СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
„САНИИРИ"
Выпуск 59

Кандидат технических наук
ст. научный сотрудник
С. Т. АЛТУНИН

Практическое руководство

по выправительным, защитным и регулировочным работам и сооружениям на реках Средней Азии

г. КОКАНД
1943

СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
„САНИИРИ“ Выпуск 69

Кандидат технических наук
ст. научный сотрудник
С. Т. АЛТУНИН

Практическое руководство

по выправительным, защитным и регулировочным работам и сооружениям на реках Средней Азии

г. КОКАНД
1943

ВВЕДЕНИЕ

Реки с блуждающим руслом, не будучи урегулированы, часто являются причиной больших повреждений ирригационных систем (размыв или занесение наносами сооружений и каналов), размыва населенных пунктов, культурных земель и различных промышленных предприятий, расположенных по берегам рек.

На производство защитных, регулировочных и ремонтных работ только при эксплоатации ирригационных систем в республиках Средней Азии ежегодно расходуется около 20 миллионов руб., не считая убытков, приносимых сельскому хозяйству от наводнений, размывов культурных земель и населенных пунктов, а также убытков от понижения урожайности с.-х. культур вследствие отвлечения на эти работы значительного количества рабочих рук и недоливов или переполивов орошаемой территории в результате несвоевременного проведения таких работ и как следствие необеспечения потребного водозабора.

Денежные расходы на такие работы на ирригационных системах УзССР в 1939 г. составляли около 10 млн. руб., т. е. 21% от общих эксплоатационных затрат или около 10 руб. на 1 га поливной площади; на отдельных системах эти расходы достигают 30 руб. и даже 60 рублей на 1 га поливной площади.

В предлагаемой книге „Практическое руководство по защитно-регулировочным работам на реках" кратко освещаются: 1) классификация защитных и регулировочных работ и сооружений, 2) методы проектирования (компановки) таких сооружений, 3) методы производства работ и 4) технические указания по технической эксплоатации защитных и регулировочных сооружений.

Книга составлена на основе проведенных САНИИРИ за последние 2 года (1940-41 г.) теоретических, лабораторных и полевых исследований; кроме того были использованы многолетние практические данные Наркомводхоза УзССР по строительству и эксплоатации такого рода сооружений.

Работа расчитана на инженеров и техников, занятых проектированием, строительством и эксплоатацией такого рода сооружений на реках и ирригационных системах Ср. Азии.

В проведении полевых и лабораторных исследований по отдельным вопросам данной проблемы принимали участие научные сотрудники Д. П. Семенушкина, Т. В. Ларина, Р. Н. Маркелов, И. Я. Орлов и П. В. Попов.

Автор считает своим долгом выразить благодарность Наркому водного хозяйства УзССР инж. Р. А. Алимову, директору САНИИРИ канд. с-х. наук— А. И. Алексееву, доктору технических наук и профессору Н. А. Янишевскому, инж. Н. А. Казакову, давшим автору ряд ценных указаний при составлении настоящего труда. Также выражаю благодарность доктору технических наук, проф. Ф. Б. Нельсон-Скорнякову, канд. техн. наук М. С. Вызго и инженерам Наркомводхоза УзССР Н. А. Алиеву, П. А. Путиеву, И. А. Спасскому и Г. М. Шухотович, давшим ряд существенных замечаний при составлении рецензий на настоящий труд, которые автором были учтены при окончательном редактировании.

При выпуске настоящего труда в свет, большую и весьма ценную работу провел коллектив работников Кокандской типографии „Янги Фергана", под личным руководством директора этой типографии инженера А. З. Местечкина, которым выражаю свою благодарность.

Настоящая книга отпечатана на средства Наркомводхоза УзССР.

I. Классификация и методы проектирования (компановки) выправительных защитных и регулировочных работ и сооружений на реках

§ 1. Определение и классификация выправительных, защитных и регулировочных работ и сооружений

Под выправительными, защитными и регулировочными работами следует понимать комплекс организационных и гидротехнических мероприятий по выправлению русел, защите (прямой) гидротехнических сооружений и культурных земель от повреждений (подмыва, размыва, разрушения) водными потоками и регулированию направления течения расходов (жидких, твердых) этих потоков в целях забора воды в канал в соответствии с плановыми потребностями водопользователей.

Выправительные (русловыправительные, струенаправляющие), защитные (укрепительные) и регулировочные (водозаборные) работы и сооружения можно разделить на:

1. Фундаментальные (комплексные и индивидуальные) многолетнего действия;

2. Текущие (временные, облегченные, оперативные) кратковременного действия, как например регулировочные работы при заборе воды из рек в ирригационные каналы без инженерно-оборудованных головных сооружений.

Такие работы проводятся как в целях профилактических, так и в целях прямой борьбы, например, с наводнением, маловодьем и по ликвидации аварий.

Во многих случаях выправительные сооружения и работы одновременно являются защитными, а защитные—выправительными.

Регулировочные сооружения и работы, помимо их основного назначения забирать воду, одновременно позволяют проводить в известной мере недопуск влекомых (донных) наносов в ирригационные каналы.

Для удобства распределения работ и сооружений по группам и назначению, ниже в таблице 1 дается их классификация.

§ 2. О режиме потока и форме русел рек

1. Реки Средней Азии по преимуществу снегового и ледникового питания; грунтовые воды значительного влияния на сток не оказывают. Паводковыми месяцами, как правило, являются апрель-май (снеговой) и июнь-июль (ледниковый), в течение этого времени проходит около 70—80% всего жидкого и 85—95% твердого стока рек. Характерная картина распределения расходов воды и наносов по времени для одной реки показана на рис. 1. Из данных рисунка следует, что период интенсивного движения донных наносов, а следовательно и период размыва или намыва русла, продолжается на указанном участке реки 2,5—3,0 месяца; на равнинных участках рек период размыва продолжается 4—5 месяцев.

КЛАССИФИКАЦИЯ

выправительных, регулировочных, защитных и ремонтных работ и сооружений, проводимых на реках и ирригационных системах *)

Таблица 1.

Группа работ	Назначение работ	Вид работ	Тип сооружений (устройств)
Выправительные	Обеспечение (регулирование) водозабора, судоходства, лесосплава, осушения, сброса, водоснабжения, обеспечение энергетического хозяйства	1) Спрямление русел рек и протоков, 2) изменение (отклонение) динамической оси потока, 3) закрытие протоков, 4) углубление русла, 5) закрепление берегов и дна, 6) расчистка дна и берегов, 7) обвалование берегов	1. Струенаправляющие (выправительные) дамбы, плотины, перемычки (перегораживающие русла, протоки), сплошные, сквозные. 2. Эстакады—сквозные дамбы, 3. Боны, полузапруды, шпоры—сплошные (массивные) и сквозные (решетчатые), 4. Прорези, прокопы (спрямление). 5. Донные пороги, опояски, крепление берега, 6. Щиты Потапова, Вольфа, сетчатые заграждения Алтунина и др., 7. Спец. виды работ—тетраэдры, пловучие конструкции, ветвистые заграждения и др., 8. Взрывные работы по углублению русел.
Регулировочные	Регулирование жидкого расхода (по направлению и величине) и твердого расхода (борьба с наносами и шугой при водозаборе)	1. Регулирование (выправление) течения реки или протока на головном участке и в подводящем русле. 2. Устройство и об'единение водозаборных сооружений и устройств местного типа. 3. Регулирование расходов воды и наносов в подводящем русле и в голове магистрального канала в период паводка. 4. Забор (захват) воды в период маловодья (межени) и в зимний период. 5. Борьба с отложениями наносов на головном участке, в подводящем русле (борьба с забрасыванием русел) и в голове канала (борьба с попаданием наносов в канал). 6. Укрепительные и защитные работы на дамбах, сбросах, водосливах головного участка, подводящего русла магистрального канала. 7. Регулирование водоприемников, сброса и осушительных каналов.	1. Дамбы—водозахватные, струенаправляющие и защитные. 2. Буны, полузапруды, шпоры. 3. Прорези, перемычки. 5. Донные пороги (водосливы, барраж). 5. Сбросы в подводящем русле и на головном участке магистрального канала. 6. Регуляторы инженерного и местного типа, временные регулировочные сооружения. 7. Расширение, сужение, закрепление входов (воротники). 8. Наращивание и разборка водозахватных дамб и шпор, перемычек и др. 9. Щиты Потапова и другие устройства по отвлечению донных наносов. 10. Промывка наносов с помощью регулирования расходов воды, применения специальных передвижных взмутителей (щитов, борон, иловорошителей и пр.). 11. Очистка наносов механизмами (снарядами) и вручную.

Защитные	Защита сооружений, культурных земель, населенных пунктов и промышленных предприятий	1. Защита и укрепление берегов и дна от размыва течением и волнами. 2. Укрепление верхних и нижних бьефов плотины, узлов, шлюзов, регуляторов и др. сооружений от размыва. 3. Обвалование и кольматаж пониженных мест. 4. Защита от влияния высоких горизонтов реки и катастрофических расходов (устройство отводных сбросных каналов, паводковых водохранилищ и пр.). 5 Укрепление берегов от сползания под действием грунтовых вод, нагрузок и пр.	1. Дамбы, полузапруды, буны и шпоры. 2. Защита (укреплений) откосов - хворостяными, камышевыми, каменно-хворостяными и асфальто-бетонными выстилками (матами), бетонными и железо-бетонными плитами, каменными мостовыми и наброской камня, чимом (дерном), посадкой деревьев и посевом трав. 3. Эстакады решетчатые из свай, сипаев, тетраэдров и ряжей. 4. Сетчатые системы Алтунина, ветвистые заграждения в виде дамб и шпор. 5. Щиты Потапова, Вольфа и Ласиевского. 6. Деревянные, железо-бетонные и металлические шпунты. Бетонные и железо-бетонные стенки и массивы. 7. Кольматажные устройства. 8. Дренаж, коллекторы, сбросы. 9. Затопленные баржи, каюки и пр. 10. Волноломы, ледорезы, гасители энергии.
Ремонтные	Ремонт выправительных, защитных и регулировочных сооружений	1. Восстановление разрушенных частей сооружений и усиление ранее выстроенных. 2. Заделка прорывов, ликвидация заторов и зажоров. 3. Наращивание дамб, шпор и водосливов в длину, ширину, по высоте. 4. Укрепление и защита оснований сооружений (дамб, шпор, регуляторов и др.) от подмыва.	1. Карабуры, фашины, тюфяки (легкие и тяжелые). 2. Габионы, каменные отсыпки, наброски и пр. 3. Каменно-хворостяная кладка (таштуган). 4. Сипаи, ряжи. 5. Чим, земля (кладка, облицовка, засыпка). 6. Корзины, люльки, бетониты, блоки. 7. Бетонные, железо-бетонные и стальные плиты.

*) Составлена под руководством проф. Янишевского Н. А.

2. В период прохождения пика паводков уклоны поверхности воды на плесе и перекате выравниваются, вследствие чего скорости по длине потока также выравниваются, а искривление всего потока в плане уменьшается (рис. 2). По этим причинам фронт размыва берега в паводки увеличивается, а угол атаки потоком берега уменьшается, вследствие чего в период прохождения пика паводка берег размывается слабее, чем в период спада, а фронт размыва— больше. Замечено, что в межень размываются перекаты и заносятся плесы, при высокой воде наращиваются перекаты и размываются плесы, а продольный профиль дна реки в паводок получает более ломаный вид, чем в период межени.

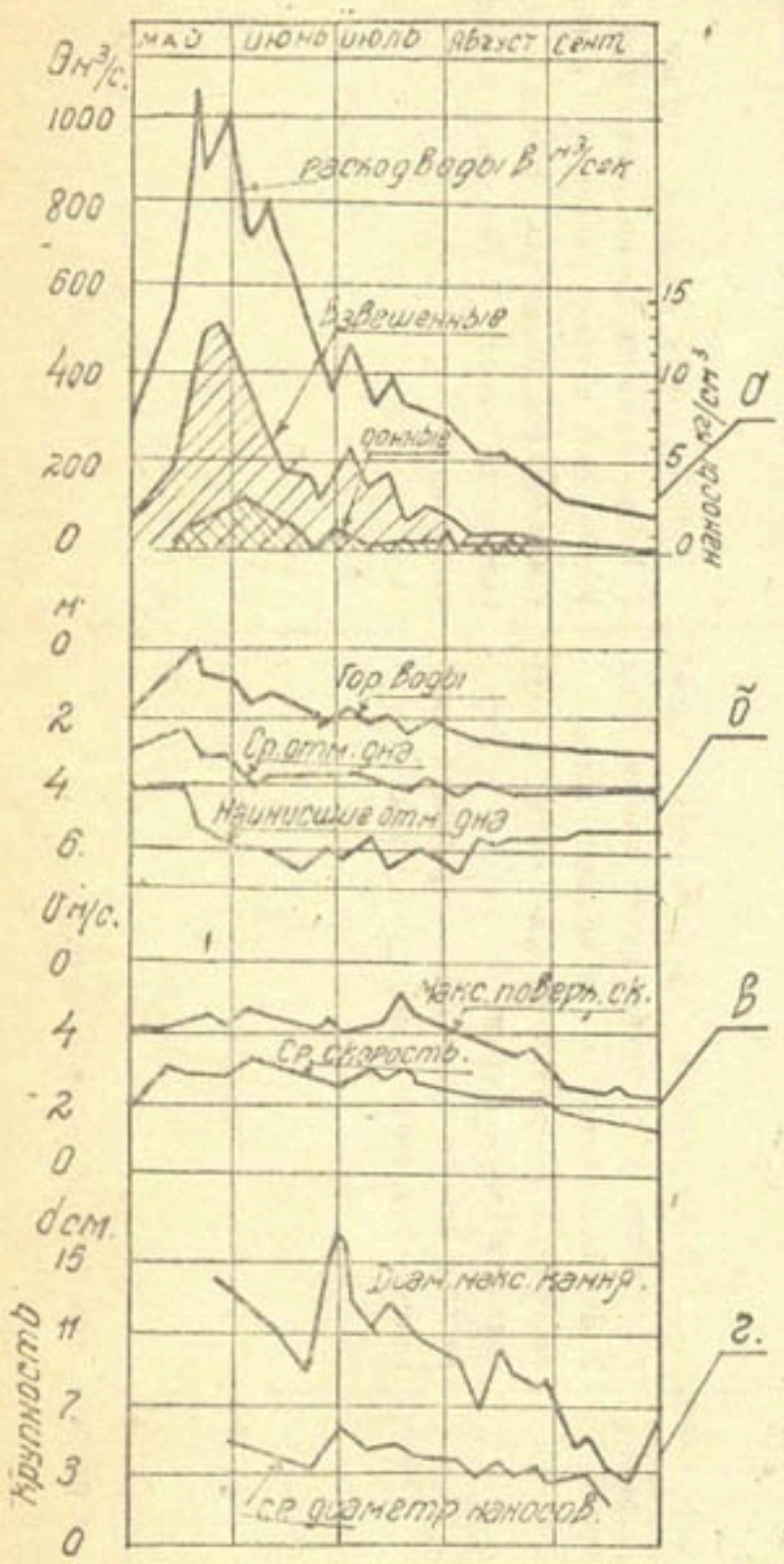

Рис. 1

Картина распределения скоростей и глубин на плесе и перекате для равнинного участка реки показана на рисунке 3, т. е. у вогнутого берега глубины и скорости больше чем у выпуклого и на прямолинейном (перекатном) участке реки.

3. В изогнутом в плане русле, кроме общих продольных течений, возникают поперечные течения, придающие всему движению потока винтовой характер. В результате русло у вогнутого берега подвергается усиленному размыву, а наносы, влекомые по дну донными поперечными течениями, прижимаются ниже к выпуклому берегу.

Активная полоса движения донных наносов на криволинейном участке реки по опытам Энгельса показана на рис. 4, из которого следует, что распределение перемещающихся по дну наносов по ширине русла происходит неравномерно и что у вогнутого берега донные наносы не перемещаются.

4. Наблюдения за размывом русла у вогнутого берега показывают, что наибольший размыв происходит несколько ниже вершины кривой и в результате каждого нового размыва берега петля перемещается вниз по течению. На рисунке 5 показано перемещение реки Гаронны, которое происходило постепенно в течение многих лет.

5. Очертание поперечного профиля может быть самой разнообразной формы. Так, на прямолинейном (перекатном) участке поперечный профиль русла имеет параболическую или почти прямоугольную форму; на изгибе (плесе) поперечный профиль русла ближе подходит к тупоугольному треуголь-

нику; в вершине вогнутой кривой и несколько ниже (где обычно образуются наибольшие местные глубины) при неразмываемом или трудно размываемом береге и размываемом дне поперечный профиль имеет форму прямоугольного треугольника (рис. 6).

6. Естественные русла рек в относительно легко размываемом ложе неизбежно приближаются к форме равновесия, такой формой для них является извилистая (меандрическая) в плане. Наблюдения над изменчивостью меандрических русел показывают, что вся система изгибов (меандр) с большей или меньшей скоростью перемещается вниз по течению как одно более или менее неизменное целое.

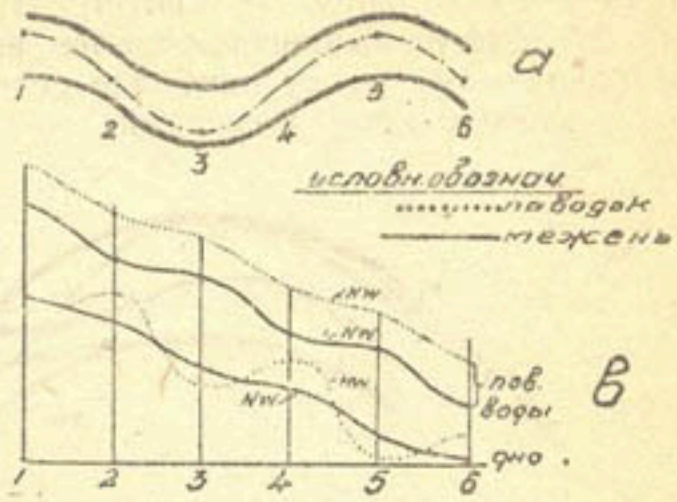

Рис. 2

Естественные устойчивые меандрические русла имеют формы в плане и профиле, подчиняющиеся так называемым законам Фарга, которые заключаются в следующем:

1) самая глубокая часть плеса и самая мелкая часть переката сдвинуты по отношению вершины кривой и места наименьшей кривизны вниз по течению

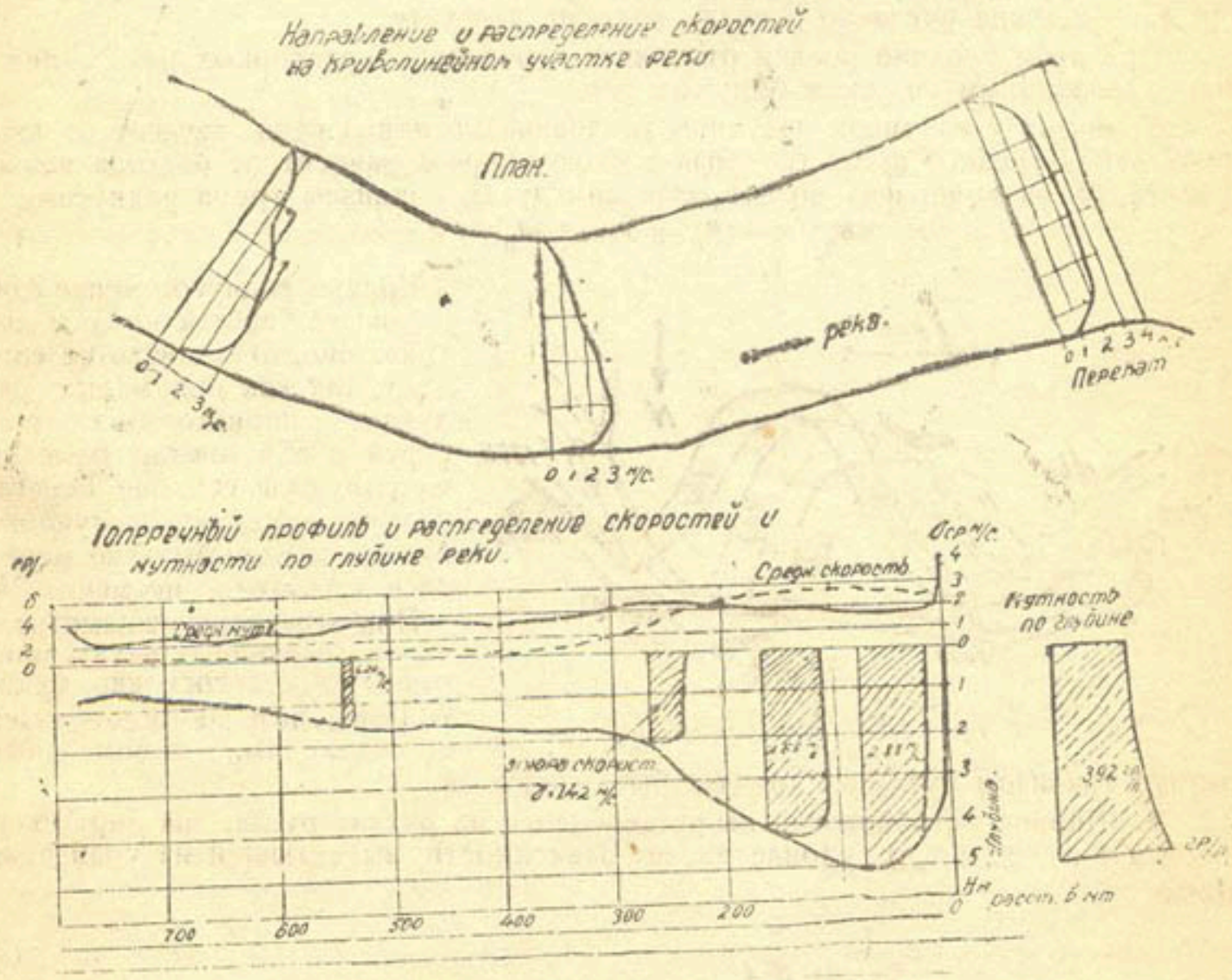

Рис. 3

приблизительно на четверть длины (плес + перекат),

2) плавному изменению кривизны соответствует плавное же изменение

глубины, всякое резкое изменение одной влечет за собой резкое изменение другой,

3) чем кривизна больше, тем больше и глубина плеса,

4) с увеличением длины кривой при данной кривизне глубина сначала возрастает, а потом убывает, и для каждого участка реки существует некоторое среднее наиболее благоприятствующее глубинам значение длины кривой.

Исходя из вышеизложенного, выправительные сооружения должны придать выправляемому руслу наиболее естественную устойчивую форму и закрепить его с наименьшими затратами.

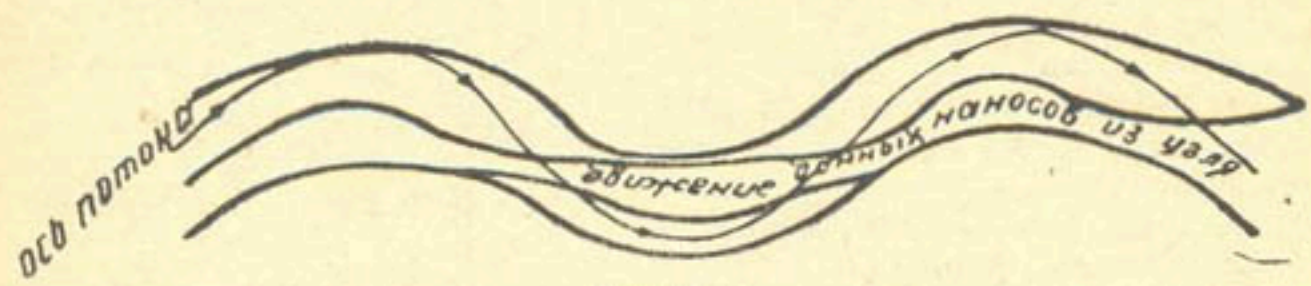

Рис. 4

7. Наблюдения на реках Средней Азии показали, что длина меандр (перекат + плес) может быть найдена по уравнению:

$$z = (8 \div 12)\, B_п \qquad (1)$$

где $B_п$ — ширина русла по зеркалу воды на перекате.

При этом верхний предел относится к меандрам предгорных рек, а нижний—к равнинным участкам больших рек.

Кривизна устойчивой излучины (половина меандры) реки зависит от ширины действующего русла (которая в свою очередь зависит от расхода воды) и может быть вычерчена по сопрягающим дугам кривизны тремя радиусами

$$r_1 \leq 6B_{п_1} \quad r_2 = 4B_п \quad и \quad r_3 = 2{,}5B_п \qquad (2)$$

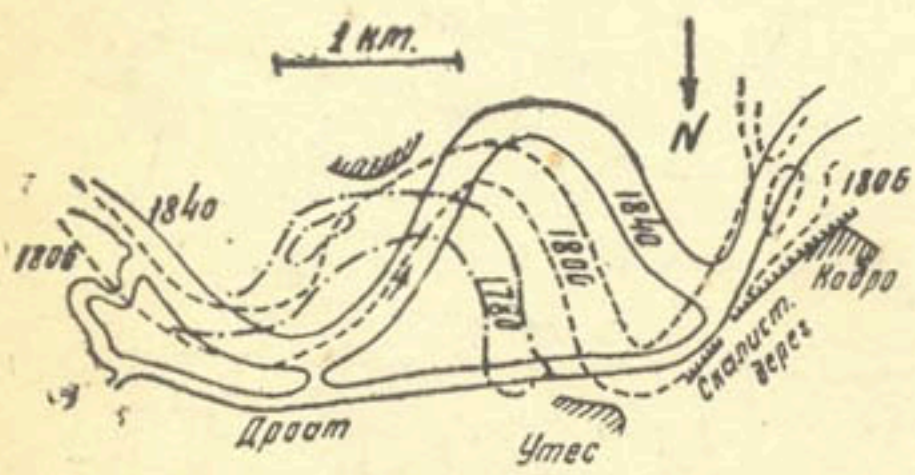

Рис. 5

Кривых радиусом менее 2,5B (кривизна берется по оси потока, рис. 6) задавать не следует, так как при малых радиусах происходит отрыв струй и образование отмелей на выпуклой стороне берега; радиус кривизны выпуклого берега должен быть не менее 2B и вогнутого—не менее 3B.

При этом следует заметить, что на равнинных реках, пригодных для лесосплава, судоходства, где паводок совпадает с ледоходом, минимальный радиус кривизны русла не должен быть менее $4B_п$.

8. Ширина устойчивого, не разделенного на рукава русла, на прямолинейном участке ($B_п$) удовлетворяет зависимости, вытекающей из уравнения Шези

$$B_п = \frac{Q}{C\sqrt{H^3 I}} \qquad (3)$$

где Q—расход в м³/сек.,

C—коэфициент в формуле Шези, $V = C\sqrt{RI}$,

H—средняя глубина реки.

Для широких рек можно считать $H \backsim R$ и $B = P$, и в этом случае уравнение Шези принимает вышеупомянутый вид.

Этим уравнением можно пользоваться при наличии достаточно надежных входящих в него гидравлических элементов.

Для определения величины скоростного коэфициента в формуле (2) существует ряд формул.

В последнее время получила распространение так называемая обобщенная показательная формула следующего вида:

$$C = \frac{1}{n} R^x \qquad (3\text{-а})$$

где n—коэф. сопротивления русла,

R—гидравлический радиус.

Значение показателя „x" определяется по таблице 2, предложенной проф. М. Ф. Срибным *).

Таблица 2.

$\frac{1}{n}$	100 и более	70	55	40	25	12,5	5
x	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1/2

Величины коэф. шероховатости „n" колеблются в пределах от 0,025 до 0,070 для равнинных рек и от 0,070 до 0,15 для предгорных и горных участков рек.

Проведенные нами исследования 6 участков рек, русла которых в плане имели вид пологих меандр, не разделялись на рукава и сложены из гальки гравия и песка, показывают, что ширина устойчивого в плане русла зависит главным образом от расхода воды и удовлетворяет уравнению

$$B = K\sqrt{Q} \qquad (4)$$

где B—ширина реки по зеркалу воды,

Q – максимальный паводковый или катастрофический расход реки в м³/сек.

K—эмпирический коэф., полученный по данным натурных наблюдений и равный для прямолинейного участка реки $K = 4{,}4$ и для вершины кривой $K = 3{,}3$.

Следовательно, ширина русла на прямолинейном участке реки

$$B_п = 4{,}4\sqrt{Q} \qquad (5)$$

и в вершине кривой

$$B_к = 3{,}3\sqrt{Q} \qquad (6)$$

Таким образом на криволинейном участке ширина реки уже, чем на прямолинейном, и для пологих кривых можно считать, что

$$B_к = 0{,}75\, B_п \qquad (7)$$

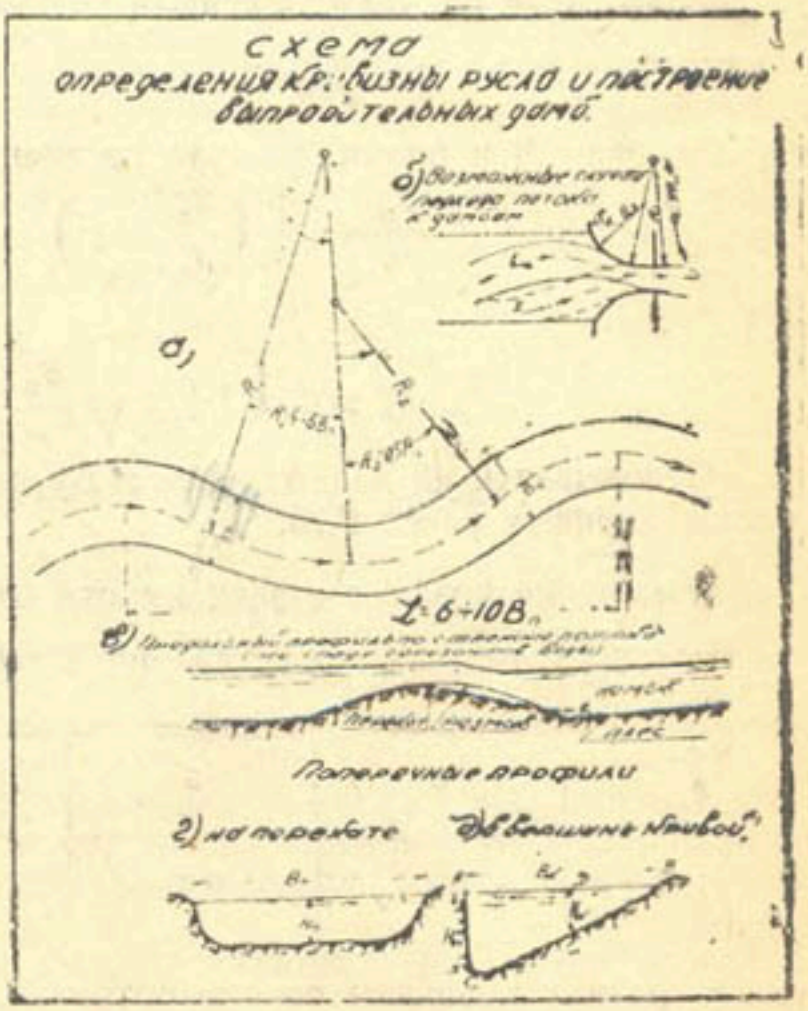

Рис. 6

*) Более подробные данные помещены в стандарте Главгидроэнергостроя „Коэфициент шероховатости".

Указанное в формулах 4, 5, 6 и 7 соотношение рекомендуется для расчета ширины русла перед плотинами, головными водозаборными сооружениями, у мостов, акведуков и дюкеров, при том только для условий Средней Азии, где паводок проходит без ледохода.

На участках рек, где ледоход совпадает с прохождением паводка или реки приспособляются для лесосплава и судоходства, ширина на кривой должна быть равна ширине на прямой с тем, чтобы не создавались на закруглениях заторы из древесины, льда и подпоры при пропуске расчетного расхода.

Для определения ширины зарегулированного русла принимается расход, соответствующий наивысшему наблюденному в натуре горизонту. В тех случаях, когда имеются результаты расчетов по многолетним рядам, модулям стока или нормам стока, для расчета принимается расход с повторяемостью один раз в 20 — 30 лет, при этом расчетный горизонт не может приниматься ниже наивысшего наблюденного.

При меньших расходах воды, чем было принято в расчетах, в пределах зарегулированного русла возможно блуждание потока. Поэтому не следует брать преувеличенных расходов воды, а лучше итти на некоторое повышение выправительных и защитных сооружений.

Движение потока на криволинейном устойчивом участке реки при средней глубине потока на кривой $H_к$ и среднем радиусе кривизны (r) удовлетворяет уравнению Бусинески следующего вида:

$$I = \frac{v_0^2}{C^2 H_к}\left(1 + \tau\sqrt{\frac{B}{r}}\right) \qquad (8)$$

Чтобы получить соотношение между глубинами, шириной и кривизной русла на прямолинейном и криволинейном участке русла, Бусинеск приравнял уравнение Шези на прямолинейном участке

$$I = \frac{v_0^2}{C^2 H_п} \qquad (9)$$

к уравнению (8) и получил новое уравнение:

$$\frac{B_п}{r} = \frac{1}{\tau^2}\left(\frac{H_к}{H_п} - 1\right)^2 \qquad (10)$$

или

$$H_к = H_п\left(1 + \tau\sqrt{\frac{B_п}{r}}\right) \qquad (10)$$

Основываясь на данных Фарга, Бусинеск нашел, что коэфициент τ для пологих кривых равен 0,75.

Изменение коэф. τ в зависимости от соотношения $\frac{r}{B_п}$ по данным наших полевых исследований представлено в таблице 3.

Таблица 3.

$\frac{r}{B_п}$	6	5	4	3	2	1
τ	0,60	0,60	0,65	0,75	0,85	2

где r—радиус кривизны по оси потока,

$B_п$ и $H_п$ — ширина и глубина реки на прямолинейном участке реки, находятся по данным гидрометрических наблюдений или по ф-ле Шези с заменой $R=H$.

Уравнение (10) и таблица 3 в дальнейшем используются для определения средней глубины потока на кривой зарегулированного русла.

Для перехода от средней глубины к максимальной, рекомендуется пользоваться нижеследующей зависимостью и опытными данными

$$H_м = CH_к \qquad (11)$$

Ласей для указанной формулы дает следующие значения „C".

Для сильно сжатых сечений $C=1{,}0$.

Для естественных водотоков:

прямые участки	$C=1{,}27$,
пологие кривые	$C=1{,}50$,
крутые „	$C=1{,}75$,
поворот под прямым углом	$C=2{,}00$.

В таблице 4 дается значение коэф. „C" в ф-ле (11) в зависимости от коэфициента откоса вогнутого берега (m), полученного нами по данным полевых исследований на реках Средней Азии при соотношении $r/B_п = 2 \div 4$.

Таблица 4.

$r/B_п$	m	C	Примечание
2 — 4	0—0,50	2,50	Коэф. откоса
„	0,75—1,0	2,10	$m = \frac{r}{h}$
„	1,25—1,50	1,75	
„	1,75—2,0	1,50	r—заложение h—глубина

Следовательно, с увеличением коэфициента откоса вогнутого берега местная глубина уменьшается.

На практике заложение подводного откоса защищаемого берега или продольных дамб берется по заложению откоса естественного грунта, слагающего данное русло. Например, в песчаных грунтах заложение откоса должно быть около 2, для гравелистых—1,75. Для шпор или полузапруд, например из каменно-хворостяной кладки, заложение подводящего откоса может быть уменьшено, но зато следует ожидать большие местные размывы у основания сооружения, и поэтому они должны крепиться сильнее.

§ 3. Компановка выправительных и защитных сооружений

1. О компановке выправительных сооружений

1. Направление и ширину зарегулированного русла в плане можно получить путем постройки определенной системы сооружений, в виде продольных дамб (рис. 7-а) или поперечных полузапруд (рис. 7-б). Если один из берегов достаточно прочен и устойчив, систему дамб или полузапруд достаточно возводить лишь со стороны одного берега.

2. Способ поперечных сооружений в большинстве случаев дешевле и имеет преимущества в том, что выправление или сужение русла можно производить постепенно, возводя его в начале не на всю проектную длину, а на часть ее, что дает более равномерное расходование средств и постепенное изменение направления течения потока.

3. Способ продольных дамб не имеет указанных выше преимуществ. Ошибка в ширине зарегулированного русла ведет к тому, что или не будут достигнуты достаточная глубина и размывающая сила, или, наоборот, произойдет чрезмерный размыв русла; и то, и другое нежелательно, иногда даже вредно. Однако, способ поперечных полузапруд имеет тот недостаток, что головы их подвергаются усиленному подмыву; течение около них неспокойное,

на вогнутых частях берега пространства между полузапрудами плохо заносятся наносами, течение же у продольных или наклонных дамб более спокойное и подмыв сооружения меньше.

4. Комбинированный способ (рис. 7-в) поэтому наиболее рационален, так как дает и гибкость (постепенность постройки полузапруд) в смысле регулирования ширины русла, и дешевизну, и в то же время обеспечивает спокойное течение вдоль продольных дамб, расположенных, как правило, у вогнутого ведущего берега, и способствует заилению пространства между полузапрудами.

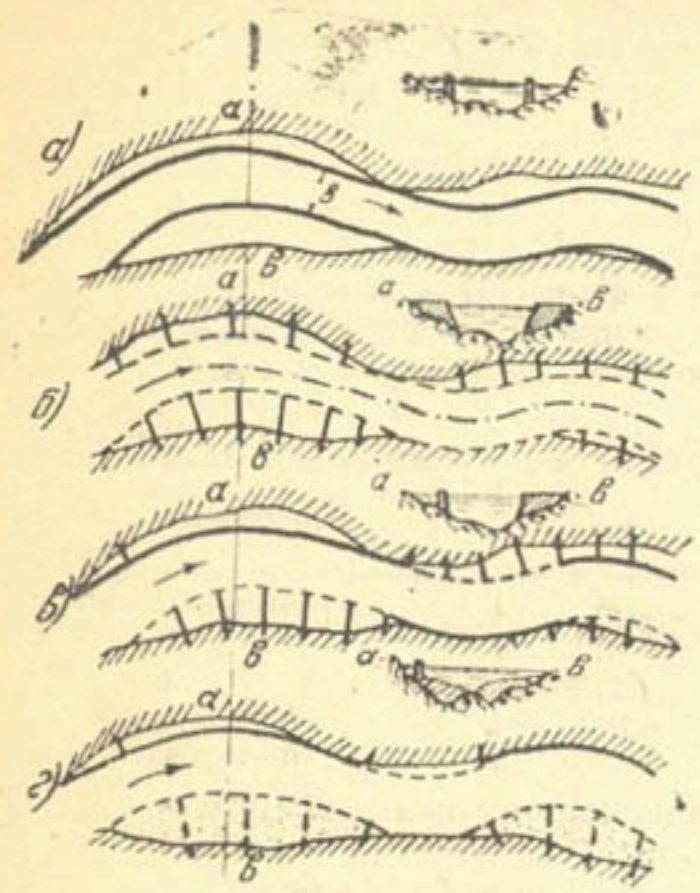

Рис. 7

5. В последнее время ограничиваются продольными дамбами вдоль вогнутых берегов потока с приданием новому руслу обязательно криволинейного очертания. При достаточной кривизне кривых у вогнутых берегов получаются повышенные глубины и увеличенная способность потока по транспортированию донных наносов; выпуклый берег при этом нарастает без каких либо сооружений на нем, за счет работы самого потока.

Лишь в тех случаях, когда образование выпуклого берега идет медленно и имеется опасность отхода реки, можно пойти на постройку полузапруд или более дешевых сквозных сооружений (ветвистых заграждений и т. п.).

6. Выправление русла системой поперечных сквозных (свайных эстакад) полузапруд для целей судоходства, можно видеть в ныне осуществленном проекте по регулированию русла реки Миссури (рис. 8).

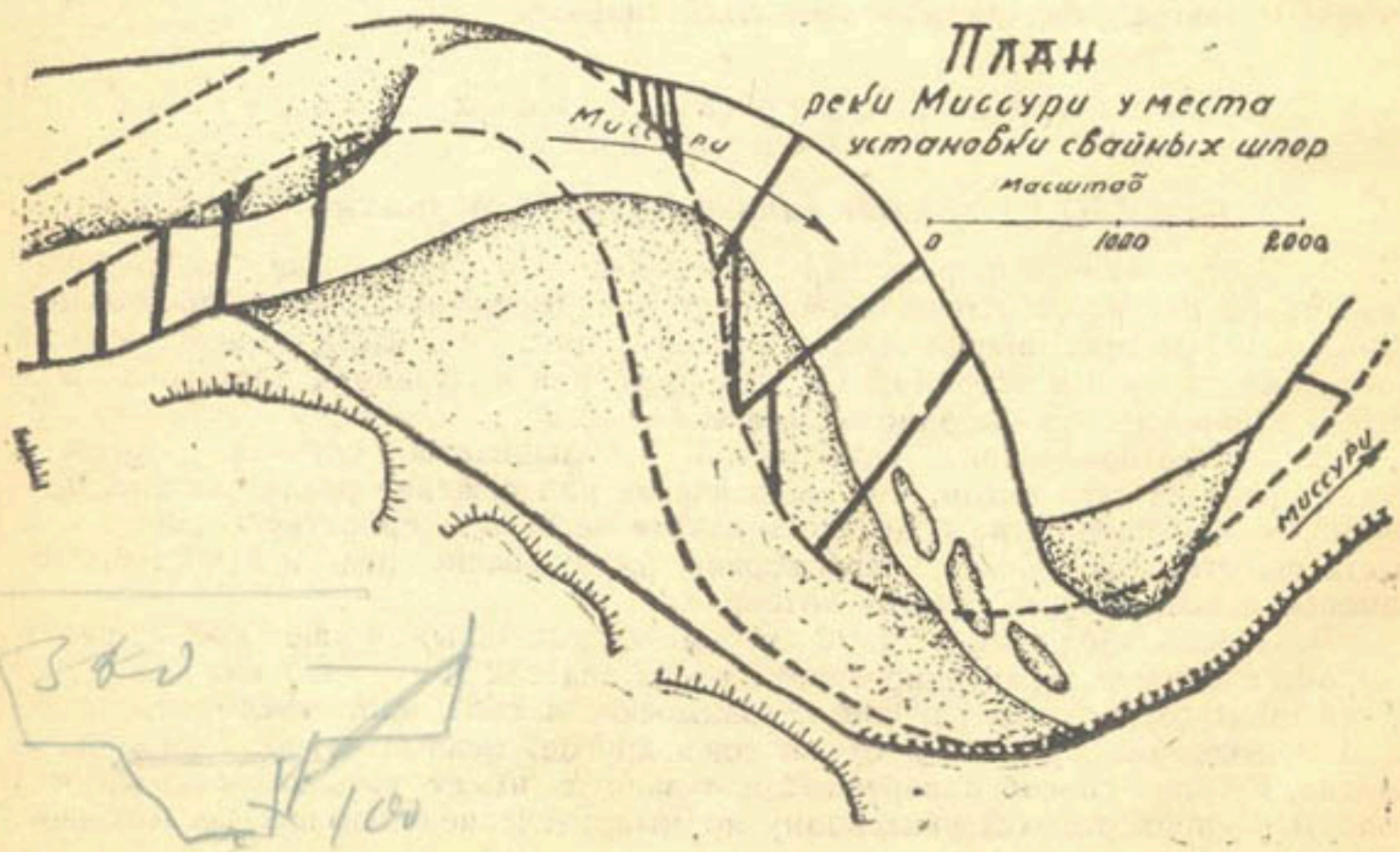

Рис. 8

Выправление русла для водозабора и различных целей в два ирригационных канала, расположенных на противоположных берегах рек, показано на рис. 9.

Таким образом в результате многолетней практики регулирования речных русел, у гидротехников выработалось правило, согласно которому выправительные и защитные сооружения должны быть так расположены в плане, чтобы они не нарушали естественного быта реки, а приспособлялись к нему, используя при этом выгодные течения потока и работу установленного сооружения для получения устойчивого русла.

2. *Определение длины защитных шпор и дамб*

Защита от подмыва берега осуществляется путем отклонения потока продольными дамбами (рис. 10) или поперечными полузапрудами, шпорами (рис. 10), или путем закрепления существующей линии берега облицовками и тюфяками *).

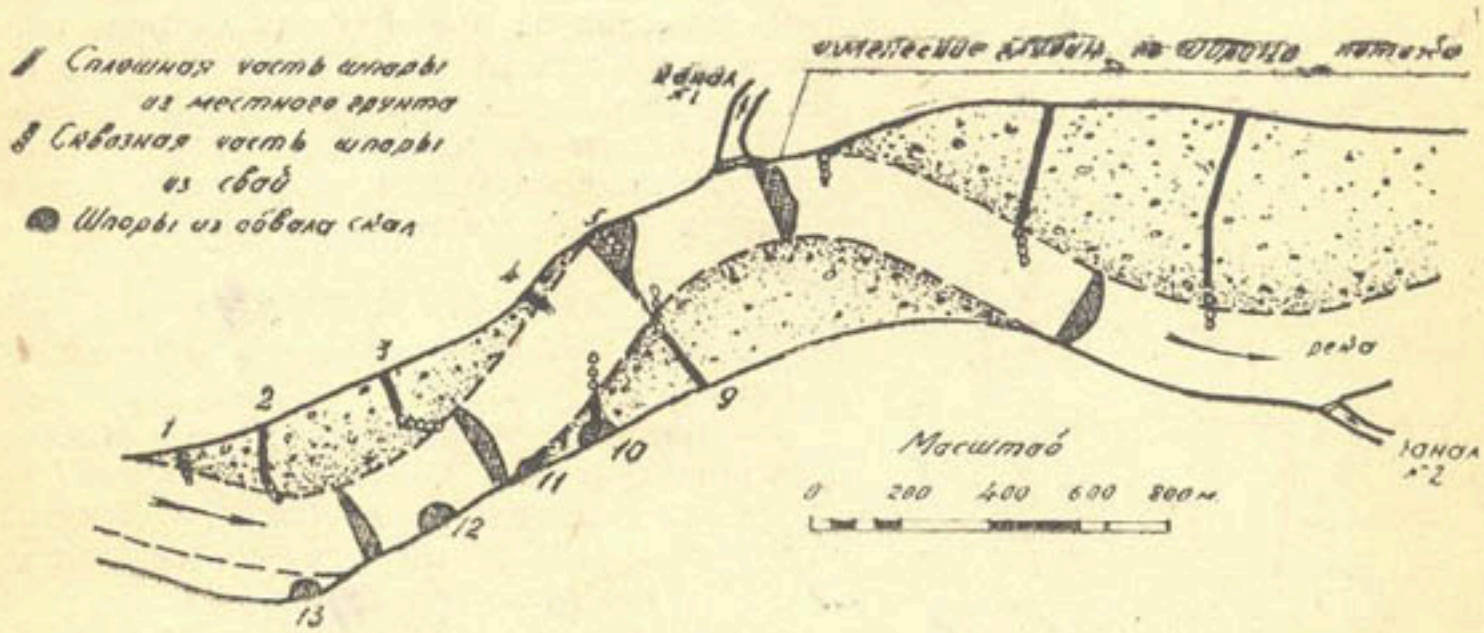

Рис. 9

Продольная дамба одним концом (корнем) А заделывается в берег (на 4—5 м), другим концом В свободно заканчивается в реку (этот конец называется головой или оголовком дамбы).

Дамба в плане имеет криволинейный вид и несколько возвышается над горизонтом воды, при котором по расчету она должна оказать свое действие.

Для увеличения прочности и связи дамб с берегом в одном или нескольких местах устраиваются поперечные траверсы СД (рис. 10).

Поперечные полузапруды располагаются так, чтобы оси их были нормально к динамической оси потока или составляли с ней угол около 30—75° и чтобы оконечности голов их лежали на плавной кривой. Корни полузапруд ВВ прочно заделываются в грунте берега. Следующую по течению полузапруду ставят несколько выше точки С в точке Д (рис. 11).

При наклонном положении полузапруд к оси потока длина защитного их действия несколько увеличивается (при пропорциональном увеличении длины на $\cos\beta$). Из рисунка 11 видно, что $BC > BC'$ где BC' относятся к случаю шпоры $A'B$.

Во избежание обхода полузапруд с корня, последние, во первых, не должны быть короткими и, во вторых, расставлены на определенном расстоянии друг от друга. Минимальная длина полузапруд определяется из условия полу-

*) Под шпорой имеется в виду незатопляемая в период высоких вод полузапруда, длиной менее $^1/_3$ ширины русла, которая вызывает лишь местное стеснение потока, тогда как поперечная дамба воздействует на большую часть и на весь поток.

чения в их зоне устойчивого откоса берега; полузапруды должны удалять от берега места наибольших глубин и защищать берега от размыва. Поскольку после возведения сооружения место наибольших глубин ($H_м$) будет у головы полузапруды, постольку длина шпоры не должна быть менее

$$l \geq H_м \sqrt{1+m^2} \qquad (12)$$

где $H_м$ — наибольшая местная глубина потока у сооружения в период высоких вод, после размыва дна (рис. 12),

m—коэф. устойчивого откоса грунта, слагающего берег.

Расстояние между шпорами, как уже указывалось выше, должно быть таким, чтобы корень последующей шпоры находился в зоне заиления от предыдущей. Первая шпора должна быть расположена несколько выше начала размыва берега.

По данным наших лабораторных опытов и натурных наблюдений, расстояние между шпорами может быть определено по формуле

$$L = (5-6)\, l \times P \times \operatorname{ctg} \alpha \qquad (13)$$

где α—угол подхода потока к касательной линии берега,

P—доля застройки решетчатой (сквозной) шпоры (рис. 12).

Для глухой шпоры застройка $P=1$ и тогда формула (14) примет следующий вид:

$$L = (5-6)\, l \times \operatorname{ctg} \alpha \qquad (14)$$

Следует твердо помнить, что более короткие и редко расставленные полузапруды (чем было указано выше) не только не защищают берега, но даже могут при определенных условиях увеличивать размыв.

Затем надо иметь в виду, что с течением времени меандры реки перемещаются вниз по течению, вследствие чего нижняя часть вогнутого берега будет подвергаться наибольшему нажиму со стороны потока, а берег у начала кривой будет наращиваться.

Слишком длинные и часто расставленные полузапруды для защиты берега также устраивать не следует, т. к. они работают только оголовками и удорожают стоимость работ; их применение оправдывается в тех случаях, когда необходимо получить очертание трассы определенной формы, т. е. при выправлении русла реки.

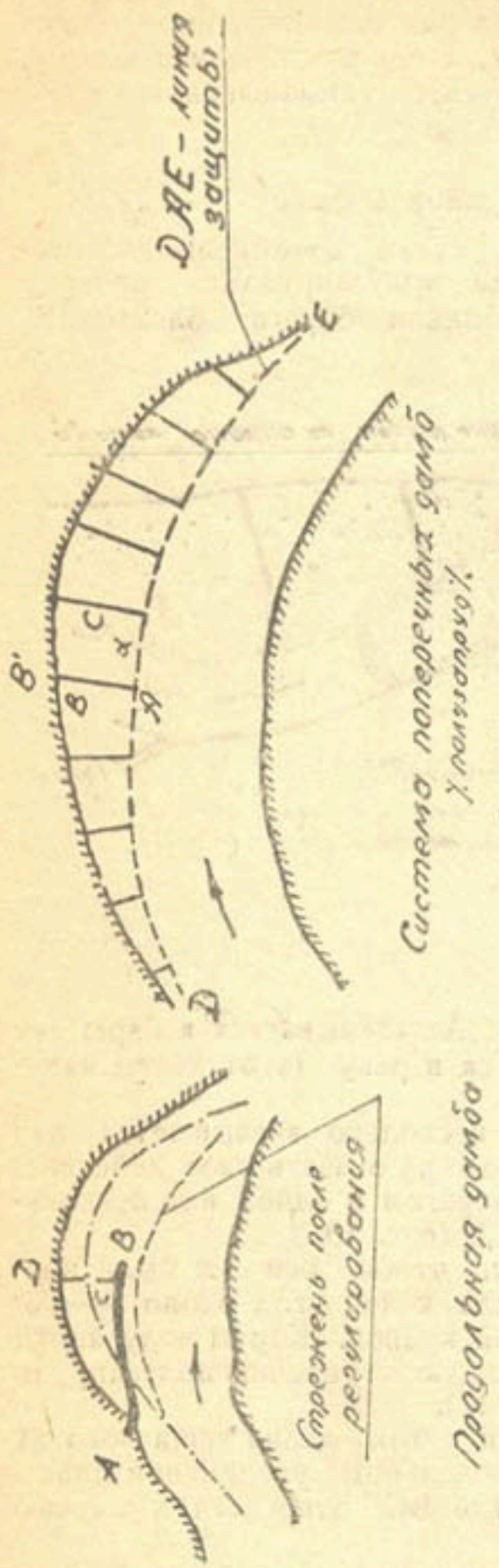

Рис. 10

В таблице 5 приводятся гидравлические элементы потока и размеры каменно-хворостяных и каменно-камышевых шпор и дамб, применяемых на типичных реках Средней Азии (см. табл. 5 на след. стр.).

Из приведенных в таблице данных следует, что длина, ширина (по верху и по низу) и высота дамб тем больше, чем больше скорость, глубина и мельче наносы, слагающие русло реки.

Гидравлические элементы некоторых рек и размеры применяемых на практике защитных шпор и дамб из каменно-хворостяной и сипайной кладки

Таблица 5.

ХАРАКТЕР РЕКИ	Макс. расход воды $м^3/с$.	$H_{ср.}$ средн. глуб. в м	$H_{м.}$ наиб. мест. глуб. в м	Сред. макс. скорость в м/с	Наиб. диам. камня в мм	Коэф. устойчив. откоса берега „m"	Размеры сипая в м	Размеры шпор в м		Размеры дамб	
								Длина	Ширина	Ширина	Высота на отм. средн. дна в м
1. Горный участок реки с гравелисто-галечниковым руслом	125	1,0	2,50	4,0	600	1,25	4,0	4,0	$\frac{1,5^{*)}}{3,0}$	$\frac{1,5^{*)}}{4,0}$	1,7
2. Предгорный участок реки с песчано-галечниковым руслом . . .	825	1,50	3,75	3,00	300	1,25	5,5	6,5	$\frac{2,5}{5,0}$	$\frac{3,75}{2,0}$	—
3. „ „ . . .	1100	2,0	5,6	2,6	300	1,6	6,5	18,0	$\frac{3,0}{6,0}$	$\frac{2,0}{3,5}$	6,5
4. Низовья реки, песчаное легкое подвижное русло	450	2,0	4,5	2,4	15,0	1,8	5,0	8,0	$\frac{2}{4,0}$	$\frac{4,0}{7,0}$	4,0
5. „ „	1500	6,0	15,0	1,5	0,25	2,0	—	30,0	$\frac{5,0}{10,0}$	6	10
6. „ „	8000	6,0	19.6	2,5	0,25	2,5	—	70,0	$\frac{5,0}{15,0}$	$\frac{6,0}{25,0}$	12,0

*) В числителе указывается ширина дамб и шпор по верху и в знаменателе – их ширина по низу.

Запас высоты шпор и дамб выше горизонта высоких вод принимается для рек Средней Азии 0,5–0,8 м.

Для таштуганной кладки, которая подвержена осадке, высота над г. в. в. в отдельных случаях может быть принята 1,0 м.

На реках Средней Азии большое применение имеют наклонно-поставленные (под углом 30—45° вниз по течению) шпоры и дамбы. Наклонное расположение об'ясняется тем, что на поток они воздействуют более равномерно (чем нормально поставленные), вследствие чего около них образуются меньшие местные глубины, а потому они более устойчивы и требуют меньших затрат на их поддержание.

При определении направления и длины фронта защиты берега следует иметь в виду, что река часто меняет свое направление, а следовательно и длина фронта зашиты с течением времени также может изменяться.

Так, по наблюдениям автора на р. Аму-дарье, протяженность размываемого берега в определенный отрезок времени составляла 10—16% от общей длины реки, а на остальной длине реки берег или наращивался, или оставался более или менее неизменным. Следовательно, выстроенные в данный отрезок времени сооружения в будущем могут оказаться вне зоны действия реки, что надо иметь в виду при их компановке.

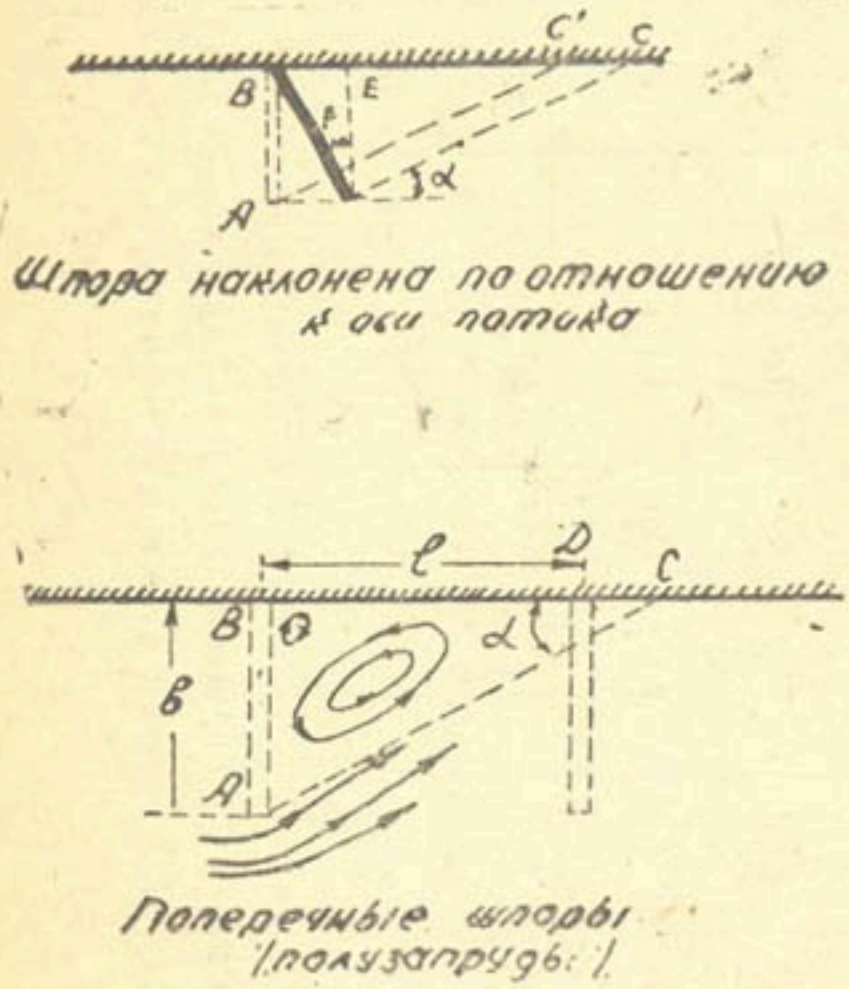

Рис. 11

3. *Характер размыва дна у шпор и дамб*

Действие дамб или шпор на поток выражается в полном отклонении от берега части потока, ранее прижатого непосредственно к берегу, в повышении скоростей течения в свободной части потока, вызывающих размыв русла у этого места. Размыв русла свободной части потока продолжается до тех пор, пока поток не проработает себе новой формы сечения русла, достаточного для пропуска дополнительного расхода воды, отжатого сооружением, после чего форма сечения останется более или менее устойчивой. Это явление в первый момент работы шпоры сопровождается некоторым повышением горизонта воды, которая падает по мере углубления русла и уклон поверхности воды постепенно уменьшается до бытового.

Размыв русла с верховой стороны шпоры увеличивается от корня к голове шпоры, где и достигает максимума. Форма и глубина размыва дна у шпор с вертикальным заложением откоса—в зависимости от длины шпоры или меры стеснения потока, по данным лабораторных опытов в стеклянном лотке с размываемым дном, показанным на рисунке 13.

Из рассмотрения данных следует, что чем сильнее стеснено сечение, тем глубина размыва больше. Для определения наибольшей местной глубины потока у шпоры в зависимости от меры его стеснения $\frac{F_1}{F}$ можно определить по формуле

$$H_м = CH_{ср} \qquad (15)$$

где $H_{ср}$—средняя глубина потока до размыва в створе установки шпоры,
C—коэфициент увеличения глубины у шпоры определяется из таблицы 6.

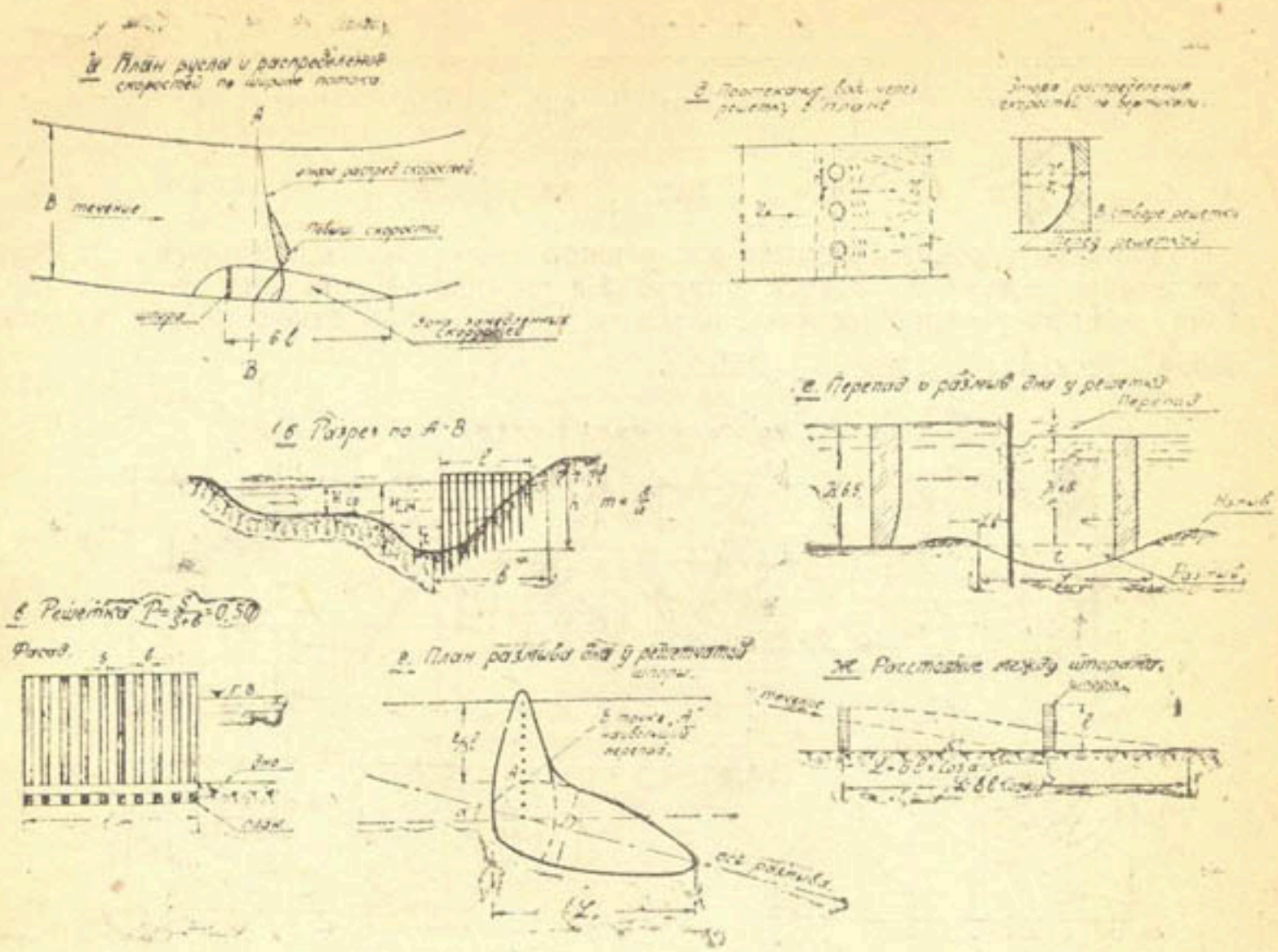
а) План русла и распределение скоростей по ширине потока
течение
б) Разрез по А-В
в) Решетка
г) Перепад и размыв дна у решетки
д) План размыва дна у решетчатой шпоры
ж) Расстояние между шпорами

Рис. 12

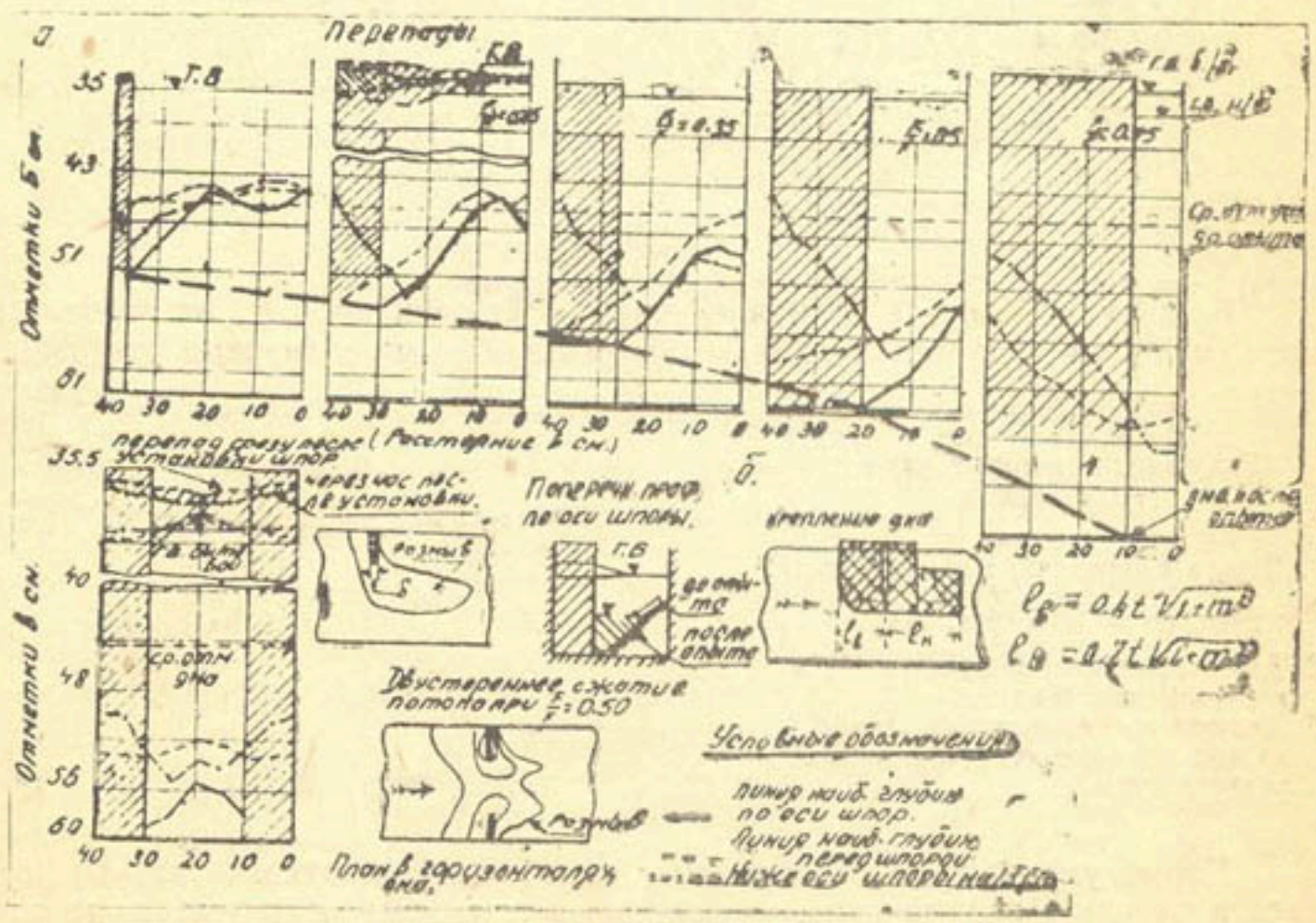
Перепады
Отметки Б см
Отметки В см
перепад сразу после установки шпор
Поперечн. проф. по оси шпоры
крепление дна
Двустороннее сжатие потока при
Условные обозначения
линия наиб. глубин по оси шпор
линия наиб. глубин перед шпорой
ниже оси шпоры
План в горизонтальн. дна

Рис. 13

Таблица 6.

