала

Регулятор Ташсакинского магистрального канала расположен на реке Амударье, проектное положение которого приведено на рис. 7.

Основными расчетными данными служили следующие величины:

Пониженный горизонт воды в реке = 139,15 м.
Нормально-расчетный расход = 1100 м³ сек.
" " " в канале = 300 м³/сек.

Полный пролет регулятора L = 165 м при 30 пролетах по 5 м каждый и толщине бычков 0,5 м.

Модель была сделана в масштабе 1:100 натуральной величины.

Принятое очертание верхового крыла подходной выемки указано на рис. 7.

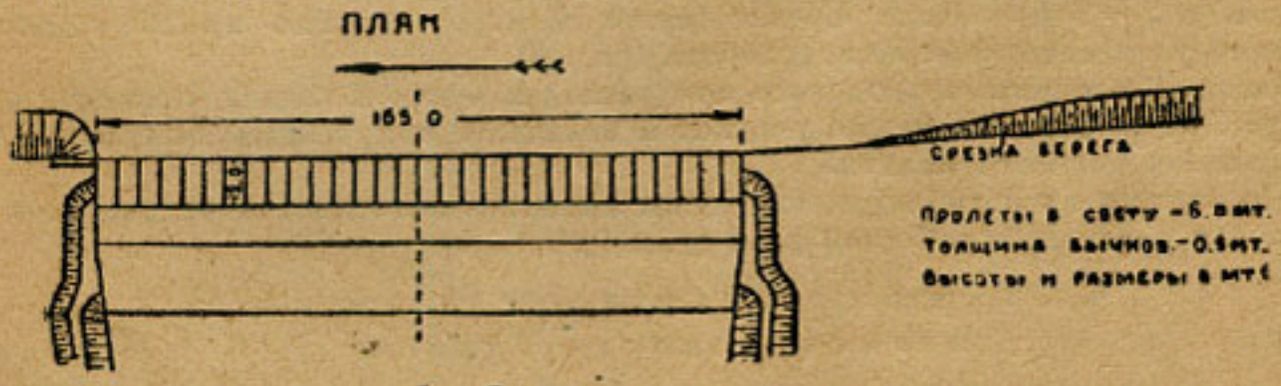


Рис. 7

№ № таблиц	Расход в реке Q		Горизонт воды в реке до открытия		Расход в канале Q'		Горизонт воды в канале		Горизонт воды в реке после открыт.	
	Натура м³	Модель л/сек.	Натура м	Модель см	Натура м³/сек	Модель л/сек	Натура м	Модель см	Натура м	Модель см
1	220	5,4	477,66	23,80	191,0	4,77	476,262	21,805	476,461	22,09
2	200	4,9	477,55	23,64	199,0	4,88	476,076	21,54	476,26	21,80
3	175	4,29	477,48	23,54	170,0	4,18	475,90	21,285	476,03	21,545
4	140	3,43	477,25	23,21	140,0	3,43	475,481	20,69	475,509	20,73
5	100	2,45	477,00	22,85	100,0	2,45	475,054	20,08	475,131	20,19
6	220	5,40	477,66	23,80	100,0	2,45	476,303	21,865	476,367	21,955
7	220	5,40	477,66	23,80	100,0	2,43	476,30	21,86	476,38	21,98
8	220	5,40	477,66	23,80	12,0	2,94	475,803	21,15	475,92	21,315
9	200	4,9	477,46	23,50	93,0	2,28	476,094	21,565	476,153	21,65
10	175	4,29	477,22	23,17	76,0	1,86	475,915	21,31	475,97	21,39
11	140	3,43	476,84	22,63	71,0	1,73	475,502	20,72	475,593	20,85
12	100	2,45	476,26	21,80	51,5	1,26	475,047	20,07	475,1275	20,185
13	220	5,4	477,66	23,80	184,0	4,50	476,2685	21,815	476,384	21,98
14	200	4,9	477,55	23,64	173,5	4,25	476,048	21,500	476,195	21,70
15	175	4,29	477,48	23,54	175,0	4,29	475,828	21,185	475,915	21,31
16	140	3,43	477,25	23,21	140,0	3,43	475,45	20,645	475,495	20,71
17	100	2,45	477,00	22,85	100,0	2,45	475,054	20,08	475,131	20,19
18	220	5,4	477,66	23,80	177,0	4,35	476,26	21,80	476,477	22,11
19	175	4,29	477,66	23,80	175,0	4,29	475,84	21,20	476,03	21,48
20	100	2,45	476,26	21,80	100,0	2,46	475,117	20,17	475,236	20,34
21	220	5,4	477,66	23,80	212,0	5,2	476,258	21,80	476,44	22,06
22	200	4,9	477,55	23,64	196,0	4,8	476,094	21,565	476,314	21,88
23	175	4,29	477,48	23,54	175,0	4,29	475,859	21,23	476,04	21,49
24	140	3,43	477,25	23,21	140,0	3,43	475,495	20,71	475,667	20,955
25	100	2,45	477,00	22,85	100,0	2,45	475,075	20,11	475,21	20,305
25a	220	5,4	477,27	23,43	135,0	3,31	475,847	21,21	475,903	21,29
27	175	4,29	476,83	22,80	104,2	2,65	475,45	20,64	475,52	20,74
28	100	2,45	475,87	21,43	7,87	1,92	474,67	19,53	474,79	19,70

