

С. Т. АЛТУНОВ

**ВЫПРАВИТЕЛЬНЫЕ,
ЗАЩИТНЫЕ
И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ
НА РЕКАХ**

★

ОГЭС · СЕЛЬХОЗГЭС · 1947

Министерство технических культур СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СРЕДНЕ-АЗИАТСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ИРРИГАЦИИ
•САБВНРО•

С. Т. АЛТУНИН

Кандидат технических наук

ВЫПРАВИТЕЛЬНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА РЕКАХ

*глубокоуважаемый
гос. Александров
Хаджаев!*
*принимая к сведению
благодарность за аккредитацию
и хорошую работу при
подготовке книги
к печати.*
автор

Алтуни
1/12-49.

ОГИЗ — СЕЛЬХОЗГИЗ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА — 1947

ОПЕЧАТКИ к книге С. Т. Алтунина
«ВЫПРАВИТЕЛЬНЫЕ, ЗАЩИТНЫЕ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ
СООРУЖЕНИЯ НА РЕКАХ»

1. На стр. 29, строка 12 снизу, а также на стр. 30, рис. 15-ж, вместо «ко-тангенс» должно быть «ксенус квадрат».
2. На стр. 31, в таблице, вместо $\frac{3,75}{2,0}$ должно быть $\frac{2,0}{3,75}$.
3. На стр. 45, в первой строке сверху, вместо (рис. 24-ж) должно быть (рис. 24-а).
4. Рис. 46-а перевернут.
5. На стр. 171 и 172 в заголовке пятого столбца таблицы вместо 1,10 должно быть 1,0.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
I. Классификация и методы проектирования (компановки) выправительных, защитных и регулировочных сооружений на реках.	5
§ 1. Определение и классификация выправительных, защитных и регулировочных работ и сооружений	5
§ 2. Общие технические требования по выбору типов сооружений	8
§ 3. О режиме водного потока и расчёте русел рек	9
§ 4. Компановка выправительных и защитных сооружений	19
§ 5. Выправление русел рек для целей водозабора	40
§ 6. Регулировочные и защитные сооружения при местном (неинженерном) водозаборе на предгорных участках рек	61
§ 7. Регулировочные и защитные работы при водозаборе местного типа на р. Аму-Дарье	73
§ 8. Защита береговых земель от затопления (дамбы обвалования)	80
II Производство работ по строительству выправительных, защитных и регулировочных сооружений.	86
§ 9. Порядок и сроки строительства	86
§ 10. Строительные материалы	88
§ 11. Сипайные работы	91
§ 12. Каменно-хворостяные (таштуганные) работы	99
§ 13. Габионные работы	101
§ 14. Ряжевые работы	108
§ 15. Фашиные и карабурные работы	110
§ 16. Крепление откосов выстилками, матами и тюфяками	118
§ 17. Крепление откосов каменными одеждами	127
§ 18. Крепление откоса бетонными и железобетонными плитами	133
§ 19. Эстакады из свай и тетраэдров	136
§ 20. Закрытие прорывов и протоков	142
§ 21. Сетчатые пловучие системы инж. С. Т. Алтунина	148
§ 22. Метод поперечной циркуляции проф. М. В. Потапова	153
§ 23. О стоимости защитно-регулировочных сооружений	158
III Указания по технической эксплуатации выправительных защитных и регулировочных сооружений при водозаборе местного типа.	160
§ 24. Состав эксплуатации	160
§ 25. Состав участка головного питания	162
§ 26. Правила по технической эксплуатации защитных и регулировочных сооружений при водозаборе	163
Приложения	167

ВВЕДЕНИЕ

Реки с блуждающим руслом, не будучи зарегулированными, часто являются причиной значительных повреждений ирригационных систем (размыва или занесения наносами сооружений и каналов), населённых пунктов, культурных земель и промышленных предприятий, расположенных по берегам рек.

Общие затраты (включая трудовое участие населения) по Советскому Союзу на производство защитных, регулировочных и ремонтных работ только при эксплуатации ирригационных систем составляют около 50 миллионов рублей в год, в том числе в республиках Средней Азии — 20 миллионов рублей.

Только денежные расходы на такие работы на ирригационных системах Узбекистана составляли в 1939 г. около 10 млн. руб., т. е. 21% от общих эксплуатационных затрат, или около 10 руб. на 1 га поливной площади. На отдельных системах эти расходы достигали 30 и даже 60 руб. на 1 га поливной площади.

Таким образом, выправительные, защитные и регулировочные сооружения и работы на реках имеют весьма важное народнохозяйственное значение.

В настоящей книге освещаются нижеследующие вопросы:

1. Классификация выправительных, защитных и регулировочных работ и сооружений на реках.
2. Методы проектирования (компоновки) этих сооружений для целей ирригации.
3. Производство строительных и ремонтных работ.
4. Указания по технической эксплуатации выправительных, защитных и регулировочных сооружений.

В работе также даются конструкции выправительных, защитных и регулировочных сооружений и нормы расходования строительных материалов.

Книга написана на основе теоретических, лабораторных и полевых исследований, проведённых нами в САНИИРи за последние 8 лет на

реках Средней Азии. Используются также многолетние практические данные Министерства водного хозяйства Узбекской ССР и передовой опыт советской и мировой практики в области регулирования русел рек для различных водохозяйственных целей.

При составлении настоящего труда ряд ценных указаний был дан проф. доктором М. В. Потаповым и проф. доктором Н. А. Янишевским, которым автор выражает свою благодарность.

Замечания о книге просим направлять по адресу: Москва, Орликов пер., д. 3, «Сельхозгиз».

I. КЛАССИФИКАЦИЯ И МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ (КОМПАНОВКИ) ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ, ЗАЩИТНЫХ И РЕГУЛИРОВОЧНЫХ 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, твёрдых) этих потоков в целях забора воды в каналы в соответствии с плановыми потребностями водопользователей.

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

1) фундаментальные (комплексные и индивидуальные) многолетнего действия;

2) текущие (временные, облегчённые, 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.

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

**Классификация
выправительных, регулировочных, защитных и ремонтных работ
и сооружений, проводимых на реках**

Группа работ	Назначение работ	Вид работ	Тип сооружений (устройств)
Выправительные	Обеспечение (регулирование) водозабора, судоходства, лесосплава, осушения, сброса, водоснабжения, потребностей энергетического хозяйства	1) Спрямление русел рек и протоков. 2) Изменение (отклонение) днамиической оси потока. 3) Закрытие протоков. 4) Углубление русла. 5) Закрепление берегов и дна. 6) Расчистка дна и берегов. 7) Обвалование берегов	1) Струнаправляющие (выправительные) дамбы, плотины, перемычки (перегораживающие русла, протоки), сплошные, сквозные. 2) Эстакады — сквозные дамбы. 3) Буны, полузапруды, шпоры — сплошные (массивные) и сквозные (решётчатые). 4) Прорези, прокопы, (спрямление). 5) Донные пороги, опоры, крепление берега. 6) Щиты Потапова, Вольфа, сетчатые заграждения Алтунина и др. 7) Специальные виды работ — тетрадры, плывучие конструкции, ветнистые заграждения и др. 8. Взрывные работы по углублению русел.
Регулировочные	Регулирование жидкого расхода (по направлению и величине) и твёрдого 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 объединение водозаборных сооружений инженерного и 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 мзаводья (межень) 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 ка-	1) Дамбы — водозахватные, струнаправляющие и защитные. 2) Буны, полузапруды, шпоры. 3) Прорези, перемычки. 4) Донные пороги (водосливы, барражи). 5) Сбросы в подводящем русле и на головном участке магистрального канала. 6) Регуляторы нижеверного и местного типа, временные регулировочные сооружения. 7) Расширение, сужение, закрепление входов (воротики). 8) Нарастивание и разборка водозахватных дамб и шпор, перемычек и др. 9) Щиты Потапова и другие устройства по отвлечению донных наносов. 10) Промывка наносов с помощью регулировочных расходов воды, применения специальных передвижных взмутителей (щитов, борон, иловоро-

Группа работ	Назначение работ	Вид работ	Тип сооружений (устройство)
		нала. 7) Регулирование водоприёмников, сброса и осушительных каналов	шителей и пр.). 11) Очистка наносов механизмами (снарядами) и вручную
Защитные	Защита сооружений, культурных земель, населённых пунктов и промышленных предприятий	1) Защита и укрепление берегов и дна от размыва течением и волнами. 2) Укрепление верхних и нижних бьефов плотин, узлов, шлюзов, регуляторов и других сооружений от размыва. 3) Обвалование и кольматация 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, полудамбы, буны и шпоры. 2) Защита (укрепление) откосов хворостяными, камышовыми, каменно-хворостяными и асфальтобетонными выстилками (матами), бетонными и железобетонными плитами, каменными мостовыми и наброской камня, чешом (дёрном), посадкой деревьев и посевом трав. 3) Зетаклады решётчатые — из свай, снаев, тегрядров и ряжей. 4) Сетчатые системы Алтунина, известные заграждения в виде дамб и шпор. 5) Щиты Потапова, Вольфа и Ласневского. 6) Деревянные, железобетонные и металлические шпунты. Бетонные и железобетонные стенки и массивы. 7) Кольматационные устройства. 8) Дренаж, коллекторы, сбросы. 9) Затопленные баржи, каюки и пр. 10) Волноломы, ледорезы, гасители энергии.
Ремонтные	Ремонт вышесказанных, защитных и регулировочных сооружений	1) Восстановление разрушенных частей сооружений и усиление ранее выстроенных. 2) Заделка прорывов, ликвидация заторов и зажоров. 3) Нарастивание 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 (лёгкие и тяжёлые). 2) Габiony, каменные отсыпки, наброски и пр. 3) Каменно-хворостяная кладка (таштуган). 4) Снаев, ряжи. 5) Чир, земля, кладка, облицовка, засыпка. 6) Корзины, люльки, бетоны, блоки. 7) Бетонные, железобетонные и стальные плиты.

§ 2. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПОВ СООРУЖЕНИЙ

По характеру русел реки можно разделить на три группы:

а) горные участки рек, русла которых сложены из крупной гальки и валунов;

б) предгорные участки рек с крупнопесчаными гравелисто-галечниковыми руслами;

в) равнинные участки с песчаными руслами.

Применительно к этому ниже дается перечень видов работ и типов сооружений, преимущественно распространенных на таких участках.

1. На горных участках рек применяются каменные, каменно-хворостяные (таштуганные), сипайные, ряжевые и габионные дамбы и шпоры, каменная мостовая и каменная наброска.

2. На предгорных участках рек с крупнопесчаным гравелистым и галечниковым руслом применяются каменно-хворостяная и сипайная кладка в виде шпор и дамб, облицовки из тюфяков, выстилки из хвороста; на регулировочных работах — хворостяные корзины, заполненные камнем, карабуры, фашины и другие устройства с применением галечника, каменная и мостовая наброска из рваного камня. На предгорных участках также находят применение железобетонные плиты, тюфяки и бетонные массивы.

3. На равнинных участках рек применяются каменно-хворостяная и каменно-камышовая кладка, фашины, каменно-хворостяные, бетонные и железобетонные тюфяки, облицовка и выстилка.

Сквозные свайные и сипайные эстакады (дамбы), сетчатые пловучие и стационарные, заилители и ветвистые заграждения, а также струенаправляющие системы проф. Потапова, выправление русла землечерпанием, устройство прокопов и прорезей и регулирование расходов по протокам.

При благоприятных условиях для крепления откосов производятся ивовые посадки.

При выборе типа креплений и сооружений необходимо руководствоваться характером и скоростями течения в главном русле. Устойчивость крепления и сооружений рассчитывается по среднемаксимальной скорости и наибольшей местной глубине на стрежне потока при сбойном течении, а не по средней скорости и глубине по сечению.

При выборе типов сооружений и креплений необходимо рассчитывать прежде всего на использование местных недефицитных, строительных материалов.

При расчетах прочности крепления необходимо пользоваться нормативными данными (см. приложение 2), а для особо ответственных сооружений проводить специальные лабораторные исследования и наблюдения.

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

Фундамент выправительных, защитных и регулировочных сооружений устраивается обычно непосредственно на дне потока, которое подвергается, как известно, большим размывам, влекущим за собой просадку сооружения. 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, позволяющим 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.

Для легко размываемых русел, сложенных из мелкозернистого материала, тюфячное крепление основания сооружений (или крепление из карабур, связанных между собой) является обязательным.

Ясно также, что устройства монолитных конструкций (бетонных, бутовых стен и т. п.), не заглублённых на достаточную глубину в дно реки, нецелесообразно, так как они, не обладая внутренней подвижностью и гибкостью, при деформациях русла разламываются на отдельные глыбы и перестают выполнять свою роль.

§ 3. О РЕЖИМЕ ВОДНОГО ПОТОКА И РАСЧЁТЕ РУСЕЛ РЕК

При проектировании, строительстве и эксплуатации выправительных, защитных и регулировочных сооружений (в Средней Азии) необходимо иметь в виду нижеследующие условия:

Большинство рек Средней Азии питается преимущественно водами от таяния снегов и ледников и незначительно грунтовыми водами. По типу питания и характеру паводка реки Средней Азии можно разделить на три группы:

1) реки, имеющие высокие бассейны постоянного снегового и ледникового питания;

2) реки, имеющие бассейны питания в невысоких горах, питающиеся преимущественно дождями, проходящими обычно в марте, апреле и мае;

3) реки смешанного типа.

К первой категории (ледникового типа рек) могут быть отнесены реки Сох, Исфара, Зеравшан и Вахш; большинство же рек Средней Азии относится к смешанному типу (Сыр-Дарья, Чирчик, Чу и др.).

Ко второй категории с невысокими бассейнами питания относится большинство мелких рек Ферганской долины, а также и такие относительно большие реки, как Гузар, Ангрен и др. В весенний период, когда идут дожди и тают снега, проходят кратковременные, но мощные сели, с большим количеством наносов. Летом подавляющее большинство их полностью пересыхает или даёт незначительные расходы.

Реки смешанного типа, в зависимости от величины и характера водосборной площади, имеют в весенне-летний период значительные паводки, продолжающиеся 3—4 мес. При этом на отдельных реках величина пика весеннего паводка иногда бывает больше пика летнего паводка.

Так, на основании гидрометрических данных за 35 лет, наибольший паводок на р. Чирчик (примерно, в два раза больше средних паводков) был в мае 1914 г., когда расход Чирчика достиг $1\,620\text{ м}^3/\text{сек.}$ против $700\text{—}800\text{ м}^3/\text{сек.}$ обычных летних паводков.

Вообще же для рек ледникового и смешанного типа весенний паводок короче летнего и по времени может быть отнесён к периоду второй половины марта — первой половины мая. Паводок на реках ледникового питания бывает более мощным и более длительным. На Аму-Дарье паводок, начинающийся с первой половины мая, уже в июне достигает большой силы и в таком виде держится июль, август, и только к началу сентября, после снижения высоких летних температур, река постепенно понижает свои высокие летние горизонты.

На реках Средней Азии отмечаются резкие изменения расходов воды; так, на р. Чирчик (створ Чимбайлык) в катастрофический паводок расход достигает $1\,600\text{ м}^3/\text{сек.}$, в межень $40\text{ м}^3/\text{сек.}$, т. е. наблюдается 40-кратное изменение расхода. Скорости течения также изменяются в больших пределах. На р. Кара-Дарья (створ Кампыр-Рават) можно отметить колебания от 1 м/сек. в межень до 5 м/сек. в паводок.

Отмечается также некоторая периодичность повторения многоводных, средних и маловодных паводков.

Многоводные годы (с максимальным паводком) повторяются через 17—19 лет, годы средних паводков повторяются через 6—11 лет.

Катастрофические паводки происходят через более длительные периоды лет. Ориентировочно повторения их можно ждать через 30—50 лет, по определению их для каждой реки должно

быть проведено особо и на основе специальных исследований.

В многоводные годы происходит резкое переформирование не только главного русла, но и второстепенных русел (протоков) и даже части поймы реки.

В годы со средними паводками значительному переформирова-

нию подвергаются только основные русла реки и русла больших протоков, а пойма обычно остаётся без изменений. В маловодные годы происходит переформирование лишь главного русла, причём в малом масштабе, т. е. в пределах русла, сформированного большими паводками. Наиболее серьёзному испытанию речные сооружения подвергаются в период прохождения многоводных паводков, на пропуск которых обычно и производится расчёт прочности выправительных и защитных сооружений.

Характерная картина распре-

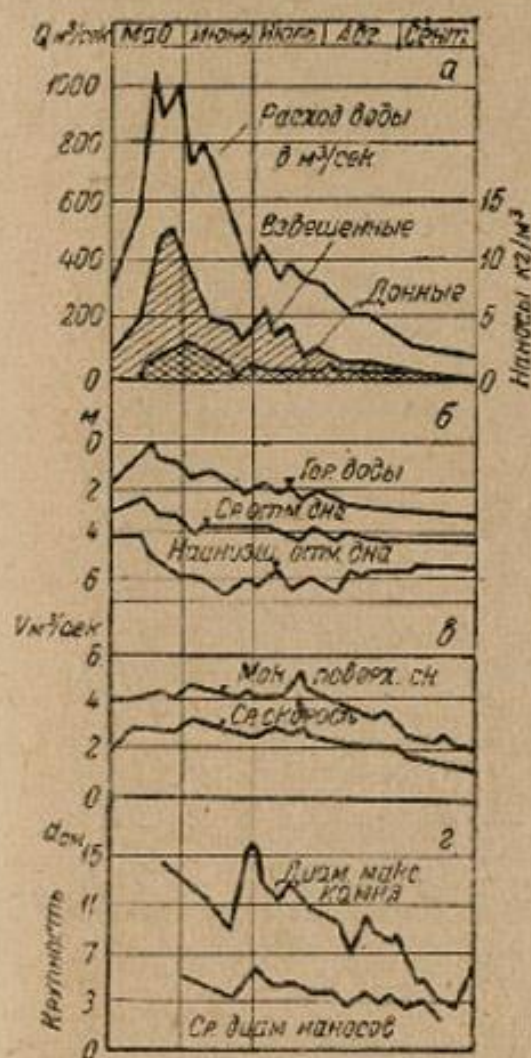


Рис. 1. Гидравлические элементы р. Кара-Дарья в створе Кампыр-Рават.



Рис. 2. План (а) и продольный разрез (z) изогнутого участка реки при паводке и межени.

деления расходов воды и наносов по времени для катастрофического паводка 1936 г. на р. Кара-Дарья (створ Кампыр-Рават) показана на рисунке 1. Паводок продолжался 3 мес., в течение которых происходило движение галечниковых и гравелистых донных наносов, а следовательно, происходило и формирование русла. На равнинных участках реки с песчаным руслом движение донных наносов происходит круглый год.

В период прохождения пика паводка уклоны поверхности воды, искривление потока в плане и скорости течения значительно выравниваются. Фронт размыва берега в паводок увеличивается, а угол атаки берега потоком уменьшается, вследствие чего берег размывается слабее, чем в период спада.

Продольный профиль дна реки в паводок, вследствие размыва плёса и намыва переката, получает более ломаный вид, чем в период межени, когда, наоборот, размывается перекат и намывается плёс.

В маловодные годы происходит намывы дна в суженных участках реки. В годы с высокими паводками, наоборот, происходит общий смыл наносов и понижение дна на всём суженном участке реки.

Это необходимо иметь в виду при заложении основания сооружения и при промыве верхних бьефов водозаборных сооружений

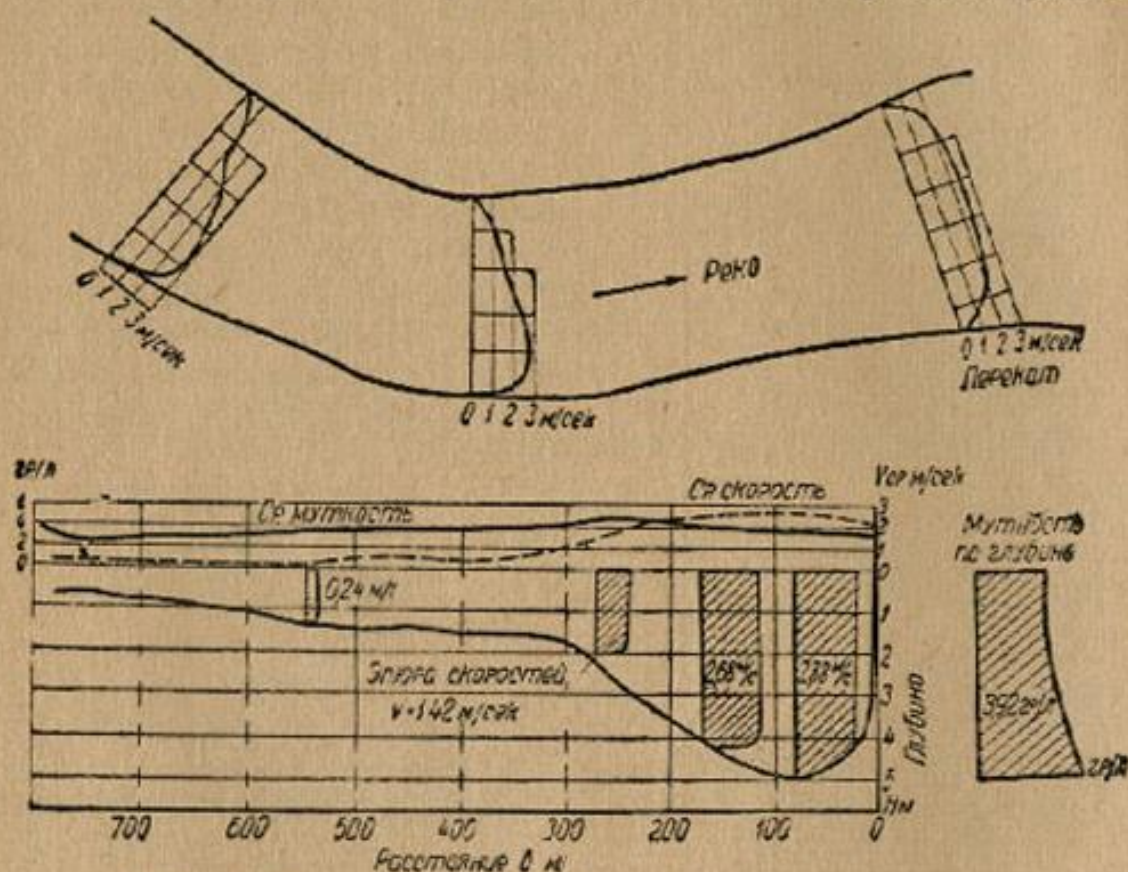


Рис. 3. План и поперечный профиль речного русла.

с малым напором, обычно расположенных на суженных или зарегулированных участках рек.

Распределение скоростей и глубин на плёсе и перекате для равнинного участка реки показано на рисунке 3.

У вогнутого берега, а также и на прямолинейном (перекатном) участке реки глубины и скорости больше, чем у выпуклого берега.

В изогнутом 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 ближе к выпуклому берегу.

Активная полоса движения донных наносов на криволинейном участке реки, по опытам Энгельса, показана на рисунке 4, из

которого следует, что распределение перемещающихся по дну наносов по ширине русла происходит неравномерно и что у вогнутого берега донные наносы не перемещаются.

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 постепенное перемещение в течение многих лет русла р. Гаронны.

Очертание поперечного профиля может быть самой разнообразной формы.

На прямолинейном (перекатном) участке поперечный профиль



Рис. 4. Движение донных наносов при изгибе реки, по опытам.

русла имеет параболическую или почти прямоугольную форму; на изгибе (плёсе) поперечный профиль русла ближе подходит к тупоугольному треугольнику; в вершине вогнутой кривой и несколько ниже (где обычно образуются наибольшие местные

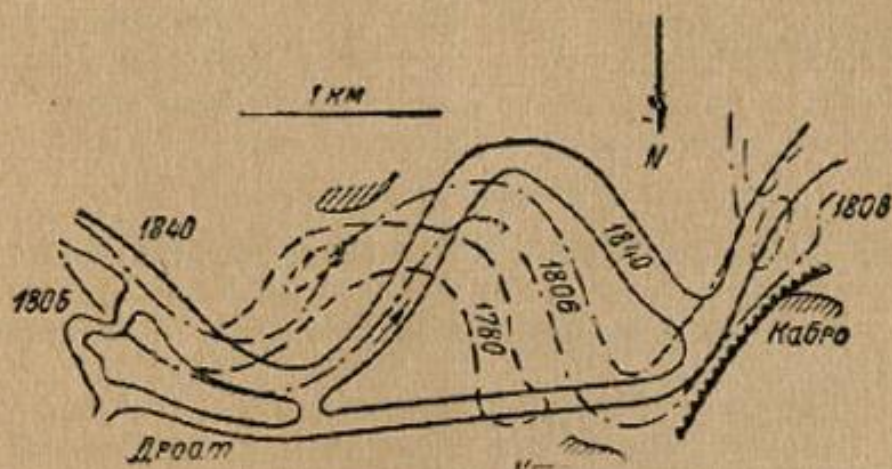


Рис. 5. Перемещение р. Гаронны.

глубины), при неразмываемом или трудно размываемом берегу и размываемом дне, поперечный профиль имеет форму прямоугольного треугольника.

Естественные русла рек в относительно легко размываемом ложе неизбежно приближаются к форме равновесия (меандрическая). 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.

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

1) самая глубокая часть плёса и самая мелкая часть переката сдвинуты по отношению вершины кривой и места наименьшей кривизны вниз по течению приблизительно на четверть длины (плёс + перекат);

2) плавному изменению кривизны соответствует плавное же изменение глубины, всякое резкое изменение одной влечёт за собой резкое изменение другой;

3) чем кривизна больше, тем больше и глубина плёса;

4) с увеличением длины кривой 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.

Наблюдения над реками в Средней Азии показали, что длина меандра (перекат + плёс) может быть найдена по уравнению

$$L = (10 \div 12) B, \quad (1)$$

где B — ширина реки по зеркалу воды на перекате.

При этом верхний предел относится к меандрам прерогных 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:

$$r_1 = 6B, \quad r_2 = 4B \text{ и } r_3 = 3B. \quad (2)$$

Кривых радиусом менее $3B$ (кривизна берётся по выпуклому берегу) задавать не следует, так как при меньших радиусах происходит отрыв струи и образование отмелей на выпуклой стороне берега.

На равнинных реках, пригодных для лесосплава, судоходства, где паводок совпадает с ледоходом, минимальный радиус кривизны русла не должен быть менее $4B$.

Ширина устойчивого, не разделённого на рукава, русла на прямолинейном участке (B) удовлетворяет зависимости, вытекающей из уравнения Шези:

$$B = \frac{Q}{C \sqrt{H^3 I}}, \quad (3)$$

где Q — расход в м³/сек.,

C — коэффициент в формуле Шези,

H — средняя глубина реки.

Уравнение (3) применимо для широких рек при

$$H \propto R \text{ и } P = B$$

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

Для определения величины скоростного коэффициента C существует ряд формул. В последнее время получила распространение

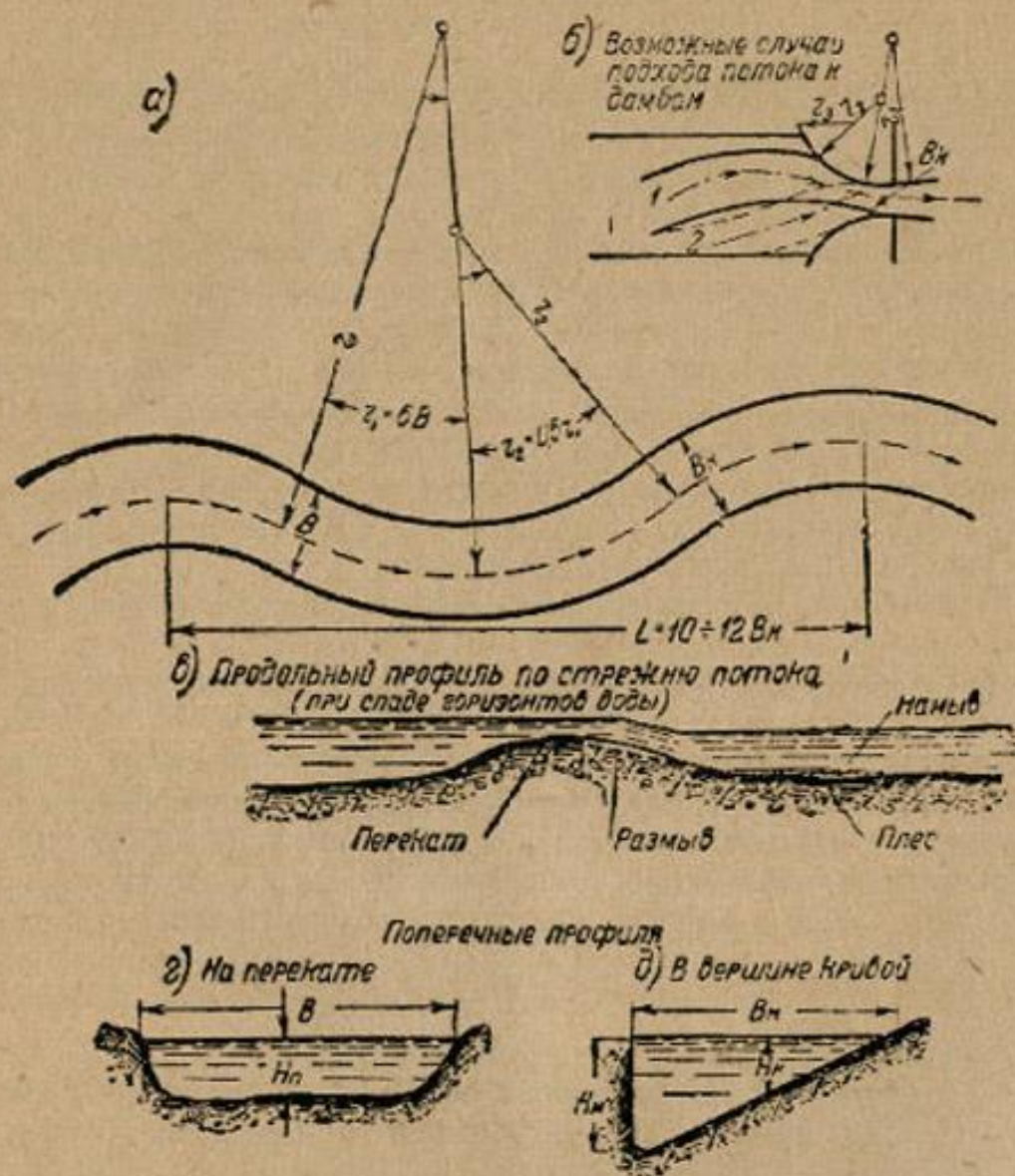


Рис. 6. Схема определения кривизны русла и построение выправительных дамб.

так называемая обобщённая показательная формула следующего вида:

$$C = \frac{1}{n} R^x, \quad (3-a)$$

где n — коэффициент сопротивления русла,

R — гидравлический радиус.

Значение показателя x определяется по таблице 2, предложенной проф. М. Ф. Срибным¹.

¹ Более подробные данные помещены в стандарте Главгидроэнергостроя «Коэффициент шероховатости».

$\frac{1}{n}$	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 коэффициента 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.

Для установления зависимости по определению ширины зарегулированного русла нами были проведены полевые исследования 35 характерных участков рек Средней Азии и использованы данные ЕГМС по 16 створам рек европейской части СССР и результаты лабораторных опытов САНИИРи на моделях с размываемыми руслами. Исследованиями охвачены, как прямолинейные, так и криволинейные участки рек, русла которых сформированы самой рекой, т. е. состояли из булыг, гальки, гравия и песка и в плане имели вид полных меандр, не разделявшихся на рукава.

Наибольшая крупность наносов, покрывающих ложе рек, изменялась от 600 до 0,20 мм, а уклоны от 0,02 до 0,00007, т. е. исследованиями были охвачены горные, предгорные и равнинные участки рек.

Для установления зависимости нами брались лишь измеренные (наибольшие) расходы воды, которые на рассматриваемых участках изменялись от 100 до 50 000 м³/сек¹. В результате проведенного анализа данных и построения серии логарифмических зависимостей, мы пришли к заключению, что ширина реки по урезу на прямолинейном участке (B) в общем виде удовлетворяет нижеследующей зависимости:

$$B = \frac{\rho}{I_m} Q^{0.5}, \quad (4)$$

где ρ — эмпирический коэффициент, зависящий от формы поперечного профиля русла реки и изменяющийся в пределах 0,86—1,23 (в среднем — 1).

I — уклон поверхности воды в паводок, постоянный показатель степени которого (m) равен 0,20.

Далее было установлено, что между уклоном и средней крупностью наносов, слагающих аллювиальное ложе, существует прямолинейная связь. Следовательно, в формуле (4) можно вместо уклона (I) поставить средний диаметр смеси наносов, покрывающих речное ложе

Q — наибольший замеренный (руслоформирующий) расход воды в м³/сек.; в данном случае повторяемостью раз в 5—10 лет.

¹ При этом расходы от 100 до 4 000 м³/сек. относятся к горным и предгорным участкам рек Средней Азии с уклоном от 0,04 до 0,001, а высшие расходы — к равнинным участкам рек с песчаным руслом.

Поскольку в натуре точное определение уклона и формы речного русла сопряжено с большими трудностями, считаем пока возможным при расчётах $\frac{P}{m}$ заменить через K и тогда формула (4) примет следующий вид:

$$B = K \cdot Q^{0.5}. \quad (5)$$

В таблице 2а приведены средние значения коэффициента K в зависимости от руслоформирующих расходов воды для прямолинейных участков рек.

Таблица 2а

Q м ³ /сек	100	200	400	700	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	10 000	20 000	50 000
K	3,5	3,8	4,0	4,2	4,4	5,4	5,7	6,0	6,5	6,7	7,2	7,8	9,0

Исследованиями также было установлено, что на криволинейных участках ширина реки (B_k) уже, чем на прямолинейных. Для пологих изгибов аллювиальных русел и сбойном протекании потока можно считать, что:

$$B_k = 0,75 K Q^{0.5}. \quad (6)$$

Для крутых изгибов реки, что имеет место у неразмываемого и укрепленного берега и при размываемом дне, когда река меняет направление под углом 45—90°, ширина на кривой (B_c) уже, чем на прямой, и удовлетворяет зависимости

$$B_c = 0,5 K Q^{0.5}. \quad (7)$$

Указанные в формулах 5, 6 и 7 соотношения рекомендуются для расчётов ширины зарегулированного русла перед плотинами, головными водозаборными сооружениями, мостами, акведуками и дюкерами, а также при определении ширины русла при промывках отложений наносов из верхнего и нижнего бьефов плотин.

На участках рек, где ледоход совпадает с прохождением паводка, ширина на кривых участках должна быть равна ширине на прямых с тем, чтобы не создавались на закруглениях заторы. То же относится к судоходным и лесосплавным рекам.

Для определения ширины зарегулированного русла принимается расход, соответствующий наивысшему наблюдаемому горизонту. В тех случаях, когда имеются результаты расчётов по многолетним рядам, модулям или нормам стока, для расчёта принимается расход с повторяемостью один раз в 20—30 лет. При этом расчётный горизонт не может приниматься ниже наивысшего наблюдаемого.

При расходах воды меньше расчётных в пределах зарегулированного русла возможно блуждание потока. Не следует также брать преувеличенных расходов воды, а лучше идти на некоторое повышение выправительных и защитных сооружений.

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

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

Чтобы получить соотношение между глубиной, шириной и кривизной русла на прямолинейном и криволинейном участках реки, Буссинеск приравнял уравнение Шези для прямолинейного участка:

$$I = \frac{v_0^2}{C^2 H} \quad (9)$$

к уравнению (8) и получил новое уравнение:

$$\frac{B}{r} = \frac{1}{\tau^2} \left(\frac{H_k}{H} - 1 \right)^2 \quad (10)$$

или

$$H_k = H \left(1 + \tau \sqrt{\frac{B}{r}} \right). \quad (10')$$

Основываясь на выводах Фарга, Буссинеск нашёл, что коэффициент τ для пологих кривых равен 0,75.

Изменение коэффициента τ в зависимости от соотношения $\frac{r}{B}$, по данным наших полевых исследований, представлено в таблице 3,

Таблица 3

$\frac{r}{B}$	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 и H — ширина и глубина на прямолинейном участке реки, находятся по данным гидрометрических наблюдений или по формуле 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:

$$H_m = C H_k. \quad (11)$$

Ласей для указанной формулы даёт 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	$C=2,0$

В таблице 4 даётся значение коэффициента C в формуле (11) в зависимости от коэффициента откоса вогнутого берега (m), полученного нами по данным полевых исследований рек при соотношении $\frac{r}{B} = 2 \div 4$.

Таблица 4

$\frac{r}{B}$	m	C	Примечание
2—4			Коеф. откоса
2—4	0—0,50	2,50	$m = \frac{b}{h}$
2—4	0,75—1,0	2,10	
2—4	1,25—1,50	1,75	b — заложение
	1,75—2,0	1,50	h — глубина

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

На практике заложение подводного откоса защищаемого берега или продольных дамб берётся равным величине откоса естественного грунта, слагающего данное русло. Например, в песчаных грунтах заложение откоса должно быть около 2, для гравелистых — 1,75. Заложение подводного откоса для шпор или полузапруд из каменно-хворостяной кладки может быть уменьшено. Однако при уменьшении подводного откоса можно ожидать больших местных размывов основания сооружений. Это вызывает необходимость большего крепления фундаментов сооружений.

§ 4. КОМПАНОВКА ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ И ЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

1. Способы компановки выправительных и защитных сооружений

Компановка выправительных дамб и шпор должна быть согласована, в первую очередь, с плановым очертанием речного русла, характером грунтов, слагающих ложе, и другими местными условиями.

Регулирование русла реки можно производить путём постройки определённой 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.

Поперечные сооружения в большинстве случаев дешевле. Преимущество их состоит в том, что выправление или сужение русла можно производить постепенно, возводя его вначале не на всю проектную длину, а на часть её, что даёт более равномерное расходование средств и постепенное изменение направления течения потока.

Продольные дамбы не имеют указанных выше преимуществ. Ошибки в определении ширины регулируемого русла ведут к тому,

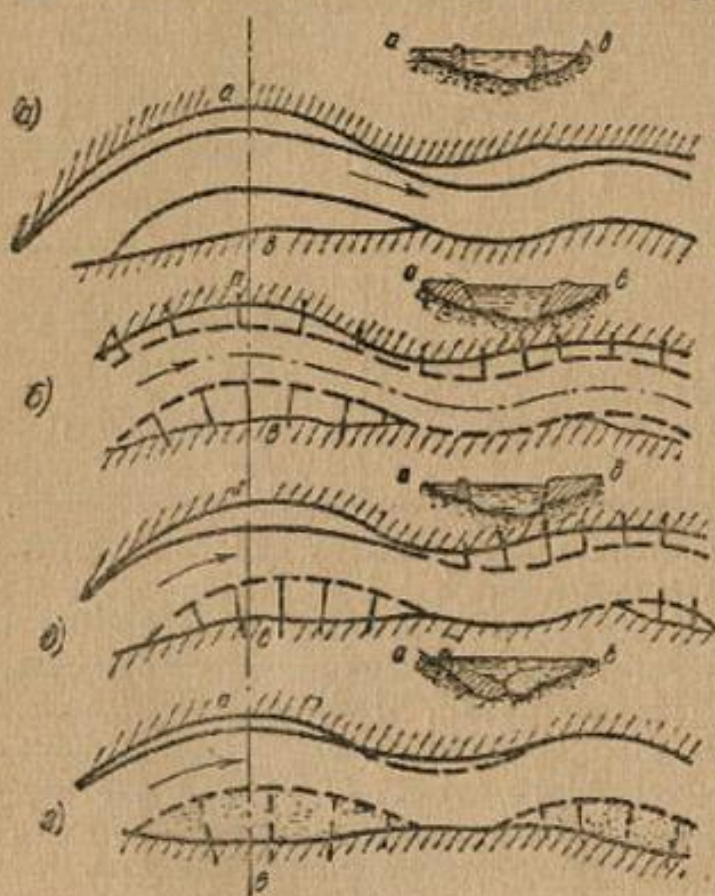


Рис. 7. Схемы образования нормального русла. (По Гришину М. М.)

ния ширины русла и обеспечивает спокойное течение вдоль продольных дамб, расположенных, как правило, у вогнутого ведущего берега, способствуя заилению пространства между полузапрудками.

В последнее время чаще прибегают к сооружению продольных дамб вдоль вогнутых берегов, придавая новому руслу криволинейное очертание. При достаточной кривизне вогнутых берегов создаются повышенные глубины и, следовательно, увеличивается способность потока транспортировать донные наносы: выпуклый берег при этом нарастает без каких-либо сооружений на нём, за счёт работы самого потока.

Лишь в тех случаях, когда образование выпуклого берега идёт медленно и имеется опасность отхода реки, можно пойти

что не будут достигнуты достаточная глубина и размывающая сила потока, или, наоборот, произойдёт чрезмерный размыв русла. Однако способ поперечных полузапруд имеет тот недостаток, что головы их подвергаются усиленному подмыву: течение около них беспокойное, на вогнутых частях берега пространства между полузапрудками плохо заносится наносами. У продольных или наклонных дамб течение более спокойное, и подмыв их незначителен.

Комбинированный способ (рис. 7-е) поэтому наиболее рационален, так как даёт и гибкость (постепенность постройки полузапруд) в смысле регулирования

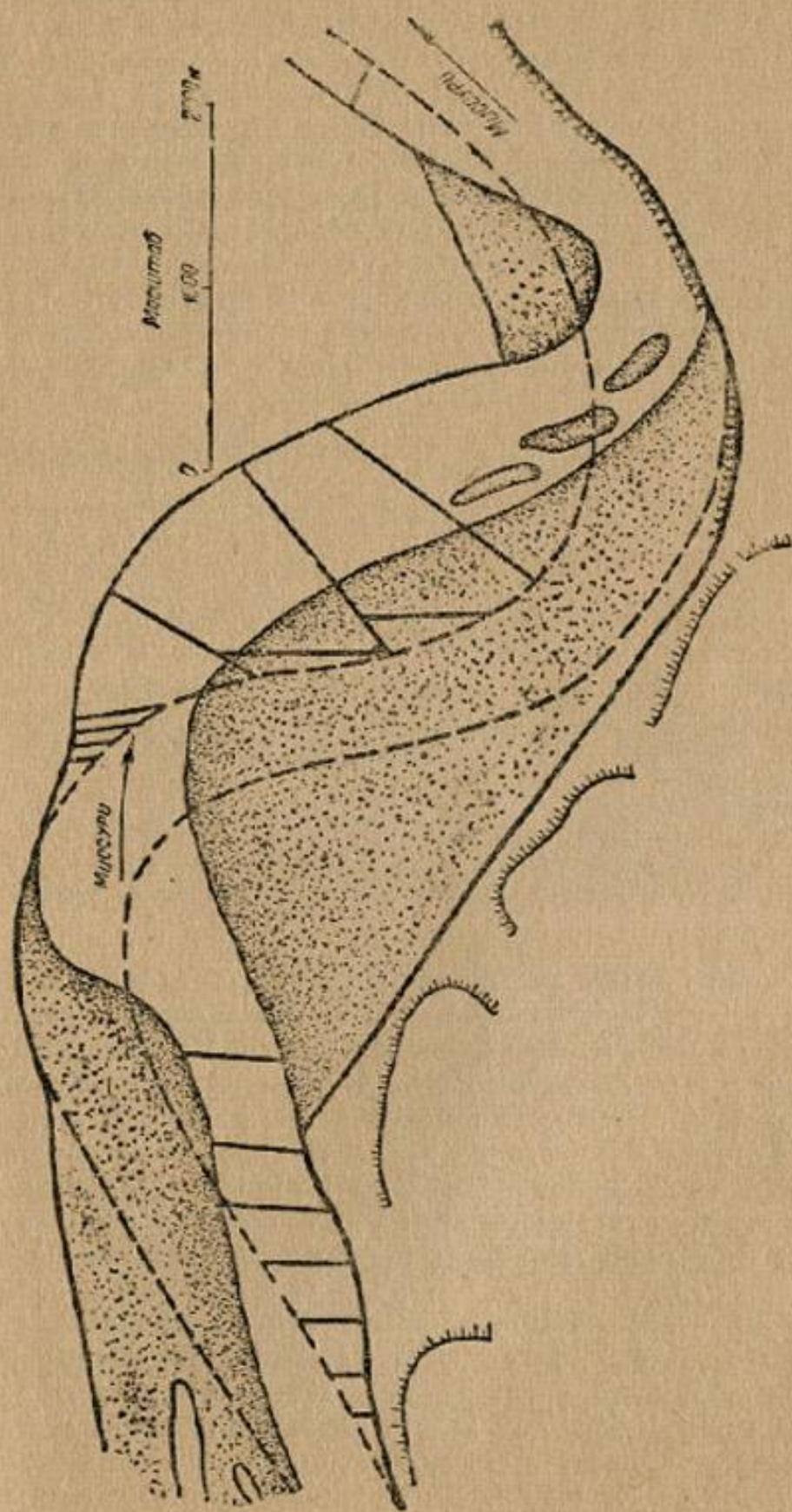


Рис. 8. План р. Миссури у места установки свайных эстакад для улучшения судоходства.