$\frac{F_1}{F}$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
C	2,0	2,65	3,22	3,45	3,67	3,87	4,06	4,20

Глубина местного размыва дна у шпор может быть уменьшена за счет увеличения заложения откоса шпоры. На рисунке 14 показаны форма и глубина размыва у одной шпоры с различным заложением откоса шпоры и одной мерой стеснения потока $\frac{F_1}{F} = 0{,}25$.

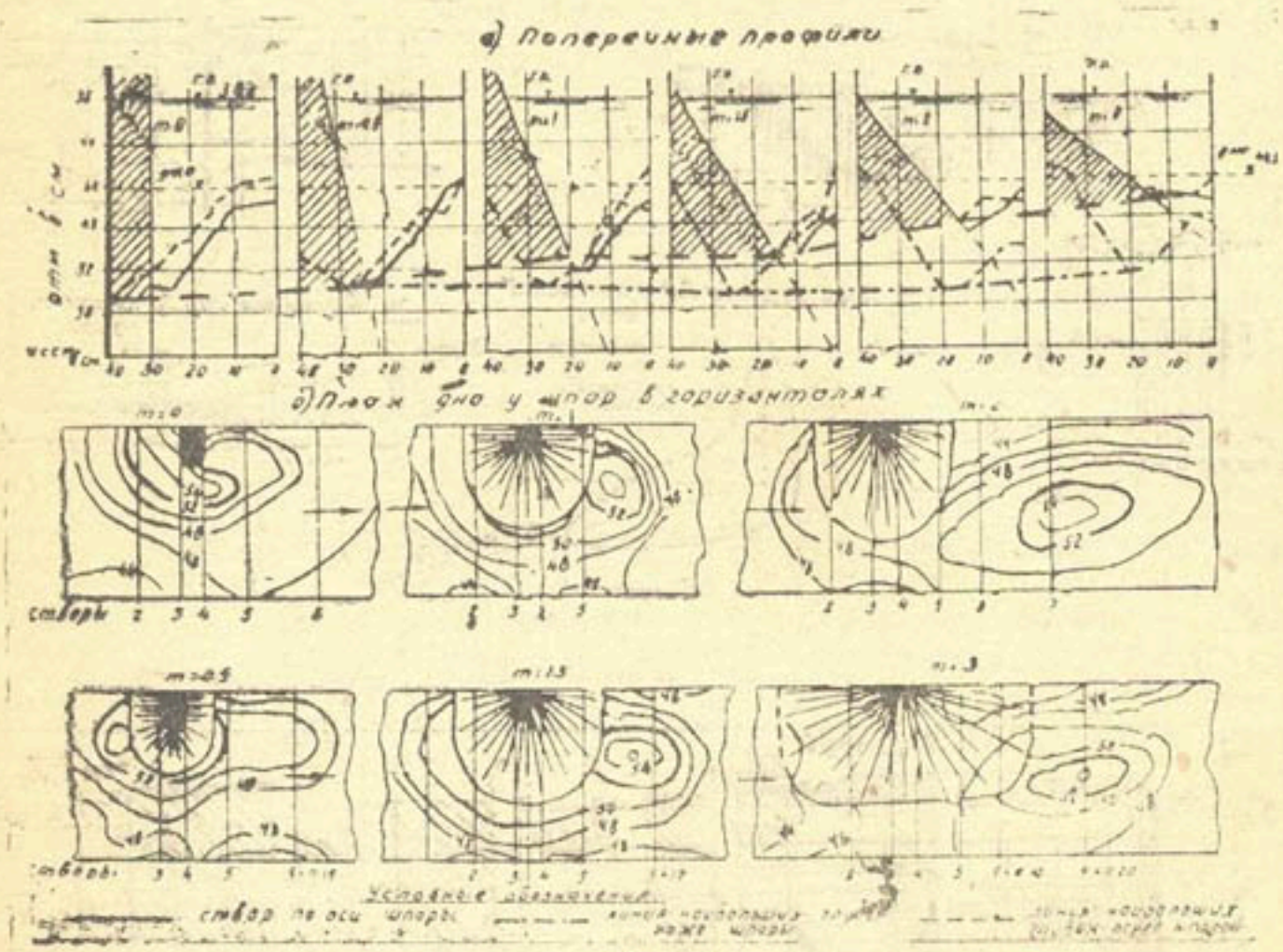

Рис. 14

В таблице 7 дается величина коэф. „C" в зависимости от заложения откоса (*m*) одной шпоры и одной дамбы с различными радиусами кривизны дамб.

Таблица 7.

Коэф. откоса „m" Условия, для которых даны коэфициенты	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
1. Шпора с переменным заложением откоса $\frac{F_1}{F} = 0{,}25$ (рис. 14) . . .	2,72	2,47	2,32	2,25	1,65	1,34
2. Дамба длиной=11H при $F_1/F=0{,}25$ и $r/B=2$ (рис. 15)	1,85	1,70	1,65	1,43	1,38	1,37
3. Для той же продольной дамбы, но при $r/B=4$, т. е. при большем радиусе кривой	1,50	1,37	1,38	1,27	1,31	1,34

Кроме уменьшения размыва дна, с увеличением откоса размыв отодвигается от шпор и дамб вниз по течению и тем самым становится не опасным для устойчивости сооружений.

4. Защита от размыва подводных откосов

При укладке на откосы креплений в виде каменно-хворостяных, камышево-гравийных, бетонных и железо-бетонных тюфяков, каменной мостовой и каменной наброски и других видов креплений следует соблюдать следующие правила:

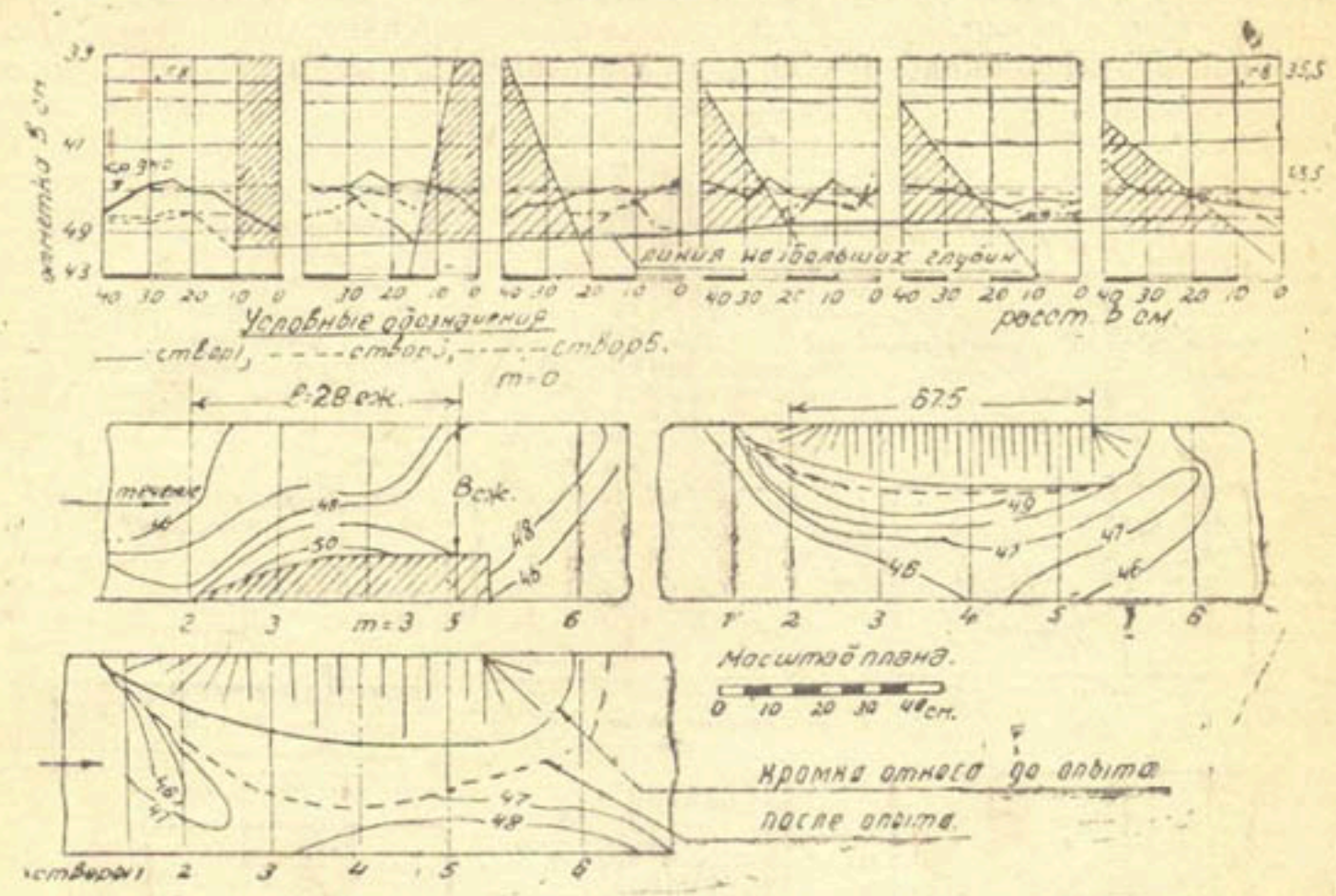

Рис. 15

1. Крепления должны располагаться на линии существующего берега, откос которого предварительно срезается с определенным (устойчивым) заложением для данного грунта. Однако, часто встречаются большие выступы, срезка которых обычно вызывает большие земляные работы, поэтому их приходится оставлять, вследствие чего линия крепления в плане получает не плавное очертание.

2. Укладываемый на откос мат должен заканчиваться за пределами вогнутой кривой (на перегибах береговой линии), т. к. в противном случае опасность размыва сооружений не устраняется как с корня, так и в нижней части.

Общая длина крепления определяется длиной защищаемого участка. Но так как в условиях блуждающих рек точно наметить начало и конец размыва затруднительно, то необходимо длину крепления брать с некоторым запасом и, кроме того, у корня их должны предусматриваться дополнительные меры от обхода с тыла.

3. Если проект крепления осуществляется по частям или в период размыва берега, то выбранная длина защиты должна согласовываться с интенсивностью размыва берега за период строительства, т. е. часть сооружений, выполняемая во вторую очередь, отодвигается за линию уреза на величину ожидаемого размыва. В описываемом случае работа первой очереди (в месте стыка) осуществляется в котловане, и только ее подводная часть выполняется по мере подмыва берега рекой.

4. Совершенно необходимо, чтобы крепления были уложены на устойчи-

вый откос берега, а не висели бы на откосе, т. е. чтобы не было сползания крепления при полном насыщении грунта водой.

Также совершенно обязательной является защита (покрытие) подводного откоса на всю глубину потока и, кроме того, покрытие дна на ширину, равную средней глубине потока.

5. Типичные формы размывов в плане и глубина у дамб и шпор при размываемом дне и неразмываемых берегах показаны на рисунке 16. Применительно к этим схемам, в приложении 3 дается величина коэфициента сопротивления той или иной отдельной конструкции ζ в зависимости от меры стеснения потока.

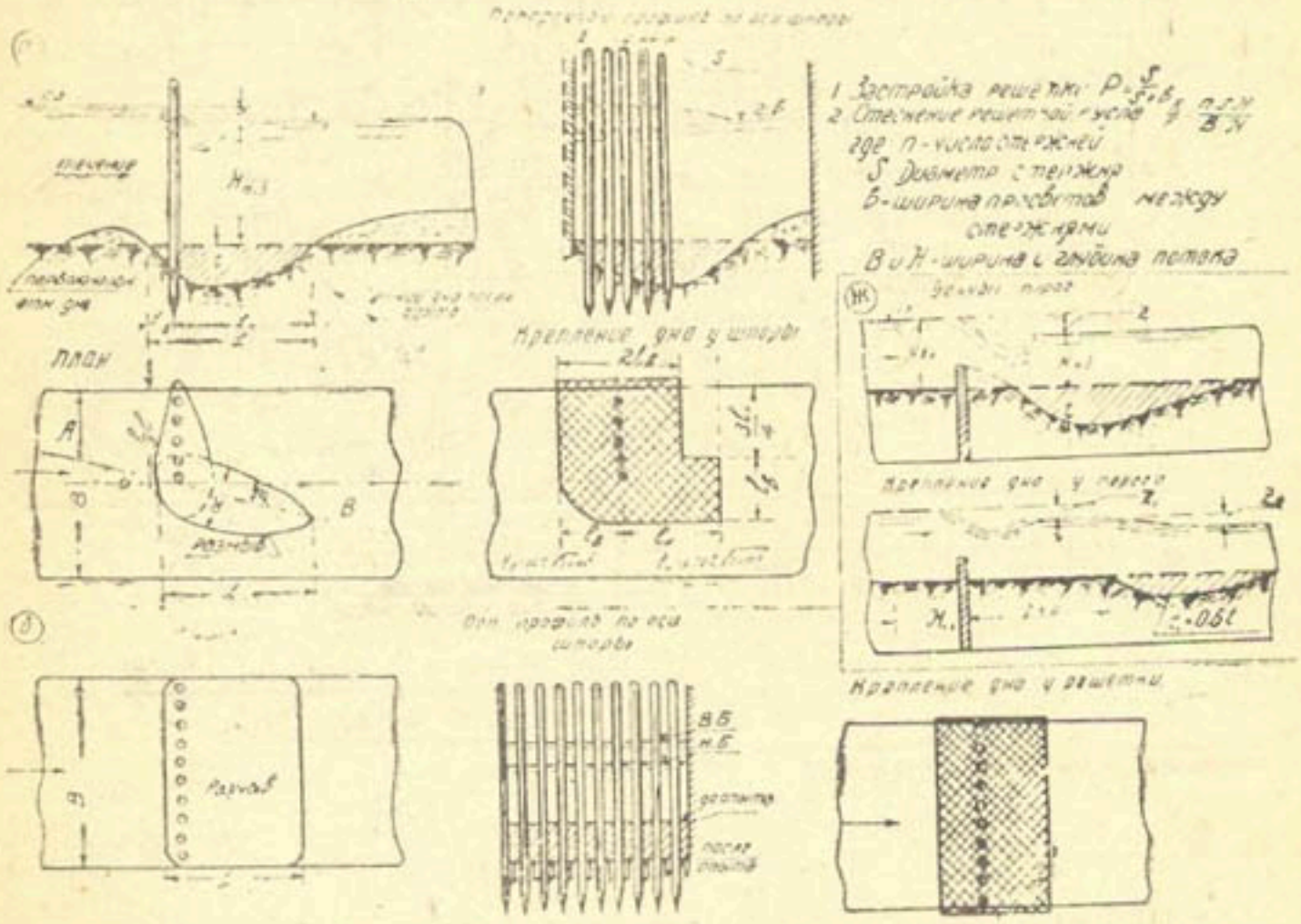

Рис. 16

Величина коэф. ζ также зависит и от соотношения $H_{н.б.}/z$. Изменение коэфициента сопротивления от меры стеснения потока $\frac{F_1}{F}$ и отношение $H_{н.б.}/z$ для одной шпоры показано на рисунке 17-а. Под вышеупомянутыми элементами имеется в виду:

F_1—проекция смоченной площади сооружения (до размыва дна) на плоскость, нормальная направлению течения потока,

F—площадь живого сечения потока в бытовых условиях русла,

$H_{в.б.}$—средняя приведенная глубина потока на ширине русла, занятой шпорой и равная $H_{в.б.} - z$.

Зная меру стеснения (отношение $\frac{F_1}{F}$) из данных, приведенных в приложении 3, и соответствующие ему $\frac{H}{z}$ по формуле

$$z = \zeta \frac{V_0^2}{2g} \tag{16}$$

находим величину подпора у сооружения,

где V_0—скорость подхода потока в м/с.,

ζ—коэф. сопротивления конструкций.

По мере увеличения стеснения потока подпор увеличивается, а скорость подхода уменьшается.

Сначала находим величину подпора на ширине, занятой сооружением до переформирования, и затем после переформирования русла.

Поскольку по мере размыва дна у установленного сооружения подпор уменьшается, постолько и коэф. сопротивления сооружения ζ уменьшается до некоторой величины, т. е. до момента окончания местного размыва и намыва дна.

Поэтому для сооружений, установленных в размываемом русле, даются два значения коэф. сопротивления, один для первого момента работы сооружения, когда еще не произошло размыва, и второй—после окончания размыва, Кроме того, у шпор следует различать коэф. $\zeta_ш$ от коэф. $\zeta_р$; первым следует пользоваться при определении подпора у шпоры и вторым при определении среднего подпора во всем русле.

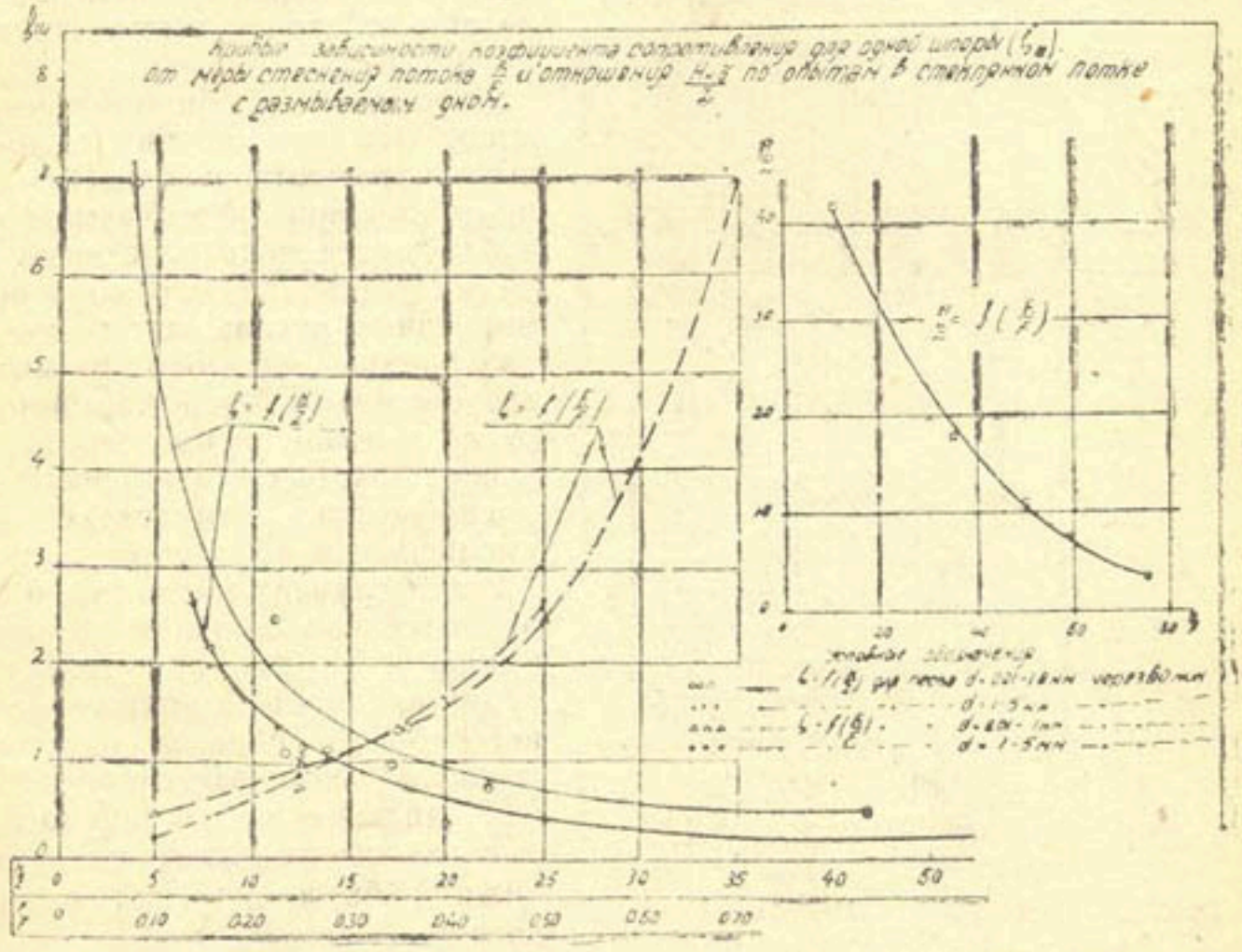

Рис. 17-а

Проф. Избаш для определения подпора у одной решетчатой переборки ряжа американской рубки при неразмываемом русле рекомендует номограмму и две формулы, написанные на рис. 17-б. Изменение величины коэф. сопротивления L в зависимости от меры стеснения потока, применительно к двум вышеупомянутым формулам Избаш, приводится в приложении 3.

Для определения подпора у мостов может быть рекомендована нижеследующая формула

$$z = \alpha \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g} \tag{17}$$

где v_1—скорость в отверстии моста до переформирования русла,
v_0—подходная скорость потока,
α—опытный коэф., величина которого зависит от меры стеснения потока.

Для русел с неразмываемым дном и для размываемых русел (до момента переформирования) данные наших лабораторных исследований приводятся в таблице 8.

Таблица 8.

$\frac{F_1}{F}$	0,1 + 0,5	0,6	0,7	0,8
α	2,5	3,0	3,5	5,0

После переформирования русла коэф. α уменьшается до единицы.

6. Подпор определяется для катастрофического расхода реки и для двух случаев:

а) до момента переформирования русла, т. е. непосредственно после установки сооружения, когда нет еще размыва и намыва русла,

б) после переформирования русла под действием выстроенных сооружений.

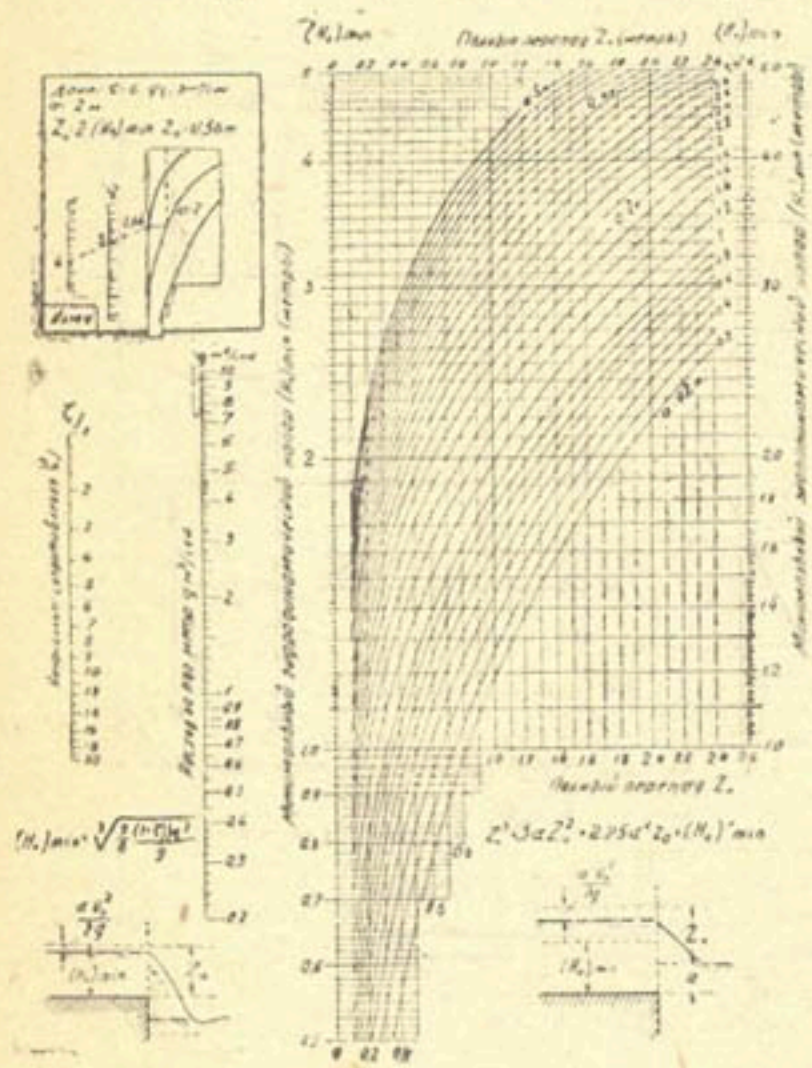

Рис. 17-6. График проф. Избаш для определения перепада на отдельной решетчатой переборке

Лабораторными опытами установлено, что наибольший подпор у выправительных и защитных сооружений при размываемом русле наблюдается непосредственно после их установки, т. е. до переформирования русла; затем по мере увеличения местного размыва и, следовательно, переформирования русла в новом направлении, стеснение потока (отношение F_1/F) уменьшается, вследствие чего уменьшается и подпор.

В тех случаях, когда русло имеет относительно большое стеснение и в первый момент происходит заиление в.б. и общее понижение нижнего бьефа, перепад с течением времени увеличивается; после того, как заиление в.б. закончено и донные наносы начинают поступать в нижний бьеф, перепад мало меняется.

На практике защита оснований сооружений от подмыва и уменьшение этого подмыва производятся путем закрепления дна реки у сооружения гибкими, но тяжелыми тюфяками.

При назначении размеров крепления необходимо, во первых, знать глубину наибольшего местного размыва ниже основания сооружения, и, во вторых, крепление должно быть таких размеров, чтобы оно отодвигало место наибольшего размыва от сооружения на безопасное расстояние.

Глубина местного наибольшего размыва у решетчатых дамб и донных водосливов (барражей) может определяться по формуле Шоклича, Патрашева и Вызго *)

$$H_м = K_1 \; q^{0,5} \; z^{0,25} \qquad (18)$$

где q—расход воды на 1 м ширины в м³/сек,

*) См. журнал Гидротехническое строительство № 9 за 1940 г. Статья М. С. Вызго.

z—перепад (подпор) в формулах (16) и (17) до начала переформирования русла.

K—опытный коэф. размыва, зависящий главным образом от меры стеснения потока (6), конструкции сооружения и грунта. Величина приводится в таблице 9.

7. Ширина тюфяка, укладываемого на откос, определяется по формуле

$$в = H_м \sqrt{1+m^2} + H_{ср} \tag{19}$$

где $H_м$ —местная наибольшая глубина потока у продольного крепления в м от г. в. в.,

m—коэфициент устойчивого подводного откоса, например, для крупного песка $m=2$.

Ширина крепления ($в$) по защите от подмыва сооружения определяется по формуле (19), в которую вместо $H_м$ подставляется глубина размыва дна (t) ниже основания:

$$в_0 = 0{,}70\, t \sqrt{1+m^2} \tag{20}$$

Так, например, при глубине ожидаемого размыва ниже основания дамб 4 м и коэфициенте устойчивого откоса грунта, слагающего русло $m=1{,}8:1{,}0$, ширина крепления будет равна

$$в = 0{,}7 \times 4 \sqrt{1+1{,}8^2} = 5{,}8 м$$

При таком размере крепления место наибольших глубин настолько удаляется от сооружений, что размыв становится неопасным, а по мере подмыва гибкое крепление опускается в вымоину и защищает от размыва подводный откос.

§ 4. Струенаправляющие (выправительные) дамбы у сооружений

Назначение струенаправляющих дамб — направить поток в определенное русло и одновременно защитить сооружение от подмыва или обхода рекой. При расчете ширины русла и кривизны струенаправляющих дамб должны сохраняться в силе все основные требования, указанные в § 2 настоящего руководства.

Длина дамб и радиусы их кривизны должны быть согласованы в первую очередь с планом речного русла и характером грунтов, слагающих ложе у места перехода.

Проведенные автором (совместно с инж. Ф. И. Бахиным) в 1931-33 г. в лаборатории ВНИИГИМ исследования кривизны и размеров струенаправляющих дамб для мостового перехода через реку Волгу у гор. Горького, в зависимости от отверстия моста и меры стеснения потока, позволили наметить различные размеры и формы дамб в плане. При двухстороннем и одностороннем стеснении потока (рис. 18), для расчета размеров дамб необходимо знать ширину отверстия моста, процент расхода воды ($Q\%$), проходящий на перекрываемой дамбами части ширины русла, и коэфициент сжатия струи в плане (α_c) без дамб. По этим данным сначала находится ширина входа или разворота дамб ($в_{вх}$), равная

$$в_{вх} = \frac{в}{\alpha_c} \tag{21}$$

Отсюда разворот дамб в плане

$$в_{пл} = в_{вх} - в. \tag{22}$$

Затем по кривой на рис. 18 находим для соответствующего расхода, $Q_п$, проходящего на перекрытой части ширины русла, соотношение проекции длины дамб (l) на проекцию разворота на ось моста ($в_{пл}$).

Получив таким образом основные размеры дамб, приступаем к вычерчи-

Таблица 9.

Мера стеснения F_1/F / Условия опыта	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. В формуле Шоклича, Патрашева, Вызго $H_м = K q^{0,5} z^{0,25}$								
1. Для свайных решеток (дамб), устанавливаемых через все русло. Песок d=0,01—1 мм.	2,55	2,90	3,20	3,53	3,80	4,16	4,50	4,81
2. Для донных порогов по опытам с песком d=0,01—1 мм. . . .	—	2,75	2,80	2,85	2,95	—	—	—
3. То же с песком d = 1—5 мм.	—	2,05	2,25	2,45	2,64	—	—	—
2. В формуле Шоклича $H_м = \frac{K}{d_м e_{,92}} q^{0,51} p^{0,2}$ *)								
4. Для донных порогов (барражей)								
а) для Дарбазинского песка, крупностью 0,01—1 мм	—	1,60	1,75	1,97	2,09	—	—	—
б) для Чирчикского песка $d_м$ = 0,55 м крупностью 1—5 мм $d_м$ = 2,15 мм.	—	1,45	1,55	1,60	1,70	—	—	—

*) В формуле Шоклича p — высота порога,
$d_м$ — наибольший диаметр частиц для 90% грунта, слагающих русло.

ванию кривизны струенаправляющих дамб переменным радиусом (r_1, r_2 и r_3).

Пример расчета размеров и кривизны струенаправляющих, по данным лабораторных опытов, представлен в таблице 10.

Струенаправляющие дамбы для русла шириной 300 см и различной величины отверстия моста

Таблица 10.

№№ дамб	Дано: Ширина отверстия в м	Дано: Перекр. расх. Q%	Дано: Коэф. сжатия	Находим: $a_{вх}$ см	Находим: $a_{пл}$ см	Находим: $l_в$ см	Находим: $l_н$ см	Находим: l	Находим: R_1	Находим: R_2	Находим: Θ	Находим: $l : a_{пл}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
I. Одностороннее сжатие												
1	10	97	0,71	14,1	4,1	8,2	4,1	72,3	25	5	2°	3,0
2	50	82	0,71	71	21	34	17	51,0	102	20	4°	2,47
3	100	66	0,73	137	37	56	28	84,0	168	33	5°30′	2,3
4	150	50	0,81	185	95	50	25	75	150	30	4°	2,14
5	200	33	0,87	230	30	42	78	60	120	24	3°	2,10
6	250	17	0,935	267	17	26	13	39	78	16	2°	2,3
II. Двухстороннее сжатие												
5	100	33	0,87	160	30	42	18	60	120	24,0	3°	2,0
6	200	17	0,935	217	17	26	13	39	78	16	2°	2,3
7	50	41	0,71	82	16	22	11	33	66	13	3°	2,1

Описанный выше способ проектирования струенаправляющих дамб действителен для рек с малыми скоростями подхода и когда нет опасности обхода

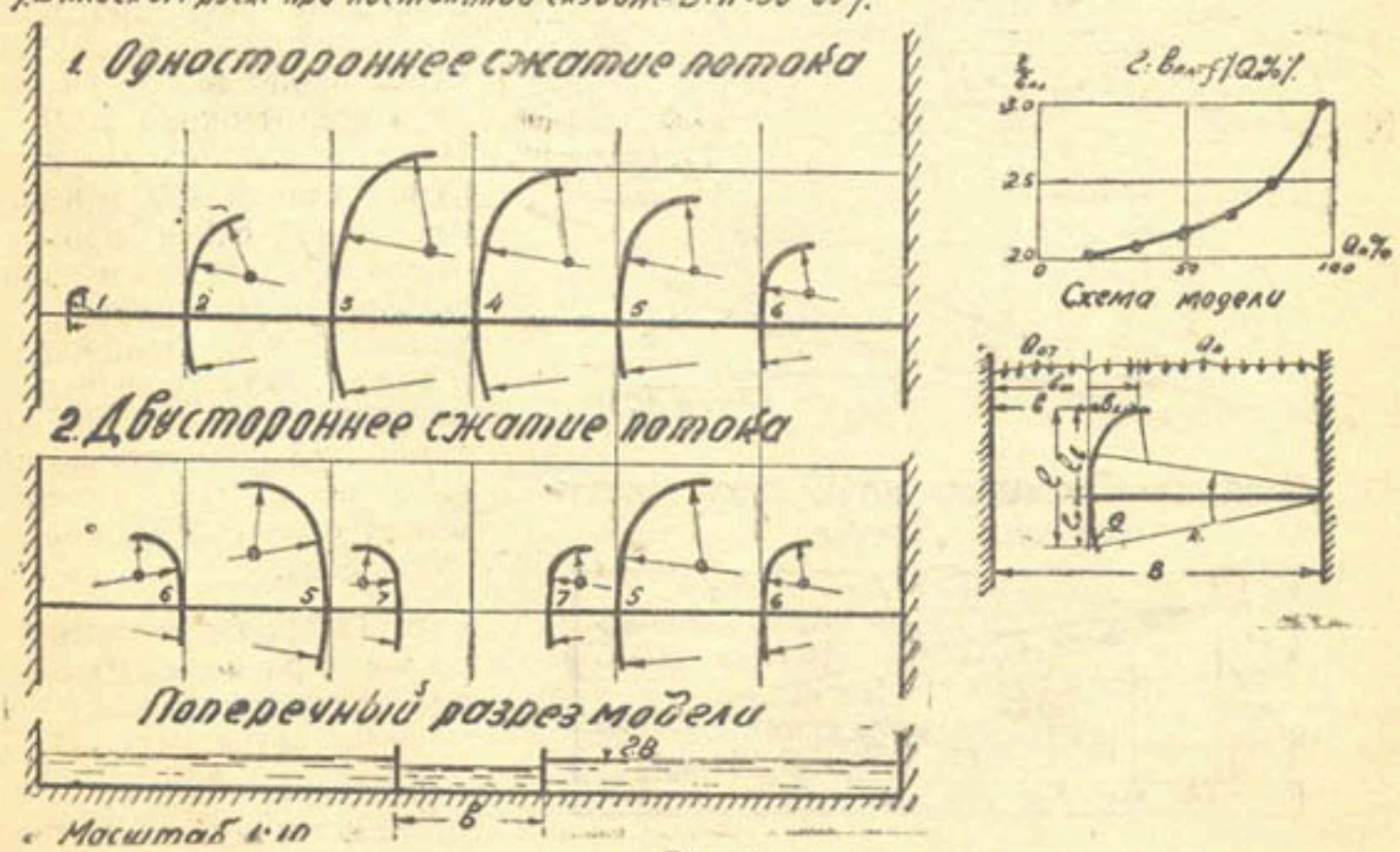

Рис. 18

дамб с тыла, и поэтому нет необходимости в смыкании дамб с коренным берегом, т. е. оголовки дамб являются как бы насадками.

При устройстве струенаправляющих дамб на горных и предгорных участках рек с большими уклонами и скоростями и частым блужданием русла, дамбы должны смыкаться с берегом, т. к. при выполнении коротких дамб возникает опасность размыва их оголовка и большие течения у перекрывающих пойму насыпей, что также может привести к размывам насыпей и струенаправляющих дамб.

На рисунке 19 показаны струенаправляющие дамбы у моста через одну реку в Узбекистане. Длина моста расчитана по формуле (6), т. е. для случая сбойного течения, на пропуск катастрофического расхода 1350 м³/сек и равна 128 м. Кривизна дамб в плане построена по уравнению (2) и согласована с местными условиями.

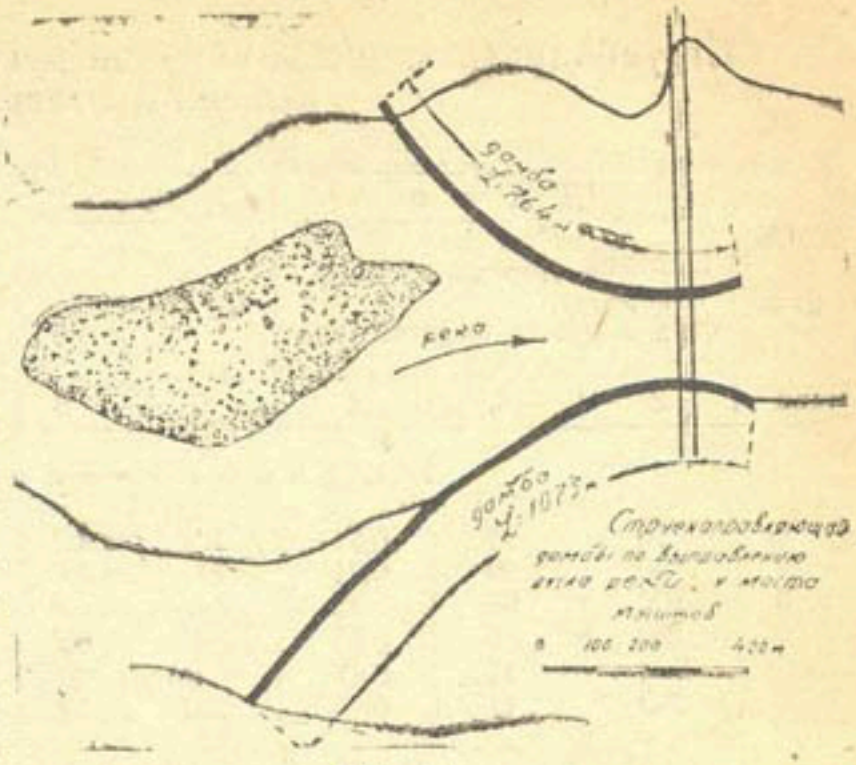

Рис. 19

Прошедший в 1941 г. паводок с расходами около 900 м³/с показал вполне удовлетворительную работу струенаправляющих дамб и достаточность отверстия моста в первый (наиболее опасный в смысле размыва крепления) год работы.

На рисунке 20 показаны струенаправляющие дамбы у дюкера через одну горную реку. До устройства дамб река протекала по 5 протокам общей шириной около 400 м при ширине поймы около 2000 м. После строительства дамб (левая длиной 4000 м и правая длиной 640 м) протоки были об'единены в одно главное русло шириной у дюкера 128 м. Прошедший в 1941 г. катастрофический паводок около 400 м³/с показал, что упомянутая ширина русла над дюкером может быть еще несколько уменьшена.

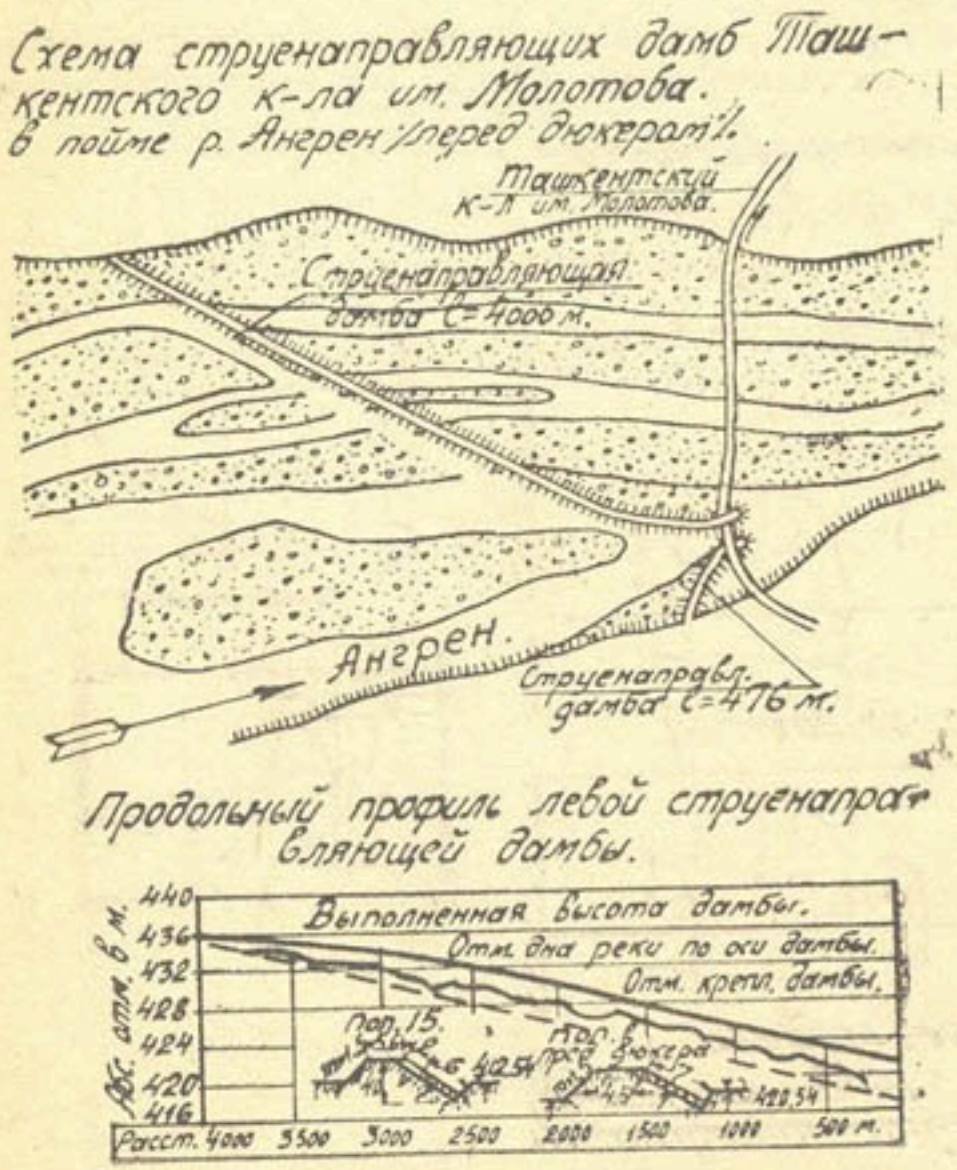

Рис. 20

§ 5. Общие технические требования по выбору типов креплений

Основание (фундамент) выправительных, защитных и регулировочных сооруже-

ний из-за трудности работ в воде устраивается обычно непосредственно на дне потока, которое подвергается, как известно, большим размывам, а сооружение проседает. Поэтому такие сооружения должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Достаточной сопротивляемости размыву и разрушению их поверхности,

2. Достаточной устойчивости против сдвига или опрокидывания под напором воды,

3. Подвижности и гибкости, позволяющей сооружению приспособляться к деформациям основания без нарушения основной работы, например: габионы, корзины, тюфяки, гибкие маты и ряжи, загруженные камнем, которые, в случае их подмыва, опускаются под действием собственного веса и размыв прекращается,

4. Связности частей сооружения при обеспечении указанной в п. 3 подвижности, не допускающей размывов сооружения,

5. Простоты производства работ и ремонта сооружений с максимальным использованием местных строительных материалов.

В условиях легко размываемых русел, сложенных из мелкозернистого материала, фашинное или тюфячное крепление основания сооружения является обязательным.

Ясно также, что устройство монолитных конструкций (бетонных, бутовых стен и т. п.), не погруженных на достаточную глубину в русло, не целесообразно, так как они, не обладая внутренней подвижностью и гибкостью, при деформациях русла разламываются на отдельные глыбы и перестают выполнять свою роль, создавая, кроме того, новые причины для ухудшения состояния крепления.

6. При расчетах прочности крепления пользуются данными норм (см. приложения 2 и 3), а для особо ответственных сооружений проводят специальные лабораторные и натурные исследования.

7. При выборе видов работ и типов сооружений необходимо их согласовать с местными условиями и наличием местных и не дефицитных строительных материалов. При выборе конструкций сооружений нужно отдавать предпочтение тем, которые изготовляются из местных (не привозных и не дефицитных) и более долговечных строительных материалов, используя привозные (цемент, железо, проволоку, лес и др.) в возможно минимальном количестве в качестве связующего материала и каркаса в массивах кладок.

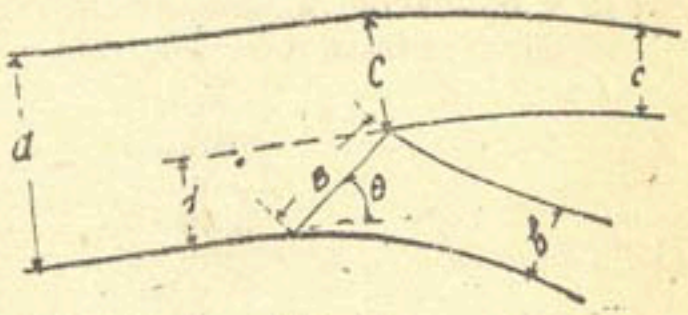

Рис. 21

8. По характеру русел реки Средней Азии можно разделить на группы:

а) горные и предгорные участки рек, русла которых сложены из крупной гальки и валунов, такие же донные наносы перемещаются потоком,

б) предгорные участки рек с крупнопесчаными гравелисто-галечниковыми руслами; такие же донные наносы перемещаются потоком.

Применительно к указанным участкам рек ниже даются перечень видов работ и типы сооружений, преимущественно распространенных на таких участках.

9. На горных и предгорных участках рек применяются каменные, каменно-хворостяные (таштуганные), сипайные, ряжевые и габионные дамбы и шпоры, каменная мостовая и каменная наброска в виде облицовки по откосу и дну.

10. На предгорных участках рек с крупнопесчаным, гравелистым и галечниковым руслом применяется каменно-хворостяная, каменно-камышевая кладка в виде шпор и дамб, облицовки из тюфяков, мат и выстилки; на регулировочных работах корзины, заполненные камнем, карабуры, фашины и другие устройства. На участках работ, где близко расположен рваный камень—каменная мостовая и наброска.

11. На равнинных участках рек применяются каменно-хворостяная и каменно камышевая кладка, фашины каменно хворостяные, бетонные и железобетонные тюфяки, облицовка и выстилка. На равнинных участках рек с легко подвижным руслом применяются сквозные свайные и сипайные эстакады (дамбы), сетчатые пловучие и стационарные заилители и ветвистые заграждения.

При благоприятных условиях для произрастания деревьев в комбинации с сооружениями (для крепления откосов выше горизонта грунтовых вод) производится посадка деревьев, которые корневой системой укрепляют откос.

12. При выборе типа креплений необходимо также руководствоваться скоростями течения в главном русле. Крепление расчитывается по средне-максимальной скорости на стрежне потока при сбойном течении. В тех случаях, когда расход реки определен по точным гидрометрическим данным, возможно принятие расчетной скорости, равной указанной в приложении 1—2.

13. В случае неблагоприятных условий для ремонта сооружений указанные в нормах величины скоростей должны быть понижены на 10—20%. Кроме того, указанные в нормах величины допускаемых скоростей должны быть уточнены с учетом следующих факторов: а) для габионов условия износа сетки и размеров камней, б) для хворостяных креплений—конструкция и качество производства работ.

§ 6. Выправление русел рек для целей водозабора

1. О делении донных наносов при водозаборе и местоположении головы канала

При делении потока (при водозаборе) в потоке возникают поперечные течения, вследствие чего нижние слои потока направляются в канал, а верхние с большей ширины проходят вниз по отводящему руслу. Вместе с нижними слоями потока в отвод поступают донные наносы, которые заиляются. Для характеристики картины распределения донных наносов при делении потока ниже приводятся некоторые опытные данные Булле, полученные им на модели с одинаковыми ширинами основного и отводящего русла.

При различных углах отвода φ и при расходе наносов 1,67 г/сек.

φ	$Q_р$	$Q_к$	$S_р$	$S_к$
0	л/сек.	л/сек.	%	%
30	2,50	2,50	2,67	97,33
60	3,59	2,41	3,80	96,20
90	2,74	2,24	9,47	90,53

где $Q_р$ —расход воды в основном русле ниже отвода,
$Q_к$ —расход воды в отводящем канале,
$S_р$ – процент проходящих по основному руслу наносов ниже отвода,
$S_к$ – процент попадания наносов в отвод.

Весьма существенное влияние на завлекание донных наносов имеет процент водозабора и соотношение погонных расходов воды в реке и отводе.

На основе лабораторных опытов инженер Дульнев В. Б. *) установил зависимость для определения ширины захвата донных наносов. Не поступает наносов при проценте водозабора

$$n_{,} = 0{,}5 \frac{d}{a} \times 100 \qquad (23)$$

и 100% завлечение наступает при

$$n_{,,} = 0{,}5 \qquad (24)$$

где d—ширина отвода,
a—ширина русла до отвода,
n—процент отвода воды.

При изменении процента отвода воды n от $n_{,}$ до $n_{,,}$ завлекание донных

*) Опыты проводились в лаборатории САНИИРИ на плоской модели с неразмываемым дном и в прямолинейном в плане русле при В : Н=5 (рис. 21).

наносов в отвод ($S_з$) возрастает от 0% до 100%; при этом возрастает и насыщение отвода наносами, которое достигает максимума примерно при $n_{,,}$.

Далее из опытов следует, что чем больше значение относительной ширины d/a, тем меньшее количество донных наносов завлекается в отвод при одном и том же водозаборе n. На рисунках 22 и 23 по опытам Дульнева В. Б. нанесены кривые изменения завлекания донных наносов, в зависимости от изменения % водозабора при различных значениях d/a. Эти кривые имеют S—образный вид и почти параллельны друг другу, сдвигаясь одна по отношению к другой примерно на разность межлу значениями отношений d/a.

Уменьшения завлекания донных наносов в отводящий канал можно добиться соответствующим расположением головы канала в русле реки.

Наилучшим местом для расположения водозаборного сооружения является вогнутый берег реки в том месте, где оно имеет: 1) прочное русло и устойчивое направление течения потока; сооружение следует располагать возможно ближе к точке наибольших глубин в период наибольшего процента водозабора; 2) наименьшее передвижение донных наносов по ширине русла и 3) достаточно высокие отметки межейного уровня воды, чтобы обеспечить постоянство командования над орошаемой местностью.

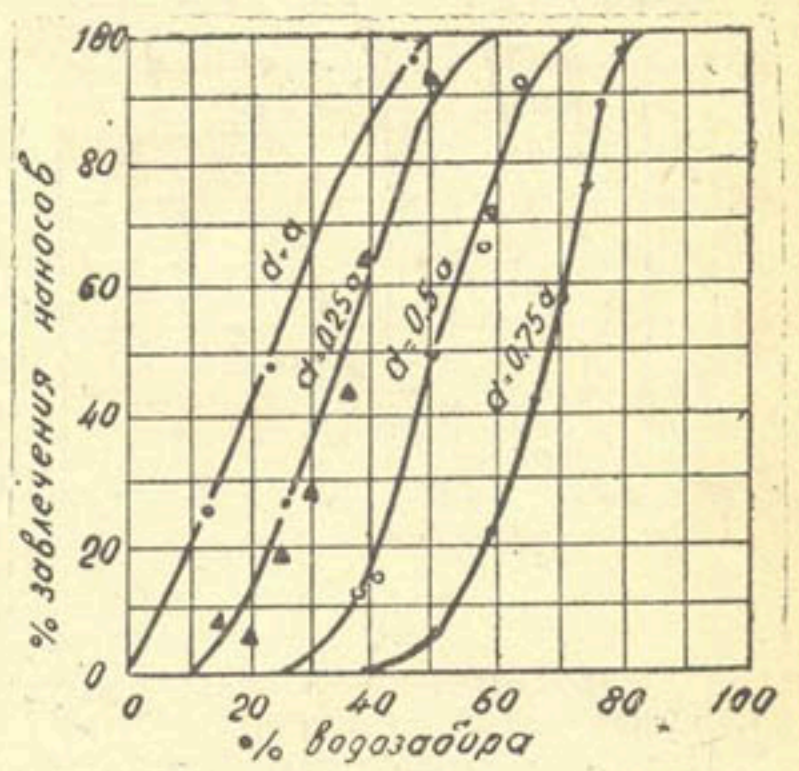

Рис. 22

На основе лабораторных опытов и данных других исследований инженер Холькин вывел следующую формулу для определения места отвода на вогнутой кривой:

$$l_0 = (0{,}66 - 0{,}90)\ r \qquad (25)$$

где r—средний радиус кривизны русла по оси потока в м,

l—расстояние от начала кривой в м.

При этом нижний предел должен быть принят для крутых, а верхний для пологих кривых.

Но поскольку кривизна потока и вершина кривой с изменением расходов в реке изменяются, постольку при установлении места отвода приходится иметь дело с некоторым участком русла длиной около полторы ширины русла, на котором происходит перемещение вершины кривой.

По нашим полевым наблюдениям, голову отвода целесообразно располагать несколько ниже вершины кривой, т. е. у места наибольшей глубины, которая находится от начала кривой на расстоянии, определяемом по нижеследующей формуле:

$$2{,}5\ B_к \leq l \leq 4\ B_к\ , \qquad (26)$$

где $B_к$ — ширина устойчивого русла на кривой.

Если же расходы реки или канала не подвергаются резким изменениям и протекание потока на кривой достаточно устойчиво, тогда

$$l_0 \cong 3\ B_к \qquad (27)$$

Определенное таким образом место головы канала должно совпадать с местом наибольших глубин на вогнутой кривой, т. е. находиться примерно на $^1/_5$ длины излучины ниже вершины кривой.

При расположении головного водозаборного сооружения необходимо добиваться следующего:

1. Сооружения должны быть предохранены от обхода рекой, что можно достичь проведением защитных или выправительных работ и соответствующим расположением самого сооружения.

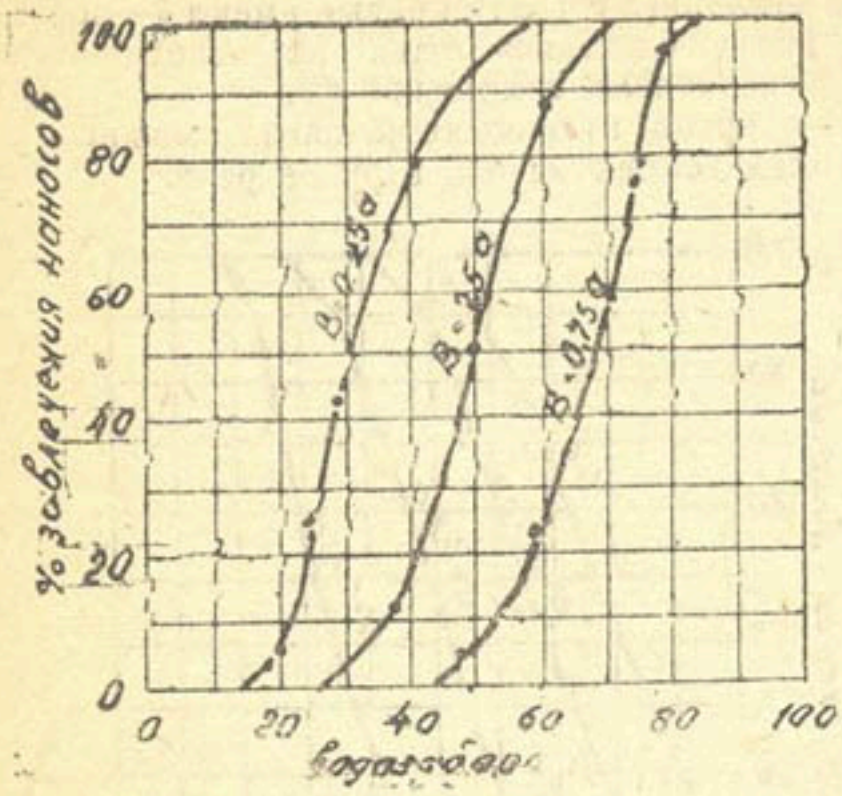

Рис. 23

2. Сооружения должны позволять забирать в систему в любой момент времени требуемые расходы воды согласно установленному графику водопользования, независимо от колебания горизонтов воды в реке, и легко регулировать поступление воды.

3. Сооружения должны предохранять систему от поступления в нее из реки крупных и песчаных наносов, допуская в канал только мелкие илистые наносы.

Наблюдения показывают, что особенно опасными для заиления каналов являются песчаные частицы диаметром 0,1—0,3 мм и крупнее (осаждающиеся со скоростью 0,03 м/с), так как более мелкие частицы сравнительно легко проносятся в оросительной сети и выносятся на поля.

В ирригационной практике наибольшее распространение получили следующие типы водозабора:

1. Бесплотинный водозабор,
2. Плотинный односторонний водозабор,
3. „ двухсторонний водозабор,
4. Местный (не инженерный) водозабор.

В соответствии с таким делением водозабора ниже дается описание типичных водозаборных схем.

2. Расположение водозахватных шпор при бесплотинном водозаборе

На участках рек, где направление потока и характер русла в месте, выбранном для водоприемника, достаточно устойчивы, можно располагать водозаборные сооружения по схемам, показанным на рис. 24. Однако, применение таких схем возможно лишь в том случае, если забираемый в канал расход составляет 10—25% речного потока. При этом порог регулятора обычно закладывается достаточно глубоко, благодаря чему при малых горизонтах в реке обеспечивается забор воды в канал.

При бесплотинном водозаборе различают следующие случаи расположения головного сооружения в плане:

1. На урезе воды с расположением фронта сооружения на линии берега (рис. 24-а,б).

2. На урезе воды со шпорой для улучшения водозабора и уменьшения завлекания донных наносов. Такая шпора создает изгиб потока в плане, образуя поперечную циркуляцию донных струй в сторону русла, вследствие чего забор воды увеличивается, а завлекание донных наносов в отвод уменьшается против того, что завлекалось без шпор (рис. 24-в,г.).

3. На урезе воды с установкой под углом к линии берега и устройством открылка (рис. 24-д).

4. Выдвинутое в реку, т. е. лобовой водозабор (рис. 24-з).

5. Вдвинутое в берег с устройством устоев и шпор (рис. 24-д,е).

Головное сооружение, выдвинутое в реку (рис. 24-ж,з) за линию уреза, лучше других обеспечивает водозабор и недопуск донных наносов. Но такие сооружения требуют повышенных затрат при строительстве и больших предохранительных работ (по защите сооружения от размыва и по борьбе с шугой) в период эксплоатации, почему от применения их во многих случаях отказываются.

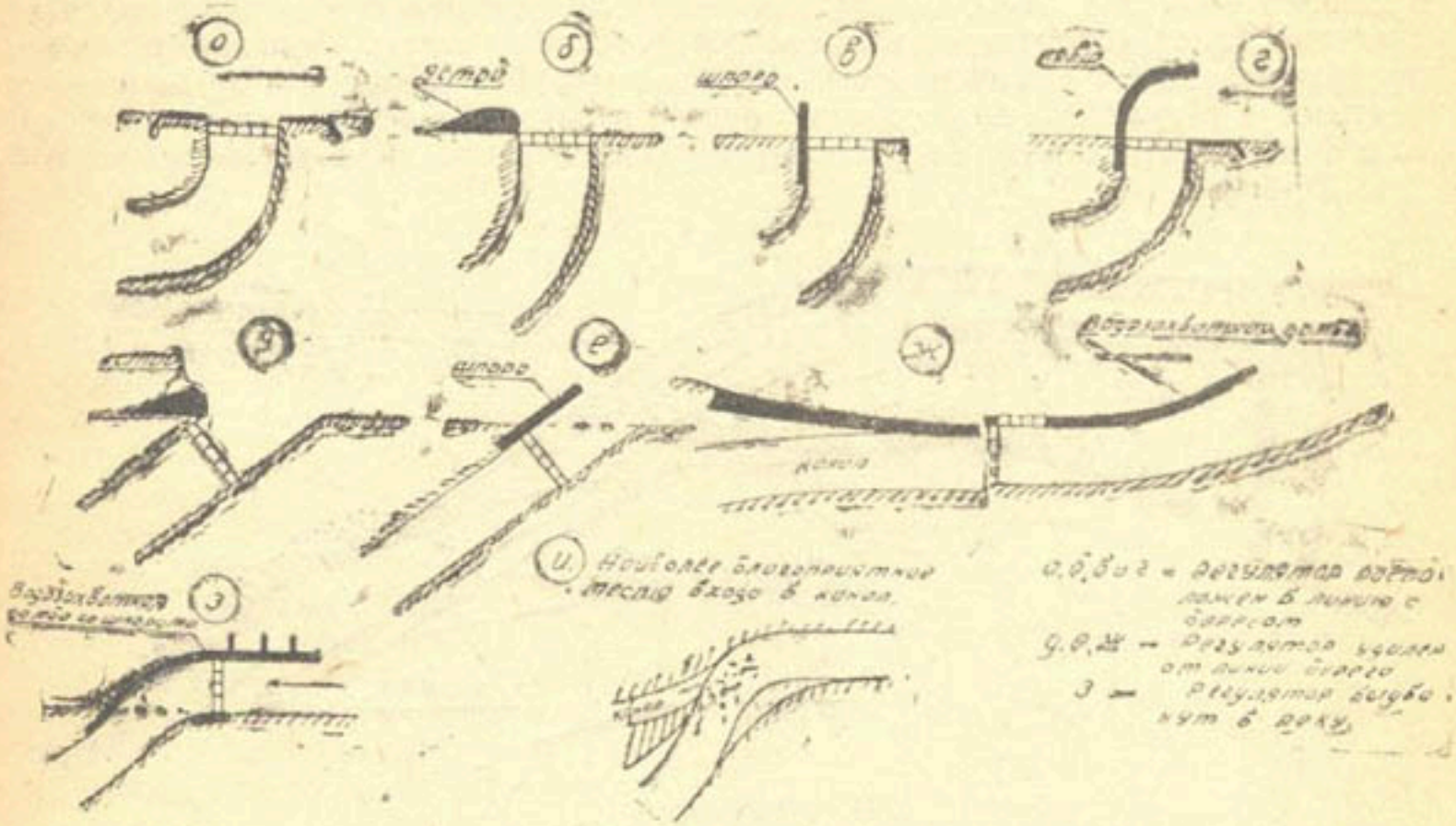

Рис. 24

Сооружение, врезанное в берег, требует угол отвода, близкий к 90°, или же значительной срезки берега у верхового крыла сооружения; в него как в боковой отвод завлекается большое количество донных и придонных наносов, которые заиляют головную часть канала, затрудняя забор воды и приводя к необходимости периодической очистки головной части канала. Кроме того, при боковом отводе происходит сжатие потока в плане и уменьшение пропускной способности регулятора.