Испытание проектной подходной выемки дало неблагоприятные результаты, ибо у левого крыла наблюдался водоворот, захватывающий часть пролетов: таким образом, получался обратный ток воды из канала в реку в части пролетов (в 2—3 пролетах). Срезка берега вверх по течению на 300 м (рис. 6) позволила устранить явление водоворота (рис. 8).

Указанные опыты проводились при расходах русла и канала, приведенных в таблице 3 (стр. 36), где также указаны и величины полученных опытным путем коэфициентов бокового сжатия.

По данным этой таблицы построены кривые в зависимости от расходов Q' канала для различных расходов реки (рис. 9).

4. Опыты с регулятором Вахшского магистрального канала

Регулятор Вахшского магистрального канала расположен на р. Вахш. Здесь следует обратить внимание на особенности установок, взятых при проектировании:

Таблица 4

Перепад		Глубина реки до порогов		Скорость		H_1 см	σ_n тс	$\varkappa$	σ_n		
Натура м	Модель см	Натура м	Модель см	V см	$\frac{V^2}{2q}$ см						
0,299	0,285	3,661	5,23	22,8	0,263	5,48	0,21	0,903	0,73	0,748	Условия наблюд. бытовые 1-е полож. регулятора проектное. Опыт I.
0,180	0,26	3,46	4,94	24,7	0,31	5,25	0,23	0,894	0,755	0,79	
0,18	0,26	3,28	4,685	22,3	0,25	4,94	0,214	0,897	0,750	0,740	
0,028	0,04	2,709	3,87	22,2	0,25	4,12	0,232	0,93	0,64	0,94	
0,08	0,11	2,331	3,33	18,4	0,173	3,503	0,213	0,92	0,676	0,82	
0,063	0,09	3,567	5,095	12,0	0,074	5,168	0,119	0,97	0,436	0,70	6-я табл. без забральн. стен.
0,08	0,12	3,504	5,12	11,9	0,073	5,19	0,1165	0,967	0,456	0,663	Условия проект.-бытов 1-е полож. регулятора проектное. Опыт II.
0,116	0,165	3,12	4,46	16,5	0,138	4,593	0,168	0,94	0,588	0,73	
0,0665	0,095	3,353	4,79	11,9	0,072	4,862	0,12	0,97	0,437	0,714	
0,056	0,08	3,17	4,53	9,15	0,043	4,57	0,107	0,975	0,4	0,695	
0,091	0,13	2,793	3,99	10,8	0,06	4,05	0,12	0,955	0,532	0,587	Табл. 8 подб. проект. расхода (получение горизонта в канале).
0,0805	0,115	2,328	3,325	9,5	0,0458	3,37	0,115	0,954	0,532	0,562	
0,1155	0,165	3,584	5,12	22,0	0,246	5,366	0,204	0,925	0,657	0,807	Условия наблюд. бытовые 3-е полож. регулятора. Опыт III.
0,147	0,210	3,395	4,85	21,9	0,244	5,094	0,208	0,912	0,702	0,77	
0,0945	0,135	3,45	4,45	24,1	0,296	4,75	0,234	0,91	0,71	0,855	
0,0455	0,065	2,695	3,85	22,3	0,253	4,103	0,233	0,925	0,658	0,98	
0,077	0,11	2,331	3,33	18,4	0,173	3,503	0,213	0,92	0,676	0,82	
0,217	0,31	2,975	4,25	25,6	0,333	4,583	0,25	0,86	0,835	0,78	Наблюд. бытовые условия полож. регулят. 4 Порог. на 1 см выше. Опыт IV.
0,190	0,28	3,234	3,62	29,7	0,45	4,07	0,296	0,82	0,903	0,85	
0,119	0,17	1,736	2,48	24,7	0,313	2,79	0,297	0,83	0,887	0,87	
0,182	0,26	3,64	5,20	25,0	0,32	5,52	0,229	0,898	0,744	0,8	Наблюд. бытовые условия полож. регул. 4 Порог на нормальн. отметке. Опыт V.
0,22	0,325	3,514	5,02	24,0	0,296	5,32	0,221	0,885	0,778	0,736	
0,182	0,26	3,24	4,63	23,0	0,275	4,905	0,223	0,89	0,767	0,756	
0,172	0,245	2,867	4,095	21,0	0,226	4,32	0,217	0,888	0,77	0,73	
0,135	0,195	2,412	3,445	17,8	0,162	3,602	0,203	0,903	0,731	0,724	
0,056	0,08	3,493	4,99	16,6	0,14	5,13	0,162	0,957	0,516	0,82	Проектно-бытовые условия. Опыт VI.
0,056	0,08	3,11	4,45	14,90	0,11	4,56	0,154	0,958	0,51	0,783	
0,111	0,16	2,38	3,41	14,05	0,10	3,51	0,164	0,926	0,655	0,650	