на постройку полузапруд или более дешёвых сквозных сооружений (ветвистых заграждений и т. п.).

Выправление русла системой поперечных сквозных полузапруд (свайных вставок) для целей судоходства, можно видеть в осуществлённом ныне проекте регулирования русла р. Миссури (рис. 8).

Выправление русла горной реки Ваши с расходом в паводок 1 600 м³/сек. для обеспечения потребного водозабора и недопущения поступления донных наносов в два ирригационных канала, расположенных на противоположных берегах реки, показано на рисунке 9. Процент водозабора в каналы в месяц составляет до 30. Русло реки сложено из гравелисто-галечникового грунта, причём наибольшая крупность отдельных камней достигает в диаметре 40 см. Уклоны поверхности воды равны 0,004—0,005.

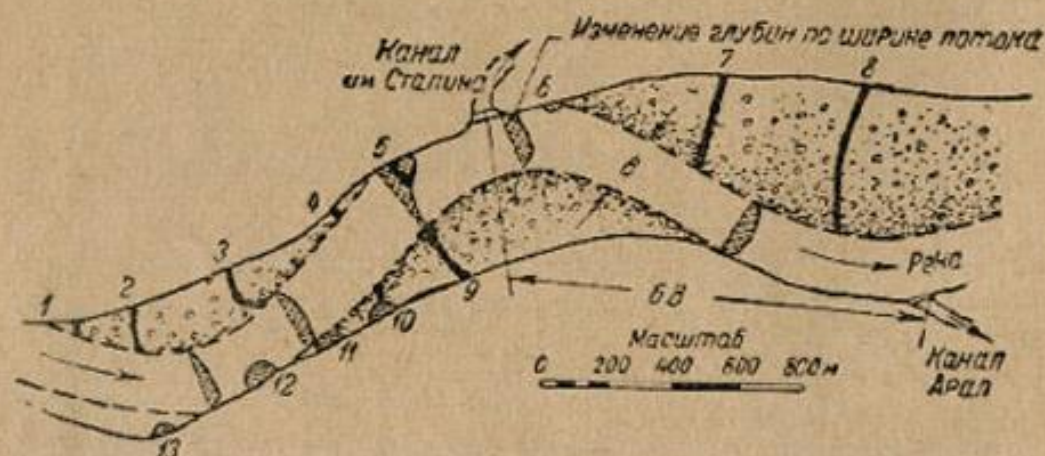


Рис. 9. Выправление русла реки в плане в целях улучшения водозабора в два канала, расположенных на противоположных берегах.

Указанная схема была испытана на модели в лаборатории САННИРИ. Опыты показали, что, для обеспечения водозабора и недопуска донных наносов в каналы, головы их должны быть расположены в конце кривой вогнутого берега, т. е. у места наибольшей глубины. Расстояние между головами каналов, расположенных на противоположных берегах, должно быть равным половине шага меандры (см. уравнение 1) и равно $L = (5 \div 6) B$.

Указанная схема расположения голов канала была многократно проверена в натуре и дала вполне удовлетворительные результаты.

В итоге многолетней практики регулирования речных русел, у гидротехников выработалось правило, согласно которому выправительные и защитные сооружения должны выправлять русло по пологим кривым, которые не нарушали бы естественного быта реки, а приспособлялись к нему, используя при этом течения потока и работу установленного сооружения для создания устойчивого русла у места водозабора.

Размеры и расположение струенаправляющих (выправительных) дамб у сооружений на равнинных участках рек существенно отличаются от размеров и расположения дамб на горных участках рек, где имеют место относительно большие скорости течения и уклоны и резкое блуждание потока. В связи с этим возникает опасность обхода сооружения или его разрушения, а также появления продольных течений вдоль перекрывающих пойму насыпей.

Как правило, на равнинных участках рек струенаправляющие дамбы, по преимуществу, устраиваются короткими, большой кривизны и не смыкаются с коренным берегом. На горных участках

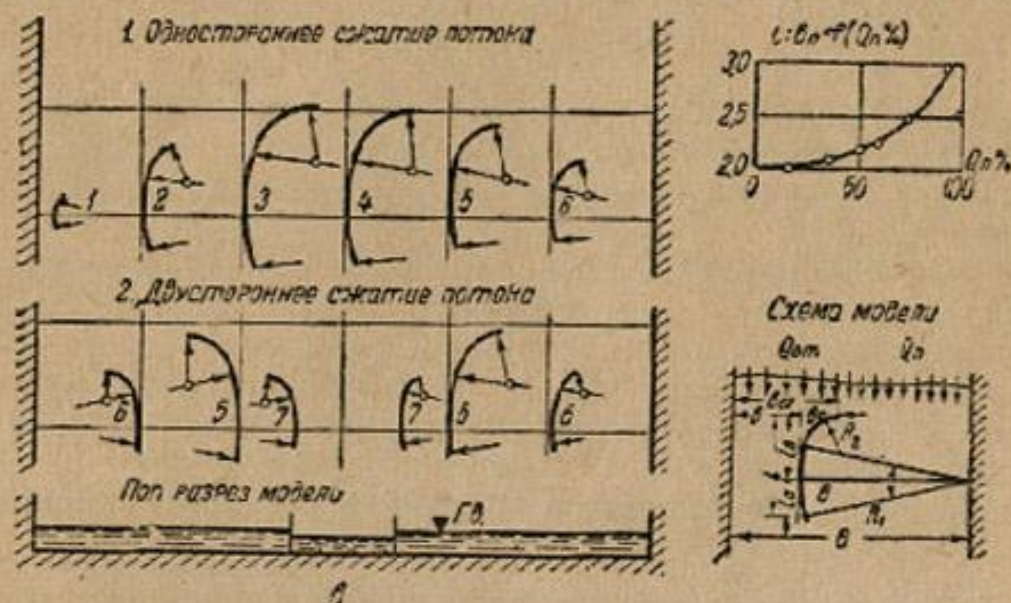


Рис. 10. Схемы струенаправляющих дамб мостовых отверстий для равнинных участков рек, по опытам в лаборатории. Опыты проводились на модели при соотношении $B \div H = 30 \div 80$.

рек они устраиваются более длинными и обычно смыкаются с основным берегом.

В обоих случаях требуется твердо стремиться к тому, чтобы по оси перехода (у мостов, дюкеров, акведуков) и ниже его имело место равномерное (не сбойное) протекание потока. С этой целью средняя и нижняя часть струенаправляющих дамб делаются почти прямолинейными или малой кривизны, тогда как верховая часть делается в виде криволинейного насадка переменной кривизны из 2—3 радиусов.

Размер и форма струенаправляющих дамб для р. Волги, по данным лабораторных исследований, показаны на рисунке 10 и для горных участков рек, по фактическим данным, на рисунках 11 и 12.

Проведённые в лаборатории ВНИИГиМ автором (совместно с инж. Ф. И. Бохиным), под руководством проф. Д. Я. Соколова, в 1931—1932 гг. исследования кривизны и размеров струенаправляющих дамб для мостового перехода через р. Волгу у г. Горь-

кого и меры стеснения протока позволили наметить рациональные размеры дамб в плане¹ при двустороннем и одностороннем стеснении потока (рис. 10). Для расчёта размеров дамб необходимо знать ширину отверстия моста, процент расхода воды ($Q\%$), проходящего на перекрываемой дамбами части ширины русла, и коэффициент сжатия струи в плане без дамб (α_c). По этим данным сначала находят ширину входа или разворота дамб (b_{ex}), равную:

$$b_{ex} = \frac{b}{\alpha_c}. \quad (12)$$

Отсюда находим разворот дамб в плане

$$b_{пл} = b_{ex} - b. \quad (13)$$

Затем, по кривым на рисунке 10 находим для соответствующего расхода Q , проходящего на перекрытой части ширины русла, соотношение проекции длины дамб (l) к проекции разворота на ось моста ($b_{пл}$).

Получив таким образом основные размеры дамб, приступаем к вычерчиванию кривизны струенаправляющих дамб переменным радиусом (r_1 , r_2 и r_3).

Пример расчёта размеров и кривизны струенаправляющих дамб, по данным лабораторных опытов, представлен в таблице 5. Струенаправляющие дамбы определены для модели р. Волги (шириной 300 см) с различной величиной отверстия моста.

Таблица 5

N дамб	Дамб			находим (размеры в см)								
	ширина отверстия (в см)	перекр. расход $Q\%$	коэф. сжатия α_c	b_{ex}	$b_{пл}$	l_d	l_n	$\frac{l}{b_{пл}}$ +	r_1	r_2	θ	$l : b_{пл}$

I. Одностороннее сжатие

1	10	97	0,71	14,1	4,1	8,2	4,1	12,3	25	5	2°	3,0
2	50	82	0,71	71	21	34	17	51	102	20	4°	2,47
3	100	66	0,73	137	37	56	28	84	168	33	5°30'	2,30
4	150	50	0,81	185	35	50	25	75	150	30	4°	2,14
5	200	33	0,87	230	30	42	18	60	120	24	3°	2,10
6	250	17	0,935	267	17	26	13	39	78	16	2°	2,30

II. Двустороннее сжатие

5	100	33	0,87	160	30	42	18	60	120	24	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

¹ Масштаб модели р. Волги: горизонтальный—1 : 1000, вертикальный—1 : 100; моделировалась длина русла 8 км.

На рисунке 11 показаны струенаправляющие дамбы у моста через горную реку Чирчик. Ширина мостового отверстия рассчитана по формуле (6), т. е. для случая сбойного течения, на пропуск катастрофического расхода $1\,350\text{ м}^3/\text{сек.}$ и равна 128 м.

Кривизна дамб в плане построена по уравнению (2) и согласована с местными условиями.

Прошедший в 1941 г. паводок с расходами около $300\text{ м}^3/\text{сек.}$ показал вполне удовлетворительную работу струенаправляю-

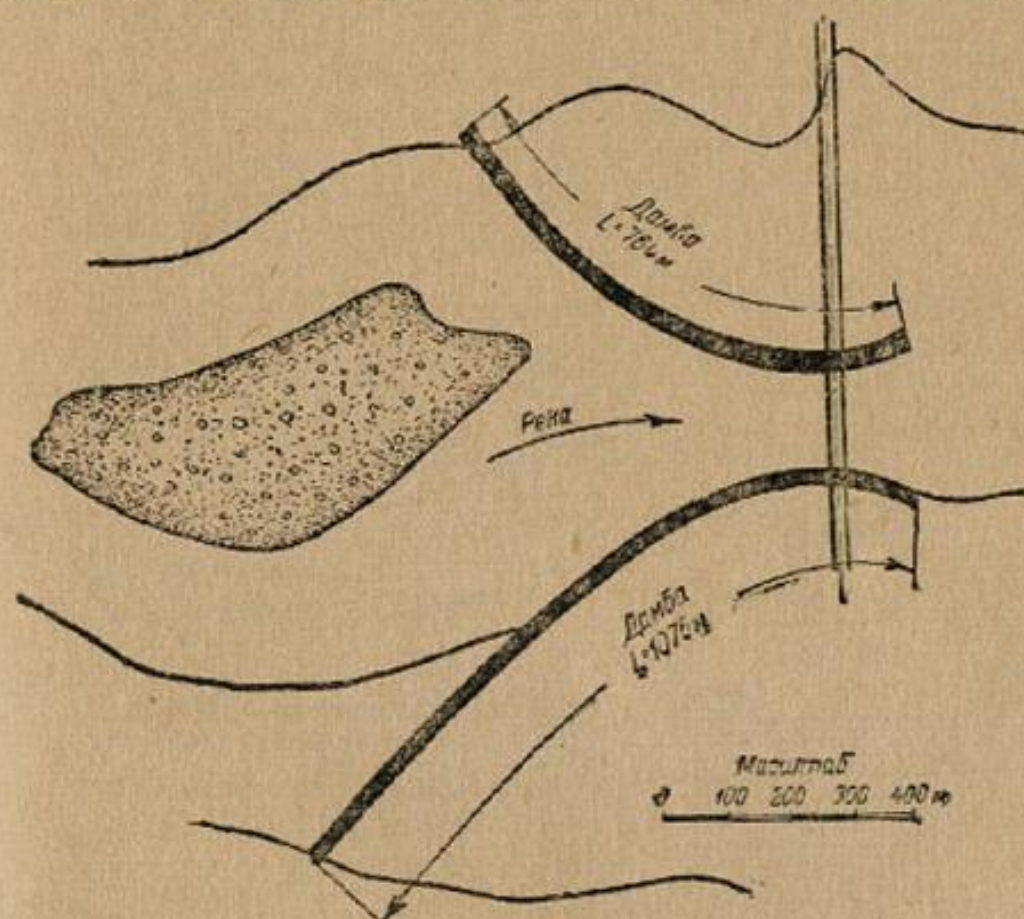


Рис. 11. Выправление русла у моста на предгорном участке реки.

щих дамб и достаточность отверстия моста в первый (наиболее опасный в смысле размыва крепления) год работы.

На рисунке 12 показаны защитные (выправительные) дамбы через горную реку Ангрен у дюкера на канале им. Молотова.

До устройства дамб в 1940 г. река протекала по 4 протокам общей шириной около 200 м при ширине поймы около $2\,000\text{ м.}$ После строительства дамб (левая длиной $4\,000\text{ м}$, а правая длиной 640 м) левые протоки были перекрыты, а отверстие для пропуска воды через дюкер было сделано шириной 128 м. Дамба была насыпана из песчано-гравелистого грунта, находящегося у места работ. С напорной стороны по проекту предполагалось устроить облицовку из бетонных плит, но проект не был осуществлён, и взамен плит была построена двойная мостовая, уложенная насухо на глубину ожидаемого размыва, т. е. на $2\text{—}3\text{ м}$

ниже отметки среднего дна. Затем предполагалось устроить перед дамбой (через отмели) прорезь с тем, чтобы дать направление потоку в сторону дюкера. Но эта работа не была выполнена, и поэтому в паводок 1941 г. левобережная дамба в местах пересе-

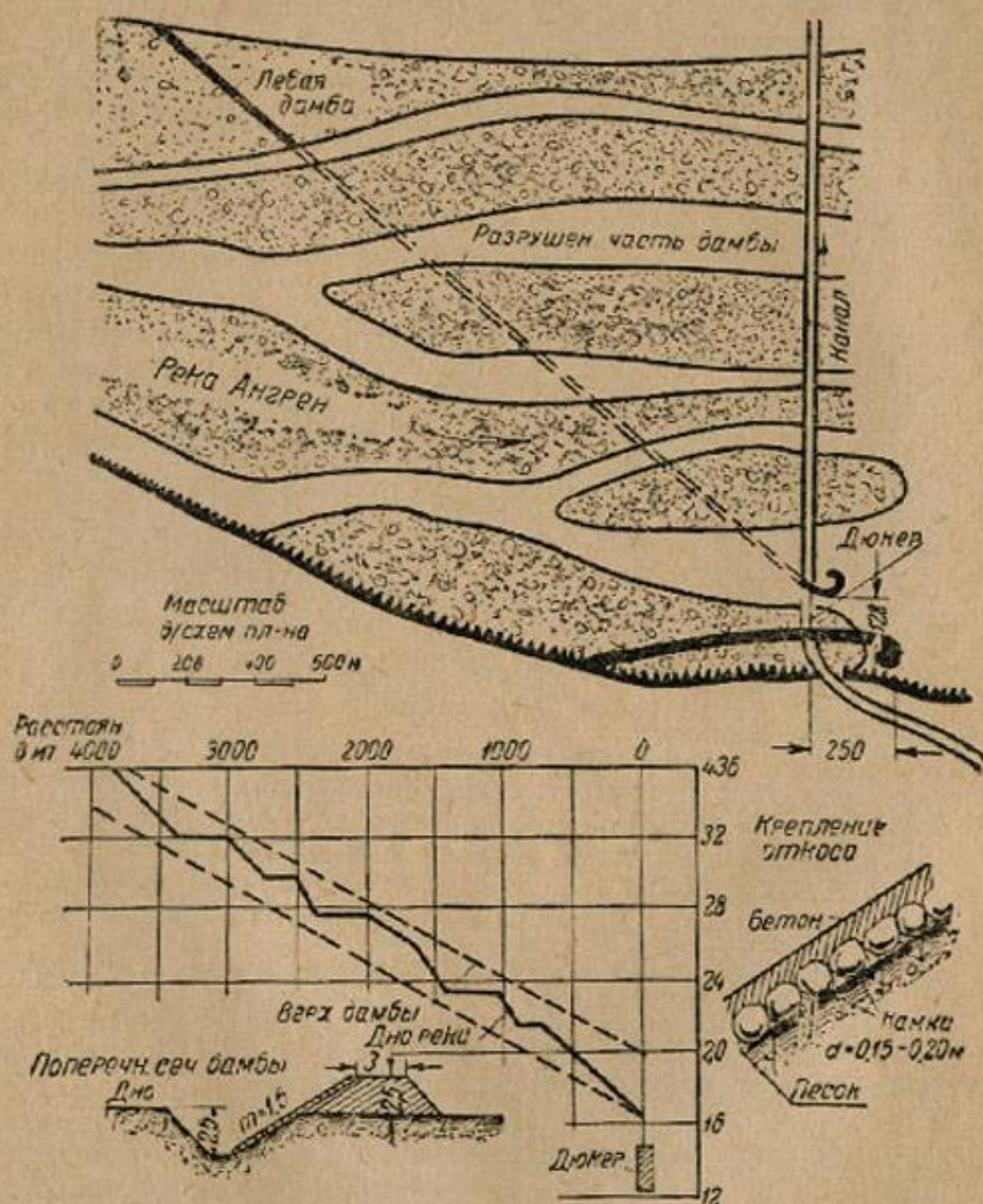


Рис. 12. Схематический план р. Ангрен у дюкера с показанием разрушенной части выправительной (защитной) дамбы в паводок 1942—1943 гг.

чения протоков была смыта. Также были смыты правая дамба у дюкера и правый берег реки ниже дюкера.

К паводку 1942 г. основные прорывы в левой дамбе были заделаны таштуганной кладкой. В целях недопущения подмыва таштуганной кладки с напорной стороны были положены карабуры, заглублённые ниже отметки среднего дна на 1—1,5 м.

Указанная работа также не была выполнена в соответствии с проектом в части соблюдения требуемых размеров. Поэтому многоводный и быстро нарастающий силевой паводок 1942 г. (расходом до 400 м³/сек.) вновь смыл левую дамбу на длине около 2 000 м и правую у дюкера на длине около 250 м. Прорвавшаяся через левую дамбу вода занесла канал галькой и песком (около 52 000 м³), а также повредила его дамбы. На восстановление только канала потребовалось 8 000 человекоднев рабочих и денежных средств около 100 000 руб.

Четырёхлетний опыт по защитным работам на р. Ангрен позволяет сделать следующие выводы:

1. Ни один из намеченных проектов защитных работ полностью и надлежащим образом не был выполнен. По этой причине нельзя считать ту или иную конструкцию крепления непригодной для таких тяжёлых условий.

2. Из конструкций крепления, испытанных на практике, возможно рекомендовать крепления с максимальным использованием камня, расположенного в изобилии у места работы. Такими конструкциями являются габионные тюфяки или облицовка бетонными плитами с заглублением их ниже основания дамбы до отметки наибольшего размыва. Для габионов требуется оцинкованная проволока, а для плит — цемент. До паводка 1945 г. было решено из-за отсутствия цемента, по предложению инж. Нусберга, облицовывать дамбы одиночной мостовой, поверх которой уложить бетон слоем 8—10 см (рис. 12), с заложением основания на 2,5—3,0 м ниже отметки среднего дна.

3. В целях более надёжного обеспечения работы дамбы и направления реки в сторону дюкера, целесообразно устройство прорези через отмели вдоль левой дамбы. Без выправительных работ в русле облицованная защитная дамба будет испытывать сильное лобовое воздействие потока и поэтому у места удара не исключена возможность разрушения дамбы, что имело место в прошлые годы.

4. Низовая правобережная дамба для защиты правого берега сделана длиной 250 м. Однако, в целях выправления русла реки, необходимо предусмотреть устройство прорези и длинных поперечных дамб с тем, чтобы помочь реке направиться в левое русло.

2. Определение длины защитных шпор

Защита от подмыва берега осуществляется отклонением потока продольными дамбами или поперечными полузапрудами, шпорами (рис. 13) или закреплением существующей линии берега облицовками и тюфяками¹.

¹ Под шпорой имеется в виду незатопляемая в период высоких вод полузапруда, длиной менее $\frac{1}{2}$ ширины русла, которая вызывает лишь местное сжатие потока, тогда как поперечная дамба воздействует на большую часть или на весь поток.

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



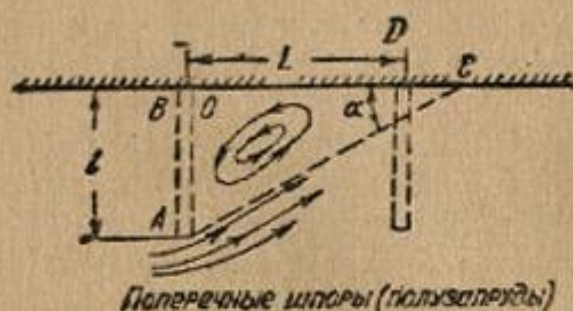
Рис. 13. Система продольных и поперечных дамб (полузапруд).

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

Поперечные полузапруды располагаются так, чтобы оси их были нормальны к динамической оси потока или составляли с ней угол около $60-75^\circ$ и чтобы оконечности голов их лежали



Шпора наклонена по отношению к оси потока



Поперечные шпоры (полузапруды)

Рис. 14. Поперечные шпоры (полузапруды). (По Гришину М. М.).

на плавной кривой. Корни полузапруд BB прочно заделываются в грунт берега. Следующую по течению полузапруд ставят несколько выше точки C в точке D (рис. 14).

При наклонном положении к оси потока длина защитного их действия несколько увеличивается. Из рисунка 14 видно, что $BC > BC'$, где BC' относится к случаю шпоры AB .

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

$$l \geq H_m \sqrt{1 + m^2}, \quad (14)$$

где $H_{\text{н}}$ — наибольшая местная глубина потока у сооружения в период высоких вод после размыва дна (рис. 15),
 m — коэффициент 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 наблюдений, расстояние между шпорами может быть определено по формуле:

$$L = 6lP \cos^2 \alpha, \quad (15)$$

где α — угол подхода потока к касательной линии берега;

P — доля застройки решётчатой (сквозной) шпоры, равная частному от деления площади застройки сооружения S на всю площадь сооружения, смачиваемую водой.

Для решёток:

$$P = \frac{S}{S + b},$$

где S — диаметр стержня, а b — просвет между стержнями.

Для глухой шпоры, т. е. при застройке $P = 1$, формула (15) принимает следующий вид:

$$L = 6l \cos^2 \alpha. \quad (16)$$

Схемы глухих шпор показаны на рисунке 14 и сквозных шпор и дамб — на рисунке 15; на рисунке 15 показаны для сквозных шпор: 1) изменение скоростей ниже решётки, 2) форма размыва дна в плане, 3) расстояние между шпорами. Длина зоны защиты берега от действия одной шпоры (поставленной на прямолинейном участке нормально к направлению течения) распространяется на 8 длин шпоры.

Однако, в целях недопущения водоворота перед нижележащей шпорой и обхода её с корня, расстояние между шпорами рекомендуется брать равным 6 длинам шпоры, умноженной на котангенс угла подхода к касательной линии берега.

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

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

Слишком длинных и часто расставленных полузапруд для защиты берега также устраивать не следует, так как они работают только оголовками; их применение оправдывается в тех случаях,

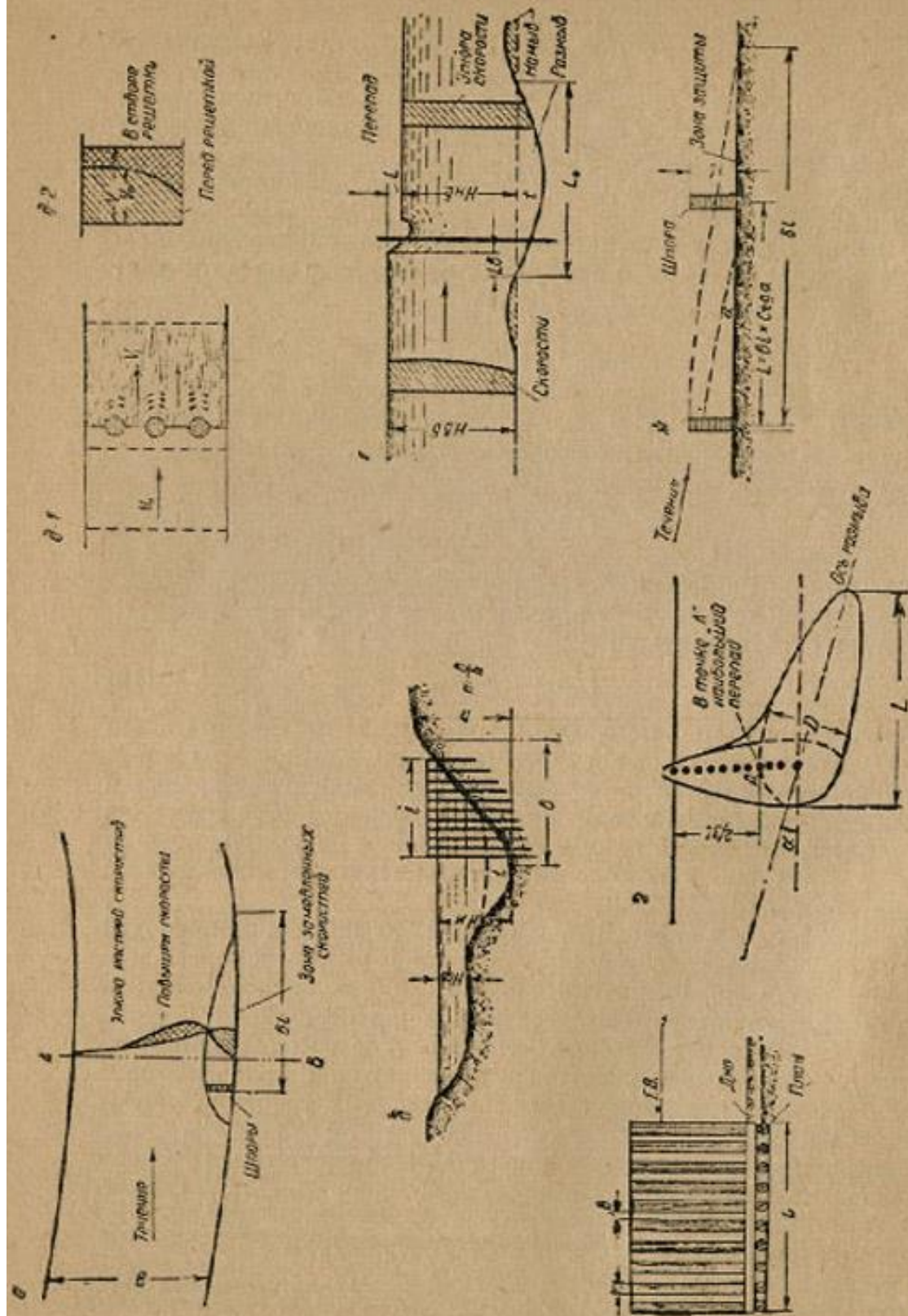


Рис. 15. Мостный размыл для у стеновых шпоров, по опытам в лаборатории:

а — план русла и распределение скоростей по ширине потока; б — разрез по А — Б; в — решётка с аэродиской; $P = \frac{S}{S_1 + S} \approx 0.50$; г — план размыла для у решётчатой шпору; д-ж — протекающие воды через решётку в плане, з-2 — шпора распределения скоростей по вертикали

когда необходимо получить очертание трассы определенной формы, т. е. при выправлении русла реки.

В таблице 6 приводятся гидравлические элементы потока и размеры каменно-хвостяных и каменно-камышовых шпор и дамб, применяемых в Средней Азии (табл. 6).

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

На реках Средней Азии большое применение имеют наклонные (под углом 30—45°) шпоры и дамбы. Наклонное расположение объясняется тем, что на поток они воздействуют более равномерно, 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 своё направление, а следовательно, и длина фронта защиты с течением времени также может изменяться.

Таблица 6

Размеры применяемых на практике защитных шпор и дамб из каменно-хвостяной и сыпайной кладки

Характер реки	Макс. расход воды (м³/сек.)	Средн. глуб. (в м.) <i>H_{ср}</i>	Наиб. мест. глуб. (в м.) <i>H_м</i>	Средн. макс. ско- рость (в м/сек.)	Наиб. диам. каменя (в мм)	Коеф. устойчи- вости берега <i>m</i>	Размеры сыпья	Размеры шпор		Размеры дамб	
								длина	ширина	ширина	высота
Горный участок р. Ангрен с гравис- то-галечниковым руслом	400	1,3	3,0	4,0	600	1,25	4,0	4,0	$\frac{1,5^1}{3,0}$	$\frac{1,5^1}{4,0}$	3,3
Предгорный участок р. Чирчик с песчано-галечни- ковым руслом . .	823	1,3	3,75	3,0	300	1,25	3,3	6,3	$\frac{2,5}{3,0}$	$\frac{3,75}{4,0}$	4,2
То же	1 100	2,0	3,0	2,3	300	1,0	6,3	18,0	$\frac{3,0}{6,0}$	$\frac{2,0}{3,5}$	6,3
Песчано-гравис- тное русло реки Сурхан	350	2,0	4,3	2,4	23	1,8	3,0	8,0	$\frac{2}{4,0}$	$\frac{4,0}{7,0}$	4,0
Песчано-галеч- никовое русло р. Сыр-Дарья	3 300	3,0	6,0	2,5	120	1,3	6,3	30,0	$\frac{3,0}{10,0}$	6	6,0
Песчаное легко размываемое русло Аму-Дарья у Чар- жоу	8 000	2,3	20,0	2,8	0,35	2,3	—	70,0	$\frac{3,0}{15,0}$	$\frac{6,0}{25,0}$	12,0

¹ 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 таптуганной кладки, которая подвержена осадке, высота над горизонтом высоких вод в отдельных случаях может быть принята 1,0 м.

3. Характер размыва дна у шпор и дамб

Действие дамб или шпор на поток выражается в 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 создаст себе новой формы русла, достаточного для пропуска дополнительного расхода воды, отжатого сооружением, после чего форма сечения останется более или менее устойчивой. Это явление в пер-

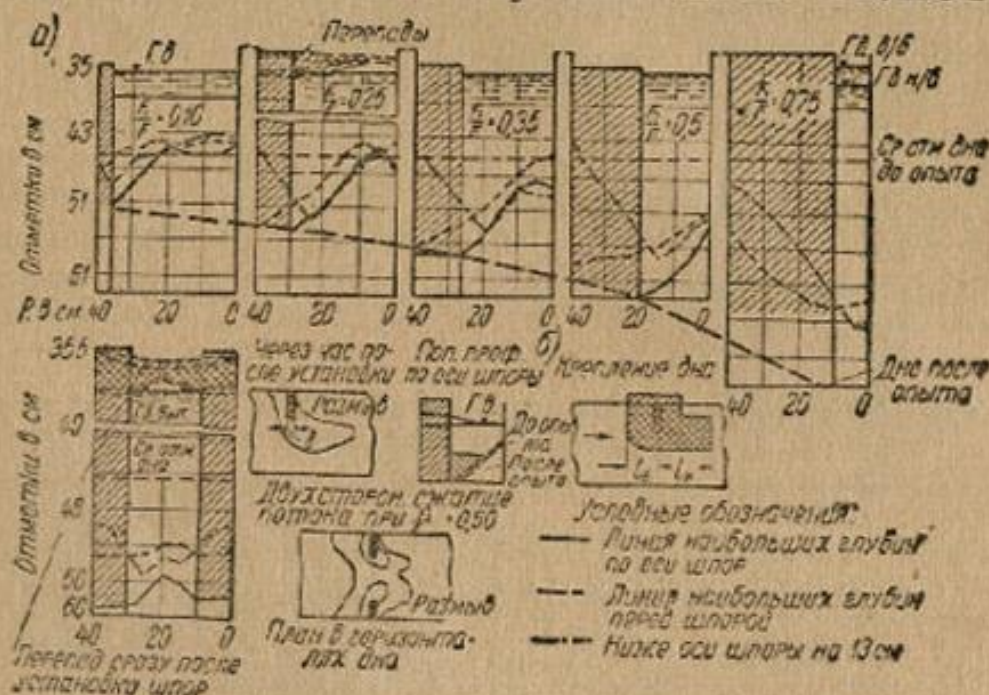


Рис. 15. Размыв дна у глухих шпор, по опытам в лаборатории на модели с неразмываемыми берегами и размываемым дном. Шпоры заштрихованы.

вый момент работы шпоры сопровождается некоторым повышением горизонта воды, который падает по мере углубления русла, и уклон поверхности воды постепенно уменьшается до бытового.

Размыв русла с верховой стороны шпоры увеличивается от горня 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, показаны на рисунке 16.

Чем сильнее стеснено сечение, тем глубина размыва русла больше. Наибольшую местную глубину потока у шпоры в зависимости от меры его стеснения $\frac{P_1}{B}$ можно определить по формуле:

$$H_m = C H_{ср} \quad (17)$$

где P_1 — проекция смоченной площади сооружения (до размыва дна) на плоскость, нормальную направлению течения потока.

Для шпор, поставленных к течению под углом 90° , площадь равна произведению средней длины шпор, умноженной на среднюю глубину потока.

F — площадь живого сечения потока в бытовых условиях, т. е. до установки сооружения. Следовательно, мерой стеснения потока называется отношение — F_1 площади смоченной части сооружения к площади живого сечения в бытовом (не суженном) состоянии в том же створе. Так, например, если нормально поставленная к направлению течения шпора перекрывает пятую часть потока, то мера стеснения потока

$$\frac{F_1}{F} = 0,2,$$

а коэффициент размыва для этого случая, согласно таблице 7, будет $C = 2,65$.

При двустороннем стеснении потока, коэффициент размыва меньше, чем при одностороннем, в 1,3 раза. Поэтому приведённые в таблице 7 коэффициенты размыва для случаев двустороннего стеснения должны быть уменьшены в 1,3 раза.

$H_{\text{ср}}$ — средняя глубина потока до размыва в створе сооружения;

$H_{\text{м}}$ — наибольшая местная глубина потока у сооружения (у головы шпоры, дамбы, устоев моста ниже перемычки при закрытии протока или устройства сужения для целей подпора и регулирования поступления расхода в каналы);

C — коэффициент увеличения глубины у сооружения, полученный по данным лабораторных исследований моделей шпоры с вертикальным заложением откосов, показанных на рисунке 16. В лаборатории измерялись у сооружения $H_{\text{ср}}$ и $H_{\text{м}}$, и частное от деления второго на первое дало нам коэффициент размыва C .

Таблица 7

$\frac{F_1}{F}$	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 счёт увеличения заложения откоса шпоры. На рисунке 17 показаны форма и глубина размыва у одной шпоры с различным заложением откоса шпоры и одной мерой стеснения потока

$$\frac{F_1}{F} = 0,25.$$

В таблице 8 даётся величина коэффициента C в зависимости от заложения откоса (m) одной шпоры и одной дамбы с различными радиусами кривизны дамб.

Коэффициенты откоса K_1	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
Условия, для которых даны коэффициенты						
Шпора с переменным заложением откоса и $\frac{F_1}{F} = 0,25$ (рис. 17)	2,72	2,47	2,32	2,25	1,65	1,34
Дамба длиной $l = 11H$ при $\frac{F_1}{F} = 0,25$ и $\frac{r}{B} = 2$ (рис. 18)	1,85	1,70	1,65	1,43	1,38	1,37
Для той же продольной дамбы, но при $\frac{r}{B} = 4$, т. е. при большем радиусе кривой	1,50	1,37	1,38	1,37	1,31	1,34

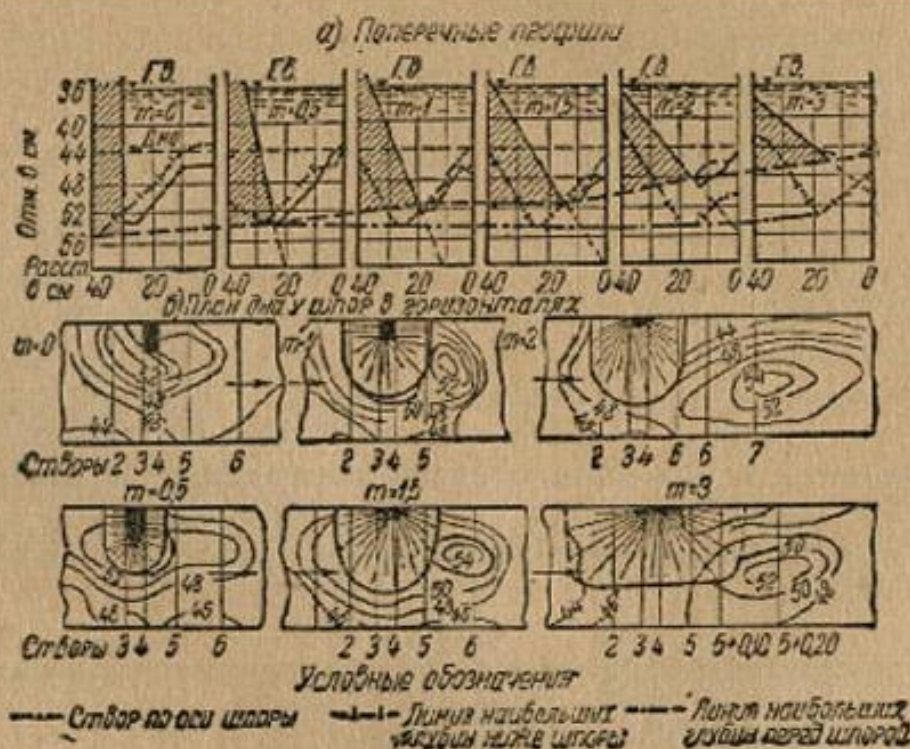


Рис. 17. Форма и глубина размыва дна у одной шпоры с различным заложением откоса и при стеснении потока, равном 0,25.

С увеличением откоса размыв отодвигается от шпор и дамб вниз по течению и тем самым становится опасным для устойчивости сооружений.

4. Защита от размыва подводных откосов

При укладке на откосы каменно-хворостяных, камышово-гравийных, бетонных и железобетонных тюфяков, каменной мостовой и каменной наброски и других видов креплений следует соблюдать следующие правила:

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), так как

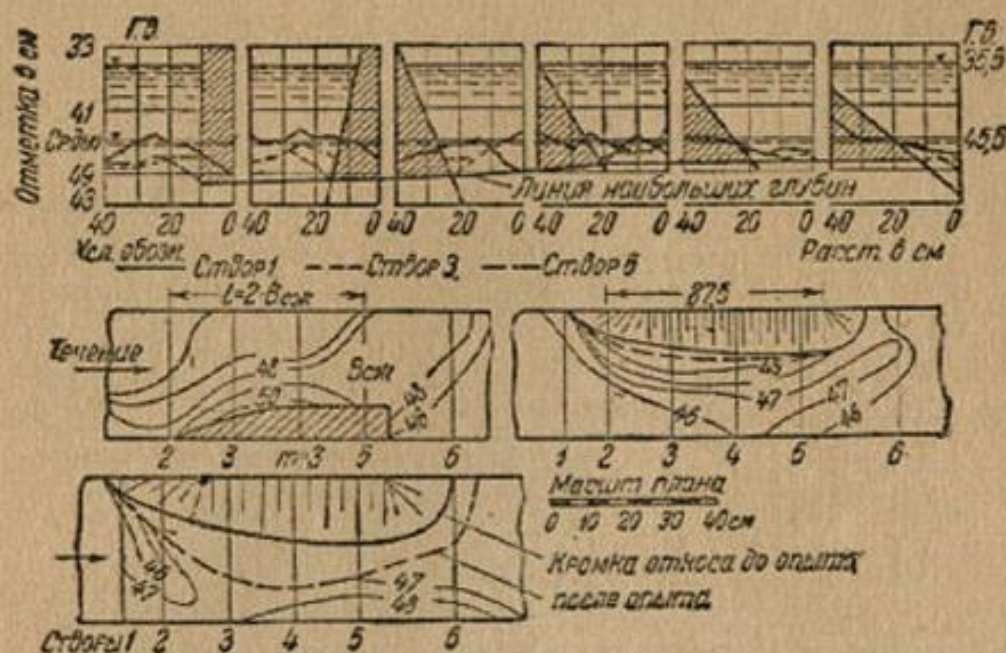


Рис. 18. Местный размыв дна у дамб с различным заложением откоса. Чем положе откос, тем меньше размыв.

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 и 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 его. Часть сооружений, выполняемая во вторую очередь, отодвигается за линию уреза на величину ожидаемого размыва. В данном случае работа первой очереди (в месте стыка) осуществляется в котловане, и только её подводная часть выполняется по мере подмыва берега рекой.

4. Совершенно необходимо, чтобы крепления были уложены на устойчивый откос берега, а не висали на откосе, т. е. чтобы не было сползания крепления при полном насыщении грунта водой.

Так же 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 19. Применительно к этим схемам, в приложении 3 даётся величина коэффициента сопротивления той или иной отдельной конструкции ζ в зависимости от меры стеснения потока.

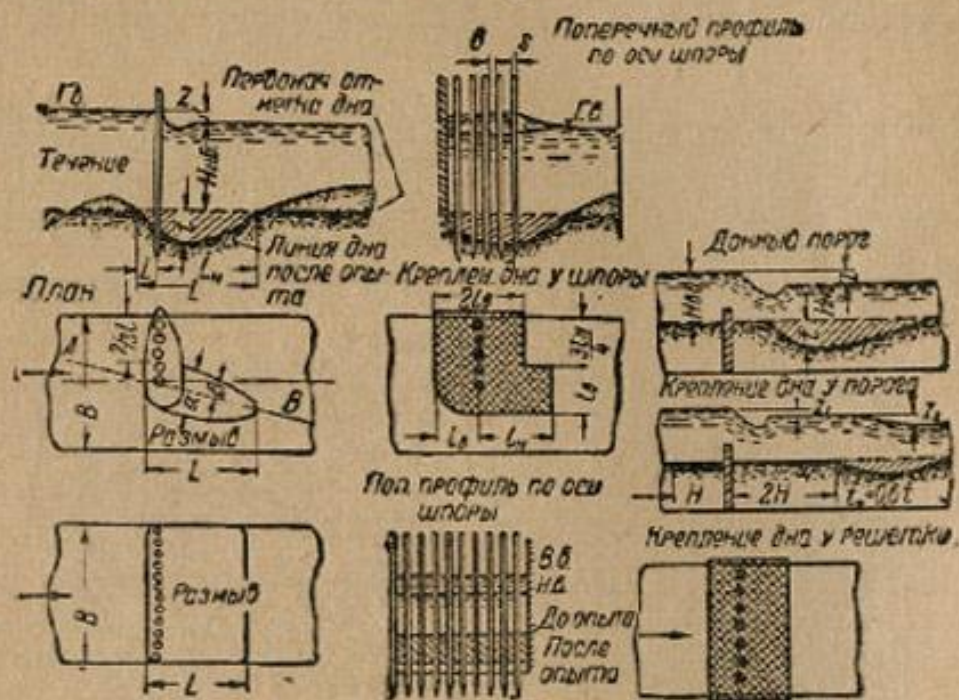


Рис. 19. Размыв дна у решёток и донных порогов.

Величина коэффициента также зависит от соотношения

$$\frac{H_{н.б.}}{z}.$$

Изменение коэффициента сопротивления от меры стеснения потока $\frac{F_1}{F}$ и отношения $\frac{H_{н.б.}}{z}$ для одной шпоры показано на рисунке 20, где $H_{н.б.}$ — средняя приведённая глубина потока на ширине русла, занятой шпорой и равная $H_{вс} - z$.

Зная меру стеснения (отношение $\frac{F_1}{F}$) из данных, приведённых в приложении 3, и соответствующие ему $\frac{H_{н.б.}}{z}$, находим величину подпора у сооружения по формуле:

$$z = \zeta \frac{v_0^2}{2g}, \quad (18)$$

где v_0 — скорость подхода потока в м/сек.,

ζ — коэффициент сопротивления конструкции.