На горных и предгорных участках рек в тех случаях, когда забирается в канал воды не более 20%, наибольшее распространение имеет так называемый шпорный водозабор (рис. 25), заключающийся в следующем. Перед головой канала устраивается короткая водозахватная шпора, выдвинутая навстречу течению, а в голове канала устраивают регулятор с затворами и непосредственно перед головой канала боковой сброс; второй сброс устраивается на некотором расстоянии от головы канала, который служит для сброса поступающей в канал воды и для периодической промывки головной части канала от осевших в нем донных наносов.

Значительного улучшения водозабора и уменьшения завлекания донных наносов в отвод можно добиться при помощи установки перед головой канала щитов проф. Потапова или устройства косо поставленных (под углом к направлению течения 18—30°) донных порогов высотой на $^1/_3$ H. Схема установки пловучей системы из щитов Потапова показана на рисунке 92. По нашим полевым и лабораторным исследованиям щитов Потапова, при отводе 30—50% воды, попадание донных наносов уменьшается в два-три раза.

3. Выправление русла у плотин при одностороннем водозаборе

Выправление русла перед плотиной может быть достигнуто устройством выправительных дамб или системой полузапруд (шпор), или тем и другим одновременно.

На предгорных участках рек в Средней Азии, при одностороннем водозаборе, широко применяются плотины, основанные на принципе лобового забора воды в канал и бокового сброса излишков воды в реку. С этой целью регулятор располагается нормально к направлению течения и сброс под углом примерно 140° (рис. 26-а), а подводящее русло выправляется дамбами. Для создания более устойчивого направления течения потока и создания в потоке поперечных течений с направлением донных струй (наносов) в сброс и поверхностных в регулятор, подводящему руслу в плане придается криволинейный вид, а регулятор и плотина располагаются несколько ниже вершины кривой (рис. 26-б.)

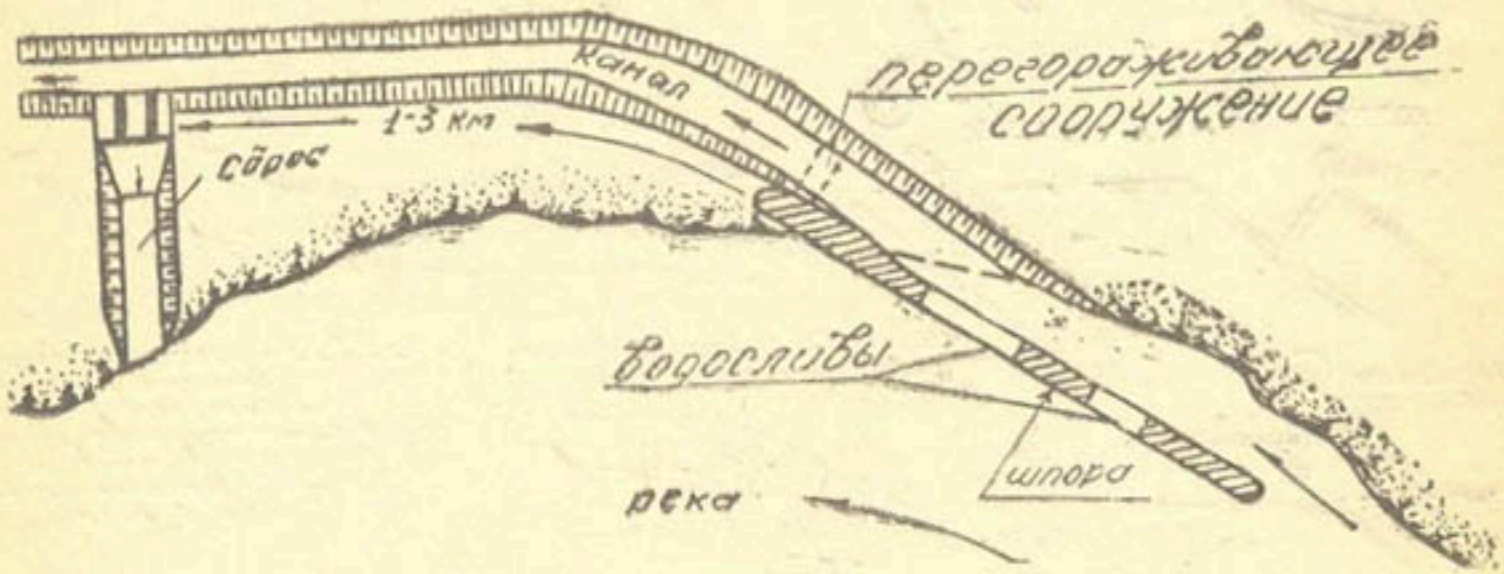

Рис. 25

Кроме того, ширина русла делается переменной по длине зарегулированного участка, т. е. в начале шире и уже в конце. Практически ширину в начале можно определять по формуле (4), а в конце кривой по формуле (5). При такой компановке зарегулированное русло получит форму криволинейного сужающегося насадка, длина которого 3—4 В.

Указанная на рис. 26-б схема выработана в лаборатории САНИИРИ инж. Теперинным Н. И. с участием проф. Пославского В. В., данные лабораторных опытов сведены в таблицу 11.

Деление воды и донных наносов между регулятором и плотиной

Таблица 11

№№ опытов	Расход реки Q м³/сек.	% забора в регулятор		Условия открытия щитов плотины и регулятора
		воды	донн. нанос.	
2	1556	19,2	0,02	Щиты плотины открыты полностью, в пролетах 1—4 уст. шандоры высотой 0,5 м. Пролеты регулятора открыты на 1,4 м.
3	875	34	0,02	В пролетах плотины 1—8 установлены шандоры высотой 1,5 м. Пролеты регулятора открыты на 1,65 м.
4	1556	21,4	0,01	В пролетах плотины щиты 1—8 открыты; уст. шандоры h=1,5 м.
5	437,2	76	1,9	Пролеты плотины 1—4 закрыты и открыты 5—7 на 1,5 м; 8 открыт на 0,6 м. Пролеты регулятора открыты.

Таким образом в данном случае выправительные дамбы не только выправляют русло, но и способствуют отвлечению донных наносов от регулятора; что же касается работы косопоставленной плотины и регулирования в распределении расходов воды при помощи манипуляции щитами сооружения, то они создают лишь дополнительную местную поперечную циркуляцию донных струй и донных наносов в сторону плотины. В результате совместного действия (дамб, плотины и регулировки щитами сооружения) завлекание донных наносов в регулятор происходит в ничтожном количестве. Так, в опытах 2 и 4, т. е. при максимальном расходе в реке и заборе в регулятор около 20% воды, завлекание донных наносов не превосходило 0,02% и при средне-паводковом расходе в реке 437 м³/с и заборе в регулятор 76% воды, донных наносов в регулятор завлекалось всего 1,9%.

Двухлетний опыт эксплоатации описываемого водозаборного узла показал следующее:

1. Поскольку русло перед плотиной было расчитано на расход 1400 м³/сек, постольку при наблюденных в эти годы расходах 400—600 м³/с имело место блуждание реки в пределах зарегулированного русла,

2. В верхнем бьефе и через плотину поток протекает неравномерно (сбойно), вследствие чего в период паводка, когда щиты сооружения открыты полностью, имеет место неравномерный размыв нижнего бьефа плотины и неравномерная работа выходных струенаправляющих дамб.

8. Отмечено понижение отводящего русла реки примерно на 1 м, что об'ясняется значительным задержанием более крупных донных наносов в верхнем бьефе (вследствие подпора от плотины), а в нижний бьеф поступает поток, менее насыщенный донными наносами. Очевидно, указанное понижение с течением времени приостановится и затем за счет усиленного сброса донных наносов может произойти выравнивание нижнего бьефа.

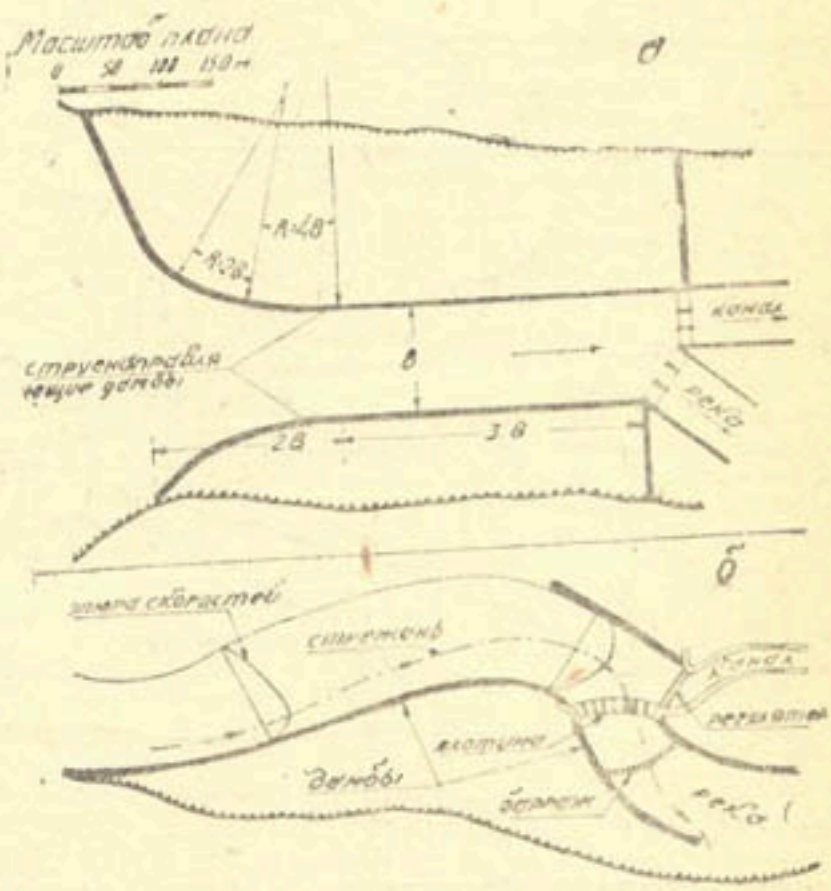

Рис. 26

4. Выправление русла у плотин при двухстороннем водозаборе

Выправление русла при двухстороннем водозаборе, требующем одинаковых условий для обоих отводов, приводит к необходимости устраивать перед плотиной прямолинейное узкое русло с тем, чтобы исключить возможность блуждания или разделения потока на рукава. Примером выправления русла предгорного участка реки при двухстороннем центральном водозаборе может служить предложенная и испытанная в лаборатории САНИИРИ схема инженера Зиновьева С. И. (рис. 27 б) с симметричным расположением регуляторов с донными промывными галлереями. Ширина зарегулированного русла перед плотиной расчитана на пропуск катастрофического расхода 400 м³/с по ф-ле (4) для криволинейного (как наиболее устойчивого) русла.

Перед плотиной устроено прямолинейное подводящее русло длиной 3В, т. е. равное половине длины меандры, с тем, чтобы поток смог выправиться и перед плотиной образовалось более или менее равномерное распределение глубин и скоростей по ширине русла.

Опыты показали, что при водозаборе более 50—60% в оба регулятора завлекание донных наносов в отвод не превышало 5%.

Однако, следует отметить, что при больших процентах водозабора в одной точке возникает другое затруднение: все донные наносы, сброшенные в нижний бьеф плотины, не в состоянии полностью транспортироваться вниз по течению, и происходит чрезмерное наиление нижнего бьефа. Очевидно, для удаления осевших донных наносов потребуется очистка механизмами или периодическая промывка всем расходом реки.

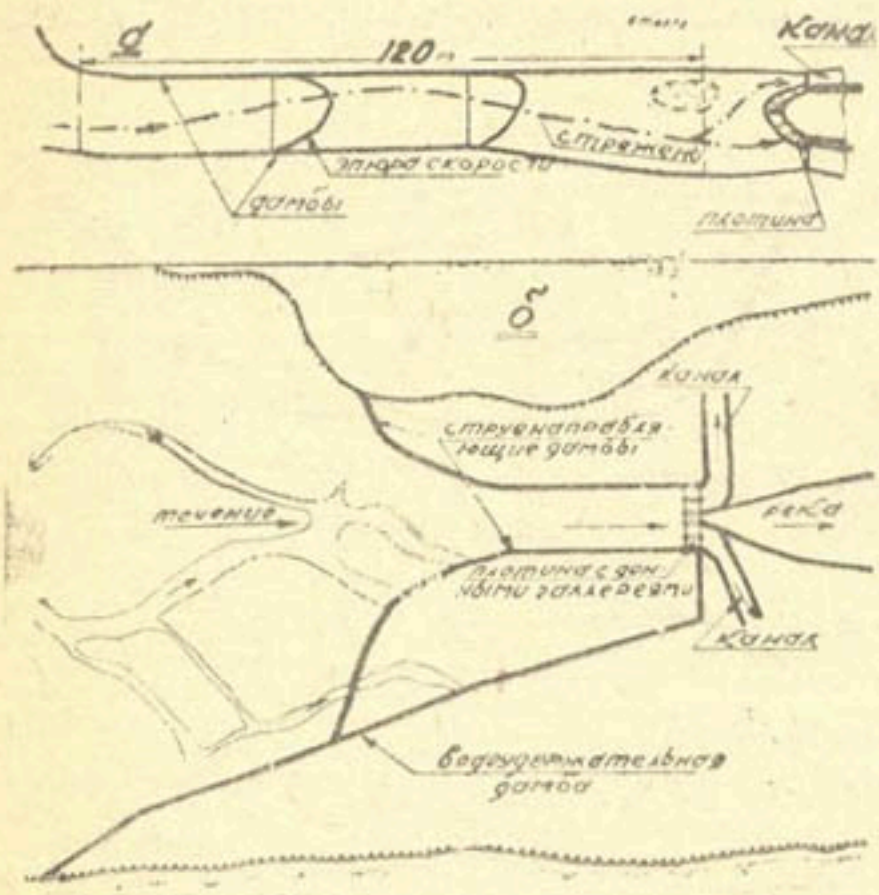

Рис. 27

Другим примером двухстороннего водозабора (основанного на принципе лобового забора и бокового сброса) для предгорного участка реки может служить плотина стрельчатого типа, разработанная инженерами Троицким и Холькиным в лаборатории САНИИРИ (показанная на рис. 27-а) и выполненная в натуре в 1937 г.

Плотина и подводящее русло расчитаны на пропуск катастрофического расхода 115 м³/сек. Длина зарегулированного участка реки выше плотины равна 120 м, ширина в начале 16 м и в конце (у плотины) 21 м, т. е. перед плотиной русло расширяется.

В первые два года эксплоатации по реке проходило воды около 40 м³/с, т. е. наблюдались средне-паводковые расходы; в пределах зарегулированного русла происходило блуждание потока и отложение крупных донных наносов непосредственно перед регулятором.

Блуждание русла, образование отмелей перед входом в левый регулятор и поступление донных наносов в отводы об'ясняется, во-первых, искривлением потока до вступления его в зарегулированный участок русла и малым расходом в реке (40 м³/с вместо расчетного 115 м³/с), во-вторых, расширением русла в плане и наличием местных выступов у выправительных дамб и, в третьих, большим процентом водозабора (в отводы забиралось от 70 до 90% воды). Вследствие указанного, стрельчатый тип плотины не оправдал своего назначения.

Для двухстороннего водозабора, применительно к Восточно-Джумскому и Западно-Джумскому каналам, проф. Леви рекомендовал особый тип плотины, показанный на рис. 28.

Выправительными дамбами речной поток направлен к голове правобережного регулятора, который располагается на вогнутой кривой, благодаря этому обеспечивается необходимая глубина и хороший промыв донных наносов; здесь же устроен и промывной шлюз. Далее поток направляется вдоль плотины к левобережному регулятору, который также оказывается на вогнутом берегу. Указанными мероприятиями обеспечиваются почти одинаковые условия забора

в оба отвода и достигается создание постоянного русла перед обоими регуляторами. Однако, следует отметить, что правобережный (первый по течению) отвод находится в относительно лучших условиях забора по сравнению с левобережным; поэтому в последнем необходимо предвидеть дополнительные устройства, например, отстойника или специальной периодической промывки верхнего бьефа с устройством донных галлерей.

При проектировании подобных схем сооружений надо помнить, что вдоль вогнутой выправительной дамбы происходит сильный размыв дна, вследствие чего должны быть приняты меры к предупреждению подмыва ее фундаментов.

Кроме того, выправительными сооружениями, расположенными выше по реке, необходимо обеспечить сосредоточение главного течения у правого берега реки.

Если забор воды на один из берегов незначителен по сравнению с забором на другой берег и подпор на сооружении достаточно большой, то можно осу-

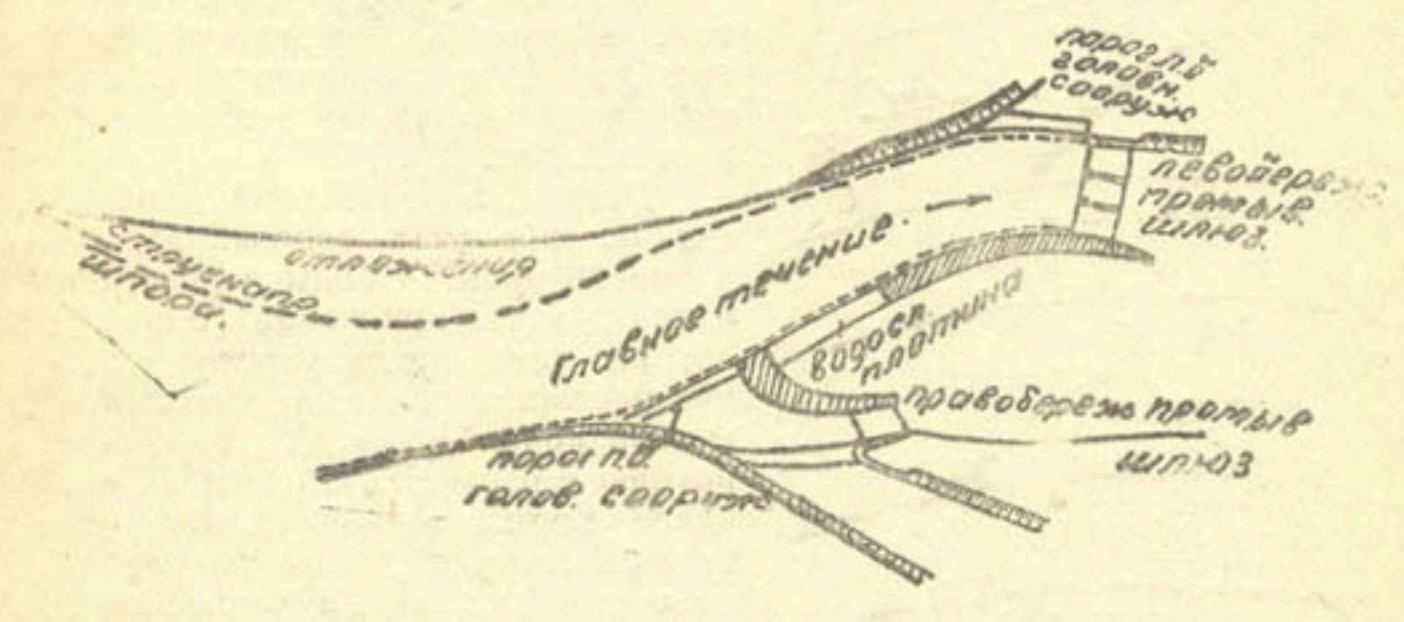

Рис. 28

ществить односторонний водозабор, сосредоточив его у того водоприемника, который расчитывается на большой расход. Вода забирается на противоположный берег, откуда перебрасывается через тело плотины в виде напорной или безнапорной трубы с довольно большими скоростями.

Кроме выправительных дамб верхнего бьефа у сооружений, устраиваются дамбы в нижнем бьефе. Назначение выправительных дамб нижнего бьефа — не допускать свала потока в ту или иную сторону, т. е. давать определенное направление потоку ниже плотины и тем самым предохранять от подмыва проходящие здесь ирригационный канал и другие сооружения.

§ 7. Регулировочные и защитные работы и сооружения при местном (неинженерном) водозаборе

1. Общие положения

Еще до настоящего времени около 78% всех ирригационных систем не имеют инженерно-оборудованных головных водозаборных устройств. Поэтому для обеспечения водозабора, в соответствии с графиком водопользования, на головных участках ежегодно проводятся большие регулировочные и защитные работы, которые носят оперативный (временный) характер и строятся преимущественно из местных непривозных строительных материалов. Конструкции таких сооружений сравнительно просты и работа их почти не поддается точному инженерному расчету, вследствие чего такой тип водозабора называется неинженерным или местным.

Принципы компановки регулировочных и защитных сооружений при местном типе водозабора во многом сходны с вышеописанным инженерным водозабором; отличие заключается главным образом в характере работ и конструкции сооружений, которые в зависимости от горизонтов, расходов и направления течения реки разбираются, или удлиняются, или наращиваются в высоту и ширину, а в некоторых случаях сносятся рекой. Обычно регулировочные работы проводятся в течение всего периода вегетации.

Типичная схема расположения водозахватной дамбы и сбросов для горных и предгорных участков рек в период паводка и межени показана на рис. 28. Дамба в плане имеет криволинейное очертание и выдвинута от головы канала вверх по течению; между дамбой и правым берегом получается подводящее русло переменной ширины.

Устройство дамбы выпуклостью в сторону подводящего русла диктуется следующей необходимостью:

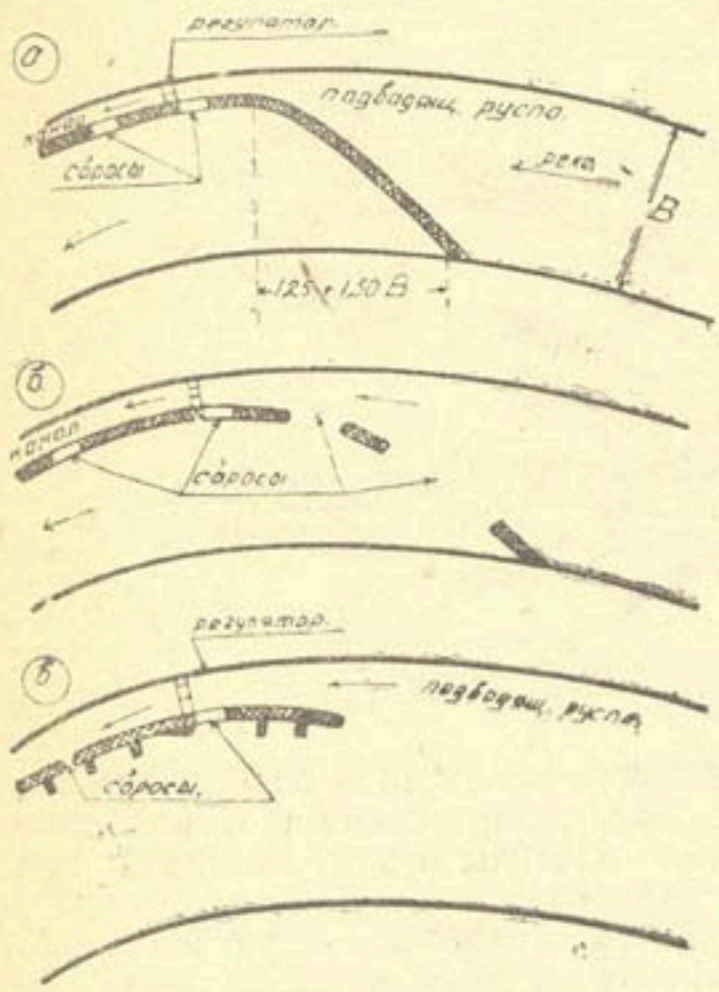

Рис. 29

1. Прижать течение ближе к точке водозабора.

2. В протекающем вдоль дамбы потоке возбудить поперечную циркуляцию донных и поверхностных струй с направлением первых в сброс и вторых в канал (рис. 30).

Длина водозахватной дамбы зависит от процента водозабора, обеспеченности уровней воды в реке, ширины русла и местоположения головы канала; на устойчивом участке русла или при расположении головы канала на вогнутой кривой, где проходят большие погонные расходы, длина и разворот в плане водозахватной дамбы незначительны. Если же у головы канала русло часто блуждает, а водозабор составляет более 50% от расходов в реке, то обычно приходится перекрывать дамбой все русло, а избыток воды сбрасывать обратно в реку через специальные окна в дамбе.

При необеспеченности расходами и большом проценте водозабора длина водозахватной дамбы (проекция длины на ось потока), перекрывающей все русло (рис. 29), не должна быть менее

$$L \geq 1{,}5\ B_п \qquad (28)$$

где $B_п$ — ширина перекрываемого русла.

Вследствие такого расположения дамбы в сторону верхнего бьефа, она постепенно отклоняет поток в канал и тем облегчает работу дамбы.

При необеспеченности только уровней воды в голове канала и при всегда достаточном количестве больших расходов воды в реке, водозахватная дамба располагается почти параллельно берегу реки, отделяясь от него лишь настолько, чтобы в межень всегда был обеспечен захват необходимого расхода воды по возможности без больших регулировочных работ. Если известно распределение расхода воды по ширине реки, то водозахватная дамба должна направить в подводящее русло воды в 1,5—2,0 раза больше, чем требуется для орошения; избыток воды вместе с донными наносами сбрасывается обратно в реку через боковые сбросы (окна), устроенные в водозахватной дамбе, или через сбросы подводящего канала.

В тех случаях, когда условия командования позволяют проводить постоянную или периодическую промывку подводящего русла от осевших наносов и сброс излишней воды обратно в реку, в конце подводящего русла, перед входом в канал, устраивают постоянные регуляторы с порогом, а у корня водозахватной дамбы узкий, но глубокий боковой сброс.

Такое расположение криволинейной дамбы и сброса способствует созданию в потоке поперечной циркуляции струй. В результате этой циркуляции донные наносы направляются к внутренней (выпуклой) стороне кривой, т. е. в сброс, а поверхностные в канал, расположенный нормально направлению поверхностных струй (рис. 30).

На тех участкак рек, где условия командования или блуждающее русло не позволяют устройства сброса при входе в канал, регулятор сброса устраивается в некотором удалении от реки.

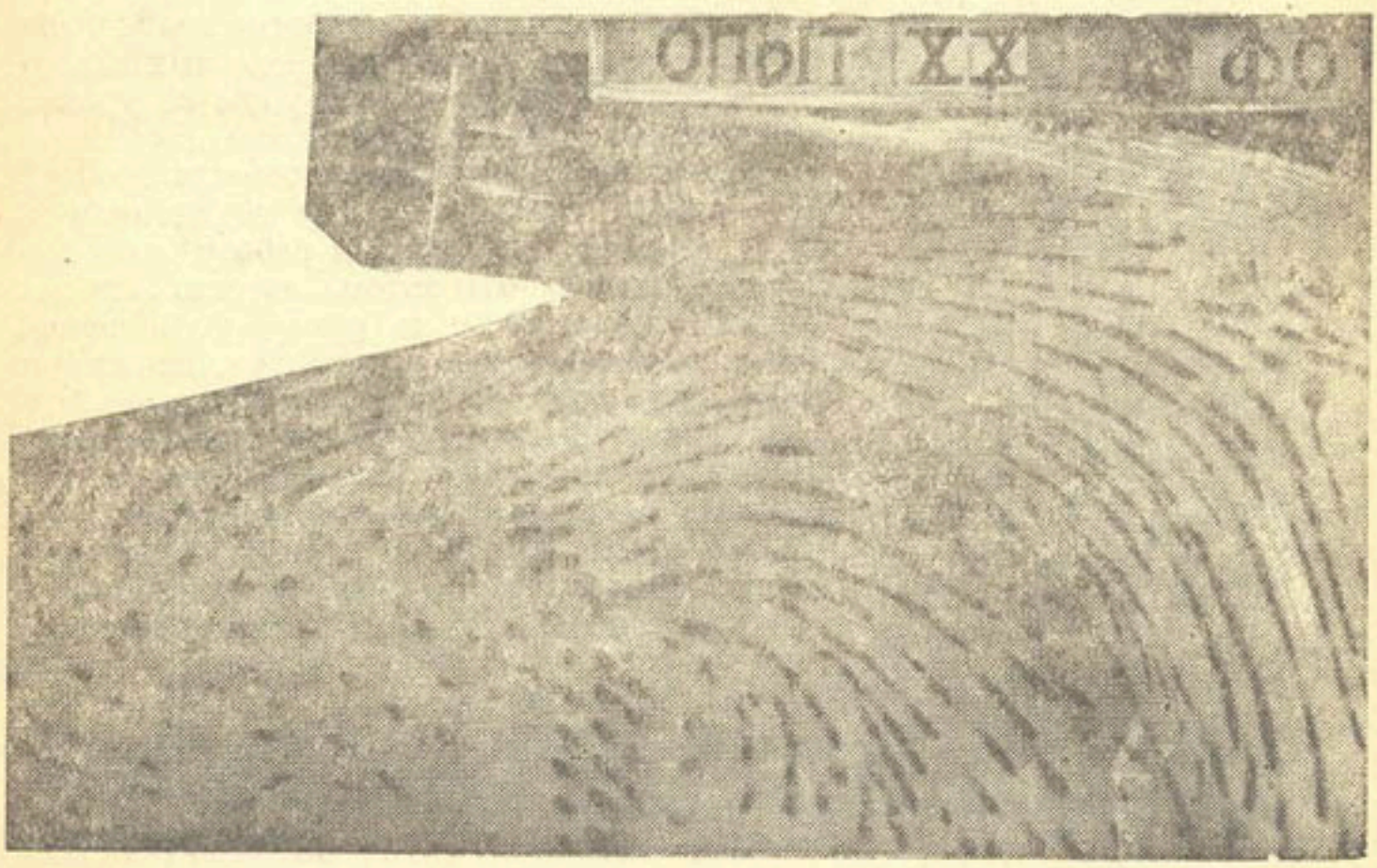

Рис. 30

В период межени, когда из реки вся вода забирается на орошение и сбросные окна закрываются, а перемещающиеся по дну в небольшом количестве донные наносы начинают скопляться в подводящем русле и заилять его, и далее может произойти забрасывание магистральной части канала, необходимо открывать сбросные окна и производить периодическую промывку всем расходом воды.

2. *Примеры защитно-регулировочных работ при водозаборе местного типа на предгорном участке реки*

Описываемые ниже русловые участки в головах каналов расположены на реке смешанного питания; от таяния ледников и снега получается около 75% стока воды и 25% стока дают грунтовые воды. Река имеет мощный, но кратковременный (2,0—3 мес.) паводок и длительную межень. В паводок в реке имеются расходы от 600 до 1400 м³/с, а в межень от 150 до 300 м³/с.

Обычно в подводящий канал воды забирается больше, чем требуется на орошение и промышленные нужды; при этом излишки воды в конце подводящего канала сбрасываются обратно в реку.

Ширина подводящего русла, расположение в плане и высота гребней водосливов выбраны из следующих соображений: во 1-х, чтобы не допустить разделения потока на отдельные рукава и тем обеспечить устойчивый подход потока к голове подводящего канала, во 2-х, обеспечить лобовой забор воды в канал и боковой сброс излишней воды обратно в реку, и в 3-х, снизить об'ем ежегодных регулировочных работ на водосливах в период маловодья.

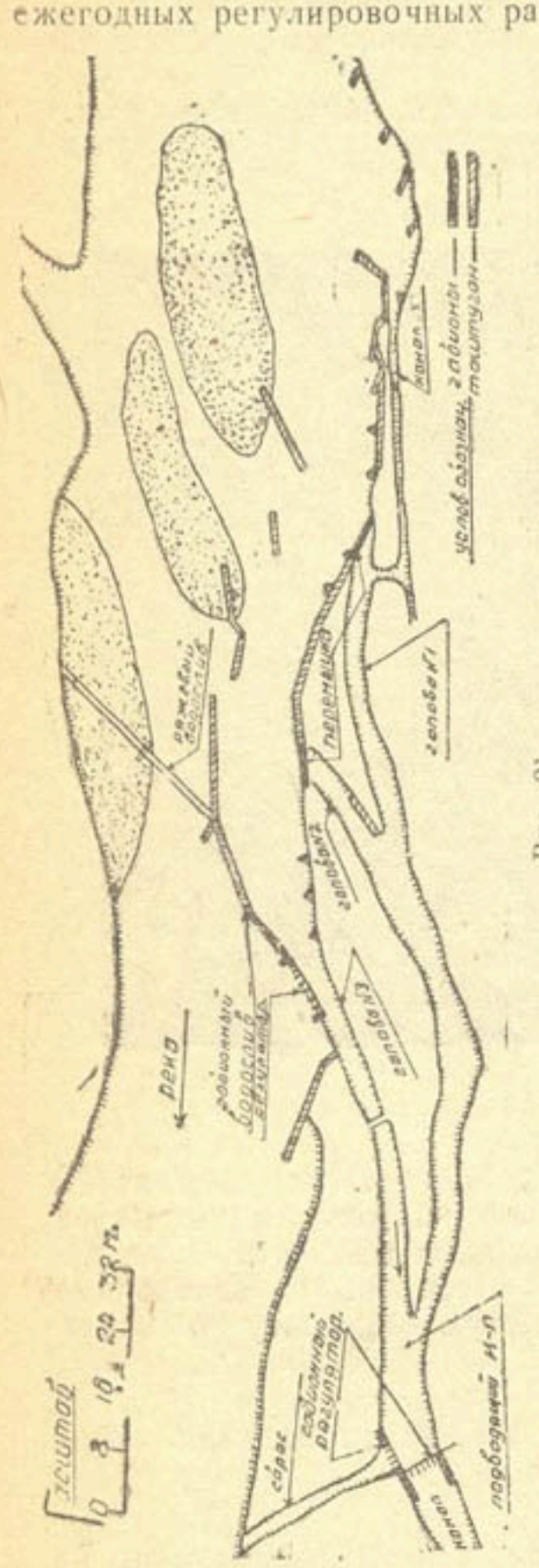

Рис. 31

С этой целью ширина подводящего русла, по мере подхода к голове канала, сужается, а отметка гребней водосливов понижается; верх гребня водослива 5 и 4 расположен на уровне горизонтов среднего паводка.

Гребни третьего и второго водосливов расположены на уровне минимальных паводков и гребень первого водослива на уровне меженного горизонта воды.

Вследствие такого расположения гребней водосливов, последние, при нарастании и спаде паводка вступают в работу или выключаются из работы автоматически. В целях полного забора воды из реки в подводящий канал, в период спада горизонтов, на первом водосливе проводятся регулировочные работы, заключающиеся в устройстве каменно-камышевой перемычки на период межени и разборке ее на период прохода паводка.

Для сброса излишней воды и более точной регулировки поступающей в магистральный канал воды или полного ее сброса обратно в реку, в конце подводящего канала устроен бетонный регулятор. У того же регулятора производится борьба с шугой путем установки на зимний период деревянной пловучей запони.

Описанная выше схема позволяет бесперебойно производить забор воды в канал и не допускает заиления подводящего и магистрального канала.

На рисунке 31 показан план участка реки с установленными защитными и регулировочными сооружениями для забора воды в левобережный канал. Протяженность участка русла, на котором проводятся защитно-регулировочные работы, равна 4—5 км.

На этом участке в паводок река протекает по двум руслам, при этом левое действует круглый год, а правое лишь в период многоводных паводков, поэтому регулировочные и защитные сооружения сосредоточены в левом русле. Для предупреждения прорыва реки в правое русло на верхнем участке (за пределами чертежа) проводятся лишь защитные работы.

В целях предупреждения блуждания русла реки и направления потока к

голове канала, расположенного на левом берегу, левый берег защищается от размыва продольными дамбами и установленными около них короткими шпорами. Для недопуска отхода реки вправо, на отмелях установлены выправительные (защитные) дамбы.

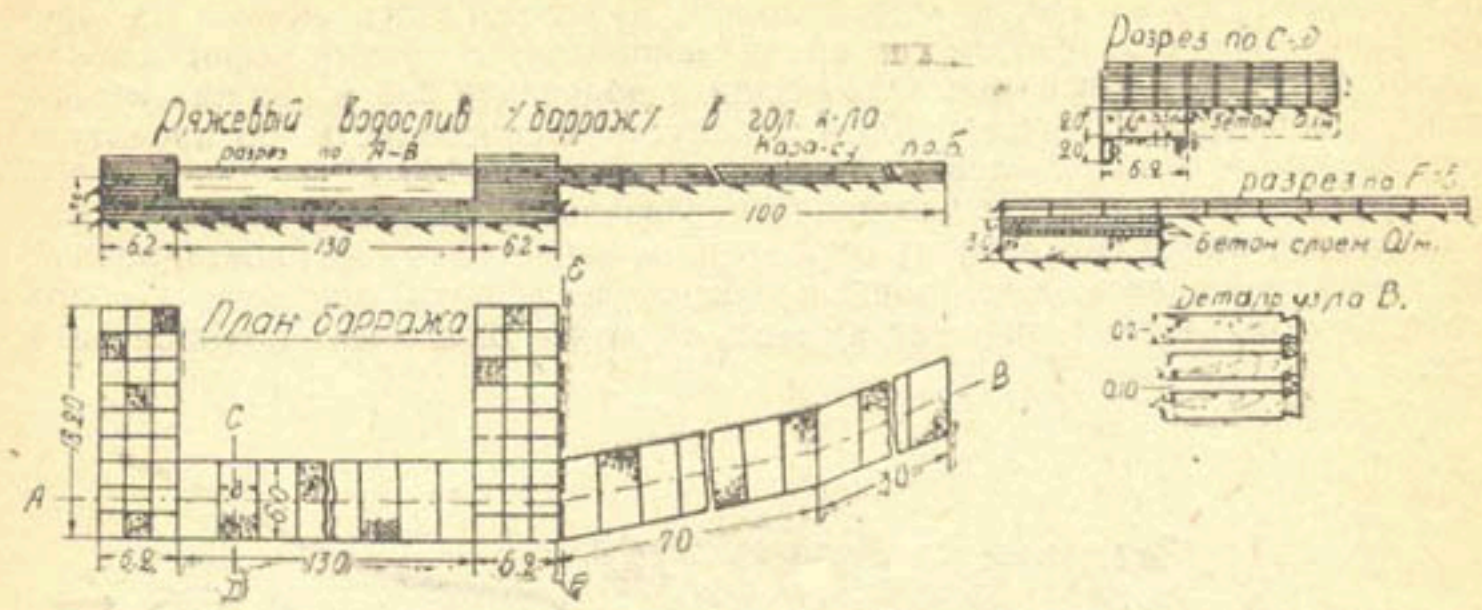

Рис. 32

Ширина главного русла между защитными шпорами 120 м, расчитана она на пропуск около 1000 м³/сек, и левое русло в катастрофический паводок может пропустить около 400 м³/с. Расчетный расход магистрального канала 100 м³/сек.

Канал имеет три головы, устройство которых вызвано тем, что в отдельные годы река блуждает в пределах зарегулированного русла, создавая затруднения в водозаборе. В таких случаях подача воды производится через следующую (находящуюся в подготовленном состоянии) голову; очистка голов обычно производится после вегетационного полива.

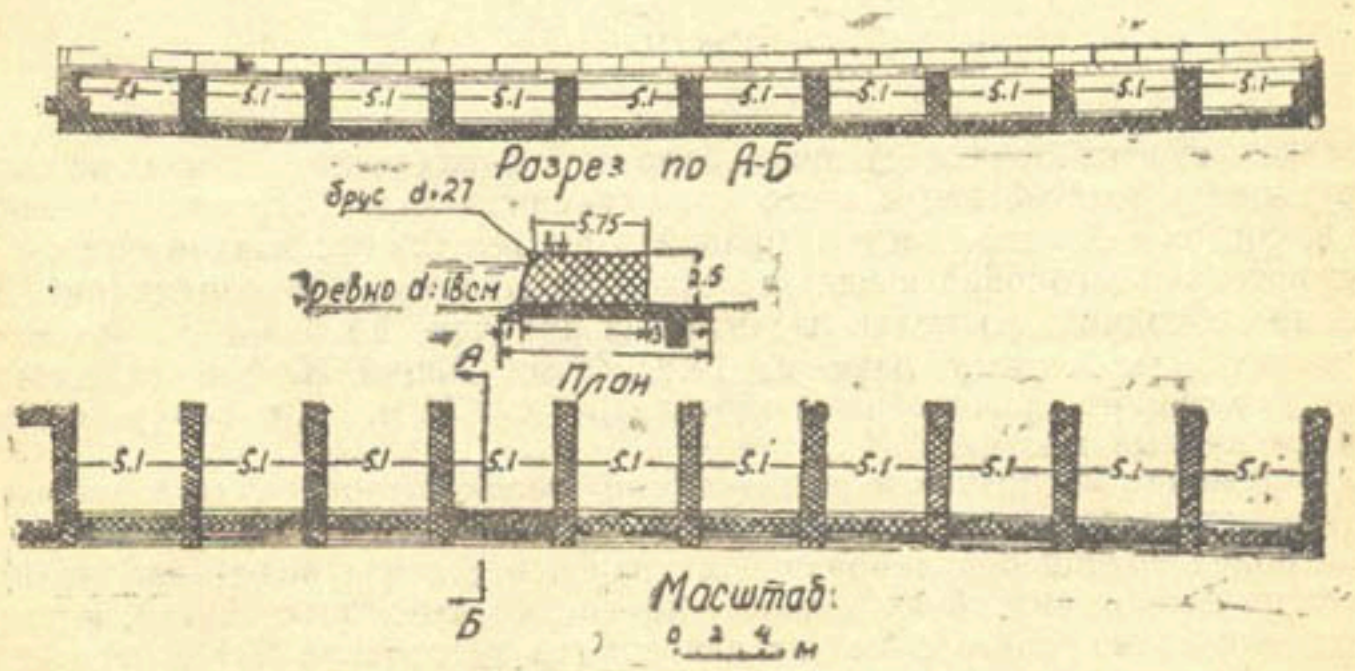

Рис. 33

Непосредственно перед головой канала (под острым углом к направлению течения) через все главное (левое) русло выстроен водослив (барраж), состоящий из 3 отдельных водосливов, одного ряжевого и двух габионных. Назначение этих барражей следующее: 1) закрепить русло от размыва (углубления)

и тем самым не допустить понижения горизонта и потери командования в голове канала, 2) исключить возможность отхода реки от головы канала и 3) уменьшить расходы на возведение регулировочных работ, т. е. снизить эксплоатационные расходы в данном случае с 200000 р. до 50000 р.

Ряжевый водослив (рис. 32) состоит из двух отверстий (порогов), левый порог ниже правого на 1 м, на левом пороге предполагалось проводить временные регулировочные работы (во время маловодья) и правый порог должен был работать только в паводки. Общая длина водослива 230 м, из них левого 130 м и правого (повышенного) 100 м. Пропускная способность по проекту в катастрофический паводок—левого 780 м³/с и правого—100 м³/с.

Четырехлетний опыт эксплоатации деревянного барража показал, что вышеуказанные предположения не оправдались, а ежегодные эксплоатационные затраты не уменьшились, т. к. произошло наиление (под'ем) дна реки у голов канала и поэтому левая (пониженная) часть барража оказалась похороненной в русле.

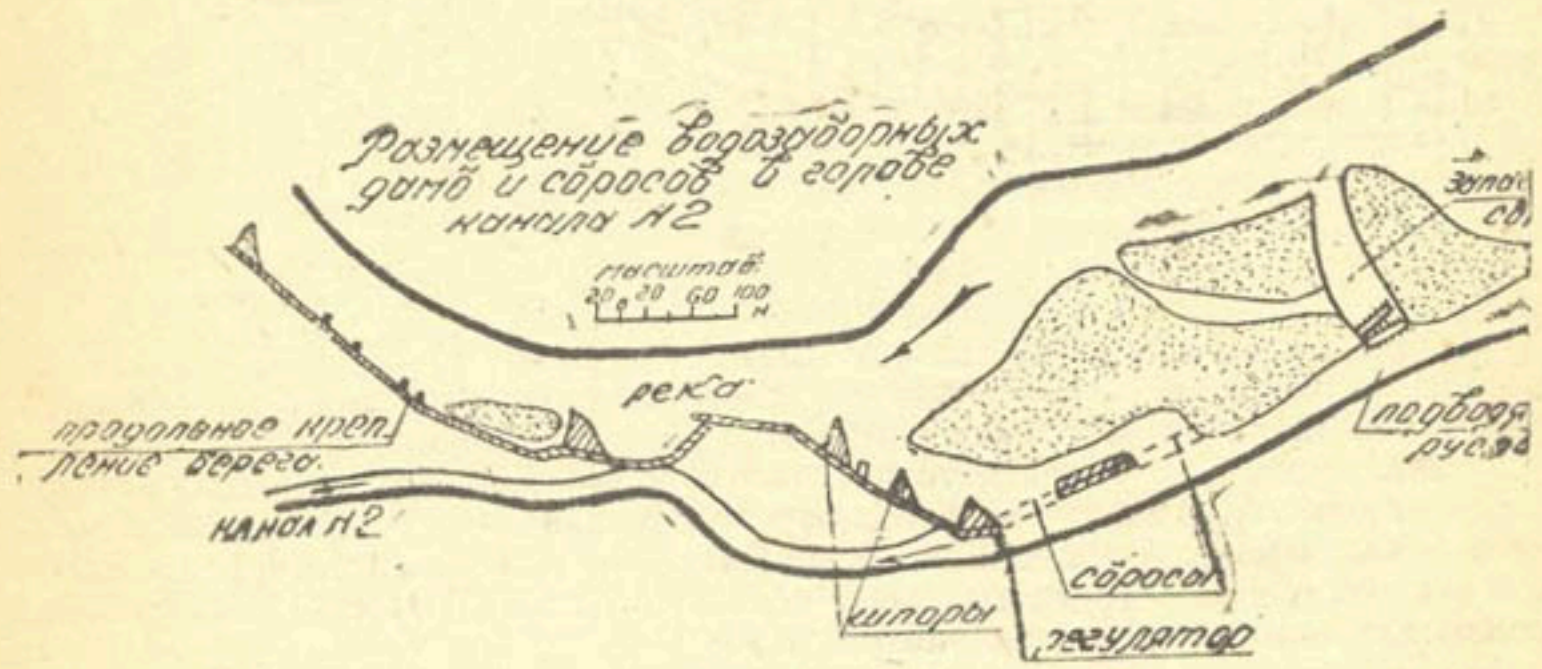

Рис. 34

Вследствие этих причин ряжевый барраж в паводок не оказывал на поток регулирующего воздействия и в его продолжение - был построен габионный водослив, состоящий из 2-х частей, правой в русле реки без бычков и левой непосредственно перед головой канала с бычками и спицевыми затворами (рис. 33).

Левый габионный водослив расчитан на пропуск до 300 м³/с, имеет 10 отверстий по 5,1 м в свету, размеры 1×2,5×6 м. Общий размер габионного тюфяка, уложенного в основание водослива, 1×9×70 м. По верху бычков устроен служебный мостик.

Во избежание истирания и ржавления проволоки, последняя в открытых местах покрыта слоем бетона толщиной до 10 см.

Для более точной регулировки поступающей в канал воды или полного ее сброса на период аварий на канале, или чистки и ремонта канала, а также для промывки подводящего русла от наносов, на расстоянии 600 м от головы канала устроен габионный регулятор сброс с лобовым забором воды в канал и боковым сбросом излишней воды в реку.

На рисунке 34 представлен план участка реки и расположение защитно-регулировочных сооружений по забору в магистральный канал 12 м³/с воды.

Водозабор производится водозахватной таштуганной дамбой, габионным регулятором и регулировочными работами, проводимыми на боковых водосливах сброса (рис. 35).

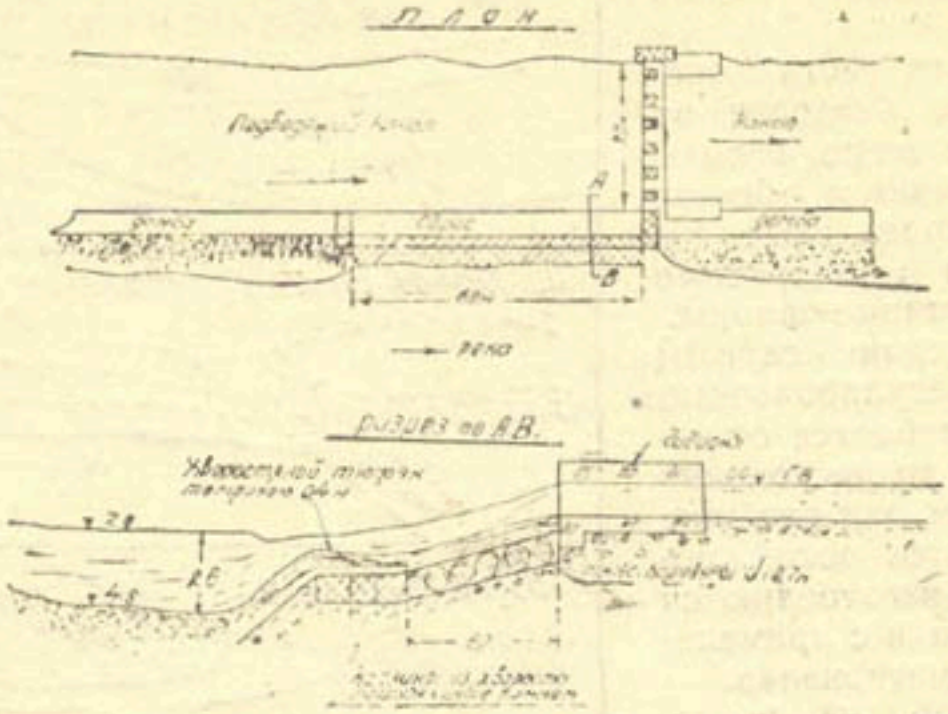

Рис. 35. План водозаборного устройства и крепления нижнего бьефа

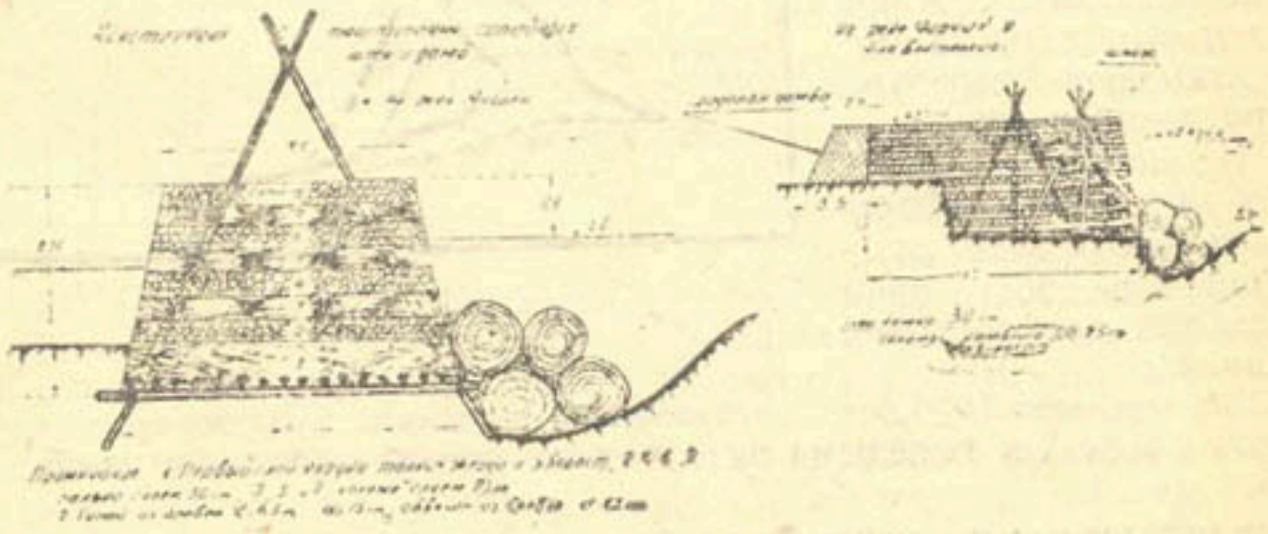

Рис. 36. Конструкция водозахватной дамбы и шпоры на р. Чирчик

В подводящем русле устроено три боковых сброса, а в конце габионный регулятор со спицевыми затворами. Дно сбросных отверстий закреплено габионами и хворостяными корзинами, загруженными камнем (рис. 35).

Хворостяные корзины за последние годы широко используются на реках для устройства водозахватных дамб.

Длина головного участка, на котором проводятся регулировочные работы, около 8 км.

Магистральная часть канала проходит по близости от реки. Поэтому ниже головы канала для защиты берега установлены продольные габионные дамбы и поперечные каменно-хворостяные шпоры.

Поскольку срок службы временных регулировочных сооружений колеблется от нескольких дней до нескольких месяцев, а затем они разбираются или сносятся рекой, постольку они изготовляются менее прочными и с применением местных материалов.

Так, например, на вышеописанных трех русловых участках соблюдают следующие правила:

1. При глубинах $H \leq 1{,}0$ м водозахватные дамбы устраиваются из каменно-камышевой или чимной кладки с соломой и камышем. В отдельных случаях укладывают карабуры или хворостяные корзины;

2. При глубинах $H = 1 - 1{,}5$ м — из карабур и каменно-хворостяной или камышевой кладки, корзин и с добавлением чима и соломы для борьбы с фильтрацией;

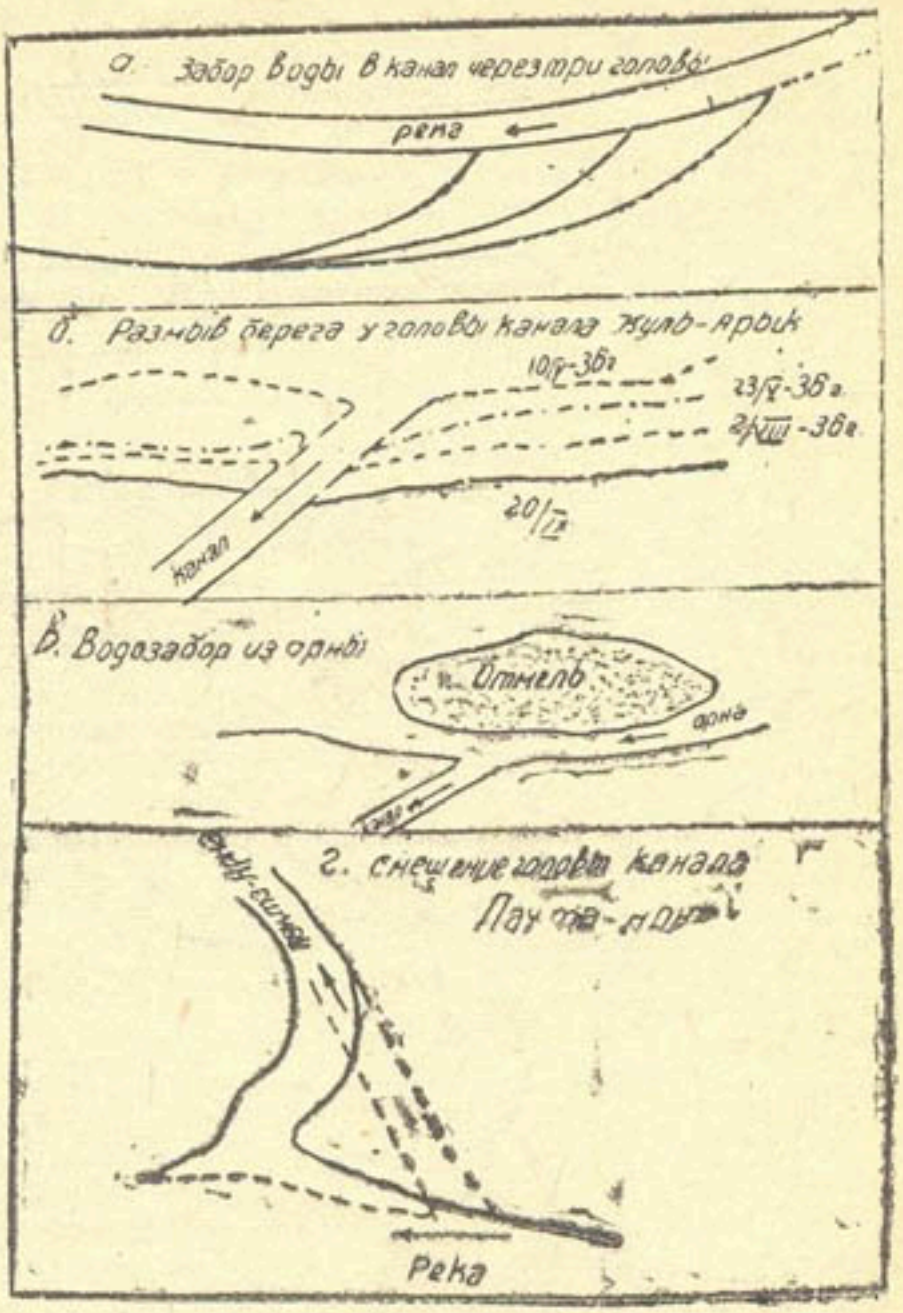

Рис. 37 и 38

3. При глубинах $H \geq 1{,}5$ м устанавливают сипаи, загруженные каменно-камышевой кладкой и тяжелыми фашинами также из камыша и камня.

3. Регулировочные и защитные работы при водозаборе местного типа на равнинных участках рек

Характерными особенностями равнинных участков рек Средней Азии являются относительно большие скорости, резкое колебание расходов воды в течение года и легкая подвижность песчаного русла и, как следствие этих причин, сильное блуждание реки в своей пойме.

Подмыв берега на одном участке и наращение его на другом (при относительно малом проценте забора воды в канале и большой стоимости работ по регулированию русла), во многих случаях практики заставляет отказаться от устройства постоянных водозаборных, выправительных и защитных соору-

жений в русле реки. Вследствие этого еще большинство ирригационных систем, например, в низовьях рек Аму-дарьи и Сыр-дарья не имеют постоянных (закрепленных) точек водозабора *), что затрудняет устройство постоянных инженерных головных сооружений, а для обеспечения водозабора и недопуска донных наносов в каналы приходится проводить ежегодно дорого стоющие регулировочные работы.

Многолетним практическим опытом установлено, что в подобных случаях целесообразно забор воды производить через несколько голов канала (саки), дно которых заложено с таким расчетом, чтобы в них могла поступать вода из реки при разных горизонтах**).

При низких горизонтах воды в реке в канал вода поступает через все головы или несколько голов включаются в работу поочередно.

Чтобы не допустить одновременного размыва голов канала или отхода реки, они устанавливаются друг от друга на 2—5 км с об'единением их в магистральный канал на расстоянии 5—10 км от реки. При этом пропускная способность каждой из голов канала обычно меньше, чем пропускная способность магистрального канала, поэтому при форсированном пропуске вода должна забираться не менее как через две головы канала. Головы каналов включаются в работу поочередно.

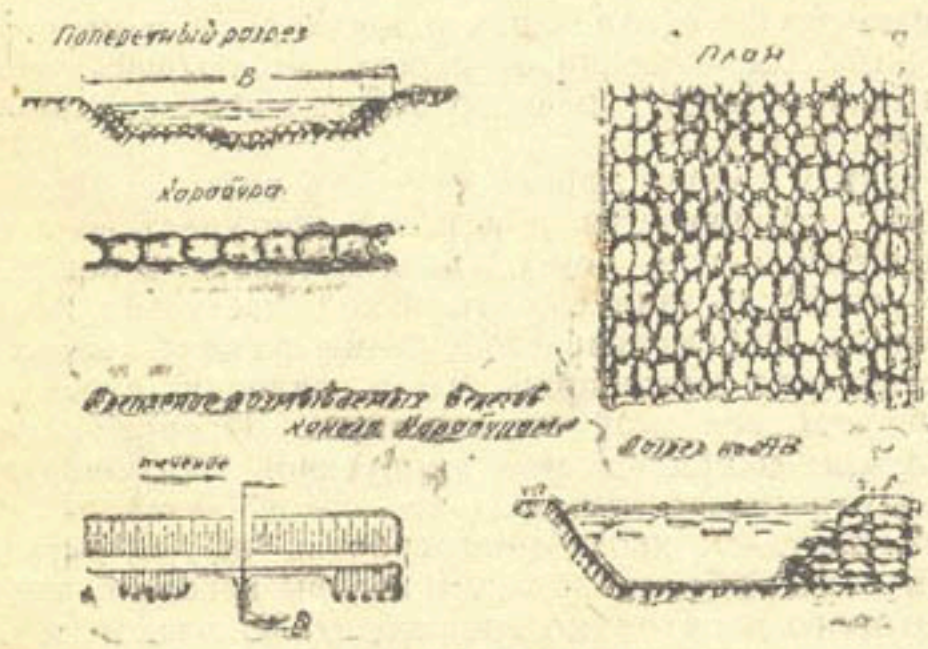

Рис. 39

Так, например, если одна из голов занесена наносами и забираемый через нее расход ниже потребного, тогда начинается подача воды через вторую голову, первая же или включается для очистки, если это требуется положением вещей, или продолжает подавать воду в возможном для нее количестве.

При высоких горизонтах воды в реке лишние головы закрываются и вода обычно забирается через ниже расположенные головы.

Несмотря на громадные об'емы регулировочных работ, проводимые на головных участках каналов, все же во многих случаях еще не удается добиться обеспечения потребного водозабора для орошения в период маловодья и недопуска излишнего расхода воды в период паводка. Вследствие излишнего забора воды (иногда превышающего на 50—70% план) происходит увеличение заиления систем и ухудшение мелиоративного состояния орошаемых земель, а при недополиве посушка посевов и, как следствие этих причин, снижение урожайности с-х культур.

Перечень возможных защитно-регулировочных работ при водозаборе в низовьях рек следующий:

1. В случае отхода реки или заиления канала производится устройство прорези и очистка канала землесосами, экскаваторами и вручную, так например по трем каналам Южного Хорезма ежегодно об'ем очистки головной части каналов достигает 0,8—1,0 млн. куб. м, из которых около 10—15% удаляется

*) Не считая таких благоприятных естественных условий, когда река на отдельных участках протекает у скального берега, как например по Аму-дарье у Таш-сака, Кипчак и др.

**) Многоголовье применяется на старых системах Средней Азии, Египта и Индии.

механизмами за счет государства и остальные 85—90% ручным способом—силами населения. Основными механизмами по очистке и расширению каналов в настоящее время являются землесосы Янговатова, Ирригатор № 1 и № 2 и экскаваторы;

2. Устройство или удаление камышево-земляных перемычек при закрытии или открытии голов каналов;

3. Устройство и поддержание ошейников (сужением) из фашин в головах каналов, для более точного регулирования поступления воды в канал (рис. 39);

4. Установка и эксплоатация систем из пловучих щитов проф. Потапова по отвлечению донных наносов от головы канала и увеличения водопропускной способности головной части канала;

5. По берегу реки устраиваются земляные дамбы, ограждающие канал и систему от затопления высокими водами при под'еме уровня в реке.