1. Необходимость забора до 50% меженнего расхода реки Вахш.

2. Бычки в основании имеют контрфорсы, выступающие вперед на высоту 1,5 м.

Основными расчетными данными служили следующие величины:

H — пониженный горизонт воды в реке = 477,96 м.

Q — нормально-расчетный расход — 200 м³/сек.

Q′ — » » » в канале — 110 м³/сек.

Проектный пролет регулятора в свету L = 31,6 м, при семи пролетах по 4 м каждый и толщине бычков 0,6 м.

Модельная установка для проведения опытов сделана в масштабе 1 : 70 нормальной величины.

Таблица 3

Результаты определения коэффициентов бокового сжатия Тошса нижнего регулятора на модели в масштабе 1:

№ замеров по табл.	Расход в модели: Река Q л/сек	Расход в модели: Канал Q' л/сек	H см	$\sigma_в$ по опытам	$\sigma_в$	Коэфициент бокового сжатия по опытам ε	$\frac{Q'}{Q}$
1	17,43	3 0	2,22	0 1 6	0,525	0,76	0 172
1а	17 43	3 0	2 24	0,134	0 6	0,632	0,172
2	17 43	4 0	2,13	0 193	0 78	0,70	0,223
3	14 43	4 0	2,00	0,211	0 896	0 665	0,277
4	14 43	3 35	2,14	0 161	0 76	0,60	0,234
5	14 43	2 86	2 1[illegible]	0,133	0,66	0,57	0 198
6	14 43	1 50	2 43	0 0596	0 47	0 36	0,104
8	2 6	0,51	1,294	0 0515	0,4	0,[illegible]64	0 196
10	2 6	1 0	1,19	0 115	0 6	0 54	0 385
11	2 6	1 55	1,02	0 226	1 0	0,74	—
12	2 5	1 0	1 323	0 101	0,525	0,545	0 385
13	11 0	3,0	2,15	0 143	0 553	0 73	0 273
14	11 0	3,0	2 19	0,139	0 566	0 695	0 273
15	11 0	2 0	2 34	0,084	0 47	0,505	0,182
17	11 0	3 0	2 18	0,14	0 598	0,665	0,273
18	11 0	2 0	2 31	0 086	0,436	0 557	0 182
19	11 0	1 0	2,474	0 0388	0 257	0 428	0,091
20	11,0	3 0	2 265	0 132	0,576	0 65	0 273
21	18 6	5 1	2,79	0,165	0,61	0 765	0 273
22	18 6	3,72	2,938	0,111	0 48	0,654	0,20
23	18,6	1,69	3,08	0 047	0 215	0 62	0,091
24	18,6	5 1	2 67	0 176	0 64	0,78	0,273
25	2 6	0 236	1 361	0.0222	0 [illegible]83	0 344	0 091
26	2 6	0 71	1 26	0 0755	0 47	0.455	0,273
27	2 6	0,473	1 30	0,048	0 389	0 35	0,182
28	14,80	3 93	2 143	0,188	0,8	0,665	0 266
29	14 80	2,62	2,28	0,114	0 58	0,556	0,177
30	14,80	1 31	2 44	0,052	0,384	0 384	0 089
31	18 6	1 69	3 05	0 0478	0 313	0 4[illegible]	0 091
32	18 6	1,69	2,99	0 0493	0 393	0 355	0,091
33	18 6	3,72	2 84	0 116	0 537	0 61	0,20
34	18,6	5 1	2 72	0,17	0 766	0 627	0,273
35	18 6	5 1	2 71	0 172	0,74	0 66	0.273
36	18 6	3 72	2,8	0,119	0,575	0 586	0,20
37	18 6	1 69	2 982	0 0495	0 4	0 35	0,091
38	11,0	3,0	2 51	0 115	0,6	0 54	0,273
39	11 0	3,0	2 59	0 108	0,532	0,58	0,273
41	11 0	3,0	2 2	0,138	0 6	0,65	0,273
42	18 6	5 1	3 27	0,130	0 537	0,685	0,273
43	2 6	1,3	1,52	0 104	0 8	0,37	0,50
44	11 0	1,0	2 57	0 0366	0 334	0,302	0,091
45	11,0	1 0	2 41	0 04	0 334	0,339	0 091
46	11 0	3 0	2,19	0 143	0 675	0,60	—