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, постольку и коэффициент сопротивления

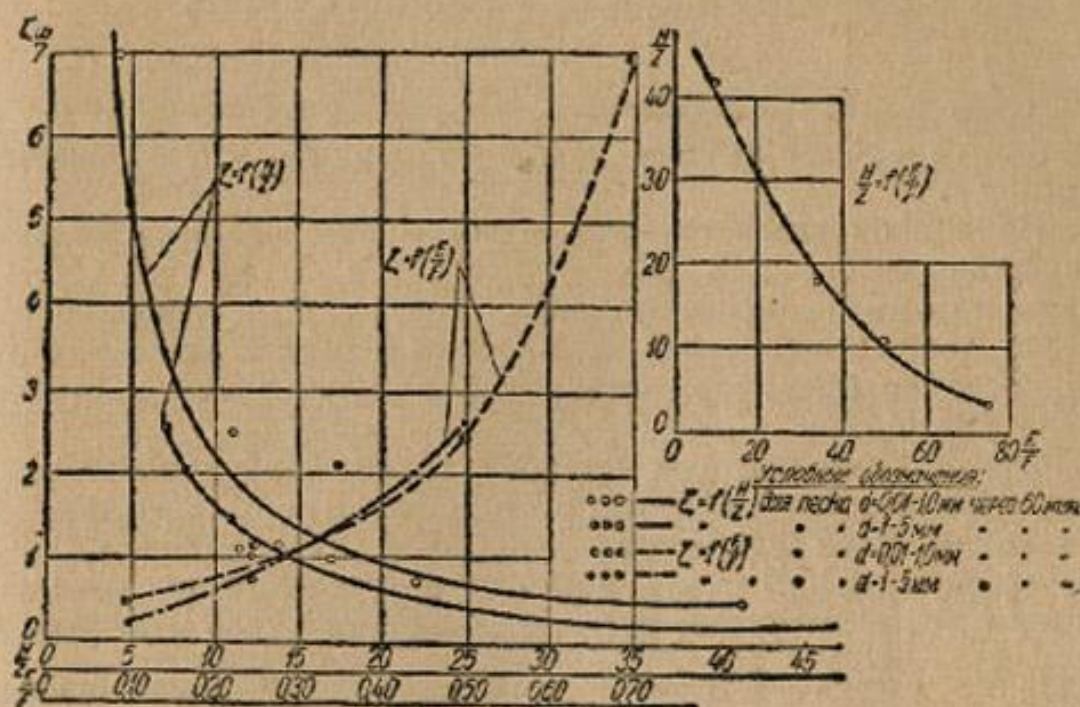


Рис. 20. Кривые зависимости коэффициента сопротивления одной шпоре (ζ) от меры стеснения потока $\frac{F_1}{F}$ и отношения $\frac{H_{п.б}}{Z}$ по опытам в стеклянном лотке с размываемым дном.

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 коэффициента сопротивления: один для первого момента работы сооружения, когда ещё не произошло размыва, и второй — после окончания размыва. Кроме того, у шпор следует различать коэффициент $\zeta_{ш}$ от коэффициента ζ_p . Первым следует пользоваться при определении подпора у шпоре и вторым — при определении среднего подпора во всём русле.

Для определения подпора у мостов или сквозных дамб может быть рекомендована нижеследующая формула:

$$z = \alpha \frac{v_1^2 - v_0^2}{2g}, \quad (19)$$

где v_1 — скорость в отверстии моста до переформирования русла,

v_0 — подходная скорость потока,

α — опытный коэффициент, 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 9.

Таблица 9

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

После переформирования русла коэффициент 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 ещё размыва и намыва русла.

б) после переформирования русла под действием выстроенных сооружений.

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, стеснения потока (отношение $\frac{F_1}{F}$) уменьшается, вследствие чего уменьшается и подпор.

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

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

При назначении размеров крепления необходимо, во-первых, впасть 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 решётчатых дамб и донных водосливов (барражей) может определяться по формуле типа Шоклича, Патрашева и Вязго¹:

$$H_m = k_1 q^{0,5} z^{0,25}; \quad (20)$$

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

¹ См. журнал «Гидротехническое строительство», № 9, 1940. Статья М. С. Вязго.

z — перепад (подпор) в формулах 18 и 19 до начала переформирования русла;

k_t — опытный коэффициент размыва, зависящий, главным образом, от меры стеснения потока, конструкции сооружения и грунта; величина его приводится в таблице 10.

1. Ширина тюфяка, укладываемого на откос, определяется по формуле:

$$b_0 = H_m \sqrt{1 + m^2} + H_{cp}; \quad (21)$$

где H_m — местная наибольшая глубина потока у продольного укрепления в метрах от горизонта высоких вод,

m — коэффициент устойчивого подводного откоса.

Таблица 10

Значение коэффициентов размыва k_t в зависимости от меры стеснения потока, состава наносов и типа сооружения, по лабораторным и натурным опытам автора

Меры стеснения Условия опыта	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
I. В формуле $H_m = k_t q^{0,5} z^{0,5}$								
1. Для свайных решёток (дамб), устанавливаемых через всё русло. Песок $d = 0,01 - 1$ мм (рис. 19)	2,55	2,90	3,20	3,53	3,80	4,16	4,50	4,81
2. Для донных порогов по опытам с песком $a = 0,01 - 1$ мм	—	2,75	2,80	2,85	2,95	—	—	—
3. То же с песком $d = 1 - 5$ мм (рис. 19):	—	2,05	2,25	2,45	2,64	—	—	—
4. Для сужений (ошейников) на каналах Аму-Дарья при расходах от 6 до 70 м ³ (рис. 42) и песчаном русле	—	—	2,44	2,7	3,0	3,5	—	—
II. В формуле Шоклича ¹								
$H_m = \frac{k_t}{a_m^{0,32}} q^{0,51} p^{0,2}$								
5. Для донных порогов (барражей) (рис. 19)								
а) дно из песка, крупностью 0,01—1 мм	—	1,60	1,75	1,97	2,09	—	—	—
б) дно из песка крупностью 1—5 мм и $d_{cp} = 2,15$ мм	—	1,45	1,55	1,60	1,70	—	—	—

¹ В формуле Шоклича p — высота порога, d_m — наибольший диаметр частиц для 90% грунта, слагающих русло.

Ширина крепления (b_0) по защите от подмыва сооружения определяется по формуле (21), в которую, вместо H_n , подставляется глубина размыва дна (t) ниже основания:

$$b_0 = 0,70 t \sqrt{1+m^2}. \quad (22)$$

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

$$b_0 = 0,7 \times 4 \sqrt{1+1,8^2} = 5,8 \text{ м.}$$

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

§ 5. ВЫПРАВЛЕНИЕ РУСЕЛ РЕК ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВОДОЗАБОРА

1. Деление донных наносов при водозаборе и местоположение головы канала

При делении потока (при водозаборе) в нём 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 и заиляют отвод. Для характеристики картины распределения донных наносов при делении потока ниже приводятся некоторые опытные данные Булле, полученные им на модели с одинаковой шириной основного и отводящего русла.

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

φ	Q_p л/сек.	Q_k	S_p %	S_k
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_p — расход воды в основном русле ниже отвода,

Q_k — расход воды в отводящем канале,

S_p — процент проходящих по основному руслу наносов ниже отвода,

S_k — процент попадания наносов в отвод.

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

На основе лабораторных опытов инженер В. Б. Дульнев¹ уста-

¹ Опыты проводились в лаборатории САНИИРи на плоской модели с неразмываемым дном и в прямолинейном русле при $B:H = 5$ (рис. 21.)

новил зависимость для определения ширины захвата донных наносов. Не поступает наносов при проценте водозабора:

$$n_1 = 0,5 \frac{d}{a} \quad (23)$$

и 100% завлечение наступает при

$$n_{11} = 0,5 \left(1 + \frac{d}{a} \right), \quad (24)$$

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

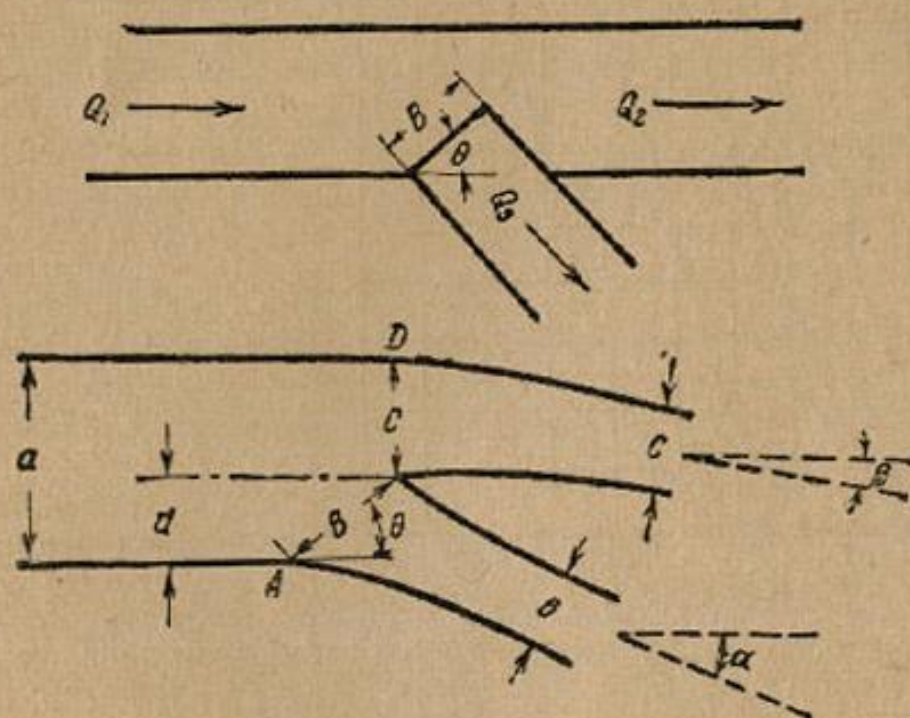


Рис. 24. План модели русла и отвода.

Кривая на рис. 22 построена для случая переменного угла водозахвата и кривая 23 — для случая постоянного угла $\theta = 90^\circ$.

При изменении процента отвода воды n от n_1 до n_{11} завлечение донных наносов в отвод (S) возрастает от 0 до 100%; при этом возрастает и насыщение отвода наносами, которое достигает максимума, примерно, при n_{11} .

Далее из опытов следует, что чем больше значение относительной ширины $\frac{d}{a}$, тем меньшее количество донных наносов завлекается в отвод при одном и том же водозаборе n . На рисунках 22 и 23, по опытам В. Б. Дульнева, нанесены кривые изменения завлечения донных наносов, в зависимости от изменения процента водозабора при различных значениях $\frac{d}{a}$. Эти кривые имеют S-образный вид и почти параллельны друг другу, сдвигаясь

одна го отношению к другой, примерно, на разность между значениями отношений.

Для предохранения канала от завлечения донных наносов, как показали описываемые опыты, надо в канал отвести не более половины расходов воды, протекающей в основном русле по ширине против водозаборного отверстия. Наоборот, для 100% завлечения в канал наносов в последний необходимо забрать весь расход воды, идущий в основном русле против водозахватного от-

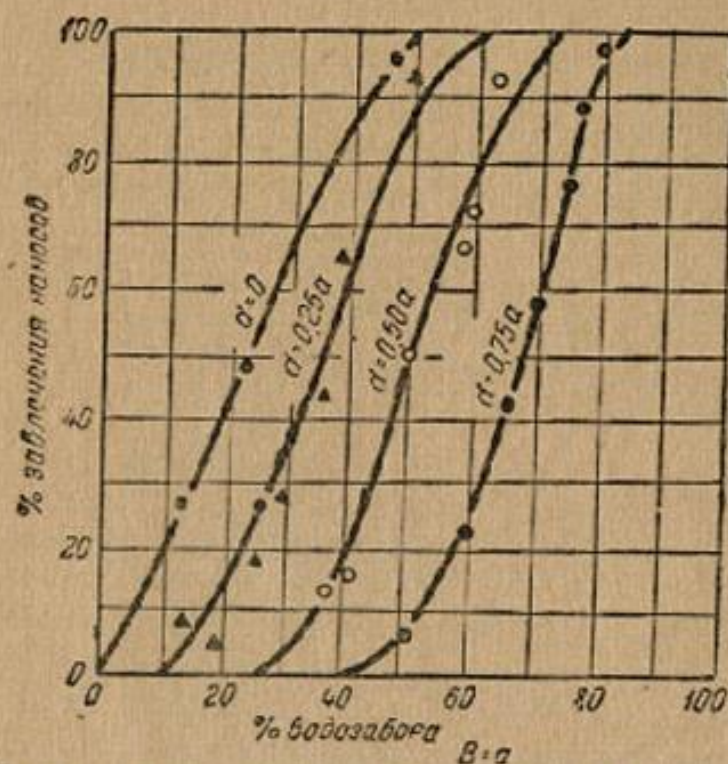


Рис. 22. Завлечение донных наносов в отвод в зависимости от процента водозабора.

водозабора, 2) наименьшее передвижение донных наносов по ширине русла и 3) достаточно высокие отметки меженного уровня воды, чтобы обеспечить постоянство командования над орошаемой местностью.

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

$$L_0 = (0,66 - 0,90) r_1, \quad (25)$$

где r_1 — средний радиус кривизны русла по оси потока в метрах, L_0 — расстояние от начала кривой в метрах.

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

верстия, плюс половина расхода, протекающего по основному руслу.

Уменьшения завлечения 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 она имеет: 1) прочное русло и устойчивое направление течения потока; сооружение следует располагать возможно ближе к точке наибольших глубин в период наибольшего процента

длиной около полуторы ширины русла, на котором происходит перемещение вершины кривой.

Голову отвода целесообразно располагать несколько ниже вершины кривой, т. е. у места наибольшей глубины, которая находится от начала кривой на расстоянии, определяемом по ниже следующей формуле:

$$4 B_k \leq L_0 \leq 5 B_k ; \quad (26)$$

где B_k — ширина устойчивого русла на кривой.

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

$$L_0 = 5 B_k . \quad (27)$$

Определённое таким образом место головы канала должно совпадать с местом наибольшей глубины на вогнутой кривой.

При расположении головного водозаборного сооружения необходимо добиваться следующего:

1. Сооружения должны быть защищены от обхода рекой, что можно достичь проведением защитных или выравнивательных работ и соответствующим его расположением.

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 не должны допускать поступления в канал из реки крупных и песчаных наносов.

Наблюдения показывают, что особенно опасными для заиления каналов являются песчаные частицы диаметром 0,1—0,3 мм и крупнее.

Более мелкие частицы сравнительно легко проносятся в оросительную сеть и выносятся на поля.

В ирригационной практике наибольшее распространение получили следующие типы водозабора:

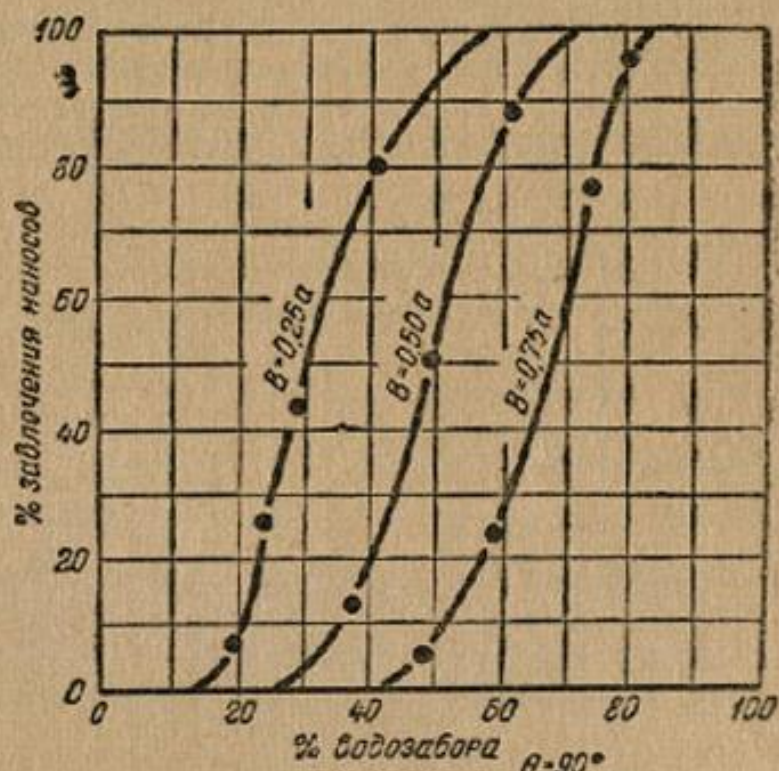


Рис. 23. Завлечение донных наносов в отвод в зависимости от процента водозабора.

- 1) бесплотинный водозабор,
- 2) плотинный односторонний водозабор,
- 3) " двусторонний водозабор,
- 4) местный (не инженерный) водозабор.

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

2. Расположение водозахватных шпор при бесплотинном водозаборе

На участках рек, где направление потока и характер русла в месте, выбранном для водоприёмника, достаточно устойчивы, можно располагать водозаборные сооружения по схемам, показанным на рис. 24. Однако применение таких схем возможно

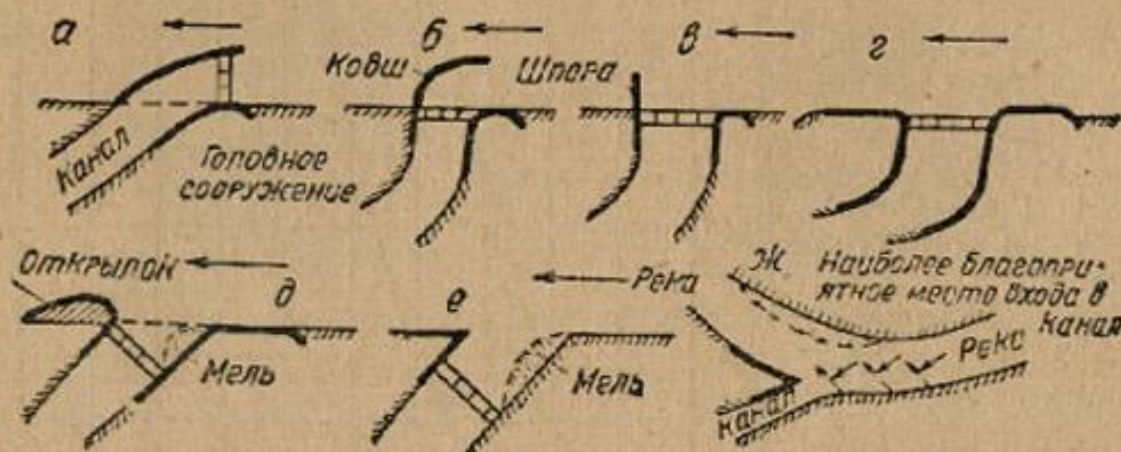


Рис. 24. Расположение головных регуляторов при бесплотинном водозаборе

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:

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

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

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

4. Вывинутое в реку, т. е. лобовой водозабор (рис. 24-а).

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

Головное сооружение, выдвинутое в реку (рис. 24-ж) 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 эксплуатации, почему от применения их отказываются.

Сооружение, врезаемое в берег, требует угла отвода, близкого 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 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, 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 промывного водосброса в головной части канала.

3. Водозабор в Уч-Курганский канал

Примером бесплотинного водозабора с водозахватной шпорой может служить водозабор из р. Нарын в Уч-Курганский канал (построенный и расширенный в 1939 г. для подпитывания Большого Ферганского канала). Расположение головного сооружения с водозахватной шпорой показано на рис. 25.

Река Нарын смешанного питания. Расходы её изменяются от 100 м³/сек. в межень до 3 300 м³/сек., в паводок. Участок реки у места водозабора имеет пазиб. На левом вогнутом берегу в конце кривой расположено головное сооружение Большого Ферганского канала. В районе водозабора русло реки сложено из конгломератов, почти не поддающихся размыву, что обеспечивает устойчивость русла. Сооружение рассчитано на пропуск форсированного расхода 110 м³/сек. Модель сооружения была испытана в лаборатории САНИИРи проф. Д. Я. Соколовым. На основе опытов им было рекомендовано расположить сооружение по первому положению (рис. 25-а). Строители, желая снизить стоимость работ, сместили сооружение на 50 м ниже, вследствие чего сооружение оказалось в стороне от русла. Перед сооружением образовался карман со слабым течением, который в паводок стал заноситься наносами, легко промываемыми в канал при полном открытии щитов.

Вторым нарушением рекомендаций является заложение порога сооружения на 0,50 м выше проектной отметки, что ухуд-

шает водозабор в период межени. Далее, в период строительства не была проведена срезка левого берега, что ухудшило подход потока к сооружению.

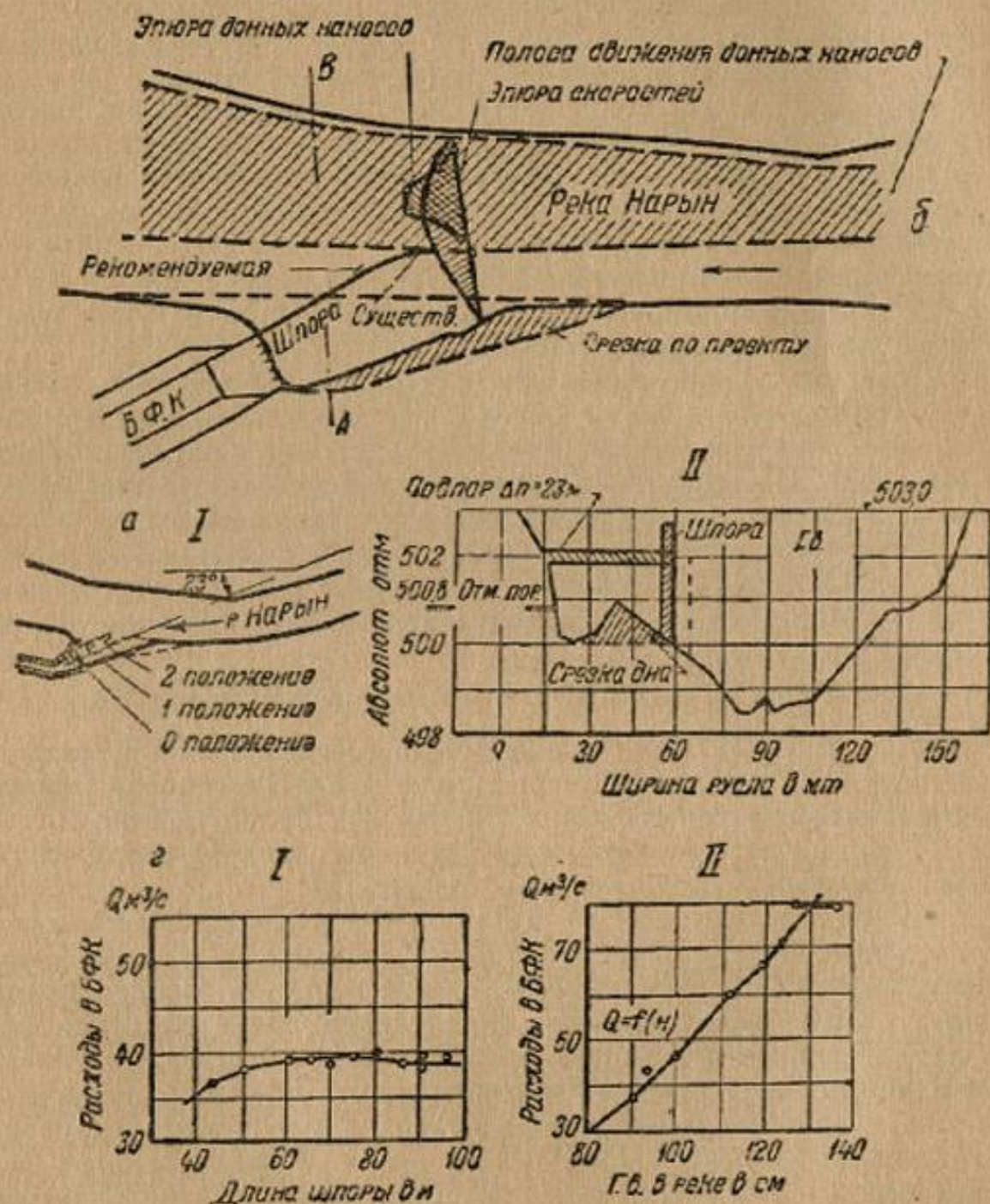


Рис. 25. Схема водозабора в Большом Ферганском канале из р. Нарын; с указанием распределения донных наносов и скоростей по ширине реки.

а) — I — Различные схемы расположения головных сооружений по опытам проф. Д. Я. Соколова. II — Поперечный профиль р. Нарын по А — Б.
б) — План русла и движение донных наносов. а — Кривые зависимости расходов воды в Большом Ферганском канале по замерам 1944 г. I — от длины водозахватной шпоры при постоянном горизонте воды в р. Нарын, II — от горизонта р. Нарын при постоянной длине шпоры, равной 100 м.

Картина протекания потока в реке в районе сооружения несколько необычна для криволинейного участка реки — стремжень

потока значительно удалён от левого вогнутого берега к правому выпуклому. Такое несоответствие объясняется наличием донных и береговых выступов левого берега, вдающихся в реку до 20—30 м и способствующих отжиму потока к правому берегу.

Проведённые САННИИРи исследования по движению донных наносов показывают, что вдоль левого берега, на ширине около 30—35 м, движения наносов по дну не происходит, наносы перемещаются ближе к правому выпуклому берегу. На рис. 25-б показана полоса русла, где происходит перемещение донных наносов на ширине 60—80 м.

На полосе 30—35 м от сооружения движения донных наносов нет, т. е. головное сооружение находится вне зоны движения донных наносов.

Непоступление донных наносов в канал объясняется, во-первых, тем, что погонный расход воды на ширине русла против Большого Ферганского канала меньше, чем погонный расход в основном русле, во-вторых, сооружение расположено в конце вогнутой кривой и, в-третьих, при подходе к сооружению со дна реки выступают донные пороги из конгломератов, которые выполняют роль донных направляющих и тем самым усиливают положительное действие изгиба по отвлечению донных наносов. Таким образом, вследствие указанных трёх причин, в потоке возникает поперечная циркуляция донных струй, отвлекающая донные наносы в противоположную сторону от головного сооружения, и поэтому донные наносы в канал не поступают.

Главным недостатком сооружения является невозможность забора в канал потребных расходов воды в период межени. Систематические недоборы 17—20% воды в канал вынудили службу эксплуатации прибегнуть к устройству перед сооружением на период межени сипайной водозахватной шпору, длиной до 100 м. Шпора возводится по мере спада горизонтов воды в реке, а в период паводка около 50 м шпору разбирается или сносится потоком.

Проведённые нами в 1944 г. исследования водозахватной шпору показали, что указанное на рисунке 25-б расположение шпору с поворотом её головы в сторону левого берега дало увеличение расходов Большого Ферганского канала всего на 5 м³/сек. (рис. 25-г), т. е. шпора фактически не является водозахватной.

Резкое увеличение забора воды происходит при подъёме горизонтов воды в р. Нарын.

В целях увеличения забора воды в период межени, как показал многолетний опыт, нужно шпору ставить под углом 18—20° (рис. 25-б), т. е. на первых 50 м шпора располагается нормально к фронту сооружения, а далее постепенно разворачивается в сторону главного русла под углом 20° от нормали к фронту сооружения. Для уменьшения объёма ежегодных работ по возведению временной хворостяной шпору, целесообразно устройство постоянной шпору из бетонитов той же длины (100 м), причём на длине 50 м — сквозная, с 50% просветами, которые будут заделываться

на период межени. На период паводка эти дополнительные устройства должны разбираться. Поскольку необеспечение водозабора в Большом Ферганском канале ощущается при расходах в р. Нарын менее $500 \text{ м}^3/\text{сек.}$, при больших расходах действие шпоры должно быть снижено, что можно достичь за счёт устройства затопляемой шпоры в виде водослива, отметка верха которого должна быть заложена на уровне горизонта воды при $500 \text{ м}^3/\text{сек.}$, т. е. тогда потребный водозабор будет обеспечиваться полностью, как бы автоматически. Устройство подобной конструкции в описываемых условиях вполне возможно, так как русло реки сложено из неразмываемых грунтов.

Обеспечения водозабора в Большом Ферганском канале в период межени, кроме устройства шпоры, можно достичь также за счёт установки в правом речном устье трёх трубчатых отверстий, сечением $2,7 \times 1,7 \text{ м}$. Эффект этих сооружений, как показали лабораторные опыты САНИИРи, можно считать равноценным с действием шпоры.

4. Выправление русла у плотин при одностороннем водозаборе

Выправление русла у плотин при одностороннем водозаборе 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.

По этому принципу была запроектирована плотина на р. Чу для большого Чуйского канала. Узел расположен в пойме реки, поэтому перед плотинной с обеих сторон предусмотрены выправительные дамбы. Регулятор располагается нормально к направлению течения, а сброс под углом, примерно, 140° (рис. 26-а).

Русло реки с левой стороны ограждено защитной (выправительной) дамбой, которая продолжается до смыкания с коренным берегом. Ширина русла перед плотинной (100 м) рассчитана на пропуск максимального расхода $1\,100 \text{ м}^3/\text{сек.}$ В голове канала предусматривается устройство отстойника для задержания песчаных наносов, которые не должны допускаться в канал. Кроме того, в пороге регулятора для промыва верхнего бьефа предусмотрены три донных отверстия. Предварительная схема была испытана в лаборатории САНИИРи и дала хорошие результаты.

Другим примером одностороннего водозабора является плотина Кампыр-Рават.

Для получения более устойчивого направления течения потока и создания в нём поперечных течений с направлением донных струй (наносов) в сброс и поверхностных в регулятор, руслу перед этой плотинной придан криволинейный вид, а регулятор и плотина

расположены несколько ниже вершины кривой (рис. 26-б). Модель плотины была испытана в лаборатории САНИИРи и показала хорошие результаты.

Данные лабораторных опытов указанной плотины сведены в таблицу 11.

Таблица 11

Деление воды и донных наносов между регулятором и плотинной Камыш-Рават по данным лабораторных опытов

№ опытов	Расход реки Q м ³ /сек.	% забора в регулятор		Условия открытия щитов плотины и регулятора
		воды	дон. нанос	
2	1556	19,2	0,02	Щиты плотины открыты полностью в пролётах 1—4, шандоры высотой 0,5 м. Пролёты регулятора открыты на 1,4 м. Плотина имеет 8 пролётов, нумерация которых начинается от регулятора, т. е. слева направо
3	875	84,0	0,02	В пролётах плотины 1—8 установлены шандоры высотой 1,5 м. Пролёты регулятора открыты на 1,65 м
4	1556	21,4	0,01	В пролётах плотины щиты 1—8 открыты, установлены шандоры высотой 1,5 м
5	437,2	76,0	1,90	Пролёты плотины 1—4 закрыты, а пролёты 5—7 открыты на 1,5 м; 8 открыт на 0,6 м. Пролёты регулятора открыты.

В описываемом случае дамбы перед плотинной придают руслу криволинейное очертание, чем способствуют образованию в потоке поперечных течений (циркуляций) с направлением донных струй, а следовательно, и донных наносов, к плотине и поверхностных к регулятору. Донные поперечные течения резко усиливаются вследствие бокового сброса воды через плотину и лобового забора воды в регулятор.

Для усиления отвлечения донных наносов от регулятора перед последним устроен донный криволинейный порог, так же проводится манипуляция щитами плотины. Таким образом, в результате совместного действия криволинейного русла, лобового забора в регулятор и бокового сброса воды через плотину, а также регулировки распределения расходов воды по отверстиям плотины, завлечения донных наносов в регулятор не происходит¹.

Так, в опытах 2 и 4, т. е. при максимальном расходе в реке и заборе в регулятор около 20% воды, завлечение донных наносов не превосходит 0,02%, и при средненаводковом расходе в реке

¹ Проект водозаборного узла разработан под руководством проф. В. В. Пославского в 1936 г.

437 м³/сек. и вборе в регулятор 70% воды донных наносов в регулятор завлекалось всего 1,9%.

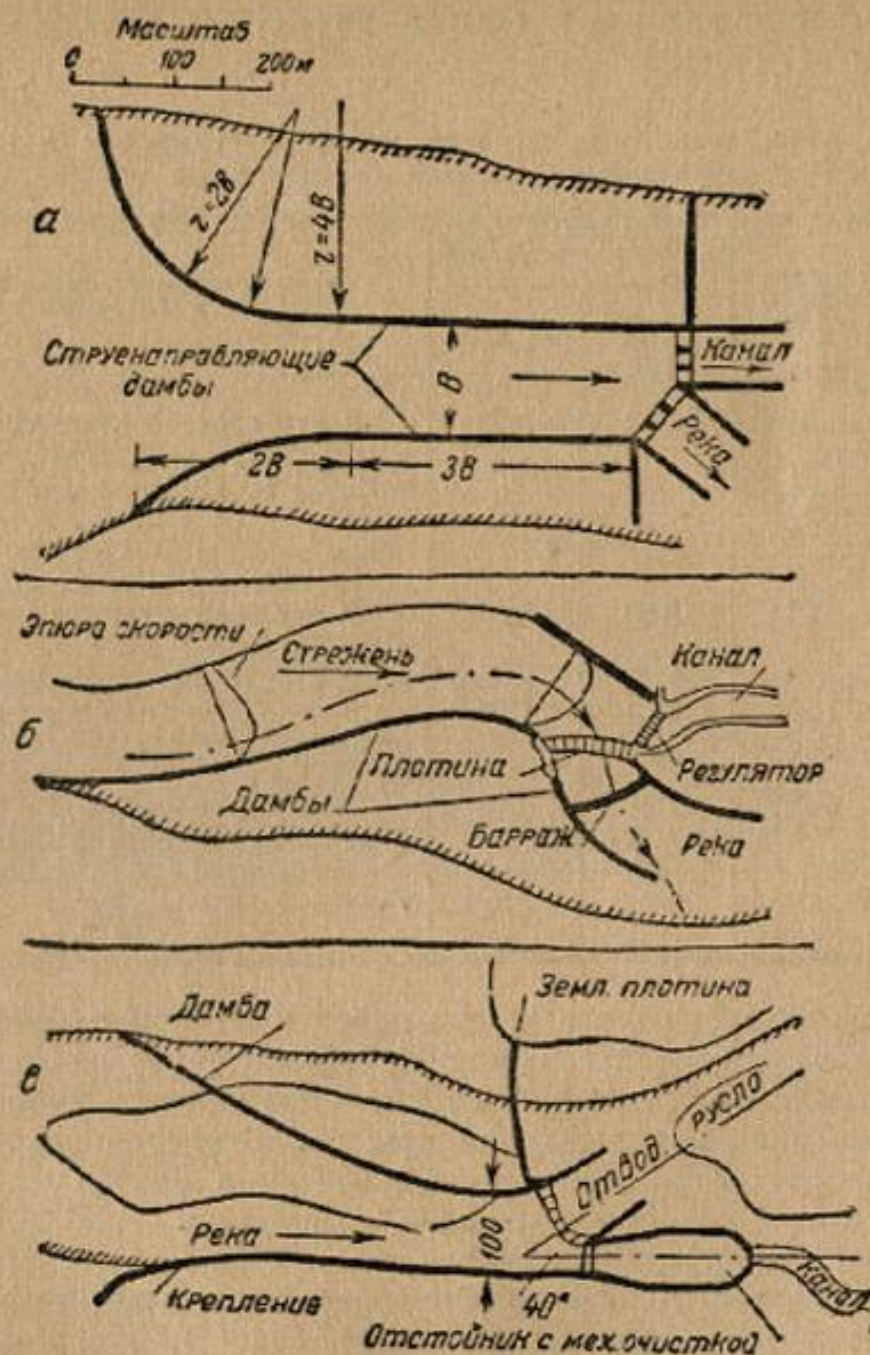


Рис. 26. Выправление русла у плотин при одностороннем водозаборе.

Пятилетний опыт эксплуатации этого водозаборного узла показал:

1. После строительства плотины водозабор в объединённое подводящее русло для каналов Андижансай и Шарижансай резко улучшился. Вследствие такой компоновки в регулятор поступает вода без донных наносов, тогда как в нижний бьеф их обрасывается почти 100%. По этой причине в первые два года наблюдался размыв дна подводящего русла. Затем, после вымыва мелких частиц, дно подводящего русла оказалось покрытым галь-

ной диаметром 30—50 см, вследствие чего дальнейшего размыва не происходит.

2. Русло перед плотиной было рассчитано на расход 1 400 м³/сек при наблюдавшихся в эти годы расходах 400—600 м³/сек. Вследствие этого имело место блуждание реки в пределах зарегулированного русла.

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

3. Вследствие подпора в верхнем бьефе в первые два года происходило отложение крупных донных наносов и размыв дна ниже плотины. Средняя отметка дна в верхнем бьефе поднялась на 0,4 м. С целью недопущения размыва русла непосредственно ниже плотины (на расстоянии 50 м) был устроен барраж, который в первые два года способствовал уменьшению размыва. На третий год было замечено, что дно ниже плотины стало наращиваться, а к концу 4-го года полностью занесло прежние размывы. К концу 5-го года дно в нижнем бьефе оказалось выше рисбермы на 0,8 м. Создалась угроза постепенного занесения плотины со стороны нижнего бьефа.

4. Угроза занесения плотины объясняется тем обстоятельством, что в сбрасываемом через неё потоке содержится относительно большее количество донных наносов, чем в реке. Кроме того, русло реки, лежащее ниже плотины, слишком широкое, поэтому поток растекается по пойме, что резко понижает его транспортирующую способность, и поэтому происходит отложение значительной части наносов сразу ниже плотины.

Для смыва отложений в период паводка необходимо проводить периодическую промывку верхнего и нижнего бьефов плотины всем расходом реки, т. е. на период промывки необходимо полностью закрывать регулятор.

5. Следует также заметить, что на занесение русла выше и ниже плотины за прошедшие пять лет существенно повлияла маловодность этих лет. Поэтому в Камыр-Раватском ущелье, где расположена плотина, за это время имело место общее повышение дна, примерно, на 0,8 м. При прохождении многоводного паводка и при полном открытии отверстий плотины следует ожидать значительного смыва отложений как в верхнем, так и в нижнем бьефе. Повторение многоводных паводков происходит через 6—8 лет; поэтому для промывок не следует ожидать многоводных лет, а проводить их ежегодно и всем расходом реки.

В заключение следует отметить, что дальнейшее занесение нижнего бьефа плотины, при таком большом проценте подзабора, будет неизбежным. Чтобы не допустить этого, необходимо провести в жизнь вышеуказанные мероприятия по промывке и дополнительно разработать способы по регулированию движения наносов ниже плотины.

5. Выправление русла у плотин при двустороннем водозаборе

Выправление русла при двустороннем 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 двустороннем центральном водозаборе может служить предложенная и испытанная в лаборатории САНИИРи схема

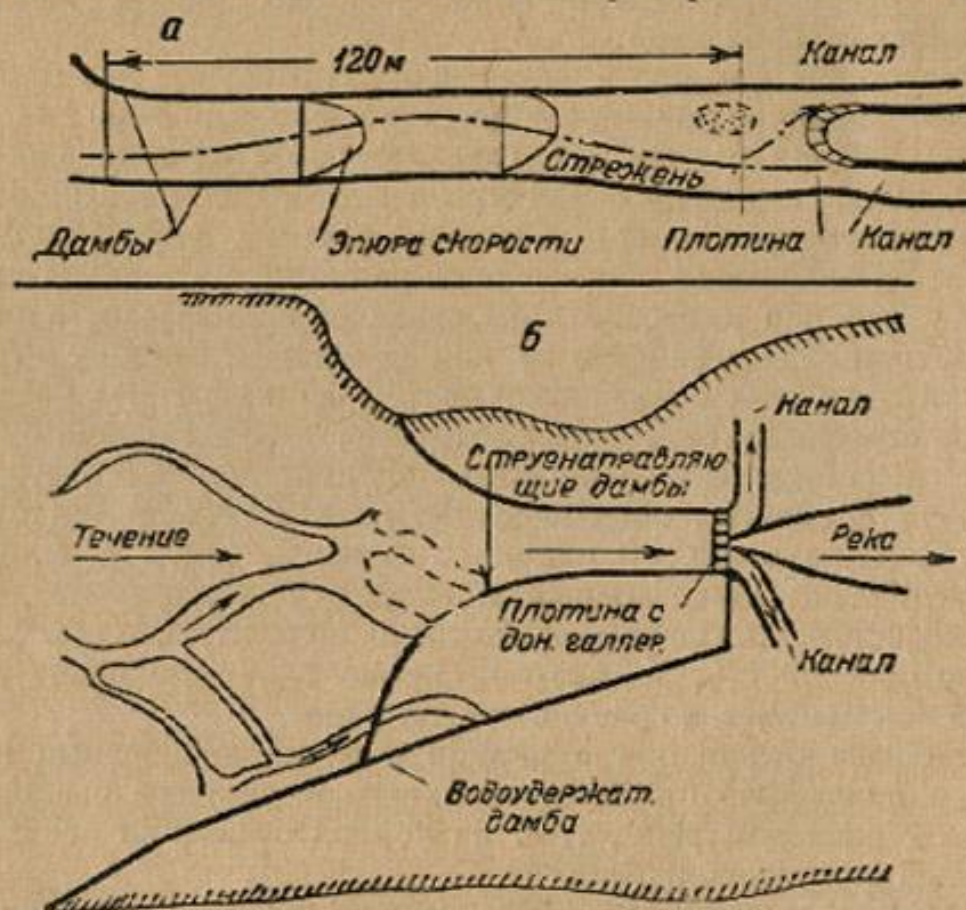


Рис. 27. Выправление русла у плотин при двустороннем водозаборе.

инж. С.И. Зиновьева (рис. 27-б), с симметричным расположением регуляторов и донными промывными галлерейми. Русло перед плотиной рассчитано на пропуск катастрофического расхода $400 \text{ м}^3/\text{сек.}$ по формуле (4).

Перед плотиной устроена прямолинейная подводящая часть длиной $4B$, 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 завлечение донных наносов при водозаборе более 50—60% в оба регулятора не превышало 5%.

Однако при больших процентах водозабора в одной точке возникает другое затруднение: все донные наносы, сброшенные в нижний бьеф плотины, не в состоянии полностью транспорти-

роваться вниз по течению, вследствие чего происходит чрезмерное заиливание нижнего бьефа. Очевидно, для удаления осевших донных наносов потребуется очистка механизмами или периодическая промывка полным расходом реки.

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

Плотина и подводящее русло рассчитаны на пропуск катастрофического расхода $115 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Длина зарегулированного участка реки, лежащего выше плотины, равна 120 м, ширина — в начале 16 м и в конце (у плотины) — 21 м, т. е. перед плотинной русло расширяется.

В первые два года эксплуатации по реке проходило около $40 \text{ м}^3/\text{сек.}$, т. е. наблюдались среднепаводковые 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 отвод объясняются, во-первых, искривлением потока до вступления его в зарегулированный участок русла и малым расходом в реке ($40 \text{ м}^3/\text{сек.}$, вместо расчетного $115 \text{ м}^3/\text{сек.}$), во-вторых, расширением русла 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 двустороннего водозабора, применительно к Восточно-Джумскому и Западно-Джумскому каналам, рекомендуется тип плотины, показанный на рис. 28.

Выправительными дамбами речной поток направляется к голове правобережного регулятора, который располагается на вогнутой кривой. Благодаря этому обеспечивается необходимая глубина и хороший промыв донных наносов через 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. Следует отметить, что правобережный отвод находится в относительно лучших условиях забора по сравнению с левобережным, поэтому в последнем необходимо предвидеть дополнительные устройства, например, отстойник или специальную периодическую промывку верхнего бьефа через донные галлерей.

Для двустороннего водозабора применительно к Сары-Курганскому головному сооружению на р. Сох нами рекомендована схема, показанная на рисунке 29. Сооружение расположено

в пойме шириной 400 м. Для направления течения к сооружению устроены выправительные дамбы, имеющие в плане форму длинного криволинейного пасада.

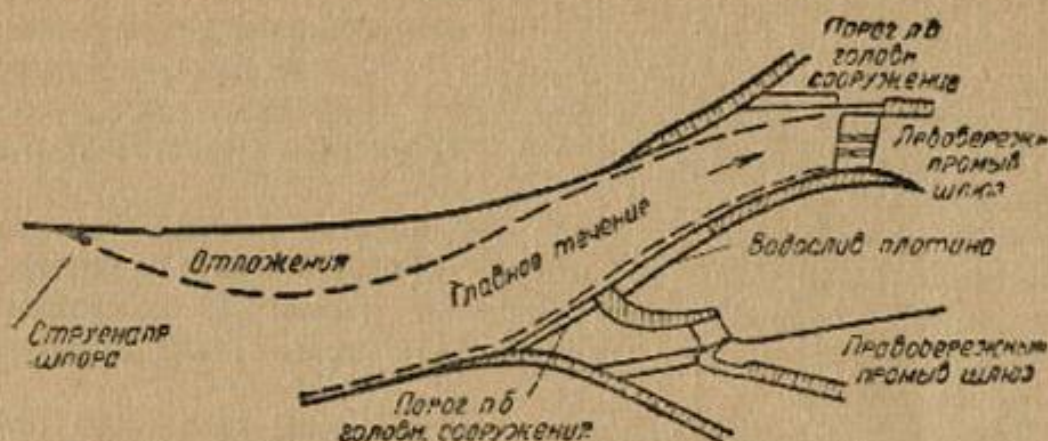


Рис. 28. Компановка для двустороннего водозабора применительно к Восточно-Джумскому каналу.