6. Защита откосов канала от размыва волнами и течением хворостяно-камышевыми щетками или камышевыми тюфяками.

В щетках пучки хвороста или камыша одним концом закапываются в откос, другим они на высоту 0,5—0,6 м выступают выше поверхности откоса, устанавливаются они поперек откоса через 2—3 м друг от друга. Пространство между щетками быстро заиляется, и таким образом откос закрепляется.

При размыве береговой полосы смываются головная часть канала, перемычки и дамбы обвалования.

Для предупреждения прорыва дамбы обвалования и входа реки в низину и для регулирования воды на некотором удалении от берега, заблаговременно возводятся новые валы и перемычки, а защиту речного берега в виду большой дороговизны работ не производят.

В период размыва берега реки у головы канала мутность воды, протекающей вдоль размываемого берега, увеличивается и в канал поступает вода с относительно большим содержанием наносов, чем средняя мутность в реке*), в результате чего имеет место усиленное заиление головной части канала и уменьшение пропускной способности. Иногда вследствие размыва входа в канал, голова смещается вниз по течению, что также приводит к заилению входа и уменьшению пропускной способности головной части канала. Прекращения этого смещения в некоторых случаях и поддержания пропускной способности можно добиться за счет установки в голове канала щитов проф. Потапова.

Полевые наблюдения показывают, что кроме многоголовья на Аму-дарье достаточно надежным средством является расположение головы канала в действующем протоке (арне), из которого необходимо производить водозабор, т. к. он является как бы отстойником, где отлагаются крупные песчаные наносы.

---

*) По нашим наблюдениям на р. Сыр-дарье и Аму-дарье, мутность в голове канала, расположенного ниже размываемого берега, была выше средней мутности в реке в 1,3—2,0 раза. Поэтому в случаях забора воды в системы через несколько каналов, необходимо производить его через те головы, берег у которых не размывается или находится в относительно устойчивом состоянии.

II. Производство работ по строительству выправительных, защитных и регулировочных сооружений

§ 8. О порядке проектирования и составе проекта

1. Строительство выправительных, защитных и регулировочных сооружений на реках и ирригационных каналах осуществляется на основании технического проекта (со сметой к нему), разработанного на основании утвержденного проектного задания или, в соответствующих случаях, акта технической комиссии.

На основании технического проекта об'ект включается в титульный список контрольного строительства, финансгруется, и разрешается приступ к работе.

2. По значению и стоимости выправительные, защитные и регулировочные сооружения и работы можно разделить на четыре категории.

Таблица 12.

№№ категорий	Значение работ	Стоимость работ в рублях	Порядок составления проекта	Порядок утверждения проекта
1	Союзного значения и особо важные республиканского значения (лимитное строительство)	Более 2000000	Проекты составляются по заданию Наркома земледелия Союза ССР или Совнаркома Союзной республики	Утверждаются Наркомом Земледелия или Совнаркомом Союзной республики.
2	Республиканского значения (ниже-лимитное строительство)	250000—2000000	Проекты составляются по заданию Совнаркома или Наркома водного хоз-ва Союзной республики	Утверждаются Совнаркомом или Наркомом водн. хоз-ва Союзной республики.
3	Межрайонного значения	50000—250000	Проекты составляются по заданию нач. облводхоза	Утверждаются нач. облводхоза и в отдельных случаях Наркомом водного хоз-ва Союзной республики.
4	Районного (межколхозного) значения	Менее 50000	Проекты составляются по заданию начальника ирригационной системы	Утверждаются начальником системы и райисполкомом.

3. Проектирование производится по стадиям:

I. Проектное задание,

II. Технический проект,

III. Рабочие чертежи.

4. В состав проектного задания, независимо от категории работ, должны входить:

а) назначение технического мероприятия в различных вариантах должно

быть подробно изложено в записке и поясняющих эскизных чертежах с указанными на них размерами и отметками;

б) об'ем работ для выполнения намечаемого мероприятия, краткое изложение способов производства работ, потребное количество рабсилы и сроки выполнения;

в) ориентировочное количество потребных основных строительных материалов и механизмов;

г) стоимость намечаемого мероприятия на основе укрупненных измерителей;

д) программа и смета на изыскание и составление технического проекта.

5. В состав проектного задания для строительства сооружений первой и второй категорий должно входить:

а) полное четкое описание всего комплекса выправительных, защитных и регулировочных сооружений, существующих в данном месте для данной цели, их работы, эффект работы, подкрепленный цифровыми материалами за прошлое время об их работе, конструктивных размерах и расходах денежных средств и дефицитных для данного места материалов и т. п.;

б) план участка водного источника на длине, позволяющей судить о работе намечаемых сооружений. Если таких планов не имеется, то они могут заменяться эскизами; их основные размеры и высотные отметки должны быть приведены на основании измерений и нивеллировок в натуре. На протяжении всего участка даются продольные и поперечные профиля реки;

в) для источника должны быть приведены гидрологические данные и данные об уровнях воды и расходах за возможно большее число лет,—состав грунтов, слагающих русло, данные о периоде движения донных наносов и размерах русла, размывов и намывов русла по глубине и ширине, в том числе и наибольшие местные глубины на изгибе потока;

г) для водозаборных сооружений данные о фактическом водозаборе в возможно наибольшем диапазоне колебаний уровней и расходов; сведения о количествах, крупности и движении наносов в головных участках каналов и подводящих руслах, об'ем очистки наносов на головном участке и на сети;

д) если в состав проекта входит восстановление и ремонт отдельных сооружений, то состояние их (разрушения, просадки, подмывы, гнилости и т. д.) должно быть зафиксировано актом технической комиссии с приложением к нему эскизов с размерами.

6. Для сооружений и работ 3-й и 4-й категорий стадия проектного задания заменяется актом технической комиссии, назначаемой и действующей по особой инструкции Наркомата союзной республики.

7. Независимо от категорий строительства по классификации п. 2, технические проекты должны включать в себе следующие материалы:

1) Все необходимые данные для подсчетов об'емов работ, 2) подсчеты об'емов работ, 3) проект производства работ, сроки исполнения, мероприятия по обеспечению бесперебойности работы системы на время строительства, 4) смету на отдельные об'екты и сводную по всему титулу, 5) ведомости потребных материалов, оборудования механизмами, инвентаря с указанием имеющегося наличия, 6) ведомости потребной рабсилы, источник ее получения, 7) гидравлические, гидротехнические расчеты и расчеты устойчивости и прочности сооружений, 8) схематический план с показанием карьеров, пристаней, станций жел. дор. и мест заготовок материалов и расстояний перевозок.

8. Для 1-й, 2-й и в некоторых случаях для 3-й категории, технический проект должен включать в себе:

1) План реки с поймой в масштабе 1: 2000, с захватом ясно выраженных берегов на ширину 100—200 м и длину в пределах существующих и вновь проектируемых сооружений с захватом голов и выходов тех рукавов реки, на которой возводятся сооружения, и во всяком случае не менее 4-х кратной ширины русла за крайними сооружениями. На плане должны быть показаны от-

метки уровней воды по урезам, с указанием даты нивеллировки и расхода воды в реке в этот момент. Наносятся все имеющиеся и проектируемые сооружения с их размерами (длинами) и наиболее важными отметками, подводящие русла (если таковые имеются), головные участки каналов, сбросы из подводящих русел в реку с указанием их важнейших отметок. Для реки, подводящих русел и головных участков канала должны быть даны продольные профиля с обязательной фиксацией мест и высот перепадов, вызываемых системой сооружений. На поперечных и продольных профилях даются как отметки дна, так и уровня воды, по возможности при максимальных и минимальных расходах, увязка с гидрометрическими данными об уровнях и расходах реки;

2) в случаях просадок, повреждений и разрушений сооружений об этом должны быть представлены акты технической комиссии, поясняемые эскизами с размерами и данные промеров размыва вдоль и у голов сооружений;

3) по сооружениям должны быть даны эскизы их разрезов с размерами и указанием рода строительных материалов;

4) в пояснительной записке приводятся описания проектируемых сооружений, идеи их работы с гидравлическими, гидротехническими и статическими расчетами;

5) по эксплоатации возводимых сооружений в проекте приводятся следующие данные:

а) технические указания по составу эксплоатации и необходимые мероприятия по поддержанию выстроенных сооружений и

б) сметно-финансовые расчеты на ежегодные эксплоатационные расходы.

9. Работы ремонтного характера, проводимые ежегодно в порядке эксплоатационных мероприятий, выполняются на основании актов комиссии, действующих в соответствии с инструкцией Наркомводхоза УзССР, при наличии утвержденной Наркоматом сметы и общей утвержденной схемы эксплоатационных мероприятий.

10. По работам аварийного характера при стихийных бедствиях, не предусмотренных планом, но требующих немедленного выполнения конкретных мероприятий, работы выполняются на основании актов республиканских комиссий со сметой к ним и общей схемой мероприятий, утвержденных Наркомом Водного Хозяйства Республики.

§ 9. Порядок и сроки строительства

1. Работы союзного и особо важные республиканского значения выполняются специальными строительными конторами, подчиненными республиканскому или союзному Наркомату, работа которых проводится и контролируется согласно существующих правил.

2. Работы районного и межрайонного значения для целей ирригации осуществляются системными управлениями или райводхозами.

Такие работы проводятся постоянным эксплоатационным штатом системных управлений и райводхоза с привлечением для производства их участкового техника, водного об'ездчика и смотрителей узлов.

По работам межрайонного значения, местные управления могут организовать специальные прорабства, подчиненные системным управлениям или облводхозам.

3. Все строительные пункты (участки) должны иметь от вышестоящих организаций следующие документы:

а) наряд на работу и

б) проектные данные для выполнения наряда и сметы.

4. Иметь набор инструментов инвентаря, необходимого для работы, а также запас строительных материалов с расчетом не менее 10-тидневной потребности.

5. Работы по строительству должны быть максимально механизированы, для этой цели при эксплоатационных управлениях должны быть созданы спе-

циальные механизированные бригады, снаряженные под'емными кранами, лебедками, землеройными и землечерпательными снарядами.

6. Для участков работ и сооружений, подвергаемых разрушительным действиям паводковых и силевых вод, должны ежегодно проводиться следующие противопаводковые мероприятия:

1) участок работ или прорабство должно располагать аварийно-мобилизационным планом для проведения противопаводковых работ,

2) на участке должен храниться аварийный запас материалов в необходимом количестве для заделки возможных прорывов дамб каналов, осадки сооружений и т. п.,

3) на время прохождения паводков должны быть организованы аварийные бригады (прорабства) при управлениях в составе:

а) техника, десятника и рабочих,

б) грузовых одной или нескольких автомашин с прицепами,

в) набора аварийных инструментов, приспособлений и материалов (по списку, утвержденному управлением).

7. Аварийно-мобилизационный план утверждается районными исполнительными комитетами или Наркомом водного хозяйства (в зависимости от значимости об'екта) и должен содержать в себе:

а) перечень возможных аварий и характер работ по их недопущению или ликвидации,

б) об'ем потребных строительных материалов на месте их хранения, необходимый транспорт для переброски материалов в нужные места,

в) распределение обязанностей на случай аварии между бригадами рабочих, колхозами или другими заинтересованными организациями,

г) выделение с указанием количества колхозной рабсилы или других заинтересованных организаций, а также транспортных средств и аварийных материалов.

8. Как правило, защитные и регулировочные работы ведутся при меженнем стоянии горизонта воды, т. е. вне периода вегетации

9. Строительство постоянных новых сооружений, в зависимости от местных условий, может производиться в любое время года, если это оправдывается экономическими расчетами.

10. Ремонтные работы, для условий Средней Азии, рекомендуется проводить в период февраль-апрель месяцы.

Предупреждение или ликвидация аварий (наращивание дамб, шпор и укрепление их оснований) может проводиться на протяжении всего вегетационного периода и диктуется необходимостью сохранения самого сооружения от аварий и получения должного эффекта.

§ 10. Строительные материалы

Своеобразный характер выправительных, защитных и регулировочных работ и строительная простота конструкций создают благоприятные условия для строительства их в значительной степени из местных строительных материалов.

Поэтому в данном разделе уделяется внимание главным образом местным строительным материалам, так как описание завозных материалов имеется в достаточном количестве в существующих справочниках по гидротехническим сооружениям.

К местным материалам относятся: камень, хворост, камыш, местные породы леса, соломы, гуза-пая, чим, местный грунт и т. д. К ввозным материалам относятся: лес, цемент, проволока, трос, железо, гвозди и т. п.

Каменные породы. В зависимости от формы и размеров естественные камни имеют следующие наименования:

1. Бут — камень неправильной формы, полученный главным образом при

помощи взрыва и расколки известняков или песчаников. Размер отдельных камней от 0,01 до 0,02 м³.

Применение бутового камня, главным образом, сводится к устройству мостовых, загрузке ряжей и загрузке тела защитных или выправительных дамб и шпор.

2. Булыжный камень округленной формы добывается со дна водоемов, в поймах и руслах рек, непосредственно с поверхности земли или с предварительным вскрытием карьера. Размер отдельных камней, применяемых в дело, обычно не менее 15—20 см в диаметре.

Назначение булыжника то же, что и для бута.

3. Крупные (габаритные) камни весом от 1 до 8 т разрабатываются взрывным способом и применяются для каменных набросок при защите от размывов откосов дамб, берегов рек, нижних бьефов плотин, при скоростях течения от 3,0 до 6 м/сек.

4. Штучный камень правильной формы (куба или параллелипипеда), получающийся в результате специальной обработки. Размеры камней не стандартизируются.

Штучный тесаный камень идет, главным образом, для облицовки набережных и для обшивки бетонных гидротехнических сооружений; в последнем случае облицовка предохраняет бетон от механического действия воды, льда и от стирания сооружения донными наносами.

Для тесаного камня применяют главным образом изверженные породы— граниты и т. п. и реже—осадочные (твердые известняки) и песчаники.

Наиболее важные технические свойства, которые должны иметь и каменные породы для защитных и регулировочных работ, следующие:

1) значительный об'емный и удельный вес,
2) прочность,
3) твердость и неистираемость,
4) морозостойкость.

Упомянутые технические условия должны определяться лабораторным путем и соответствовать заданным проектным условиям.

Прием камней у места работ производится по замеру в штабелях в м³.

Хворост — имеет большое применение при возведении выправительных, защитных и водозаборных дамб и полузапруд. Хворост должен быть по преимуществу таловым, в крайнем случае тополевый, тутовый и друг. пород. Для защитно-регулировочных работ должен быть свежесрубленный, гибкий хворост длиной 2—2,5 м и диаметром в комле до 3 см. Хворост должен быть гибким, легко прорастающим, и поэтому до укладки в дело его надо хранить в воде.

Заготовляемый хворост подвозится к месту работ, где укладывается с возможной плотностью в штабеля, комлями, обращенными в одну сторону и выравненными по шнуру. Об'ем штабеля заготовленного хвороста определяется по площади комлей в штабеле, умноженных на $^2/_3$ средней длины хворостин. Вес кубического метра свежего хвороста 210 и годовалого 170 кг/м³.

Срок службы хвороста зависит от способа производства работ и места укладки, в условиях Средней Азии можно считать 5—7 лет.

Солома и гуза-пая — применяются совместно с хворостом, камнем и грунтом. Солома может быть старой, но не гнилой, связанной снопами. При приемке производится замер в м³. Вес соломы 120 кг/м³.

Камыш — применяется также совместно с хворостом или без хвороста в различных кладках и фашинах.

Камыш применяется в тех случаях, когда заросли его находятся близко к месту работ Употребляемый камыш должен быть молодым, с листьями и заготовляться в виде снопов, диаметром 20—25 см. Камыш, так же как и солома, обычно применяется вместе с хворостом или сипаями, так как они быстро гниют и ослабляют работу сооружения. Быстрое гниение вызывается наличием

в них большого количества пустот и, следовательно, повышенной влагоемкостью.

Вес сырого камыша 210 и сухого 120 кг/м³; вес в кв. м камышитовой плиты толщиной 8 см—28 кг.

Солому и камыш применяют при строительстве небольших временных и сезонных сооружений, например, при строительстве временных водозаборных и защитных дамб, для борьбы с фильтрацией и проч.

Срок службы сооружений из камыша и соломы 3—4 года и в местах интенсивного воздействия потока—1 год.

Дерн или чим применяется для загрузки сипаев, наращивания дамб и шпор, защиты откосов и для борьбы с фильтрацией воды через дамбы и перемычки.

Применяемый в строительстве дерн должен быть свежим, не пересохшим и с густопроросшими корнями, желательно, чтобы в нем было больше глинистых частиц, т. к. они труднее размываются. Размеры отдельных дернин 25×25 см. Вес дерна 1360 кг/м².

Дерн, заготовленный для работ, имеет форму лент, сохраняется в штабелях, с укладкой травы к траве и время от времени поливается водой. Кладки из дерна (чима) делаются в перевязку, подобно каменной кладке.

Верх дамбы или полузапруды, сделанной из чимной кладки, не должен заполняться текущей водой, т. к. в этом случае дамба подвергается опасности разрушения. Приемка заготовленного чима производится в штабелях.

Строительные материалы—камень и солома могут заготовляться почти круглый год.

Камыш заготовляется осенью, т. е. до наступления заморозков, когда жатье его незатруднительно. Хворост и чим заготовляются весной, но если место заготовки находится вблизи работ, то заготовка может производиться во время их. Материалы подвозятся к месту работ, где складываются в штабеля.

Проволока. Для связки сипайных каркасов, карабур и фашин и для сетчатых систем применяется железная неоцинкованная проволока диаметром 4—5 мм. Употребление для этой цели канатов из хвороста или камыша следует допускать в менее ответственных или временных сооружениях.

Для вязки габионов употребляется оцинкованная проволока диаметром 2,5—4 мм. При употреблении неоцинкованной проволоки диаметр ее следует увеличивать и не допускать менее 4 мм. Приемка проволоки производится по весу в кругах.

В таблице 13 указаны вес и предел текучести неоцинкованной проволоки.

Таблица 13.

d мм	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
Вес 1 м проволоки кг	0,0246	0,0385	0,0596	0,0989	0,154	0,223
Площадь сечения в см²	0,0314	0,0491	0,0706	0,126	0,196	0,283
Предел текучести в кг на 1 проволоку	75	118	170	301	471	680

Предел текучести R_T = 2400 кг/см определен из ф-лы
R_T =0,6R, где R—временное сопротивление на разрыв для железа=4000 кг/см².

Срок службы оцинкованной проволоки в хорошо уложенных габионных кладках 25—30 лет, неоцинкованной диаметром более 4 мм (в зоне колебания горизонтов воды)—4—5 лет.

Дерево — употребляется главным образом для устройства сипаев, те-

траэдров, ряжей, свай, щитов Потапова, пловучей части сетчатых систем и др. сооружений.

При строительстве временных выправительных, защитных и регулировочных сооружений технические требования к качеству леса несколько снижаются или во многих случаях они могут быть заменены местными породами леса в виде тала, тополя, турангила и др.

Для более ответственных и долговечных сооружений (эстакад, ряжей, пловучих частей щитов Потапова и сетчатых систем) лес должен удовлетворять всем техническим требованиям: быть прямым, без больших и дряблых сучьев, незакомлеватым и без других пороков.

Влажность оказывает неблагоприятное влияние на прочность древесины; по степени влажности применяются следующие наименования: воздушно-сухой

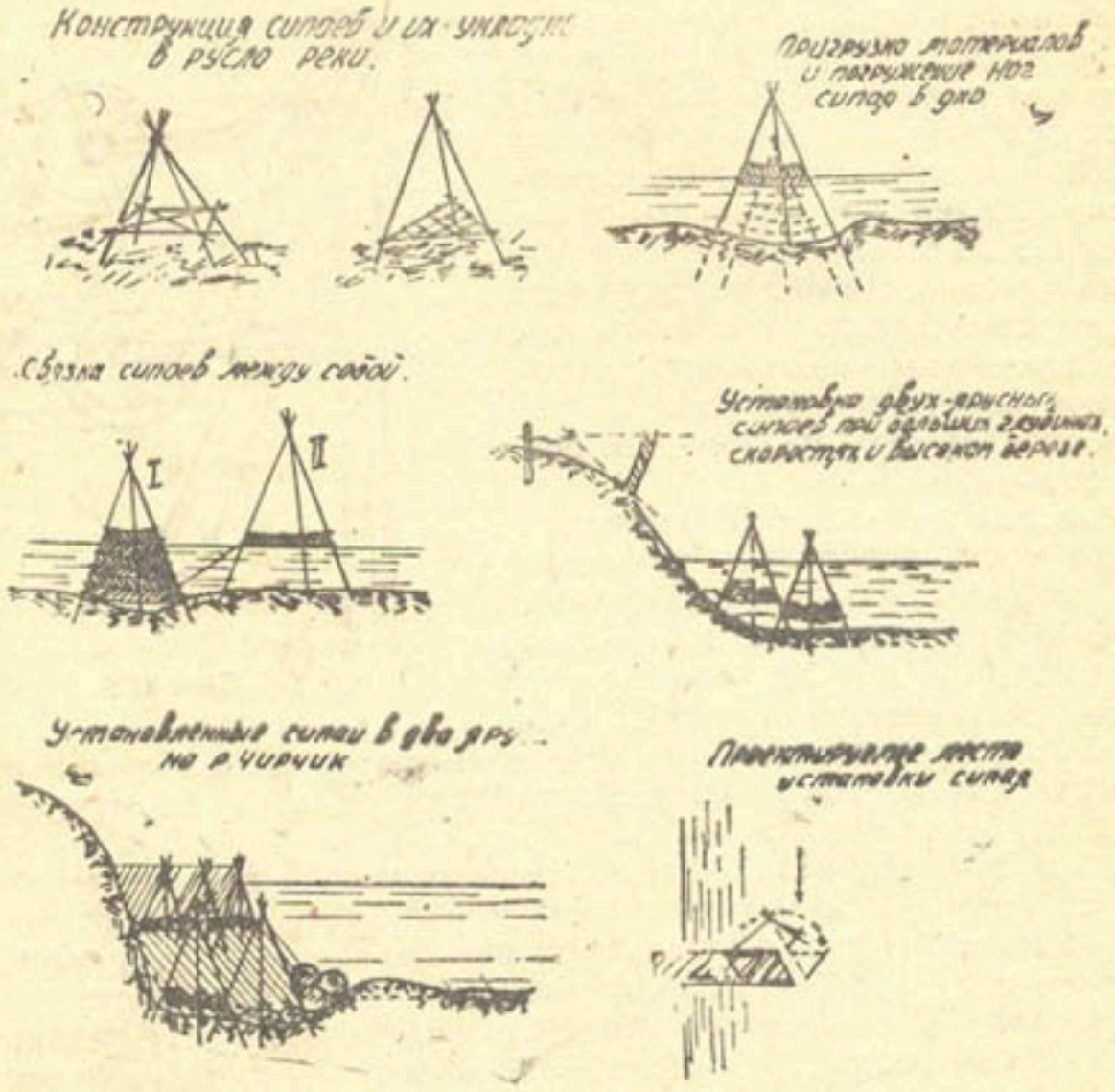

Рис. 40

лес—18% влажности; полусухой—18—23% и сырой с влажностью более 23%. Влажность сильно изменяет прочность воздушно-сухого леса, а для сырого леса дальнейшее увеличение влажности почти не отражается на прочности.

В гидротехнике решающее значение имеет переменная влажность, т. е. в пределах переменных колебаний уровня воды и насыщения. Наиболее эффективным способом борьбы с гниением является пропитка креозотом под давлением и менее эффектным просмолка.

§ 11. Сипайные работы

На реках Средней Азии сипайные сооружения при регулировании русел рек являются самыми распространенными из всех применяемых в настоящее время защитно-регулировочных сооружений,

Сипайная кладка состоит из двух основных элементов:

1. Бревенчатого каркаса—сипая.

2. Заложенной в каркас каменно-хворостяной, каменно-камышевой, камышево-чимной и других видов кладки.

По типу бревенчатого каркаса сипаи разделяются на трехногие и четырехногие (рис. 40).

Сипай трехногий, состоящий из трех бревен ног, связанных вверху и поставленных в виде граней трехногой пирамиды. Ноги каркаса в нижней части имеют бревенчатую обвязку из 3-х бревен каркаса. Прикрепление обвязки к ногам каркаса производится с помощью проволоки. Проволочное скрепление придает всей системе известную упругость. Поверх бревенчатой обвязки укладываются жерди, служащие поддержкой сипайной кладке.

Сипай четырехногий имеет четыре ноги, расставленные в виде граней четырехгранной пирамиды. Обвязка четырехного сипая делается из 4 бревен Кроме того, имеется так называемая перевязка из двух бревен, укрепленных в каркасе по диагоналям. Жердей по обвязке в четырехногом сипае не укладывается.

Четвертая нога усиливает конструкцию и повышает устойчивость сипайного сооружения, взятого в отдельности, в общей же совокупности сипайного сооружения это обстоятельство не имеет значения и целесообразности.

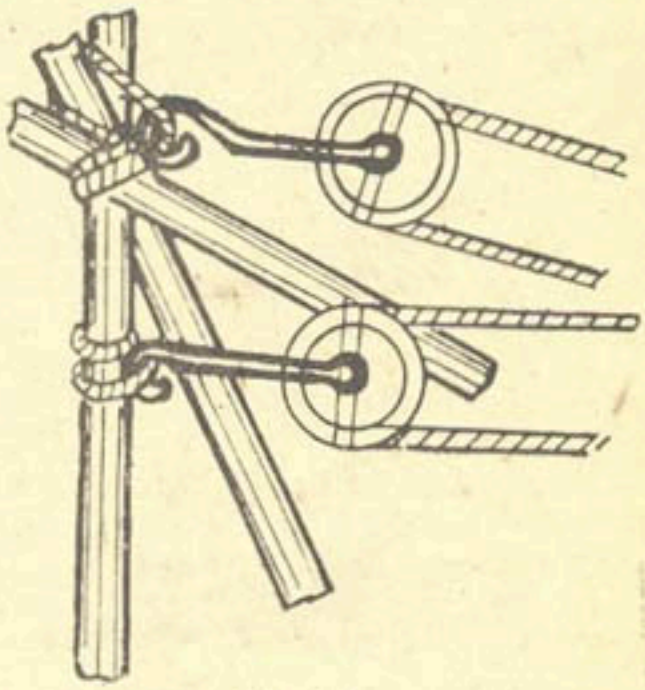

Рис. 41

Строительство сипайных сооружений производится как в отсутствие воды или при малых скоростях течения (в межень), так и при больших скоростях и глубинах или в паводок.

На основе многолетней практики выработалось такое правило, что сипаи устанавливаются только на тех реках, где скорости в паводок не менее 1,2 м/с, а глубины не менее 1,5 м; при меньших скоростях и глубинах обычно обходятся без сипаев.

Длина ног сипая от величины ожидаемого напора воды изменяется от 4 до 11 м. Расстояние между нижними концами (ногами) сипая равно соответственно 4—11 м, т. е. сипай имеет форму равнобедренного тетраэдра. На устройство сипаев идут бревна или четвертины толщиной 15—25 см.

При неровном дне длина ног сипая соответственно месту установки укорачивается или удлиняется: на высоте, равной глубине воды, к ногам сипая привязываются перекладины. Положение перекладин может быть и ниже горизонта воды, но в пределах, достижимых для ручной загрузки площадки хворостом и камнем.

При установке сипаев на сухом месте (до наступления паводка) в целях уменьшения или недопущения в будущем осадки, ноги сипая вкапываются в дно реки на 1—1,5 Н (Н—средняя глубина в паводок), а затем производится загрузка сипая слоями до проектной отметки. В этом случае толщина бревен может быть снижена на 10—20% против предусмотренной существующими нормами.

При установке сипая в текущую воду, он немедленно заполняется сипайной кладкой. Порядок заполнения следующий: слой хвороста, на него соломы и сверху загрузка камнем.

Изготовление сипаев обычно производится по близости от места их установки—под'ем с земли треноги и подтаскивание готового сипая к берегу производится помощью троса и блоков (рис. 41).

Нагрузка на каждую ногу сипая, при одном первом слое кладки, составляет от 2 до 17 тонн, в зависимости от размера сипая. Под давлением такого грунта, ноги сипая погружаются в дно реки, сипай садится. Осадке сипая, кроме веса загрузки, способствует и размывание грунта, которое возникает вокруг ног сипая. Когда ноги уйдут в грунт на всю длину до обвязки, сипайная кладка опирается непосредственно на грунт и опускание сипая прекращается. В этом случае сипайная кладка приобретает полную устойчивость, дальнейшее нарастание сипайной кладки для ног опасности не представляет.

На реках с песчаным руслом иногда поверх первой обвязки, для равномерной безопасности загрузки ног, устраиваются повторные бревенчатые перевязки. Однако, особой необходимости в этом нет, так как уже после загрузки первого слоя сипайной кладки обычно ноги каркаса уходят в дно и опасности их полома нет. Повторная обвязка имеет смысл при работе на больших глубинах. В этом случае она устраивается подвижной. Будучи нагруженной, подвижная обвязка садится вниз до первого слоя кладки.

При установке сипаев в текущую воду при больших скоростях и малых глубинах, часто устанавливается каркас сипая с привязанной выше горизонта воды скользящей перекладиной (в виде одного бревна), затем с напорной стороны через 0,5—0,75 м устанавливаются спицы, образующие решетку (рис. 42).

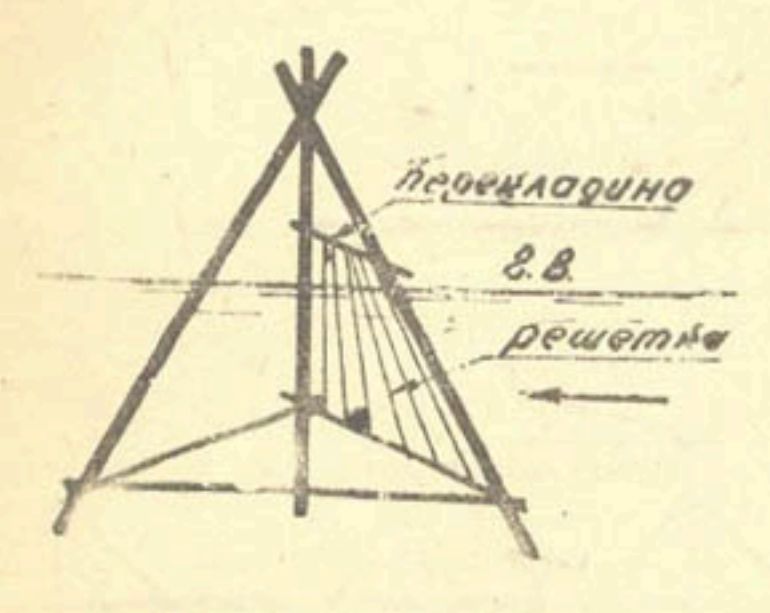

Рис. 42

Далее со стороны верхнего бьефа для засорения решетки забрасываются карабуры диаметром 0,4—0,6 м, кусты деревьев, или пучки хвороста, а после некоторого засорения производится забрасывание более рыхлого материала, в виде снопов камыша, травы, соломы, т. е. забрасывается материал, который оказывается на месте работ. После засорения решетки и замедления скоростей ниже сипая производится его загрузка.

После загрузки сипайная кладка пропускает сквозь себя воду, которая только через несколько дней затягивается илом и тогда становится совершенно водонепроницаемой.

Иногда, пока слой еще не сел на дно, под кладкой происходит сильное течение воды, вымывается грунт, что совершенно нежелательно. В этом случае под сипайную кладку делается подброска из хвороста и соломы, каковые и прекращают размыв.

При выполнении сипайной кладки, последнюю следует укладывать так, чтобы ноги сипая были скрыты в теле кладки. С этой целью при укладке хвороста и камыша последний должен выдвигаться за пределы ноги на 0,40—0,50 м.

В целях сопряжения кладки одного сипая с другим, промежсипайное пространство заполняется таким же образом, как загружается сипай. Для образования межсипайной площадки опускаются длинные жерди так, чтобы они налегали на перевязку уже поставленного сипая; на этой площадке возводится кладка. Часто случается, что сипай отодвигается настолько, что выпускаемые жерди не смогут перекрыть всего промежсипайного пролета, тогда при погружении 1-го сипая к его распоркам привязываются жерди, другой конец которых прикрепляется к распорке сипая 2. Загрузка сипая 2 идет одновременно с загрузкой промежсипайной площадки (рис. 40-в, г). При глубинах более 5—6 м целесообразно прибегать к установке двухярусных сипаев (рис. 40-д).

Нижний 6—7 метровый слой, приготовленный на берегу с площадкой на

высоте одного метра от конца ноги, кранами или вручную опускается в воду и устанавливается на место, во внутрь его опускается ряд тяжелых карабур, каковыми и достигается полная загрузка сипая. По осадке первого ряда сипаев на них устанавливают второй ряд более коротких сипаев, загруженных либо тяжелыми карабурами, либо обыкновенным путем.

При устройстве сипайных и струенаправляющих дамб и шпор, в концевых частях обычно происходит большой размыв дна, угрожающий разрушением сооружения, поэтому для уменьшения и удаления места размыва от сооружения в его основание производится укладка тяжелых карабур.

При устройстве полузапруды или перегораживающих сооружений, когда с сипаем приходится от берега уходить постепенно к стрежню реки, подноска сипая и установка его весьма усложняются. В таких случаях сипай заносится со стороны течения и на канатах медленно подводится к месту установки (рис. 40). После установки сипаев и загрузки промежсипайных промежутков,

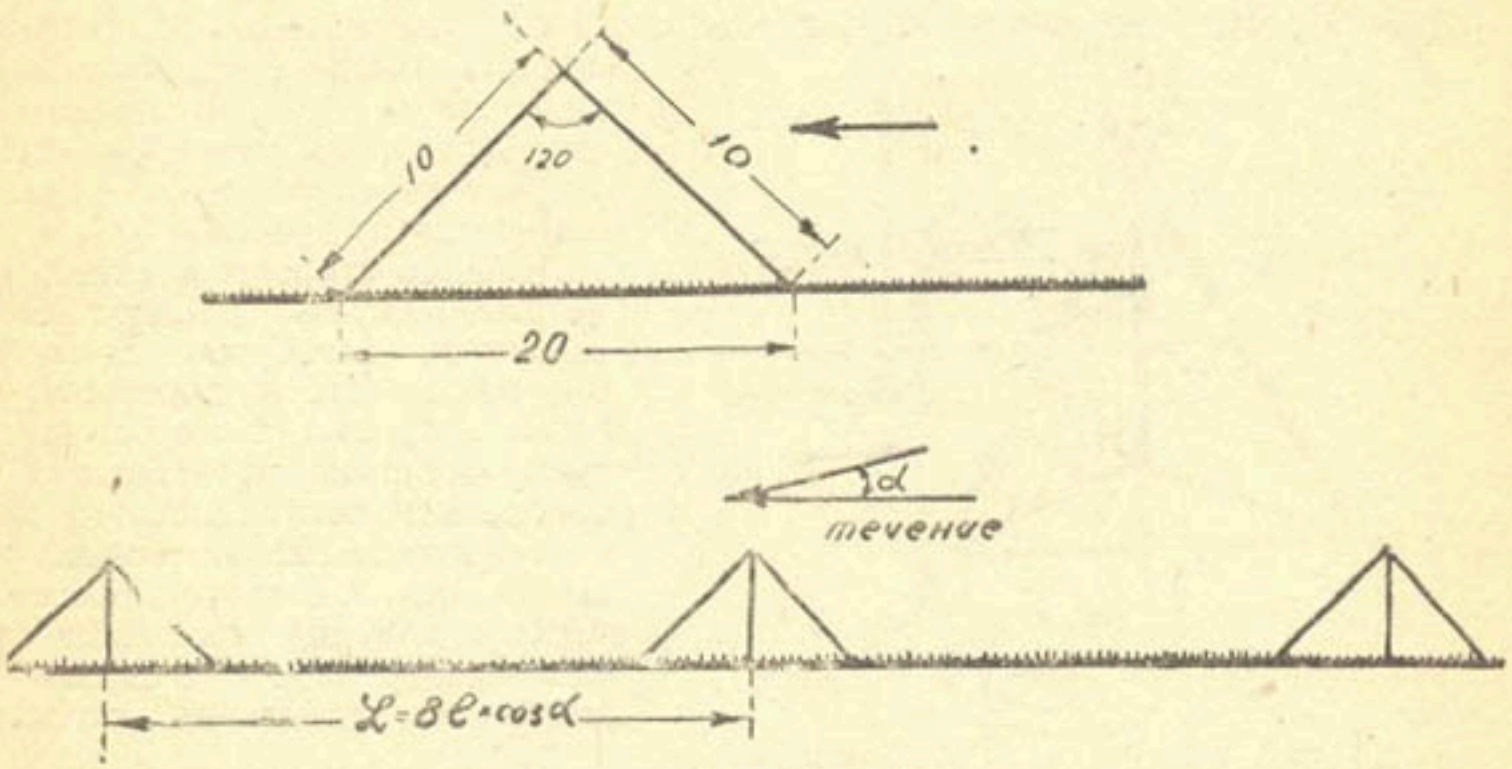

Рис. 43 и 44

все сипайные сооружения в целом наращиваются при помощи того же материала—хвороста, соломы, камыша и камня с расчетом на последующую осадку, зависящую от глубины погружения, способа загрузки материалов и пр. Обычно запас кладки выше горизонта высоких вод принимается на 0,60—0,80 м.

В целях уменьшения местных размывов и увеличения сопротивляемости (прочности) шпоры, часто на горных и предгорных участках рек берегозащитные сипайные шпоры устраиваются в плане, в виде равнобедренного треугольника, с установкой одного сипая в вершине такой шпоры (рис. 43). Длина верхней и нижней стороны (бедра треугольника) составляет 10—12 м и основание длиннее в 1,5—2,0 раза. Угол в вершине треугольника около 120°.

Пример защиты берега реки короткими шпорами треугольной формы в плане показан на рисунке 44 и защита берега канала на рисунке 45.

Грунт, слагающий русло канала, состоит из смеси песка, гравия и гальки диаметром до 15—18 см. Глубина 1—1,2 м, скорости=2 м/сек, установлены были шпоры длиной 1,5—2,0 и на расстоянии 3 — 5 м с заделкой в откос берега и в дно канала.

Длина ног сипая 3,5 м. Сипайная кладка состоит из камней диаметром 15—20 см и хвороста. Слой камня 25—30 см и хвороста 5 см. Поставленные нормально к направлению течения шпоры отжимают поток от откосов и тем

предохраняют их от размыва. Кроме того, в суженных местах наблюдаются размыв дна и углубление канала.

Обращаясь к нормам расходования материалов на сипайные работы, следует оговориться, что таковые во многих случаях изменяются в зависимости от условий постановки, глубины воды, скорости течения, наличия местных строительных материалов и т. п.

В таблице 14 дается характеристика применяемых на практике сипаев.

Таблица 14.

Наибольшая ожидаемая глубина в реке у места установки сипая в м	Длина ног в м	Высота, на которой делается обвязка, в м
2,0	4,5	0,6
3,0	5,5	0,8
4,0	6,5	1,0
5,0	8,0	1,2
6,0	9,0	1,4
7,0	11,0	2,0

Нормы расхода материалов на 1 трехногий сипай

Таблица 15.

Размер сипая в м	6,5	8,5	11,0
Из соснового леса			
Бревен диам. в верхнем отрубе . . . . . штук	$\frac{12,5}{3}$	$\frac{15,5}{3}$	$\frac{18,5}{3}$
„ „ „ для нижн. обвязки	$\frac{8,5 \times 5,5}{3}$	$\frac{11,7}{3}$	$\frac{13,8}{3}$
Жердей в см.	$\frac{6,5}{5}$	$\frac{6,7}{3}$	$\frac{7,7}{4}$
„ „	—	$\frac{6,6}{4}$	$\frac{7 \times 6,5}{2}$
Проволоки 4 мм . . . . . кг	3,4	5,4	9,0
Из тополевого леса			
Бревен $\frac{\text{разм.}}{\text{штук}}$	$\frac{15}{3}$	$\frac{18}{3}$	$\frac{20}{3}$
„ „	$\frac{9,5\ \text{с} \times 5,5\ \text{м}}{3}$	$\frac{12,7}{3}$	$\frac{14,8}{3}$
Жердей „	$\frac{6,5}{5}$	$\frac{6,7}{3}$	$\frac{7,7}{4}$
		$\frac{6,6}{4}$	$\frac{7 \times 6,5}{2}$
			$\frac{7 \times 5,5}{2}$
Проволока 5 мм . . . . . кг	3,4	5,4	9,0

При связке ног сипая длиною 6,5 м верх его должен связываться 5 витками проволоки и низ (обвязка) 7 витками проволоки $d=4$ мм. На такое количество витков и плюс оттяжку требуется 3,4 кг. проволоки $d=9$ мм.

Норма материала на четвероногий сипай (каркас)

Таблица 16.

Размер сипая в м	4,0	5,5	7,0	8,5	11,0
Бревен соснов. размер штук . . .	$\frac{10\times4}{4}$	$\frac{13,5\times5,5}{4}$	$\frac{16,5\times7}{4}$	$\frac{18,5\times8,5}{4}$	$\frac{18,5\times11}{4}$
„ „	$\frac{9,4}{2}$	$\frac{12,5\times5,5}{2}$	$\frac{15,7}{2}$	$\frac{16,5\times8}{2}$	$\frac{17,8}{2}$
„ „	$\frac{6,5\times4}{4}$	$\frac{9\times4,5}{4}$	$\frac{10,5\times5,5}{4}$	$\frac{12,6}{4}$	$\frac{12,6}{4}$
Пров. 4 мм . . . . . кг	4,0	4,25	5,0	7,0	8,0

ПРИМЕЧАНИЕ: Для тополевого леса диам. леса увеличивать на 1—1,5 см.

Норма материала на 1 кб. м сипайной кладки

Таблица 17.

	Тип кладки	
	тяжелая	легкая
Хворост . . . . . м³	0,5	1,0
Солома . . . . . „	0,17	0,25
Камень . . . . . „	0,75	0,40

Для уничтожения фильтрации под сипайной кладкой производится подброска; материалом подброски являются хворост и солома.

Иногда при значительной фильтрации хворост вяжется в фашины и в воду бросаются готовые фашины.

Подброску следует производить одновременно под всеми сипаями.

Несоблюдение этого правила вызывает усиленную фильтрацию и размыв под сипаями.

При больших промоинах перед сипаями спускаются легкие, а иногда и тяжелые фашины.

Норма материала на 1 кб. м подброски

Таблица 18.

Наименование	Подброска	
	хвороста	соломы
Хвороста . . . . . кб. м	1,00	—
Соломы . . . . . „ „	1,00	1,0
Кольев . . . . . штук	2	2,0

§ 12. Каменно-хворостяные (таштуганные) работы

Таштуганные сооружения в виде дамб или шпор широко распространены на реках для регулирования водозабора и защиты берега от подмыва.

Для увеличения прочности кладки иногда при глубинах более 2,5 м и скоростях течения более 1,5 м/с в тело таштуганной кладки устанавливают

отдельные сипаи, которые служат каркасом кладки и увеличивают ее прочность. Конструкция таштуганной дамбы показана на рис. 46.

Обычно низ дамбы кладется на уровне существующего дна или на уровне горизонта грунтовых вод, а с напорной стороны, в целях защиты основания от подмыва, укладываются тяжелые карабуры.

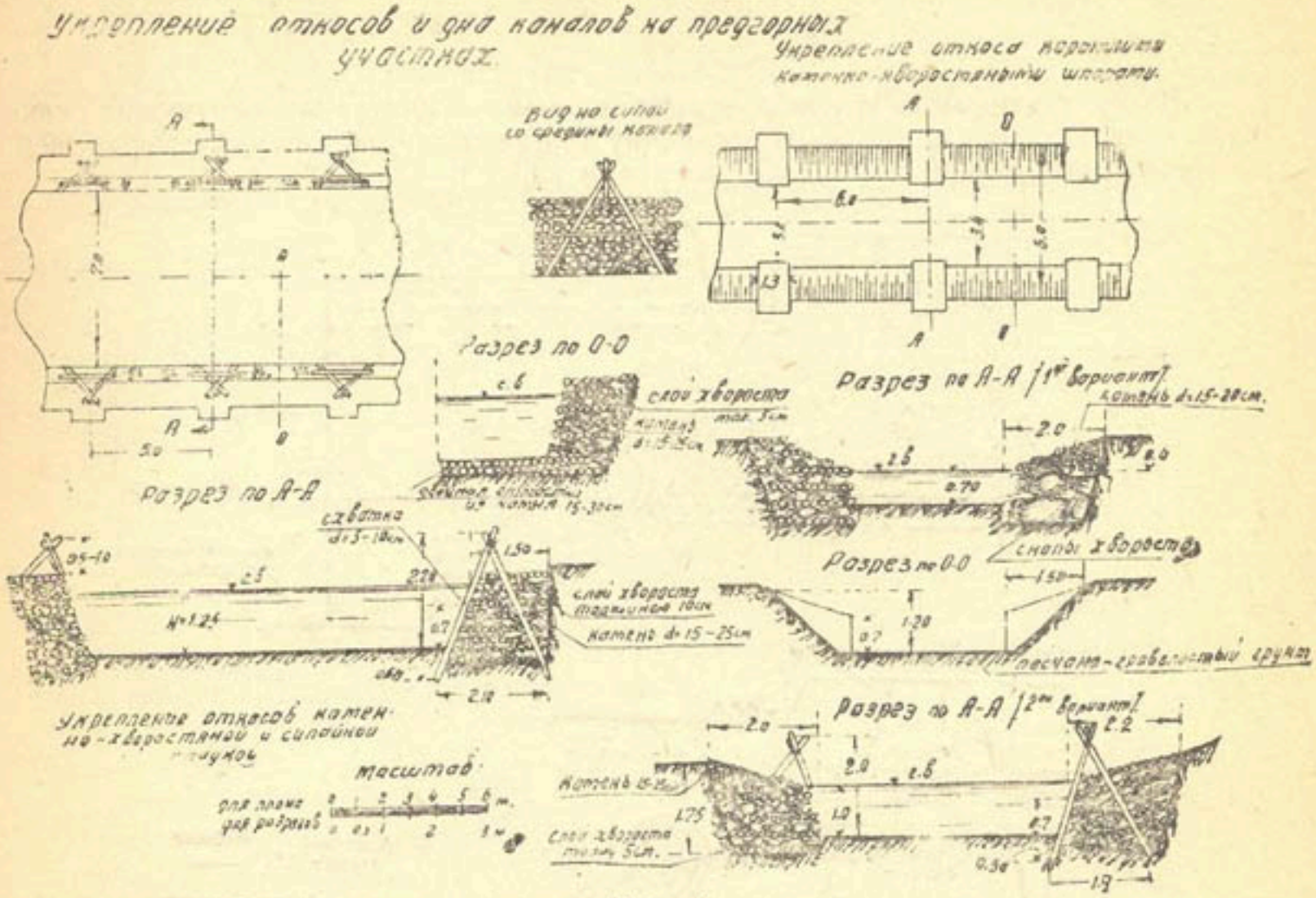

Рис. 45

Состав работы по производству каменно-хворостяной кладки следующий:

1. Растилание хвороста слоем толщиною 0,50—0,70 м.
2. Настилка сверх хвороста слоя соломы толщиной 0,20—0,30 м.
3. Наброска сверх подготовленного слоя хвороста и соломы камня булыжного или крупной гальки, слоем 0,26—0,35 м или чима слоем 0,50 м.

Довольно часто хворост заменяется камышом, а камыш—чимом (дерном).

Норма материалов на 1 кб. м кладки

Таблица 19.

Материал в м³	Таштуганная кладка		Чимно-хворостяная кладка	
	легкая	тяжелая	из заранее заготовлен. чима	с заготовкой чима на месте
Каменно-хворостяная				
Хвороста	1,00	0,50	0,50	0,50
Соломы	0,25	0,17	0,17	0,17
Камня	0,33	0,75	—	—
Чима	—	—	0,50	—

Каменно-камышевая кладка

Камыша	1,10	0,55	—	—
Соломы	0,28	0,20	—	—
Камня	0,33	0,75	—	—

В целях экономии крупного камня и удешевления работ во многих случаях является целесообразным в средину таштуганной кладки укладывать 50% более мелкий камень, а крупный по краям кладки.

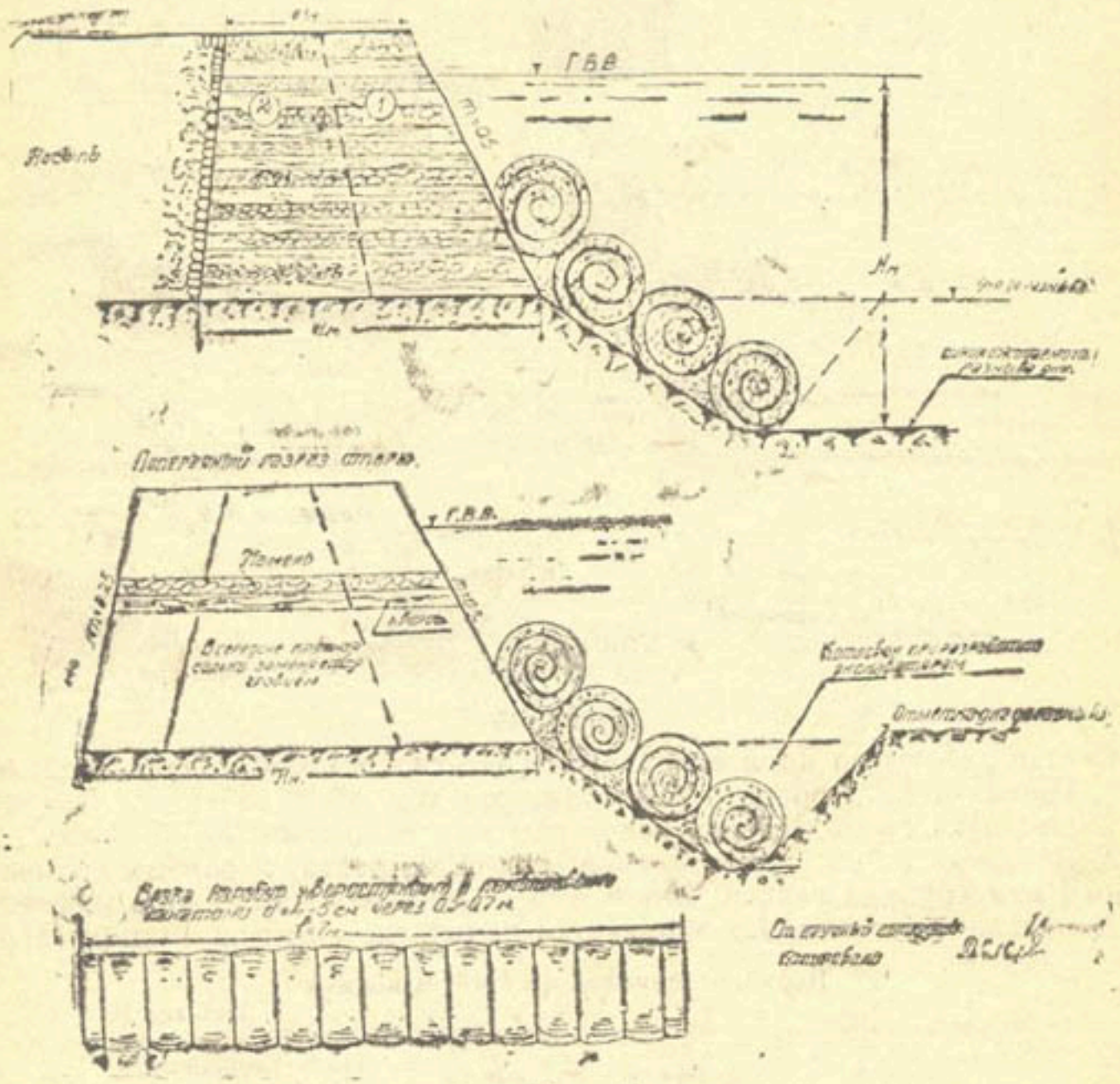

Рис. 46

§ 13. Габионные работы

На горных и предгорных участках рек, где на месте работ в достаточном количестве имеется камень, большое распространение имеют сооружения из габионов, которые по прочности, долговечности и дешевизне являются наиболее выгодными. Эластичность, связность и монолитность габионов позволяет применять их для различных типов сооружений и разного рода ремонтных работ. Большим тормазом для широкого применения сеток является дороговизна оцинкованной проволоки для габионных сеток, которые служат каркасом (связью) в габионной кладке.

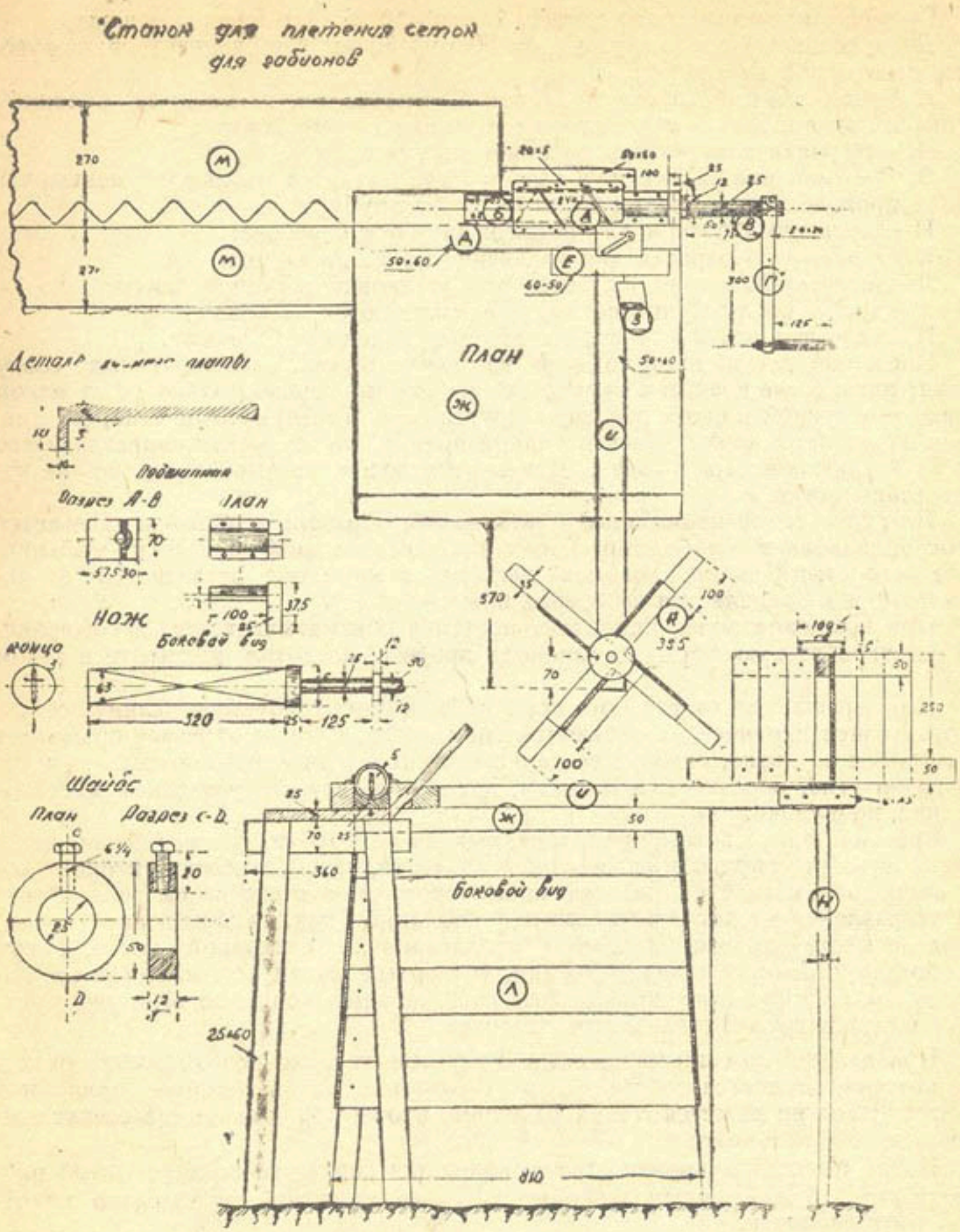

Рис. 47. Станок для плетения габионных сеток

Габионная сетка изготовляется на специальном ручном станке (рис. 47), состоящем из следующих частей:

А—нож из полосового железа 63 мм×3 мм с тупыми, немного закругленными краями, вращающийся внутри трубки;

Б—железная трубка со спиралеобразной прорезью, шириной 5 мм;

В—ось, на которой закреплен нож;

Г—ручка из квадратного железа 30 мм×30 мм для вращения ножа;

Д—деревянный брусок, размером 60 мм×50 мм для направления проволоки, выходящей из трубки;

Е, Е—деревянные бруски, размером 60 мм×50 мм, на которые положена трубка и прикреплена к ним угловым железом 20 мм×3 мм;

Ж—чугунная плита с прикрепленными брусками Е, Е;

З, З—мыльница из жести, в которой распускается мыло для уменьшения трения проволоки при прохождении ее через трубу;

И—деревянный брусок для поддержания оси барабана;

К—деревянный барабан для надевания мотка проволоки;

Л—деревянный квадратный стол для установки чугунной плиты;

М—доски для плетения сеток, устанавливаются на козлы;

Н—железная ось d = 25 мм, на которую надевается барабан.

Плетение сетки производится на двух досках, расположенных сбоку станка; одна доска кладется на деревянные козлы горизонтально и на одном уровне с чугунной плитой станка, а другая под тупым углом к первой так, чтобы грань угла приходилась по одной прямой со стороны направляющего бруска *Д*, обращенного к ножу. Длина этих досок произвольная, но не короче длины сетки.

Плетение сеток производится следующим образом: на барабан надевается моток проволоки и свободный конец продевается под пластинки мыльниц, после чего самый конец проволоки загибается крючком, вставляется в прорезь трубки и зацепляется за острие ножа.

При вращении ножа, проволока постепенно наматывается на него, принимая зигзагообразную форму, и, проходя прорези, выходит из трубки в таком виде.

Нож вращается до тех пор, пока не получим требуемую длину сетки, которая ранее намечена на горизонтальной доске, и тогда отрезаем проволоку и оставляем на доске, сдвинув ее немного от первоначального положения к самой грани угла, образуемого досками, которые и служат указанием местоположения проволоки.

Вращаем опять нож, и проволока, выходя из трубки, при вращении своем зацепляет за угол проволоки, лежащей на доске, затем отрезаем второй конец проволоки и сплетенные два конца проволоки растягиваем в поперечном направлении на доске гвоздями и располагаем так, чтобы второй конец лежал на месте первого, а первый отодвигаем по наклонной доске. Таким же образом продолжаем вести третий, четвертый конец и т. д. Когда на ширине досок сетка уже не помещается, то к первому концу по всей его длине прикрепляется груз и сваливается за доску.

При дальнейшем плетении сетки получаем полотно необходимых размеров, которое снимается со станка, растягивается на платформе шпилями и кроится (полотно вяжется таких размеров, чтобы при кройке на стенке габионов не было обрезков).

После окончания кройки подготавливается каркас из более толстой проволоки (4,5—6 мм) ручным способом заданных размеров для каждого полотнища в отдельности.

Каркасы заделываются в полотнища. Концы каркаса загибаются петлями, которыми каркасы боковых полотнищ соединяются с каркасом дна габиона и вращаются на нем как на шарнирах. Таким же образом соединяется каркас крышки с каркасом боковой грани на шарнире.

Для производства плетения сеток вышеописанным способом потребно 2 рабочих—один вертит ручку, а второй направляет конец проволок и следит за тем, чтобы не было пропусков в вязке.

При плетении сеток употребляются плоскогубцы для загибания проволок и кусачки для обрезания проволоки.

Габионы рассчитываются на разрыв проволочной сетки по допускаемым напряжениям на оцинкованную проволоку *).

Допускаемые сопротивления разрыву сетки для габионов

Таблица 20.

Размеры ячеек в мм	Толщина проволоки в мм							
	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2
	Сопротивление разрыву в кг на 1 м² сетки							
50×70	5028	6081	7854	—	—	—	—	—
60×80	4022	4865	6284	7822	9661	—	—	—
80×100	3017	3649	4723	5912	7245	8718	—	—
100×120	2514	3040	3927	4926	6038	7261	9073	—
120×140	2011	2432	3142	3941	4830	5811	7288	8864
140×180	1760	2129	2749	3448	4227	5085	6531	7756

Пример пользования таблицей. Требуется рассчитать габион в виде параллелепипеда размерами: длина 3,0 м, ширина 1,2 м, высота 1,2 м, с ячейками сетки 100×120 мм с заполнением камнем весом 1700 кг/м³.

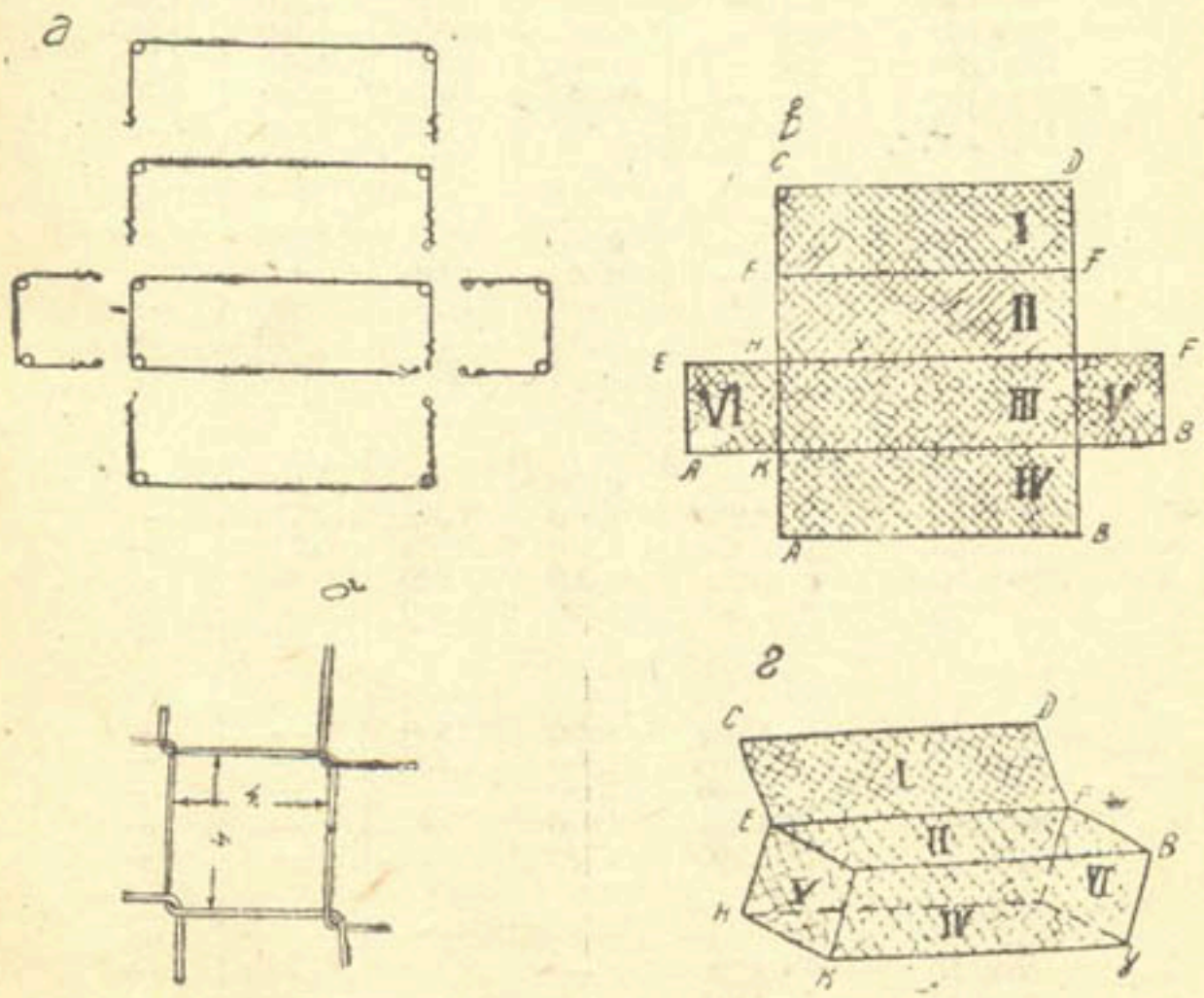

Рис. 48-а

*) Кнеппер „Применение металлических сеток в гидротехническом строительстве". Труды Северо-кавказского научно-мелиоративного института. 1930 г.