Опыты проводились при расходах русла и канала, приведенных в таблице 4 (стр. 34 35), где также указаны и величины полученных опытным путем коэфициентов бокового сжатия.

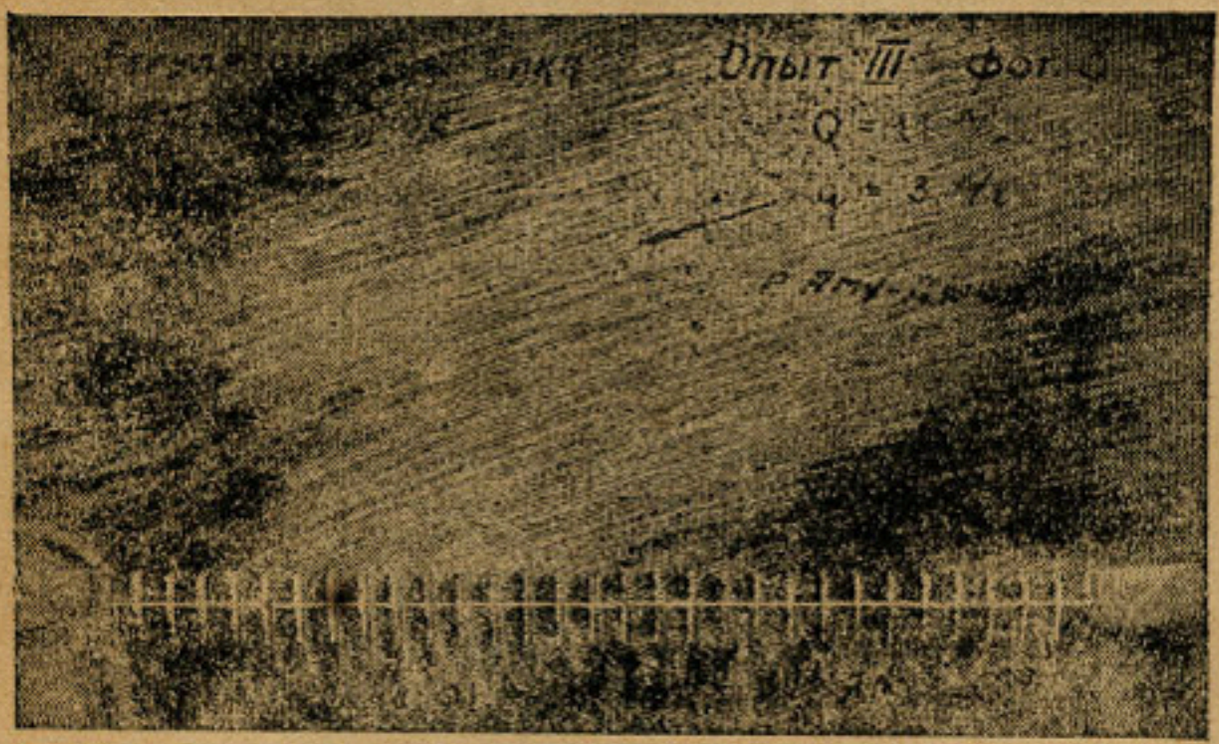


Рис. 8

По данным исследований построена кривая $\varepsilon = f(Q')$

5. Опыты с боковым отводом

Опыты проводились в прямоугольном лотке шириной B — 50 см, длиной около 16 м; примерно на 11 м от входа в лоток, считая по течению, расположен отвод с шириной b = 5,8 —10—15—20 см.

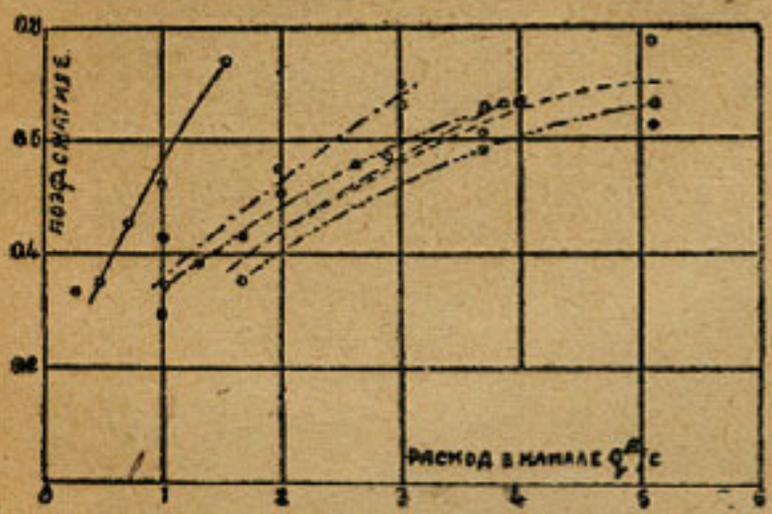


Рис 9

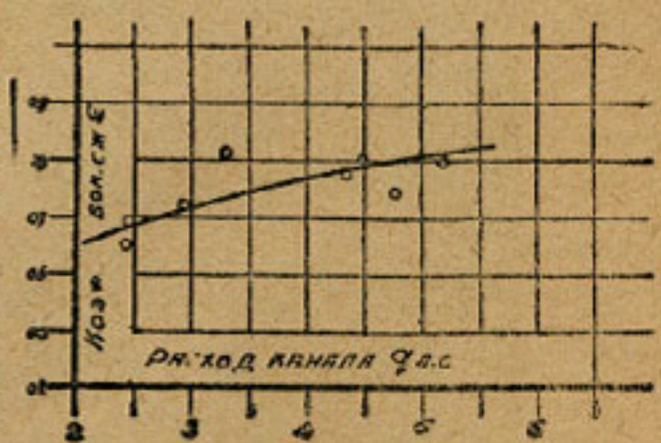


Рис. 10

Опыты в лотке проводились при трех расходах (Q = 15, 30 и 40 л/сек).

Для данных опытов имеем следующие условия:

1. Широкий порог без подтопления.
2. Отсутствие бычков.