Наибольший наблюдаемый расход воды в реке равен $305 \text{ м}^3/\text{сек.}$. Наименьший расход $20 \text{ м}^3/\text{сек.}$. Ширина подводящего (зарегулированного) русла определена по формуле (6).

$$B = 2,9 \sqrt{Q} = 2,9 \sqrt{305} = 51 \text{ м.}$$

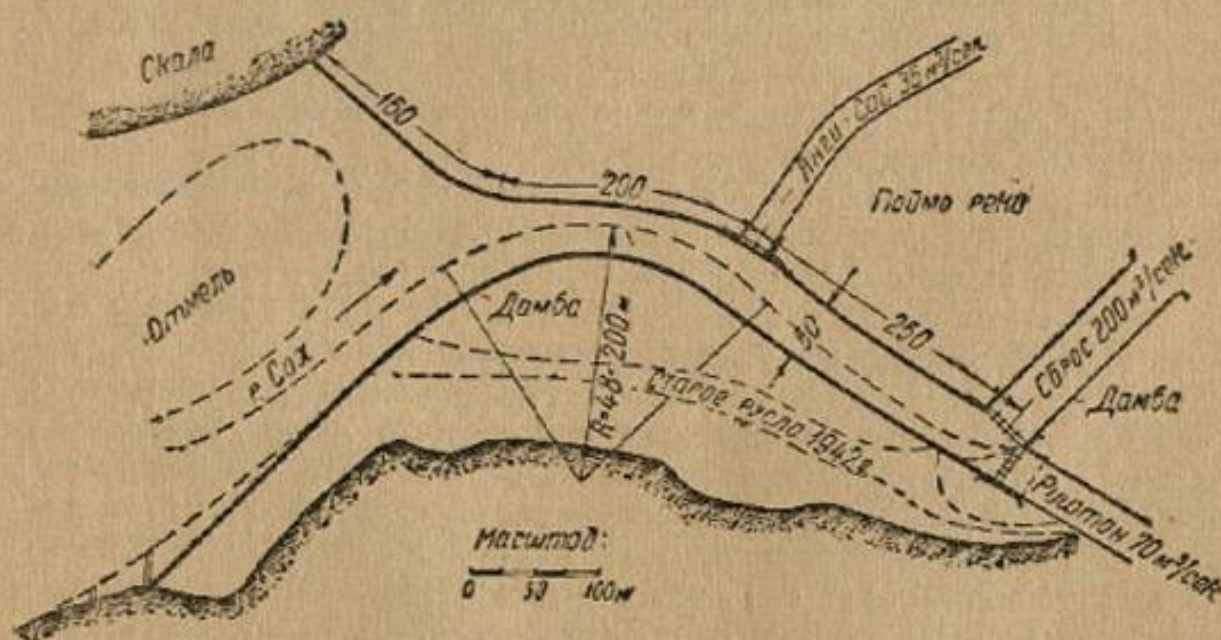


Рис. 29. Компановка водозаборных сооружений применительно к Сары-Курганскому головному узлу на р. Сох при двустороннем водозаборе.

В проекте принято $B = 50 \text{ м.}$ Для пропуски максимального расхода $305 \text{ м}^3/\text{сек.}$ несколько увеличена высота дамб. Длина криволинейной зарегулированной части подводящего русла (насадка) принята равной длине шага меандры, т. е. $L = 9B = 450 \text{ м.}$

Для того чтобы поток имел устойчивое направление течения, подводящее русло принято криволинейным. Регулятор Янгисай расположен на левом берегу в конце вогнутой кривой, а регулятор Риштан и регулятор сброса — в конце подводящего русла, где водозабор осуществляется по принципу «лобовой забор» и «боковой сброс». В левый канал предположено забирать $35 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и в правый $70 \text{ м}^3/\text{сек.}$, сброс и отводящее русло Риштан рассчитаны на пропуск $200 \text{ м}^3/\text{сек.}$

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 её фундаментов. Кроме того, выправительными сооружениями, расположенными выше по реке, необходимо обеспечить сосредоточение главного течения у правого берега реки для схемы на рис. 28 и у левого для схемы на рис. 29.

С целью недопуска подмыва защитных дамб, основания их должны закладываться на глубину наибольшего ожидаемого размыва на изгибе реки, определяемую по формулам (10) и (11).

Если забор воды на один из берегов незначителен по сравнению с забором на другой берег и подпор на сооружении достаточно большой, можно осуществить односторонний водозабор, сосредоточив его у того водоприёмника, который рассчитывается на больший 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 определённое направление потоку ниже плотины и тем самым предохранять от подмыва находящиеся здесь ирригационные каналы и другие сооружения.

6. Водозабор из р. Зеравшан у плотины им. 1-го Мая

В качестве неудачного примера компоновки сооружений для двустороннего водозабора на предгорном участке реки приводим описание водозаборного узла на р. Зеравшан.

Верхне-Зеравшанский узел сооружений предназначен для обеспечения орошения земель, подвешенных к каналам — левобережному (Янги-Даргом) и правобережному. Общая площадь орошения около 170 000 га.

На рис. 30 показаны схема расположения сооружения, план р. Зеравшан и продольный профиль русла реки в верхнем и нижнем бьефах сооружения по съёмкам 1930 и 1943 гг.

Верхне-Зеравшанский узел состоит из следующих сооружений:

1. Плотина, имеющей в средней части глухой водослив длиной 139 м и высотой над средним дном 2,6 м. По обеим сторонам

водосливной части плотины расположены промывные шлюзы, отделённые от неё продольными раздельными стенками в верхнем и нижнем бьефах. Эти стенки в верхнем бьефе образуют «карманы» перед входами в регуляторы, служащие для отложения наносов. Промывка наносов в нижний бьеф производится через шлюзы, расположенные в конце «карманов».

2. Двух головных регуляторов, расположенных нормально к оси плотины, подающих воду в левобережные и правобережные

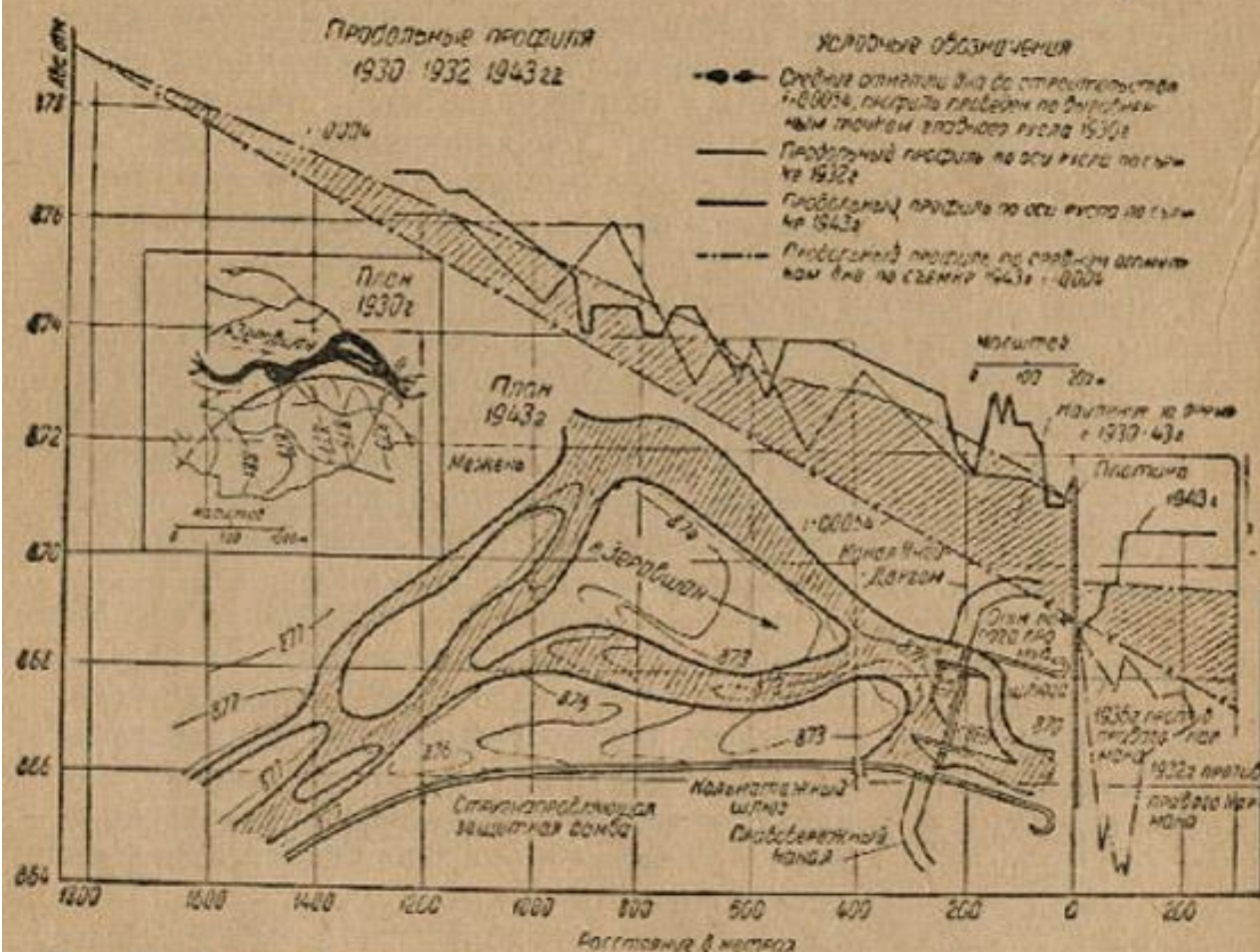


Рис. 30. План и продольные профили р. Зеравшана у плотины им. 1 Мая.

каналы. Порог регулятора сделан на 1 м выше дна «кармана». Ширина левобережного «кармана» — 34 м, правобережного — 46 м. Полная длина плотины, включая ширину промывных шлюзов, равна 230 м. Узел сооружения рассчитан на пропуск катастрофического паводка $1350 \text{ м}^3/\text{сек.}$, который более максимального наблюденного в 1,5 раза. За прошедшие 15 лет максимальный расход составлял около $900 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Средний паводковый — $470 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и наименьший меженный расход $29 \text{ м}^3/\text{сек.}$ В оба канала в вегетационный период забирается до $170 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Плотина построена у левого устойчивого (конгломератного) берега поймы, ширина которой достигает около 1,5 км. С правой стороны поймы ограждена струна-пробивная дамбой (рис. 31) длиной около 2 500 м.

Назначение габрионной струенаправляющей дамбы следующее:

- а) направить поток к плотине и регуляторам,
- б) не допустить обход плотины справа и защитить правобережный канал от подмыва рекой.

Назначение низовых струенаправляющих дамб — предотвратить подмыв берега и сооружений со стороны нижнего бьефа.

Для кольматажа огражденного дамбой пространства, в дамбе устроены впускной и выпускной шлюзы. Однако, вследствие их неполной оборудованности и невнимания к этому делу, кольма-

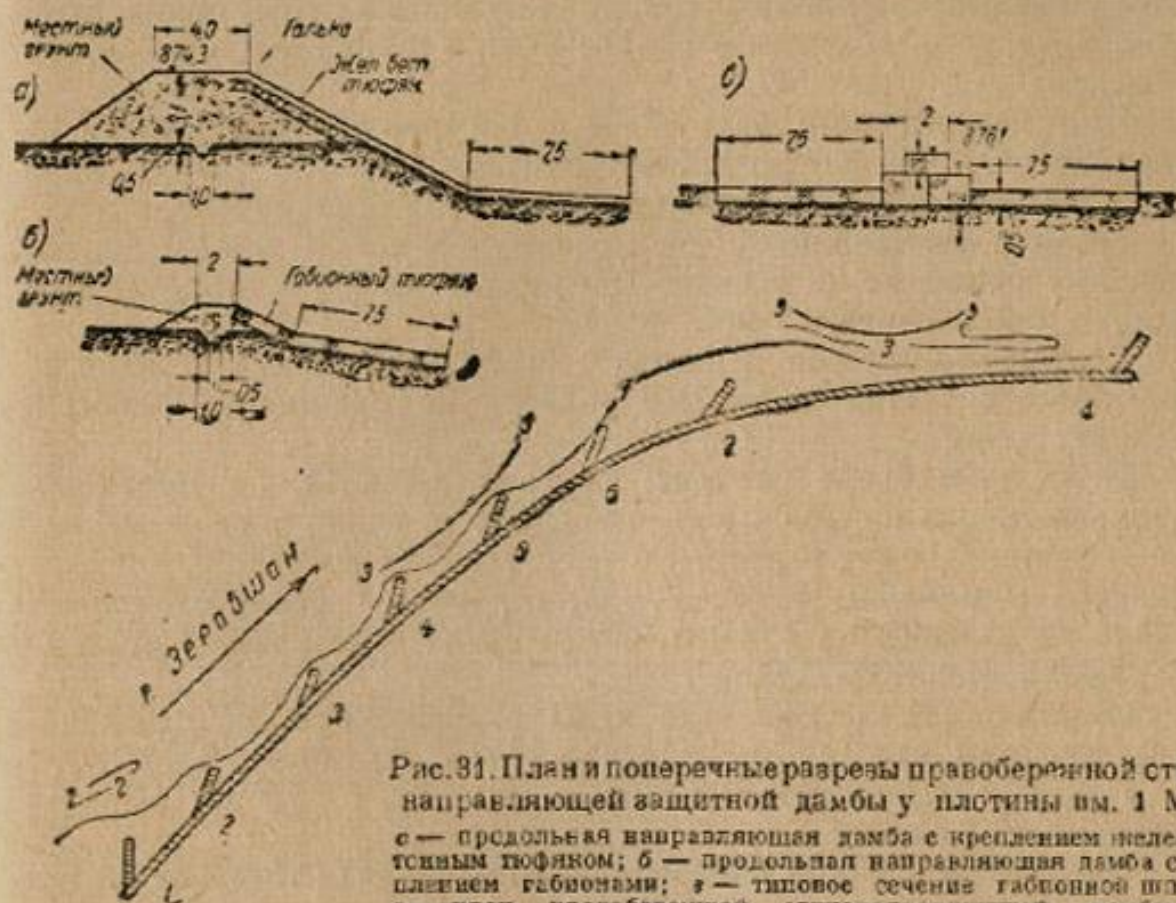


Рис. 31. Планы и поперечные разрезы правобережной струенаправляющей защитной дамбы у плотины им. 1 Мая. а — продольная направляющая дамба с креплением на железобетонном пофяке; б — продольная направляющая дамба с креплением габрионами; в — типовое сечение габрионной плотины; г — план правобережной струенаправляющей дамбы по состоянию на 17 июля 1932 г.

таж фактически не проводился. Струенаправляющая дамба в период строительства не была доведена до правого берега. В этом прогале ежегодно приходится возводить на протоках временные каменно-хворостяные перемычки, которые поток часто обходит и разрушает. Вследствие этого не раз создавалась угроза обхода плотины справа. Для предупреждения разрушения дамбы и обхода плотины, в годы с большими паводками проводятся дорогостоящие защитные работы. Струенаправляющая дамба в период строительства не сомкнута с правым берегом в целях уменьшения строительной стоимости узла.

Плотина сдана в эксплуатацию в 1930 г. В первые два года в верхнем бьефе происходило оседание донных и частично взвешенных наносов. В этот период в нижний бьеф поступал поток

с малым содержанием донных наносов, и, кроме того, наблюдалось сбойное течение выше плотины и в нижнем бьефе против правого кармана. Вследствие указанного, в нижнем бьефе к 1932 г. было размыто дно на 5 м ниже отметки плиты водобоя. Создалась угроза разрушения сооружения. Этот процесс продолжался до осени 1935 г. В 1936 г. было замечено, что поступающие в нижний бьеф гравелистые наносы стали заносить вымоину и разрушать цементную облицовку и рисберму. Весной 1938 г. в вымоину ниже плотины были уложены бетонные тетраэдры размером $2 \times 2 \times 2$ м.

Для уменьшения местного размыва за рисбермой, на основе лабораторных опытов 1940 г., были предложены трамплины, которые частично выполнены в натуре и дали положительные результаты.

Для недопущения дальнейшего истирания трамплинов, последние облицованы чугунными плитами. Осенью 1942 г. отмечено, что занесение верхнего бьефа в основном закончено, а поступавшими в нижний бьеф донными наносами не только занесло воронку размыва, но и отложило отмель на 0,5 м выше отметки порога промывного плюза.

Вследствие занесения нижнего бьефа, надобность в ранее намеченных больших защитных работах по креплению рисбермы отпала.

В верхнем бьефе плотины за прошедшие 15 лет произошло занесение русла на всю высоту плотины, а река попрежнему прижимается к левому вогнутому берегу. Наибольший слой отложения наносов у плотины равен 2,5 м, отложения распространяются вверх от плотины на 2 000 м, объем их на этом участке ориентировочно составит 650 000 м³.

Средний уклон горизонта воды р. Зеравшан, до строительства плотины был 0,0054, а к осени 1943 г. был около 0,004.

Отложение наносов будет продолжаться, а уклоны выравниваться до бытовых.

Опыт эксплуатации показывает, что этот узел обладает следующими крупными недостатками:

1. Плановое расположение плотины выбрано неудачно; ширина русла перед плотинной 230 м, а длина выправленной части русла перед плотинной, а следовательно, и длина струенаправляющей дамбы оказались недостаточными. Ожидаемого выправления русла перед плотинной, под действием струенаправляющей дамбы и временных регулировочных мероприятий, не произошло, вследствие чего имеет место косое, а иногда и параллельное (вдоль плотины) направление течения потока. Поток по всему фронту плотины распределяется неравномерно, поэтому на гребне водослива наблюдается разница горизонтов воды. Так, при расходе 600 м³/сек. разница в отметках горизонта воды достигала 0,2—0,4 м.

По этим же причинам поток часто блуждает перед плотинной и отлагает отмели в разных местах и особо перед входом в право-

бережный карман, что не позволяло забрать из реки потребные расходы воды и заносило карман. Недобор воды в правобережный канал достигает 15—25%, продолжительностью 35—40 дней в году. Забор воды в левобережный канал, вследствие прижима потока к левому берегу, находится в лучших условиях.

2. Затруднена промывка карманов перед регуляторами при одновременной подаче воды в каналы.

Выявилась необходимость в перерыве подачи воды в каналы для промывки наносов из карманов. Промыв проводится через 10—12 дней в июне—сентябре и через 4—7 дней в паводок. Длительность промыва 2—3 часа, причём 2 часа уходят на постепенное открытие регулятора и 1 час на закрытие после промывки. Следовательно, на промывку кармана уходит около 5 часов. Далее следует заметить, что промывка правого кармана происходит чаще, чем левого, так как в правый карман поступает больше донных наносов, чем в левый.

3. Вследствие невыполнения в период строительства струенаправляющей дамбы до коренного берега и малой прочности крепления железобетонными и габионными тюфяками, ежегодно проводятся большие защитные работы.

Так, в паводок 1942 г. было снесено 100 м дамбы с габионным креплением откоса. Также был снесён впускной кольматажный шлюз.

Весною 1943 г., вместо смытой части струенаправляющей дамбы, возведена таштуганная дамба длиной более 100 м с короткими сипайными шпорами. Было уложено около 6 000 м³ каменно-хвостяной кладки. Но в паводок 1943 г. река частично разрушила эту часть дамбы, и вода прорвалась за дамбу, выходя обратно в реку через специально устроенное окно. В этот момент возникла непосредственная угроза обхода плотины рекой справа, через кольматажное озеро. Только благодаря принятию чрезвычайных мер по заделке прорыва и естественному быстрому снижению горизонтов воды в реке авария была избегнута.

Следовательно, давно назрела необходимость продлить дамбу до смыкания с коренным берегом, а существующую габионную дамбу отремонтировать и усилить.

К лету 1944 г. конец отмели в верхнем бьефе плотины (вследствие устройства барража по линии оголовков отдельных стенок) частично отмыло, но это является временным улучшением, объясняющимся маловодностью паводков последних двух лет. В дальнейшем (при существующем положении) следует ожидать ухудшения водозабора в правобережный канал, особо в период межени, когда забирается 50—90% всего расхода реки.

4. Наиболее серьёзное затруднение при промывке карманов, а в дальнейшем полное занесение плотины может произойти вследствие завала её донными наносами со стороны нижнего бьефа. Указанное отрицательное явление произойдёт вследствие большого забора осветлённой воды в одном месте. Большая ширина

русла ниже плотины ослабляет транспортирующую способность потока; это вызывает оседание части наносов, которые постепенно будут заносить плотину.

Чтобы приспособить существующую плотину к условиям двустороннего и большого (сосредоточенного) водозабора¹, необходимо провести капитальные русловыправительные работы как в верхнем, так и в нижнем бьефе, с тем, чтобы в результате их не только улучшить водозабор в правый канал, но и не допустить в ближайшие годы занесения плотины со стороны нижнего бьефа. Для выработки комплекса мероприятий следует провести подробные лабораторные исследования на модели участка реки с охватом района сооружения по длине 5—6 км, из них 3 км в верхнем и 2 км в нижнем бьефе. Предварительно же можно указать лишь перечень мероприятий:

1. Выправить русло в верхнем бьефе, прижав реку к левому устойчивому берегу на 350—400 м выше входа в карман, где расположить голову подводящего русла для левого канала и производить лобовой забор воды. От этого места поток наклонной дамбой (длиною около 400 м) направить к правому карману, т. е. осуществить схему, указанную на рисунке 28.

Предварительно можно указать, что в таких условиях ширина зарегулированного русла перед плотинной на расстоянии 800 м должна быть около 100 м и иметь форму насадка, т. е. должна определяться по формулам (3) и (6).

Дальше вверх по течению дамба должна вычерчиваться радиусом $r = (4+6) B$ и доходить до коренного берега в виде прямой линии.

2. Для недопущения донных наносов в отводы и улучшения условий промывки в обоих карманах (как показали опыты ст. научного сотрудника М. С. Вызго) целесообразно установить криволинейные донные пороги с направлением потока донных наносов к промывным шлюзам.

Донные пороги установить к течению под углом $15-18^\circ$ и высотой в $\frac{1}{3}$ глубины; с напорной стороны на пороге устроить козырёк, что создаёт перед порогом продольно-винтовое течение, направленное в сбросной шлюз.

3. Русло реки ниже плотины сузить до 80—90 м, которое позволило бы повысить транспортирующую способность потока и отвести наносы дальше от плотины. С течением времени направление русла и место отвалов наносов необходимо изменять с тем, чтобы расширить площадь и удлинить срок службы плотины.

4. Кроме регулирования русел и движения донных наносов при водозаборе, во многих случаях, в целях удлинения срока службы плотины, может оказаться целесообразным проводить на-

¹ В годы со средним паводком в оба канала забирается около 25% и в маловодные годы более 50% расхода воды, проносимого рекой в период вегетации.

ращение в высоту плотин и дамб обвалования, что также должно быть учтено при реконструкции существующих узлов и проектировании новых.

В заключение следует отметить, что при плотинном двустороннем водозаборе при большом проценте захвата воды в каналы компоновка узла и русловыправительные дамбы получаются более сложными, а устойчивое направление течения, при резком колебании расходов воды в реке, получить значительно труднее, чем при одностороннем водозаборе. Поэтому в тех случаях, где на одну из сторон забирается воды не так много, необходимо стремиться к осуществлению одностороннего водозабора с пропуском воды на противоположную сторону дюкером, о чем уже указывалось выше.

§ 6. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПРИ МЕСТНОМ (НЕИНЖЕНЕРНОМ) ВОДОЗАБОРЕ НА ПРЕДГОРНЫХ УЧАСТКАХ РЕК

1. Общие положения

Ещё до настоящего времени около 78% всех пригационных 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 поддаётся точному инженерному расчёту.

Принцип компоновки регулировочных и защитных сооружений при местном типе водозабора во многом сходен 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. 32. Дамба 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 следующим:

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. 33).

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 проходит

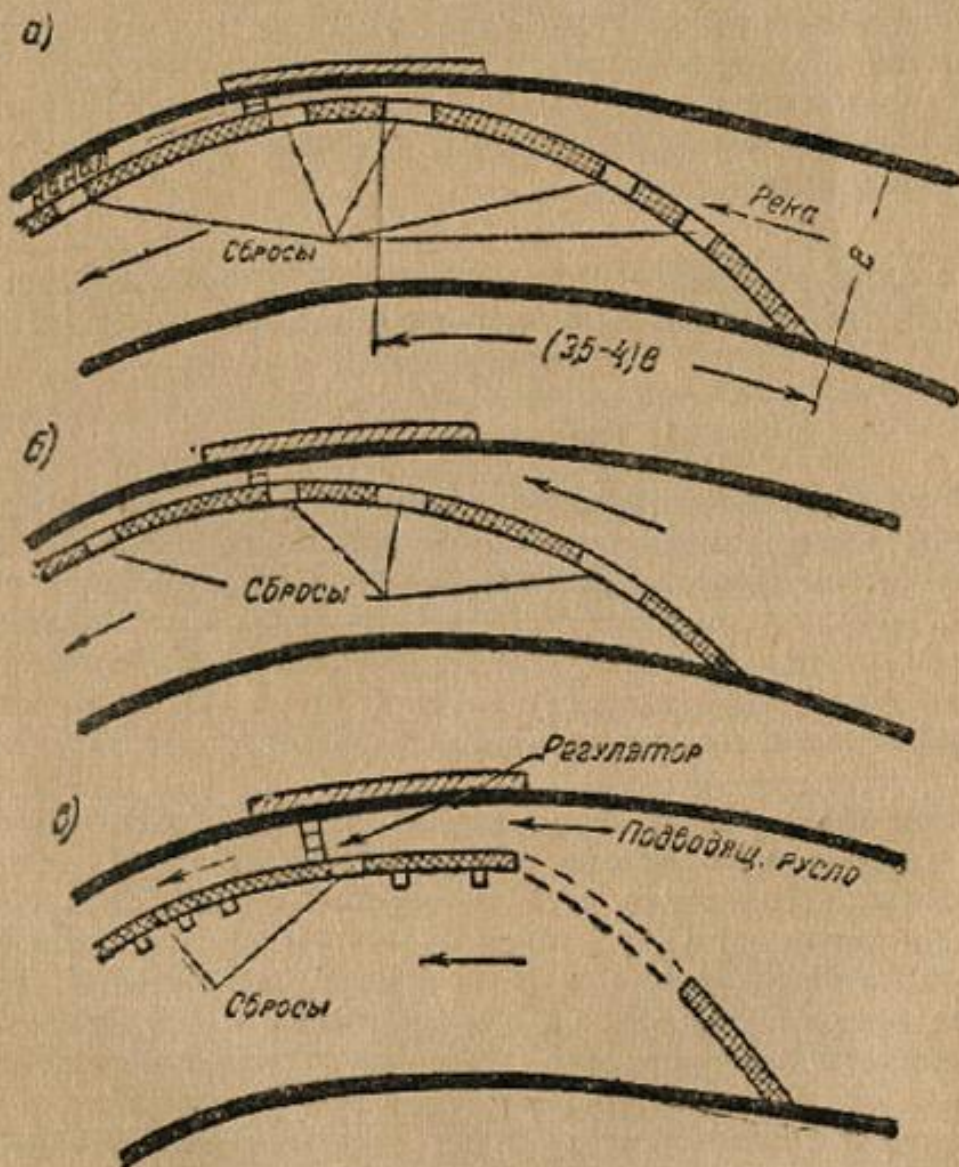


Рис. 32. Схемы расположения в плане водозаборных дамб и сбросов при местном (неинженерном) водозаборе на предгорных участках реки

а) в менике при водозаборе более 75%, б) в паводок при водозаборе более 50%,
в) в паводок при водозаборе более 25%.

большие погонные расходы, длина и разворот 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 всё 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 всё русло, не должна быть менее:

$$L=4B, \quad (28)$$

где B — ширина перекрываемого русла.

Вследствие такого расположения дамбы в сторону верхнего бьефа, она постепенно отклоняет поток в канал.

При необеспеченности уровней 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

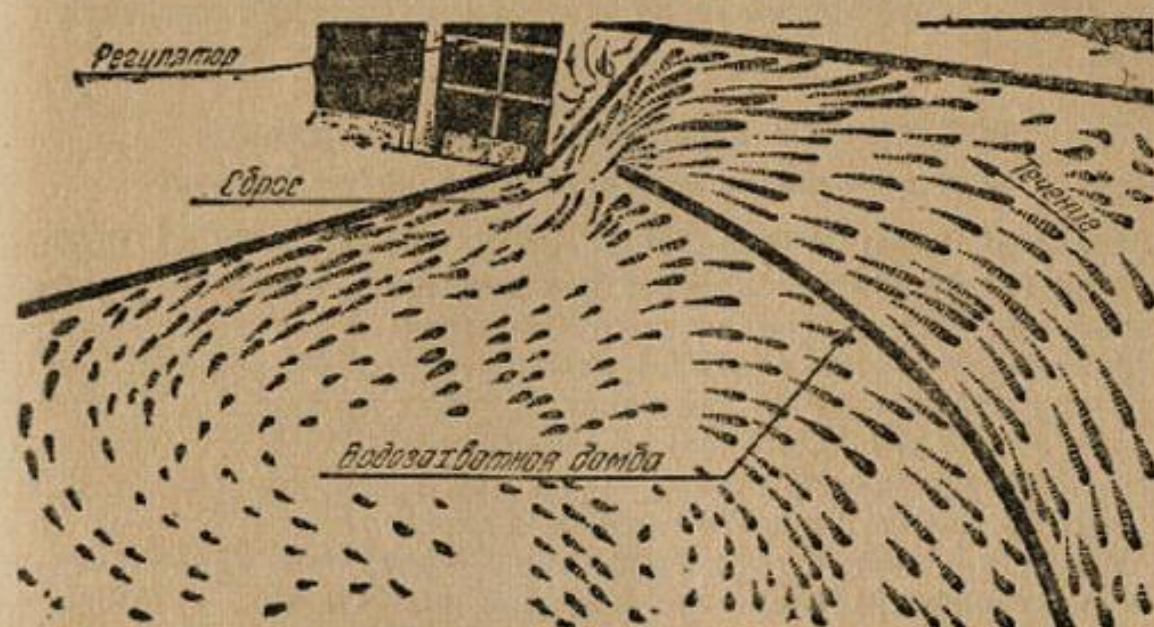


Рис. 33. Движение донных струй из краски на модели с неразвмываемым дном по опытам проф. Д. Я. Соколова.

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 к направлению поверхностных струй.

На рисунке 33 показана картина движения донных струй на модели с неразмываемым дном по опытам проф. Д. Я. Соколова. У корня водозахватной дамбы, перед входом в канал, имеется боковой сброс, через который часть воды с относительно большим содержанием донных наносов сбрасывается в реку.

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

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 заилать его, необходимо открывать сбросные окна и производить периодическую промывку всем расходом воды.

2. Защитные и регулировочные сооружения при водозаборе местного типа на р. Чирчик

Расходы воды и сток наносов р. Чирчик. Река Чирчик смешанного питания, ледники и снега дают около 70% стока воды и около 30% стока — грунтовые воды. Река имеет мощный и длительный (в мае — июле) паводок, продолжающийся 3—3,5 месяца. Расходы изменяются в значительных пределах от 30 м³/сек. (в феврале 1938 г.) до 1 620 м³/сек. (в мае 1914 г.). Среднегодовые расходы также подвержены большим колебаниям от 128 м³/сек. (1917 г.) до 290 м³/сек. (1908 г.).

Типовой годовой гидрограф характеризуется приблизительно постоянством расхода с октября по февраль, с возрастанием расхода с марта по конец мая и середину июня, высокими расходами в мае — июне и снижением расходов с августа по октябрь.

Среднемесячный забор воды в Бозсу на орошение и для ГЭС достигает 84 м³/сек.; излишние расходы воды сбрасываются через водосливы (в дамбах), через сбросы из подводящего русла Бозсу обратно в Чирчик к голове канала Карасу. План расположения водозахватной дамбы к Бозсу с водосливами и продольный профиль показаны на рисунке 34, а Карасу — на рисунке 35.

Сток наносов по р. Чирчик в проекте Чирчикских ГЭС за 1937 г. определен нижеследующим образом.

По многолетнему наблюдению на Чимбайлыкском створе построена кривая зависимости расходов, взвешенных наносов от расходов воды, причём получены две ветви кривой — ветвь подъёма и ветвь спуска. С помощью этой зависимости и характерных для Чирчика гидрографов получены приведённые ниже в таблице 12-а характеристики взвешенных наносов для характерных лет.

Сток взвешенных наносов р. Чирчик в створе Чимбайлыкской станции для характерных лет

Характеристика года по многоводности и характеру паводка	Средн. годов. расх. воды (м³/сек.)	Средн. годов. мутн. (г/м³)	Средн. годов. расх. взвеш. нанос.	Макс. расход взвеш. нанос.	Годовой сток взвеш. нанос. (тыс. т)
			(кг/сек.)		
Многоводный, с резким подъёмом паводка	230	551	193	2 200	6 000
Многоводный, с плавным подъёмом паводка	830	450	43	1 880	4 650
Средний, с резким подъёмом паводка	230	232	52	1 200	1 940
Средний, с плавным подъёмом паводка	230	204	47	720	1 480
Маловодный	180	165	30	620	350
Средний многолетний за 1901—1932 гг.	—	237	67	—	2 160

Кроме того, на основании той же зависимости (расходы взвешенных наносов от расхода воды), было подсчитано, что около 70% годового стока взвешенных наносов проносится рекой в течение 2 паводочных месяцев с максимальными расходами воды, на остальные же 10 месяцев года приходится лишь 30% стока взвешенных наносов, из них диаметром более 0,4 мм составляет от 20 до 25% от общей величины расхода взвешенных наносов.

По донным наносам было установлено, что движение их происходило не круглый год, а только в период паводка, начиналось при расходе воды 450 м³/сек. и прекращалось при спаде паводка при расходе до 300 м³/сек. По ширине реки движущиеся донные наносы занимали полосу в 25—30 м в стержневой части русла (при общей ширине 80 м). По измеренным в 1932 и 1938 гг. расходам донных наносов был произведён ориентировочный подсчёт годового стока донных наносов для характерных годов, при этом получалось для многоводного года, с резким подъёмом паводка, 160 000 м³, для среднего года, с резким подъёмом паводка, 67 000 м³.

Анализ приведённых величин, прежде всего путём аналогии с другими реками, привёл к выводу, что эти величины сильно занижены. Поэтому в проекте, для среднего годового расхода, количество донных наносов было принято в 1 000 000 куб. м.

Защитно-регулирующие сооружения в канале Бозсу. Русло р. Чирчик перед подводящим руслом канала Бозсу на длине 1 100 м ограничено с левой стороны таштуганной и габионной дамбой, которая возводилась постепенно в течение десяти лет (с 1924 по 1934 г.). Правая сторона представляет более или менее устойчивый участок берега и имеет в плане почти прямо-

линейный вид, а левый берег заменяет дамба, расположенная к потоку под углом, примерно, 20° . Зарегулированный участок русла реки имеет форму постепенно сужающегося насадка.

Ширина подводящего русла, расположение в плане и по высоте гребней водосливов выбраны из следующих соображений: 1) не допустить разделения потока на отдельные рукава и тем обеспечить устойчивый подход потока к голове подводящего канала; 2) обеспечить лобовой забор воды в канал и боковой

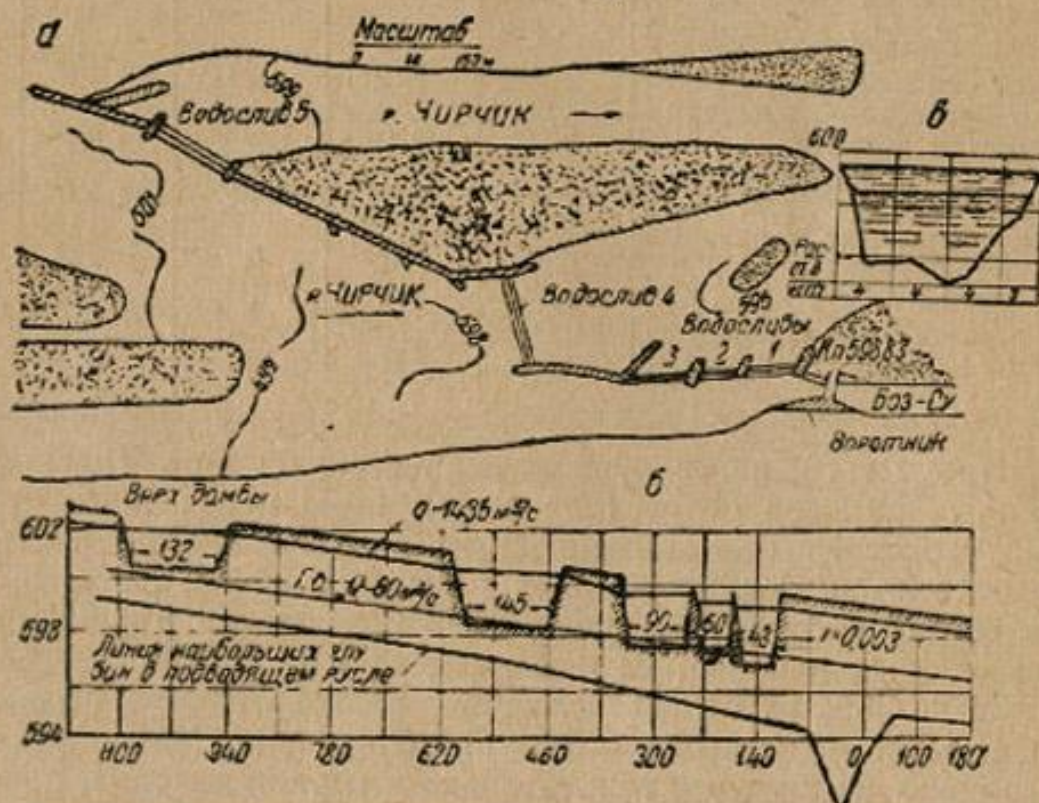


Рис. 34. Водозаборные сооружения в голове канала Босу.

а — план расположения водозаборной дамбы и водосливов в голове канала Босу на р. Чирчик; б — схематический продольный профиль дамбы и водосливов; в — поперечный профиль по ошейнику.

сброс излишней воды обратно в реку и 3) снизить объем ежегодных регулировочных работ на водосливах в период маловодья.

С этой целью ширина подводящего русла, по мере подхода к голове канала, сужается, а отметки гребней водосливов понижаются. При такой схеме выправления русла ниже водослива поток получает устойчивое направление, а русло углубляется (см. продольный профиль на рис. 34).

Так, в створе водослива 5 ширина русла около 450 м, тогда как ниже водослива 4 ширина равна 100 м, а отметка гребней водосливов вниз по течению постепенно снижается в соответствии с уклоном поверхности воды, который здесь равен 0,003. При проектировании предполагалось, что водослив 5 будет работать только в периоды выше средних паводков. Водосливы 1, 2 и 3 должны будут включаться в работу при расходах более 250 м³/сек. Но ввиду слишком большой ширины русла, выше водо-

слива 4 (от 320 до 460 м, вместо требуемых 160 м, для пропуска 1 600 м³/сек., согласно формулам (5) и (6) и как следствие занесения крупными донными наносами верхнего и нижнего бьефов и некоторого блуждания потока), указанное предположение полностью не оправдалось. Водосливы 5 и 4 иногда включаются в работу даже при маловодных паводках, т. е. при расходе 400 м³/сек.

Ниже, в таблице 12-б, приводится ориентировочное распределение расходов воды по водосливам и забор в подводящий канал Бозсу в период вегетации по данным Ташкентского облводхоза. Далее следует заметить, что проведенный нами проверочный подсчет расхода воды через водослив по формуле незатопленного водослива с широким порогом даёт удовлетворительные совпадения с данными непосредственных наблюдений Ташкентского облводхоза.

Таблица 12-б

Расходы по р. Чирчик (м ³ /сек.)	Годы	Расходы по водосливам (м ³ /сек.)					Забор в под- водящ. канал Бозсу (м ³ /сек.)
		5	4	3	2	1	
1 435	1942	274	364	198	180	183	290
1 040	1934	100	260	145	120	165	250
400	—	—	—	70	100	100	130
80	—	—	—	—	—	—	80

Вход в подводящий канал Бозсу закреплён габионной кладкой и бетонитами в виде ошейника, который пропускает в паводок до 290 м³/сек. При расходе в реке менее 120 м³/сек. водосливы закрываются наглухо, и вся вода забирается в подводящий канал. В конце подводящего канала устроен бетонный вододеливатель. Борьба с шугой производится путём установки на зимний период деревянной пловучей запони.

Вследствие такого расположения дамбы и водосливов, последние при нарастании и спаде паводка вступают в работу или выключаются из работы как бы автоматически. Однако, как уже было указано выше, в период спада горизонтов (при расходах ниже 400 м³/сек.) на водосливах проводятся регулировочные работы, заключающиеся в устройстве каменно-камышовой перемычки, сначала на водосливе 3, затем на водосливах 2 и 1. При нарастании паводка открытие их производится в обратном порядке, т. е. начинается с водослива 1.

Стоимость ежегодных затрат по защитным работам в голове Бозсу составляет около 50 000 руб., и стоимость регулировочных — ещё около 50 000 руб. Стоимость работ могла бы уменьшиться, если бы временные защитные дамбы были выполнены из долговечных (не гниющих) материалов, а водосливы оборудованы постоянными регулирующими устройствами.

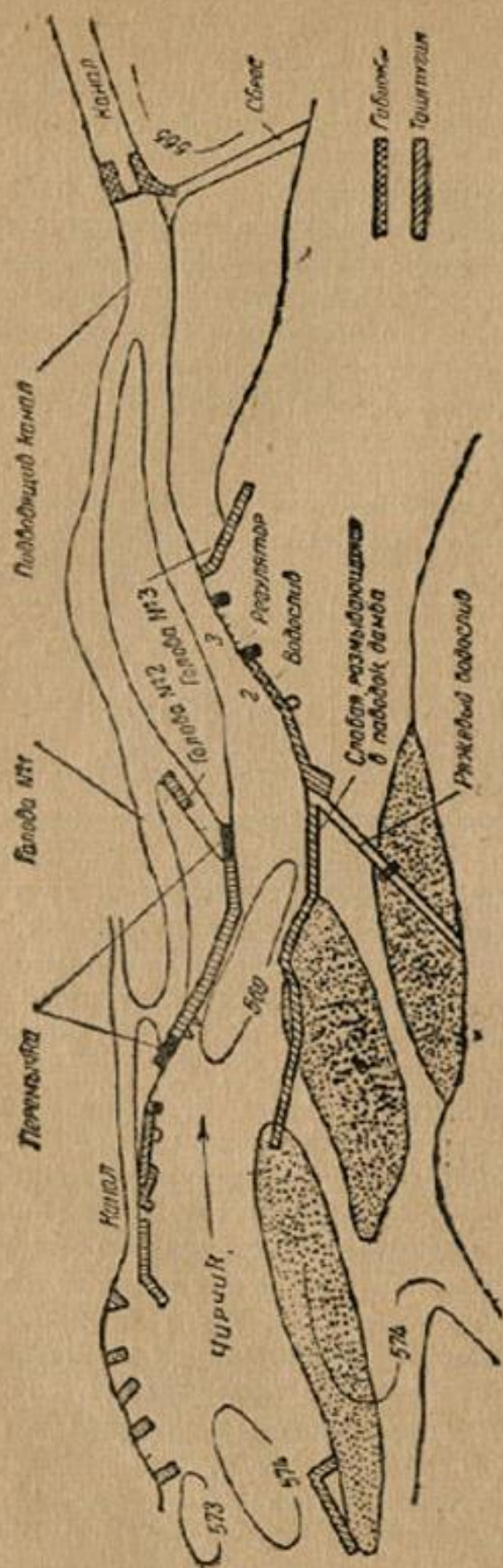


Рис. 35. Схема защитных и регулировочных сооружений перед головой левобережного канала Карасу.

Описанная выше схема компоновки сооружений и порядок регулировки расходов позволяет бесперебойно производить потребный забор воды в канал и не допускает поступления донных наносов в магистральный канал Бозсу.