Вертикальная нагрузка на 1 м² дна габиона равна: $P = 1700 \times 1{,}2 = 2040$ кг, коэфициент запаса равен 2, будем иметь $P = 2040 \times 2 = 4080$ кг. По таблице находим для ячеек 100×120 мм толщину проволоки 2,5 или 2,8 мм. По таблице можно подобрать сетку с другими размерами ячеек, например 60×80 мм при толщине 20 мм и т. п.

Монтаж габионов

Габионная сетка раскладывается на земле. Затем стенки поднимаются так, что получается ящик с открытой крышкой, четыре ребра которого связываются между собою тонкой оцинкованной проволокой (рис. 48-а).

Установку габионов нужно производить на местности, не покрытой водой, или при глубинах не более 0,3 м, позволяющих спланировать дно и установить связанный габион. При большой глубине воды, последнюю нужно отвести или место установки оградить временными перемычками простейшего типа. Дно котлована должно быть спланировано путем подсыпки крупного камня.

Размеры ячеек и веса квадратного метра сетки

Таблица 21.

Размер ячеек в мм	Толщина проволоки в мм и вес квадратного метра проволоки (поверхность сетки)				
	2,4	2,7	3,60	3,40	2,90
140×140	—	—	0,900	1,100	1,540
130×130	—	—	0,900	1,160	1,540
120×120	—	—	1,020	1,310	1,740
118×118	—	0,820	1,020	1,310	1,740
115×115	—	0,820	1,020	1,310	1,740
110×110	—	0,920	1,140	1,470	—
105×105	—	0,920	1,140	1,470	—
100×100	—	1,010	1,250	1,620	—
98× 98	—	1,010	1,250	1,620	—
95× 95	—	1,010	1,250	1,620	—
93× 93	—	0,010	1,250	1,620	—
90× 90	0,840	1,010	1,370	1,770	—
85× 85	0,870	1,010	1,370	1,770	—
80× 80	0,950	1,200	1,620	—	—
75× 75	1,010	1,290	1,610	—	—
73× 73	1,010	1,290	1,610	—	—
70× 60	1,100	1,390	1,730	—	—
65× 65	1,160	1,490	—	—	—
60× 60	1,240	1,630	—	—	—
55× 55	1,400	1,790	—	—	—
50× 50	1,560	—	—	—	—
45× 45	1,610	—	—	—	—

Вязка габионных ящиков может производиться в стороне от работ на специальной площадке, по окончании монтажа они переносятся на место. При укладке должны быть соблюдены следующие правила:

1. Вертикальные ребра одного габиона, как можно крепче, связываются с ребрами другого габиона.

2. Бока и стенки габиона связываются между собой оцинкованной проволокой.

3. При помощи железных палок, длиной около 1,5 м, пропущенной в ячейки дна у угла габиона, растягивают габион, придавая ему правильную форму, и палки забивают, если возможно, в грунт.

4. При установке первого габиона, дно его растягивается четырьмя железными палками в углах, с придачей ему правильной формы.

5. При заполнении габиона к стенкам укладываются более крупные камни, чтобы они не могли проходить через отверстия сетки.

Центральную часть габиона, если крупного камня недостаточно, заполняют более мелким камнем, но во всяком случае не меньше размера ячеек принятой сетки.

6. Во избежание перекоса габиона, камни кладутся равномерно по всей площади габионов. При употреблении постелистого камня последний при укладке стараются подобрать так, чтобы уменьшить количество пустот. Прибавление в каменное заполнение габиона соломы или камыша считается нерациональным, так как эти материалы выносятся течением и быстро гниют. Камень должен быть прочным, большого удельного веса и не выветривающимся.

7. По мере наполнения габионов внутри их натягивают проволоки, соединяющие боковые грани и стенки габионов. Делается это для удержания габионов от выпучивания и для сохранения правильной его формы. Эти проволоки должны быть прикреплены так, чтобы захватить несколько ячеек сетки.

8. В габионах устанавливаются следующие связи:

а) соединяющие торцовые стенки с продольными стенками и последние между собой,

б) когда габион заполнен, тогда соединяют дно с крышкой.

После закрытия крышки через каждые 20 см производится ее скрепление по длине периметра на всех трех сторонах крышки.

9. Когда затягивание закончено, связывают ребра крышки с ближайшими проволоками соседних габионов. Габионы верхнего ряда привязываются ко дну нижележащих, перевязка делается по длине и ширине.

Сетка габионов в рабочих гранях должна быть скрыта от ударов и трения камней и потока. Для этого следует самым тщательным образом производить кладку рабочих граней габионов так, чтобы концы камней выступали сквозь петли сетки, но камни целиком не вываливались из сетки. Кладку рабочих граней надо поручать высококвалифицированным мастерам каменщикам. При такой кладке сетка габионов будет скрыта от ударов и истирания со стороны камня и песка, движущихся в потоке. Указанный способ кладки рабочих граней удорожает работу на 10%, но зато срок службы габионов значительно увеличивается. Французы и итальянцы считают срок службы габионов около 40 лет, т. к. габионы стоят без ремонта 20 лет. Принятие габионов неправильной формы допускать нельзя, ибо крышка не совпадает с ребрами боковых стенок, а между тем их нужно между собой связать, да и соседние габионы не будут совпадать боковыми гранями, и между ними будут получаться просветы.

Поскольку наиболее дорогой частью габионов является сетка—постольку и сокращение ее количества весьма желательно, поэтому при укладке габионов один на другой, во втором ярусе можно не делать столь частого дна. При укладке двух габионов рядом, у одного из них одна смежная стена может не делаться. Однако, в этих случаях требуется более тщательное их привязывание.

Обычно, в основание сооружения укладываются более тонкие и длинные тюфяки (основание). При подмыве дна они изгибаются, прикрывая собой под-

водный откос. Величина выпуска тюфяка зависит от предполагаемой величины размыва дна и вообще не должна быть менее максимальной глубины потока у места размыва (рис. 48-б).

Толщина тюфяка делается около 0,5 м. Длина габиона обычно в два—четыре раза более ширины. Наибольшая длина габионного тюфяка укладывается перпендикулярно направлению течения. При сопряжении габионной кладки с другими видами дамб кладка оканчивается уступами.

При зашите габионами крутого берега или дамб их укладывают только до горизонта воды, а выше производят планировку откоса, по которому укладывается одиночная каменная мостовая.

При строительстве из габионов регуляторов и барражей (водосливов) трущаяся часть поверхности габионов покрывается слоем бетона толщиной 12—15 см. Такое закрытие поверхности габионов предохраняет проволоку от ржавления и от истирания перемещающимися по дну реки крупными наносами.

При производстве продольных берегоукрепительных габионных дамб возможна следующая механизация работ. Укладывается на место каркас габионов, и ручным способом укладывается первый ряд камня так, чтобы камни своими остриями выдавались из ячеек сетки. Затем происходит наполнение габиона, при чем разгрузка транспортной магистрали производится с помощью системы разгрузочного агрегата, состоящего из удлиненного транспортера телескопического и веерного. Удлиненный транспортер будет принимать поток камня в конце основной транспортной магистрали и передавать его на телескопический транспортер. Длина телескопического транспортера может меняться в пределах до 15 м (если транспортер состоит из 2-х секций) путем раздвижки секций. Удлиненный же транспортер может менять свою длину на 15—30 м путем вставки секций по 15 м длиной.

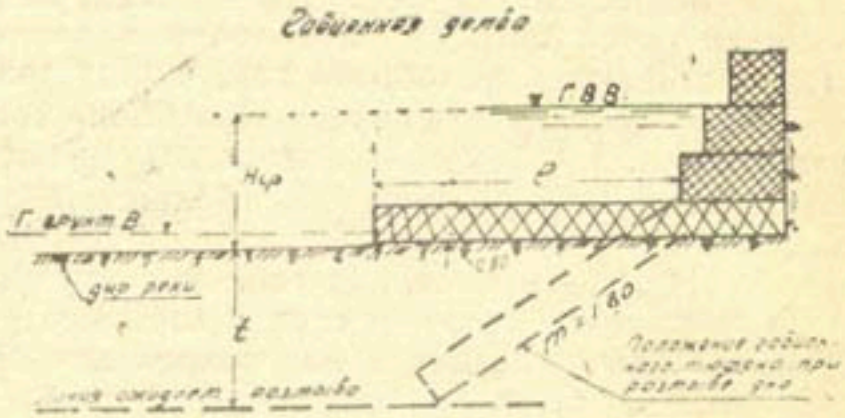

Рис. 48-б

Таким образом удается достигнуть разгрузки камня в любой точке вдоль продольной оси разгрузочных транспортеров.

Для распределения камня по площади служит третий веерный транспортер, который может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг своей хвостовой точки на 180° и менять угол наклона.

Хворостяные корзины

Хворостяные корзины применяются вместо габионов и карабур для крепления нижнего бьефа водосливов и для забора воды. Корзины плетут из хвороста толщиной в комле 2—3 см и длиной 2—2,5 м. Колья (арматура) делаются из хвороста толщиной 3—5 см, дно плетется из более мелкого хвороста. Размер корзин 3×1×1 м.

На одну корзину требуется около 0,75 м³ хвороста. Стоимость 1 корзины, в зависимости от подвозки хвороста, меняется от 17 до 28 руб. Чтобы исключить снос корзин, последние прикрепляются к специальным анкерам, установленным на берегу, или за ранее установленные корзины и затем загружаются камнем.

§ 14. Ряжевые работы

В тех случаях, когда имеется достаточное количество дерева и крупного камня для загрузки, в целях защиты берега, укрепления водослива, нижнего

бьефа сооружений, а также для устройства временных водозаборных сооружений или перемычек, применяются ряжи. Конструкции ряжей бывают различные, главнейшие из них следующие:

Ряжи со сплошными вертикальными поперечными стенками. Устраиваются обычно из круглого леса. Заполнение их может быть камнем и гравелисто-галечниковым грунтом.

Рис. 49

Американские ряжи собираются без врубок, из брусьев прямоугольного сечения, укладываются в клетку, с пришивкой каждого ряда в пересечениях стен штырями сквозь три ряда. Ряжи заполняются камнем, при этом в верхний слой и у наружных стен кладется более крупный камень (рис. 49).

Для удержания ряжей от сдвига, если позволяет грунт, забивают старые рельсы, металлические или деревянные сваи (рис. 50).

Ряжевые укрепления достаточно прочны и подвижны, но в условиях переменного затопления и обнажения из под воды дерево подвергается быстрому гниению. Срок службы этой части ряжей 10—12 лет; подводная часть ряжа может изнашиваться только от механического воздействия различных наносов или пловучих тел.

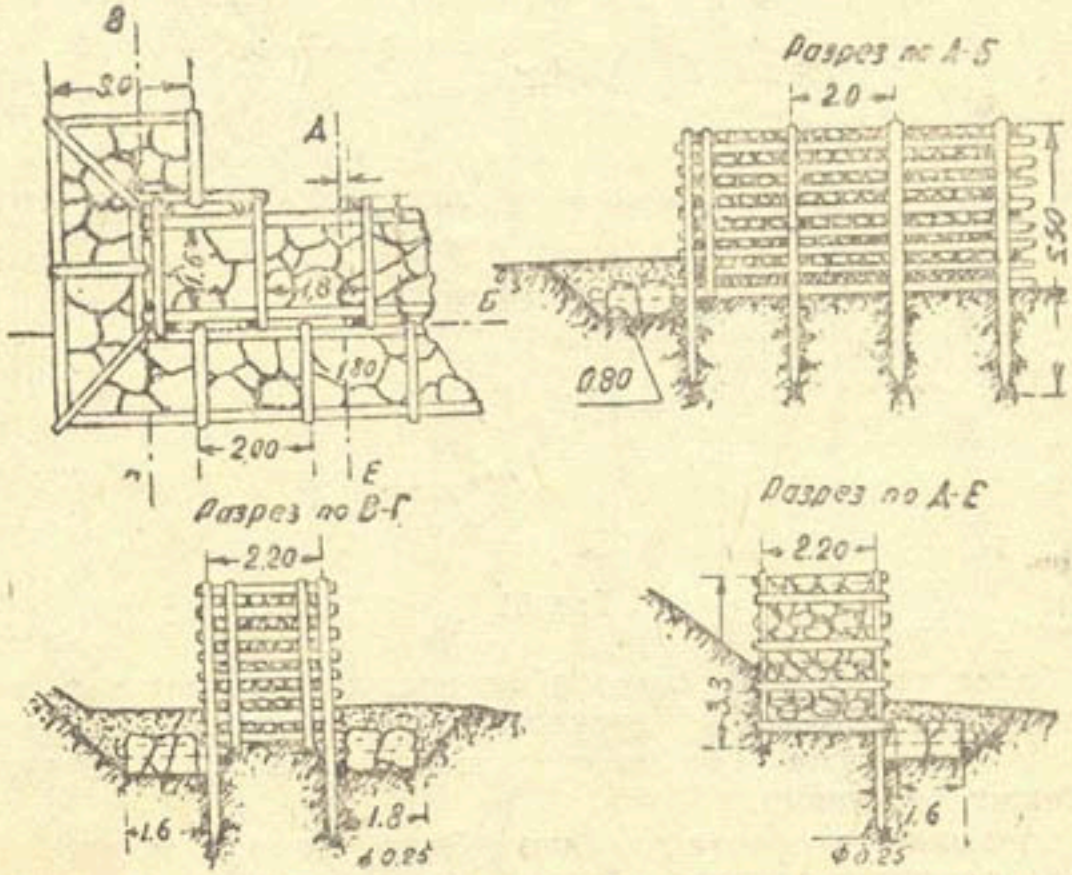

Рис. 50

В последнее время (Италия) находят применение железо-бетонные ряжи из брусьев сечением 0,15×0,20 м, армированных четырьмя прутьями диаметром 10 мм и связанными между собой металлическими тросами, диаметром

18 мм. Размер клеток ряжей 2,80—3,0 м. Железобетонные ряжи прочнее и долговечнее деревянных.

В качестве примера применения деревянных ряжей американской рубки и загруженных камнем может служить барраж, выстроенный на одной из рек Ферганской долины (рис. 51-б). Назначение этого барража обеспечить потребный забор воды в правобережный ирригационный канал и одновременно уменьшить ежегодные денежные расходы на регулировачные работы с 200.000 до 50.000 руб.

В русле имеются камни крупностью по наибольшему диаметру до 30 см. Уклон поверхности воды 0,003.

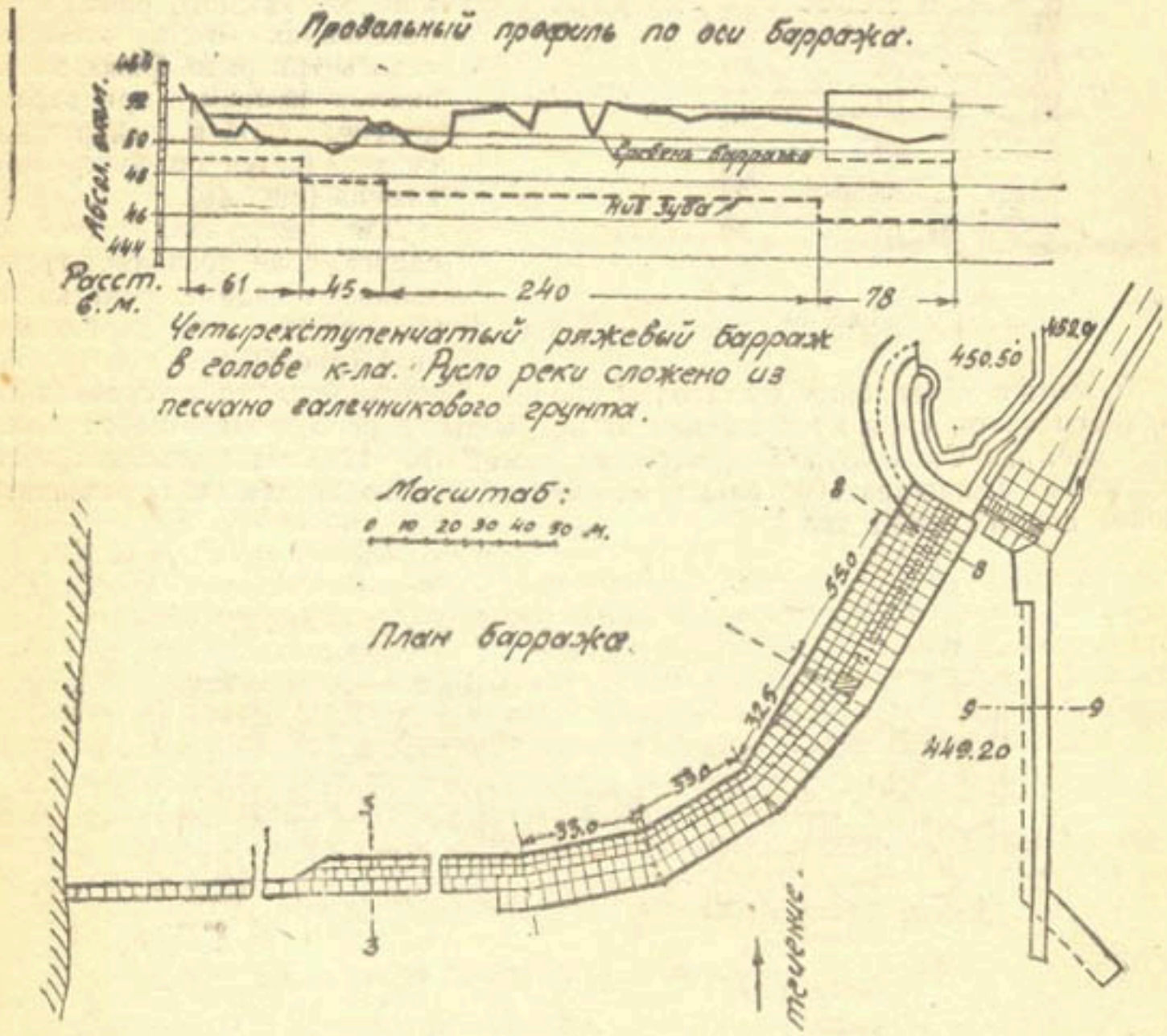

Рис. 51

В целях более точного регулирования поступления воды в канал, в голове канала выстроен деревянный регулятор со спицевыми затворами, с заглублением основания ниже отметки среднего дна на 3,2 м, и закреплением берега габионными тюфяками.

Среднее возвышение порога над дном было около 1 м, но, несмотря на это, отклонения потока к правому берегу не произошло, т. к. его влияние распространилось вверх по течению всего на 300—400 м и он в первый же год работы оказался занесенным наносами до гребня, река продолжала движение в прежнем направлении, а стоимость ежегодных регулировочных работ сохранилась прежней.

Следует также заметить, что после строительства барража вследствие

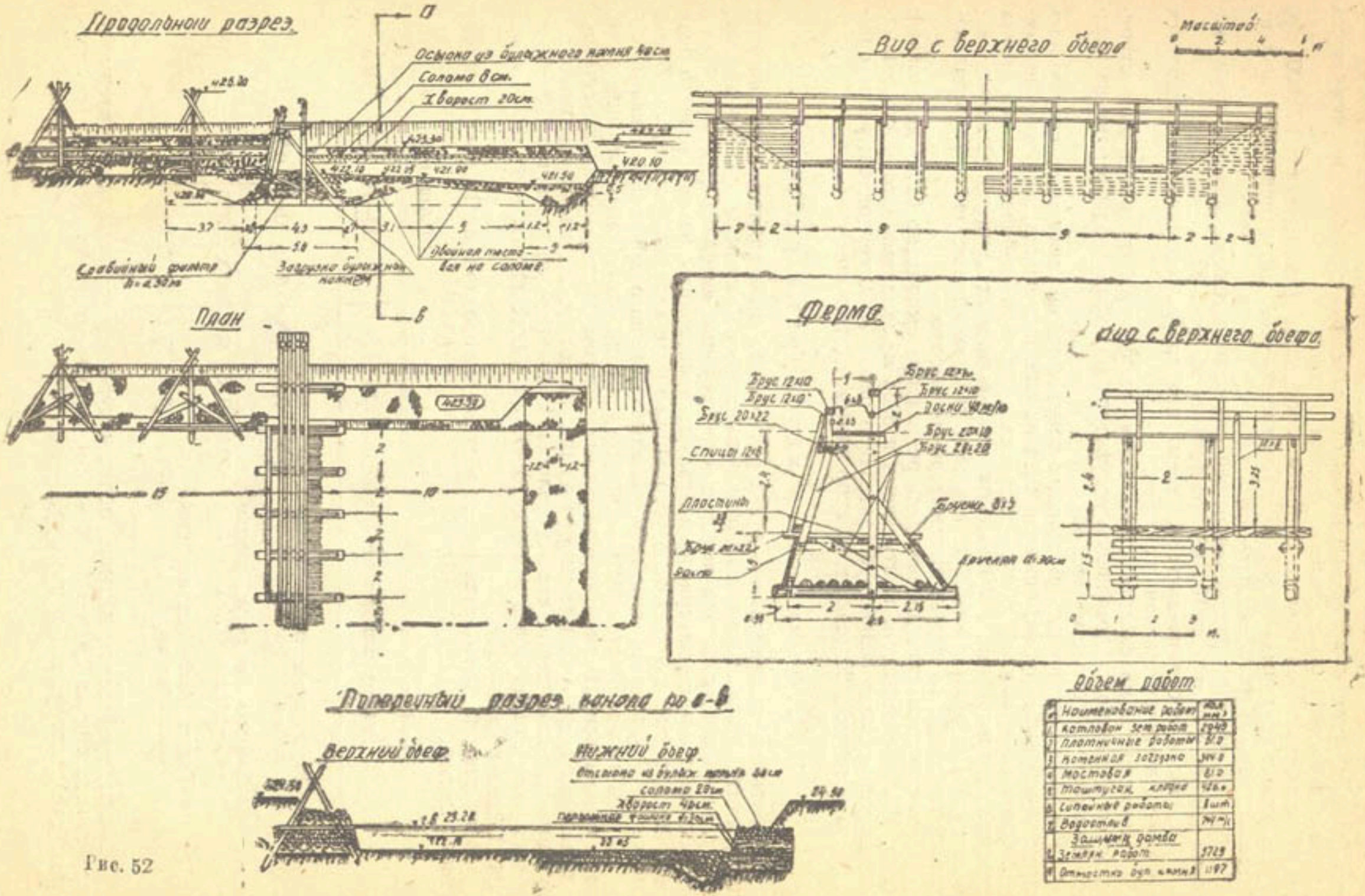
Продольный разрез
Вид с верхнего бьефа
Масштаб
План
Ферма
Вид с верхнего бьефа
Поперечный разрез канала по в-в
Верхний бьеф
Нижний бьеф
Объем работ

Рис. 52

перепада в нижнем бьефе у левого берега образовалось местное понижение дна (размыв) ниже отметки заложения основания ряжей, благодаря чему часть ряжей в паводок была вымыта и унесена рекой.

Стоимость строительства барража составляет (по проекту) 100.800 руб Об'ем работ: земляных—37.831 м³, деревянных—1.377 м³, каменных—11.948 м³, бетонных—940 м³ и габионных—1.872 м³.

Другой пример применения ряжей для строительства барража перед головой канала с расходом 100 м³/сек. показан на рис. 32.

Обычно при строительстве ряжевых или других сооружений приходится выполнять комплекс различных работ.

Примером комплексного применения разных работ может быть строительство временного деревянного регулятора по забору воды в один из каналов Ташкентской области (рис. 52).

Регулятор состоит из деревянных контрофорсов, связанных сверху мостиком и упорным брусом, опирающимся на ряжевые ящики, загруженные камнем. Флютбет—ряжевый, понур—наброска, рисберма—наброска в плетневых клетках. Регулятор имеет 9 пролетов, перекрываемых спицами. С целью увеличения забора воды в канал от нижнего угла входа выстроена короткая водозаборная дамба из сипаев шестиметровой высоты.

При строительстве деревянного регулятора выполнено 61 м³ деревянных работ, 426 м³ сипайных и таштуганных и 8956 м³ земляных. Стоимость выполненных работ около 80.000 руб., затрачено около 7.000 трудодней; работы выполнены в течение 20 дней, т. е. скоростными методами.

§ 15. Фашинные и карабурные работы

Работы по регулированию русел рек обычно производятся в местностях, где сравнительно легко можно заготовить хворост, камыш, солому, камень, гальку, чим (дерн) и другие местные строительные материалы.

Указанные выше материалы позволяют производить из них разного рода довольно прочные и эластичные устройства в виде канатов, фашин, карабур и разного рода облицовки и тюфяки, укладываемые на откосах рек и каналов.

1. Канаты могут быть приготовлены из тала (ивы), камыша, куги, осоки и тамариска. Размер изготовляемых канатов зависит от их назначения. Так, например, для укрепления уложенной на откос выстилки применяются прутяные или камышевые канаты толщиной 10—12,5 см и длиной 10—20 м, перевязанные вицами через каждые 20—30 см. Такие канаты вяжутся на переносных козлах (рис. 53).

В таблице 22 приводится норма расхода материалов на 10 пог. м хворостяного каната.

Таблица 22.

Диаметр каната в см	10			13—14		
Расстояние между перевязками в м	0,30	0,40	0,50	0,30	0,40	0,50
Хвороста в вицах длиною 1,6—2,0 м в м³	0,14	0,13	0,12	0,22	0,21	0,20
Каната d=2—3 см или проволоки пог. м	20	18	15	27	20	17

Из ивы, гребенчука, камыша, осоки и куги могут быть изготовлены и более тонкие канаты (диаметром 2—4 см), которые применяются вместо проволоки для вязки фашин и карабур.

В таблице 23 приводятся результаты опытов по определению предела текучести и временного сопротивления канатов, изготовленных из свежей осоки и куги.

Таблица 23.

№№ п. п.	Характеристика каната	Диам. каната в см	Усилия в кг, при которых произошел разрыв R	Предел текучести $R_т = 0{,}6R$ в кг
1	Канат свит из 2 прядей осоки и куги (50% каждого материала), длина каната 5 м .	2	50	30
2	Тоже	2	60	35
3	То же, но осока была лучшего качества (зеленая)	2	70	42
4	Канат свит из 4-х прядей осоки и куги, т. е. канат был свит из 2-х канатов диам. 2 см .	3,5	150	90
5	Тоже	3,5	160	95

2. Однокомельные фашины—пучки хвороста, толщиной 25—30 см, увязанные комлями в одну сторону. Длина однокомельных фашин бывает от 2 до 2,45 м. Фашину таких размеров легко переносит один человек.

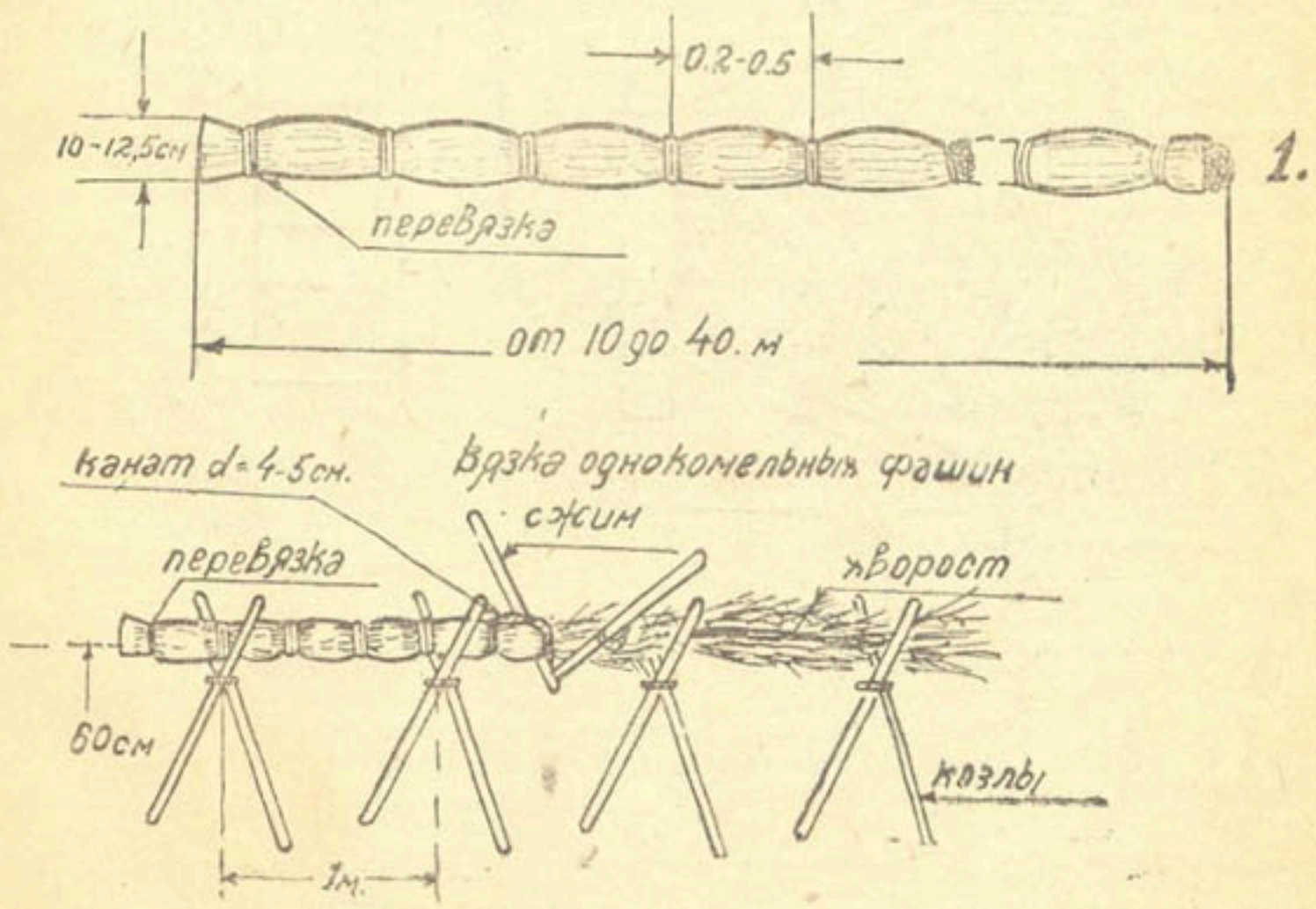

Рис. 53

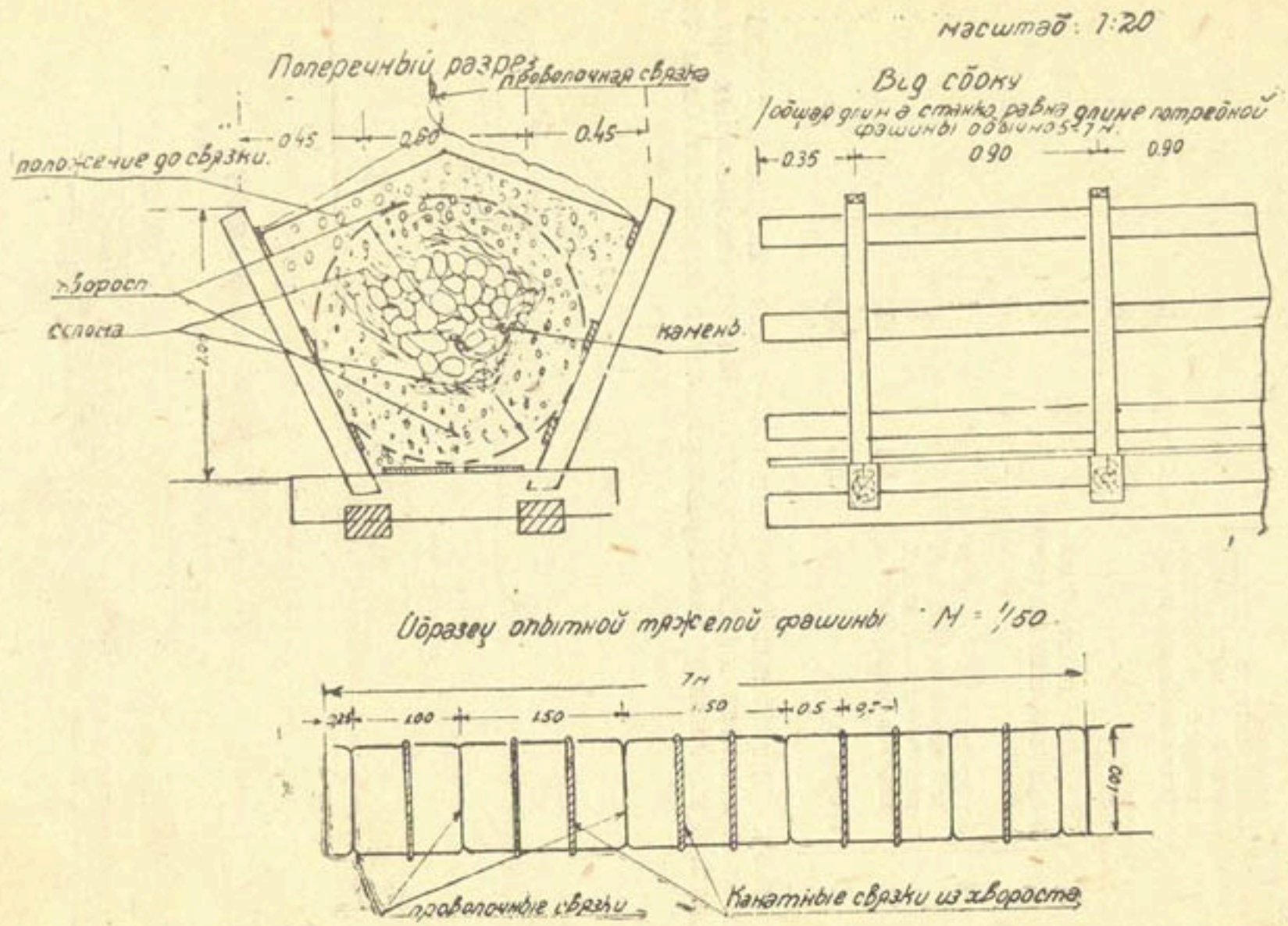

Рис. 54-а. Станок для вязки тяжелых фашин

3. Двукомельные фашины—пучки хвороста, уложенные так, что комли хвороста обращены в оба конца фашины, а ветви спрятаны в средину; толщина ее 30 см и длина 2—4,4 м. Вес одной фашины длиной 4,4 м и d=0,3 м—100 кг. Вязка однокомельных и двукомельных фашин производится на козлах.

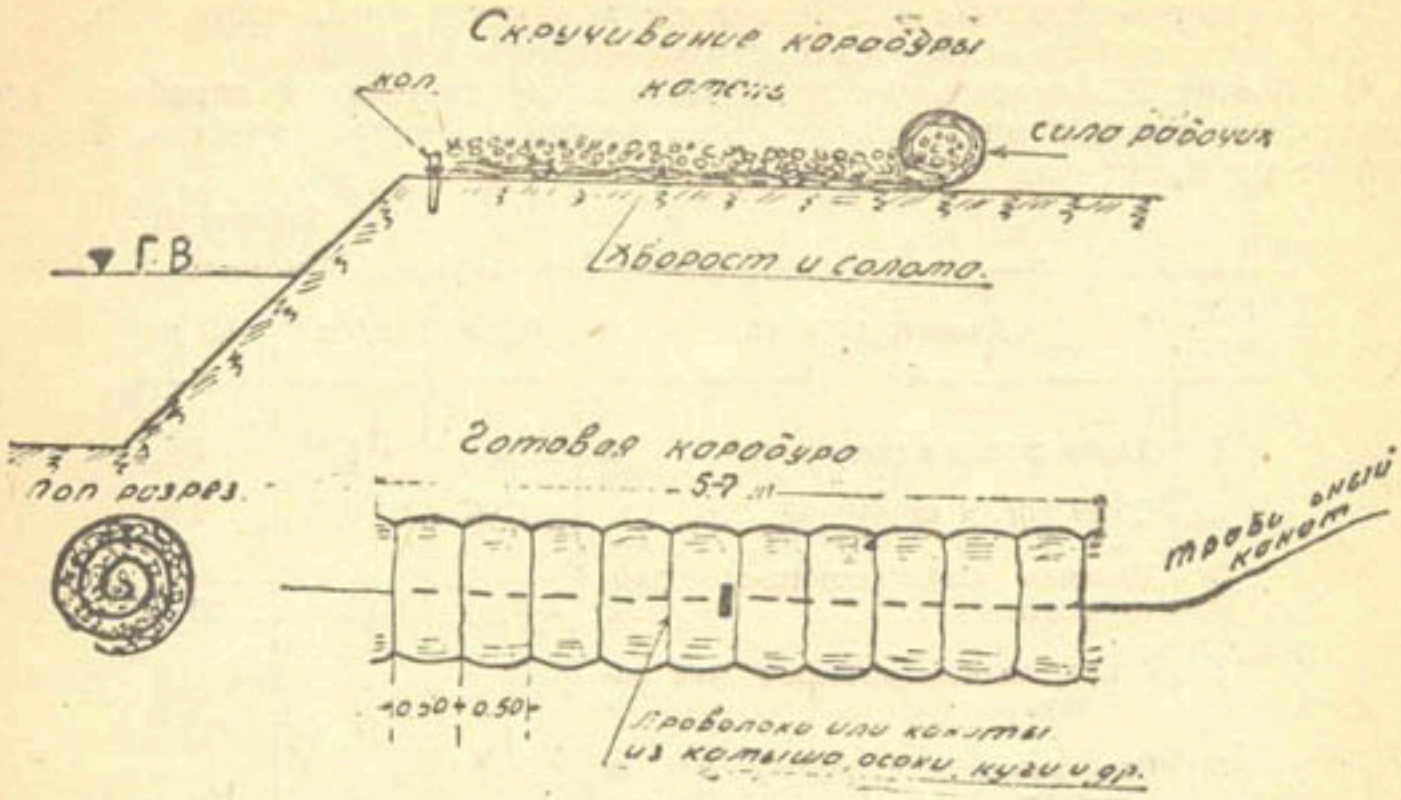

Рис. 54-б

4. Тяжелые фашины. Для погружения фашин в воду их загружают камнем, тогда получаются тяжелые фашины.

Тяжелые фашины изготовляются на станках, конструкция которых ясна из рис. 54.

Конструкция фашин такова, что оболочка приготовляется из хвороста или камыша, а средина загружается камнем, галькой или чимом. С целью уплотнения хвороста в фашину укладывают слой соломы. Изготовляют их обычно у места назначения так, чтобы сразу можно было бы укладывать в дело.

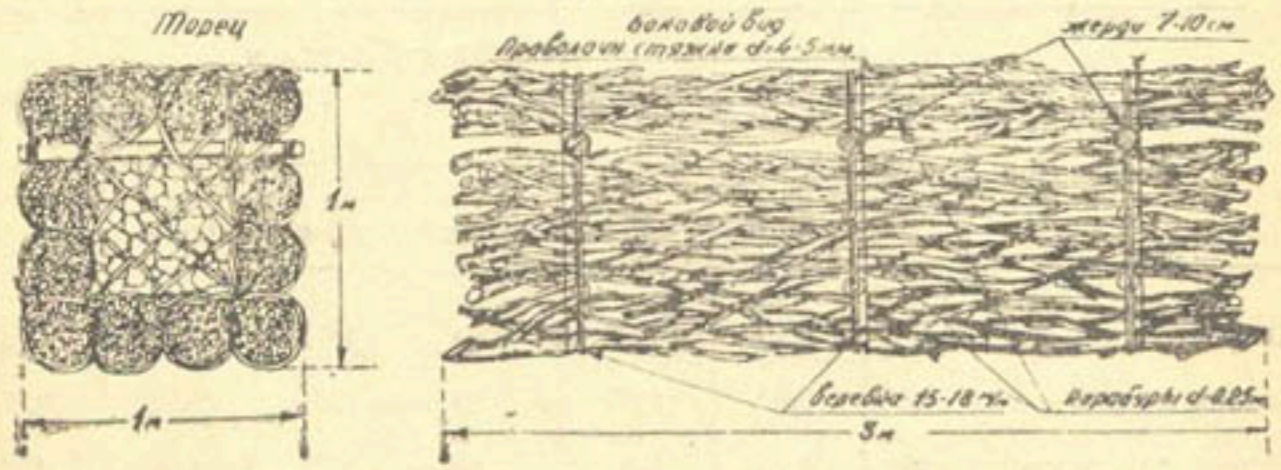

Рис. 55. Каменно-хворостяные карабуры тяжелого типа, применяемые на р. Аму-дарье

5. Тяжелые карабуры имеют форму слоеного рулета, свернутого из хвороста, соломы и камня. В некоторых случаях вместо хвороста применяют камыш, а вместо камня—чим (дерн) или гравий, в зависимости от наличия материалов у места работ. Разница между карабурами и фашинами заключается, во-первых, в способе их изготовления и, во-вторых, по расположению материалов внутри конструкции (рис. 54-б).

Карабуры и фашины, в зависимости от материалов имеют следующее подразделение:

1. Каменно-хворостяные с добавлением для уплотнения соломы,
2. Камышево-гравийные или галечниковые, также с применением соломы,
3. Камышево-чимные (дерновые),
4. Камышево-земляные с добавлением камня для увеличения веса,
5. Смешанный тип (хворост и камыш—камень и гравий).

В таблице 24 дается длина и толщина закручиваемых в карабуру слоев хвороста, соломы и камня, а также об'ем погонного метра карабуры в зависимости от их диаметра.

Таблица 24.

№№ п.п.	Диаметр карабур	0,7 м	1,0 м	1,6 м
1	Длина закатываемого слоя . . м	3,5	5	7
2	Об'ем пог. м карабуры . . . . м³	0,40	0,80	2,10
3	Толщина закатываемого слоя хвороста . . . . . см.	12	16	30
4	Длина концов проволок или каната . . . . . м	4,5	6	8
5	Слой хвороста в неспрессованном виде . . . . . см	12	16	30
6	Слой соломы неспрессованный . см	3	5	8
7	Слой камня булыжного или крупной гальки . . . . . см	6	8	15

В таблице 25 даются нормы расходов материалов на каменно-хворостяные карабуры.

Таблица 25.

Наименование материалов	Диаметр карабур в м					
	0,70		1,00		1,60	
	на пог. м	на кб. м	на пог. м	на кб. м	на пог. м	на кб. м
Хворост . . . . . м³	0,40	1,00	0,80	1,00	2,10	1,00
Солома . . . . . м³	0,10	0,25	0,20	0,25	0,52	0.25
Камень или гравий . м³	0,20	0,50	0,40	0,50	1,05	0.52
Проволока d=5 мм . кг	2	5	2,7	3,40	3,6	1,80
Канат (вместо проволоки) из ивы, куги и осоки d=4 см . . . . . пг. м	9	22,5	12	16	—	—

Фашины изготовляются в специальных станках, устанавливаемых у места их укладки. Проволока раскладывается поперек станка через 50 см, затем

укладывается слой соломы и в середину камень. Затем сверху укладывается вновь слой соломы, хвороста и производится стягивание проволокой d=5 мм.

В таблице 26 указана характеристика фашин.

Таблица 26.

№№ п.п.	Название элементов фашины	Диаметр фашины м			
		0,70	1,0	1,60	0,70 тяжелые
1	Длина окружности п м.	2,20	3,14	5,0	2,2
2	Об'ем 1 п. м фашины м	0,40	0,80	2,10	0,40
3	Диаметр каменной насыпки . . . . . м	0,36	0,50	0,90	0,67

В таблице 27 указана норма расхода материала на 1 фашину разного диаметра.

Таблица 27.

Наименование материалов	Диаметр фашин в м							
	0,70		1,00		1,60		0,70 (тяжелые)	
	на пог. м	на кб. м	на пог. м	на кб. м	на пог. м	на кб. м	на пог. м	на кб. м
Хворост . . . . . м³	0,40	1,00	0,80	1,00	2,00	1,00	0,28	0,70
Солома . . . . . м³	0,16	0,45	0,32	0,70	0,80	0,70	0,14	0,35
Камень или гравий . .	0,10	0,25	0,20	0,25	0,63	0,31	0,25	0,63
Проволока d=5 мм кг	1,3	3,25	1,70	2,12	2,55	1,28	1,30	3,13
Фашины (карабуры) п. м.	—	2,50	—	1,25	—	0,50	—	2,50

Конструкция тяжелой фашины из хворостяных виц с заполнением средины крупным камнем (на р. Амур-дарье у Чарджоу) показана на рис. 55.

Производство работ по вязке карабур

Карабуры изготовляются вблизи от места их укладки. Для приготовления карабур на берегу или на дамбе место планируется с уклоном в сторону спускания. Ширина и длина площадки должны быть несколько больше ширины и длины карабур в развернутом виде (рис. 54-б).

На выравненной площадке по ее граням, обращенным к воде, забивается ряд колышков, расположенных по прямой линии, в расстоянии 50 см. друг от друга.

Крайние колышки должны отстоять от концов карабуры на 35—50 см.

К колышкам привязываются концы неоцинкованной проволоки, диаметром 4 мм, или канаты, свитые из осоки, камыша, куги или хвороста. Длина каждого конца должна быть равна ширине карабуры в развернутом виде, с запасом на завязку, при диаметре карабуры в 1,6 м длина проволок должна быть не менее 8 м. Свободные концы всех проволок привязываются к специальной прямой хворостине по длине, равной карабуре. Проволоки или канаты натягиваются хворостиной и располагаются по кладке параллельными

линиями. На уложенную проволоку или канаты укладывается слой хвороста или камыша. Толщина слоя хвороста или камыша берется в 20—25 см; длина слоя должна равняться длине пласта развернутой карабуры; ширина пласта равняется длине карабуры.

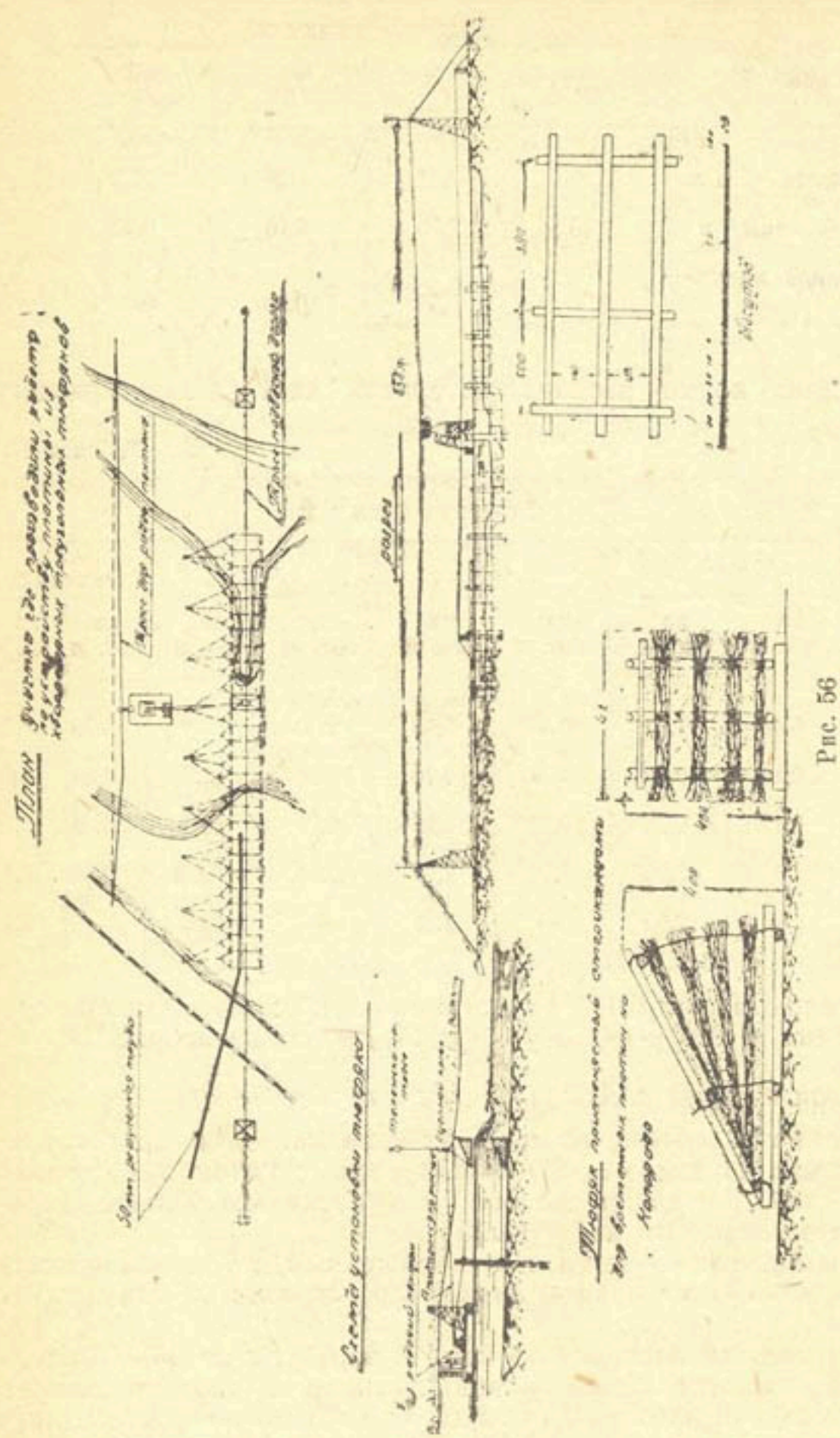

Рис. 56

По уложенному таким образом хворосту для уплотнения кладки укладывается слой соломы, толщиной в уплотненном виде 5—10 см. Если вместо хвороста применяется камыш, то тогда надобность в рисовой соломе отпадает.

Сверх соломы укладывается плашмя слой крупной гальки, толщиной 10—25 см, в зависимости от диаметра карабуры. В случае отсутствия гальки или камня, вместо них кладется дерн или глина.

Уложенные таким образом материалы карабуры сворачиваются в виде рулета, начиная с крайней хворостины с привязанными проволоками (канатами), которые остаются внутри карабуры в виде спирали.

Для скручивания карабуры, рабочие становятся в ряд, вплотную друг к другу, и начинают свертывать весь пласт.

Когда карабура свернута, отвязывают от колышек концы проволоки или каната и туго привязывают их к концам, обхватывающим тело карабуры. Приготовленную карабуру подкатывают по наклонной плоскости и сбрасывают в назначенное место. Вслед за первой карабурой можно таким же образом сбрасывать и другие карабуры. Для предупреждения сноса карабур быстрым течением, отдельные карабуры сбрасывают-

ся привязанными на проволоке, прикрепленной к забитым на берегу свайкам. С этой целью во внутрь карабуры, до ее свертывания, кладется обрубок дерева, длиной 30—40 см, к которому привязывается проволока или канат.

При изготовлении и опускании карабур необходимо применять лебедки легкого типа или рычаги.

Лебедка устанавливается так, чтобы при натягивании тросов карабуры могли бы закручиваться и опускаться в нужное место.

На время производства укладки слоев карабуры, тросы лебедки ослабляются и лежат с боков карабуры. После укладки хвороста и камня тросы натягиваются.

У карабуры с обоих концов прикрепления троса стоят по одному рабочему, они заворачивают первый сверток и потом лишь помогают тросам ровно свертывать карабуру. После того, как карабура свернута, и проволока, отвязанная от колышков, прикреплена к проволокам, обхватывающим тело карабур, этими же лебедками карабуры скатываются в воду.

В этом случае могут применяться лебедки, нашедшие применение в „малой механизации" со следующими основными параметрами:

тяговая сила . . . . . 0,5—1,5 тн,
скорость троса . . . . . около 0,5 м/сек.,
мощность движения . . . от 11 до 27 л. с.

Иногда для регулировочных работ устраивают треугольные или четырехугольные тюфяки. Для примера можно сослаться на регулировочные работы, проводимые на р. Колорадо, в голове Имперского канала, где в межень треугольными тюфяками перекрывается вся река и тем обеспечивается потребный забор воды в канал. Ширина реки в месте перекрытия около 300 м. Для подвозки к месту укладки тюфяков устроена подвесная дорога длиной 300 м и два троса для передвижения понтона с краном (рис. 56).

§ 16. Крепление откосов выстилками, матами и тюфяками

а) Хворостяная и камышевая выстилка

Выстилки применяются для крепления откосов каналов и рек, при этом речные откосы крепятся выше горизонта меженних вод и не подверженных опасному действию ледохода. На спланированный откос укладывают слой хвороста (камыша) россыпью. Работа по выстилке производится вверх по течению: первый ряд хвороста (камыша) укладывается комлями по течению, а остальные—против течения, причем вершины последующих рядов перекрывают ряды хвороста примерно на $^2/_3$ их длины.

Для лучшего прорастания хворост направляют вершинами в сторону бровки под углом 30° к направлению течения воды. Поперек хвороста укладывают на 1 м один от другого по осям хворостяные канаты; для камыша укладываются камышевые канаты с расстоянием между ними 0,75—0,80 м.

Длина канатов равна ширине выстилки с запасом 30—40 см в каждую сторону. Канаты пришиваются кольями, забиваемыми через тело выстилки в откос между всеми перевязками каната с переменным наклоном в ту и другую сторону (козелком).

По высоте колья выступают над канатами на 5 см.

В целях прорастания, выстилка пригружается растительной землей в количестве 0,1 м³ на 1 м² выстилки. Толщина выстилки в сжатом состоянии 10—30 см. На рисунке 57 представлено крепление откоса хворостяной поперечной выстилкой. Подводная часть укреплена гибким тюфяком, пригруженным камнем.

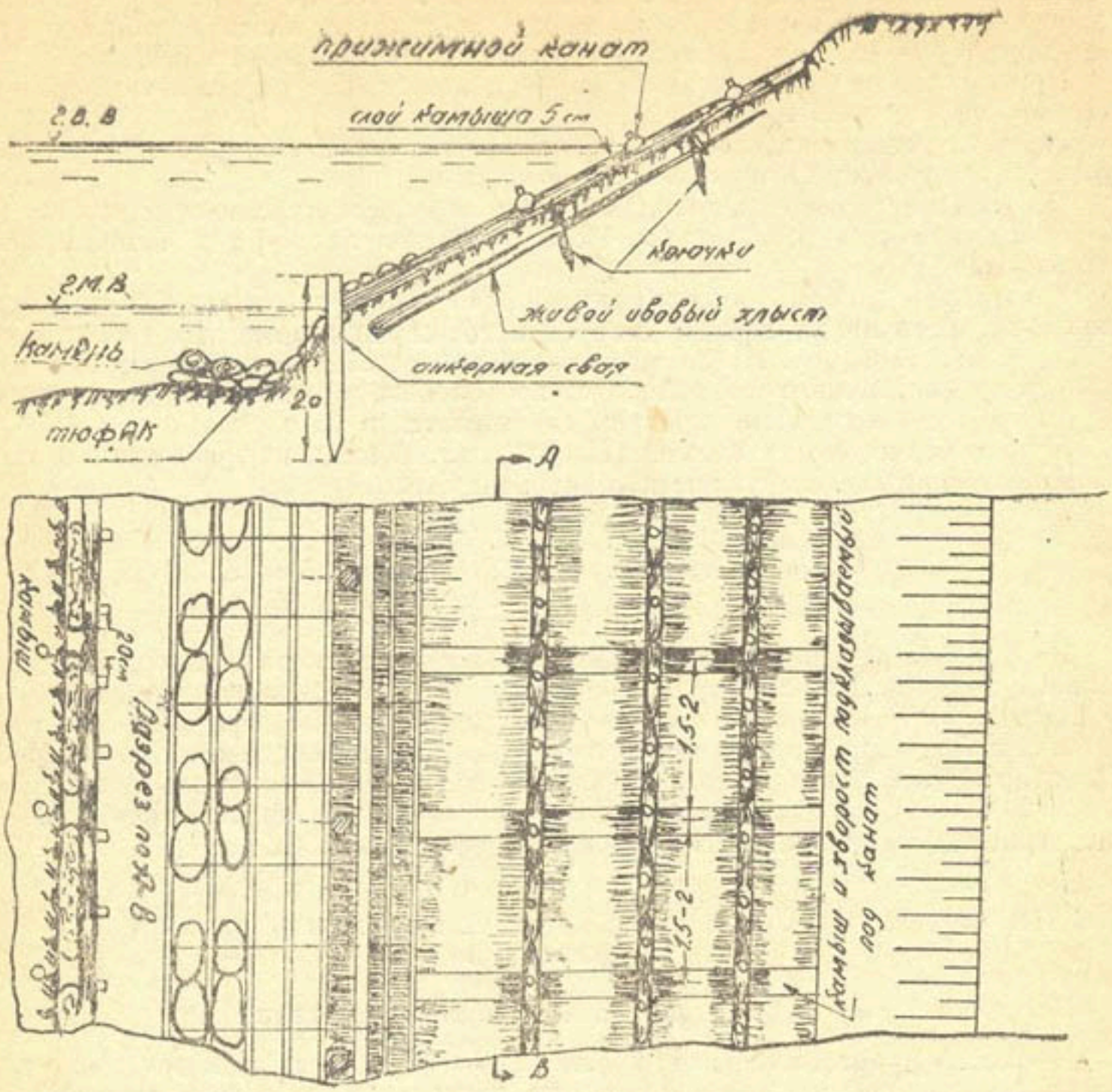

Рис. 57

В таблице 28 дается норма расхода материалов на 1 кв. м выстилки толщиной 15 см (для выстилки толщиной 30 см количество хвороста или камыша надо увеличить до 0,328 м³).

Таблица 28.

Название материала	Единица измерения	Хворостяная выстилка	Камышевая выстилка
Хвороста	м³	0,178	—
Хворостяных канатов .	пог. м	1,600	—
Кольев	штук	1,73	—
Камыша	м³	—	0,178
Камышевых канатов	пог. м	—	2,25
Кольев	штук	—	4,50

За последнее время на каналах применяется комбинированный способ крепления откосов, состоящих из камышевой выстилки и ивовых хлыстов (рис. 57). Последние в свежем виде укладываются под выстилку и закапываются на 10—15 см в откос берега с тем, чтобы нижний конец хлыста доходил до уровня грунтовых вод. Указанные хлысты укладываются через 1—1,5 м друг от друга, с течением времени прорастут, и корневая система от них укрепит откос берега выше горизонта грунтовых вод.

В области постоянных грунтовых вод корневая система не развивается, и поэтому нижнюю часть откоса приходится защищать обычными методами. Преимущество данного метода заключается в том, что по мере развития корневой системы надобность в подводном искусственном креплении отпадает, так как действие корневой системы с течением времени увеличивается.

б) Маты и тюфяки

Маты и тюфяки применяются для защиты откосов рек, русла которых сложены из песчано-гравелистых грунтов.

Маты изготовляются из фашин диаметром 12—15 см, с нижней и верхней стороны которых укладываются сетки из канатов и прошиваются проволокой. Иногда вместо фашин в средину мата укладывается слой хвороста толщиной 15 см и также скрепляется сетками из канатов. Загрузка мата производится крупным камнем или мешками, начиненными гравием, которые укладываются сверху мата.

Тюфяк амударьинского типа (рис. 58) состоит из двух слоев хвороста, уложенных перпендикулярно друг к другу, толщина каждого слоя 7,5 см. По нижнему слою хвороста, в расстоянии одного мата вдоль и поперек тюфяка, положены фашины, диаметром 10 см; в клетки между фашинами уложен камыш, поверх камня слой хвороста 7,5 см. Сверху накладывается сетка из проволоки, а места пересечения их стягиваются с нижней сеткой.

По способу производства маты и тюфяки разделяются на подводные и надводные. Укладка надводных мат (выше горизонта воды) не представляет сложного труда, так как работа производится на сухом месте, тогда как укладка под воду сопряжена с большими трудностями и требует сложного и мощного оборудования.

Потребное количество строительных материалов на 1 мат и 1 тюфяк, размером 20×10 м, приводится в таблице 29.

Таблица 29.

№№ п.п.	Наименование материала	Единица измерен.	Мат	Тюфяк
			Количество	
	На надводную часть тюфяка и мата			
1	Хворост в плотном теле	м³	24,0	30,0
2	Камень в кладке	„	13,0	22,0
3	Проволока 4 мм	кг	1200	400

На подводную часть тюфяка и мата

1	Хворост в плотном теле	м³	24,0	50,0
2	Камень в кладке	„	13,0	22,0
3	Проволока 4 мм	кг	1100	350
4	Проволока 6 мм	„	660	—
5	Проволока 8 мм	„	—	1170
6	Трос d=20 мм	п. м.	40	40
7	Бетон	м³	1,13	1,13
8	Бревна 20 см	„	1,32	1,32
9	Доски 20×5 см	„	0,60	0,60

На Волге и Днепре применяются тюфяки, загружаемые камнем сверху (конструкции напоминают амударьинские маты), для их вязки вместо проволочных сеток применяются сетки из круглых канатов (рис. 59).

Прошивка тюфяка волжского типа производится мочальными или пеньковыми веревками.

Нижний ряд канатов в сетке кладется по ширине, а верхний по длине предполагаемого тюфяка. Узлы пересечений канатов связываются веревками, концы которых оставляют такой длины, чтобы они были достаточны для пропуска через всю толщину уложенного материала и для обвязки верхней сетки. После этого в узел вставляются особые колья „козульки", а концы веревки (линьки) надевают на верхний конец „козульки" (рис. 60). Когда тело тюфяка достигает требуемой толщины, на него укладывается верхняя сетка так, чтобы узлы верхней сетки совпадали с узлами нижней сетки, после этого концы веревок снимают с „козулек" и крепко, при помощи аншпугов (рис. 60-в), завязывают в верхних узлах, притягивая верхнюю сетку к нижней, после этого козульки вынимаются.

Для погрузки тюфяка на дно клетки верхней сетки загружаются камнем. В случае недостаточности глубины этих клеток, последние могут быть увеличены плетнем заплетаемых возле кольев, забитых в тюфяк по сетке.

Вязка тюфяка производится на береговых стапелях, которые одновременно служат для спуска тюфяка на воду (рис. 61). Наилучший уклон для стапелей 1:7 и 1:6.

Указанные уклоны принимаются при стапелях с катками. При отсутствии катков вяжутся меньшие тюфяки до 200 м², уклон делается 1:4 и даже 1:3. Речной край стапеля строится на сваях, причем у первого ряда свай глубина должна быть 1,5 м; при недостаточной глубине тюфяк во время спуска упирается в дно и может подвернуться. Поэтому, если глубина недостаточна, то стапель удлиняют в сторону реки. Для того, чтобы при спуске тюфяков катки не попадали под тюфяк, устраивают так называемый кошель. На Волге у Саратова на береговых стапелях вязались и спускались с них тюфяки размером 20×45 и 30×40 м. При очень больших по об'ему работах сетки иногда устраиваются стационарными, на подшипниках (рис. 62). Во время вязки тюфяк удерживается на стапеле кольями, закрепленными в специальные отверстия по краям и в средину, перед опусканием колья вынимаются.