3. Не было приподнятого порога.
4. Ось отвода составляла с осью лотка угол 90°.

Таблица 5

Ширина канала B = 50 см m = 0,385 : η = 1,0

Q^0 расход в канале л/сек	Q' расход. в отводе л/сек	b ширина отвода см	$\frac{b}{B}$	$q_0 = \frac{Q_0}{B}$	$q_1 = \frac{Q'}{b}$	$\frac{q_1}{q}$	φ_a	$V_0 \frac{м}{с}$ в основном потоке
15	4,1	5,8	0,116	30	70,6	2,35	0,71	0,187
	6,0	10	0,20	,,	60,0	2,00	0,763	
	7,4	15	0,30	,,	49,3	1,64	0,751	
	8,41	20	0,40	,,	42,0	1,40	0,744	
30	3,9	5,8	0,116	60	67,2	1,12	0,765	0,392
	6,1	10	0,20	,,	61,0	1,01	0,776	
	8,0	15	0,30	,,	53,4	0,89	0,740	
	9,8	20	0,40	,,	49,0	0,81	0,760	
40	3,4	5,8	0,116	80	58,6	0,73	0,63	0,506
	5,65	10	0,20	,,	56,5	0,70	0,67	Закрыт. отвод
	8,2	15	0,30	,,	53,8	0,66	0,695	
	10,0	20	0,40	,,	50,0	0,625	0,725	