Проведённый нами анализ работы головного участка канала Бозсу и сравнение с другими узлами показывает, что, в смысле обеспечения водозабора и недопуска донных наносов, такая компоновка узла сооружений является вполне удовлетворительной для условий р. Чирчик.

Защитно-регулирующие сооружения в голове канала Карасу. Голова канала левобережного Карасу расположена на левом берегу р. Чирчик и ниже головы (сужения) Бозсу на 5 км. Протяжённость участка русла, на котором проводятся защитно-регулирующие работы по забору воды в Карасу, равна 4 км (рис. 35).

На этом участке в паводок река протекает по двум руслам, из коих 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 проводятся лишь защитные работы.

В целях предупреждения блуждания русла реки и направления потока к голове канала, берег защищается от размыва продольными дамбами и установленными около них короткими шпорами. Для предупреждения отхода реки вправо, на отменях установлены выправительные (защитные) дамбы.

Ширина главного русла между защитными шпорами — 120 м, рассчитана она на пропуск около 1 000 м³/сек.; левое русло в катастрофический паводок может пропустить около 400 м³/сек. Расчётный 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 головы обычно производится после вегетационного полива.

Непосредственно перед головой канала (под острым углом к направлению течения) через всё главное (левое) русло выстроен водослив (бар-

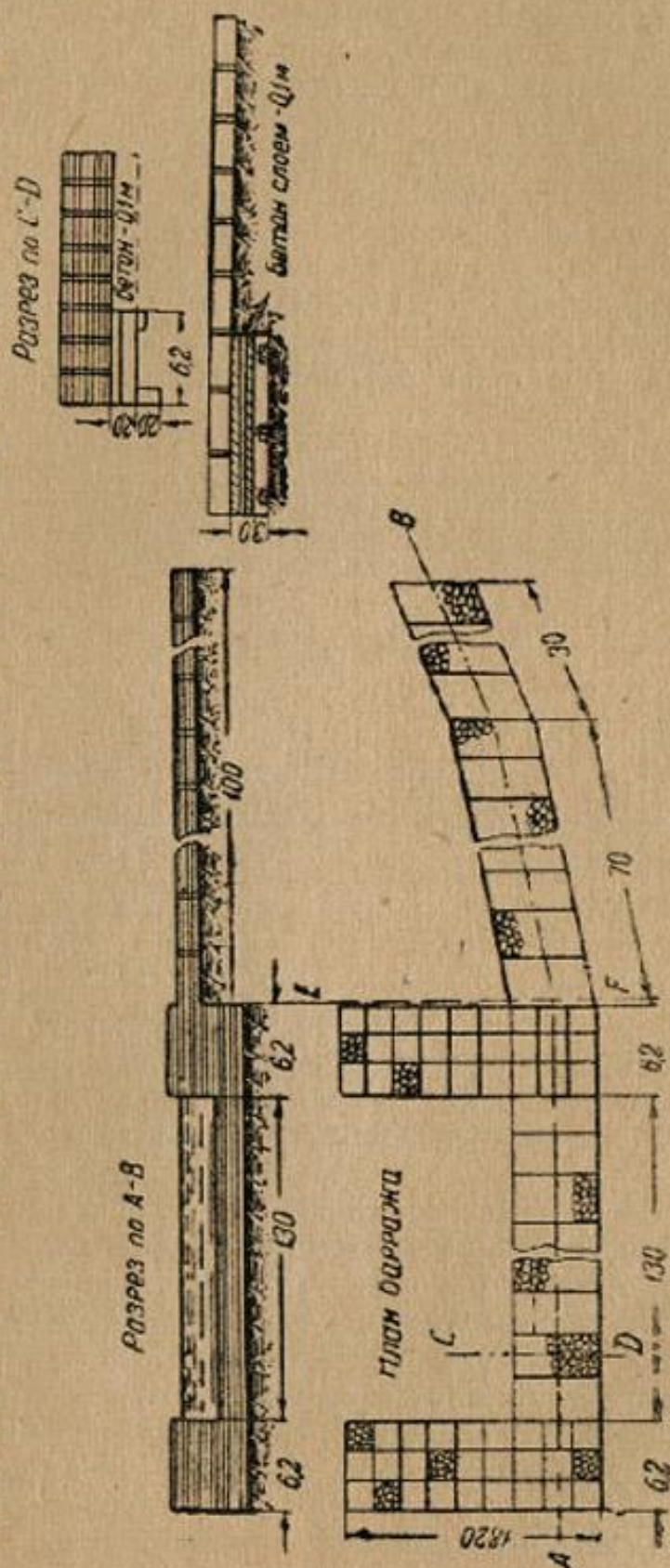


Рис. 36-а. Рязевый водослив (барраж) в голове Карасу.

раж), состоящий из трёх отдельных водосливов, одного ряжевого и двух габионных. Назначение этих водосливов 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 эксплуатационные расходы в данном случае с 200 000 до 50 000 руб.

Ряжевой водослив (рис. 36-а) состоит из двух отверстий — порогов, левый порог ниже правого на 1 м, на левом пороге предполагалось проводить временные регулировочные работы (во время маловодья), а 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 про-

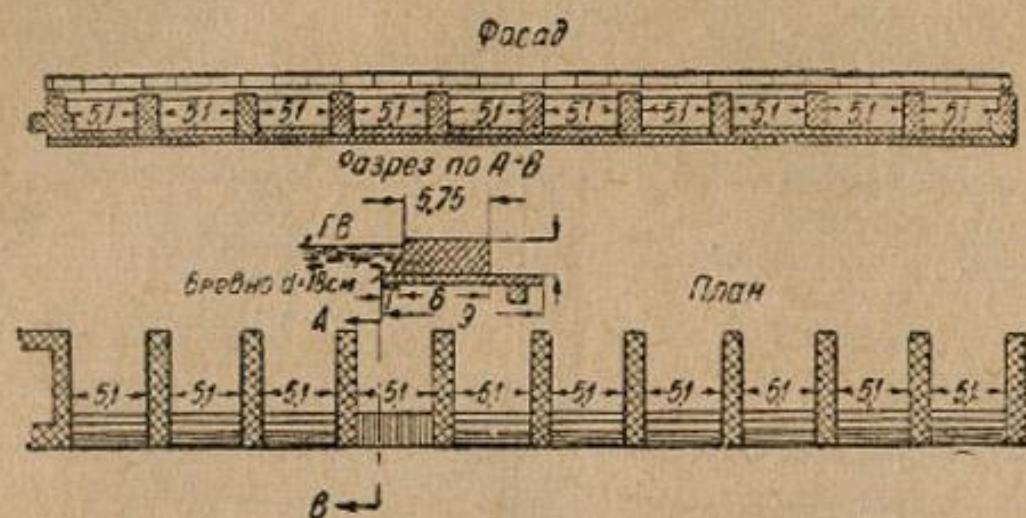


Рис. 36-б. Габионный водослив в голове канала Карасу.

екту в катастрофический паводок — левого $780 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и правого — $100 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Для более точной регулировки поступающей в канал воды или полного её сброса в 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.

Четырёхлетний опыт эксплуатации деревянного барража показал, что проектные предположения не оправдались, а ежегодные эксплуатационные затраты не уменьшились, так как произошло заиление (подъём) дна реки у голов канала, и поэтому левая (пониженная) часть барража оказалась похоронённой в русле.

Вследствие этих причин ряжевый барраж в паводок не оказывал на поток регулирующего воздействия, и взамен его был построен габионный водослив, состоящий из двух частей: правой

в русле реки, без бычков, и левой — непосредственно перед головой канала, с бычками и спицевыми затворами (рис. 36-б).

Левый габионный водослив рассчитан на пропуск $300 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Общий размер габионного тюфяка, уложенного в основание водослива $1 \times 9 \times 70 \text{ м.}$ Во избежание истирания и ржавления проволоки, последняя в открытых местах покрыта слоем бетона толщиной 10 см.

На защитные и регулировочные работы по уалу ежегодно расходуется $300\,000 \text{ руб.}$, с объемом сипайной кладки $5\,000 \text{ м}^3$. Однако и эти работы полностью не гарантируют планового водозабора. Вход в подводный канал заносится крупными граве-

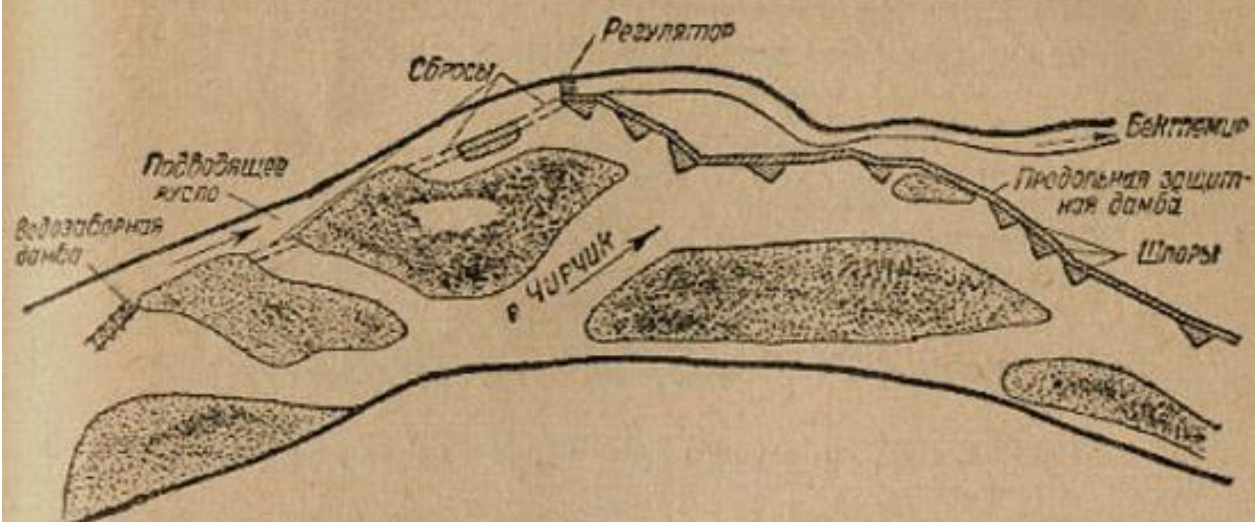


Рис. 37. Схема расположения защитно-регулирующих сооружений в голове канала Бектемир на р. Чирчик в 1939 г.

листо-галечниковыми наносами в объеме до $5\,000 \text{ м}^3$ в год, которые вычищаются механизмами и вручную.

Для улучшения водозабора и уменьшения объема защитных и регулировочных работ требуется дальнейшее выправление подводящего русла и замена временных защитных сооружений постоянными сооружениями инженерного типа.

Защитно-регулирующие сооружения в голове канала Бектемир. На рисунке 37 представлен план участка реки и расположение защитно-регулирующих сооружений по забору $12 \text{ м}^3/\text{сек.}$ воды в канал Бектемир, расположенный на левом берегу р. Чирчик.

Водозабор производится из левого главного протока реки при помощи временной таштуганной водозахватной дамбы и габионного регулятора со спицевыми затворами, расположенными в конце подводящего русла. Для обеспечения водозабора в период межени река и водосливы полностью перекрываются временной дамбой, которые к зиме (на период хода шуги и перед паводком) разбираются.

Водосливы-сбросы закреплены габионами, а водобой хворостяными корзинами, загруженными камнем (рис. 38).

Длина головного участка, на котором проводится регулировочные работы, около 5 км.

Магистральная часть канала проходит поблизости от реки. Поэтому ниже головы канала для защиты берега установлены

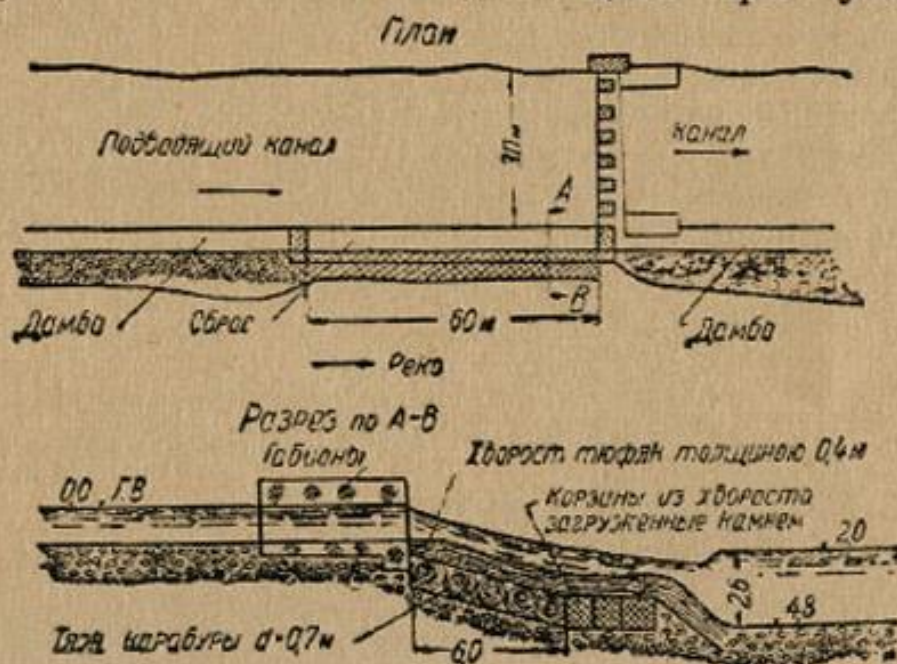


Рис. 38. Схема головного сооружения из габионов.

продольные габионные дамбы и поперечные каменно-хворостяные шпоры.

При возведении временных регулировочных сооружений на головных участках канала Бектемир соблюдают следующие правила:

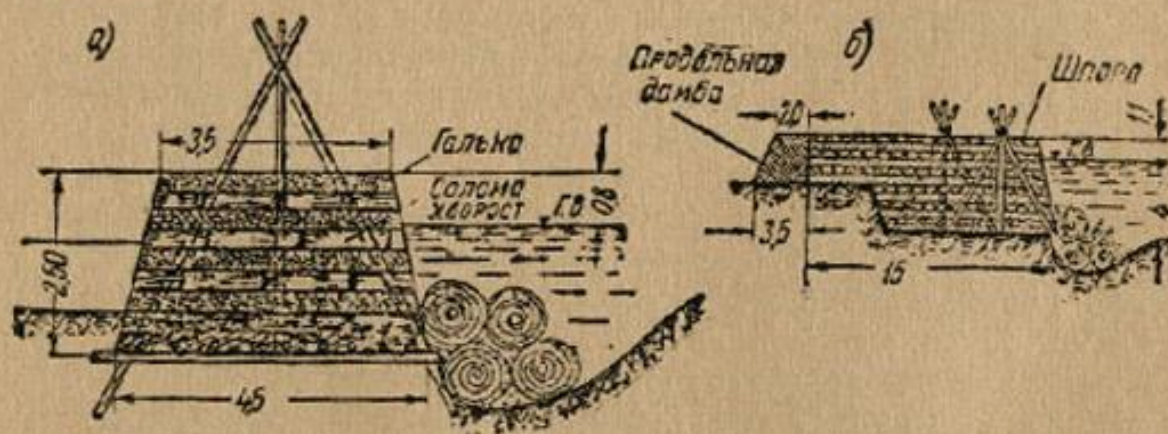


Рис. 39. Конструкция сипайно-таштуганных дамб и шпор:

а — на р. Ангрен, кладка состоящая из хвороста, камыша и соломы слоем 30 см и гальки 30 см; б — на р. Чирчик кладка из хвороста, камыша слоем 30 см и гальки 30 см.

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

2. При глубинах $H=1-1,5$ м — на карабур и каменно-хворостяной или камышовой кладки корзин и с добавлением чима и соломы для борьбы с фильтрацией.

3. При глубинах $H \geq 1,5$ м устанавливают сипай, загруженные каменно-камышовой кладкой и тяжёлыми фашинами, также из камыша и камня.

Размеры применяемых на р. Чирчик защитных шпор и дамб из каменно-хворостяной и сипайной кладки были представлены в таблице 6, а конструкция показана на рисунке 39.

§. 7. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ МЕСТНОГО ТИПА НА Р. АМУ-ДАРЬЕ

Характерными особенностями р. Аму-Дарьи являются резкое колебание расходов и скоростей течения воды, лёгкая размываемость песчаного русла и, как следствие этих причин, рез-

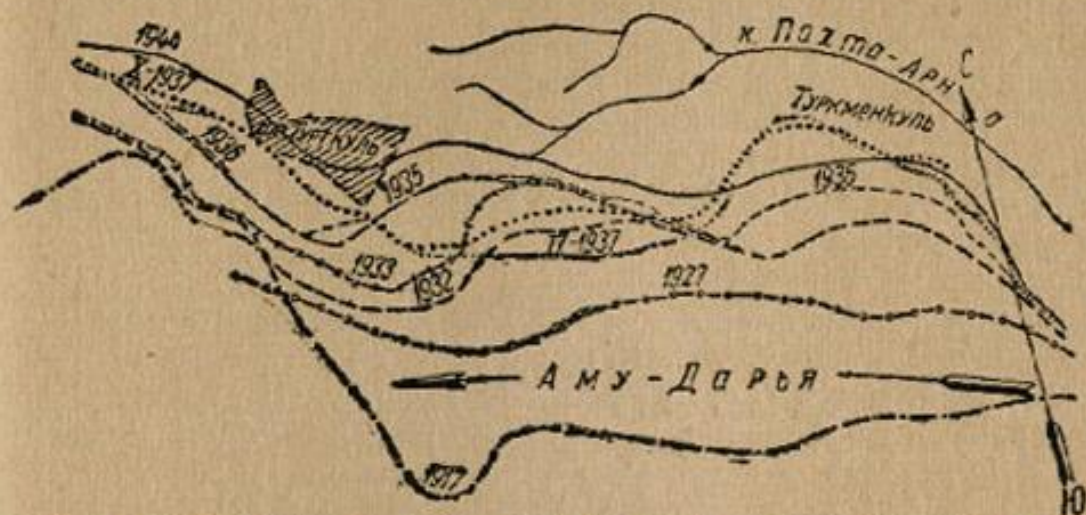


Рис. 40. План движения береговой линии правого берега р. Аму-Дарьи у г. Турткуля с 1917 по 1944 г.

кое блуждание реки и большие местные размывы и намывы русла по глубине.

О размерах размыва берега р. Аму-Дарьей можно судить по данным, показанным на рисунке 40, где представлено движение береговой линии у г. Турткуля за период с 1917 по 1944 г. Проводимые там в 1937—1942 гг. защитные работы на длине 3 км значительно ослабили размыв, но, вследствие ограниченности фронта защиты и слабости конструкций, должного эффекта не было достигнуто. На эти работы было израсходовано около 12 млн. руб. С 1942 г. защитные работы были прекращены совершенно, и река вновь стала более усиленно смывать город.

На защитные работы у железнодорожного моста через Аму-Дарью и у г. Чарджоу (начиная с 1887 г.) ежегодно расходуется от 0,5 до 5 млн. руб. В течение прошедших 59 лет там было испытано около 20 конструкций защитных сооружений, пока не

остановились на фашинно-каменном креплении и тяжёлых карабурах, а перед мостом на длине 5 км за эти годы образовался более или менее закреплённый участок.

Наибольшее поперечное смещение реки в отдельные годы достигает 500 м, а в среднем за много лет около 100 м в год¹.

Вследствие частого блуждания реки и большой стоимости защитных работ (при относительно малом проценте водозабора) приходится пока отказаться от устройства постоянных водозаборных и защитных сооружений в русле реки. Вследствие этого большинство ирригационных систем на р. Аму-Дарье и в низовьях Сыр-Дарьи не имеют закреплённых точек водозабора, что не позволяет проводить устройство постоянных инженерных головных сооружений близко у реки², а приходится относить их от берега, в зависимости от местных условий, на 1—4 км и для обеспечения водозабора проводить ежегодно большие очистные и регулировочные работы в головах каналов.

Несмотря на громадные объёмы очистки каналов (на 1 га поливной площади объём ежегодной очистки достигает 40—60 м³) и большие регулировочные работы, всё же во многих случаях не удаётся добиться обеспечения потребного водозабора 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 мелiorативного состояния орошаемых земель, а при недополивке — посушка посевов и, как следствие этих причин, снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Интенсивность занесения головных участков каналов также зависит от состояния русла у места водозабора. В период размыва берега у головы канала (рис. 41-г) мутность поступающей в канал воды увеличивается, т. е. в каналы поступает вода с относительно большим содержанием наносов, чем средняя мутность в реке³, вследствие чего происходит усиленное заиление головной части канала и уменьшается его пропускная способность. Иногда, вследствие размыва нижней части входа в канал (рис. 41), голова смещается вниз по течению, что также приводит к уменьшению пропускной способности головной части канала. Прекращения этого смещения и поддержания пропускной способности в некоторых случаях можно добиться за счёт установки в голове канала щитов проф. Потапова. Значитель-

¹ О режиме р. Аму-Дарьи и защитных работах у г. Турткуля более подробно описано в книге автора «Защита берегов от размыва», Ташкент, 1939.

² Не считая таких благоприятных естественных условий, когда река на отдельных участках протекает у скалистых берегов, как, например, у Таш-Сака, Кипчака и Тахия-Таш.

³ По нашим наблюдениям, на рр. Сыр-Дарье и Аму-Дарье мутность в голове канала, расположенного ниже размываемого берега, была выше средней мутности в реке в 1,3—2 раза. Поэтому, в случаях забора воды в систему через несколько каналов, необходимо производить его через те головы, берег у которых не размывается.

ное уменьшение заиления головной части канала можно получить за счёт перенесения водозабора в проток (рис. 41-д), который является как бы отстойником, где задерживаются песчаные наносы.

Однако в период спада горизонтов воды вход в проток мелеет, и для обеспечения водозабора требуется его расчистка.

Многолетним практическим опытом установлено, что на участках рек с блуждающим руслом целесообразно забор воды производить через несколько голов канала (саки), дно которых заложено с таким расчётом, чтобы в них могла поступать вода из реки при равных горизонтах¹.

При низких горизонтах в реке в канал вода поступает через все головы или несколько голов, включаемых в работу поочерёдно (рис. 41-а).

Чтобы не допускать одновременного размыва голов канала или отхода реки, они устанавливаются друг от друга на 2—5 км с объединением их в магистральный канал на расстоянии 5—10 км от реки. При этом пропускная способность каждой из голов канала обычно меньше, чем пропуск-

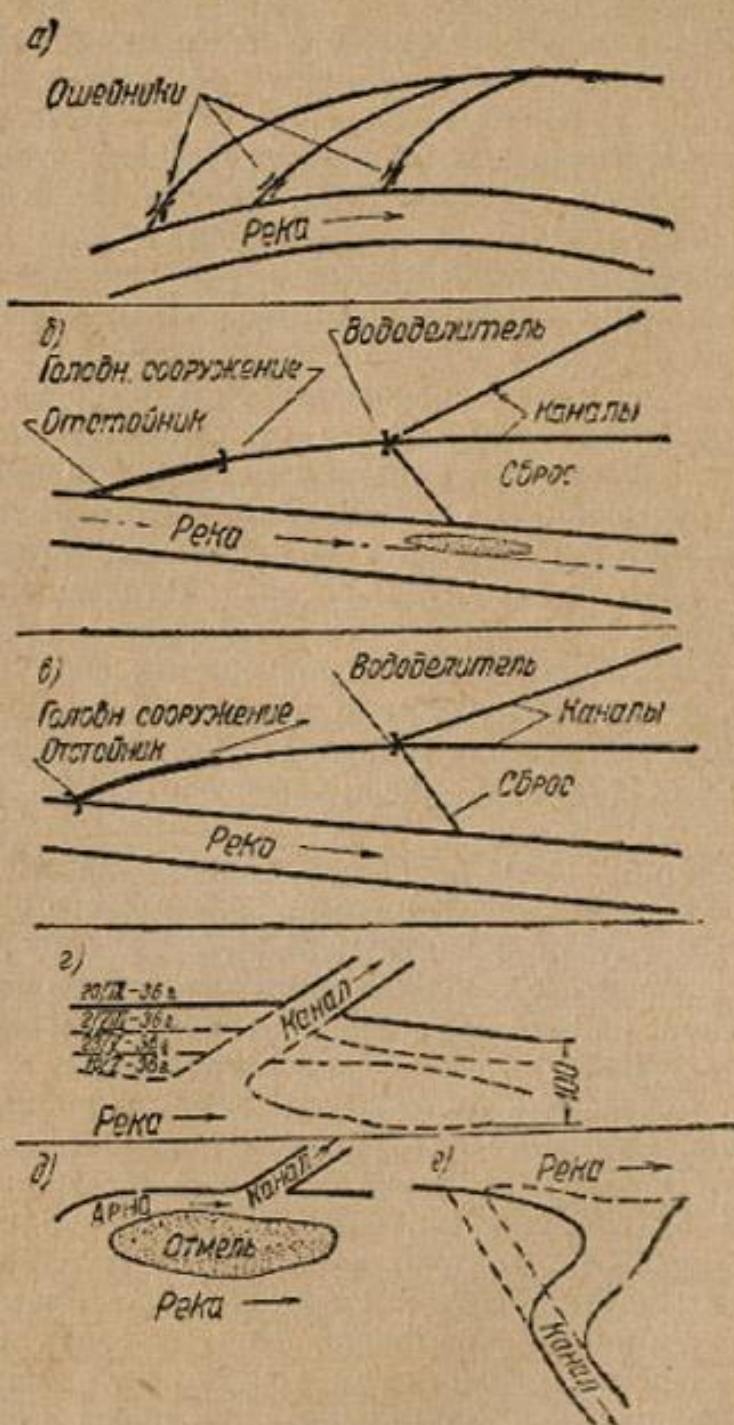


Рис. 41. Схемы водозабора в каналы на р. Аму-Дарье.

а — забор воды в канал через три головы; б — забор воды в канал через одну голову, расположенную на размываемом берегу; в — забор воды в канал через одну голову, расположенную на верховном берегу; г — размыв берега у головы канала и устья Ары; д — водозабор из Ары; е — смещение головы канала.

¹ Многоголовье широко применяется на старых системах в Средней Азии, Египте и Индии.

ная способность магистрального канала, поэтому при форсированном пропуске воды должно забираться не менее как через две головы канала.

За последние 10 лет, в связи с некоторым развитием механизации по очистке каналов от осевших в них песчаных наносов, а также в целях облегчения эксплуатации головных участков каналов, водозабор во многих случаях стал производиться через одну голову с устройством, на некотором расстоянии от входа в канал, головного сооружения и ещё ниже — вододелителя со сбросом. Участок канала перед головным сооружением обычно является отстойником (рис. 44-б), с механической очисткой наносов. Для получения командования при промывке магистрального канала, вододелитель и сброс из канала устраиваются на расстоянии 15—18 км от головы. Сбросной канал обычно рассчитывается на меньший расход, чем пропускает магистральная часть канала ниже головного сооружения. Такая схема позволяет регулировать недопуск излишней воды в системы и проводить промывку магистрального канала от осевших в нём песчаных наносов.

При расположении водозаборных сооружений непосредственно у реки, что возможно в случае неразрываемых берегов, как было указано выше (канал Тат-Сака, канал им. Ленина, Кызкеткен), отстойники располагаются сразу за головным сооружением.

Такая схема расположения лучше обеспечивает водозабор из реки и требует относительно меньшего объёма очистки отстойника в головной части канала.

В процессе эксплуатации ирригационных систем с одной головой канала и расположением отстойника перед головным сооружением, выявился ряд затруднений, которые иногда вынуждают отказаться от её применения и вновь перейти к многоголовью. Основные затруднения нижеследующие:

1. В период паводка в канале (отстойнике), вследствие подпора от сооружения, происходит резкое снижение скоростей и отложение не только песчаных но и илистых частиц, которые затем уплотняются, и удаление их землесосами (существующей конструкции) невозможно. Не допустить уплотнения в отстойнике глинистых частиц можно за счёт увеличения пропуска воды в паводок вниз по каналу. Последнее приводит к увеличению заиления низовьев канала и заболачиванию земель. Полное и немедленное удаление всех оседающих в отстойнике в паводок наносов приводит к необходимости увеличивать мощность механизмов на период паводка, что не всегда достижимо и рационально, так как часть года они должны будут работать не на полную мощность.

2. Промывка канала возможна лишь в паводок или в период зимних зажоров; в другое время, вследствие трудности забора воды из реки, промывка не эффективна.

3. Вследствие блуждания реки часто происходит заиление не только входа в канал, но и выходов из сбросного канала, что затрудняет забор и промывку осевших наносов через сбросы.

Следовательно, в тех случаях, где водозабор не превосходит 20%, а для обеспечения захвата воды и очистки головы канала нет достаточного количества механизмов (без перерыва в период вегетации водоподачи), водозабор через несколько голов является более надёжным.

Перечень необходимых защитно-регулирующих работ при водозаборе в низовьях рек следующий:

1. В случае отхода реки или заиления канала производится устройство прорези и очистки канала землесосами, экскаваторами и вручную. Так, например, только по одному каналу Таш-Сака (на расход 204 м³/сек.) объём ежегодной очистки головной части канала (отстойника) достигает 1 млн. м³, которые удаляются механизмами за счёт государства. Вообще же за счёт государства на системах очищается около 10—15%, а остальные 85—90% удаляются ручным способом средствами и силами населения.

Основными механизмами по очистке каналов в настоящее время являются землесосы Ирригатор № 1 и № 2 и землесосы Туркреса.

2. Устройство или удаление камышово-земляных перемычек при закрытии или открытии голов каналов; перемычки обычно устраивают в непосредственной близости от берега с тем, чтобы не допускать большого заиления входа в канал.

3. Установка и эксплуатация систем из пловучих щитов проф. Потапова по отвлечению донных наносов от головы канала и увеличения водопропускной способности головной части канала, а также для направления динамической оси к голове канала.

4. Устройство вдоль реки земляных дамб, ограждающих канал и систему от затопления в паводок и в период зимних зажоров, т. е. в период высоких горизонтов воды в реке. При размыве береговой полосы смываются головная часть канала, перемычки и дамбы обвалования. Для предупреждения прорыва в дамбах обвалования и недопущения затопления культурных земель, на некотором удалении от берега заблаговременно возводятся валы и перемычки, а защиту речного берега ввиду большой дороговизны работ не производят. Подробнее о дамбах обвалования см § 8.

5. Защита откосов канала от размыва волнами и течением, хворостяно-камышовыми щётками или камышовыми тюфяками. В щётках пучки хвороста или камыша одним концом закапываются в откос, другим они на высоту 0,5—0,6 м выступают выше поверхности откоса; устанавливаются они поперёк откоса через 3—4 м друг от друга. Пространство между щётками быстро заиляется, и таким образом откос закрепляется.

6. Устройство и поддержание сужений (ошейников) из карабур в головах каналов, для более точного регулирования поступления воды в канал.

Схема расположения ошейника на канале Бештам на расход $6 \text{ м}^3/\text{сек.}$ показана на рисунке 42-а и в голове канала Пахта-Арна

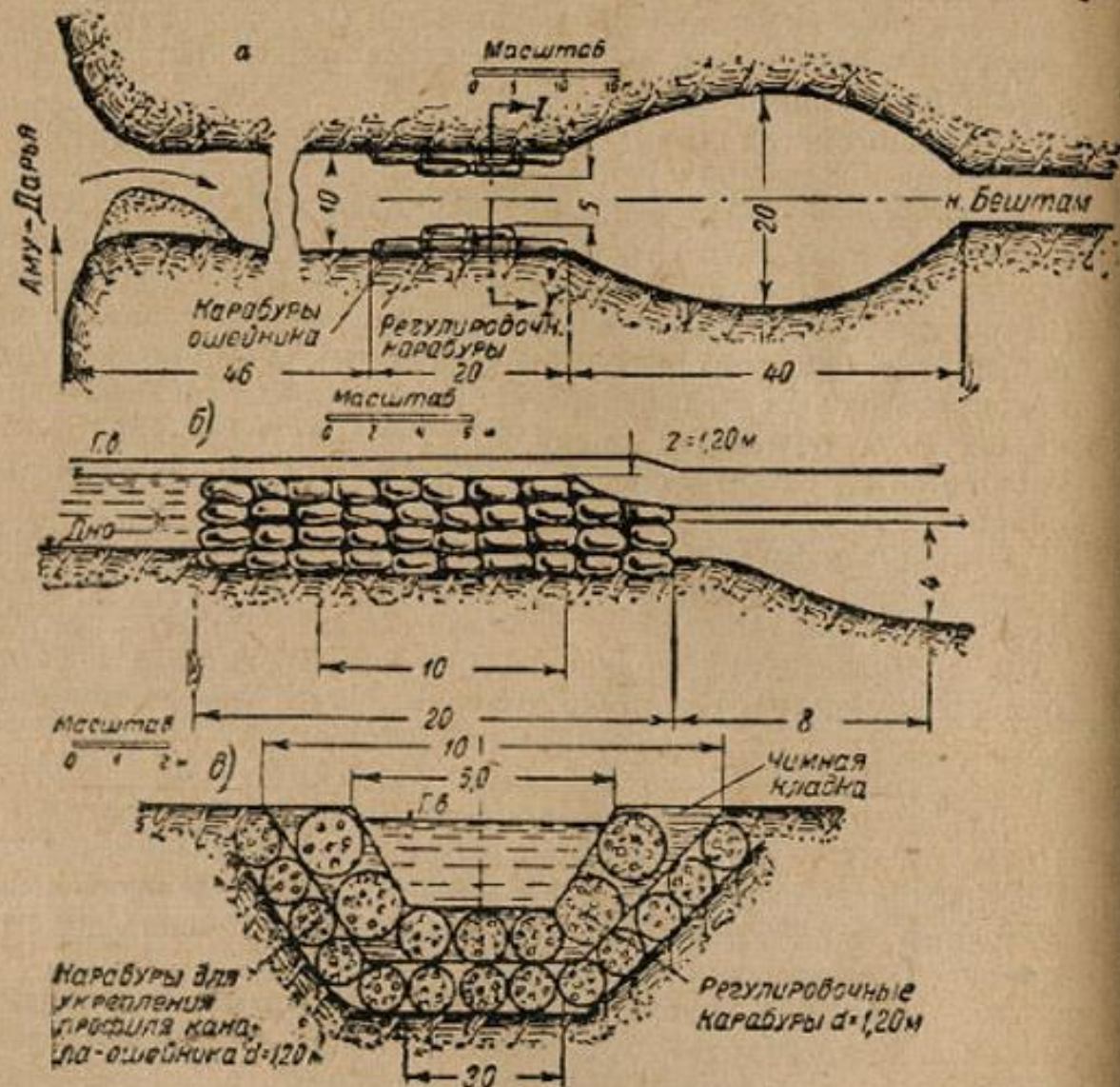


Рис. 42-а. Схема сужения (ошейника) в голове канала Бештам для расхода $6 \text{ м}^3/\text{сек.}$

а — план расположения ошейника; б — продольный профиль ошейника; в — поперечное сечение ошейника 1—1.

на расход $60 \text{ м}^3/\text{сек.}$ на рисунке 42-б. Здесь приведён случай сбойного протекания потока при входе в канал и к ошейнику. Для устранения размыва ошейника с верховой стороны необходимо добиваться прямолинейного подхода потока к ошейнику.

За последним обычно образуются громадные воронки размыва, в которые проседают карабуры, а иногда это приводит к полному разрушению всего ошейника. Причиной их частых разрушений является малая длина ошейника и отсутствие крепления нижнего

бьефа. При расчёте длины крепления ниже ошейника необходимо пользоваться теми же формулами, что и при расчёте водосливов с широким порогом. Проведённый нами расчёт ошейника на расход $73 \text{ м}^3/\text{сек.}$ при перепаде 1, 10 м показывает, что длина его не должна быть менее 35 м, а водобойный колодец должен быть закреплён карабурами на длине 20 м. Для расчёта глубины размыва ниже сужения, а ватем размеров крепления, в таблице 10 даются коэффициенты размыва.

В зависимости от ожидаемого размыва берега у головы канала, ошейники обычно располагаются на расстоянии 100—300 м

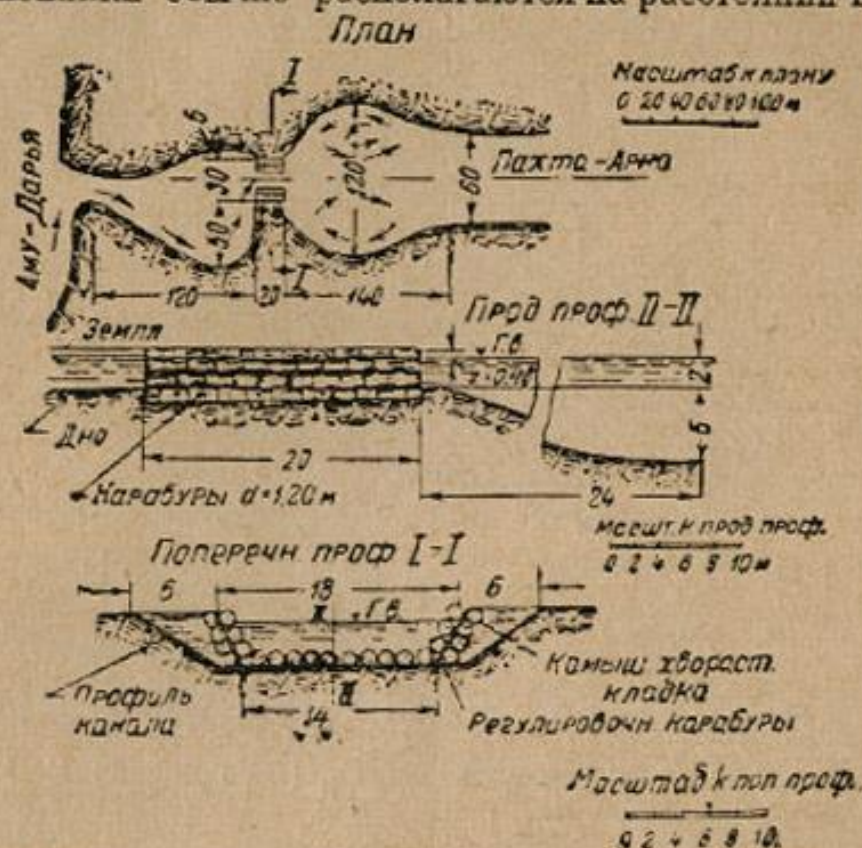


Рис. 42-6. Схема сужения (ошейника) в голове канала Пахта-Арма на расход $60 \text{ м}^3/\text{сек.}$

от реки; устраиваются они из карабур диаметром 1—1,2 м и длиной более 20 м. Карабуры укладываются в уровень с линией проектного дна канала, а откосы ошейника делаются более крутыми, чем откосы канала с тем, чтобы по мере нарастания паводка удобнее было стеснять сечение и тем не допускать излишнее поступление воды в канал.

Недопущение излишних расходов в канал производится путём укладки в ошейник регулировочных карабур, которые по мере спада горизонтов в реке разбираются и удаляются из пределов ошейника с тем, чтобы поддерживать требуемый расход в канале.

Описанный выше способ регулировки расходов является далеко не совершенным и требует постоянного ведения трудоёмких работ в голове канала. Однако при внимательной эксплуатации он даёт вполне положительные результаты.

§ 8. ЗАЩИТА БЕРЕГОВЫХ ЗЕМЕЛЬ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ (ДАМБЫ ОБВАЛОВАНИЯ)

Затопление береговых земель можно избежать двумя путями: оградить их высокими земляными валами от реки, или снизить высоту горизонта паводка путём зарегулирования стока реки водохранилищем.

Рассмотрим здесь лишь первый метод, известный в литературе под именем обвалования, а в Средней Азии дамбы обвалования называют защитными дамбами.

Обвалование участка реки показано на рисунке 43, где линии *AFEG* и *KVUT* показывают границы поймы, затопляемой павод-

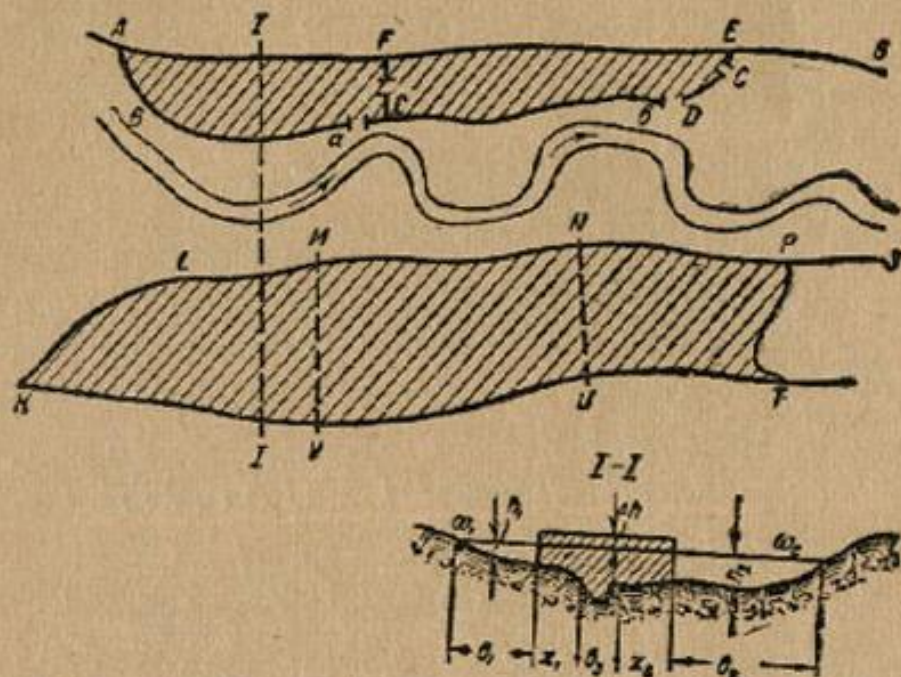


Рис. 43. Схема обвалования. (По Гришину М. М.)

ками. Участок *ABCDEA* обвалован замкнутым валом *ABCDE*. Участок *KLMNPTUVK* обвалован незамкнутым валом *KLMNPS*, так что в паводок вода заходит за вал до линии *PT* до горизонтали, соответствующей уровню воды в реке в точке *S* в конце вала (заштрихованная же площадь не затопляется¹).

Метод незамкнутых валов целесообразен на реках с большими уклонами и при широких поймах. Он даёт возможность свободно стекать поверхностным водам с ограждённой площади. При замкнутых валах во время паводка местный сток из обвалованных земель задерживается в низинах обвалованной площади.

Кроме главных валов, на случай их прорыва и для локализации затопления устраиваются поперечные валы — траверсы *CF*, *MV*, *NU*. В валах обычно устраиваются снабжённые затво-

¹ Рис. 43 и объяснения к нему заимствованы из книги Е. В. Б л и з н я к, М. М. Г р и ш и н а и др. «Гидротехнические сооружения», т. I, М., 1933.

рами отверстия (например, a , b , c) для выпуска воды местного стока с обвалованной площади в реку после спада паводка.

Высота валов определяется наивысшим горизонтом воды паводка. Величину Δh (рис. 43) определяют расчётом, исходя из предположения, что предельный уклон реки остаётся тем же самым, каким он был и до обвалования и что весь паводковый расход $Q_{\max}$ проходит между валами. Для этого можно пользоваться формулой Шези и, предварительно задавшись Δh_1 , проверить пропускную способность русла.

Для предварительного определения Δh приближённо можно принять, что расходы, протекающие через обваловаемые сечения ω_1 и ω_2 , равные $q_1 = \omega_1 v_1$ и $q_2 = \omega_2 v_2$, пройдут по суженному руслу шириной $x_1 + b_3 + x_2$.

Скорости на пойменных участках равны:

$$V_1 = C_1 \sqrt{h_1 I} \text{ и } v_2 = C_2 \sqrt{h_2 I} \quad (29)$$

и в русле: $v_3 = C_3 \sqrt{h_3 I}$, где h_1 , h_2 и h_3 — средние глубины, а C_1 , C_2 и C_3 — коэффициенты Шези, которые можно определять, например, по формуле Германека:

$$C = 30,7 \sqrt{h}, \text{ если } h < 1,5 \text{ м} \quad (30)$$

$$C = 34 \sqrt[4]{h}, \text{ если } 1,5 < h < 6 \quad (31)$$

$$C = 50,2 + 0,5 h, \text{ если } h > 6 \text{ м} \quad (32)$$

Предположив, что в слое Δh скорости возрастут против средних бытовых на 25%, можно написать

$$\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 = 1,25 (x_1 v_1 + b_3 v_3 + x_2 v_2) \Delta h,$$

$$\text{откуда} \quad \Delta h = 0,8 \frac{\omega_1 v_1 + \omega_2 v_2}{x_1 v_2 + x_2 v_1 + b_3 v_3} \quad (33)$$

Из формулы (33) видно, что чем больше сужается валами паводочное русло и чем меньше x_1 , x_2 , тем Δh , а с ним и скорости течения, больше и тем выше валы.