Перед укладкой тюфяков производят планировку подводного и надводного откоса; подводный откос планируется при помощи землечерпания. Непосредственно перед установкой и погружением тюфяков производят промер глубин на месте расположения сооружения. Промеры производятся по оси и по на-

правлениям расположения напорной и сливной кромок тюфяка; при этом все промерные створы привязываются в плане к магистрали по берегу, а в высотном отношении—к проектному горизонту. При постановке тюфяков у бе-

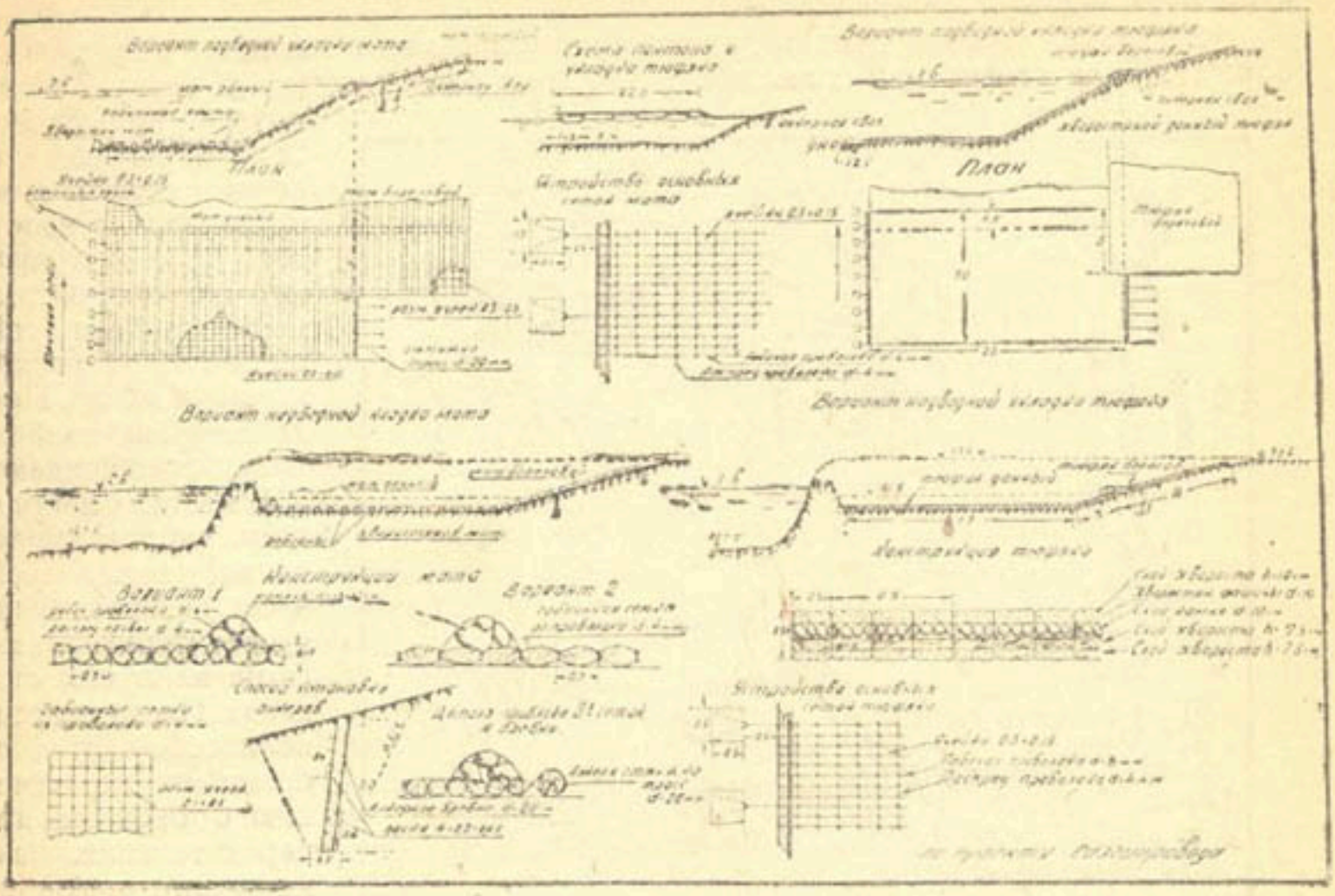

Рис. 58

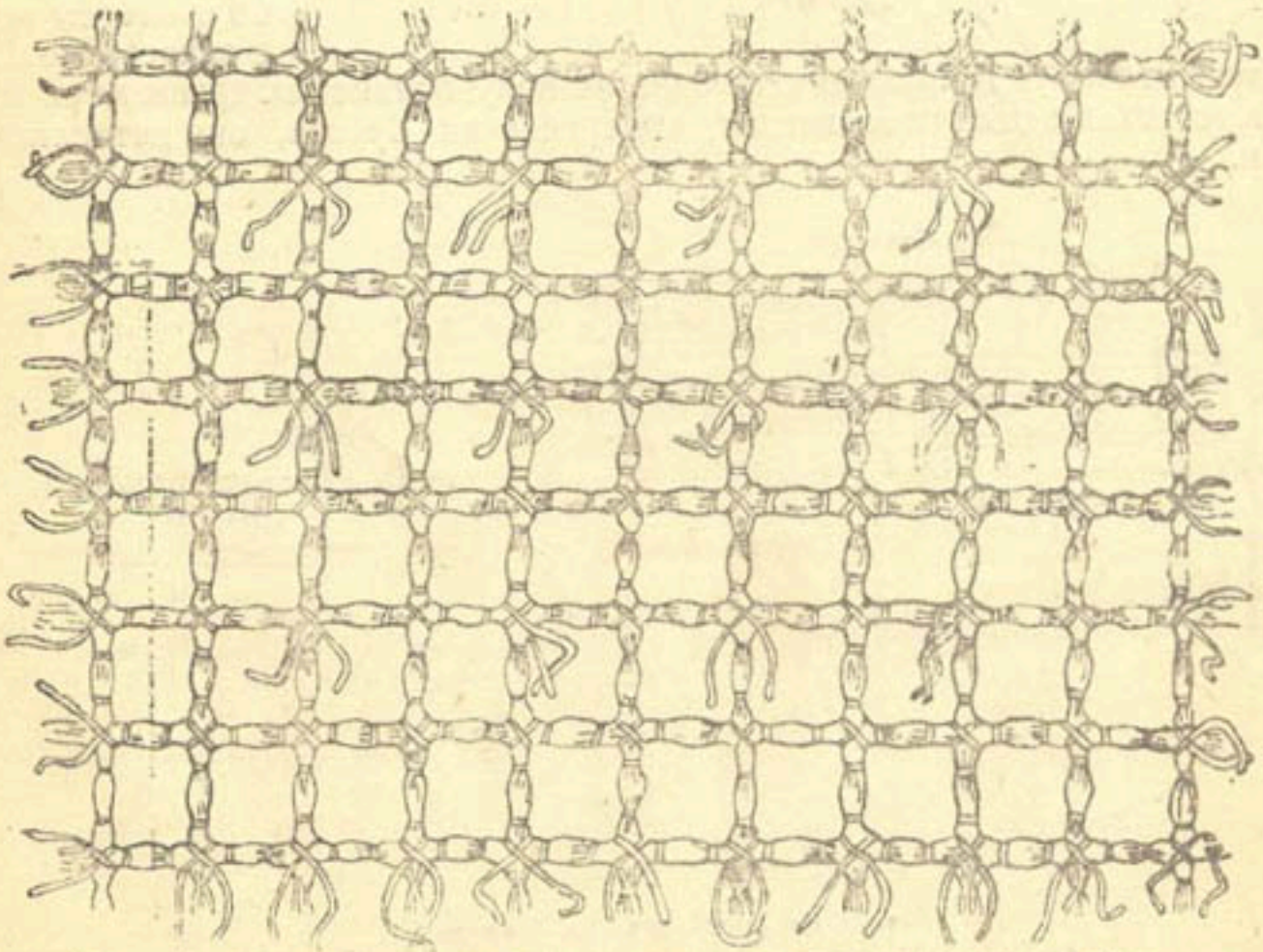

Рис. 59. Нижняя сетка из прутяных канатов для скрепления тюфяка. Ячейки 0,7×0,7 м или 1,0×1,0 м

рега, когда вязка их производилась недалеко от места потопления, тюфяки перевозят вручную вдоль берега на двух или трех чалках. В этом случае выше места потопления устанавливаются две или три сваи, за которые учаливают и по мере надобности травят тюфяк.

Загрузка тюфяка производится заброской камня с каюков, понтонов и баржей. Если тюфяк или целая лента тюфяков расположены у берега, то загрузка производится от береговой стороны к реке и в направлении от напорного края к сливному. На квадратный метр тюфяка толщиной 45 см расход камня 0,12 м³. После загрузки тюфяка чалки освобождают.

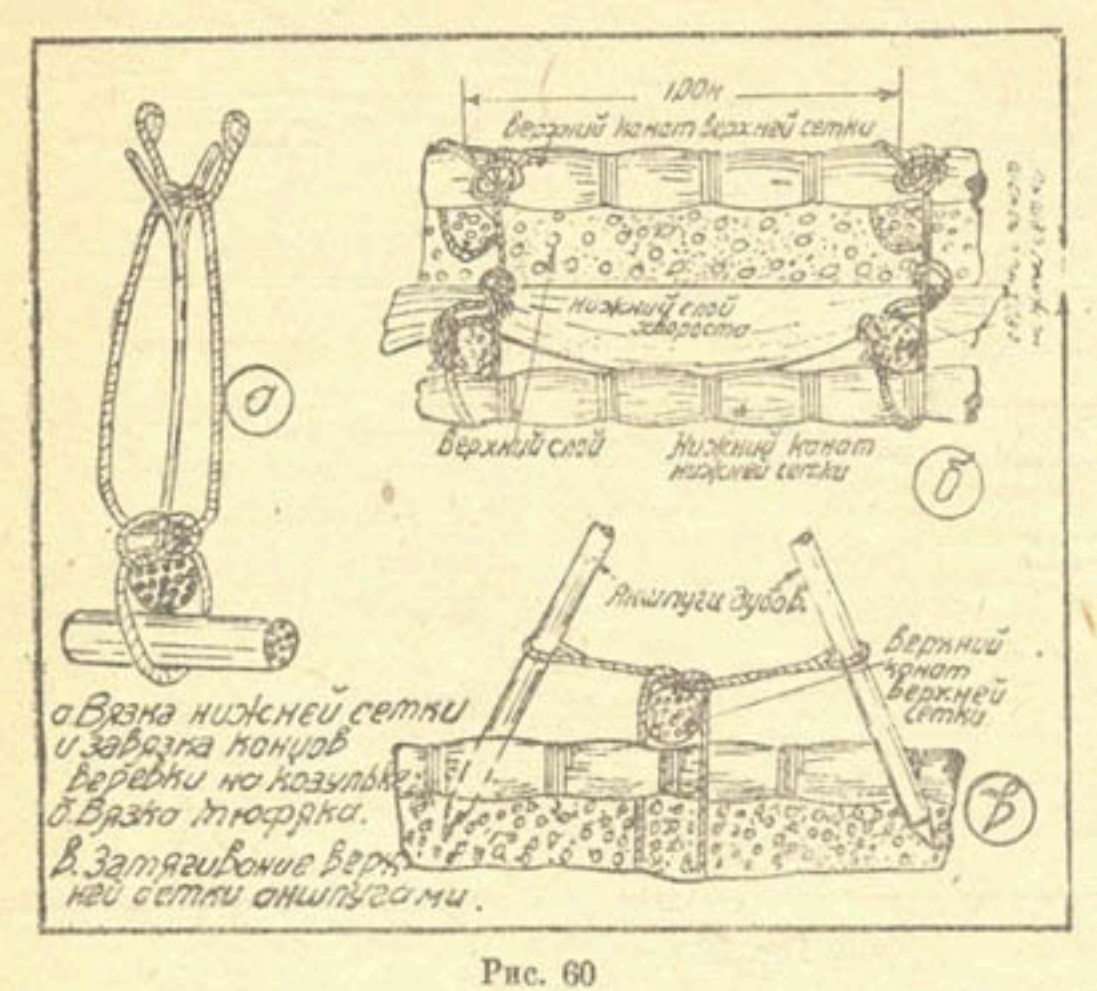

Рис. 60

В местах с небольшими скоростями течения (менее 0,80 м/сек.) вязка тюфяка может производиться на пловучих стапелях. Пловучие стапели собираются а) бревнами по течению, б) бревнами поперек течения. Размеры пловучего стапеля устанавливают по размерам тюфяка с запасом по 1,0 м. в каждую сторону. Для спуска тюфяка на воду бревна выдергиваются из под тюфяка снастями. Для облегчения выдергивания бревен, они затапливаются баграми.

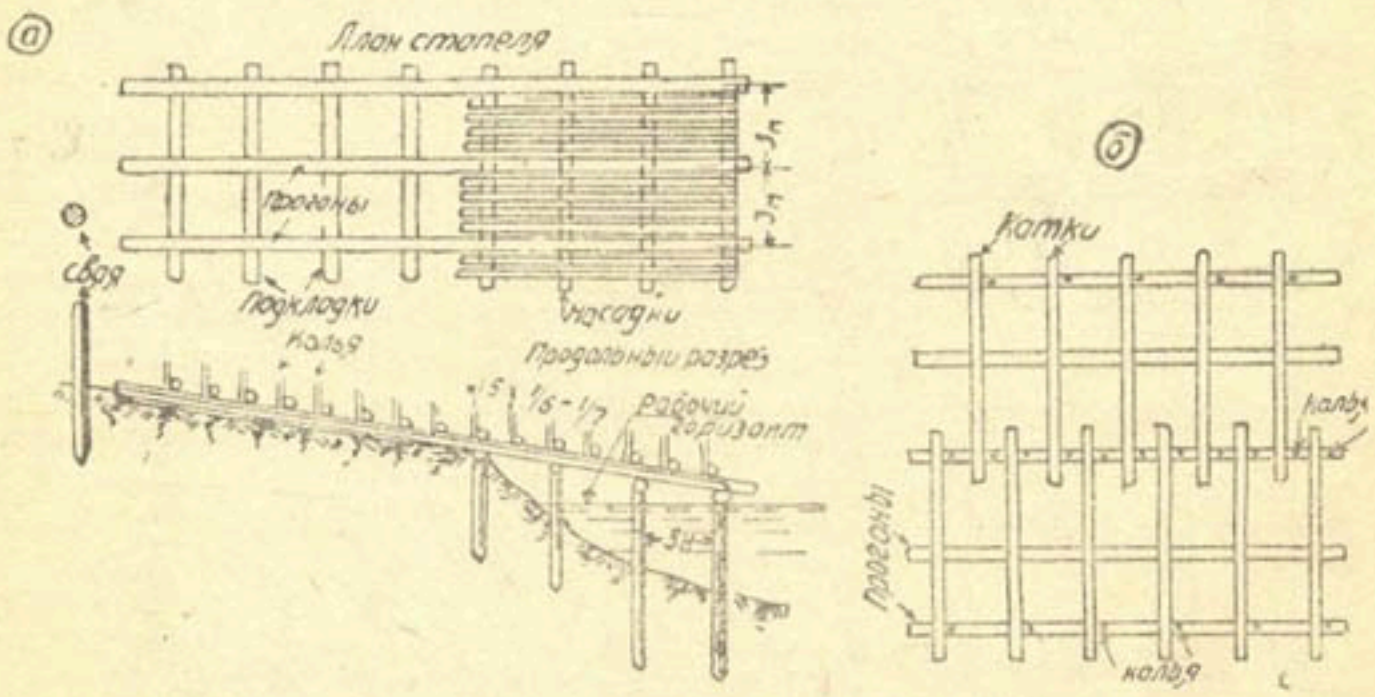

Рис. 61. а) Устройство стапеля.
б) Установка кольев на прогонах для удержания тюфяка

Укладка амударьинского тюфяка с понтона

Для производства работ по укладке подводного тюфяка размером 20×10 м в условиях р. Аму-дарьи, рекомендуется понтон из трех 25-тонных каюков. Рабочая площадь настила понтона 22×10 м.

Понтон оборудуется двумя лебедками, расположенными в носовой части, и двумя якорями, помощью которых он может перемещаться вдоль берега способом последовательного освобождения якорей, с перенесением их в нужную сторону. Каюки связаны между собой фермой, поверх которой имеется настил. Вдоль настила по линии, расположенной к реке, для придержки тюфяка устанавливаются лебедки или ворота, которые придерживают тюфяк при спуске его в воду (рис. 63).

Производство работ по укладке донного тюфяка в условиях Аму-дарьи состоит в следующем.

Понтон, заякоренный у места предполагаемой укладки тюфяка, причаливает к берегу. Вдоль берега зарываются анкерные сваи, к которым привязываются тросы d=2 см, другой конец троса привязывается к бревну, уложенному вдоль берега по линии укладки кромки тюфяка. К бревну через 15 см привязываются необходимой длины концы проволоки диаметром 5—6 мм, являющиеся жилами рабочего направления. Проволока с берега подается на понтон и раскладывается по настилу; противоположные концы проволок подвязываются к бревну, уложенному по настилу понтона. Поперек уложенной проволоки через каждые 30 см укладывается проволока диаметром 4 мм—жилы распределительного направления.

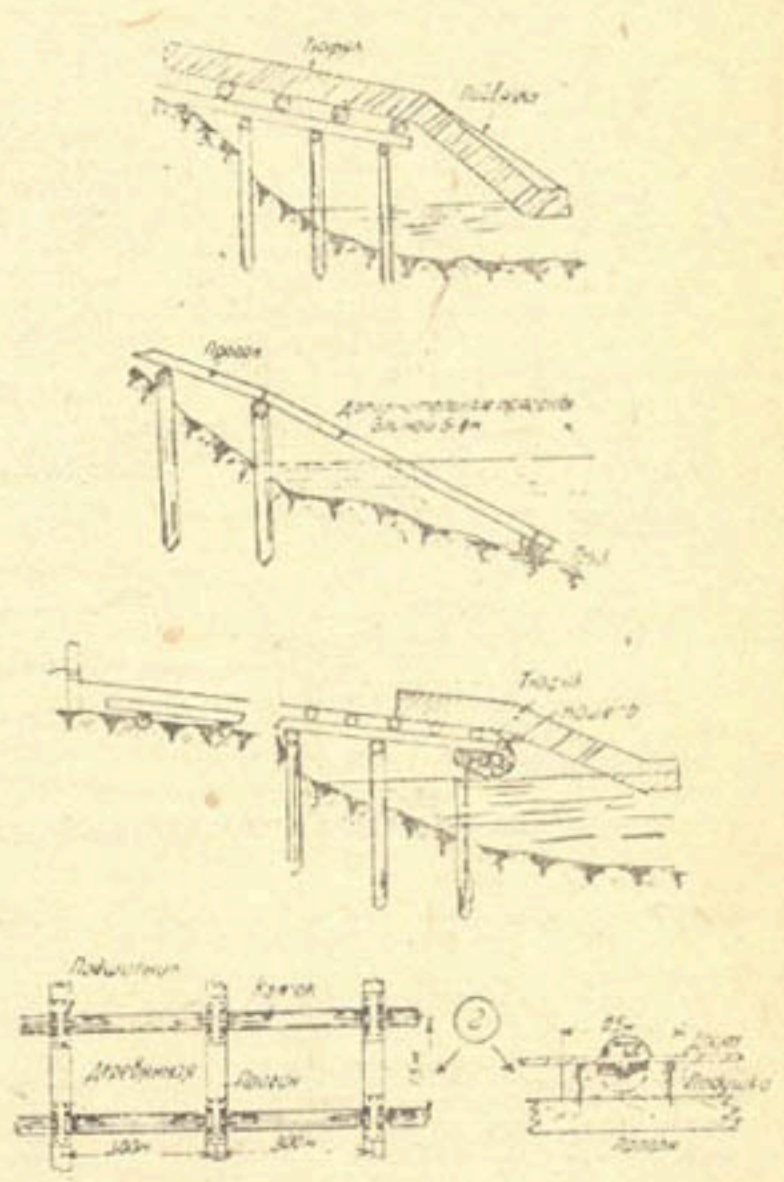

Рис. 62

Места пересечения рабочих жил с распределительными перевязываются 3 мм проволокой, получается проволочная сетка с ячейками 15×30 см. Далее кладется слой хвороста, сетка из фашин и в ячейки сетки камень, по верху хворост и вновь проволочная сетка с ячейками 15×30 см, которая сшивается с нижней сеткой; когда тюфяк связан, к бревну, являющемуся речной кромкой тюфяка, подвязываются бетонные или каменные якоря размером 0,5×0,5×0,5 м. Назначение якорей—прижимать речную кромку мата к дну в случае подмыва и дополнительного предохранения тюфяка от поднятия при восходящих токах.

Тюфяки укладываются снизу вверх по течению, в захлестку, перекрывая друг друга на 1,5 м.

Береговые тюфяки вяжутся на заранее подготовленном откосе. Хворост для тюфяков должен быть из ивы (тала) или гребенщика *).

*) Более подробно о вязке тюфяка на стапелях и укладке его в текущую воду см. „Временная инструкция по производству выправительных работ на реках сооружениями постоянного типа" Изд. Наркомвода СССР. М. 1939 г.

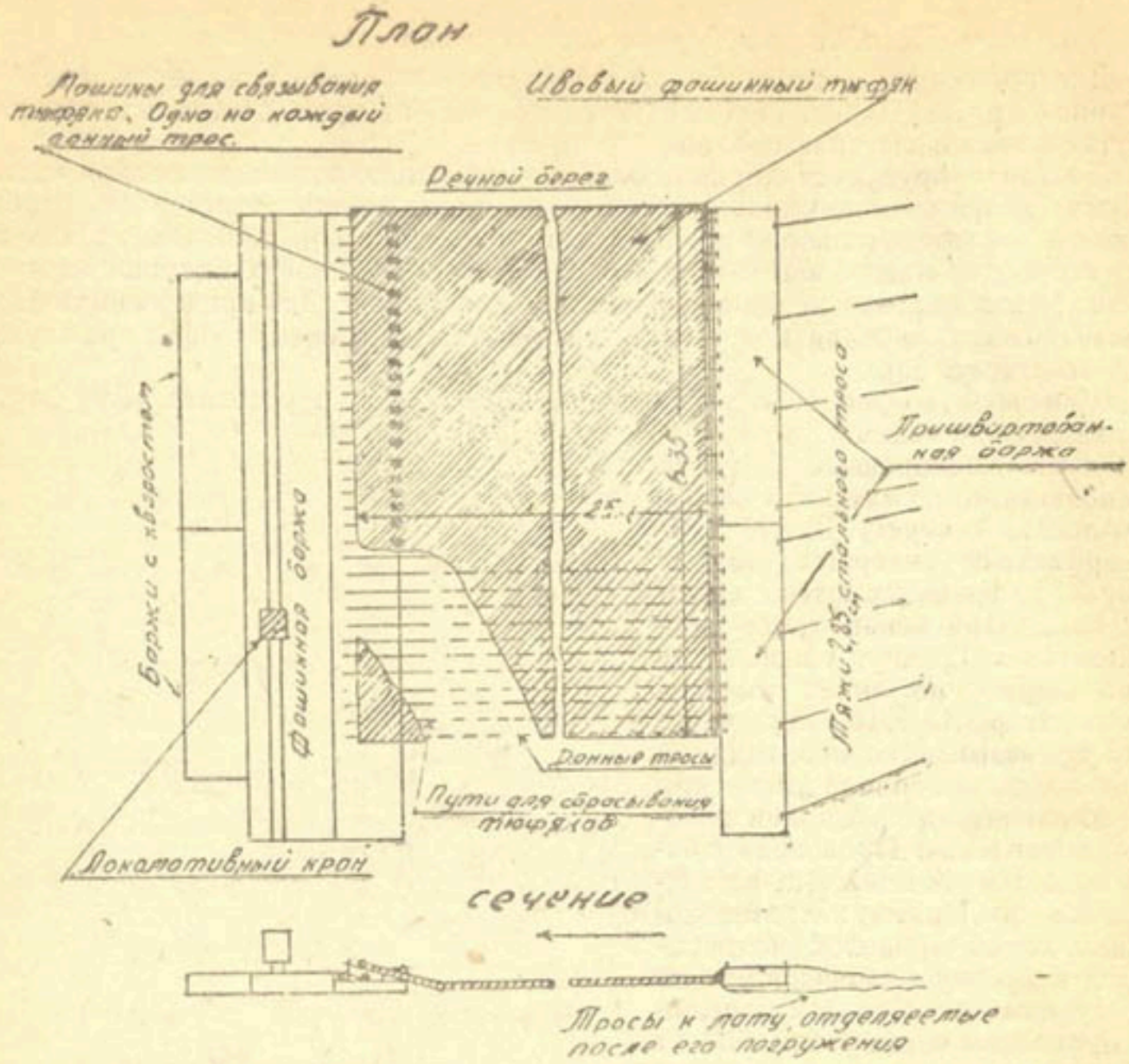

Рис. 63 и 64. Расположение оборудования для укладки тюфяка

§ 17. Крепление откосов каменными одеждами

1. Описание каменных одежд

Защита откосов дамб, каналов и водохранилищ каменными одеждами производится для предохранения их от действия текущей воды, волн, дождевой и снеговой воды, от ветра и промерзания. Каменная одежда является наиболее распространенным из существующих типов крепления. На практике ее разделяют на каменную наброску и каменную мостовую.

Каменная наброска представляет собой камень различной крупности, насыпанный по периметру канала или в реке у сооружения. Толщина слоя наброски на каналах и малых реках колеблется от 0,30 до 0,60 м и на больших реках от 1 до 3 м. Во избежание вымыва грунта из под наброски, последняя укладывается обычно на слое гравия или крупного песка толщиной 20—30 см. С целью уменьшения фильтрации каменная наброска укладывается часто на глиняное уплотнение.

Каменная наброска с примесью в нижних слоях более мелких камней применяется для крепления откосов, также при наличии прослоек плывуна, своей массивностью она предотвращает его выпирание внутрь канала.

Каменная мостовая в отличие от каменной наброски имеет в основании подстилочный слой, и для уплотнения и связи кладки применяется материал в виде щебня гравия, крупного песка, мха, рисовой соломы или раствора.

Каменная мостовая укладывается одним или двумя слоями камня, примерно одинаковых размеров. Толщина одиночной мостовой, в зависимости от крупности камня, колеблется от 0,15 до 0,20 м и для двойной мостовой от 0,40 до 0,50 м.

Каменная мостовая не обладает связностью, поэтому для ее устойчивости необходимо устраивать более пологие откосы.

Данные о величине угла естественного откоса, по которому производится укладка камня, приведены в приложении 4.

В водоносных грунтах каменная мостовая на растворе требует устройства подготовки и дренажа для предотвращения ее разрушения во время опорожнения канала.

На рисунке 66 показано поперечное сечение подводящего канала Кондопожской гидростанции. В нижней части сечения, в целях борьбы с оплыванием, забит шпунт и уложен каменный массив. Поверхность мостовой покрыта слоем торкрета толщиной 2,5 см. Обилие грунтовых вод привело к необходимости устройства щебеночной подготовки и дренажа.

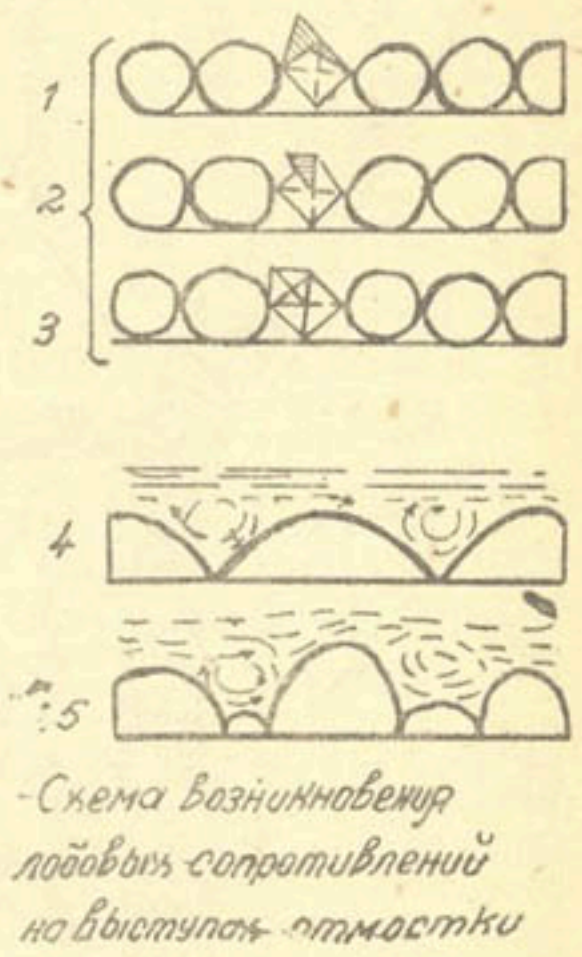

Рис. 65

Схема воздействия потока на камни кубической формы, уложенные в мостовую (по лабораторным опытам проф. Избаш) показана на рисунке 65. На лобовой верхней грани камня (куба) возникают положительные давления, график распределения которых показан заштрихованным треугольником. На тыловой верхней грани куба создается пониженное давление, график распределения которого показан в виде треугольника внутри куба у этой грани. На обеих этих гранях давление уменьшается к средине высоты куба, на нижних гранях куба скоростные воздействия потока отсутствуют (суммарный график этих проекций дан на второй и третьей строке указанного рисунка). Для камней не кубической формы этот график будет несколько иной, но без каких либо принципиальных изменений схемы; полное возникающее от шероховатости отмостки лобовое воздействие (приведенное к равновеликому прямоугольному давлению) по высоте будет колебаться от 0,15 до 0,40 диаметра камня (d), оставаясь в среднем равным около 0,25 –0,30 d.

В целях уменьшения шероховатости и увеличения прочности, каменная мостовая иногда покрывается при помощи торкрета слоем штукатурки из цементного раствора, толщиной от 3 до 5 см.

Наибольшее количество разрушений каменных одежд на реках замечено на уровне дна, т. е. вследствие подмыва разрушается низ отмостки. Поэтому в целях увеличения прочности, одежда к низу должна уширяться за счет каменной наброски с лицевой стороны откоса; набросанный таким образом крупный камень обрушается в вымоину и будет являться дополнительной защитой основания. На каналах в подошве отмостки устраивается упорный блок из более крупного камня.

Решающими факторами (при одном и том же количестве материалов) в устойчивости отмостки являются: высокое качество кладки, заглубление от-

мостки до уровня ожидаемой глубины местного размыва дна и уменьшение шероховатости поверхности отмостки и, если хоть один камень выходит из системы, то на его месте появляется валец, который начинает высасывать грунт из-за камня: давление на камень, вследствие отсасывания, возрастает примерно вдвое.

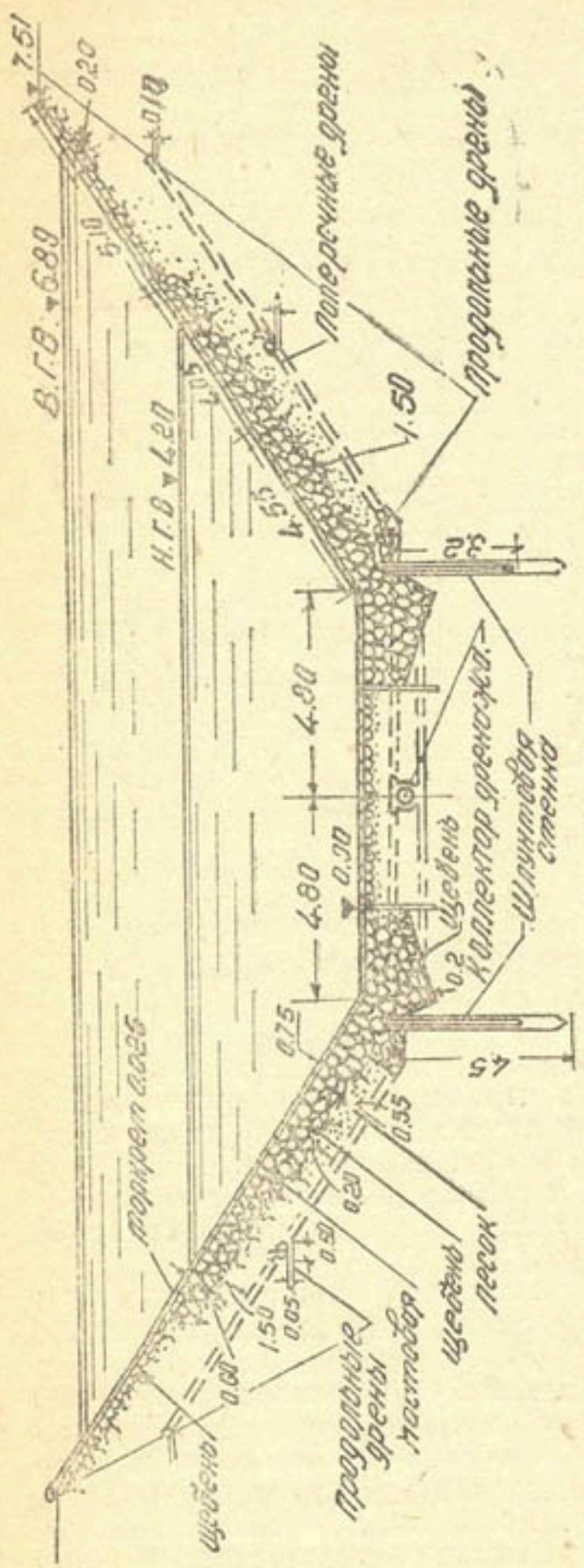

Рис. 66

По этой причине такие очаги размыва быстро начинают разрастаться в ширину и глубину до тех пор, пока вымоина не получится таких размеров, при которых может вместиться весь валец, образованный в вымоине.

Вследствие вышеописанной картины разрушения, необходимо, во-первых, устраивать двойную мостовую с гравелистой подготовкой основания и тщательной укладкой камня и, во-вторых, мостовую целесообразно разделять по длине и высоте на отдельные секции, путем укладки на них более крупного камня или устройством бетонных или плетневых клеток, которые заглубляются в откос больше чем мостовой камень. Применяемый на плетень и колья хворост должен быть свежим и укладываться осенью или зимой с тем, чтобы он мог прорасти.

2. Производство работ по укладке мостовой

Материал, доставленный к месту работ, размещается при отмостке каналов в об'еме 50% на бровках канала, остальные 50% на дне его.

При отмостке откоса дамб выгоднее укладывать весь подвезенный материал у нижней бровки.

При размещении камня у места работ должна быть произведена отборка наиболее крупных камней, которые должны в последующем использоваться для упорной подушки, устраиваемой внизу откоса, и для дамб на верху бровки.

Для второго ряда мостовой камень должен быть подобран примерно по одному размеру.

Перед приступом к работам по укреплению откосов дамб или сухих глинистых откосов выемки, должна быть произведена соответствующая предварительная замочка и трамбовка или укатка дамб.

Подготовка основания для отмостки поверхности земли сводится к следующему:

1. Отвод воды или водоотлив при сооружениях, находящихся под действием грунтовых или поверхностных вод.

При невозможности или особо дорогой стоимости проведения мероприятий по понижению горизонта воды следует применять каменную наброску.

2. Производство грубой планировки откосов под проектную отметку.

3. Устройство дренажного подстилочного слоя из чистого гравия или щебня слоем от 10 до 15 см для глинистых грунтов, подверженных действию грунтовых вод.

Иногда для уменьшения сокращения об'ема по устройству подстилочного слоя рекомендуется устраивать дренажные пересекающиеся между собой траншейки, шириной 20 см, глубиной до 10 см, расположенные на расстоянии от 0,70 до 1,0 м.

Назначение дренажа сводится к устранению фильтрационного давления на мостовую, которое выщелачивает связующие отмостку частицы и тем самым создает условия для ее разрушения.

Мостовые работы начинаются снизу откоса, при чем первоначально устраивается упорный блок из более крупных камней. После устройства блока мостовая ведется последовательным горизонтальным рядом на протяжении всей длины делянки с обязательной проверкой каждого ряда рейкой, прикладывая ее к направляющим шаблонам.

Выравнивание мостовой достигается путем подкапывания в пределах подстилочного слоя и заглубления для крупных камней, а для более мелких посыпания щебеночного слоя. Каждый ряд мостовой должен перекрываться слоем соломы, мхом или щебнем, после чего выкладывается новый слой мостовой.

Технические правила приемки работ сводятся к следующему:

а) ни один камень мостовой не должен иметь неустойчивого положения или зыниматься при незначительном нажиме ломом или кирки,

б) при контрольной проверке плотности кладки с предварительной ее разборкой, допустимо уменьшение площади отмостки из того же материала не более 2% при повторной ее сборке,

в) при проверке рейкой мостовая не должна иметь выступов, выпуклостей и неровностей.

При укладке двойной мостовой второй слой камня обычно укладывается на растворе или в плетневую клетку, т. к. в противном случае не создается никакой связи между первым и вторым слоями. Кроме того, при кладке 2-го ряда без раствора затрудняется выравнивание мостовой под рейку из-за различных размеров камней. На второй слой идут наиболее крупные подобранные по величине камни, а первый слой выкладывается только на слое щебня или песка с тщательной расклинцовкой, но без засыпки его сплошным слоем гравия или щебня. Камень и щебень для обоих рядов должен быть промыт, при чем первый слой (при укладке в два слоя) должен дополнительно смываться водой.

Состав и расход раствора должны быть определены опытным или лабораторным путем в зависимости от требований прочности и качества цемента.

Для небольших об'емов работ можно рекомендовать раствор с составом 1:1:5 или 1:1:9.

Уход за мостовой на растворе в период схватывания является аналогичным уходу для бетонных работ и сводится к укрытию мостовой берданами или песком с периодическим смачиванием в течение не менее 3-х дней после укладки.

Большая водопроницаемость, повышенная шероховатость и невозможность устройства в присутствии воды и применения широкой механизации являются большими недостатками этого типа крепления.

Однако, в тех случаях, когда у места работ достаточно камня, каменная отмостка, уложенная на растворе, выгоднее облицовки из бетонных плит и каменно-хворостяной кладки.

При укладке мостовой из рваного камня, крупность которого изменяется в больших пределах, самые крупные камни устанавливаются на ребро и равномерно по площади откоса, углубляясь в последний, и поэтому являются как бы анкером и тем увеличивают ее прочность.

3. Каменная наброска

Каменная наброска из крупных камней, весом от 0,5 до 5 тонн, является одним из наиболее надежных и устойчивых видов креплений, применяемых при защите откосов дамб или берегов рек от больших скоростей течения и волн.

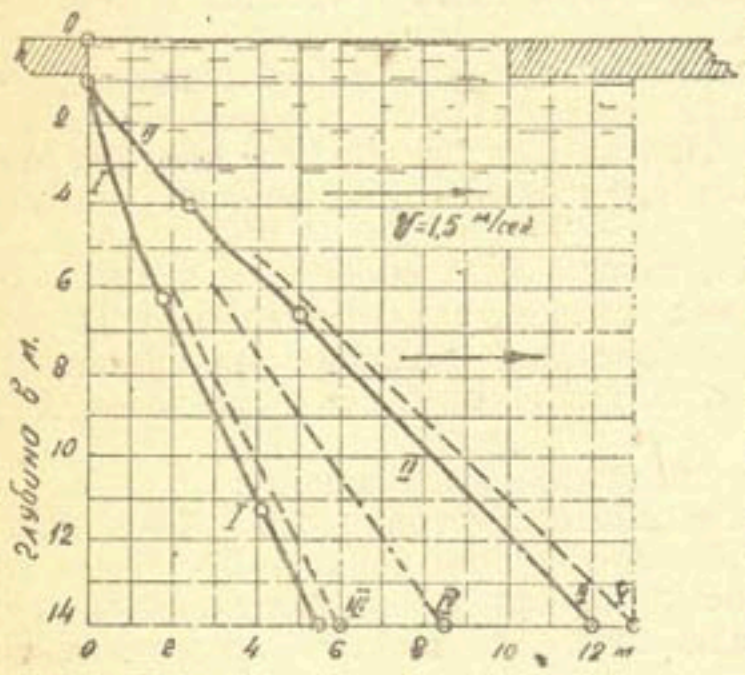

Рис. 67. Снос камня при укладке в текущую воду

Основными преимуществами каменной наброски из крупного камня перед другими видами каменных одежд являются:

1. Гибкость формы профиля кладки. После местного размыва дна происходит обвал отмостки и прекращение размыва.
2. Долговечность материала.
3. Устойчивость наброски, которая при весе отдельных камней 0,5—8 тонн, уложенных в перемежку с более мелкими камнями, выдерживает скорости до 5—6 м/сек.
4. Простота ремонта облицовки.
5. Возможность применения крупной механизации.
6. Возможность производства работ по каменной наброске под водой.

К недостаткам каменной наброски следует отнести большую стоимость заготовки и транспортировки камня.

Каменная наброска из более мелких камней (диаметром 20—25 см) допускается только на каналах при скоростях менее 1,5 м/сек.

Камень по откосу укладывается свободно, без всякой перевязки, однако с соблюдением профиля кладки и достаточной ее плотностью.

При заброске камня в текущую воду для крепления основания сооружений, следует иметь в виду, что они сильно относятся течением. На рис. 67 показан разнос камня при глубинах в 14 м и замеренной скорости 1,5 м/сек., имевший место при укреплении Каюковского яра на Волге у Саратова *), где

I—кривая теоретическая для камня .	30×30×30 см.
II— „ „ „ „ . .	10×10×10 „
III—практически полученная точка для камня	30×25×20 „
IV—то же, для камня	25×20×15 „
V— „ „ „	20×12×8 „

Поперечный профиль крепления из рваного камня на Кара-дарье показан на рисунке 68. Тело дамбы на Кара-дарье отсыпано из местного грунта, откос со стороны реки защищен каменной наброской из крупного рваного камня весом 1—8 тонн. Наибольшая крупность камня определялась грузопод'емностью вагонетки и узкоколейки; на р. Чирчик крупность камня применялась 0,60 до 1 м.

*) Наркомвод СССР „Временная инструкция по производству выправительных работ на реках сооружениями постоянного типа". М. 1939 г.

Во избежание разрушения отмостки (при подмыве откоса) низ последней заложен ниже отметки среднего дна на 2—1,5 м при толщине облицовки по дну 3,00 м и по верху 1—1,5 м.

Порядок производства работ по устройству каменной наброски сводится к следующему:

Рваный камень добывался взрывами амонала в одностороннем карьере.

Разработка велась тунельными штольнями с массовым взрывом. Выход камня потребных размеров был около 30% от общего об'ема разработки.

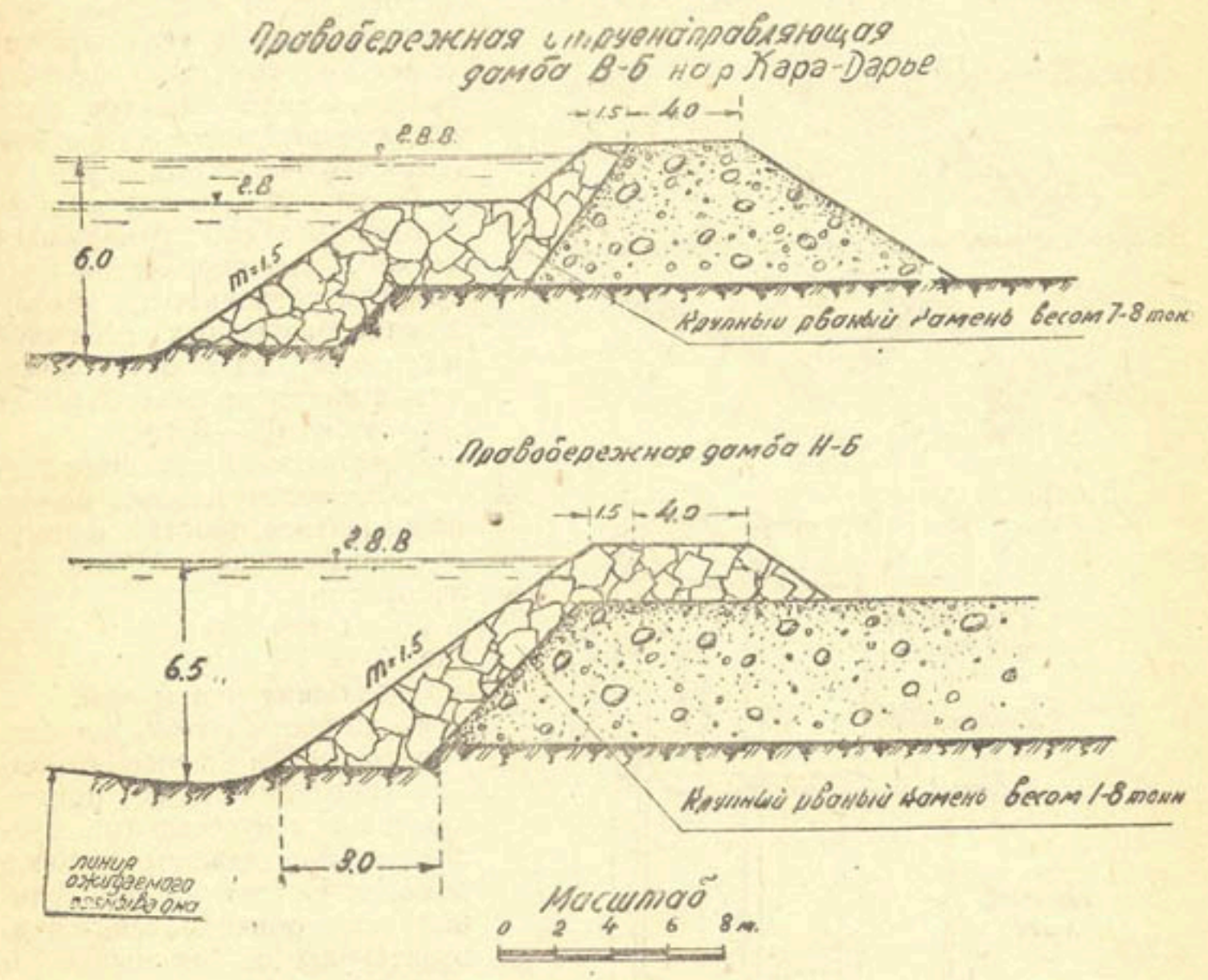

Рис. 68

Разбивка крупного камня до габаритных размеров производилась также взрывом. Камень заготовлялся в 2-х точках, оборудованных двумя кранами дерриками, грузопод'емностью в 3 тонны, и передвижным краном, грузопод'емностью до 12 тонн. Кроме того, в разных местах карьера были установлены деревянные треноги для погрузки, на которых поднимали камень талями или ручными лебедками.

Такие же треноги ставились на подсобных и небольших карьерах. Карьер был оборудован бремсбером, приспособленным для спуска вагонеток по узкоколейке при помощи однобарабанных фракционных лебедок, приводимых в движение трактором СТЗ. Главная магистраль для перевозки камня представляла собой постоянные пути с колеей 750 м и длиною 4 км, в отдельных местах устраивались временные под'ездные пути протяженностью до 2 км.

Подвижной состав состоял из 3 мотовозов завода „Январьское восстание" и до 30 двухосных вагонеток, грузопод'емностью до 8 тонн. Разгрузка на месте работ осуществлялась дерриком. Стоимость 1 куб. м кладки получалась около 80 рублей.

§ 18. Крепление откоса бетонными и железо-бетонными плитами

Бетонные и железо-бетонные одежды устраиваются на спланированных откосах. Бетонные плиты применяются толщиной 0,10—0,30 м, шириной вдоль течения 2—3 м и длиной в соответствии с длиной откоса. Плиты укладываются на небольшой слой подготовки из крупнозернистого песка или гравия, а в местах стыков укладывается более толстый слой щебня и гравия в виде фильтра (рис. 69), который препятствует вымыву грунта из-под плиты.

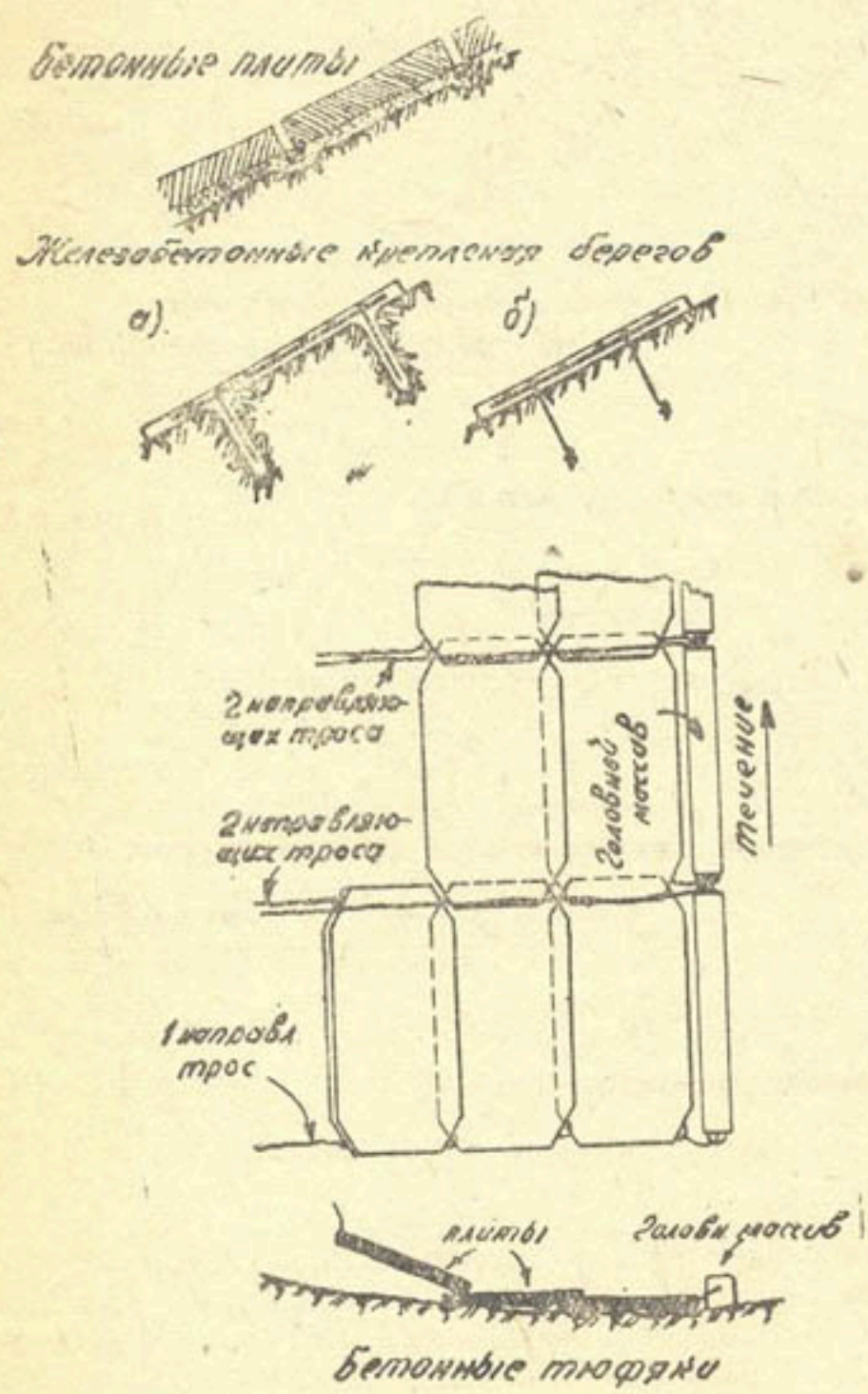

Рис. 69

Тонкие (8—10 см) железобетонные плиты армируются сеткой, для скрепления их с грунтом устраиваются анкеры в виде железных стержней или сваек, связанных с арматурой плиты и заглубляемых в грунт на 0,7—0,8 м.

Для расчета толщины железо-бетонной плиты, можно пользоваться простой формулой, проверенной Абрамовым лабораторно:

$$t = 0{,}05v^2 \qquad (29)$$

где

t—толщина плиты в м,

v—скорость потока в м/сек.

Бетонные и железо-бетонные крепления чаще применяются в искусственных руслах и для защиты откосов дамб, т. к. требуют тщательной планировки, очень чувствительны к подмывам и страдают от ледохода.

На горных реках бетонные плиты истираются донными наносами, поэтому в местах интенсивного движения крупной гальки необходимо увеличить их толщину. Бетонные плиты, связанные между собой арматурной проволокой, носят название бетонных тюфяков.

По опытам США диаметр продольной проволоки у таких тюфяков 6 мм и поперечной 5 мм. В каждой секции тюфяка 25 плиток, размером 120×30×8 см, длина секции 7,5 м, площадь покрытия 9 м². Секции изготовляются и собираются на пловучих заводах.

В 1939 г. в Закавказье для защиты откоса и основания дамбы были при-

менены бетонные тюфяки (рис. 70 и 71). Массивы в тюфяке соединялись шарнирно, как показано на рис. 71, из железа диаметром от 10 до 25 мм в зависимости от конструкции замка.

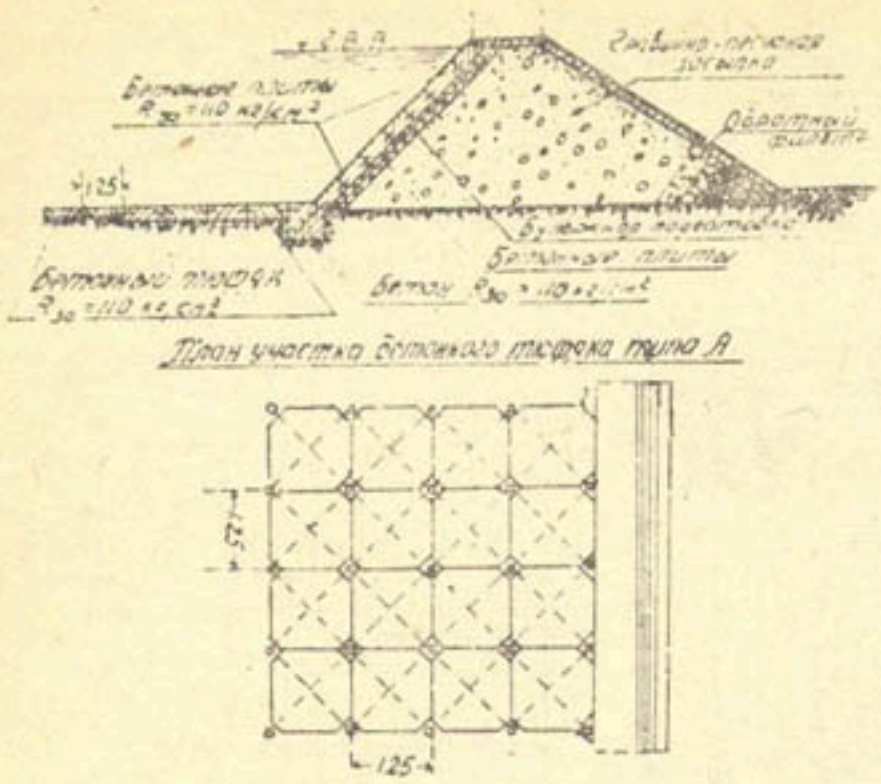

Рис. 70 и 71

Тюфяки были выполнены двух типов. Первый тип изготовлялся на месте работ, т. е. был более тяжелым. Второй тип изготовлялся на заводе и в готовом виде привозился на место работ. Применялся в тех случаях, когда при производстве работ предполагался большой водоотлив.

Передний откос дамбы был облицован бетонными плитами, толщиной 0,35 м на булыжной подготовке; на дно реки положены тюфяки размером 1,25×1,25×0,30 м. Отдельные тюфяки соединялись между собой в поперечном и продольном направлениях, благодаря чему имели двухстороннюю гибкость.

Наиболее существенной деталью бетонных тюфяков, изготовляемых на заводах, является их скрепление между собой; на рис. 74 и 75 показана конструкция скрепления отдельных тюфяков.

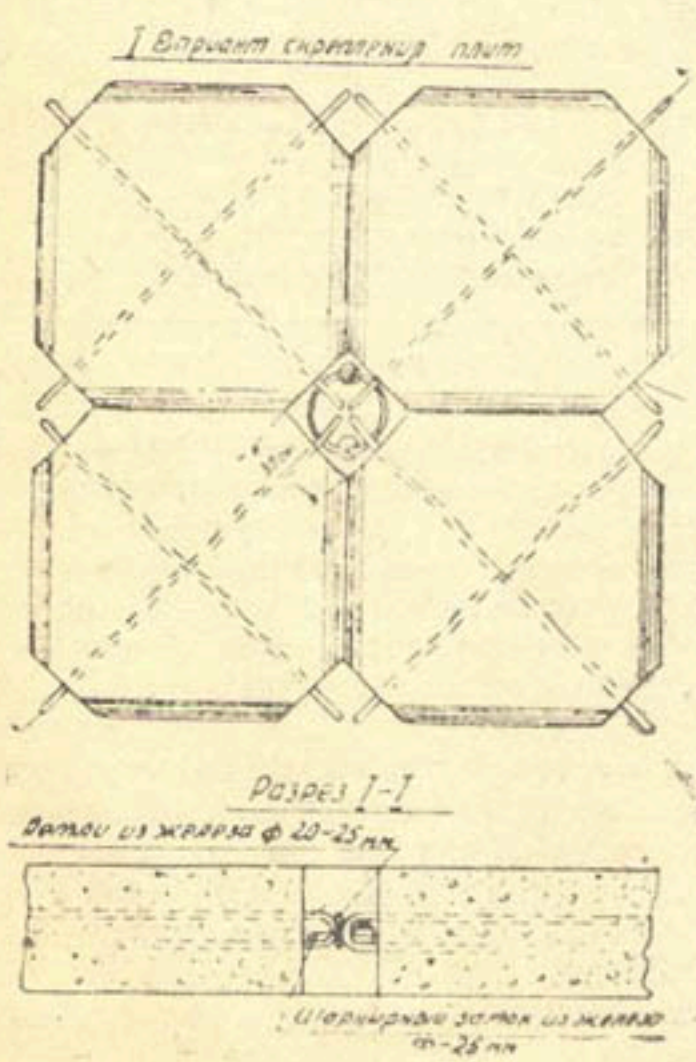

Рис 72

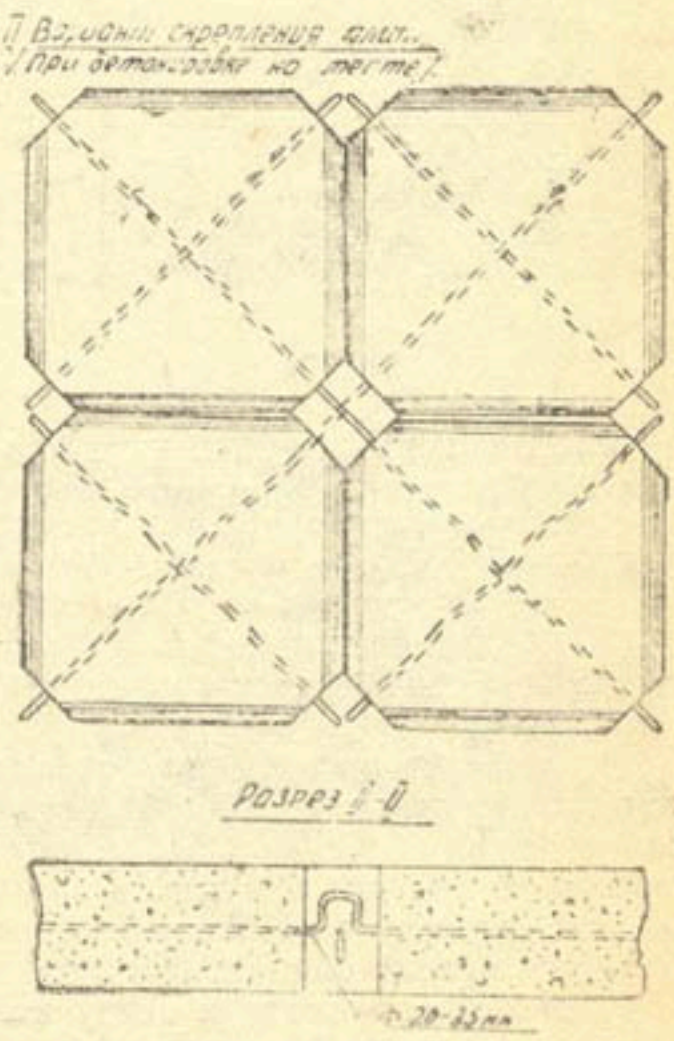

Рис. 73

Примером неудачного применения тюфяка из железо-бетонных и бетонных плит для крепления речных откосов могут служить приведенные работы на р. Сыр-дарье у Беговатской луки, где в 1931 г. на участке длиной 1060 м на спланированный откос было уложено крепление из железо-бетонных и бетонных плит. На строительство было затрачено около 500.000 руб., т. е. в среднем погонный метр крепления берега обошелся 450 руб.

За 5 лет работы, т. е. к паводку 1936 г. крепление было повреждено на 50% и уже не являлось надежной защитой откоса, а к 1940 г. крепление пришло в совершенную негодность.

Причиной такого быстрого разрушения бетонной облицовки следует считать недостаточную ширину ее (ширина подводной части облицовки была 6 м

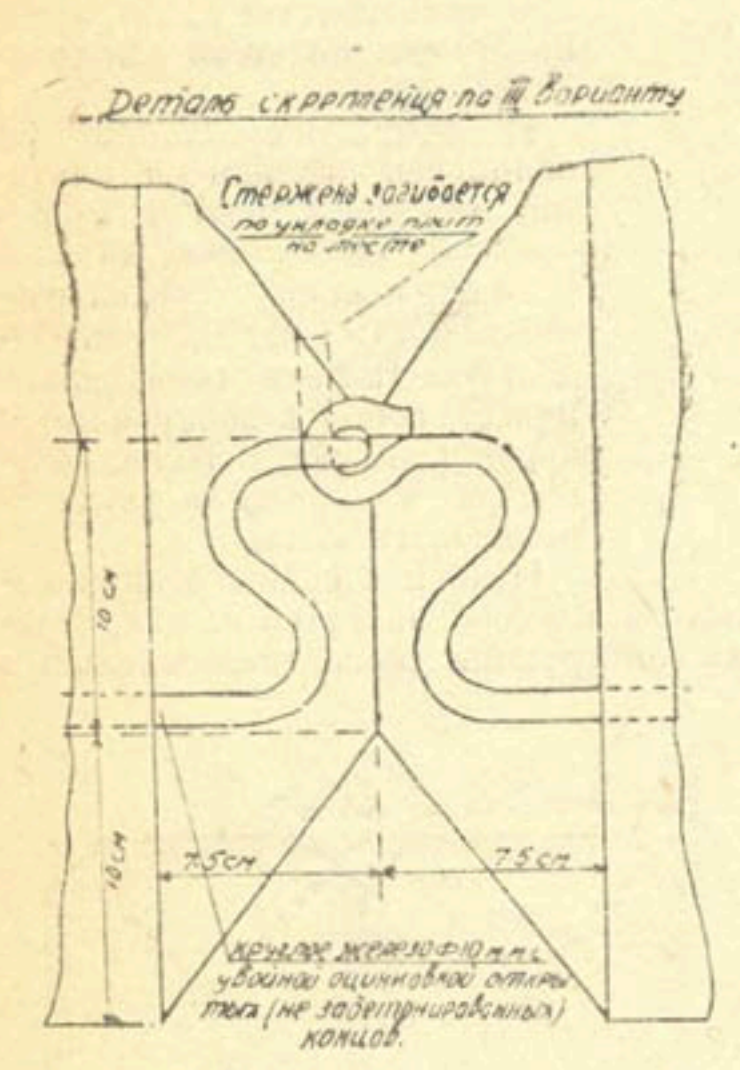

Рис. 74

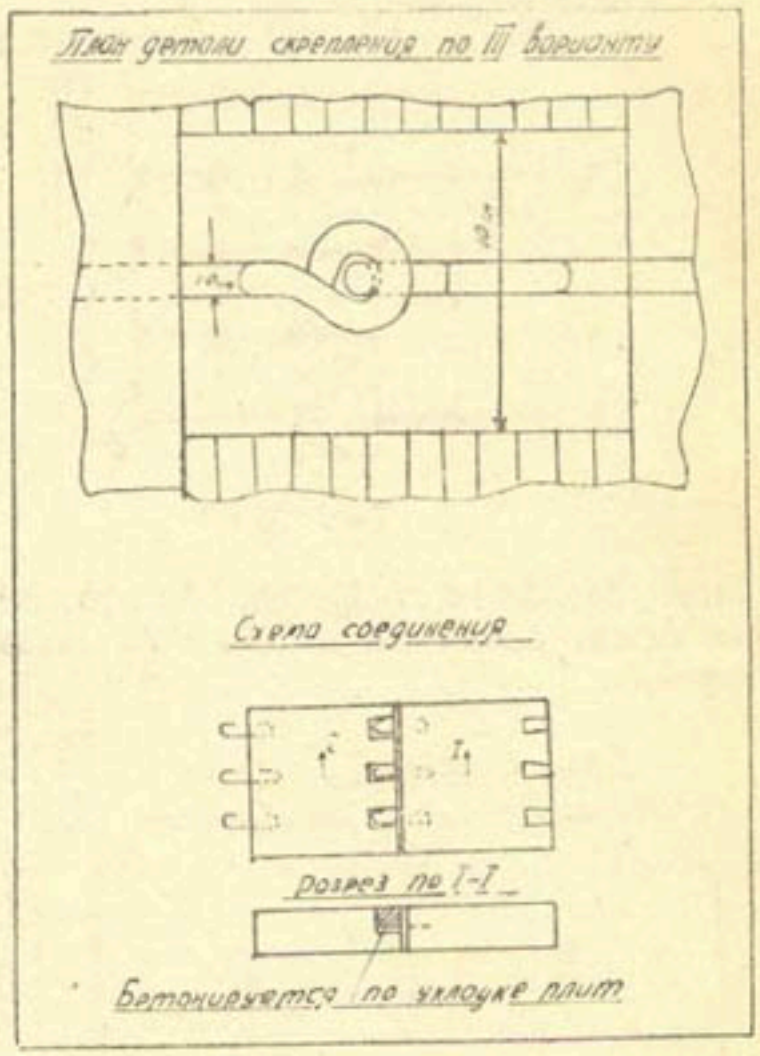

Рис. 75

при максимальной глубине у берега 6 м и заложении откоса $m=1,5$), не закрывающую всего подводного откоса берега, вследствие чего и происходил подмыв берега и разрушение крепления.