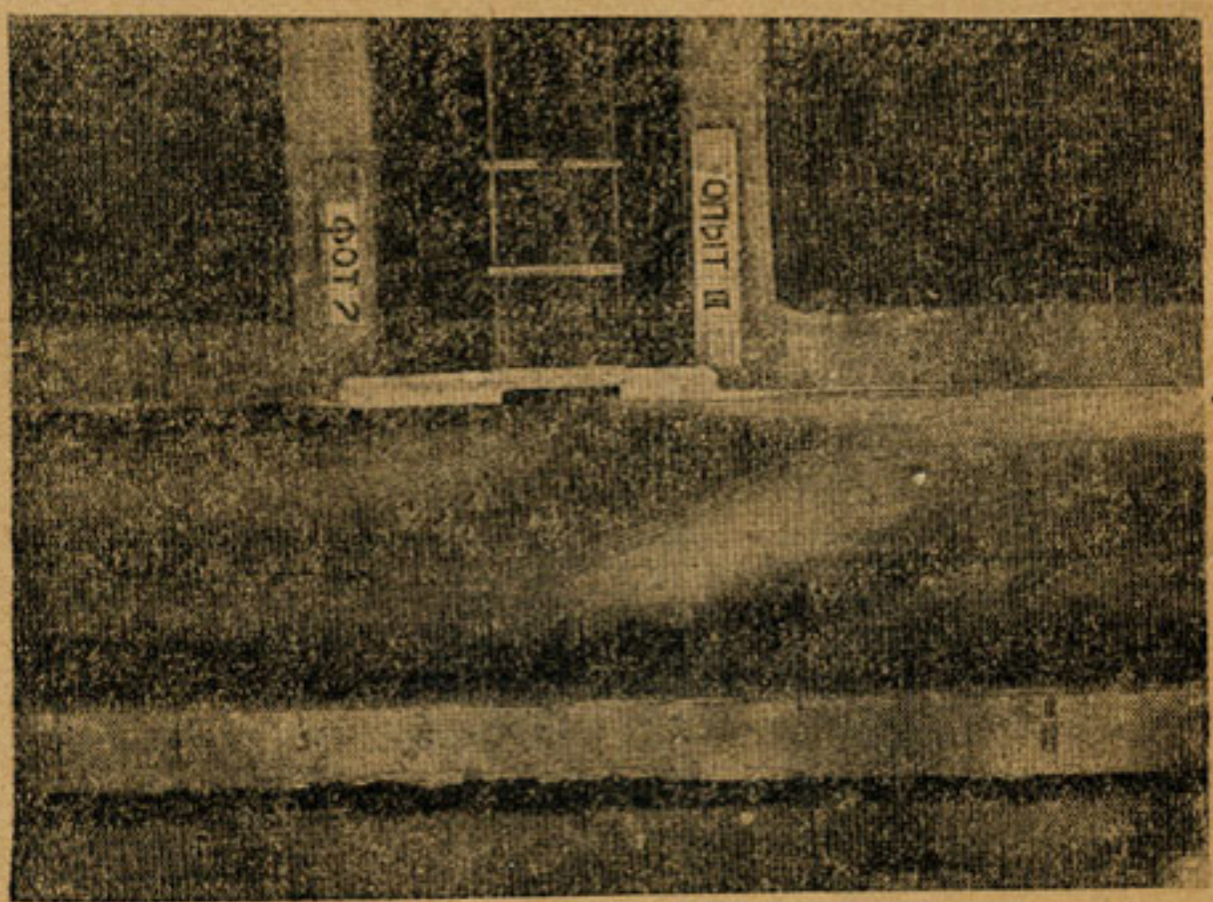


Рис. 11

Ширина канала B = 50 см

Q расход. в канале л/сек	Q′ расход. в отводе л/сек	b ширина отвода см	$\frac{b}{B}$	$q_0 = \frac{Q_0}{B}$	$q_1 = \frac{Q'}{b}$	$\frac{q'}{q_0}$	ε_0
15	2,95	5,8	0,116	30	50,8	1,69	0,88
	4,70	10	0,20	—	47,0	1,57	0,907
	5,70	15	0,30	—	38,0	1,27	0,837
	6,70	20	0,40	—	33,5	1,12	0,855
	9,0	35	0,70	—	25,7	0,86	0,858
	10,0	50	1,0	—	20,0	0,67	0,778
30	4,4	5,8	0,116	60	75,8	1,26	0,853
	6,6	10	0,20	—	66,0	1,10	0,822
	8,7	15	0,30	—	58,0	0,97	0,822
	10,6	20	0,40	—	53,0	0,88	0,792
	14,0	35	0,70	—	40,0	0,67	0,775
	16,0	50	1,0	—	32,0	0,53	0,695
40	5,95	5,8	0,116	80	102,5	1,28	0,845
	8,85	10	0,20	—	88,5	1,11	0,81
	11,8	15	0,30	—	78,7	0,98	0,81
	14,0	20	0,40	—	70,0	0,88	0,782
	19,0	35	0,70	—	54,3	0,68	0,763
	22,0	50	1,0	—	44,0	0,55	0,677

В результате опытов 1929 г. получена сводная таблица 5, где приведены также величины ε.

Вследствие вынужденного перерыва в проведении опытов в 1929 г., таковые были возобновлены в 1930 г. в том же (описанном выше) лотке.

Результаты этих опытов сведены в таблицу 6. Рис. 11 дает картину прохождения потока в условиях бокового забора воды.

6. Резюме

На основании приведенных выше материалов были составлены зависимости $\varepsilon_0 = \beta\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^n$ (1), сведенные в таблицу 7,

где q_1 и q_0 — удельные расходы канала и потока (реки);

B — ширина реки;

b — ширина отвода в свету.

Таблица 7

§ описания опыта	Наименование опыта	Вид формулы	Величина		
			β	n	$\frac{H}{B}$
1	Регулятор Янгиарыкского магистрального канала	$\varepsilon_0 = 0,87\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{4/5}$	0,87	4/5	