Иностраный многовековой опыт показал, что уровень высоких вод в реке, вследствие ограждения валами, с течением времени постепенно поднимается: например, на р. По в течение двух веков высота уровня при разливах увеличилась на 2 м, что объясняется постепенным развитием защитных валов по долине реки, а также повышением русла от наносов.

В СССР обвалование применяется, главным образом, на реках Кавказа (Кубань, Терек, Кура и др.) и в Средней Азии (Аму-Дарья и Сыр-Дарья).

Большие защитные работы проводятся в нижнем течении р. Аму-Дарья, где протяжённость их равна 650 км, а объём насыпи около 10 млн. куб. м. Ежегодный объём ремонтных работ по дамбам достигает в среднем 6% их строительного объёма или 600 тыс. куб. м в год.

Особенность р. Аму-Дарья состоит в том, что она приносит большое количество наносов, которые отлагаются в протоках реки, по её берегам и тем самым повышают в первую очередь полосу русла поблизости от берега. В среднем за много лет ежегодный слой заиления всей дельты Аму-Дарья площадью около 16 000 км², по исследованиям Академии наук УзССР, составляет 15—20 мм, а у реки в многоводные воды по 10—15 см. Ввиду



Рис. 44. План дельты Аму-Дарьи по состоянию на 1944 г.

того, что заиление непосредственно у реки выше, чем в удалении от неё, река протекает по возвышенному ложу и имеет большие поперечные уклоны. Река часто прорывается через дамбы в низину, что приводит к затоплению больших площадей культурных земель и населённых пунктов. По Кара-Калпакии и Южному Хорезму площадь культурных земель, находящихся под угрозой затопления, равна 200 000 га.

Наибольшая опасность затопления существует в дельте Аму-Дарьи, т. е. на участке от Нукуса до Аральского моря. План дельты р. Аму-Дарьи по состоянию на 1944 г. показан на рисунке 44 и схематический поперечный профиль — на рисунке 45. На

рассмотрения их следует: 1) отметки поверхности земли у реки и горизонт высоких вод в реке находятся на одном уровне и выше отметок земли, занятой под посевы, на 2—4 м, т. е. имеются большие поперечные уклоны местности, что и создаёт постоянную угрозу затопления земель, вследствие прорыва дамб; 2) запаса валов (дамб) над горизонтом высоких вод к 1944 г. не имелось, и поэтому за последние годы бывали случаи перелива через дамбы. Во избежание переливов требуется наращивание дамб на 1 м против горизонта высоких вод, 3) для предупреждения поперечных свалов реки в сторону дамб и уменьшения объёма работ дамбы располагаются от берега на 200—500 м.

Типовые профили защитных дамб для Аму-Дарьи показаны на рисунке 46-а, а конструкция креплений откосов от волн и продольных течений, применяемых на Аму-Дарье, на рисунке 46-б. Если дамба проходит вдоль озера, где вода не имеет наносов, и калыматажа дамб ожидать не приходится, то там, кроме крепления откоса (для

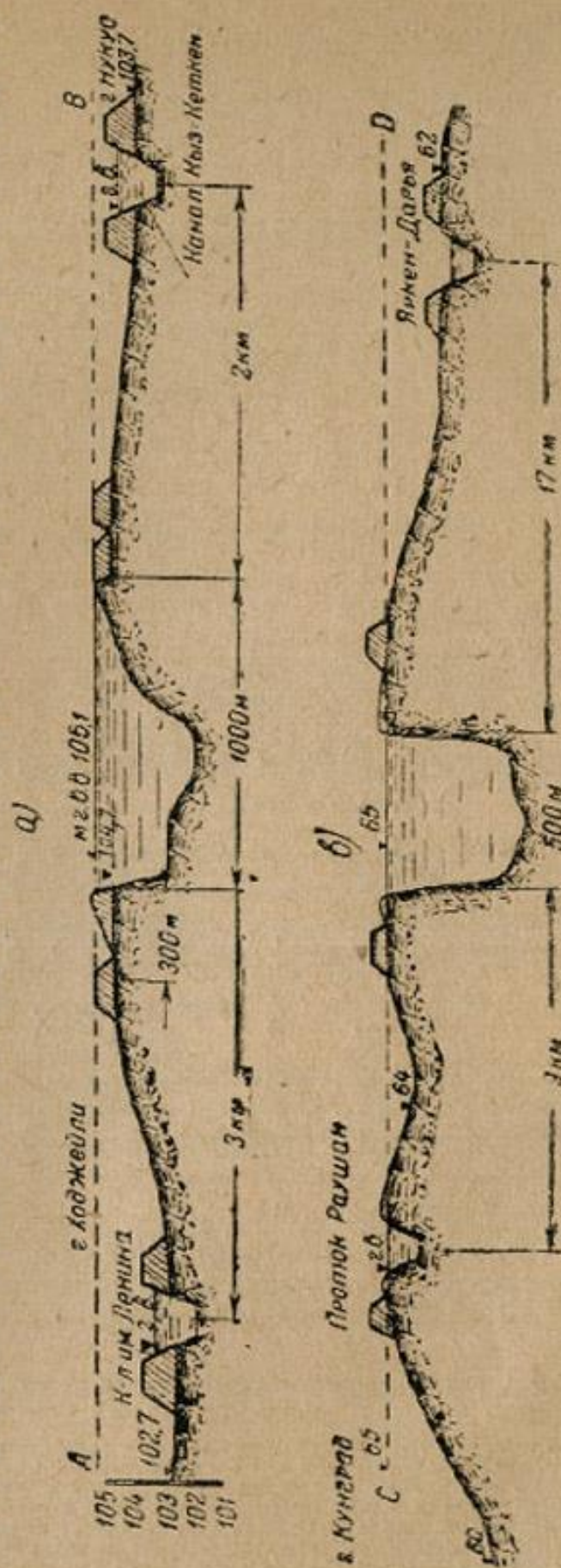


Рис. 45. Схематические поперечные профили дельты р. Аму-Дарьи
а — в отворе г. Нукуз (абсолютные отметки); б — в отворе г. Кунграда (условные отметки).

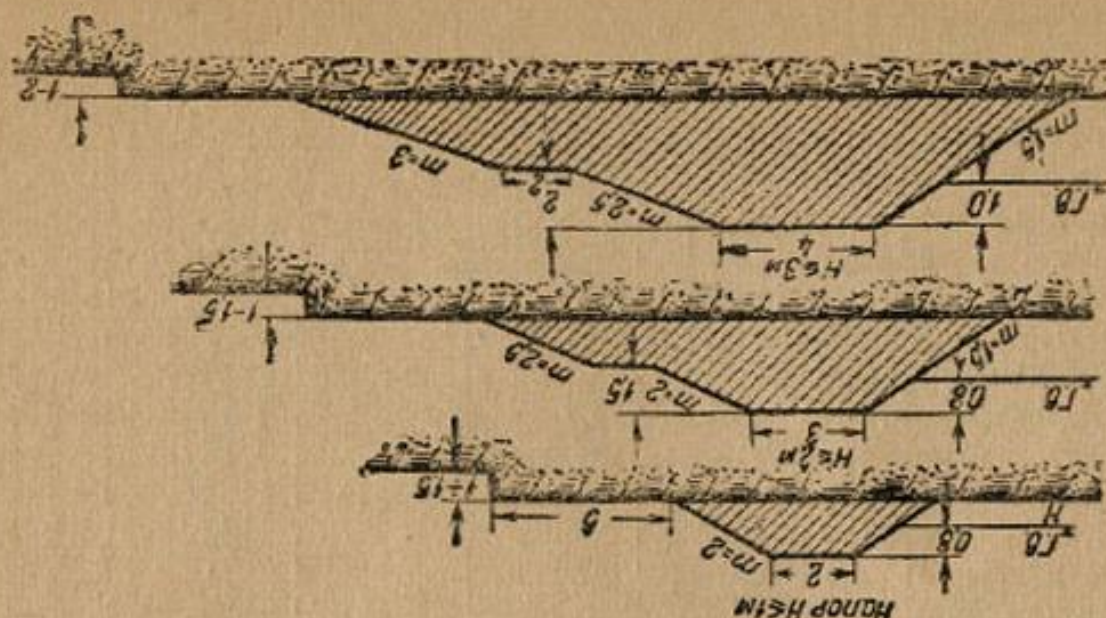


Рис. 46-а. Типовые поперечные профили дамб обвалования на Аму-Дарье.

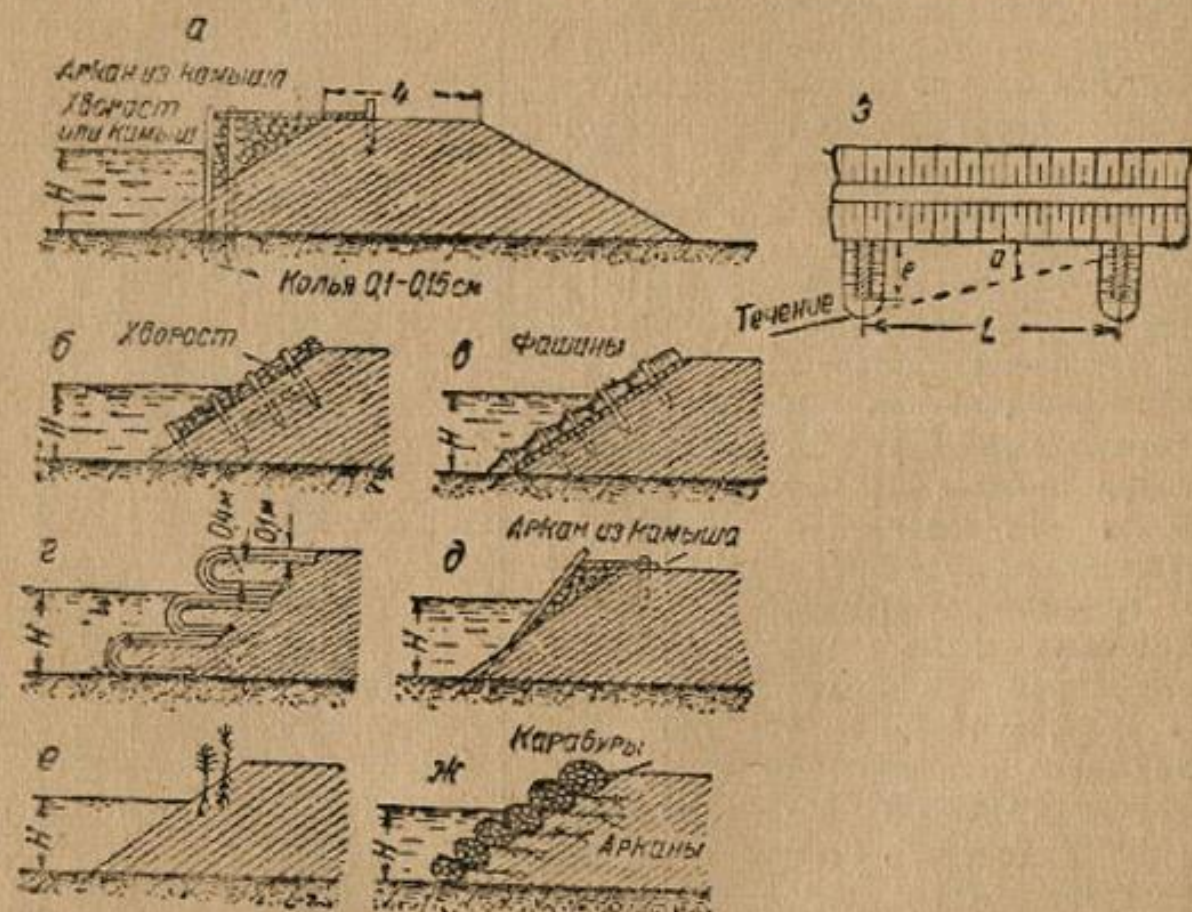


Рис. 46-б. Способы крепления откосов защитных дамб на Аму-Дарье от волн и продольных течений.

а — крепление откоса хворостом или камышом с пришивной кольями на расстоянии 0,8—1,0 м друг от друга. Колья от 3 до 5 м и диаметром 0,1—0,15 м; б — крепление камышово-хворостяной выставкой; в — крепление тычинами и фашинами; г — крепление откоса камышовой заделкой в теле дамбы; д — крепление откоса хворостом или камышом с пришивкой их кольями на расстоянии 0,8—1,0 м друг от друга; е — крепление откоса посадкой таловых кольев, кустарником и посевом трав; ж — крепление откоса камышом и карабурами с осыпной пришивкой в теле дамбы; з — защита дамб от продольного течения шпорами (глухими и съезными).

песчаных грунтов), устраивается в теле дамбы экран или зуб.

В заключение следует отметить, что защитные дамбы на Аму-Дарье до сих пор находились в запущенном состоянии, что приводит, вследствие прорыва дамб, к громадным затоплениям культурных земель и населённых пунктов. Так, в паводок 1934 г. площадь затопления посевов в низовьях Аму-Дарьи составляла около 20 000 га, в 1942 г. — около 15 000 га, из них около 50% посевов хлопка. Убытки, причинённые населению только за эти два года (включая работы по заделке прорывов), составляют около 30 млн. руб. Поэтому на реконструкцию и эксплуатацию защитных дамб должно быть обращено серьёзное внимание.

II. ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ, ЗАЩИТНЫХ И РЕГУЛИРОВОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 9. ПОРЯДОК И СРОКИ СТРОИТЕЛЬСТВА

1. Строительство новых капитальных выправительных, защитных и регулировочных сооружений на реках и ирригационных каналах должно осуществляться на основании технического проекта, разработанного на общих основаниях для нового ирригационного строительства.

По значению и стоимости выправительные, защитные и регулировочные сооружения и работы можно разделить на три категории:

а) союзного значения и особо важные республиканского значения (сверхлимитное строительство). Стоимость работ свыше 2 000 000 руб. Титул утверждается Советом Министров СССР;

б) республиканского значения (нижелимитное строительство). Стоимость ниже 2 000 000 руб. Титул утверждается Советом Министров республики;

в) межрайонного и районного значения. Стоимость меньше 50 000 руб. В план включаются по заданию министерства республики или облводхоза.

Проектирование проводится по стадиям:

- 1) проектное задание,
- 2) технический проект и
- 3) рабочие чертежи.

2. Работы ремонтного характера, проводимые ежегодно в порядке эксплуатационных мероприятий, выполняются на основании актов комиссий, действующих в соответствии с инструкцией Главводхоза, при наличии утверждённой министерством сметы и общей утверждённой схемы эксплуатационных мероприятий.

3. 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 министерством водного хозяйства республики.

4. Работы союзного и особо важные республиканского значения выполняются специальными строительными конторами, подчиненными республиканскому или союзному министерству, работа которых проводится и контролируется согласно существующим правилам.

Работы районного и межрайонного значения для пелей прирращения осуществляются системными управлениями или райводхозами.

Такие работы проводятся постоянным эксплуатационным штатом системных управлений и райводхоза с привлечением для производства их участкового техника, водного объездчика и смотрителей узлов.

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

а) наряд на работу и

б) проектные данные для выполнения наряда и сметы.

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

Работы по строительству должны быть максимально механизированы; для этой цели при эксплуатационных управлениях должны быть созданы специальные механизированные бригады, снаряженные подъемными 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) одной или нескольких грузовых автомашин с прицепами,

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

7. Аварийно-мобилизационный план утверждается районными исполнительными комитетами Совета депутатов трудящихся или министерством водного хозяйства (в зависимости от значимости объекта) и должен содержать в себе:

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

б) объём потребных строительных материалов и пункты их хранения, необходимый транспорт для переброски материалов в месте аварий,

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

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

8. Как правило, защитные и регулировочные работы ведутся при меженном стоянии горизонта воды.

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

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

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 существующей литературе по гидротехническим сооружениям.

К местным материалам относятся: камень, хворост, камыш, местные породы леса, солома, гуза-пая, чим, местный грунт и т. д.

Из завозных материалов употребляются: 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 округлённой формы добывается со дна водоёмов, 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 до 6 м/сек.

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

Штучный тесаный камень идёт, 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 (твёрдые известняки) и песчаники.

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

- 1) значительный объёмный и удельный вес,
- 2) прочность,
- 3) твёрдость и неистираемость,
- 4) морозостойкость.

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

Приём камней у места работ производится по замеру в штабелях в кубических метрах.

Хворост имеет большое применение при возведении выправительных, защитных и водозаборных дамб и полузапруд. Хворост должен быть по преимуществу таловым, в крайнем случае, тополевым, тутовым и других пород. Для защитно-регулирующих работ должен быть свежесрубленный, гибкий, легко прорастающий хворост, длиной 2—2,5 м и диаметром в комле до 3 см. До укладки в штабеля рекомендуется хранить его в воде.

Заготавливаемый хворост подвозится к месту работ, где укладывается с возможной плотностью в штабели, комлями, обращёнными в одну сторону и выравненными по шнуру. Объём штабеля заготовленного хвороста определяется по площади комлей в штабеле, умноженных на $\frac{2}{3}$ 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 гува-пая применяются совместно с хворостом, камнем и грунтом. Солома может быть старой, но не гнилой,

связанной снопами. При приёмке производится замер в кубических метрах. Вес соломы 120 кг/м^3 .

К а м ы ш применяется совместно с хворостом или без хвороста в различных кладках и фашинах.

Камыш применяется в тех случаях, когда заросли его находятся близко к месту работ. Он должен быть молодым, с листьями и заготавливаться в виде снопов, диаметром 20—25 см.

Вес сырого камыша 210 и сухого 120 кг/м^3 , вес в квадратном метре 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 пр.

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

Д ё р н, или ч и м, применяется для загрузки сипаев, наращивания дамб и шпор, защиты откосов и для борьбы с фильтрацией воды через дамбы и черемычки.

Применяемый в строительстве дерн должен быть свежим, не пересохшим и с густопроросшими корнями; желательно, чтобы в нём было больше глинистых частиц, так как они труднее размываются. Размеры отдельных дернин 25×25 см. Вес 1 куб. м дерна 1360 кг.

Дёрн, 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 вперевязку, подобно каменной кладке.

Верх дамбы или полузапруды, сделанной из чимной кладки, не должен затопляться текущей водой, так как в этом случае дамба подвергается опасности разрушения. Приёмка заготовленного чима производится в штабелях.

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

Камыш заготавливается осенью. Хворост и чим преимущественно заготавливаются весной, но если место заготовки находится вблизи работ, то заготовка может производиться и в другое время.

П р о в о л о к а. Для связки сипайных каркасов, карабур и фашины и для сетчатых систем применяется железная неоцинкованная проволока диаметром 3—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 её следует увеличивать и не допускать менее 4 мм. Приёмка 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 сеченая (в см ²)	0,0314	0,0491	0,0703	0,126	0,195	0,283
Предел текучести (в кг на 1 проволоку)	75	116	170	301	471	680

Предел текучести $R_T = 2\,400$ кг/см² определен из формулы $R_T = 0,6 R$, где R — временное сопротивление на разрыв для железа = 4 000 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 снапов, тетраэдров, ряжей, свай, щитов Потапова, пловучей части сетчатых систем и других сооружений.

При строительстве временных выправительных, защитных и регулировочных сооружений технические требования к качеству леса несколько снижаются, что позволяет во многих случаях заменить привозной лес местными породами (тал, тополь, турангил 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 и без других пороков.

Влажность оказывает неблагоприятное влияние на прочность древесины; по степени влажности применяются следующие наименования: воздушносухой лес — 18% влажности; полусухой — 18—23% и сырой — с влажностью более 23%. Влажность сильно изменяет прочность воздушносухого 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 эффективным — просмолка.

§ 11. СИПАЙНЫЕ РАБОТЫ

Сипайные сооружения при регулировании русел рек являются самыми распространенными из всех применяемых в настоящее время защитно-регулирующих сооружений в ирригации.

Сипайная кладка состоит из двух основных элементов:

1. Бревенчатого каркаса — сипая.

2. Заложеной в каркас каменно-хворостяной, каменно-камышовой, камышово-чимной и других видов кладки.

[По типу бревенчатого каркаса сипаи разделяются на трёхногие и четырёхногие (рис. 47).

Сипай трёхногий, состоящий из трёх брёвен — ног, связанных вверху и поставленных в виде граней трёхногой пирамиды.

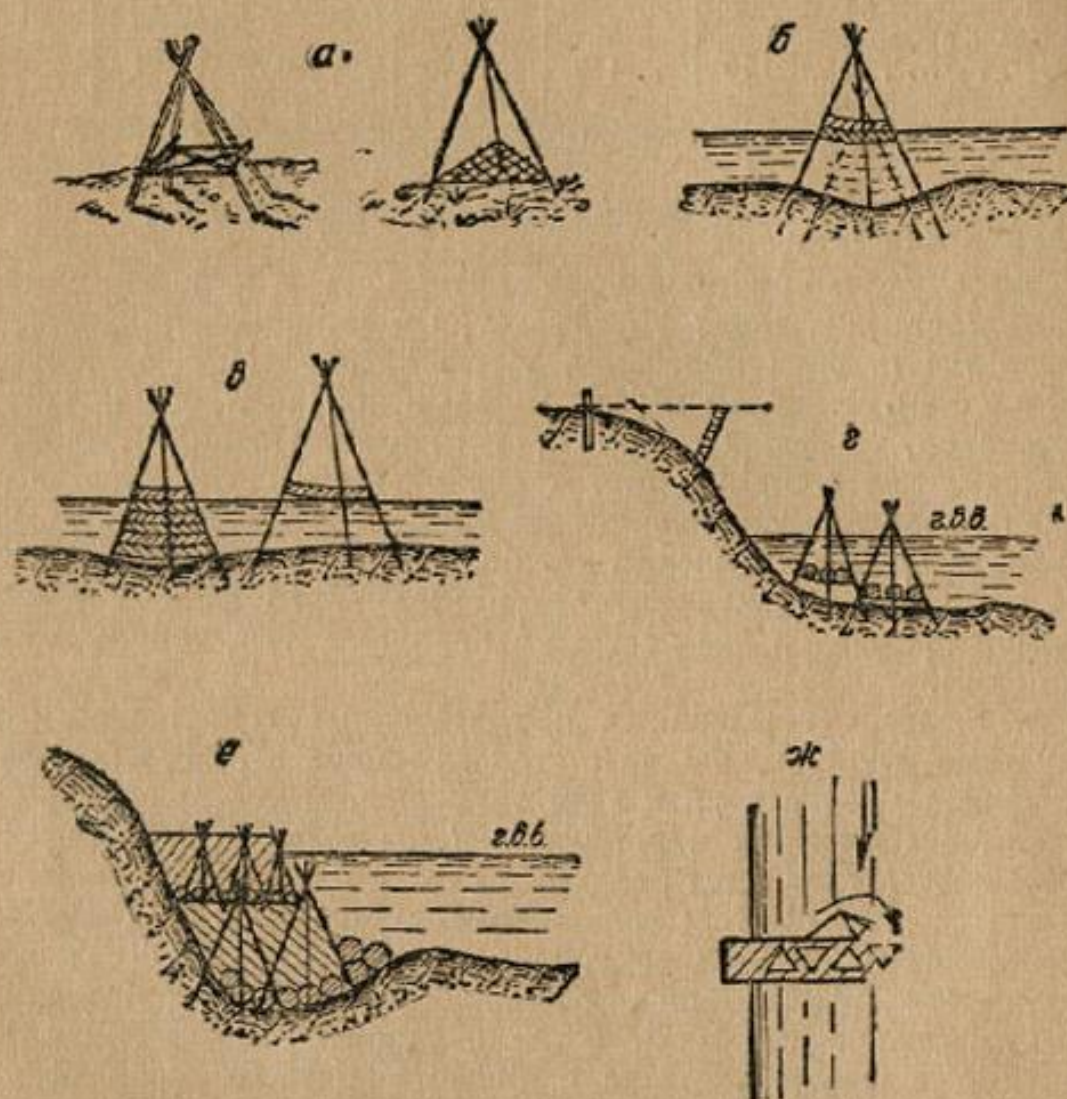


Рис. 47. Конструкция сипаев и их укладка в русло реки

а — четырёхногий и трёхногий сипай, б — приврузка материалов и погрузка сипаев в дно; в — сипаев между собой, г — установка двухрусных сипаев при больших глубинных скоростях и высоком берегу, д — установленные сипаи в два яруса на р. Чирчан, ж — установка сипаев в конце дамбы.

Ноги каркаса в нижней части имеют бревенчатую обвязку из 3 брёвен каркаса. Прикрепление обвязки к ногам каркаса производится с помощью проволоки. Проволочное скрепление придаёт всей системе известную упругость. Поверх бревенчатой обвязки укладываются жерди, служащие поддержкой сипайной кладке.

Сипай четырёхногий состоит из четырёх брёвен, расставленных в виде граней четырёхгранной пирамиды. Кроме того, имеет

он так называемая перевязка из двух брёвен, укрепленных в каркасе по диагоналям. Жердей по обвязке в четырехугольнике не укладывается.

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

Строительство сипайных сооружений производится как в отсутствии 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 сипай устанавливаются только на тех реках, где скорости в паводок не менее 1,2 м/сек., а глубины не менее 1,5 м; при меньших скоростях и глубинах обычно обходятся без сипаев.

Длина ног сипая, в зависимости 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 брёвна 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 H (H — средняя глубина в паводок), а затем производится загрузка сипая слоями кладки до проектной отметки. В этом случае толщина брёвен может быть снижена на 10—20% против предусмотренной существующими нормами.

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

Изготовление сипаев обычно производится поблизости от места их установки; подъем с земли треноги и подтаскивание готового сипая к берегу производится с помощью троса и блоков (рис. 48).

Нагрузка на каждую ногу сипая, при одном первом слое кладки, составляет от 2 до 17 т, в зависимости от размера сипая. Под давлением такого грунта, ноги сипая погружаются в дно реки, и 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 приобре-

тает полную устойчивость, и дальнейшее нарастание сипайной кладки для ног опасности не представляет.

На реках с песчаным руслом иногда поверх первой обвязки, для равномерной загрузки ног, устраиваются повторные бревенчатые перевязки.

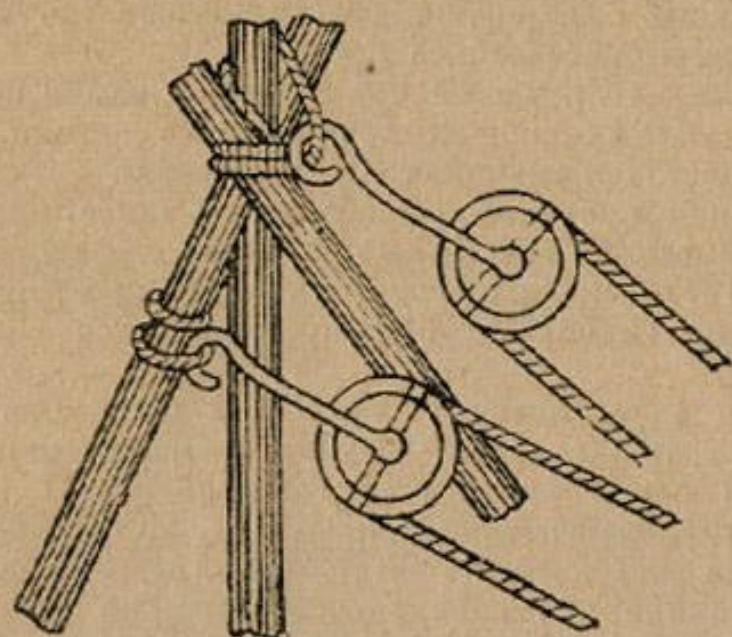


Рис. 48. Крепление вершины сипая.

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 сипая в текущую воду

при больших скоростях и малых глубинах, часто каркас сипая устанавливается с привязанной выше горизонта воды скользящей перекладиной (в виде одного бревна), затем с напорной стороны через 0,5—0,75 м устанавливаются спицы, образующие решётку (рис. 49).

Далее со стороны верхнего бьефа для засорения решётки 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



Рис. 49. Решётка при установке сипая в текущую воду.

оназывается на месте работ. После засорения решётки и замедления скоростей ниже сипая производится его загрузка.

По окончании загрузки сипайная кладка пропускает сквозь себя воду, которая только через несколько дней затягивается влом и тогда становится водонепроницаемой.

Иногда до осадки слоя загрузки на дно под кладкой происходит сильное течение воды, вымывается грунт, что совершенно нежелательно. Для прекращения размыва под сипайную кладку делается подброска на хвороста и соломы.

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, промежуток между сипаями заполняется таким же образом, как загружается сипай. Для образования межсипайной площади 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 пролёта между сипаями. Тогда при погружении первого сипая к его распоркам привязываются жерди, другой конец которых прикрепляется к распорке второго сипая. Загрузка второго сипая идёт одновременно с загрузкой промежутка между ними (рис. 47-в, г). При глубинах более 5—6 м целесообразно прибегать к установке двухярусных сипаев (рис. 47-е).

Нижний 6—7-метровый сипай, приготовленный на берегу с площадкой на высоте одного метра от конца ноги, кранами или вручную опускается в воду и устанавливается на место; внутрь его опускается ряд тяжёлых карабур, каковыми и достигается полная загрузка сипая. По осадке первого ряда сипаев на них устанавливают второй ряд более коротких сипаев, загруженных либо тяжёлыми карабурами, либо обыкновенным путём.

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 основание последнего укладываются тяжёлые карабуры.

При устройстве полузапруды или перегораживающих сооружений, когда с сипаем приходится от берега уходить постепенно к стержню реки, подноска сипая и установка его весьма усложняются. В таких случаях сипай заносится со стороны течения и на канатах медленно подводится к месту установки. После установки сипаев и загрузки промежутков, все сипайные сооружения в целом наращиваются при помощи того же материала — хвороста, соломы, камыша и камня, с расчётом 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 виде прямоугольного треугольника, с установкой одного сипая в вершине такой шпоры (рис. 50). Длина верхней и нижней стороны (бёдра треугольника) составляет 10—20 м и основание длиннее в 1,5—2,0 раза. Угол в вершине треугольника около 90° .

Пример защиты берега реки короткими шпорами треугольной формы показан на рисунке 50, а защита берега канала — на рисунке 51.

Грунт, слагающий русло канала, состоит из смеси песка, гравия и гальки диаметром до 15—18 см. Глубина 1—1,2 м, ско-

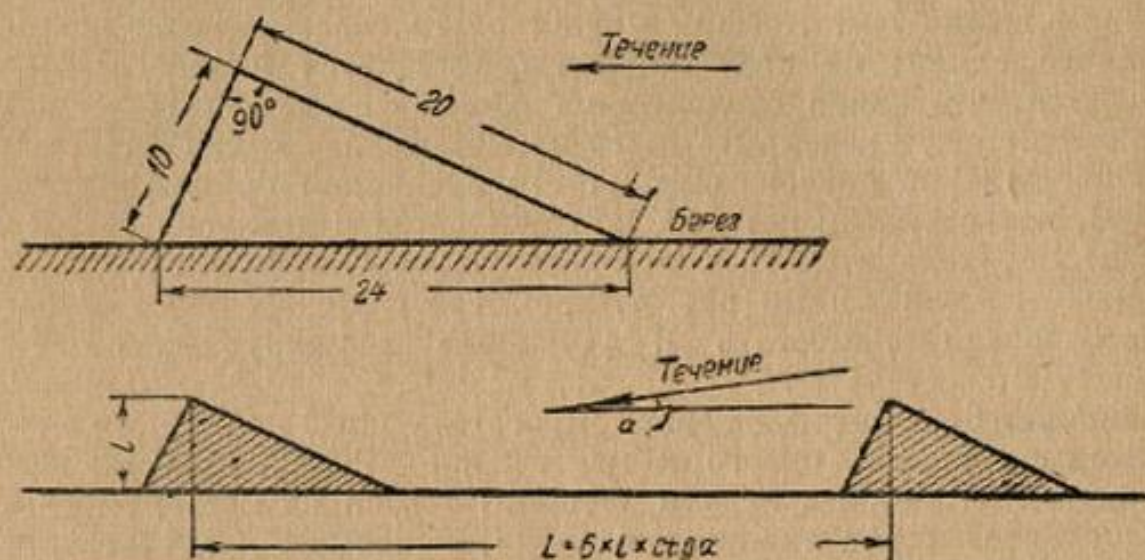


Рис. 50. Схема расстановки коротких сипайных шпор треугольной формы.

рость — 2 м/сек. Шпоры длиной 1,5—2 м установлены на расстоянии 5—6 м друг от друга в заделку 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 они во многих случаях изменяются в зависимости от условий постановки, глубины воды, скорости течения, наличия местных строительных материалов и т. п.

В таблице 14 даётся характеристика применяемых на практике сипаев.

Таблица 12

Наибольшая ожидаемая глубина и резка у места установки синай	Длина ног	Высота, на которой делается обвязка
(в м)		
2.	4,5	0,8
3.	5,5	0,8
4.	6,5	1,0
5.	8,0	1,2
6.	9,0	1,4
7.	11,0	2,0

Таблица 13

Нормы расхода материалов на 1 трёхногий синай

Размер синай (в м)	6,3	8,3	11,0
Из соснового леса			
Диаметр бревен в верхнем отрубе (в см/шт.)	$\frac{12,5}{3}$	$\frac{15,5}{3}$	$\frac{18,5}{3}$
То же для нижней обвязки	$\frac{8,5 \times 5,5}{3}$	$\frac{11,7}{3}$	$\frac{13,8}{3}$
Жердей	$\frac{6,5}{5}$	$\frac{6,7}{3}$	$\frac{7,7}{4}$
»	—	$\frac{6,6}{4}$	$\frac{7 \times 6,5}{2}$
Проволоки 4 мм (в кг)	3,4	5,4	9,0
Из тополевого леса			
Бревен $\frac{\text{см.}}{\text{шт.}}$	$\frac{15,3}{3}$	$\frac{18}{3}$	$\frac{20}{3}$
» $\frac{\text{см.}}{\text{шт.}}$	$\frac{9,5 \times 5,5}{3}$	$\frac{12,7}{3}$	$\frac{14,3}{3}$
Жердей $\frac{\text{см.}}{\text{шт.}}$	$\frac{6,5}{5}$	$\frac{6,7}{3}$	$\frac{7,7}{4}$
То же		$\frac{6,6}{4}$	$\frac{7 \times 6,5}{2}$
» »			$\frac{7 \times 5,5}{2}$
Проволока 5 мм (в кг)	3,4	5,4	9,0

При связке ног синай длиной 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.

Таблица 16

Нормы материалов на четвероугольный сипай (каркас)

Размер сипая (в м)	4,0	5,5	7,0	8,5	11,0
Брёвен соснов. разм.	10 × 4	13,5 × 5,5	16,5 × 7	18,5 × 8,5	18,5 × 11
шт.	4	4	4	4	4
Брёвен соснов. разм.	9,4	12,5 × 5,5	15,0 × 7	16,5 × 8	17,8
шт.	2	2	2	2	2
Брёвен соснов. разм.	6,5 × 4	9 × 4,5	10,5 × 5	12,6	12,6
шт.	4	4	4	4	4
Провол. 4-мм (в кг)	4,0	4,25	5,0	7,0	8,0

Примечание. Для тополевого леса диаметр леса увеличивать на 1—1,5 см.

Таблица 17

Нормы материалов на 1 м² сипайной кладки

Материалы (в м ²)	Тип кладки	
	тяжёлая	лёгкая
Хворост	0,50	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 лёгкие, а иногда и тяжёлые фашины.

Таблица 18

Нормы материалов на 1 м² подброски

Материалы	Подброска	
	хвороста	соломы
Хвороста м ²	1	—
Соломы м ²	1	1
Колёв шт.	2	2

§ 12. КАМЕННО-ХВОРОСТЯНЫЕ (ТАШТУГАНЫЕ) 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/сек. в тело таштуганной кладки устанавливают отдельные сваи, которые служат

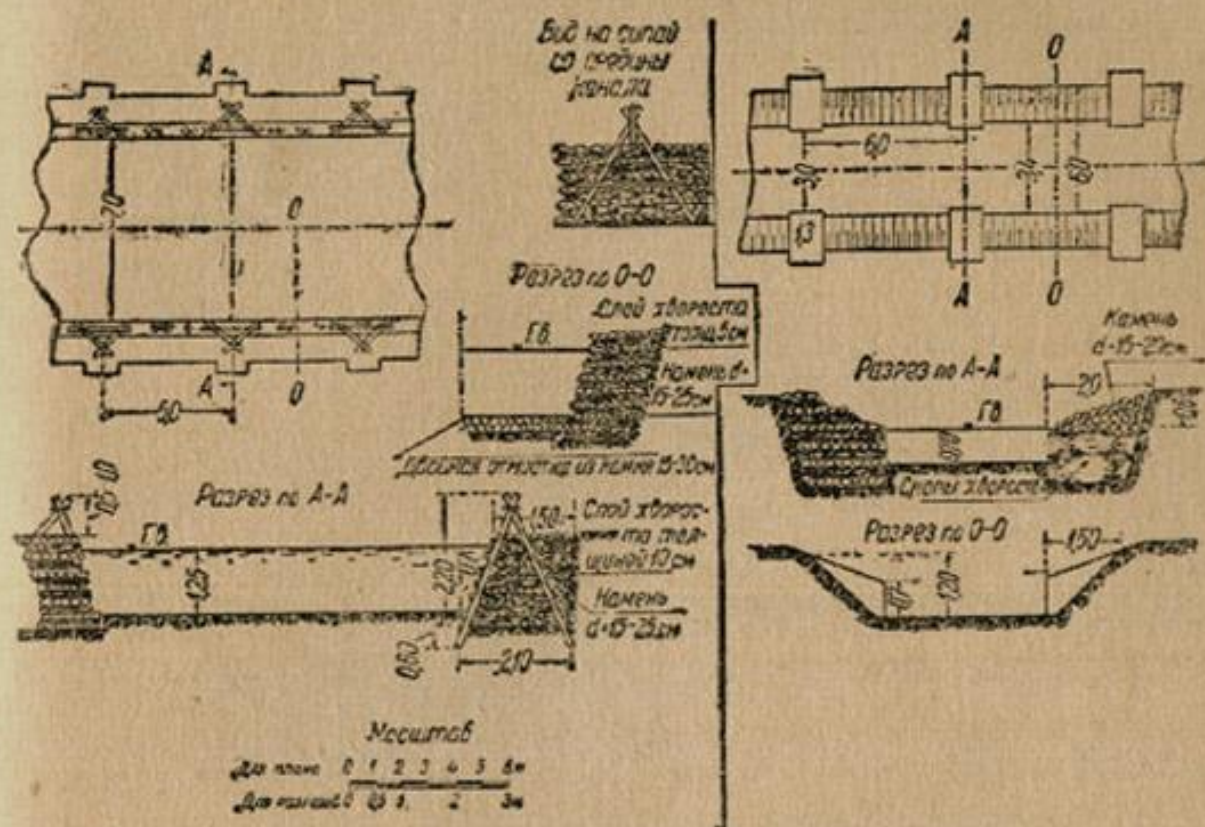


Рис. 51. Крепление откосов и дна каналов на горных участках таштуганной кладкой.

каркасом кладки и увеличивают её прочность. Конструкция таштуганной дамбы показана на рис. 52.

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

Состав работ по производству каменно-хворостяной кладки следующий:

1. Расстиланье хвороста слоем толщиной 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, изъёмом слоем 0,50 м.

Довольно часто хворост заменяется камышом, а камень — чиром (дёрном).

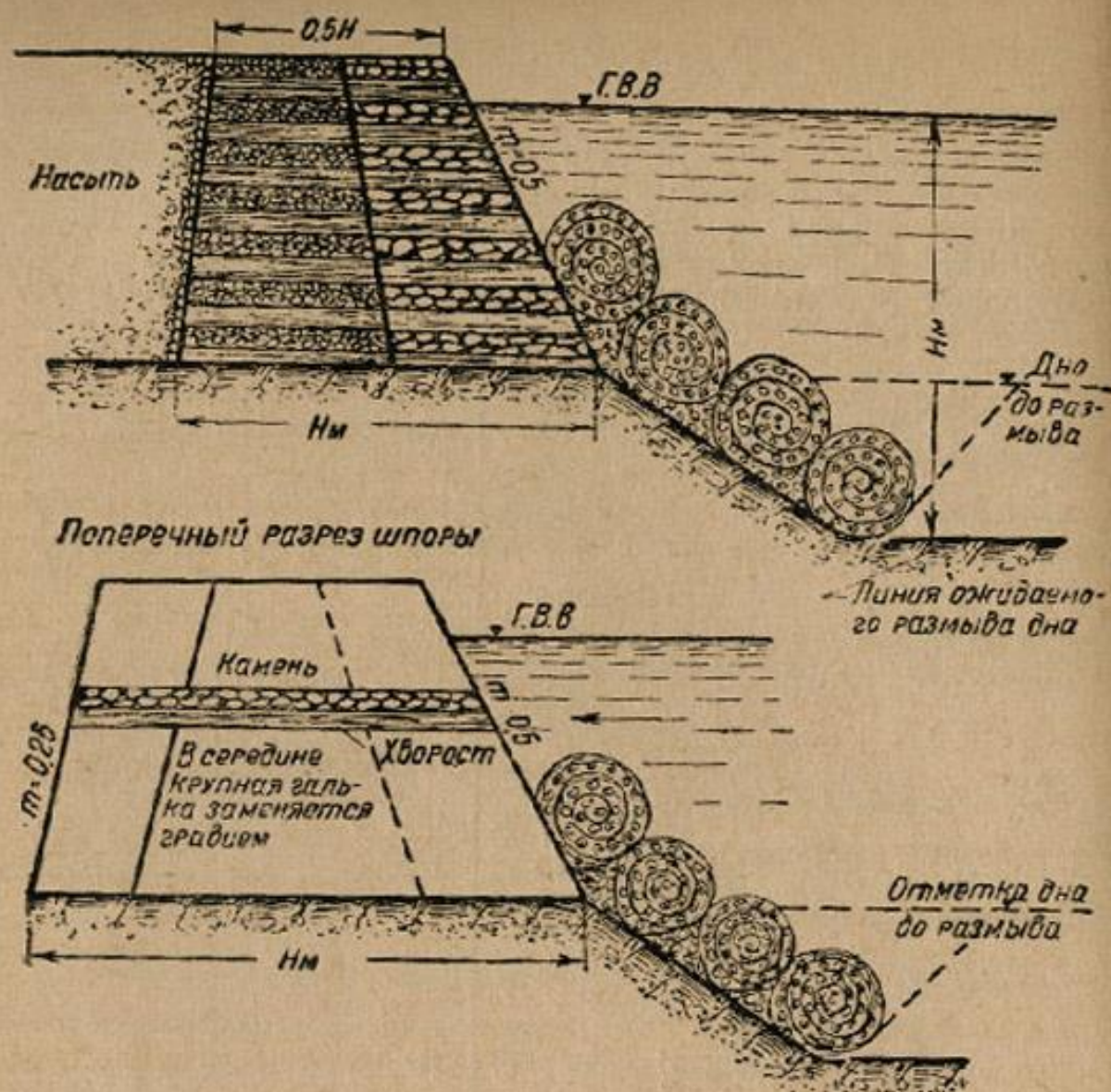


Рис. 52. Поперечный разрез каменно-хворостяной (таштуганной) дамбы с креплением основания карабурами.

Нормы материалов на 1 м³ кладки

Таблица 19

Материал (в м ³)	Таштуганная кладка		Каменно-хворостяная кладка	
	лёгкая	тяжёлая	из заранее заготовленной чина	с заготовкой чина на месте
Каменно-хворостяная				
Хвороста	1,0	0,50	0,50	0,50
Соломы	0,25	0,17	0,17	0,17
Каменя	0,33	0,75	—	—
Чина	—	—	0,50	—
Каменно-камышовая кладка				
Камыша	1,10	0,55	—	—
Соломы	0,28	0,20	—	—
Каменя	0,33	0,75	—	—

В целях экономии крупного камня и удешевления работ во многих случаях целесообразно в середину таштуганной кладки укладывать 50% более мелкого камня, а крупный — по краям кладки.

§ 13. ГАБИОННЫЕ РАБОТЫ

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

Габионная сетка изготавливается на специальном ручном станке (рис. 53), состоящем из следующих частей:

А — нож из полосового железа 63×3 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 30×30 мм для вращения ножа;

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

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

Ж — чугунная плита с прикрепленными брусками *Е*, *Е*;

З — мыльница из жести, в которой распускается мыло для уменьшения трения проволоки при прохождении её 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, устанавливаемые на козлы;

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

Плетение сетки производится на двух досках, расположенных сбоку станка; одна доска кладётся 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, обращённого 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 конец проволоки заги-

бається крючком, вставляється в прорізь трубки і зацепляється за острій ніж.