Кроме того, были слабы удерживающие тросы, допускавшие оползание плит вниз, вследствие чего происходило оголение берега.

Второй причиной столь быстрого разрушения облицовки следует считать отсутствие периодического ремонта и восстановления разрушенных частей плит.

В качестве примера по укладке гибких железо-бетонных тюфяков можно сослаться на работы на р. Миссисипи, где секции тюфяков изготовлялись на палубе баржи в специальных формах, укладываемых одна на другую и выдерживались в течение 6 часов, в зимнее время от 12 до 24 часов. Гибкий бетонный тюфяк состоял из плит, размером 120×30×2,5, армированных и скрепленных проволочной арматурой с ячейкой 30×30 см.

Укладка происходила снизу вверх, при этом последующие перекрывали первые на ширину 2,4 м.

Работы этого порядка продолжались до тех пор, пока не были покрыты участки до 300 пог. м откоса, затем верхний ряд опорных барж подтягивался вверх на 300 м и работа повторялась тем же порядком.

Асфальтовые покрытия (тюфяки)

В 1933 г. на Нижней Миссисипи был испытан новый тип тюфяка с применением битуминозного материала вместо хвороста и бетона; размер тюфяка 90×6 м, толщина тюфяка 5 см, арматура—проволочная сетка с клетками 5×10 см, состав материала: 66% речного песка, 22% лесса и 12% асфальта. Тюфяк отливался и погружался на дно со специальной баржи.

Преимущество асфальтового тюфяка—отсутствие незащищенной арматуры, а также швов, через которые обычно происходит вымывание грунта. Предварительные опыты дают основание считать его надежным креплением.

Для участка пологого берега, затопляемого лишь периодически, может применяться и неармированное асфальтовое покрытие, но предварительно надо откос хорошо спланировать.

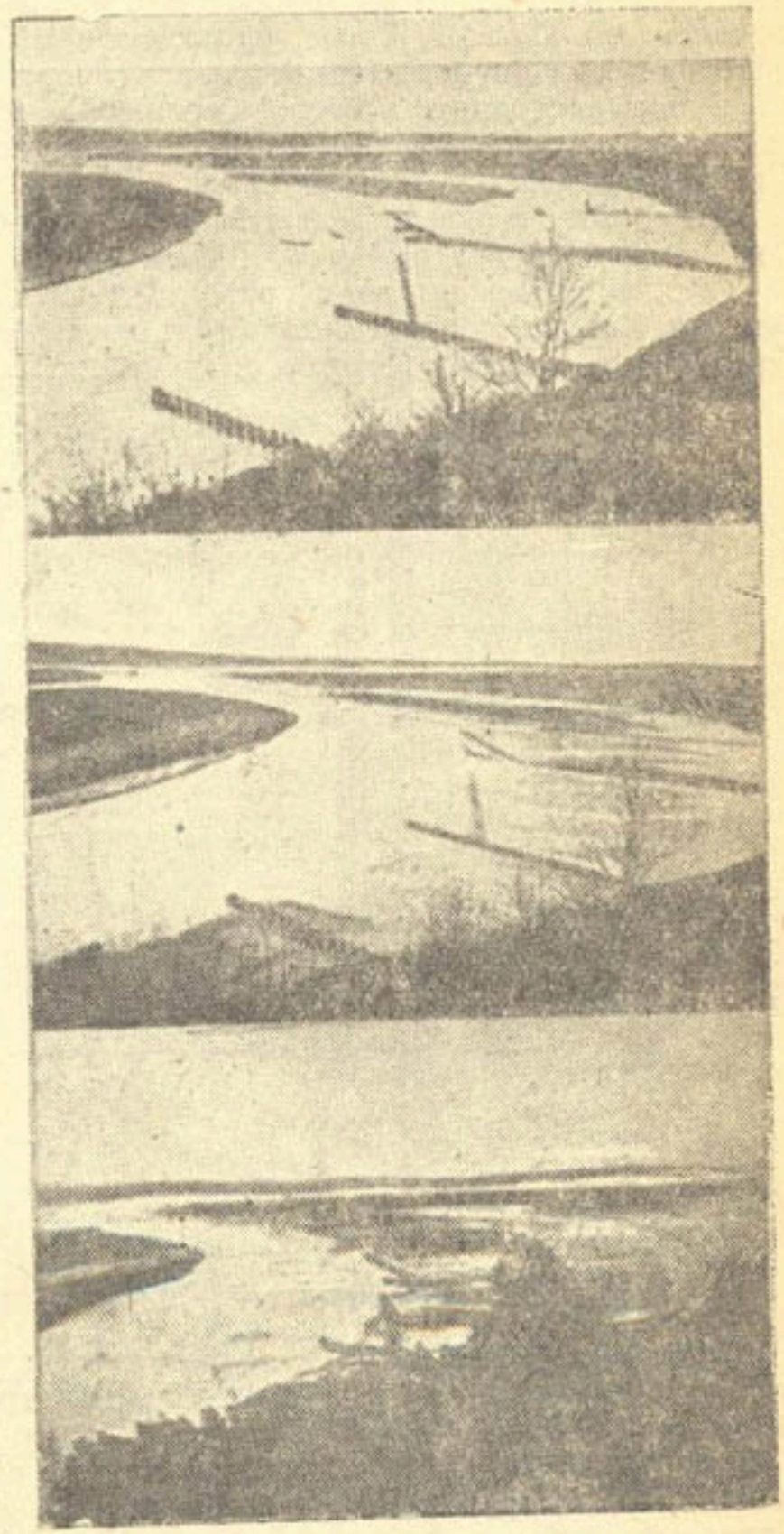

Рис. 76

§ 19. Эстакады из свай и тетраэдров

Сквозные дамбы и полузапруды из свай и тетраэдров получили широкое распространение в США на р.р. Миссури, Миссисипи и Колорадо и в небольших размерах применяются в Средней Азии на р. Аму-дарье.

Свайные эстакады обычно применяются на реках с легко подвижным песчаным руслом и большим содержанием наносов.

На Миссури было испытано много различных видов сооружений как для укрепления берегов, так и для направления реки в другое русло. За последние годы все чаще стали применяться свайные эстакады с укреплением их основания тюфяками. Более эффективными оказались сооружения, установленные нормально к потоку. Дамбы кончаются в реке с таким расчетом, чтобы придать руслу соответствующий плавный изгиб в плане.

На участке, перекрытом сквозными сооружениями, замедляется течение,

вследствие чего часть наносов откладывается в зоне их установки. Эти отложения вырастают с каждым паводком и в конце-концов все сооружение заносится наносами (рис. 76).

Стандартное крепление основания состоит из подводных тюфяков, сплетенных либо из ивняка, либо другого местного материала, 20—26 м ширины с замощением откоса верхней части берега каменной отсыпью. Опускание тюфяка производится при помощи деревянного сквозного пола, состоящего из 10 см досок на расстоянии 20 см по центру. Кроме того, он укрепляется в обоих направлениях 10 мм оцинкованным тросом, а на месте удерживается оттяжками из канатов. Берег, расположенный выше уровня воды, планируется и замащивается крупным камнем (рис. 78).

Чтобы обеспечить прочное скрепление тюфяка с замощенным берегом и защитить слабую его часть, которая попеременно бывает то сухая, то мокрая, на нее набрасывается слой из камня в 0,30 м.

К ивовым тюфякам, укладываемым на дно, прикрепляется балласт из камня на каждый квадратный метр 0,25 м³.

Свайная сквозная дамба состоит из двух и более рядов трехсвайных соединений. Каждое соединение состоит из стреноженных свай, вбитых в русло и крепко перетянутых наверху оцинкованным тросом.

Рис. 77. План свайной эстакады с дном, закрепленным тюфяками

При двухрядовой дамбе стреноженные сваи каждого ряда обычно находятся на расстоянии 460 м от центра, а при трехрядовой шпоре промежутки равняются 5,50 м. Стреноженные сваи первого и третьего рядов расположены по прямой линии, а свайные группы второго ряда расставляются между ними. В местах, где сооружения подвергаются сильному напору воды, употребляют трехрядные дамбы, а сваи вбиваются на 9 м ниже основания мата.

При малых напорах воды употребляют двухрядные дамбы и сваи вбивают всего на 6 м. Тюфяки, которые служат основанием, очень похожи на обычные маты из ивы или лесного материала, применяемые для целей крепления откосов берегов. Обычно они бывают 23,5 м в ширину, 8,25 вверх по течению и 15,0 вниз по течению от оси сооружения. Там, где дамба подвергается более

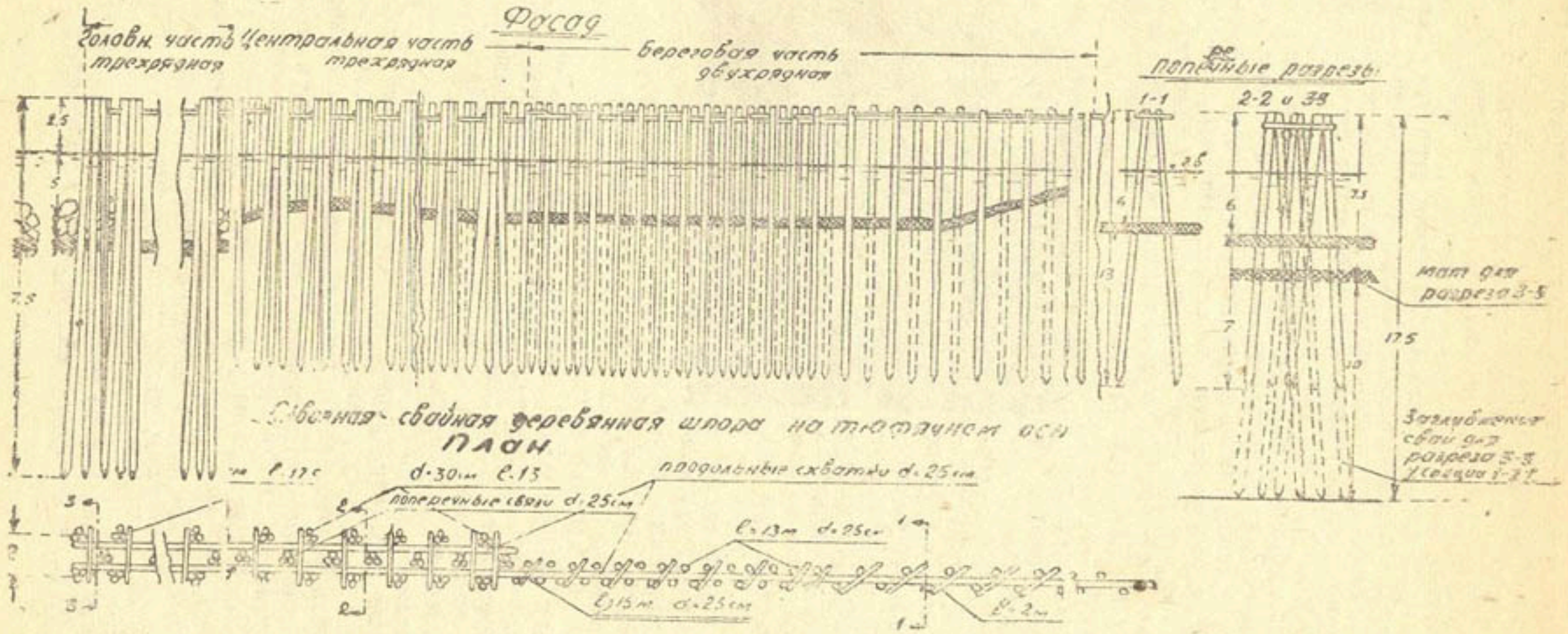
Фасад
Головн. часть трехрядная
Центральная часть трехрядная
Береговая часть двухрядная
Поперечные разрезы:
1-1
2-2 и 3-3
Мат для разреза 3-3
Заглубленные сваи для разреза 3-3 (секция 1-1)
Боковая свайная деревянная шпора на тюфячном осн
План
d=30см
d=25см
поперечные сваи d=25см
продольные сваи d=25см

Рис. 78

сильному натиску, спускают добавочный балластный камень вдоль линии дамбы в об'еме 1 м³ на погонный метр.

Обычно конец дамбы делается из 36 стреноженных свай, т. е. из 12 кустов, очень плотно связанных канатом и добавочно укрепленных балластовыми камнями в об'еме 75,5—115 м³.

При каменном дне, в которое нельзя вбить сваи, строятся ряжевые дамбы из бревен 6,5—9 м длины и загружаются камнем, который дает им достаточную устойчивость, но несколько понижает их проницаемость. Они прикрепляются тросами к берегу за мертвяки, расположенные вверх по течению от дамбы.

В местах, где вода бывает только в паводок, например, на высоких отмелях или на низких берегах у концов прилегающих к берегу дамб, часто строят сквозные заграждения также с укрепленным основанием ивовыми тюфяками, шириной 6—10 м, загруженными балластом. На сквозные заграждения, например из кольев или треног, навешиваются сетки или натягиваются отдельные проволоки, на которые оседает мусор, уменьшающий просветы, и тем создаются условия для образования отмелей.

Следует также заметить, что у длинных плесов река в период меженних расходов разделяется на несколько мелких потоков, и потому в них очень трудно поддерживать необходимую для навигации глубину. В некоторых случаях достаточно построить низкую дамбу, поднимающуюся на 1,80 м от среднего уровня воды при мелководье для того, чтобы направить реку по одному руслу. Эти низкие дамбы строятся временно и как продолжение высоких.

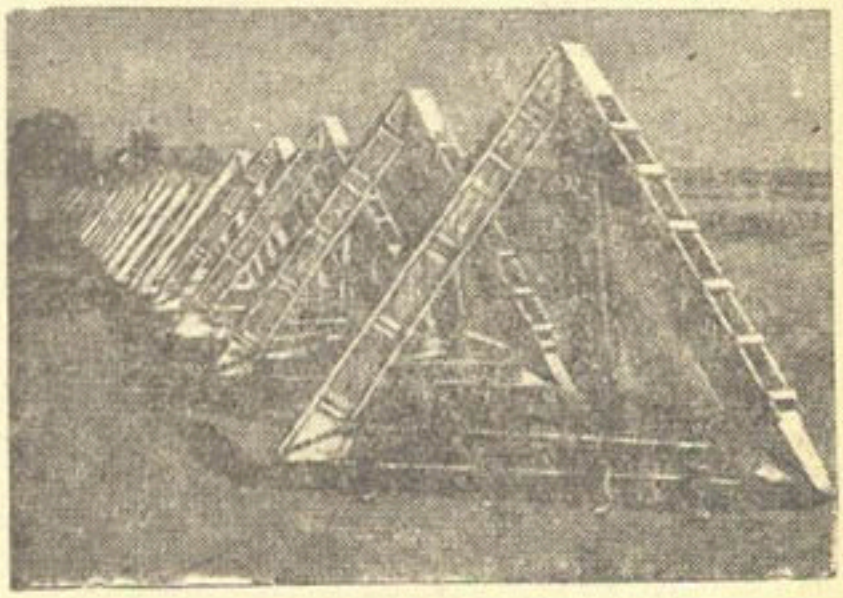

Рис. 79

Забивка свай для эстакад производится паровым молотом, смонтированным на специальных барках, укладка тюфяков с мощных понтонов, оборудованных специальной площадкой,—под'емными кранами и лебедками.

В Средней Азии свайные эстакады были применены на реке Аму-дарье у Чарджоу, где были выстроены две продольные дамбы. Деревянные сваи, длиной 17 м и диаметром 30 см, устанавливались в 4 ряда, забивались в дно реки паровыми бабами, смонтированными на понтонах. После забивки по верху сваи скреплялись специальными схватками.

Главным недостатком свайной дамбы, построенной на Аму-дарье, является отсутствие крепления основания дамбы тюфяками, вследствие чего длина (17 м) оказалась малой и сваи вымывались. Применение таких эстакад на Аму-дарье можно рекомендовать только при основании, укрепленном тюфяками.

Конструкция эстакады из деревянных свай с креплением основания тюфяками, запроектированная Сазводпроизом для защиты от смыва города Турткуля рекой Аму-дарьей, показана на рисунке 78.

На р. Колорадо, для защиты земляных дамб от подмыва были устроены сквозные продольные дамбы из 3 м железо-бетонных тетраэдров, скрепленных между собой по высоте тросами, которые одновременно улавливали плывущий в реке мусор (рис. 79).

Для укрепления тетраэдров на месте, их привязывали тросовыми оттяжками, длиной 60—90 м, к мертвякам или держали на бетонных якорях, забро

шенных в русло с 60 м оттяжкой на 25 мм троса. Якорь имел вид гриба со шляпкой, диаметром 2,10 м, с рельсовой ножкой в 4,5 м.

В 1924 г. была сделана сквозная дамба из 5 рядов рельсовых тетраэдров (рис. 80), которая после первых паводков дала хороший результат. В паводок тетраэдры забивались плывущим по реке мусором, а за ними образовалась отмель.

Зимой 1924 г. были построены еще две сквозные запруды. Первая должна была способствовать заилению русла реки, а другая отклонять поток и защищать корень сквозной дамбы. В паводок 1925 г. вода, пройдя сквозь построенные сквозные запруды, направилась по старому руслу к оградительной земляной дамбе, но, не имея размывающей скорости, до конца паводка вреда дамбе не причинила, после же паводка старое русло было занесено илом наравне с горизонтом меженных вод.

В целях облегчения работы сквозной дамбы и отклонения потока влево, выше ее была установлена сквозная шпора с удержанием тетраэдров специальными якорями, расположенными в русле реки и по берегу.

После паводка погрузившиеся в дно тетраэдры были извлечены и вновь установлены под углом 30° к стрежню реки.

При умеренных паводках тетраэдры беспрерывно увеличивали отмели, расположенные в зоне их установок.

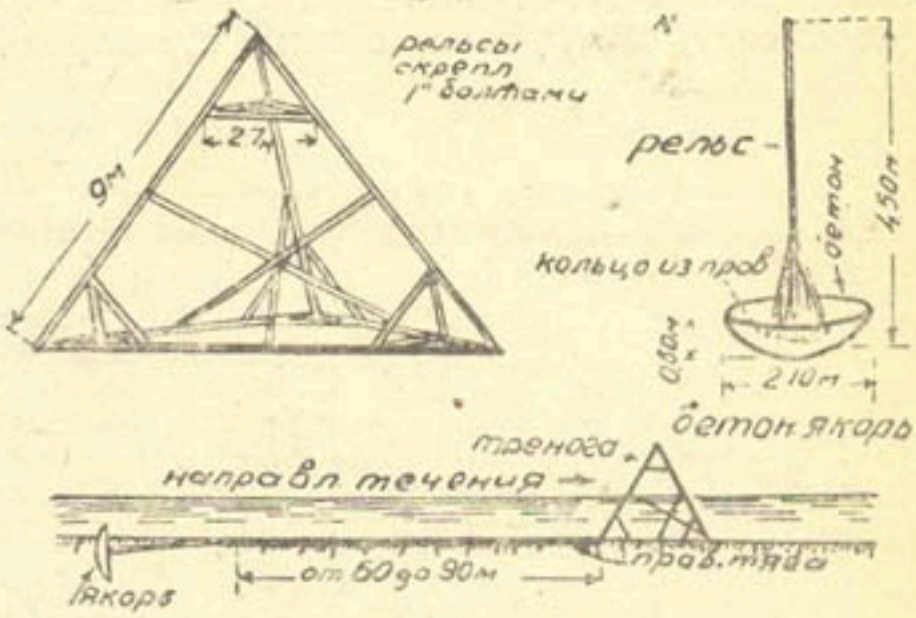

Рис. 80

Металлические тетраэдры в США применяются также для отведения реки от размываемого берега в новое русло в зимний период. Схема установки и конструкция их ничем не отличаются от только что описанной.

Во время шугохода тетраэдры были забиты шугой, а вода, устремившаяся в прорезь, разработала ее до 25 м. В паводок старое русло заилялось, а прорезь расширялась.

С целью более резкого отклонения течения низкой воды в новое русло и размыва прорези, на средний продольный трос иногда навешивается металлическая сетка, на которую закладывался хворост, прижатый к сетке землей, мешками с песком и другим грузом.

На реках Миссури и Миссисипи свайные эстакады получали наибольшее распространение при выправлении русел рек для целей судоходства, тогда как тетраэдры больше применяются при защитных работах и перекрытии протоков.

Конструкция сквозной сипайной дамбы, применительно к условиям реки Аму-дарьи с креплением основания тюфяками, показана на рисунках 81 и 82.

Схема установки сипаев в текущую воду по ремонту ранее выстроенной дамбы заключается в следующем.

1. Установка шестиметрового сипая производится с 25—30 тонного каюка, подводимого к месту установки с верхнего бьефа, при этом на каюк сразу помещались два сипая, два габионных якоря с 40—50 метров. оттяжками, свитыми из двух 6 мм проволок и, каменные якоря.

2. Груженый сипаями каюк отчаливает от берега и двигается в пределах рабочей зоны, подобно парому на рысковом рабочем тросе, подвязанном одним концом к мачте, находящейся от носа на $^1/_3$ длины всего каюка, и другим

концом через понтонный блок к трехтонной лебедке, укрепленной на берегу, на расстоянии от шпоры на 1,5 длины шпоры до места укладки сипая.

3. Команда, находящаяся на каюке, состоит из 10 человек, а береговая бригада у лебедки и для вязки сипаев из 6 человек, состав бригады должен быть подобран из достаточно опытных рабочих. Наиболее опытным должен быть рулевой каюка, от которого в большей мере зависит успешность работы по установке сипаев в назначенное место.

Примерная норма установки сипаев в реку при указанном количестве рабочих 4—5 шт. в 8 часовой рабочий день.

4. Во избежание большого провеса рыскового троса, при расстоянии более 70 м от берега, в реку выводится и ставится на якорь вспомогательный понтон, который служит поплавком для троса, а также создает постоянное направление троса от лебедки и дает возможность каюку уходить дальше от берега на такое расстояние, на какое будет выведен от берега вспомогательный понтон (положение, обозначенное в схеме пунктиром).

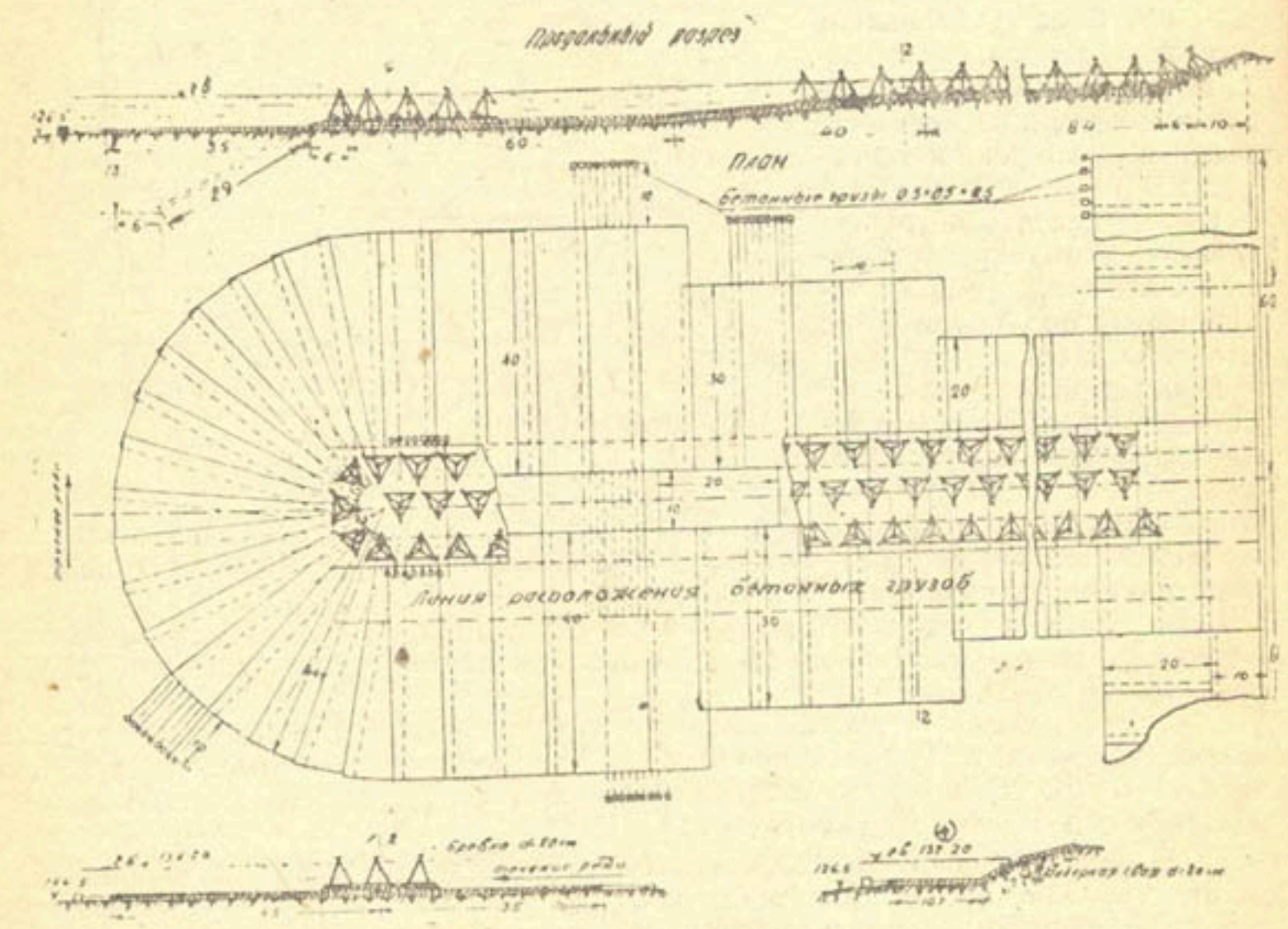

Рис. 81

§ 20. Закрытие прорывов и протоков

Для закрытия прорывов в дамбах, в плотинах или для перекрытия протоков рек применяются нижеследующие методы:

1. Метод постепенного сужения протока или прорыва с обеих сторон путем установки сипаев (ряжей) или укладки тяжелых карабур.

2. Метод устройства через проток или прорыв эстакады из свай или сипаев, с закреплением их основания и боков каменной наброской, тюфяками или тяжелыми карабурами с последующей окончательной равномерной заделкой отверстия.

3. Метод постепенного отклонения потока от прорыва или протока при

помощи решетчатых или глухих полузапруд (шпор) и затем производства работы по перекрытию в зоне затишья.

При всех упомянутых методах сначала производится закрепление берегов и дна прорыва с тем, чтобы прекратить дальнейшую разработку русла в ширину и глубину, и затем уже приступают к основным работам.

Существенной особенностью производства работ по перекрытию прорывов является их внезапность и срочность, вследствие чего не приходится составлять подробных проектов. Обычно перед приступом работ на место выезжает комиссия из высококвалифицированных специалистов, которая намечает конструкцию устройства и методы производства работ.

Для примера можно сослаться на производство работ по заделке прорыва на реке Желтой (Китай), где 10 июля 1935 года река прорвала защитную дамбу и ушла в старое русло.

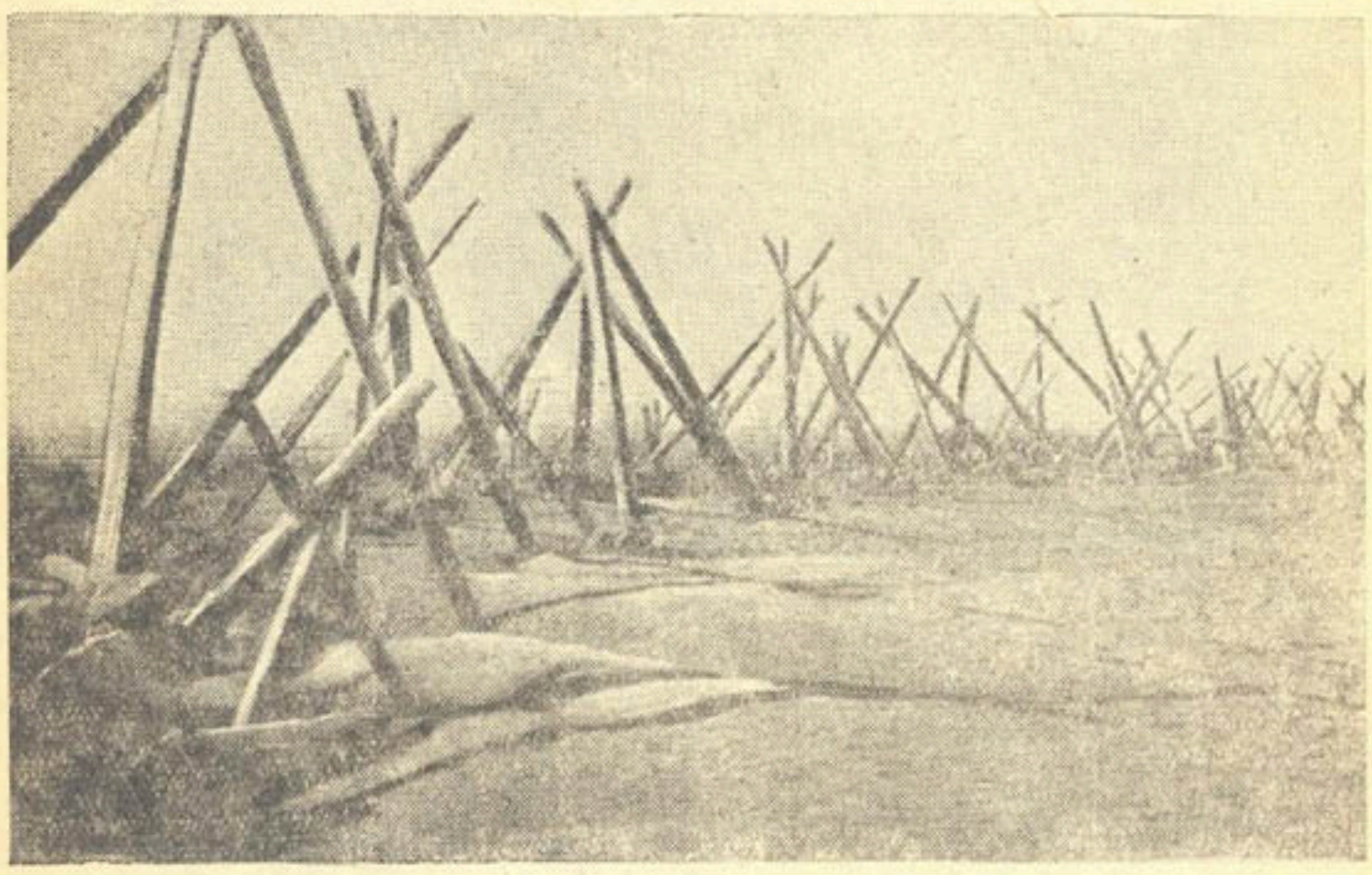

Рис. 82. Сипайная сквозная дамба на Аму-дарье после отхода реки

Первоначально был прекращен дальнейший подмыв дамбы тщательным закреплением конца дамбы с низовой стороны прорыва фашинами, мешками с землей и каменной наброской. Затем начали сужать прорыв при помощи тех же фашин с засыпкой с низовой стороны земляных дамб. Перекрытие и земляная дамба делались под защитой отбойных шпор из гаоляна (в виде камыша), установленных выше прорыва под углом 45° к течению и с возрастающей длиной вниз по течению от 200 до 500 м (рис. 83). Отверстие длиной 834 м, где был ток воды, перекрывалось гаоляновой дамбой, и окончательное закрытие прорыва на длине 40 м производилось путем забрасывания огромных фашин (рис. 84).

Гаоляновая дамба строилась секциями размером 84 м в ширину и 10 м в длину. Каждая секция после укладки перевязывалась 40—50 пеньковыми канатами и, кроме того, притягивалась длинными канатами к основной дамбе для придания сооружению сплошности и монолитности (рис. 85).

При закрытии последних 40 м для предотвращения размыва дна был уложен мат из хворостяных фашин, пригруженный каменной наброской. Затем с

обоих концов и в средину со специальных платформ на баржах сбрасывались тяжелые фашины.

Фашины привязывались канатами, чтобы их не выносило из прорыва возрастающими скоростями. Прорыв длиной 40 м, глубиной 7—10 м, был закрыт фашинами в количестве 1000 штук длиной от 5 до 16 м и диаметром 1,2—1,4 м.

После закрытия прорыва для полного прекращения просочек воды была возведена вторичная гаоляновая перемычка.

Речная сторона закрытия была забросана камнем с откосом 3:1. Фашины загружались мешками с песком, а далее вся перемычка засыпалась землей с окончательным поперечным сечением, указанным на рис. 86.

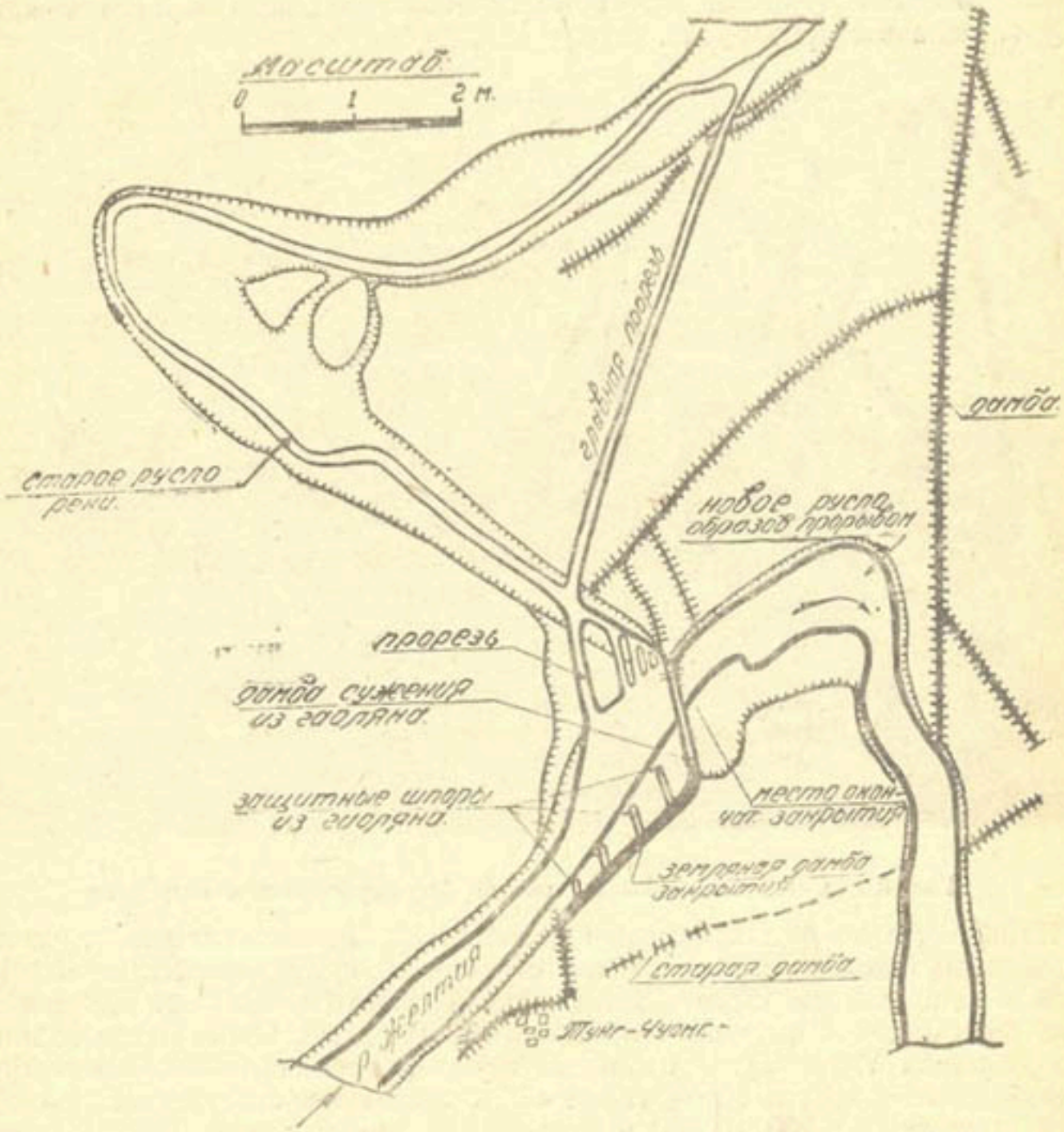

Рис. 83. Закрытие прорыва на р. Желтой

Другой случай перекрытия прорыва имел место в 1928 г., когда в течение зимы была выстроена свайная эстакада длиной 244 м, шириной пола 3,5 м, состоявшая из 4-х рядов свай. Эстакада соединялась с основными дамбами.

Свайная эстакада состояла из 4-х рядов, расстояние между опорами 3 м. Сваи забивались паровым копром в среднем на глубину 7,5 м при минимальном размере забивки 6 м. Длина применяемых свай от 12 до 20 м. На сваи надевалась насадка сечением 20×30 см. Все четыре сваи сбалчивались двумя

диагональными схватками сечением 7,5×2,5 см в жесткую систему. На прогонах было уложено 4 колеи узкоколейки с ходами для рабочих.

Перед сбрасыванием камня на дно были уложены фартуки из проволочных сеток с тем, чтобы большие массы камня не уходили глубоко в грунт.

Для достижения водонепроницаемости с верховой стороны укладывались гаоляновые маты и мешки с землей.

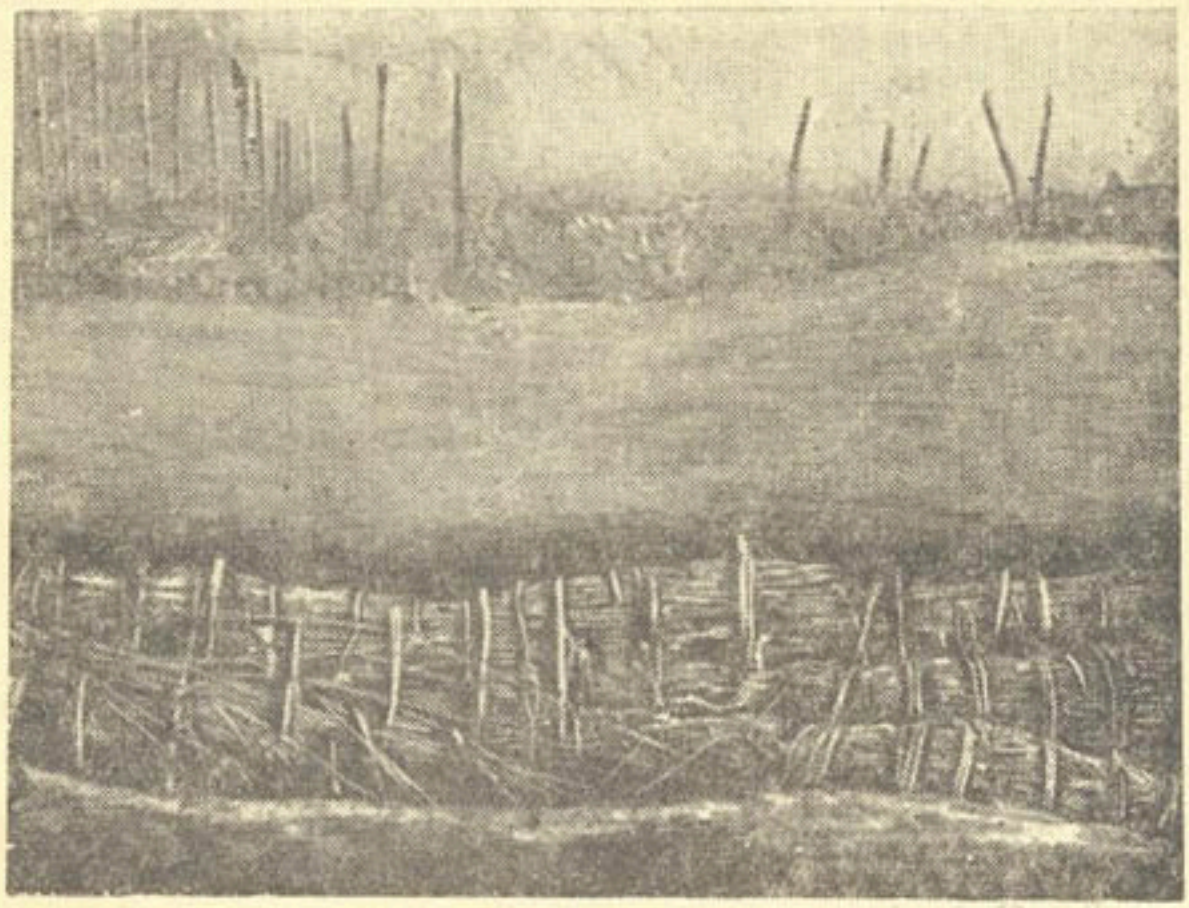

Рис. 84

Когда просочка была ликвидирована, старая дамба была восстановлена гаоляновыми тюками и впереди ее произведена засыпка землей.

Пример перекрытия русла на одной из горных рек, с целью заиления протока при помощи сипайной дамбы, показан на рисунке 87. При этом выше протока предполагалась установка 2-х коротких шпор, которые отклоняли бы поток от протока и облегчали работу по перекрытию.

Устройство шпор и дамбы намечалось до наступления паводка, т. е. частью в сухом русле и частью при глубинах до 0,5—0,6 м и скоростях течения 1—1,5 м/сек.

Первоначальная застройка площади живого сечения сквозной сипайной перемычки была принята в 50%; дальнейшее уплотнение должно произойти за счет оседания на сетку и сипаи мусора. От сноса течением сипаи пригружаются камнями в виде связок, привязанных к ногам сипая.

Количество строительных материалов на 50 погонных метров перемычки нижеследующее:

Бревен диаметром	18—20 см потребно	8,0 м³
пластин „	$\frac{20}{2}$ „ „	14,0 „
проволоки для якорей	d = 6 мм	330 кг
„	d = 4 мм	330 „
камня булыжного		100 м³.

Сипайная перемычка не боится просадки и смещения отдельных сипаев и работает как цельная и гибкая конструкция.

Загрузка сипаев может быть выполнена двумя способами, либо укладкой на узлы габионов размером 1,5×0,75×0,75 м с привязкой их к ногам и обвязке сипая, либо укладкой булыжника в проволочные пирамидальные ящики, каркасом которых служат ноги и обвязка сипая. Выполнение ящиков на самом

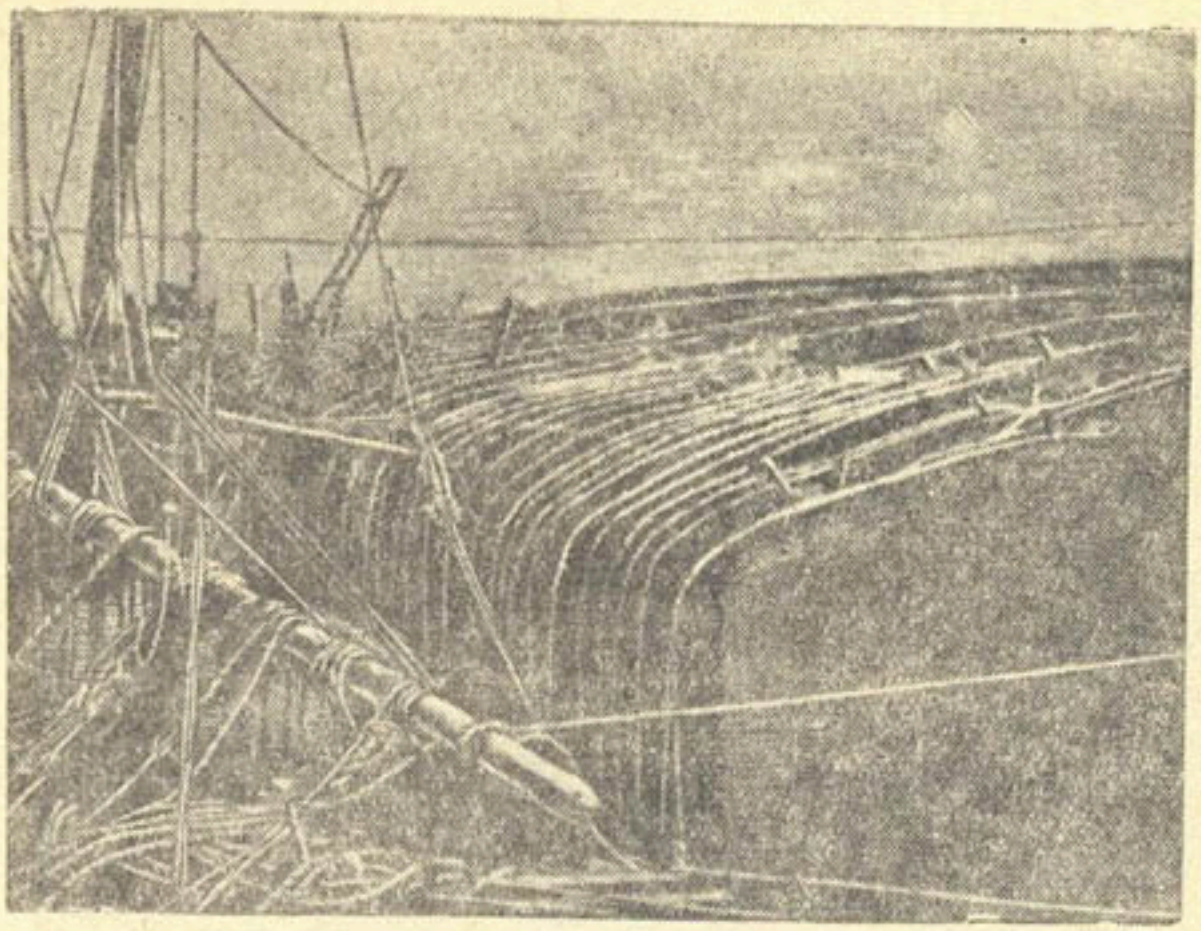

Рис. 85. Дамба из гаоляна, перевязанная пеньковыми канатами

сипае не может быть механизировано и потому требует большей затраты рабсилы, чем при габионной загрузке, но зато расход проволоки при этом почти вдвое уменьшается и такая загрузка получается более надежной.

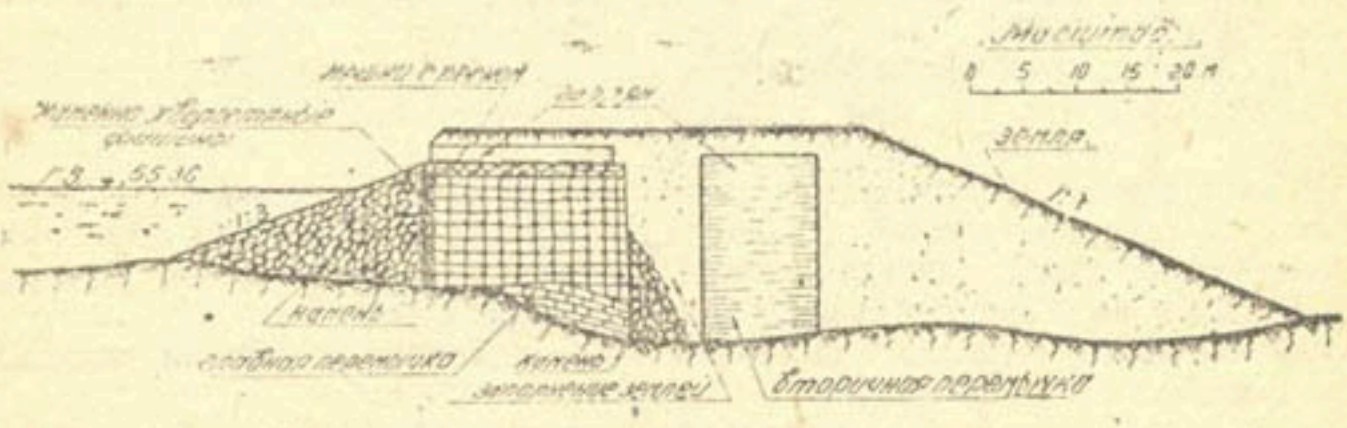

Рис. 86. Перемычка после окончания работ по перекрытию прорыва

В обоих случаях проволочная сетка проектируется с ячейками 0,15×0,15 м, заполнение ее булыжником производится так, чтобы крупные булыги ($d \geq 15$ см) располагались по краям ящика и выступали наружу на $^1/_3$—$^1/_4$ своего размера, дабы предотвратить проволоку от удара камней.

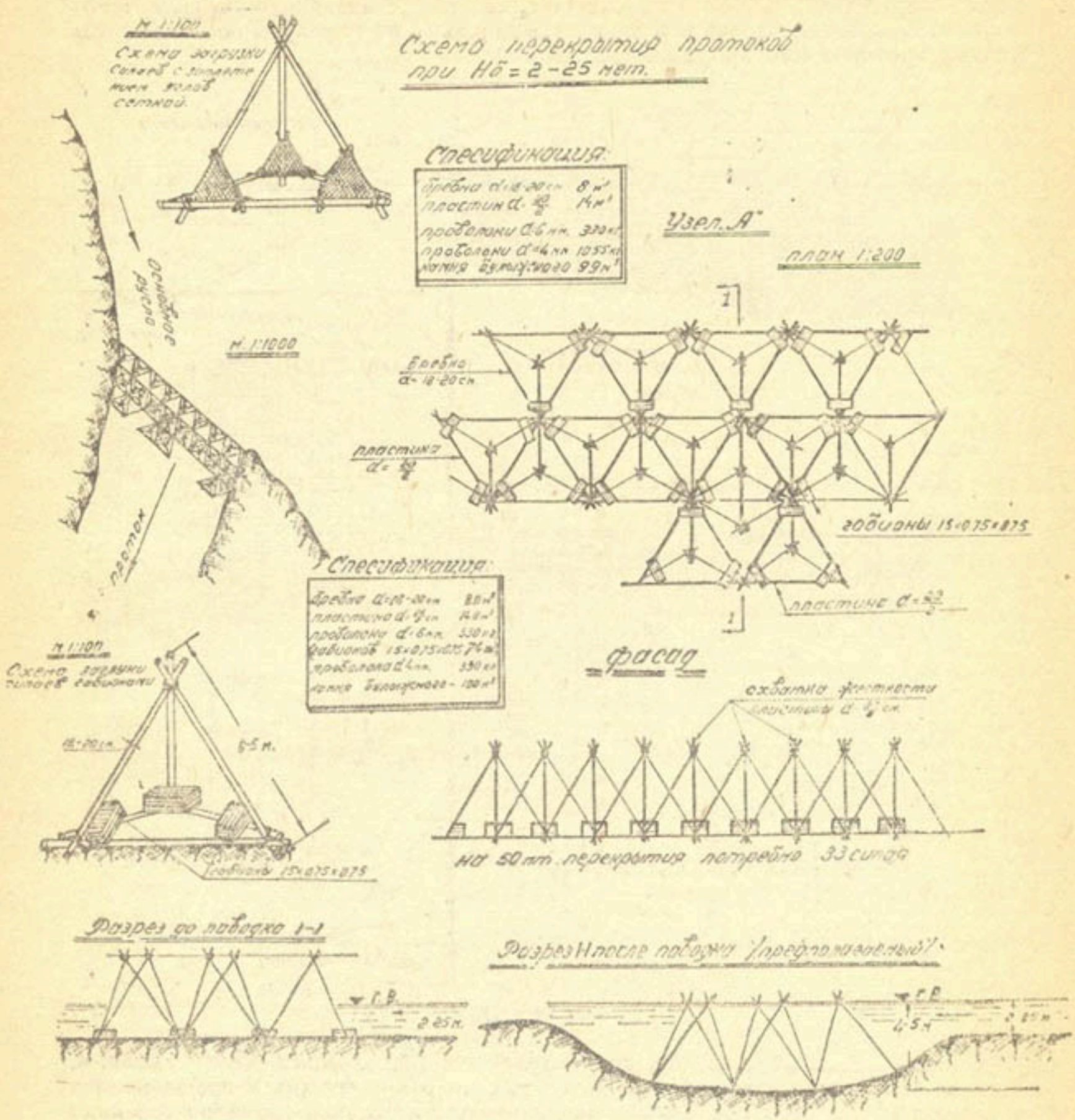

Рис. 87. Схема перекрытия потока сипаями

§ 21. Сетчатые пловучие системы инж. Алтунина С. Т.

Сетчатые пловучие системы состоят из ряда проволочных сеток, подвешенных посредством вращающихся валов к ряду скрепленных между собой общей фермой лодок. Сетчатые системы можно устанавливать в виде шпор нормально к линии берега и в виде заграждений по перекрытию отдельных мелких протоков или прорывов (рис. 89).

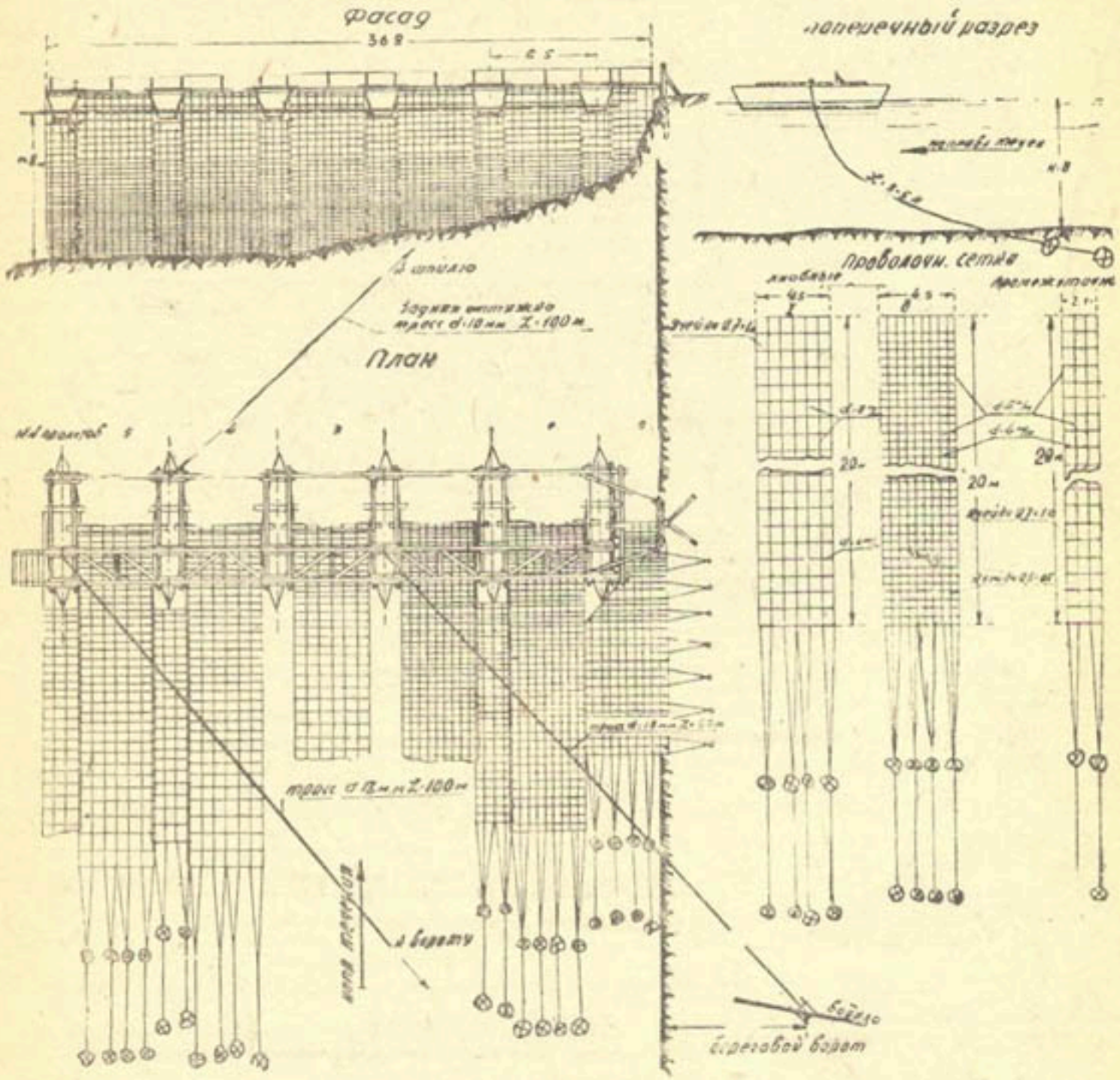

Рис. 88 и 89

Сетки опускаются на дно, на которое ложатся нижним своим концом, располагаясь в виде наклонных проволочных полотнищ от дна к вращающимся валам, установленным на лодках, располагаемых несколько ниже (по течению) донных концов сеток. Сетки устанавливаются в просвете между лодками и под лодками из проволоки в виде полотнищ размером 5×20 м, с ячейками сетки 0,5×0,5 и 0,71×1,0 м. Детали конструкции сетчатых сквозных систем, применяемых на р. Аму-дарье для защиты берега, показаны на рисунках 89 и 90. На указанные сетки оседает плывущий в паводок в изобилии мусор, который является в этом случае строительным материалом, заполняющим просветы сеток для достижения необходимой застройки.

Таблица 30.

№№ п/п.	H глубина в м	Бытовые макс. скор. м³/с	Неразмыв. скорости м/сек (грунт мелк. песок)	Допустимая площадь застройки сеток	Расстояние между системами в м	Допустимая длина системы в м	Число систем на 1000 м берега	Размер ячеек сеток в м
1	1	2	0,45	60	12	4	83	0,2×0,2
2	2	2	0,75	60	24	8	42	0,2×0,2
3	3	2	1,02	100	36	12	28	0,3×0,3
4	3	3	1,02	45	36	12	28	0,3×0,3
5	4	2	1,12	50	48	16	21	0,4×0,4
6	4	3	1,12	34	48	16	21	0,4×0,4
7	5	2	1,25	50	60	20	17	0,5×0,4
8	5	3	1,25	28	60	20	17	0,5×0,4
9	6	2	1,33	50	72	24	14	0,5×0,4
10	6	3	1,33	23	72	24	14	0,5×0,4
11	7	2	1,36	43	84	28	12	1,0×0,71
12	7	3	1,36	20	84	28	12	1,0×0,71
13	8	2	1,40	40	96	32	10	1,0×0,71
14	8	3	1,40	17	96	32	10	1,0×0,71
15	9	2	1,43	34	108	36	9	1,0×1,0
16	9	3	1,42	15	108	36	9	1,0×1,0
17	10	2	1,48	30	120	40	8	1,0×1,0
18	10	3	1,48	14	120	40	8	1,0×1,0

Действие сетчатых сквозных шпор основано на создании вдоль берега сопротивлений потоку и перераспределении расходов и скоростей по ширине русла реки.

В задачу шпор из сеток входит лишь погасить избыток размывающей скорости вдоль линии берега на ширине русла, равной длине систем, чтобы в результате их действия уменьшить погонный расход и скорости у берега и тем самым не допустить его размыв.

Сетчатые шпоры способствуют удалению больших глубин от берега и закреплению откосов берега, т. е. их также можно рассматривать и как берегоукрепительные сооружения.

Перераспределение расхода воды по ширине русла должно производиться постепенно и сравнительно на большой длине реки, т. е. необходимо устроить относительно большое количество сетчатых шпор, но с малым их удельным воздействием на поток, так как сосредоточенное воздействие вызывает сильный размыв дна реки в месте стояния систем, что особо резко происходит по линии спущенных сеток.

Применяемые на Аму-дарье и Сыр-дарье системы состоят из 6 лодок — 5 основных и 4 дополнительных сеток.

Таблица 31.

1. Лес круглый для прогонов, валов, ферм и береговых укреплений	м³	6,6
2. Доски для поделки лодок и мостика	„	10,3
3. Бруски для фермы и лодок	„	27,3
4. Проволока для вязки сеток: размер полотнищ 30×5 м и ячейки сетки 1,0×0,7 м:		
d=4—6 мм	кг	71,58
d=1,5 мм	„	0,76
5. Сетки 30×5 м с ячейками 0,5×0,5м:		
d=4—6 мм	„	34,44
d= 1,5 мм	„	0,11
6. Сетки 20×2 м с ячейками 1,0×1,0 м:		
d=4—6 мм	„	17,92
d=1,5 мм	„	0,20

Расстановка вдоль защищаемого берега производится в виде нормально поставленных к берегу шпор на равном расстоянии друг от друга. Удержание системы в рабочем положении производится при помощи воротов, установленных на берегу, и якорей от сеток, заброшенных на дно реки.

Сетчатые системы за последние годы нашли применение на реках с легко подвижным руслом, т. е. на тех участках рек, где места размывов часто меняются и выявляется необходимость частого изменения фронта защиты и взаимного расположения систем в зависимости от протекания реки.

В таблице 30 даются предварительные элементы (нормы) для правильной эксплоатации сетчатых систем, которые необходимо соблюдать как для защиты берега, так и для сохранения целости самих пловучих частей конструкции.

Основными гидравлическими элементами, определяющими устойчивость и действие сетчатых систем, являются глубина, скорость, направление течения к сооружению и берегу, размер сооружения и площадь застройки его.

Приведенные в таблице основные гидравлические показатели рекомендуются для 6-лодочной системы, способной выдержать гидродинамическое давление 37 тонн, водоизмещением каждой лодки 9 м³. При иной конструкции, чем здесь описывается, допускаемая площадь застройки будет другой.

Проведенные в 1939-41 г. на р. Аму-дарье берегозащитные работы показали, что конструкцию пловучих систем необходимо усилить. Так, например, применяемые у Чарджоу системы из 6 лодок водоизмещением каждая по 22,5 тонн (рис. 90) выдерживали скорости течения 4 м/сек. при глубине 6—8 м, которые нами и рекомендуются для применения.

Основные строительные материалы на шестилодочную сетчатую систему, включая 2 ворота, для условий р. Аму-дарьи представлены в таблице 31.

Строительство сетчатых систем, их установка на место описываются в книге автора „Защита берегов от размыва" издания 1939 г., г. Ташкент, куда следует обращаться.