	оптимальная выемка . .	$\varepsilon_0 = 0,84\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{1/4}$	0,84	1/4	0,089
	проектная выемка . . .	$\varepsilon_0 = 0,93\left(\frac{q}{q_0}\right)^{3/25}$	0,93	3/25	
2	Регулятор Учкурганского канала	$\varepsilon_0 = 0,94\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{1/5}$	0,94	1/5	0,087
3	„ Ташсакинского канала	$\varepsilon_0 = 0,3\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{3/5}$	0,30	3/5	0,021
4	„ Вахшского канала . .	$\varepsilon_0 = 0,65\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{1/4}$	0,65	1/4	0,185
5	Боковой отвод	$\varepsilon_0 = 0,81\left(\frac{q_1}{q_0}\right)^{1/5}$	0,81	1/5	0,24

Из таблицы следует, что коэфициент β и степень n имеют резкие изменения своей величины по разным опытам. Вводя некоторое новое соотношение, например, $\beta = f\left(\frac{b}{B}\right)$, и решая его как кривую логарифмического порядка, получаем $= 1,55\left(\frac{b}{B}\right)^{1,5}$ и, выражая степень n через β, то-есть $n = f(\beta)$, получим значение $n = 0,158\ \beta^{-1,2}$.

Преобразуя и подставляя полученные значения в формулу (1), имеем

$$\varepsilon_0 = \beta\left(\frac{q_1}{q}\right)^{\frac{0,16}{\beta}}.$$

III. Заключение

Суммируя изложенное, следует отметить, что основными факторами, влияющими на коэфициент бокового сжатия, являются:

1. Соотношение расходов воды в реке и регуляторе.
2. Форма подходной выемки.
3. Соотношение размеров регулятора глубины и ширины.
4. Величина перепада горизонта воды в сооружении: подтопление снизу регулятора сокращает q_1, а значит и ε_0.

9410