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

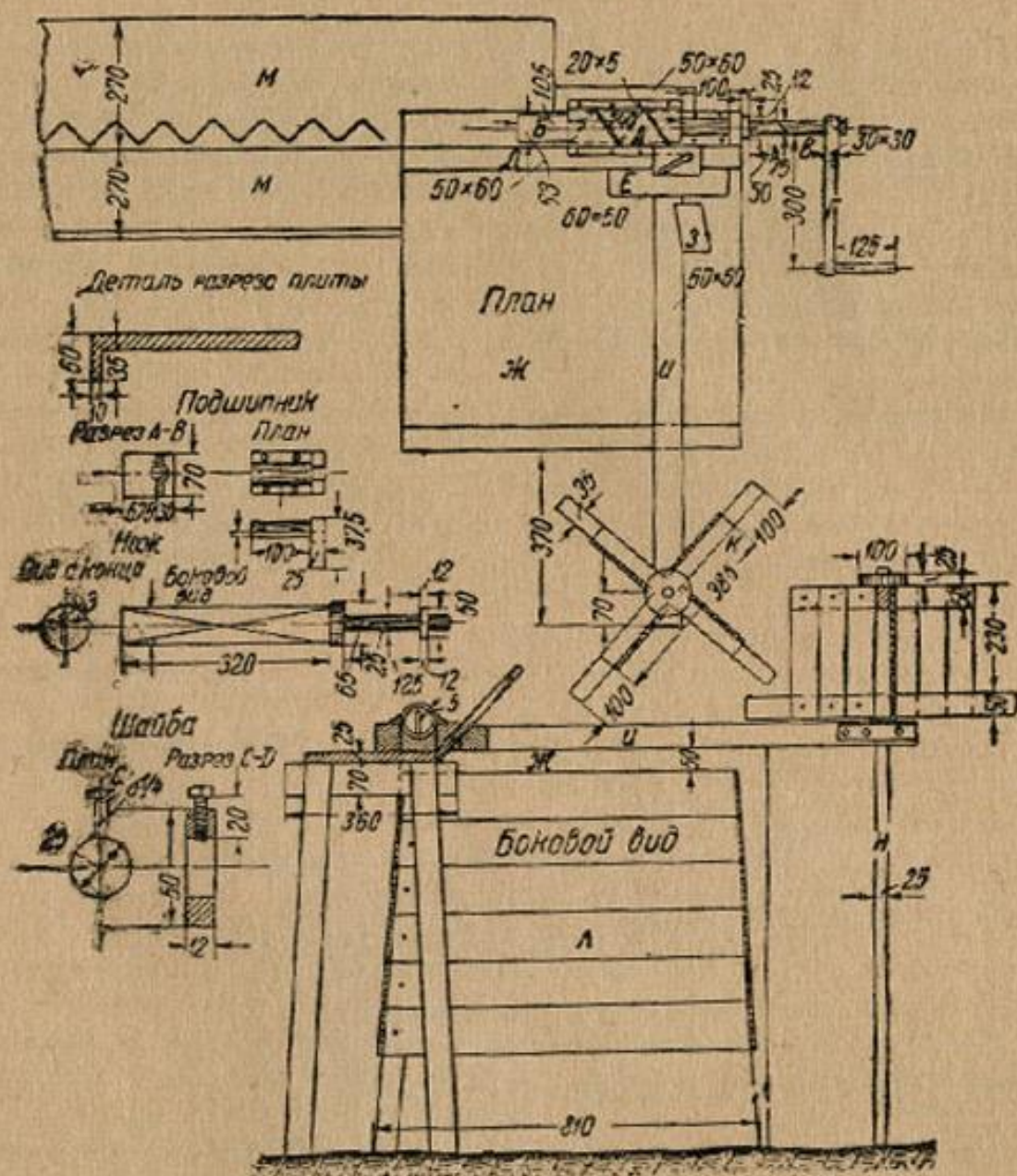


Рис. 53. Станок для плетения габионных сеток.

Нож вращается до тех пор, пока не получится требуемой длины сетка, которая ранее должна быть намечена на горизонтальной доске и затем отрезана и сдвинута немного от первоначального положения к самой грани угла, образуемого досками, которые и служат указанием местоположения проволоки.

При вращении ножа проволока выходит из трубки; при вращении своём зацепляет за угол лежащей на доске проволоки, затем отрезается второй конец проволоки, и сплетённые два

конца проволоки растягиваются в поперечном направлении на доске гвоздями и располагаются так, чтобы второй конец лежал на месте первого, а первый отодвигается 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 получается полотно необходимых размеров, которое снимается со станка, растягивается на платформе шпильми и кроится (полотно вяжется) таких размеров, чтобы при кройке на стенке габионов не было обрывков.

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 загнываются петлями, которыми каркасы боковых полотнищ соединяются с каркасом дна габиона и вращаются на нём как на шарнирах. Таким же образом соединяется каркас крышки с каркасом боковой грани на шарнире.

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

При плетении сеток употребляются плоскогубцы для загибания проволоки и кусачки для обрезки проволоки.

Габионы рассчитываются на разрыв проволоочной сетки по допускаемым напряжениям на оцинкованную проволоку¹.

Таблица 16

Допускаемые сопротивления разрыву сетки, применяемой для габионов

Размеры ячеек (в мм)	Толщина проволоки (в мм)							
	2,0	2,2	2,3	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8
Сопротивление разрыву (в кг на 1 м ² сетки)								
50 × 70	5 028	6 081	7 854	—	—	—	—	—
60 × 80	4 022	4 865	6 284	7 822	9 661	—	—	—
80 × 100	3 017	3 649	4 723	5 912	7 245	8 718	—	—
100 × 120	2 514	3 040	3 927	4 926	6 038	7 261	9 073	—
120 × 140	2 011	2 432	3 142	3 941	4 830	5 811	7 288	8 864
140 × 160	1 760	2 129	2 749	3 448	4 227	5 085	6 531	7 756

Пример пользования таблицей. Требуется рассчитать габион в виде параллелепипеда размерами: длина

¹ К и е п е р. «Применения металлических сеток в гидротехническом строительстве», Труды Северокавказского научно-мелиоративного института, 1930.

3,0 м, ширина 1,2 м, высота 1,2 м, с ячейками сетки 100×120 мм, с заполнением камнями весом $1\,700 \text{ кг/м}^3$.

Вертикальная нагрузка на 1 м^2 дна габиона равна: $Q = 1\,700 \times 1,2 = 2\,040 \text{ кг}$, коэффициент запаса равен 2, будем иметь $P = 2\,040 \times 2 = 4\,080 \text{ кг}$. 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.

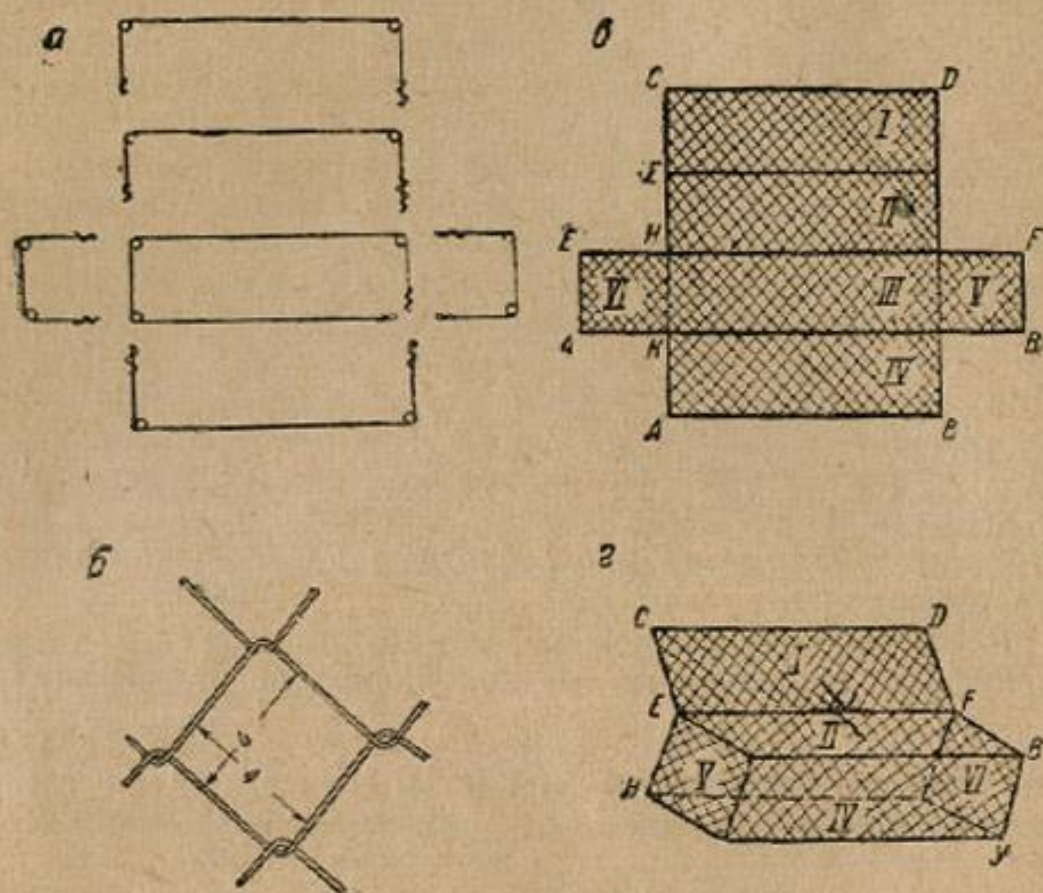


Рис. 54. Изготовление габионных ящиков.

Монтаж габионов. Габионная сетка раскладывается на земле. Затем стенки поднимаются так, что получается ящик с открытой крышкой, четыре ребра которого связываются между собой тонкой оцинкованной проволокой.

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 большей глубине воды, последнюю нужно отвести или место установки оградить временными перемычками простейшего типа. Дно котлована должно быть спланировано путём подсыпки крупного камня.

Вязка габионных ящиков может производиться в стороне от работ на специальной площадке; по окончании монтажа они

Размеры ячеек и вес 1 м² сетки

Размер ячеек (в мм)	Толщина проволоки (в мм) и вес 1 м ² проволоки (поверхность сетки)				
	2,4	2,7	3,0	3,4	2,9
140 × 140	—	—	0,800	1,160	1,540
130 × 130	—	—	0,800	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	—	0,820	1,140	1,470	—
105 × 105	—	0,820	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	—	0,910	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	—	—	—	—

переносятся на место. При укладке должны быть соблюдены следующие правила.

1. Вертикальные рёбра одного габиона как можно крепче связываются с рёбрами другого габиона.

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

3. При помощи железных стержней, длиной около 1,5 м, пропущенных в ячейки дна у угла габиона, растягивают габион, придавая ему правильную форму, а стержни забивают, если возможно, в грунт.

4. При установке первого габиона дно его растягивается четырьмя железными стержнями 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 постели-

стого 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 проволоку, соединяющую боковые грани в стенки габионов. Делается это для удержания габионов от выпучивания и для сохранения правильной их формы. Эта проволока должна быть прикреплена 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 её скрепление по длине периметра на всех трёх сторонах крышки.

9. Когда затягивание закончено, связывают рёбра крышки с ближайшей проволокой 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. Без ремонта габионы стоят 20 лет. Изготовление габионов неправильной формы допускать нельзя, ибо крышка не совпадет с рёбрами боковых стенок и связку их осуществить не представится возможным. Соседние габионы не будут совпадать боковыми гранями, и между ними будут просветы.

Поскольку наиболее дорогой частью габионов является сетка, постольку и сокращение её 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 одну смежную стену можно не делать. Однако в этих случаях требуется более тщательное их привязывание.

Обычно в основание сооружения укладываются более тонкие и длинные тюфяки. При подмыве дна они изгибаются, прикрывая собой подводный откос. Величина выпуска тюфяка зависит от предполагаемой величины размыва дна и вообще не должна быть

менее максимальной глубины потока у места размыва (рис. 55).

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 защите 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

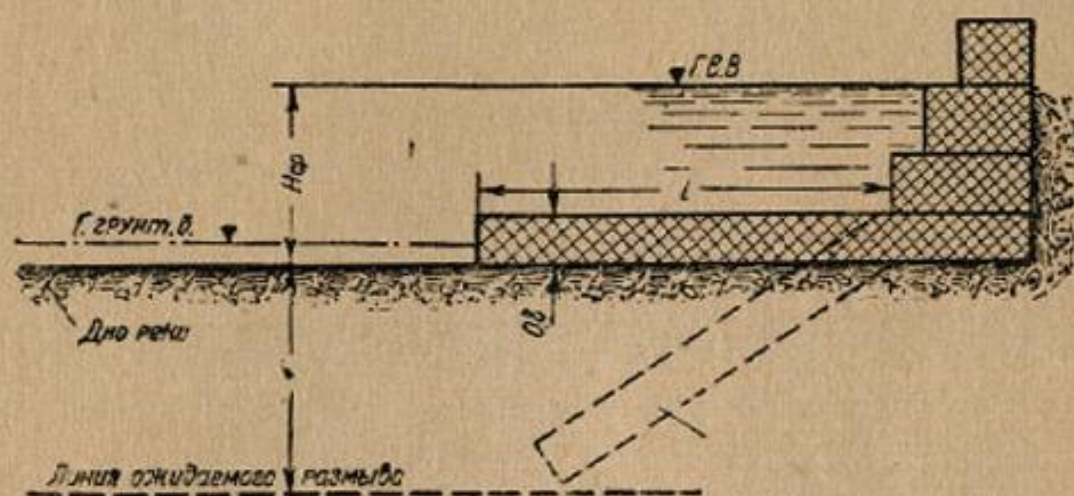


Рис. 55. Габионная дамба.

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, причём разгрузка транспортной магистрали производится с помощью системы разгрузочного агрегата, состоящего из удлиненного транспортёра телескопического и веерного. Удлиненный транспортёр будет принимать поток камня в конце основной транспортной магистрали и передавать его на телескопический транспортёр. Длина телескопического транспортёра может меняться в пределах до 15 м (если транспортёр состоит из 2 секций) путём раздвижки секций. Удлиненный же транспортёр может менять свою длину на 15—30 м путём вставки секций по 15 м длиной.

Таким образом удастся достигнуть разгрузки камня в любой точке вдоль продольной оси разгрузочных транспортёров.

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

Хворостяные корзины. Хворостяные корзины применяются, вместо габонов 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 плетётся из более мелкого хвороста. Размер корзины $3 \times 1 \times 1$ м.

На одну корзину требуется около $0,75 \text{ м}^3$ хвороста. Стоимость 1 корзины, в зависимости от подвозки хвороста, меняется от 17 до 28 руб. Чтобы исключить снос корзины, последние прикрепляются к специальным анкерам, установленным на берегу, или укрепляются другими способами.

§ 14. РЯЖЕВЫЕ РАБОТЫ

В тех случаях, когда имеется достаточное количество дерева и крупного камня для укрепления водосливов, нижнего бьефа сооружений, а также для устройства временных водозаборных сооружений или перемычек, применяются ряжи. Главнейшие из наиболее употребительных конструкций следующие.

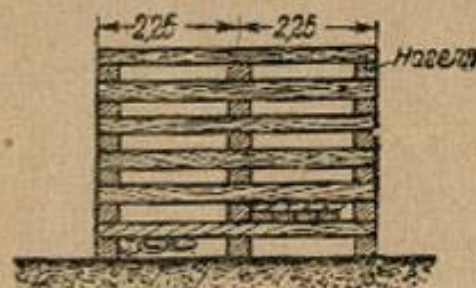


Рис. 56. Брусчатые ряжи американского типа.

Ряжи со сплошными вертикальными поперечными стенками устраиваются обычно из круглого леса и заполняются камнем и грависто-галечниковым грунтом.

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 кладётся более крупный камень (рис. 56).

Для удержания ряжей от сдвига, если позволяет грунт, забивают старые рельсы, металлические или деревянные сваи (рис. 57).

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.

В последнее время находят применение железобетонные ряжи из брусьев сечением $0,16 \times 0,20$ м, армированные четырьмя

прутьями диаметром 10 мм и связанными между собой металлическими тросами, диаметром 18 мм. Размер клеток ряжей 2,8—3,0 м. Железобетонные ряжи прочнее и долговечнее деревянных.

В качестве примера применения деревянных ряжей американской рубки, загруженных камнем, может служить барраж, выстроенный на реке Кара-Дарья в Ферганской долине (рис. 58). Проектом предусматривалось обеспечение потребного забора воды в правобережный ирригационный канал и одновременно

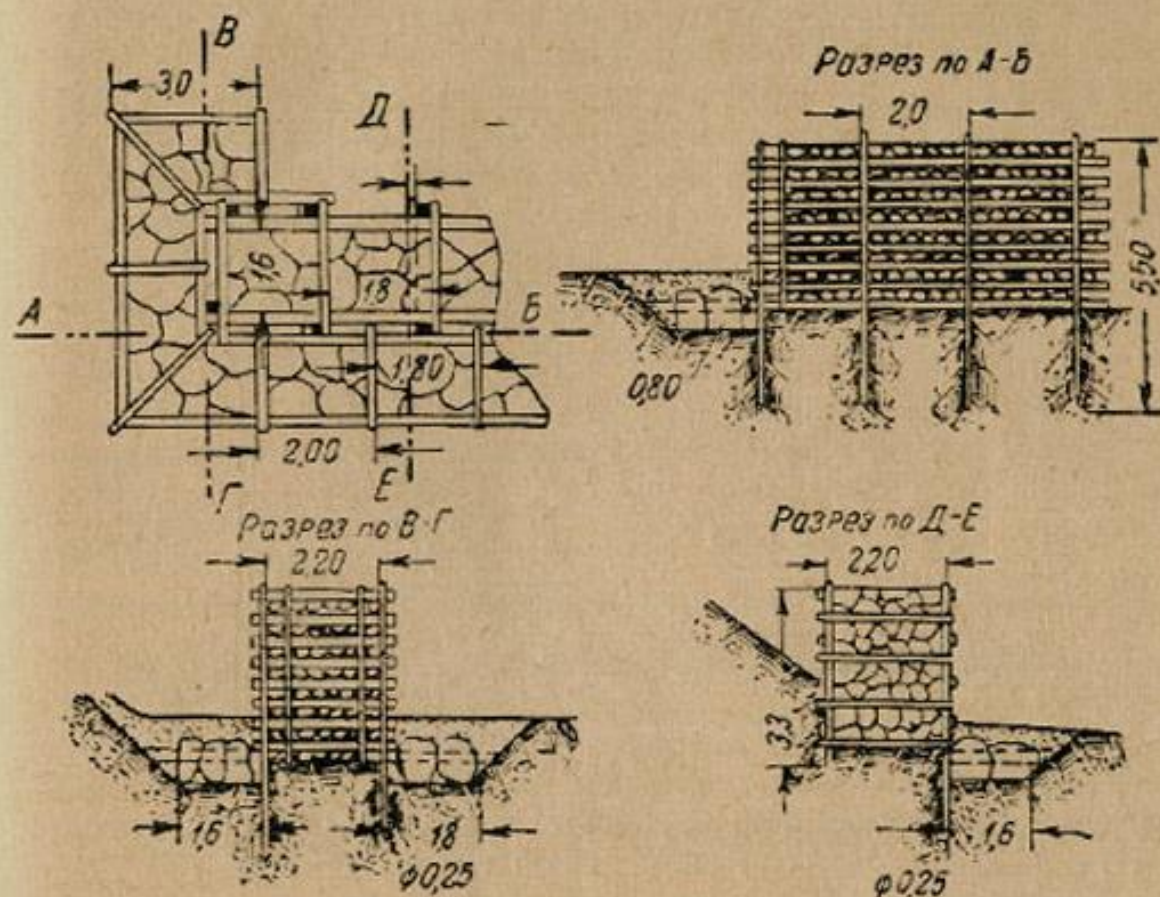


Рис. 57. Ряжевые сооружения.

уменьшение ежегодных денежных расходов на регулировочные работы с 200 000 до 50 000 руб.

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

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.

Стоимость строительства барража составляет около 1 200 000 руб. Объем работ: земляных 37 830 м³, деревянных 1 380 м³, каменных 11 250 м³, бетонных 940 м³ и габионных 1 870 м³.

В плане барраж имеет криволинейный вид. Длина барража 428 м. Гребень левой части барража выше правой на 1 м. Отклонения потока к правому берегу, как это предусматривалось в проекте,

не произошло, и он (правый берег) в первый же год работы оказался занесённым довыми наносами, т. е. река как бы не заметила построенного сооружения, и стоимость ежегодных защитных и регулировочных работ сохранилась в прежнем объёме.

Основными причинами неудачной работы барража являются:

1) русло перед барражом слишком широкое, вследствие чего поток блуждает по руслу; ширина русла оставлена 400 м, вместо

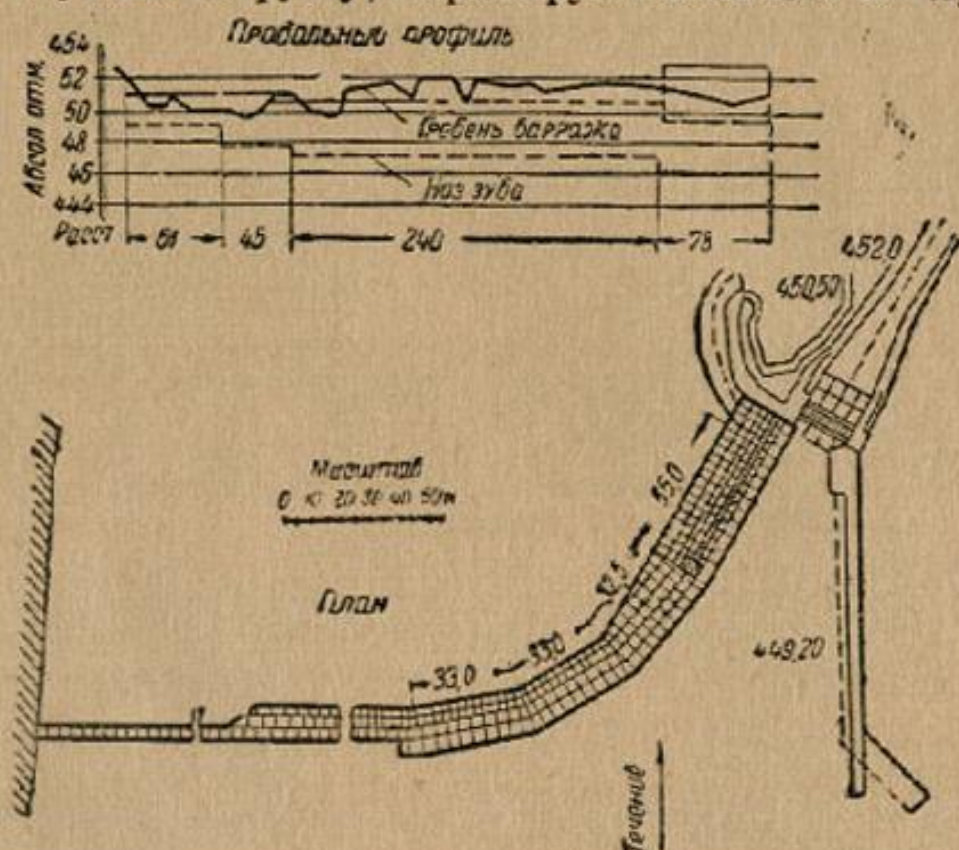


Рис. 58. Четырёхступенчатый ряжовый барраж в голове канала. Русло реки состоит из песчано-галечникового грунта.

требуемых для Кара-Дарьи в этом месте (для расхода $1\,000\text{ м}^3/\text{сек}$ по формулам 5 и 6) около 120 м;

2) барраж должен быть расположен к потоку под более острым углом (рис. 34) (по типу Камырь-Раватской плотины или водозаборной дамбы и водосливов Бозсу).

В будущем правый берег должен быть защищён от размыва на длине около 700 м, а левая часть поймы ограждена защитной дамбой, с тем, чтобы подводящее русло имело в плане форму сужающегося насадка.

§ 15. ФАШИННЫЕ И КАРАБУРНЫЕ РАБОТЫ

Фашинные и карабурные работы по регулированию русел рек обычно производятся в местностях, где имеется хворост, камыш, солома, камень, галька, чим (дёрн) и другие местные строительные материалы.

Указанные выше материалы позволяют производить из них разного рода довольно прочные и эластичные крепления в виде: фашии, карабур, канатов и разного рода облицовок и тюфяков, укладываемых на откосах рек и каналов.

1. Канаты могут быть приготовлены из тала (ивы), камыша, куги, осоки и тамариска. Размер изготавливаемых канатов зависит от их назначения. Так, например, для укрепления уложенной на откос выстилки применяются прутья или камышовые канаты толщиной 10—12,5 см и длиной 10—12 м, перевязанные вицами через каждые 20—30 см. Такие канаты вяжутся на переносных козлах (рис. 59).

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 виде дуги длиной 1,6—2,0 м (в м ²)	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 фашии и карабур.

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

Таблица 23

Характеристики каната	Диам. каната (в см)	Усилие R_t при котором произошел разрыв	Предел текучести $R_t = 0,6 R$
		(в кг)	
Канат свит из 2 прядей осоки и куги (50% каждого материала), длина каната 5 м	2	50	30
То же	2	60	35
То же, но осока была лучшего качества (зеленая)	2	70	42
Канат свит из 4 прядей осоки и куги, т. е. канат был свит из 2 канатов диаметром 2 см	3,5	150	90
То же	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.

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

4. Тяжёлые фашины изготавливаются на станках, конструкция которых ясна из рис. 60.

Конструкция фашины такова, что оболочка готовится из хвороста или камыша, а середина загружается камнем, галь.

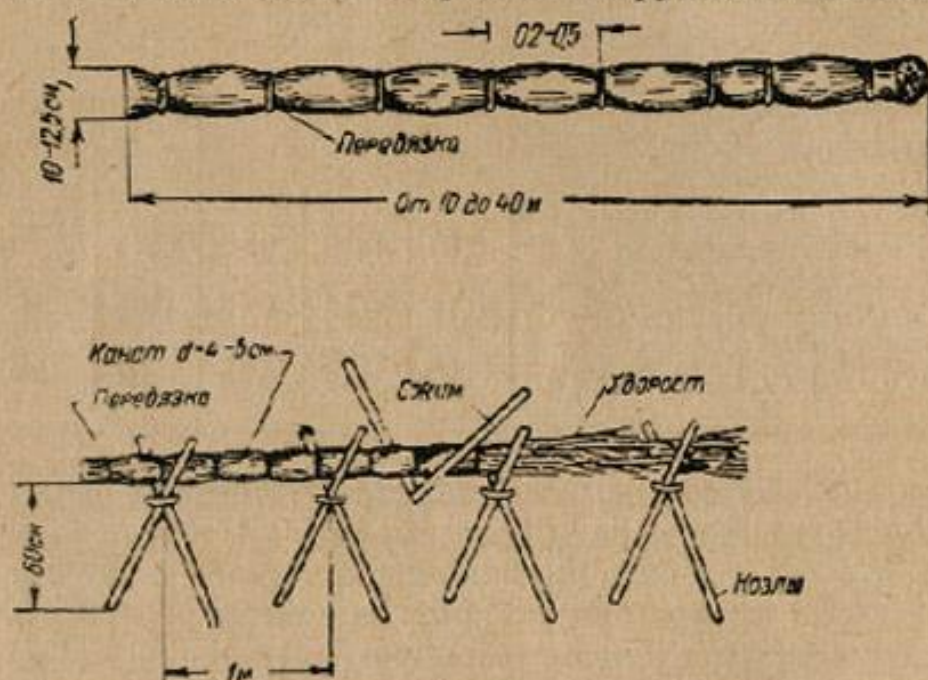


Рис. 59. Вязка однокомельных фашин.

кой или чимом. С целью уплотнения хвороста в фашину кладут слой соломы.

5. Тяжёлые карабуры имеют форму слоёного рулета, свёрнутого из хвороста, соломы и камня. В некоторых случаях, вместо хвороста, применяют камыш, а вместо камня — чим (дёрн) 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.

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

1. Каменно-хворостяные с добавлением для уплотнения соломы.

2. Камышово-гравийные или галечниковые, также с применением соломы.

3. Камышово-чирные (дерновые).

4. Камышово-земляные, с добавлением камня для увеличения веса.

5. Смешанный тип (хворост и камыш — камень и гравий).

В таблице 24 даётся длина и толщина закручиваемых в карабур слоек хвороста, соломы и камня, а также объём погонного метра карабуры в зависимости от их диаметра.

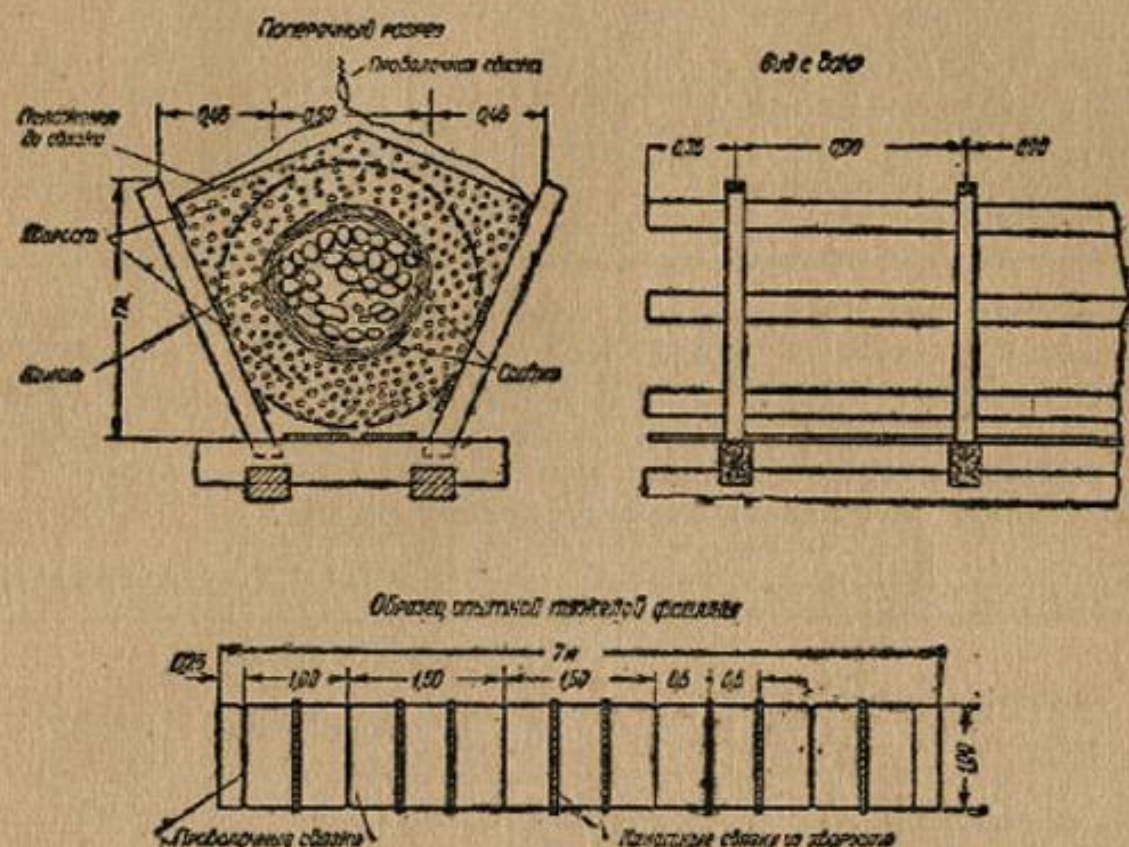


Рис. 60. Станок для вязки тяжёлых фашин.

Таблица 24

Диаметр карабур	Измерение	0,7	1,0	1,6
		(в м)		
Длина закатываемого слоя	м	3,5	5	7
Объем пог. м карабур	м ³	0,4	0,8	2,1
Толщина закатываемого слоя хвоста	м	12,0	16	30
Длина концов проволок или каната	>	4,5	6	8
Слой хвоста в неспрессованном виде	см	12,0	16	30
Слой соломы неспрессованной	>	3,0	5	8
Слой камня булыжного или крупной гальки	>	6,0	8	15

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

Таблица 25

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

Фашины изготовляются на специальных станках, устанавливаемых у места будущей укладки. Проволока раскладывается поперёк станка рядами через 50 см, затем кладется слой соломы и в середину — камень. Затем сверху укладывается вновь слой соломы, хвороста, и производится стягивание проволокой.

В таблице 26 указана характеристика фашины.

Таблица 26

Название элементов фашины	Диаметр фашины (м)			
	0,7	1,0	1,6	0,7 (тяжёлые)
Длина окружности (в м)	2,20	3,14	5,0	2,20
Объём 1 пог. м фашины (м ³)	0,40	0,80	2,10	0,40
Диаметр каменной насыпки	0,36	0,50	0,90	0,67

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

Таблица 27

Наименование материалов	Диаметр фашины (м)							
	0,7		1,0		1,6		0,7 (тяжёлые)	
	на пог. м	на м ³	на пог. м	на м ³	на пог. м	на м ³	на пог. м	на м ³
Хворост (м ³)	0,40	1,0	0,80	1,0	2,0	1,0	0,28	0,70
Солома (м ³)	0,16	0,45	0,32	0,70	0,80	0,70	0,14	0,35
Камень или гравий м ³	0,10	0,25	0,20	0,25	0,63	0,31	0,25	0,63
Проволока $d=5$ мм (кг)	1,30	3,25	1,70	2,12	2,55	1,28	1,30	3,13
Фашины (карабуры) пог. м	—	2,50	—	1,25	—	0,50	—	2,50

Конструкция тяжелой фашины из хворостяных виц с заполнением середины крупным камнем (на р. Аму-Дарье, Чарджоу) показана на рис. 62.

Производство работ по вязке карабур. Для приготовления карабур на берегу или на дамбе планируется площадка с уклоном в сторону спуска. Ширина и длина площадки должны быть

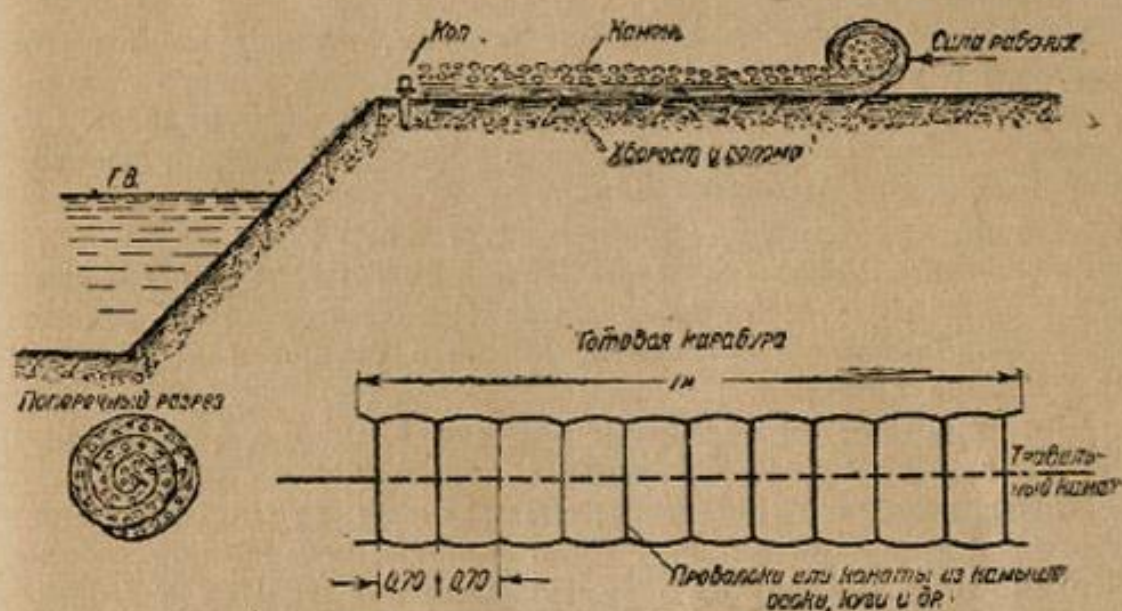


Рис. 61. Скручивание карабур.

несколько больше ширины и длины карабур в развёрнутом виде (рис. 61).

На выровненной площадке по её краям, обращённым к воде, забивается ряд колышков, расположенных по прямой линии, в расстоянии 50 см друг от друга.

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

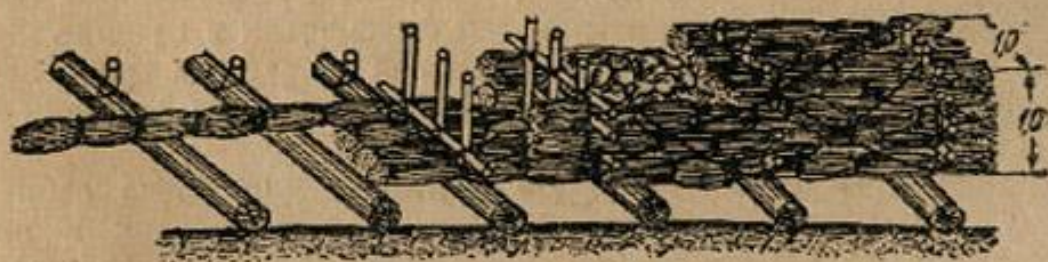


Рис. 62. Последовательность вязки тяжелой фашины.

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 карабур в развёрнутом виде, с запасом на завязку. При диаметре карабур 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 кладут слой хвороста или камыша. Толщина слоя хвороста или камыша берётся в 20—25 см; длина слоя должна равняться длине пласта развёрнутой карабуры; ширина пласта равняется длине карабуры.

На хворост, для уплотнения кладки, кладут слой соломы, толщиной в уплотнённом виде 5—10 см (если вместо хвороста применяется камыш, тогда надобность в соломе отпадает). Сверх соломы укладывается слой крупной гальки, толщиной 10—25 см, в зависимости от диаметра карабуры. В случае отсутствия гальки или камня, вместо них, кладётся дёрн 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 свёртывать весь пласт.

Когда карабура свёрнута, 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 сбрасываются привязанными на проволоке, прикрепленной к забитым на берегу свайкам. С этой целью внутрь карабуры, до её свёртывания, кладётся обрубок дерева, длиной 30—40 см, к которому привязывается проволока или канат.

При изготовлении и опускании карабур необходимо применять лебёдки лёгкого типа или рычаги.

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

На время производства укладки слоёв карабуры тросы лебёдки 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 свёрток и потом лишь помогают тросам ровно свёртывать карабуру. После того как карабура свёрнута, и проволока, отвязанная от колышков, прикреплена к проволокам, обхватывающим тело карабуры, этими же лебёдками карабуры скатываются в воду.

В этом случае могут применяться лебёдки, нашедшие применение в «малой механизации» со следующими основными параметрами:

Тяговая сила	0,5—1,5 т
Скорость троса	около 0,5 м/сек.
Мощность движения	от 11 до 27 л. с.

а) План

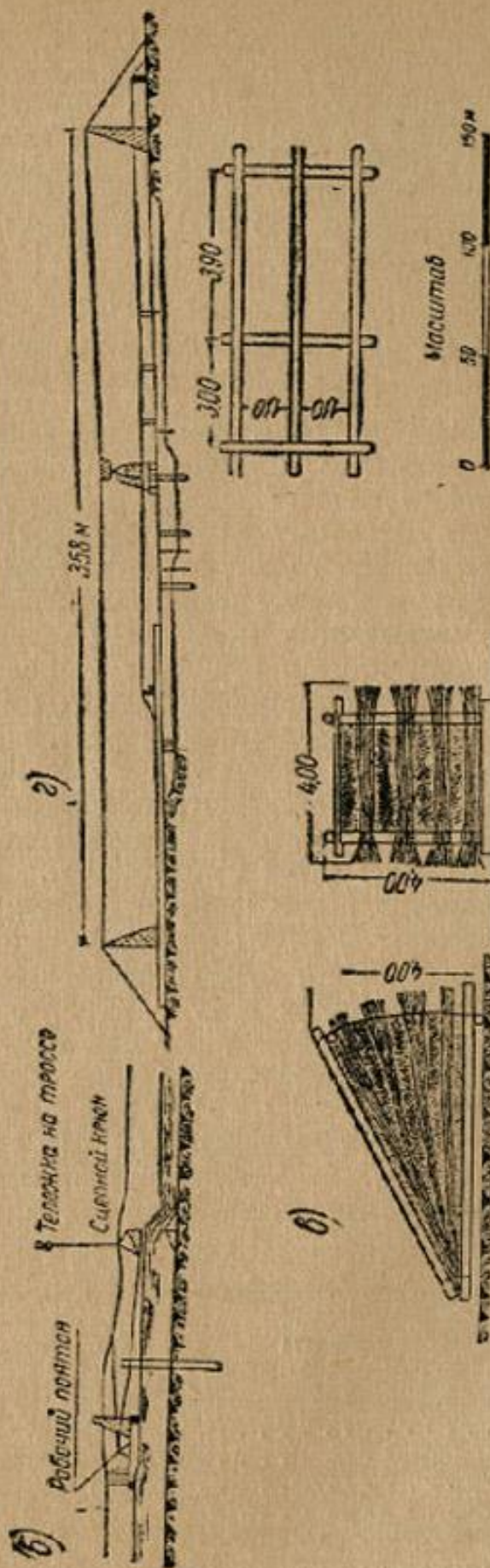
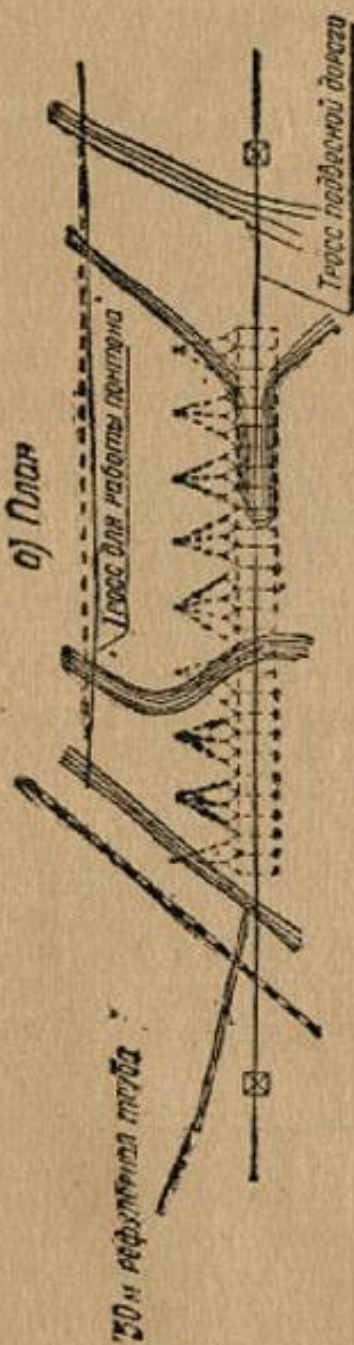


Рис. 63. Способы укладки треугольных туюнков в русло р. Колорадо для поднятия горнянтов воды перед головой канала.

а — план участка, где производили работу по устройству плотины на хвостостных треугольных туюнках; б, в — схема установки туюнка; в — туюнок, примененный американцами для временных плотин на Колорадо.

Иногда для регулировочных работ употребляют треугольные или четырёхугольные 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. 63).

§ 16. КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ ВЫСТИЛКАМИ, МАТАМИ И ТЮФЯКАМИ

Хворостяная и камышовая выстилка. Выстилки применяются для крепления откосов каналов и рек, при этом речные откосы крепятся выше горизонта меженных вод и в частях, 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, причём вершины последующих рядов перекрывают ряды хвороста, примерно, на $\frac{2}{3}$ их длины.

Для лучшего прорастания хворост направляют вершинами в сторону бровки под углом 30° к направлению течения воды. Поперёк хвороста укладывают, на 1 м один от другого, хворостяные канаты; для камыша укладываются камышовые 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.

По высоте колья выступают над канатами на 5 см.

В целях прорастания, выстилка пригружается растительной землёй в количестве $0,1 \text{ м}^3$ на 1 м^2 выстилки. Толщина выстилки в сжатом состоянии 10—30 см. На рисунке 57 представлено крепление откоса хворостяной поперечной выстилкой. Подводная часть укреплена гибким тюфяком, пригружённым камнем.

Таблица 28

Наименование материала	Едиз. измер.	Хворостяная выстилка	Камышовая выстилка
Хвороста	м^2	0,178	—
Хворостяных канатов	пог. м	1,600	—
Кольев	шт.	1,730	—
Камыша	м^3	—	0,178
Камышовых канатов	пог. м	—	2,250
Кольев	шт.	—	4,500

В таблице 28 даётся норма расхода материалов на 1 м^2 выстилки толщиной 15 см (для выстилки толщиной 30 см количество хвороста или камыша надо увеличить до $0,328 \text{ м}^3$).