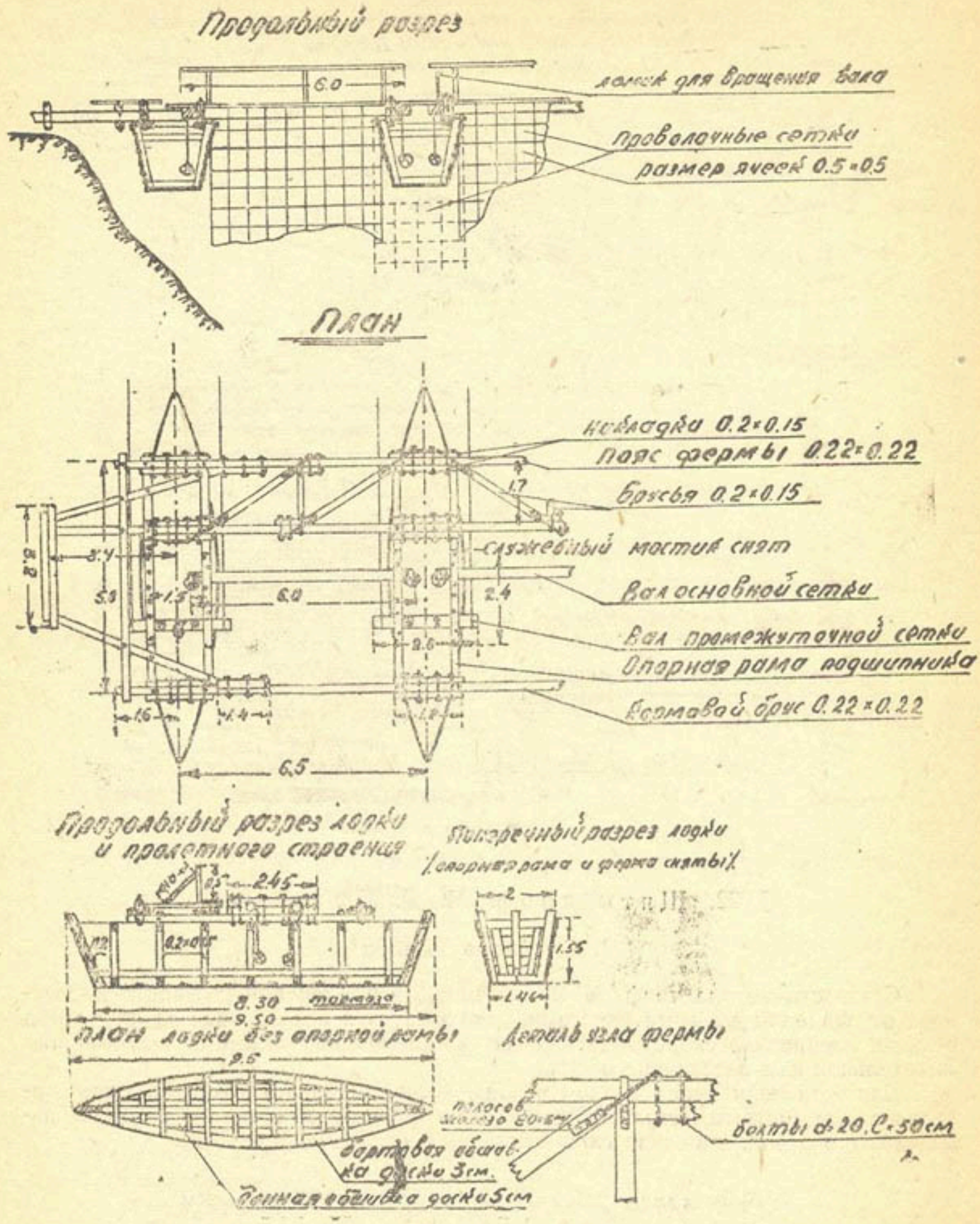

Рис. 90. Конструкция пловучей части сетчатой системы

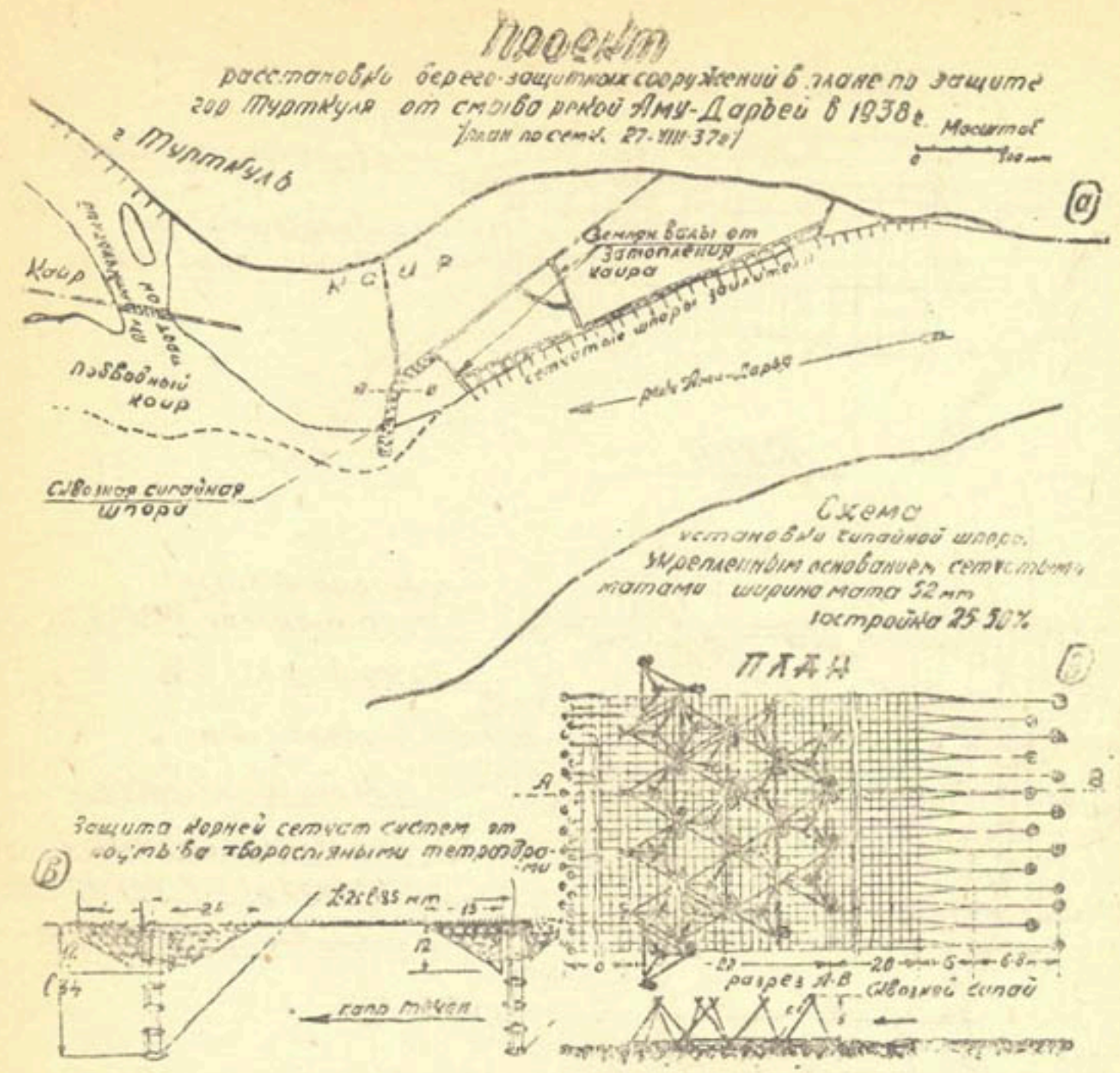

Рис. 91

§ 22. Щиты проф. М. В. Потапова

1. Сущность метода

Сущность метода проф. М. В. Потапова, в применении к защите водозабора от заиления донными наносами, заключается в воздействии на поток при помощи специально сконструированных направляющих систем, вызывающих желательное нам расслоение потока.

Для этой цели перед входом в канал выше отвода устанавливаются поверхностные системы направляющих щитов, которые верхние слои потока направляют в отвод, а нижние слои отклоняют от отвода (рис. 92).

2. Гидравлический расчет направляющей системы

В настоящее время на практике нашли применение пловучие поверхностные системы. Кроме того, в качестве опытных нами были испытаны системы из поверхностных щитов, укрепленных на сваях. Для определения основных

размеров пловучей системы ниже приводятся зависимости инж. В. А. Шаумана, выведенные им на основе лабораторных и полевых исследований ВНИИГИМ*)

Длина системы должна намечаться в зависимости от ширины захвата каналом донного слоя потока и определяться по формуле (30)

$$L = \frac{в_0}{\sin \beta} \qquad (30)$$

где L—длина системы в м,

α—угол стока между осью потока и направляющим щитом.

Для щитов обтекаемой формы $\alpha = 25^0 = 30^0$, а для плоских щитов 18—25°.

β—угол между осью системы направляющих и направлением течения основного потока берется 20—30°, т. е. можно принимать $\alpha = \beta$,

$в_0$—ширина донного слоя потока, захватываемого отводом и равная

$$в_0 = 1{,}11\ (K + 0{,}35)\ вK \qquad (31)$$

Здесь

$$K = \frac{q_к}{q_р},\ q_к = \frac{Q_к}{в_к} \text{ и } \frac{Q_р}{B_р}$$

$в_к$ и $в_р$ — ширина канала и реки,

$Q_к$ и $Q_р$ — расход канала и реки выше отвода

$$в_к = 0{,}78\ нв_к$$

Величина расхода в канале определяется по формуле

$$Q_к = \frac{q_р}{3}\ (в_0 + 2в_п)$$

$в_п$ —ширина поверхностного слоя потока, захватываемого паводком,

Угол между осью потока и прямой для практических подсчетов принимаетя равным 60°.

Глубина погружения поверхностных направляющих h принимается

$$h = \frac{H}{4} \div \frac{H}{3}$$

Длина направляющего щита определяется по формуле

$$l_{макс.} = \frac{H}{\sin \alpha}$$

Опыты показали, что длина направляющего щита не должна быть менее

$$l_{мин.} = 1.210.$$

Следовательно $l = \frac{l_м + l_{мин.}}{2}$

Число направляющих в системе будет

$$n = \frac{L}{l} + 1$$

3. Конструкция систем

Пловучие системы по отвлечению донных наносов от голов каналов состоят из трех частей.

1. Пловучие щиты и понтоны сегментной формы.

---

*) См. журнал „Гидротехническое строительство“ № 4—5 за 1939 г., статью инж. В. А. Шаумана „Защита водозабора от донных наносов поперечной циркуляцией“.

2. Верхнее строение, соединяющее щиты в систему и одновременно служащее основанием для служебного мостика.

3. Тросы и береговые устройства для закрепления их (лебедки, ворота или якоря).

Щит имеет водонепроницаемую обшивку из досок, обшивка пришивается к стойкам внутреннего строения щита, своим внутренним строением щит при-

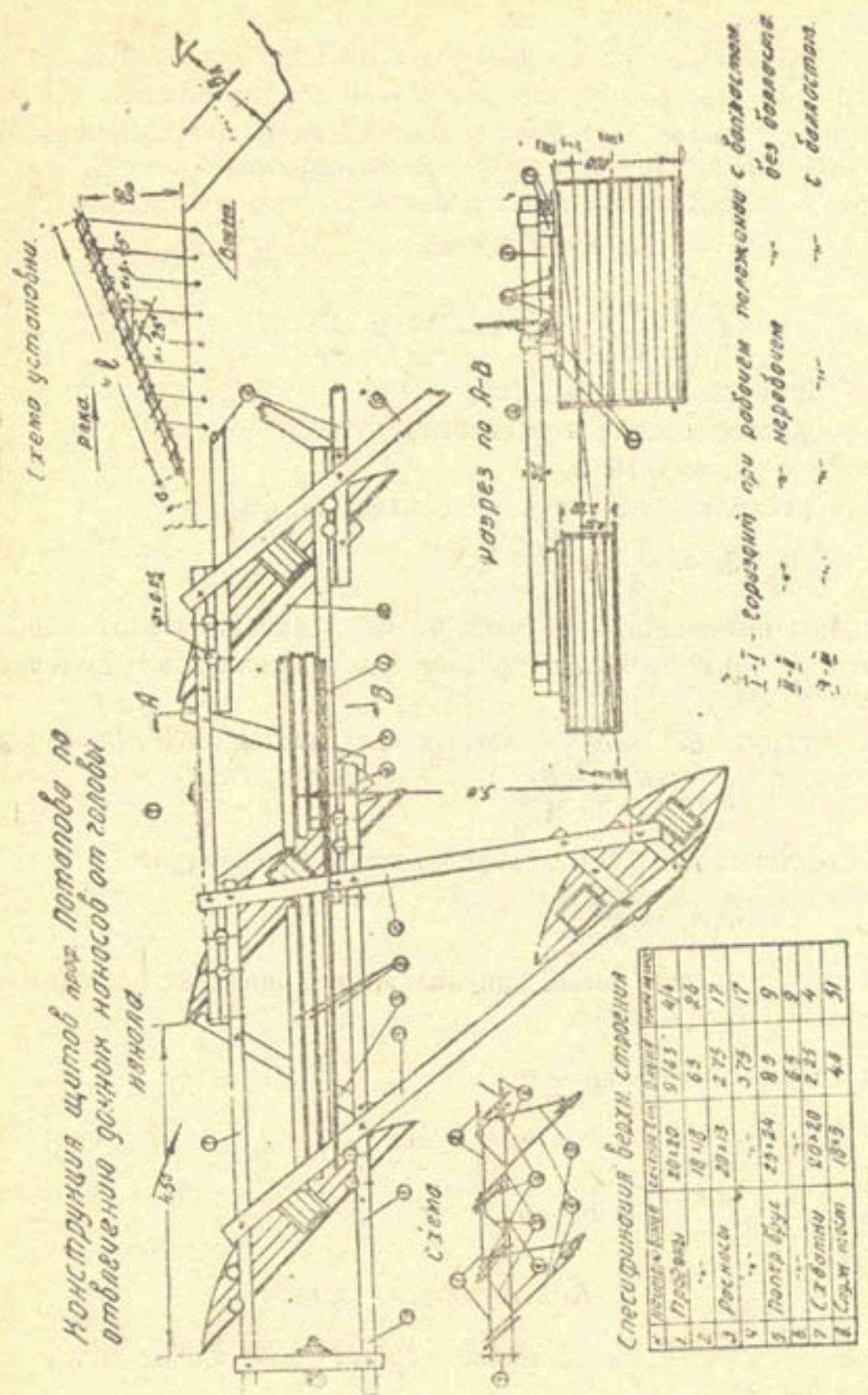

Рис. 92

соединяется к прогонам. Прогоны состоят из брусьев, соединенных между собой на всю длину системы.

Об'ем леса на 1 щит . . . . . 0,78 м³

Об'ем леса на верхнее строение с отнесением на 1 щит 1,51 м³

Об'ем леса на 1 поплавок . . . . . 0,78 м³

Количество леса на одну систему может быть подсчитано по этим единичным об'емам.

Строительство и эксплоатация направляющих систем подробно изложены в правилах по эксплоатации установок, разработанных ВНИИГиМ под руководством проф. Потапова в 1939 г.

4. Работа щитов Потапова по данным полевых исследований

Щиты проф. Потапова дали положительный результат по отвлечению донных наносов. Так, например, установленная у головы к. Палван (Таш-сака) струенаправляющая система, испытывавшаяся в течение 4-х лет (1935—1938г.г.), позволяла сокращать об'ем очистки головного участка канала на 50 тыс м³ ежегодно. По данным лабораторных опытов САНИИРИ, они уменьшают завлекание донных наносов на 25% и улучшают забор воды в канал.

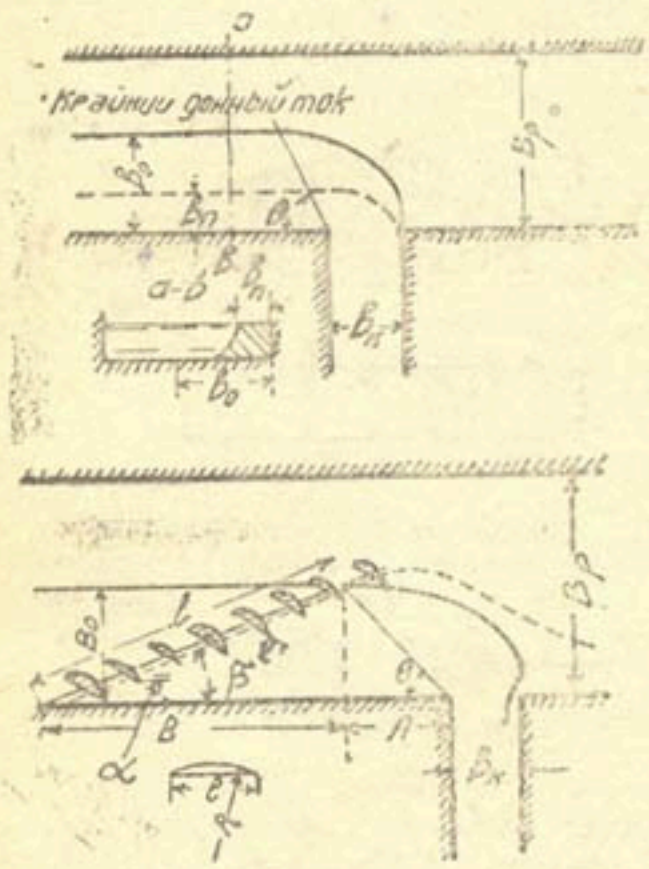

Рис. 93

В голове канала Кума-курган в 1935-36 г. были установлены 2 системы направляющих: первая в подводящем русле реки перед головой подводящего канала, вторая — в подводящем канале перед головой магистрального канала.

В результате работы первой системы в течение 50 дней было увеличено попадание поверхностных более осветленных струй в канал на 50%, предупреждено образование отмели вдоль правого берега при входе в канал, тем самым были значительно улучшены условия забора воды в последний на период межени и уменьшено попадание донных наносов в канал (по замерам в 7,9 раза), что в об'еме составило 8100 м³.

В результате работы второй системы в течение 55 дней уменьшилось попадание донных наносов в магистральный канал (по замерам) в 4,8 раза.

Вместе с сокращением количества заносимых в каналы донных речных наносов обеспечивается и некоторое увеличение расхода в канале, благодаря поддержанию в нормальном состоянии его входного сечения.

Если голова заложена в легко размываемом грунте и под действием изогнутого потока подвержена сильному переформированию и смещению вниз по течению, с помощью струенаправляющей системы можно достигнуть прекращения смещения вниз и даже возможно частичное восстановление первоначального положения головы канала.

Общие выводы по применению щитов Потапова

Проведенные ВНИИГиМ и САНИИРИ полевые и лабораторные опыты с щитами на реках и каналах Средней Азии показывают:

1. Что на реках с легко подвижным руслом, где интенсивно происходит забрасывание голов ирригационных каналов или размыв берега, системы должны быть подвижными.

2. На участках рек или каналов с неразмываемыми или закрепленными берегами у голов каналов и более или менее устойчивым направлением течения системы могут быть полустационарными и стационарными.

3. На реках с легко подвижным руслом системы должны быть такими,

чтобы имелась возможность изменения ее элементов расположения, главным образом угла между направляющими и направлением течения, глубины погружения направляющих, приспособляя их к переменному режиму потока.

4. Установленные направляющие системы по отвлечению донных наносов от голов каналов и по улучшению условий водозабора дали положительные результаты. Пловучие направляющие установки для защиты берега в легко подвижных руслах (на Аму-дарье) не дали положительных результатов и на малых реках с песчано-галечниковым руслом получены положительные результаты от стационарных и полустационарных систем на сваях.

5. Главные затруднения в их применении встречаются вследствие сложности конструкции, эксплоатации и большой стоимости.

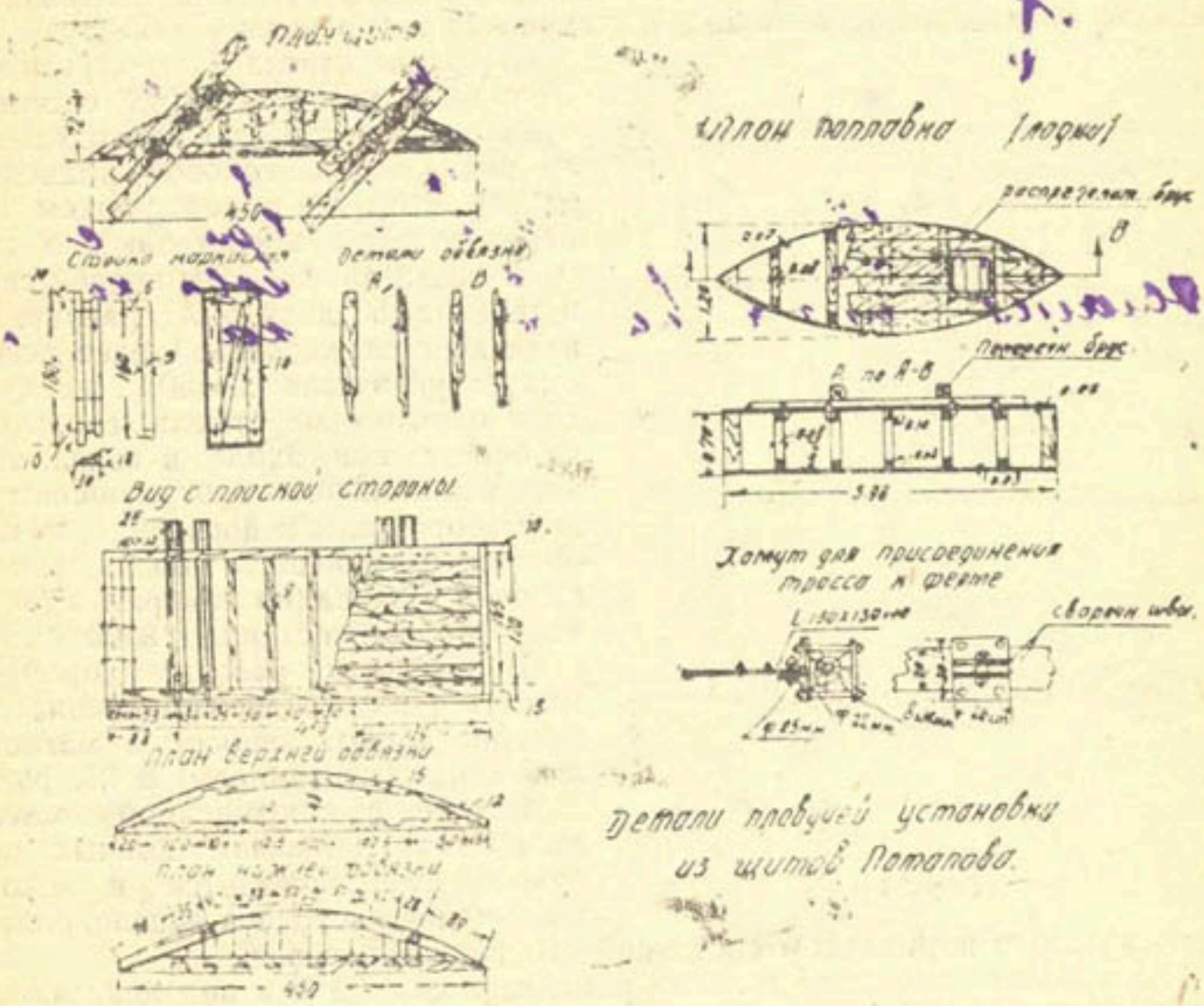

Рис. 94

Эксплоатационные работы пловучих направляющих систем из щитов Потапова по отвлечению донных наносов заключаются:

1. В регулировании системы в зависимости от протекания потока и поддержания системы в рабочем состоянии.

2. В освобождении направляющих и тросов от цепляющихся к ним пловучих тел, несвоевременное удаление которых может привести к гибели системы.

3. В освобождении направляющих от фильтрующей в ней воды.

4. В разборке системы при интенсивном размыве берега выше и в месте установки системы.

5. В предупреждении прогибов системы в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что достигается регулированием натяжений тросов.

6. В ремонте в период работы и в зимнее время.

§ 23. О стоимости защитно-регулировочных сооружений

Стоимость защитных и регулировочных работ и сооружений зависит от местных условий, определяющих цены на материалы, колеблется для различных районов сравнительно в широких размерах. Большое влияние на стоимость работ оказывает большая или меньшая отдаленность от них мест заготовки материалов, способы доставки, время производства работ (межень или паводок), конструкция сооружения и т. д.

Поэтому не только для отдельных бассейнов рек, но нередко и для отдельных участков одной и той же реки, единичные цены сооружений бывают различны. Установить среднюю стоимость для защитных и регулировочных сооружений в условиях Средней Азии не представляется возможным. Эти цифры не будут показательны тем более, что такие работы не могут быть подведены под средний тип по числу и роду сооружений. На одном участке их может быть много, на другом мало.

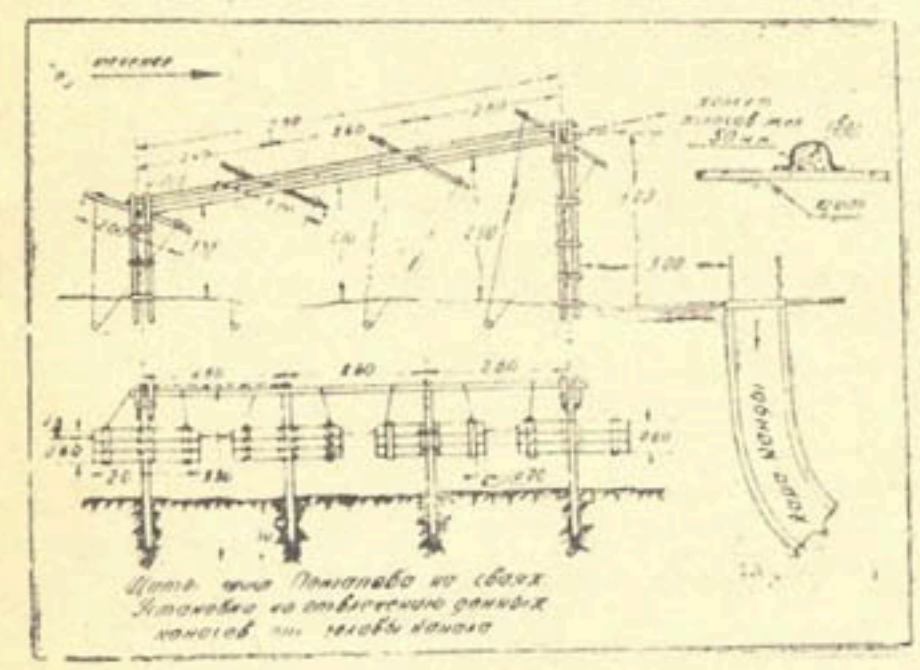

Рис. 95

В таблице 32 приводится стоимость защитных и регулировочных работ в головах трех каналов на одной и той же реке (по данным за 1939 г. с отнесением стоимости на 1 м³/сек. воды).

Столь резкая разница в расходах денежных средств на 1 м³ воды об'ясняется, во-первых, тем, что у головы канала 3 река сильнее блуждает и поэтому приходится проводить работы в значительно большем об'еме; во-вторых, в предшествующие годы у канала 3 не было проведено капитальных защитных работ, тогда как у голов канала 1 и 2 такие работы проводятся уже более десяти лет и имеются достаточно укрепленные участки русла, которые требуют лишь небольшого ремонта.

Таблица 32.

Наименование канала	Расход воды м³/с	Площадь полива в га	Защитн. руб.	Регулир. руб.	Всего руб.	Годовая затрата на 1 м³/с воды в руб.
Канал 1 . . .	100	60000	108.000	113.000	221.000	2.210
Канал 2 . . .	12	8600	67.000	65.000	132.000	11.000
Канал 3 . . .	13	9000	173.000	2.900	202.000	15.540

Сравнение стоимости крепления погонного метра откоса струенаправляющей дамбы различными конструкциями показало, что самым дешевым является крепление откоса бетонными плитами с упором их в бетонные блоки и креплением дна габионными тюфяками.

Если стоимость погонного метра крепления габионной кладкой и тюфяками принять за единицу, то бетонные плиты с блоками составят 1,2, таштуганная кладка 1,5 и каменная наброска 1,9. Несмотря на это обстоятельство, от габионного и бетонного крепления пришлось отказаться в виду дефицита, в условиях военного времени, оцинкованной проволоки и цемента. Вследствие этого в натуре и была выполнена таштуганная кладка и каменная наброска.

Защита погонного метра крепления берега хворостяными тюфяками: на р. Аму-дарье обходится 2500—3000 руб. и на Сыр-дарье 1500—2000 руб.

Защита погонного метра откоса бетонными тюфяками (из плит) на Сыр-дарье обходится 1000 руб.

Защита берега сипайными шпорами обходится на реках типа Кара-дарьи в первые годы 200—250 руб. и на малых горных реках по 100—125 руб.

К настоящему времени можно считать лишь ориентировочно установленными об'ем материалов, норму потребной рабсилы и стоимость единицы работы для 1 кубометра кладки или на 1 кв. м облицовки (крепления) откоса вышеописанных типов сооружений. Подробнее об этом указывается в Нормах и расценках на местные работы, составленные в 1941 г. УзНИТО строителей по заданию Наркомводхоза УзССР.

III. Указания по технической эксплоатации выправительных, защитных и регулировочных сооружений при водозаборе местного типа

§ 24. Состав эксплоатации

Под технической эксплоатацией выправительных, защитных и регулировочных сооружений на реках для целей ирригации следует понимать комплекс организационно-хозяйственных и инженерно-технических мероприятий, направленных на достижение максимально возможного народнохозяйственного эффекта в работе этих сооружений, путем правильной регулировки, строгой охраны и ухода за сооружениями, своевременного и высококачественного ремонта, способствующих удлинению срока службы их и обеспечения в итоге строгого выполнения графика водопользования.

Особенность эксплоатации выправительных, защитных и регулировочных сооружений заключается: 1) в периодическом осмотре и тщательном своевременном ремонте сооружений, 2) в наблюдении за изменениями русла, происходящими под действием сооружений, в связи с чем может потребоваться наращивание, усиление или, наоборот, разборка этих сооружений, что и должно своевременно выполняться.

Особо следует отметить важное значение защитно-регулировочных сооружений, выстроенных для целей улучшения водозабора местного типа, где он является как бы непрерывно действующим механизмом, состояние которого в процессе работы должно согласовываться с режимом реки и воздействовать на поток в желательном направлении.

В период эксплоатации сооружений последние должны охраняться от порчи, от быстрого износа и проводиться своевременный ремонт сооружения.

Разрушения сооружений наступают вследствие загнивания деревянных частей или ржавления металлических элементов, механического износа от действия воды и наносов, подмыва сооружения потоком, ледохода и т. п.

Механический износ может сказаться в разрушении связующих материалов (канатов, проволоки). Необходимо немедленно по обнаружении повреждений их исправлять: связывать разорванные сетки, канаты, закреплять поврежденное место тюфяками, карабурами, каменной наброской, чтобы защитить сооружение от дальнейшего разрушения.

Необходимо своевременно наращивать сооружения в высоту и одновременно принимать меры к прекращению дальнейших подмывов (путем укладки новых тюфячков, наброски камня и пр.). Если произошло, например, оползание уложенного на откосе тюфяка или железо-бетонных плит, то обнажившаяся часть берега должна быть немедленно защищена ремонтным тюфяком или другими временными устройствами.

Ремонт сооружений разделяется на:

1. Текущий ремонт, предусматривающий устранение мелких неисправностей и могущий производиться сразу же после обнаружения их.

2. Средний (планово-предупредительный) ремонт, предусматривающий ликвидацию повреждений и дефектов обычного характера, не угрожающих немедленной и полной приостановкой сооружений.

3. Капитальный ремонт, когда повреждения и дефекты настолько значительны и многочисленны, что имеется угроза дальнейшей нормальной работе всего участка, как то: удлинение, разборка, наращивание, перестройка и усиление сооружения в виду полузапруд, дамб и пр. Обычно эти работы проводятся после составления специального технического акта, проекта и заготовки соответствующих строительных материалов.

4. Аварийно-восстановительный ремонт при наличии отдельных повреждений, вызывающих перерывы работ или нарушения нормальной работы ирригационной системы, или отдельных защитно-регулировочных сооружений.

Аварийно-предупредительный ремонт при наличии явной угрозы по дальнейшему разрушению сооружений и также требующих немедленного исправления.

5. Надлежащий надзор за вновь выстроенными сооружениями впредь до их полной осадки. При каждом вновь выстроенном сооружении надлежит всегда иметь в запасе достаточное количество камня, хвороста, соломы или камыша на случай крепления подмываемых участков.

Замечено, что там, где имелся заготовленный материал, почти всегда удавалось спасать подмываемые сооружения и там, где готового на этот случай материала не оказывалось, запасать его во время подмыва было уже поздно, ибо в большинстве случаев подмыв опережает заготовку, и сооружение, стремительно разрушаясь, сносится потоком.

6. В военное время, кроме ремонта, необходимы аварийно-восстановительные работы в связи с диверсиями и бомбежками ирригационных сооружений.

В целях предупреждения подобных аварий, системные управления должны иметь разработанный план по недопуску, уменьшению и ликвидации таких аварий на головных участках канала и на самой ирригационной системе в военное время.

Наиболее часто встречающимся ремонтом регулировочных сооружений является следующее:

а—восстановление разрушенных частей сооружений,

б—предупреждение и заделка прорывов,

в—подсыпка и наращивание дамб и шпор (в длину и по высоте),

г—укрепление и защита основания сооружений (дамб, шпор) регуляторов, водосливов и др. от подмыва,

д—мелкий ремонт сеток габионов, бетонных и жел. бетонных плит, облицовок и пр.

Характер работ и конструкция отдельных элементов по ремонту сооружений зависят от типа и конструкции сооружений, которые подвергаются ремонту (см. классификацию).

§ 25. Состав участка головного питания

1. Участком головного питания называется участок реки, служащий для обеспечения подачи воды в ирригационную систему.

2. В задачу участка головного питания канала, оборудованного комплексом гидротехнических сооружений, входит:

а) обеспечивать подачу воды по плану водопользования, не допускать излишнего поступления в случае прекращения поливов, ремонта и очистки канала, а также вследствие катастрофы на системе,

б) предохранять ирригационную систему от попадания в нее наносов, льда, шуги и др. плавающих предметов.

Для выполнения этих задач участок головного питания с находящимися на нем сооружениями должен работать бесперебойно и безаварийно во всех своих взаимно-увязанных частях.

3. Участок головного питания состоит из:

а) отрезка русла реки, занятого выправительными, защитными и регулировочными сооружениями и головной части канала,

б) временных регулировочных сооружений в русле реки и в головах канала,

в) из трех водосливов через реку—одного ряжевого и двух габионных,

г) трех голов магистрального канала за № 1, 2 и 3 и головы канала „X",

д) сброса-регулятора в конце подводящего русла канала,

е) защитных и выправительных дамб и шпор от размыва и валов от затоплений,

ж) вспомогательных устройств, обеспечивающих нормальную работу узла (паромная переправа через реку, мосты через канал, дороги, склады, бараки, служебные постройки, телефонная сеть и т. д.).

4. Отрезок русла реки, входящего в состав участка головного питания, определен из условия необходимости наблюдений за состоянием динамической оси потока при низких и высоких горизонтах воды в реке и ведения работ на этом участке при помощи системы сооружений, т. е. с необходимостью получения устойчивого водозабора.

5. Все шпоры и дамбы построены из местных строительных материалов: камня, дерева, хвороста, камыша, соломы и т. п., при этом часть из них выполнена еще до 1927 г., вследствие чего материал перегнил, а проволока проржавела.

На ремонт таких сооружений в среднем ежегодно тратится 5—10% из первоначальной строительной стоимости.

6. Вследствие необорудованности узла капитальными (долговечными) устройствами в паводковый период весь узел находится под постоянной угрозой разрушения и, как следствие, неподачи потребных расходов воды на поля. Поэтому, в зависимости от силы паводка, приходится проводить те или иные защитные (противопаводковые) работы.

§ 26. Правила по технической эксплоатации защитных и регулировочных сооружений при водозаборе

Основными условиями рациональной технической эксплоатации сооружений являются следующие положения:

1. Учет работ, производящихся по эксплоатации участка головного питания, а также фиксирование общего состояния осуществляется ведением 2-х основных документов:

а) паспорта участка,

б) дневника работы участка головного питания.

В паспорте дается описание источника орошения и размеров основных сооружений, выполненных при строительстве и в период эксплоатации.

2. Паспорт является основным документом участка и заполняется в момент его открытия, дальнейшие дополнения и изменения вносятся по мере их надобности.

3. К паспорту должен прилагаться план мензульной с'емки всего участка головного питания в масштабе 1:200 с нанесением всех сооружений и направления течения реки в период паводка и межени.

4. Должны быть технические и исполнительные проекты всех сооружений: регулятора, водосливов, дамб, шпор, перемычек и т. д.).

5. Все основные сооружения участка, указанные в паспорте, должны быть закреплены в натуре знаками, обеспечивающими быструю поверку исправности участка и его составных частей (сооружений).

6. Дамбы, ограждающие участок головного питания и орошаемые земли от паводков и наводнений, должны быть представлены на схеме с указанием отметок и предельных горизонтов, поперечных профилей; указываются дороги

и направления движения по ним и дамбам в нормальных условиях и в случае аварий.

Весь участок обвалований должен быть разбит на пикеты в иметь также явно выраженные знаки, отметки дамб и горизонтов должны быть закреплены реперами и створами.

7. На длине регулируемого участка реки, т. е. на длине (6—8) *B*, где *B*— ширина главного действующего русла, должны быть:

а) реечный гидрометрический пост, вынесенный из кривой подпора, и основной репер, вынесенный из зоны затопления и ожидаемого размыва берега,

б) два промерных створа: один из них выше головы канала на ширину действующего русла в паводок и второй—в подводящем канале для наблюдения за деформацией ложа реки в голове и подводящем канале.

в) не менее пяти рабочих реперов, отмечающих горизонты: предельно высоких вод, рабочий нормальный горизонт и предельно низкий горизонт воды, обеспечивающий забор в канал,

г) знаки, определяющие распространение кривой подпора при закрытии водосливов, особо опасные места размывов, обрушений и т. д.,

д) для ориентировки и постоянной расстановки временных регулировочных устройств в местах проводимых работ и не зафиксированных в этих местах порогами должны быть оборудованы дополнительные створы и знаки. Без них расстановка временных регулировочных устройств не должна допускаться.

8. Головной участок канала (регулятора или сброса) должен быть оборудован створами и знаками, характеризующими его состояние и работу, и иметь не менее трех донных реперов в канале, трех реперов, отмечающих рабочий и предельные горизонты наполнения канала, и двух реек (в начале и в конце подводящего канала).

9. Для наблюдения за деформацией сооружений (осадка), размывом дна и берегов, а также для получения необходимых данных для составления проектов, необходимо производить периодическую нивеллировку по всем сооружениям со взятием следующих точек: верх дамбы или шпоры по 3—5 точек (смотря по величине сооружения), урез воды, дно в 3-х местах около шпоры, берег и т. д. Данные нивеллировки заносить в специальный журнал, который должен находиться у зав. узлом (начальника участка).

10. Вспомогательные устройства головного участка: дороги, переправа, мосты, телефонная связь, складские и служебные постройки и т. д. должны содержаться в исправном состоянии, обеспечивающем бесперебойную работу основных частей участка.

11. Наиболее благополучным временем для заготовки материала следует считать ноябрь—декабрь месяцы, с таким расчетом, чтобы ранней весной приступить к выполнению защитных работ, с окончанием их до наступления паводка.

12. Устанавливается круглосуточная охрана и наблюдение за работой сооружений: в период межени—1 человек и в период паводка—специальная бригада (см. указания по порядку производства работ).

13. Заведывающий узлом или начальник участка или их помощники должны ежедневно проверять работу охраны и не реже как через день лично подвергать осмотру все сооружения узла, которые находятся в напряженном положении. При обнаружении тех или иных разрушений, зав. узлом должен принять срочные меры к восстановлению и укреплению сооружений.

14. В целях учета проведенных работ при эксплоатации должен вестись дневник. В дневнике работы участка ежедневно фиксируется сдача и приемка дежурств сторожами и заносятся данные всех производящихся наблюдений, описание произведенных работ, результаты осмотров и надзора с указанием обнаруженных дефектов и мер, принятых для их устранения.

Дневник заполняется техниками, наблюдателями, бригадирами, сторожами и заверяется заведывающим эксплоатацией.

15. На складе участка и на основных пунктах у места работ необходимо иметь неприкосновенный фонд аварийных строительных материалов, инструмент и оборудование, в том числе и противопожарное в количестве, утвержденном на данный год.

16. Последовательность производства регулировочных работ в период вегетации устанавливается следующая:

а) забор воды может производиться без возведения водозахватных дамб, т. е. только путем открытия перемычки в голове канала. Если горизонты в реке снизятся или потребуется увеличить забор воды, производится частичное или полное перекрытие русла по третьему водосливу и затем по второму,

б) наконец, если перекрытие всех водосливов не обеспечивает пропуска потребных расходов по каналу, приступают к подпитыванию расходов из правобережного русла реки с полным или частичным перекрытием последнего; если и при этом мероприятии ощущается недостаток воды, тогда производят тщательную заделку фильтрации в водозахватной дамбе, употребляя для этого легкие камышево-соломенные или хворостяно-соломенные фашины и чим,

в) во избежание перебоев в подаче плановых расходов воды в канал, необходимо в подводящий канал (головной участок) подавать воду на 10—15% больше планового и окончательную отрегулировку плановых расходов—производить на регуляторе-сбросе,

г) при поступлении в голову расходов воды выше плановых последовательность разбивки регулировочных устройств (полностью или частично) производить в обратной последовательности, принятой при возведении,

д) в период прохождения паводка все водосливы должны быть открыты, а прокоп из правого русла закрыт.

17. Все эксплоатационные работы по узлу (защитные, регулировочные и ремонтные) производятся специально организованным прорабством, которое имеет свой штат, рабочую силу, гужевой транспорт и средства на ведение работ.

Производитель работ одновременно является заведующим узлом, у коего имеется помощник (техник). Заведующий узлом непосредственно подчиняется системному управлению.

18. При производстве тех или иных работ производитель работ должен строго руководствоваться проектом, правилами по производству работ и календарным планом, утвержденным вышестоящими инстанциями.

19. После окончания поливной кампании, примерно в сентябре месяце, техническая комиссия с представителем системного управления и облводхоза производит тщательный осмотр всего участка работ и сооружений с определением характера и об'ема повреждений, произведенных паводком. Одновременно комиссией намечается характер и об'ем работ, необходимый к производству, для восстановления сооружений, а также намечается об'ем и характер работ по возведению дополнительных сооружений. Все данные по осмотру сооружений заносятся в дефектную ведомость с точным описанием работ, указанием основных размеров и фиксируются соответствующим актом.

Для детального обоснования и составления технического проекта к акту должны быть приложены план (схема) головного участка, с нанесением в масштабе всех сооружений, и журнал ежемесячной нивеллировки русла и сооружений.

20. Операции по регулированию водозабора и по недопуску донных наносов в канал производятся по специально разработанной инструкции или правилам.

21. Для успешного обеспечения водой ирригационной системы с наименьшим количеством наносов и шуги, необходимо на головном участке проводить специальные гидрологические и гидрометрические наблюдения, кото-

рые также должны быть использованы для внесения улучшений в работу узла, а также для дачи оценки его работы.

Гидрологические и гидрометрические работы на участке головного питания заключаются в следующем:

1. Гидрометрические наблюдения.
2. Наблюдения за деформацией русла.
3. Наблюдения и учет донных и взвешенных наносов и шуги.
4. Наблюдение за фильтрацией под сооружениями.

Наблюдения производятся наблюдателями под контролем и руководством гидрометра по специальной инструкции.

Основными местами для наблюдения являются русло перед головой канала и головной участок канала.

22. Участок головного питания в целом считается исправным, когда все составные его части находятся в полном соответствии с вышеперечисленными техническими требованиями и оговоренными в паспорте условиями; все сооружения работают исправно и вода подается на систему в должном количестве и в установленные сроки.

Приложение 1

Нормы Гидроэнергопроекта о допускаемых (неразмывающих) скоростях течения для однородных несвязных грунтов в м/сек.

№№ п.п.	Наименование грунтов	Размеры частиц грунта в мм от до	Допускаемые средние скорости в м/сек при средней глубине потока			
			0,4 м	1,0 м	2,0 м	3 м и более
1	Пыль и ил	0,005—0,05	0,12—0,17	0,15—0,21	0,17—0,24	0,19—0,26
	Песок:					
2	мелкий . .	0,05—0,26	0,17—0,27	0,21—0,32	0,24—0,37	0,26—0,40
3	средний . .	0,25—1,0	0,27—0,47	0,32—0,57	0,37—0,65	0,40—0,70
4	крупный . .	1,0—2,5	0,47—0,53	0,57—0,65	0,65—0,75	0,70—0,80
	Гравий:					
5	мелкий . . .	2,5—5,0	0,53—0,65	0,65—0,80	0,75—0,90	0,80—0,95
6	средний . .	5—10	0,65—0,80	0,80—1,0	0,90—1,1	0,95 1,2
7	крупный . .	10—15	0,80—0,95	1,0 —1,2	1,1 —1,3	1,2 —1,4
	Галька:					
8	мелкая . . .	15—25	0,95—1,2	1,2 —1,4	1,3 —1,6	1,4 —1,8
9	средняя . .	25—40	1,2 —1,5	1,4 —1,8	1,6 —2,1	1,8 —2,2
10	крупная .	40—75	1,5 —2,0	1,8 —2,4	2,1 —2,8	2,2 —3,0
	Булыжник:					
11	мелкий . .	75—100	2,0 —2,3	2,4 —2,8	2,8 —3,2	3,0 —3,4
12	средний . .	100—150	2,3 —2,8	2,8 —3,4	3,2 —3,9	3,4 —4,2
13	крупн. . . .	150—200	2,8 —3,2	3,4 —3,9	3,9 —4,5	4,2 —4,9
14	Валуны . . .	бол. 200	бол. 3,2	бол 3,9	бол. 4,5	бол. 4,9

Так как русло обычно состоит из частиц различного диаметра, то при возрастании скорости сначала начинают двигаться самые мелкие частицы, потом все более и более крупные.

Приложение 2.

Нормы НКПС (составленные проф М. Ф. Срибным) о допускаемых средних неразмывающих скоростях при расчете отверстий и укреплений водопропускных сооружений*)

1. Скорости течения для различных грунтов

№№ п.п.	Характеристика грунтов поверхности ложа водотока	Размеры частиц грунта в мм	Допускаемые средние скорости в м/сек. при средней глубине потока в м		
			1	3	до 12 и более
	А. Несвязные грунты				
1	Песок мелкий	0,05—0,25	0,40	0,50	0,60
2	„ средний	0,25—1,0	0,55	0,70	0,90
3	„ крупный . . .	1,0 —2,5	0,65	0,80	1,05
4	Гравий мелкий . . .	2,5 —5,0	0,80	0,95	1,30
5	„ средний . . .	5— 10	0,90	1,10	1,50
6	„ крупный . . .	10— 15	1,00	1,25	1,65
7	Песок разной крупности с гравием и галькой . .	—	1,10	1,35	1,80
8	Галька мелкая (с гравием и песком)	15— 25	1,20	1,50	2,00
9	Галька средняя . . .	25— 40	1,35	1,70	2,25
10	„ крупная . . .	40— 75	1,50	1,90	2,50
11	„ с булыжником и валунами	—	1,70	2,10	2,30
12	Булыжник мелкий . . .	75 —100	1,90	2,35	3,10
13	„ средний . . .	100—150	2,10	2,70	3,40
14	„ крупный . .	150—200	2,30	2,90	3,80
15	Валуны (сравнительно мелкие)	200—250	2,50	3,10	4,10
16	„ средние . . .	250—300	2,75	3,50	4,50
17	„ крупные . . .	300—350	3,00	3,75	4,90
18	„ очень крупные . .	до 500	3,50	4,40	5,75
	Б. Связные грунты				
1	Ил и пыль	0,005—0,05	0,30	0,40	0,50

*) Инструкция по проектированию и строительству железнодорожных линий и сооружений в условиях военного времени, составленная Всесоюзным Научно-исследовательским институтом железнодор. транспорта. Ташкент, 1941 г. (рукопись).

№№ п.п.	Характеристика грунтов поверхности ложа водотока	Размеры частиц грунта в мм	Допускаемые средние скорости в м/сек при средней глубине потока в м		
			1	3	до 12 и более
2	Речной илистый грунт, лессовидные грунты неплотные, суглинок иловатый .	—	0,50	0,65	0,80
3	Лессовидные грунты средней плотности, торф, песчанистая неплотная глина, суглинок неплотный . .	—	0,70	0,90	1,10
4	Глина и суглинок средней плотности	—	0,90	1,10	1,50
5	Глина и суглинок плотные .	—	1,20	1,50	2,00
6	Глины весьма плотные . .	—	1,50	1,85	2,50
7	Плотные грунты, покрытые весьма густой травянистой растительностью .	—	1,80	2,20	—
	В. Скальные породы				
1	Конгломерат, мергель, сланцы	—	2,50	3,10	4,10
2	Пористый известняк, плотный конгломерат, слоистый известняк, известковый песчаник, доломитовый известняк	—	3,50	4,50	5,7
3	Неслоистый известняк, кремнистый известняк, доломитовый песчаник . .	—	5,00	7,00	8,00
4	Граниты, диабазы, базальты, андезиты, кварциты, мрамор и др.	—	8,00	больше	больше

2. Скорости течения для расчета креплений

№№ п.п.	Характеристика креплений	Размеры элементов в см	Предельно допускаемые ср. скорости течения при глубине H=1,0 м в м/сек.	Высота волны (речной)	Примечание
1	Дерн плашмя на свеженасыпанном неукатанн. грунте	—	0,80	0,20	
2	Дерн плашмя на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте	—	1,10	1,30	

№№ п.п.	Характеристика креплений	Размеры элементов в см	Предельно допускаемые ср. скорости течения при глубине H=1,0 м в м/сек.	Высота волны (речной)	Примечание
3	Дерн плашмя на коренном слежавшемся или тщательно укат нном грунте с рассадкой ивовых кольев	—	1,40	0,40	
4	Дерн в стенку на свеженасыпанном и неукатанном грунте	—	1,70	0,50	
5	Дерн в стенку (в нахлестку) на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте . . .	—	2,00	0,60	
6	Хворостяная выстилка без плетней на свеженасыпанном неукатанном основании в зависимости от толщины слоя хвороста б по формуле $б=12v^2$ и $б=0,45h$ . .	при б=25	1,50	0,55	
7	Хворостяная выстилка без плетней на коренном слежавшемся или тщательно укатанном основании в зависимости от толщины слоя хвороста по формуле $б=8v^2$ и $б=0,35h$ . .	при б=25	1.75	0,70	
8	Хворостяная выстилка с плетнями на свеженасыпанном неукатанном грунте в зависимости от толщины слоя хвороста по формулам $б=1,0\ v^2$ и $б=0,35h$.	при б=25	1,60	0,70	
9	Хворостяная выстилка с плетнями на коренном слежавшемся тщательно укатанном грунте в зависимости от толщины хвороста б по формулам $б=7v^2$ и $б=0,30$ . .	при б=25	1,90	0,85	
10	Хворостяной тюфяк у мостовых опор в зависимости от толщины слоя хвороста б по формуле $б=10v^2$	при б=6,5	2,50	—	
11	Хворостяной тюфяк у дамб и берегов рек в зависимости от толщины слоя хвороста б по формуле $б=7v^2$	при б=6,5	3,00	—	

№№ п.п.	Характеристика креплений	Размеры элементов в см	Предельно допускаемые ср. скорости течения при глубине H=1,0 м в м/сек.	Высота волны (речной)	Примечание
12	Одиночное мощение по мху при крупности камня .	15 — 20	2,0	0,8	Слабый ледоход
13	Одиночное мощение по мху при крупности камня .	20 — 30	2,20	0,9	Средний ледоход
14	Одиночное мощение на щебне или на слое глины толщ. 10—15 см и сене (соломе, мхе) на свеже-насыпанном грунте при крупности камня	15 — 20	2,50	1,00	
15	То же, на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте . . .	—	2,75	1,10	
16	Одиночное мощение на щебне или на слое глины толщ. 10—15 см и сене (соломе, мхе) на свеже-насыпанном неукатанном грунте при крупности камня	20 — 30	3,00	1,20	
17	То же, на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте. Двойное мощение на щебне при крупности камня . .	15 — 20	3,25	1,30	Средний ледоход
18	Одиночное мощение из плиточн. камня 40×40×15 см с расклинкой на щебне или гравии, а также двойное мощение из правильных камней с приколом на свеженасыпанном укатанном основании при крупности камней . .	20 — 30	3,50	1,5	Сильный ледоход
19	То же, на коренном или укатанном грунте . . .	—	3,75	1,75	То же
20	Двойное мощение из правильных камней с приколом на свеже-насыпанном неукатанном основании при крупности камней . .	20 — 30	4,00	2,00	„
21	То же, на коренном или тщательно укатанном грунте	—	4,50	2,25	„

№№ п.п.	Характеристика креплений	Размеры элементов в см	Предельно допускаемые ср. скорости течения при глубине H=1,0 м в м/сек.	Высота волны (речной)	Примечание
22	Двойное мощение с расклинкой из плитного камня 50×50×25 см нижним слоем из камня 20×25 см на щебне или гравии. Сухая бутовая кладка из прочных пород из крупного камня с подбором лица, бетон марки 90 .	—	5,00	2,50	Сильный ледоход
23	Габионы при надежной в отношении износа сетки и плетневые ящики с заполнением из весьма крепкого камня . . .	—	5,00	—	То же
24	Ряжевые стенки. Кирпичная кладка из железняка на цементном растворе . .	—	5,50	2,50	„
25	Бетонный лоток (марки 110). Каменный лоток из средних пород	—	6,00	—	„
26	Бетон марки 130 и бутовая кладка из прочных пород на растворе в виде подпорных стенок . . .	—	7,00	3,00	„
27	Деревянный лоток, гладкий при надежном основании и соответствующем устройстве сопряжений у входа и выхода . . .	—	8,00	—	„

Примечание. Допускаемые скорости для глубин отличных от H=1, определяются по формуле $v = v_1 H^{0.2}$, в которой v—скорость при глубине H; v_1 — скорость при глубине H = 1 м.

Коэфициенты сопротивления конструкций (S) в зависимости от меры первоначального стеснения живого сечения потока ($\frac{F_1}{F}$), схемы сооружений показаны на рис. 17.

№№ п.п.	Формулы, для которых даны коэфициенты S	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
1	Потеря напора у диафрагм труб или забральных стенок в ф-ле Вейсбах $z=S\frac{v_0^2}{2g}$ где v_0 — скорость подхода в м/сек.	0,09	0,39	0,95	2,08	4,02	8,12	17,8	44,5	19,3
2	Подпор у решеток ГЭС при неразмываемом русле и стержнях ввиде свай в ф-ле Киршмера $z=S\frac{v_0^2}{2g}$, где $S=\beta\left(\frac{s}{в}\right)^{4/3}$ . . .	0,10	0,28	0,72	1,20	1,79	2,7	4,49	4,38	24,0
3	Сопротивление одной решетчатой переборки ряжа американской рубки при неразмываемом русле, по данным проф. Избаш, ф-лы и расчетная схема показаны на рис. 17-б	0,60	1,30	2,45	3,30	5,0	7,8	13,5	20	29
4	Для одного свайного ряда (решетки) через всю ширину лотка при неразмываемом русле в ф-ле $z=S\frac{v_0^2}{2g}$.	0,40	1,00	1,60	2,50	4,00	7,00	13,40	40,0	—
5	То же, при размываемом дне (рис. 16)	0,16	0,33	0.54	0,78	1,11	1,65	2,50	3,90	—
6	Для свайных решетчатых шпор длиной $l=\frac{B}{2}$ в размываемом русле, в первый момент после установки и с отнесением сопротивления (рис. 17-а):									
	а) ко всему потоку . $S_р$	—	0,71	1,04	1,21	1,56	2,19	4,11	8,90	—
	б) к потоку на ширине шпоры . . . $S_ш$	—	0,90	1,20	1,60	1,90	4,50	11,0	21,20	—
	Через 60 мин. после начала опыта:									
	а) ко всему потоку . $S_р$	—	0,32	0,60	0,80	0,97	1,10	1,22	1,35	—
	б) на ширине шпоры . $S_ш$	—	0,42	0,85	1,20	1,45	1,65	1,75	1,86	—

№№ п.п.	Формулы, для которых даны коэфициенты S	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
7	Для глухих шпор с вертикальным откосом в лотке, с размываемым дном (рис. 13):									
	а) в начале опыта . . $S_р$	0,70	1,00	1,60	2,52	4,00	5,90	8,15	—	—
	б) в начале опыта . . $S_ш$	1,30	1,95	2,70	3,80	5,17	6,80	8,60	—	—
	в) через 60 мин. после нач ла опыта . . $S_р$	0,60	0,88	1,16	1,52	2,02	3,55	6,25	—	—
	г) через 60 мин. после начала опыта . . $S_ш$	1,05	1,40	1,70	2,11	2,56	4,03	6,65	—	—

Приложение 4.

Допускаемые давления и др. расчетные данные для несвязных и связных грунтов в водонасыщенном состоянии[1]) (при коэф. влажности от 0,67 до 1,00 для несвязных грунтов*)

№№ п.п.	Род грунтов	Угол естественного откоса в градусах	Об'емный вес[4]) в т/м³	Допускаемое давление на грунт в кг/см²
	Для несвязных грунтов			
1	Песок мелкий с примесью ила	20[2])	1,90	0,50
2	Песок мелкий, чистый, разрыхленный . .	22	2,00	0,50
3	Песок мелкий, плотно слежавшийся . . .	25	2,00	1,00
4	Песок средний, разрыхленный	25	2,00	1,25
5	Песок средней крупности, плотно слежавш. .	27	2,00	1,50
6	Песок крупный, разрыхленный	27	2,00	2,00
7	Песок крупный, плотно слежавшийся . . .	27	2,00	3,50
8	Гравелистый грунт	30	1,90	3,00
9	Галька средней крупности, плотно слежавш. .	30	1,90	3,50
10	Камень булыжный	40	1,90	—
	Для связных грунтов			
1	Ил	15[3])	1,8	0,15
2	Торф	25	0,8	0,15
3	Растительная земля, чернозем	25	1,8	0,15
	Глинистые грунты			
1	Слабый илистый грунт, слабый суглинок с включением ила и мелких органич. примесей .	20	1,8	0,50
2	Плотно слежавшаяся глина, суглинок плотный .	25	1,9	2,00
3	Глинистый грунт, суглинок средней плотности	25	1,9	1,50
4	Мергель средней плотности	35	1,9	3,00
5	Особо плотные глины, морена	35	2,0	3,50
6	Особо твердый глинистый грунт с каменной подпочвой, глина защищенная от размыва .	35	2,0	4,00

1. К водонасыщенным грунтам относятся грунты тягучей консистенции при влажности выше верхнего предела пластичности по Аттербергу.

2. Для несвязных грунтов угол трения принимается равным углу естественного откоса.

3. Для мокрых водонасыщенных грунтов для предварительных расчетов угол естественного откоса принимается равным углу внутреннего трения.

4. Об'емный вес грунта, находящегося в воде, уменьшается за счет веса воды, вытесненного скелетом грунта.

*) Близняк Е. В., Гришин М. М. и др. „Гидротехнические сооружения", том 1, М—1938 г.

Список

использованной литературы

1. *К. А. Акулов*— Выправительные работы на Днепре. СПБ. 1914
2. *С. Т. Алтунин*— Защита берегов от размыва. Ташкент, 1939 г.
3. *С. Т. Алтунин*— Инструктивные указания по учету донных наносов приборами. Ташкент, 1937 г.
4. *Е. В. Близняк и Б. В. Поляков*— Инженерная гидравлика. М. 1939 г.
5. *Е. В. Близняк, М. М. Гришин и др.*— Гидротехнические сооружения, том I и II. М. 1938 г.
6. *Е. Болдаков*— Мостовые переходы. М. 1939 г.
7. *Е. А. Водарский*— Выправление (регулирование) рек. М. 1937 г.
8. *А. Н. Гостунский*— Конспект лекций по курсу гидрологии и регулированию водных потоков (рукопись). Ташкент, 1941 г.
9. *П. А. Ефимович*— Вопросы водохозяйственных расчетов и гидрологии. М. 1939 г.
10. *С. В. Избаш*— Гидравлика производства работ по преграждению русла. М. Л. 1939 г.
11. *И. И. Леви*— Гидротехнические сооружения. ч. I. Л. 1935 г.
12. *В. М. Маккавеев*— К динамике твердого и жидкого стока свободных потоков при прямолинейном и извилистом русле. Труды по гидрологии. Л. 1938 г.
13. НКПС „Технические условия по проектированию и строительству железнодорожных линий и сооружений в условиях военного времени" (рукопись). Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта. Ташкент. 1941 г.
14. *М. В. Потапов и др.*— Поперечная циркуляция в открытом потоке и ее гидротехнические применения. М. 1936 г.
15. *М. В. Потапов и др.*— Борьба с донными наносами и защита берегов от размыва. М. 1936 г.
16. Наркомзем СССР Правила технической эксплоатации ирригационных (оросительных) систем Союза ССР. Издание ГХУ Наркомзема СССР, 1938 г.
17. *Руднев*— Регулирование рек Закавказья. Тифлис, 1933 г.
18. *Никитин*— Габионные и карабурные работы. Ташкент, 1932 г.
19. *Б. И. Никольский*— Временная инструкция по закладке и содержанию живого крепления на речных берегах и откосах каналов. Ташкент, 1941 г.
20. *Наркомводхоз УзССР*— Технические отчеты по эксплоатации ирригационн. систем за 1938—40 г.
21. *Наркомречфлот СССР*— Временная инструкция по производству выправительных работ сооружениями постоянного типа. М. 1939 г.

22. САНИИРИ— Научно-технические отчеты САНИИРИ по полевым и лабораторным исследованиям режима рек, водозаборных и защитно-регулировочных сооружений в Средней Азии с 1938 г. по 1941 г. (рукопись). Архив САНИИРИ.

23. *Сазводпроиз*— Проектное задание по защите города Турткуля от смыва р. Аму-дарьей (рукопись) Архив Сазводпроиза.

24. *М. Ф. Срибный*— Расчет струенаправляющих дамб мостовых переходов. М. 1937 г.

25. *С. П. Тромбачев*— Сипайные работы. Ташкент, 1924 г.

26. *А. В. Троицкий*— Правила эксплоатации участков головного питания ирригационных систем с плотинным водозабором (рукопись). Архив САНИИРИ, 1938 г.

27. *Ф. Форхеймер*— Гидравлика, перевод и редакция Черкасова. 1935 г.

28. *Д. Я. Соколов*— Водозаборные устройства для гидростанций и ирригации. М. 1937 г.

29. Чирлевсис— Инструкция по технической эксплоатации участка головного питания и левобережного Кара-су на р. Чирчик (рукопись). Архив Чирлевсиса.

ЖУРНАЛЫ:

30. „Гидротехническое строительство". Москва с 1934 г. по 1941 г.

31. „Водный транспорт". Москва, 1938—40 г.

32. „Ирригация и гидротехника". Ташкент, 1935—36 г.

ИНОСТРАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

33. A. Schoklitsch—Der Wasserbau. B. I—II, Berlin.

34. Winkel—Flussregelung. Berlin, 1934.

35. ЖУРНАЛЫ за 1933—40 г.

1. Civil Engineering.
2. Deutsche Wasserwirtschaft.
3. Engineering News Record.
4. Proceedings of the American Society of Civil Engineers.

ОГЛАВЛЕНИЕ

стр.

Введение 3

I. Классификация и методы проектирования (компановки) выправительных, защитных и регулировочных работ и сооружений . 5

§ 1. Определение и классификация выправительных, защитных и регулировочных работ и сооружений 5

§ 2. О режиме потока и форме русел рек 5

§ 3. Компановка выправительных и защитных сооружений 13

§ 4. Струенаправляющие (выправительные) дамбы у сооружений . . . 25

§ 5. Общие технические требования при выборе типов креплений . . . 28

§ 6. Выправление русел рек для целей водозабора 30

§ 7. Регулировочные и защитные работы и сооружения при местном (не инженерном) водозаборе 37

II. Производство работ на строительстве выправительных, защитных и регулировочных сооружений 47

§ 8. О порядке проектирования и составе проекта 47

§ 9. Порядок и сроки строительства 49

§ 10. Строительные материалы 50

§ 11. Сипайные работы 53

§ 12. Каменно-хворостяные (таштуганные) работы 58

§ 13. Габионные работы 60

§ 14. Ряжевые работы 66

§ 15. Фашинные и карабурные работы 70

§ 16. Крепление откосов выстилками, матами и тюфяками 77

§ 17. Крепление откосов каменными одеждами 84

§ 18. Крепление откоса бетонными и железо бетонными плитами . . . 90

§ 19. Эстакады из свай и тетраэдров 93

§ 20. Закрытие прорывов и протоков 98

§ 21. Сетчатые пловучие системы инж. Алтунина С. Т. 104

§ 22. Щиты проф. Потапова М. В. 108

§ 23. О стоимости защитно-регулировочных сооружений 113

III. Указания по технической эксплоатации выправительных, защитных и регулировочных сооружений при водозаборе местного типа 115

§ 24. Состав эксплоатации 115

§ 25. Состав участка головного питания 116

§ 26. Правила по технической эксплоатации защитных и регулировочных сооружений 117

Приложения

1. Нормы Гидроэнергопроекта о допускаемых (неразмывающих) скоростях течения для однородных несвязных грунтов в м/сек.

2. Нормы НКПС (составленные проф. М. Ф. Срибным) о допускаемых средних неразмывающих скоростях течения для несвязных и связных грунтов и креплений.

3. Коэфициенты сопротивления конструкций (S) в зависимости от меры первоначального стеснения живого сечения потока ($\frac{F_1}{F}$).

4. Допускаемые давления на грунт и угол естественного откоса для несвязных и связных грунтов в водонасыщенном состоянии.

5. Список использованной литературы.