За последнее время на каналах применяется комбинированный способ крепления откосов, состоящих из камышовой выстилки и ивовых хлыстов (рис. 64). Последние в свежем виде уклады-

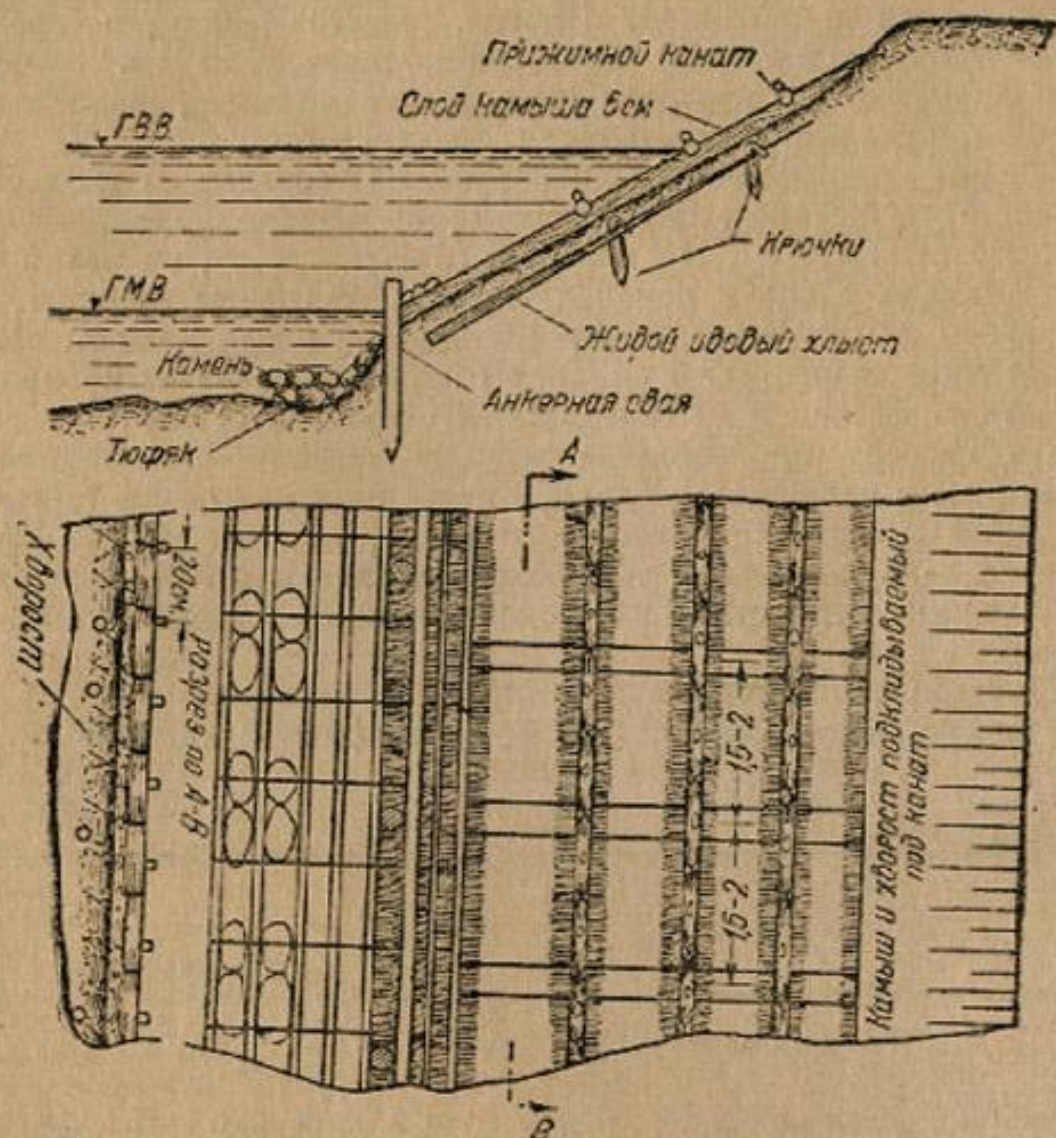


Рис. 64. Крепление откоса камышовой выстилкой и заложение живого крепления из ивы.

ваются под выстилку и закапываются на 10—15 см в откос берега с тем, чтобы нижний конец хлыста доходил до уровня грунтовых вод. Хлысты укладываются через 1—1,5 м друг от друга, с течением времени прорастут, и корневая система их укрепит откос берега выше горизонта грунтовых вод.

В зоне 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 уменьшается, так как действие корневой системы с течением времени увеличивается.

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

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

Тюфяк амударьинского типа (рис. 65) состоит из двух слоёв хвороста, уложенных перпендикулярно друг к другу, толщина каждого слоя 7,5 см. По нижнему слою хвороста, на расстоянии одного метра вдоль и поперёк тюфяка, положены фашины диаметром 10 см; в клетки между фашинами уложен камень, поверх камня слой хвороста 7,5 см. Затем кладётся сетка из проволоки, а места пересечения её 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

Наименование материала	Едини. изм.	Мат	Тюфяк
		количество	
На надводную часть тюфяка и мата			
Хворост в плотном теле	м ³	24,0	30,0
Камень в кладке	м ³	13,0	22,0
Проволока 4 мм	кг	1 200,0	400,0
На подводную часть тюфяка и мата			
Хворост в плотном теле	м ³	24,0	50,0
Камень в кладке	м ³	13,0	22,0
Проволока 4 мм	кг	1 100,0	350,0
" 6 "	" "	660,0	—
" 8 "	" "	—	1 170,0
Трос $d = 20$ мм	пог. м	40,0	40,0
Бетон	м ³	1,13	1,13
Брёвна 20 см	м ³	1,32	1,32
Доски 20 × 5 см	м ³	0,60	0,60

На Волге и Днестре применяются тюфяки, загружаемые камнем сверху (конструкции их напоминают амударьинские маты). Для их вязки, вместо проволочных сеток, применяются сетки из прутяных канатов (рис. 66). Прошивка тюфяка волжского типа производится мочальными или пеньковыми верёвками.

Нижний ряд канатов в сетке кладётся по ширине, а верхний по длине предполагаемого тюфяка. Узлы пересечений канатов связываются верёвками, концы которых оставляют такой длины, чтобы они были достаточны для пропуска через всю толщину уложенного материала и для обвязки верхней сетки. После этого

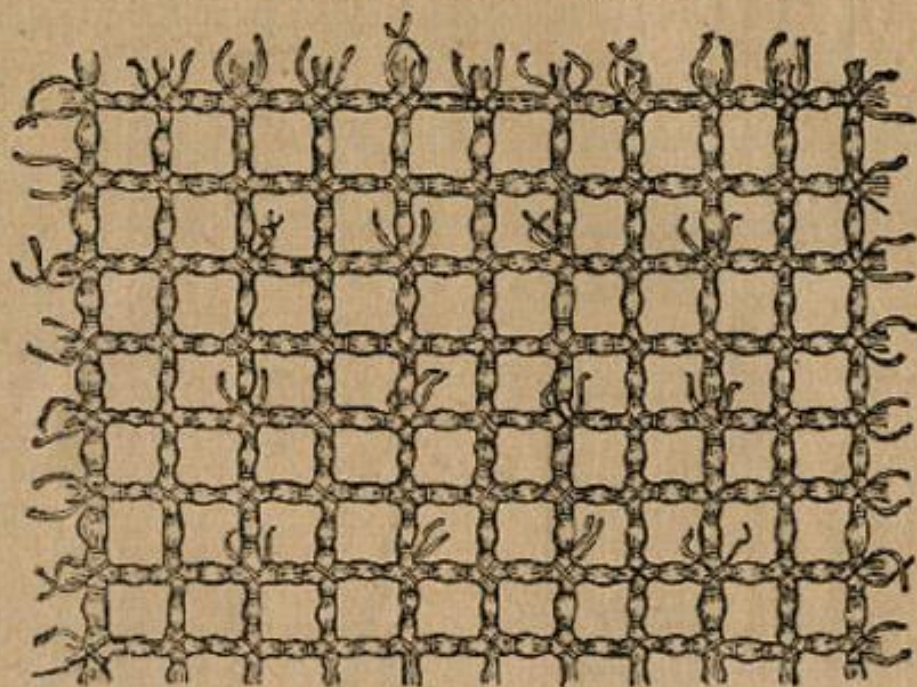


Рис. 66. Нижняя сетка из прутяных канатов для крепления тюфяка.

в узел вставляются особые кольца «козульки», а концы верёвки (линьки) надевают на верхний конец козульки (рис. 67). Когда тело тюфяка достигает требуемой толщины, на него укладывается верхняя сетка так, чтобы узлы верхней сетки совпадали с узлами нижней. После этого концы верёвок снимают с козулек и крепко, при помощи аншпугов (рис. 67-в), завязывают в верхних узлах, притягивая верхнюю сетку к нижней; после этого козульки вынимаются.

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

Вязка тюфяка производится на береговых стапелях, которые одновременно служат для спуска тюфяка на воду (рис. 68). 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, причём у первого ряда свай глубина должна быть 1,5 м;

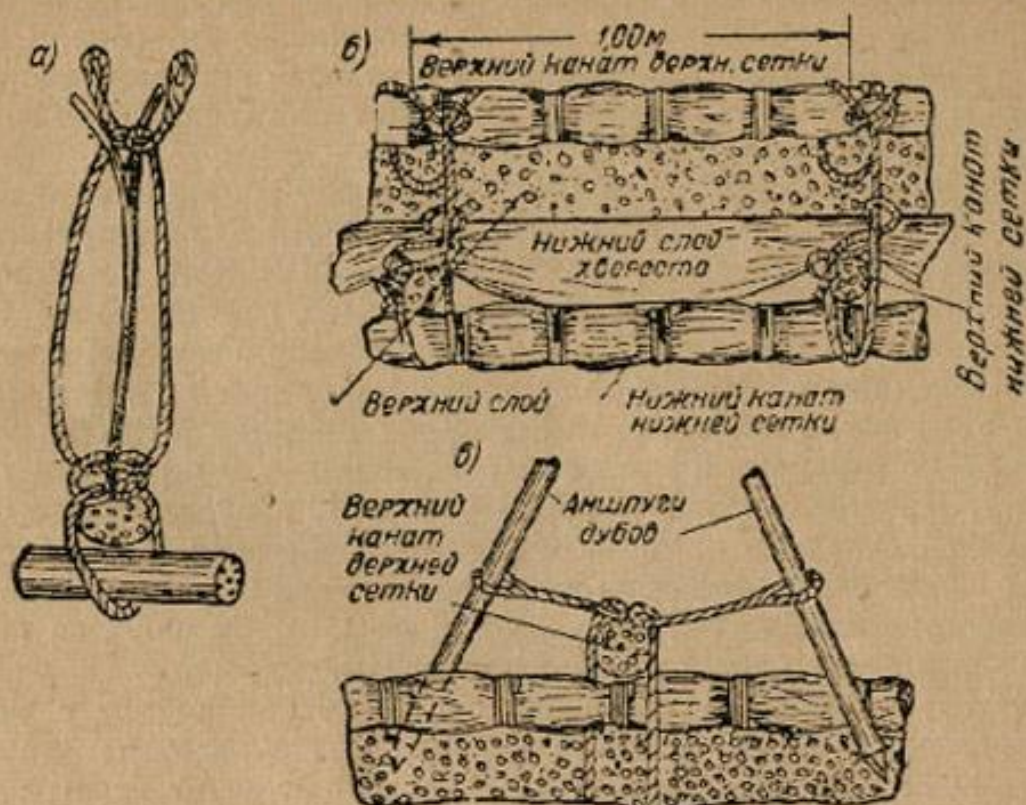


Рис. 67. Вязка тюфяка.

а — вязка пикн сй сетки и заплата концов верёвки на пикну; б — вязка тюфяка; в — загибание верхней сетки амшпугами.

при недостаточной глубине тюфяк во время спуска упирается в дно и может подвергнуться. Поэтому, если глубина недоста-

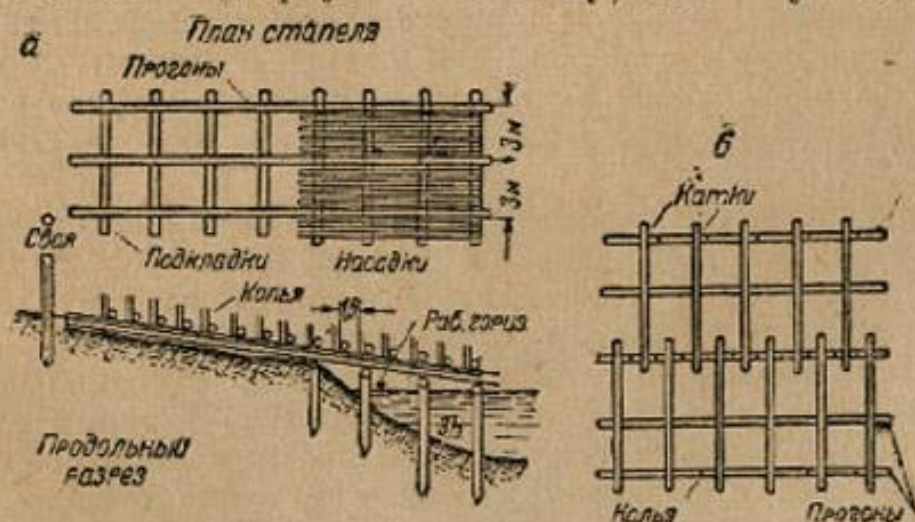


Рис. 68. Вязка тюфяков волжского типа.

а — устройство стапеля и б — устройство кольев на прого нах для удержания тюфяка.

точно, 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 2×45 и 30×40 м. При очень больших по объёму работах сетки иногда устраиваются стационарными, на подшипниках (рис. 69). Во время вязки тюфяк удерживается на стапеле кольями, закреплёнными в специальные отверстия по краям и в середину; перед опусканием кольца 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 направлениям расположения напорной и сливной кромок тюфяка; при этом все промерные стволы привязываются в плане к магистральной по берегу, а в высотном отношении — к проектному горизонту. При постановке тюфяков у берега, когда вязка их производилась недалеко от места потопления, тюфяки перевозят вручную вдоль берега на двух или трёх чалах. 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 $0,12 \text{ м}^3$. После загрузки тюфяка чалки освобождают.

В местах с небольшими скоростями течения (менее $0,80 \text{ м/сек.}$) вязка тюфяка может производиться на пловучих стапелях. Пловучие стапели собираются: а) брёвнами по течению, б) брёвнами поперёк течения. Размеры пловучего стапеля устанавливают по размерам тюфяка с запасом по 1 м в каждую сторону. Для спуска тюфяка на воду брёвна выдергиваются из-под тюфяка снастями. Для облегчения выдергивания брёвен, они затапливаются баграми.

Укладка амударьинского тюфяка с понтона. Для производства работ по укладке подводного тюфяка размером 20×10 м в условиях р. Аму-Дарьи рекомендуется понтон из трёх 25-тонных каюков. Рабочая площадь настила понтона 22×10 м.

Понтон оборудуется двумя лебёдками, расположенными в носовой части, и двумя якорями, с 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 лебёдки или ворота, которые придерживают тюфяк при спуске его в воду (рис. 70).

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

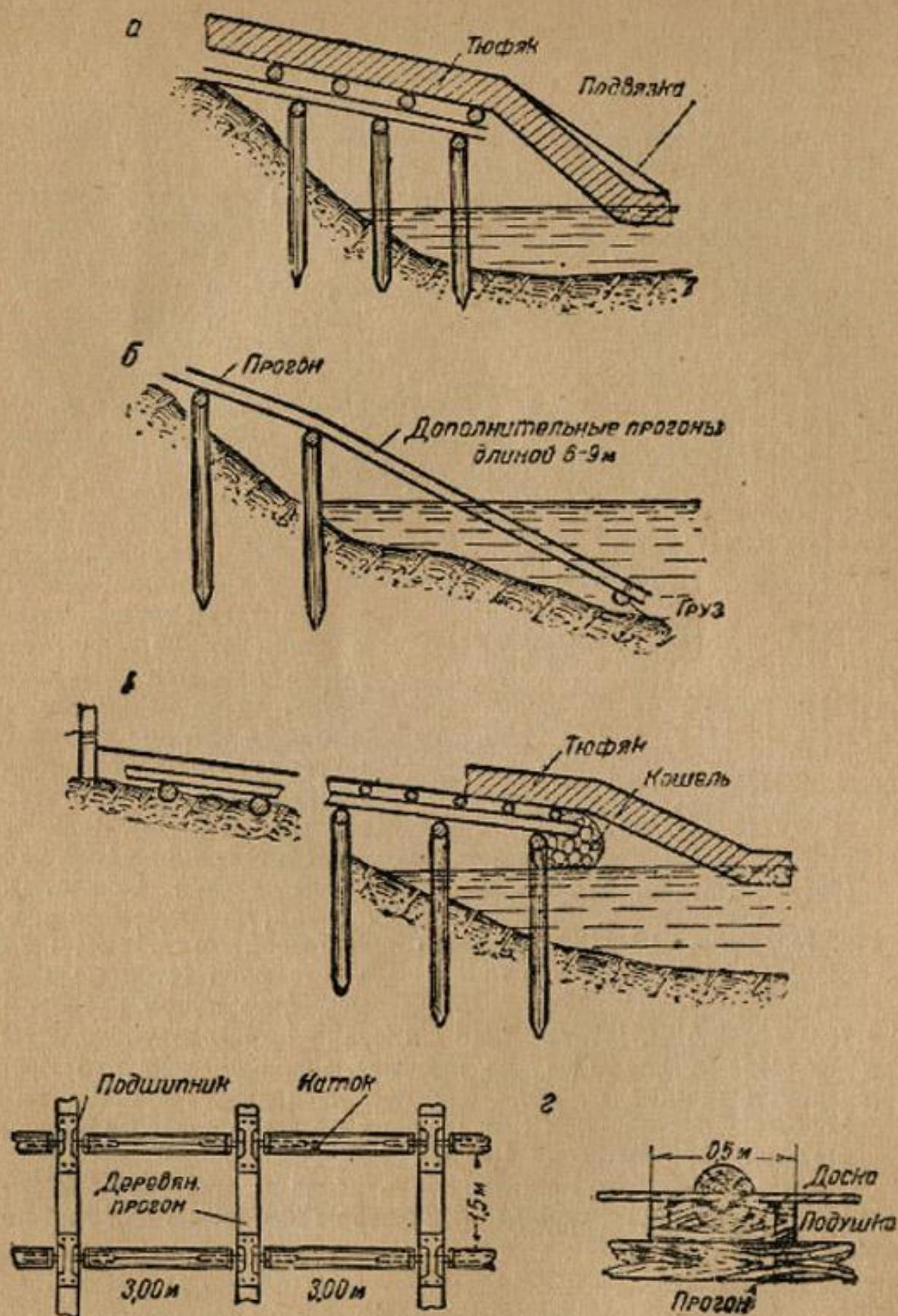


Рис. 69. Спуск в воду тюфяка волнового типа.

а и в — спуск тюфяка в воду, б — удлинение платформы в сторону реки, г — катки на подшипниках.

Понтон, закоренный у места предполагаемой укладки тюфяка, причаливает к берегу. Вдоль берега зарываются анкерные сваи, к которым привязываются тросы $d \approx 2$ см. Другой конец тросов 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 подаётся на понтон и раскладывается по настилу; противоположные

концы проволок подвываются к бревну, уложенному по настилу понтона. Поперёк уложенной проволоки через каждые 30 см укладывается проволока диаметром 4 мм — жилы распределительного направления.

Места пересечения рабочих жил с распределительными перевязываются 3-мм проволокой; получается проволочная сетка с ячейками 15×30 см. Далее кладётся 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

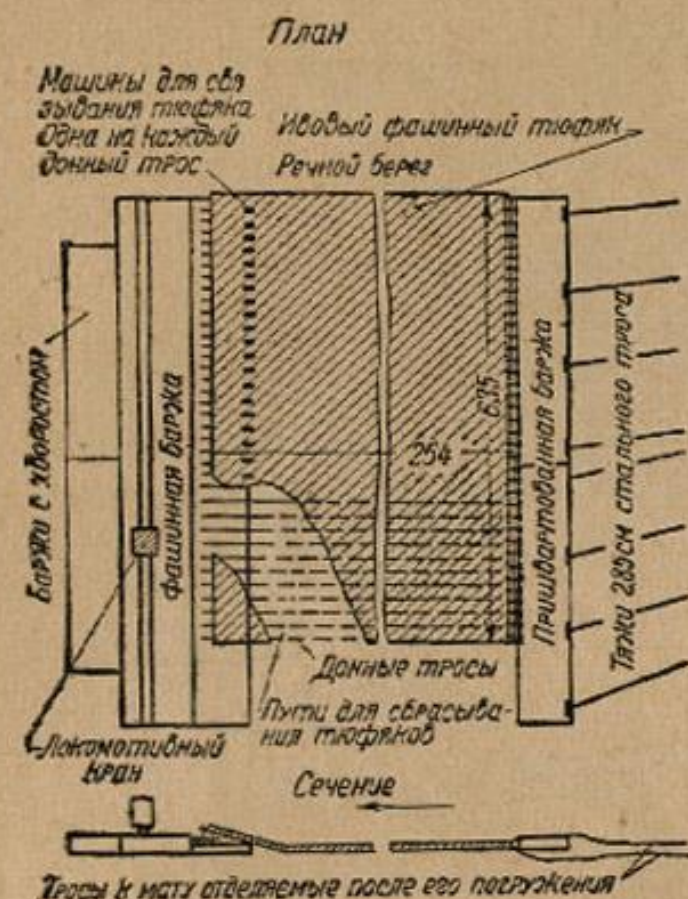


Рис. 70. Расположение оборудования для укладки тюфяка.

$0,5 \times 0,5 \times 0,5$ 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, взахлёстку, перекрывая друг друга на 1,5 м.

Береговые тюфяки вяжутся на заранее подготовленном откосе. Хворост для тюфяков должен быть из ивы (тала) или гребенщика¹.

¹ Более подробно о вязке тюфяка на стелелях и укладке его в текущую воду см. «Временная инструкция по производству выправительных работ на реках сооружениями постоянного типа», изд. Наркомвода СССР, М., 1939.

§ 17. КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСОВ КАМЕННЫМИ ОДЕЖДАМИ

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 распространённым из существующих типов крепления. Она разделяется на каменную наброску и каменную мостовую.

Каменная наброска представляет собой камень различной крупности, уложенный по периметру канала или в реке у сооружений. 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 также применяется для крепления откосов с примесью в нижних слоях более мелких камней. При наличии в основании прослоек илывуна, своей массивностью каменная наброска предотвращает выщирание его внутрь канала.

Каменная мостовая, в отличие от каменной наброски, имеет в основании подстилочный слой, и для уплотнения и связи кладки применяется щебень и гравий, крупный песок, мох, рисовая солома или раствор.

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

Каменная мостовая не обладает связностью, поэтому для её устойчивости необходимо делать 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 её разрушения во время опорожнения канала.

На рисунке 71 показаны типы одиночной мостовой на каналах.

Схема воздействия потока на камни кубической формы, уложенные в мостовую (по лабораторным опытам проф. Избаш), показана на рисунке 72. На лобовой верхней грани камня (куба) возникают положительные давления, график распределения которых показан заштрихованным треугольником. На тыловой верхней грани куба создаётся пониженное давление, график распределения которого показан в виде треугольника внутри куба у этой грани. На обеих этих гранях давление уменьшается к середине высоты куба; на нижних гранях куба скоростные воздействия потока отсутствуют (суммарный график этих проекций дан на второй и третьей строках указанного рисунка). Для камней не кубической формы этот график будет несколько иной, но без

каких-либо принципиальных изменений схемы; полное, возникающее от шероховатости отстойки лобовое воздействие (приведённое к равнодействующему прямоугольнику давления) по высоте будет колебаться от 0,15 до 0,40 диаметра (d) камня, 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 замечено на дне рек, где происходит разрушение низа отстойки,

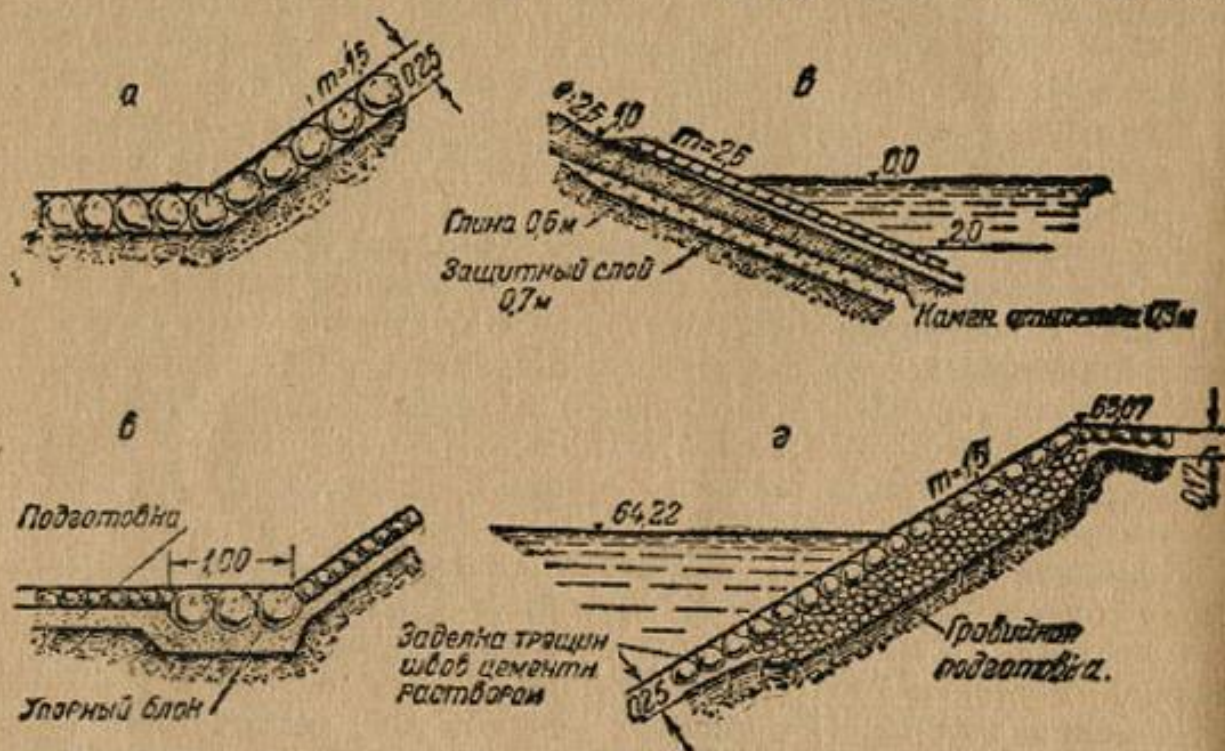


Рис. 71. Одиночная мостовая при различных условиях.

а — одиночная мостовая 25—30 см на мху с расщеплённой; б — одиночная мостовая 25 см на мху с упорным блоком 35—40 см и гравийной подготовкой; в — одиночная мостовая 30 см с глиняным (противофильтром) вкрапом; г — одиночная мостовая на цементном растворе с гравийной подготовкой.

вследствие её подмыва. Поэтому в целях увеличения прочности, одежда к низу должна уширяться за счёт откоса; набросанный таким образом крупный камень, спускаясь в вымоину, и будет являться дополнительной защитой основания. На каналах в подошве отстойки устраивается упорный блок из более крупного камня.

Решающими факторами (при одном и том же количестве материалов) в устойчивости отстойки являются: высокое качество кладки, заглубление отстойки до уровня ожидаемой глубины местного размыва дна и уменьшение шероховатости поверхности отстойки. Следует отметить, что выступающий выше других камень отстойки вызывает появление вальца, высасывающего грунт из-под камня. При этом давление на этот камень возрастает вдвое против обычного. По этой причине такие очаги размыва начи-

нают быстро разрастаться в ширину и глубину до тех пор, пока вымоина не получится таких размеров, при которых может вместиться весь валец, образованный в вымоине.

Для достижения прочности каменного покрытия 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, с укладкой более крупного камня или устройством бетонных и плетневых клеток, которые заглубляются в откос больше, чем камень. Применяемые для клеток колья и хворост должны быть свежими и укладываться осенью или зимой с тем, чтобы они могли прорасти.

Производство работ по укладке мостовой. Материал, доставленный к месту работ на отсыпку каналов, размещается в объеме 50% на бровках канала и 50% на дне его.

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

При размещении камня у места работ должна быть произведена отборка наиболее крупных камней, используемых в последующем 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 отсыпки 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 объема по устройству подстилочного слоя рекомендуется устраивать дренажные пере-

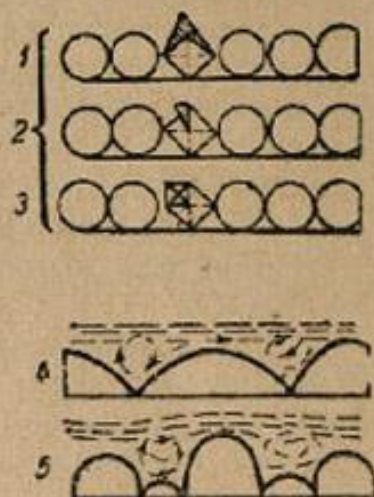


Рис. 72. Схема возникновения лобовых сопротивлений на выступах каменной отсыпки.

секающиеся между собой траншейки, шириной 20 см, глубиной до 10 см, расположенные на расстоянии от 0,7 до 1 м.

Назначение дренажа сводится к устранению фильтрационного давления на мостовую и выщелачивания связующих отмостку частиц.

Мостовые работы начинаются снизу откоса, причём первоначально устраивается упорный блок из более крупных камней. После устройства блока мостовая ведётся последовательным горизонтальным рядом на протяжении всей длины деланки с обязательной проверкой каждого ряда рейкой, прикладываемой к направляющим шаблонам.

Выравнивание мостовой достигается подкапыванием в пределах подстилочного слоя и заглублением для крупных камней, а для более мелких — подсыпанием щебёночного слоя. Каждый ряд мостовой должен перекрываться слоем соломы, мхом или щебнем.

Технические правила приёмки работ сводятся к следующему:

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

б) при контрольной проверке плотности кладки допустимо уменьшение площади отмостки не более 2% от первоначального объёма при повторной её сборке,

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

При укладке двойной мостовой второй слой камня для создания связи с первым слоем обычно укадывается на растворе или в плетнёвую клетку. При кладке второго ряда без раствора затрудняется выравнивание мостовой под рейку из-за различных размеров камней. На второй слой идут наиболее крупные камни, а первый слой выкладывается только на слое щебня или песка с тщательной расклиновкой, но без засыпки его сплошным слоем гравия или щебня. Камень и щебень для обоих рядов должен быть промыт, причём первый слой (при укладке в два слоя) должен дополнительно смачиваться водой.

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

Для небольших объёмов 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 дней после укладки.

Большая водопроницаемость, повышенная шероховатость, невозможность выполнения работ в воде 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 её прочность.

Каменная наброска. Каменная наброска из крупных камней, весом от 0,5 до 8 т, является одним из наиболее надёжных и устойчивых видов креплений, применяемых при защите откосов дамб или берегов рек от больших скоростей течения и волн.

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, чем и прекращается дальнейший размыв.

2. Долговечность материала.

3. Устойчивость наброски, которая при весе отдельных камней 0,5—8 т, уложенных попеременно с более мелкими камнями, выдерживает скорости до 5—6 м/сек.

4. Простота ремонта облицовки.

5. Возможность применения значительной механизации работ.

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 её плотности.

При заброске камня в текущую воду следует иметь в виду, что он сильно сносится течением. На рис. 73 показан разнос камня при глубинах в 14 м и скорости 1,5 м/сек., имевший место при укреплении Каюковского яра на Волге у Саратова¹, где:

I —	теоретическая кривая для камня . . .	= 30 × 30 × 30 см
II —	» » » » » . . .	= 10 × 10 × 10 »
III —	практически полученная точка для каменя	= 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 74. Тело дамбы на Кара-Дарье отсы-

¹ Наркомвод СССР. «Временная инструкция по производству выправительных работ на реках сооружениями постоянного типа», М., 1939.

пано из местного грунта, откос со стороны реки защищён каменной наброской из крупного рваного камня весом 1—8 т. Наибольшая крупность камня определялась грузоподъёмностью вагонетки и узкоколейки; на р. Чирчик крупность камня применялась от 0,60 до 1 т.

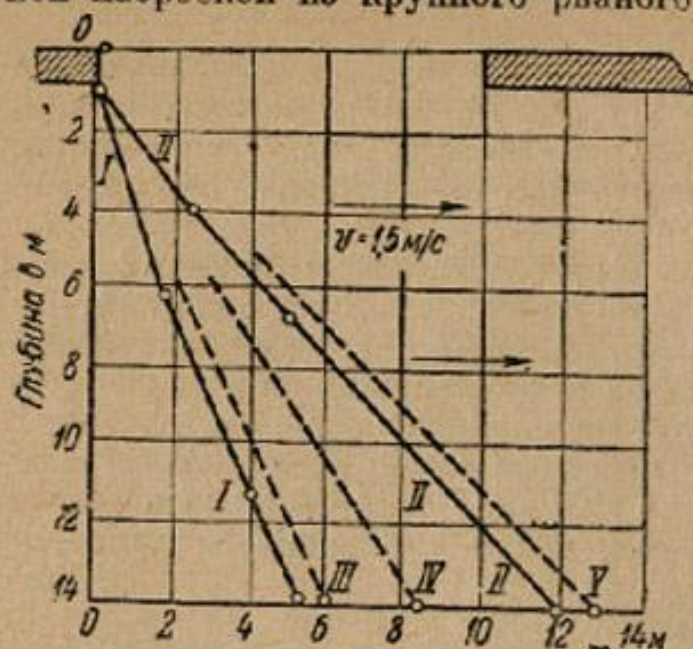


Рис. 73. Схем камня при укладке в текущую воду.

Во избежание разрушения откоски (при подмыве откоса), низ последней был заложен ниже средней отметки дна на 2—2,5 м при толщине облицовки по дну 3 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.

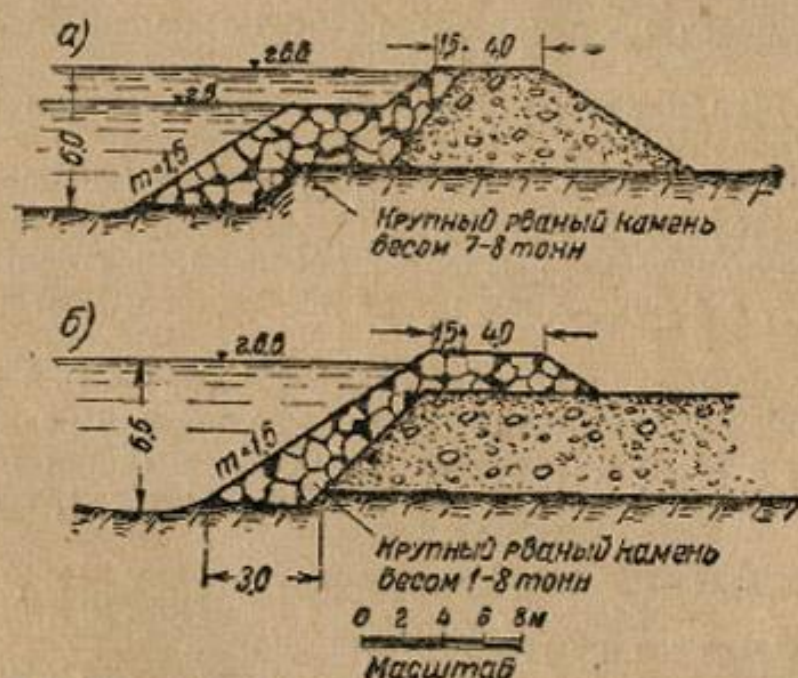


Рис. 74. Правобережная струенаправляющая (защитная) дамба на р. Кара-Дарья у Кампыр-Равата.

а — правобережная струенаправляющая дамба верхнего бьефа; б — правобережная дамба нижнего бьефа.

Разработка велась тоннельными штормовыми с массовым взрывом. Выход камня потребных размеров был около 30% от общего объёма разработки.

Разбивка крупного камня до габаритных размеров производилась также взрывом. Камень заготавливается в двух точках, оборудованных двумя кранами-дерриками, грузоподъемностью в 3 т, и передвижным краном, грузоподъемностью до 12 т. Кроме того, в разных местах карьера были установлены деревянные треноги, на которых поднимали камень таями или ручными лебедками.

Такие же треноги ставились на подсобных и других небольших карьерах. Карьер был оборудован бремсбергом, приспособленным для спуска вагонеток по узкоколейке при помощи однобарабанных фракционных лебедок, приводимых в движение трактором СТЗ. Подвижной состав состоял из 3 мотовозов завода «Январское восстание» и до 30 двухосных вагонеток, грузоподъемностью до 8 т. Разгрузка на месте работ осуществлялась дерриком. Стоимость 1 м³ кладки составляла 80 руб.

§ 18. КРЕПЛЕНИЕ ОТКОСА БЕТОННЫМИ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ ПЛИТАМИ

Бетонные и железобетонные одежды укладываются на спланированных откосах. Размер применяемых бетонных плит следующий: толщина 0,1—0,3 м, ширина вдоль течения 2—3 м, высота — в соответствии с высотой 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, который препятствует вымыву грунта из-под плиты.

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

Для расчёта толщины железобетонной плиты можно пользоваться простой формулой, проверенной Абрамовым в лаборатории:

$$\delta = 0,05 v^2 \quad (29)$$

где δ — толщина плиты в метрах,

v — скорость потока в м/сек.

Бетонные и железобетонные крепления чаще применяются в искусственных руслах и для защиты откосов дамб, так как 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 увеличивать 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, каждая размером $120 \times 30 \times 8$ см, длина секции 7,5 м, площадь покрытия 9 м². Секции изготавливаются и собираются на пловучих заводах.

В 1939 г. в Закавказье для защиты откоса и основания дамбы были применены бетонные тюфяки (рис. 75—76). Массивы в тюфяке соединялись шарнирами из железа диаметром 10—25 мм в зависимости от конструкции замка.

Тюфяки применялись двух типов. Первый тип изготовлялся на месте работы и был более тяжёлым. Второй тип изготовлялся на заводе и в готовом виде привозился на место работ. Последний 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 $1,25 \times 1,25 \times 0,30$ м. Отдельные тюфяки со-

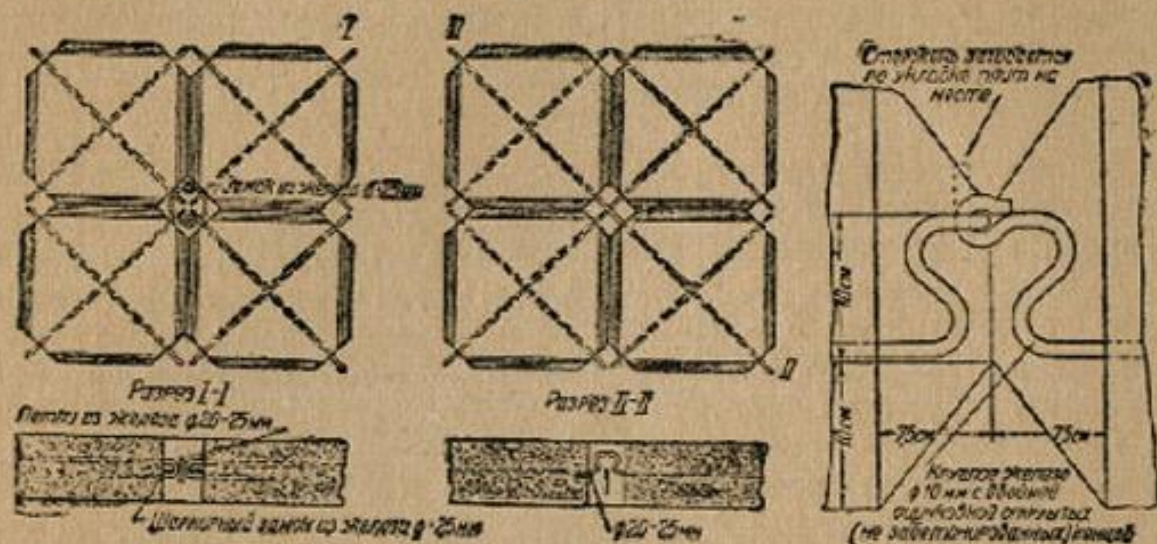


Рис. 77. Варианты скрепления плит.

единялись между собой в поперечном и продольном направлениях, благодаря чему имели двустороннюю гибкость. Наиболее трудно осуществимой деталью бетонных тюфяков, изготовляемых на заводах, является скрепление их между собой; на рис. 77 показана конструкция крепления отдельных тюфяков.

Примером неудачного применения тюфяка из железобетонных и бетонных плит для крепления речных откосов являются работы, проведённые на р. Сыр-Дарье у Беговатской луки, где в 1931 г. на участке длиной 1060 м на спланированный откос были уложены железобетонные и бетонные плиты. 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., 50% крепления было разрушено, а к 1940 г. крепление пришло в полную негодность.

Причиной быстрого разрушения бетонной облицовки следует считать недостаточную ширину её (ширина подводной части

облицовки была 6 м при максимальной глубине у берега 6 м и заложении откоса $m = 1,5$), не закрывающую всего подводного откоса берега. Вследствие этого происходил подмыв берега и разрушение крепления. Кроме того, удерживающие тросы были недостаточно сильны, допускали оползание плит вниз, берег оголялся.

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

Гибкие железо-бетонные тюфяки применены на р. Миссисипи, где секции тюфяков изготовлялись на палубе баржи в специальных формах, укладываемых одна на другую, и выдерживались летом в течение 6 часов, а зимой от 12 до 24 часов. Гибкий бетонный тюфяк состоял из плит размером $120 \times 30 \times 2,5$ см, армированных и скрепленных проволоочной арматурой с ячейкой 30×30 см.

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

Работы продолжались до тех пор, пока не были покрыты участки откоса длиной 300 пог. м. Затем головные опорные баржи подтягивались 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 — проволоочная сетка с клетками 5×10 см. Состав материала: 60% 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 пологих берегов, затапливаемых лишь периодически, можно применять и неармированное асфальтовое покрытие, с хорошей предварительной планировкой откоса.

§ 19. ЭСТАКАДЫ ИЗ СВАЙ И ТЕТРАЭДРОВ

Сквозные дамбы и полузапруды из свай и тетраэдров получили широкое распространение в США на рр. Миссури, Миссисипи и Колорадо и в небольших размерах применялись в СССР на р. Аму-Дарье.

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

На р. Миссури было испытано много различных видов сооружений как для укрепления берегов, так и для направления реки в другое русло. За последние годы всё чаще стали применяться свайные эстакады с укреплением их основания тюфяками. Более эффективными оказались сооружения, установленные нормально

к потоку. Дамбы выдвигаются в реку на такую длину, которая обеспечивает соответствующий плавный изгиб русла.

Сквозные сооружения замедляют течение реки, вследствие чего часть наносов откладывается в зоне этих сооружений. Отложения наносов вырастают с каждым паводком, и в конце концов заносят всё сооружение (рис. 78).

Стандартное крепление основания состоит из подводных тюфяков, сплетённых либо из пняка, либо другого местного материала, 20—26 м шириной, с замощением верхней части откоса каменной отсыпью. Опускание тюфяка производится при помощи деревянного сквозного пола, состоящего из 10-см досок. Пол прикрепляется в двух направлениях 10-мм оцинкованным тросом и оттяжками из канатов. Берег, расположенный выше уровня воды, планируется и замащивается крупным камнем (рис. 79).

Чтобы обеспечить прочное скрепление тюфяка с замощённым берегом и защитить ту его часть, которая периодически бывает под водой, она выкладывается слоем камня в 0,30 м.

К пловым тюфякам, укладываемым на дно, прикрепляется балласт из камня, из расчёта 0,25 м³ на каждый квадратный метр поверхности тюфяка.

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

При двухрядной дамбе стреноженные сваи каждого ряда обычно находятся на расстоянии 4,6 м от центра, а при трёхрядной — 5,5 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 трёхрядные дамбы и сваи вбивают на 9 м ниже основания тюфяка.

При малых напорах воды употребляют двухрядные дамбы и сваи вбивают всего на 6 м ниже основания тюка. Нижние тюфяки имеют сходство с обычными матами из ивы или лесного материала, применяемыми для крепления откосов. Обычный размер их 23,5 м ширины, 8,25 м вверх по течению и 15,0 вниз по течению от оси сооружения. Там, где дамба подвергается более сильному натиску, спускают добавочный балластный камень вдоль линии дамбы в объёме 1 м³ на погонный метр.

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

При каменном дне, в которое нельзя вбить сваи, строятся ряжевые дамбы из брёвен 6,5—9 м длины, загружаемых камнем. Камень даёт им достаточную устойчивость, но несколько понижает их проницаемость. Они прикрепляются тросами к берегу за «мертвяки», расположенные вверх по течению от дамбы.

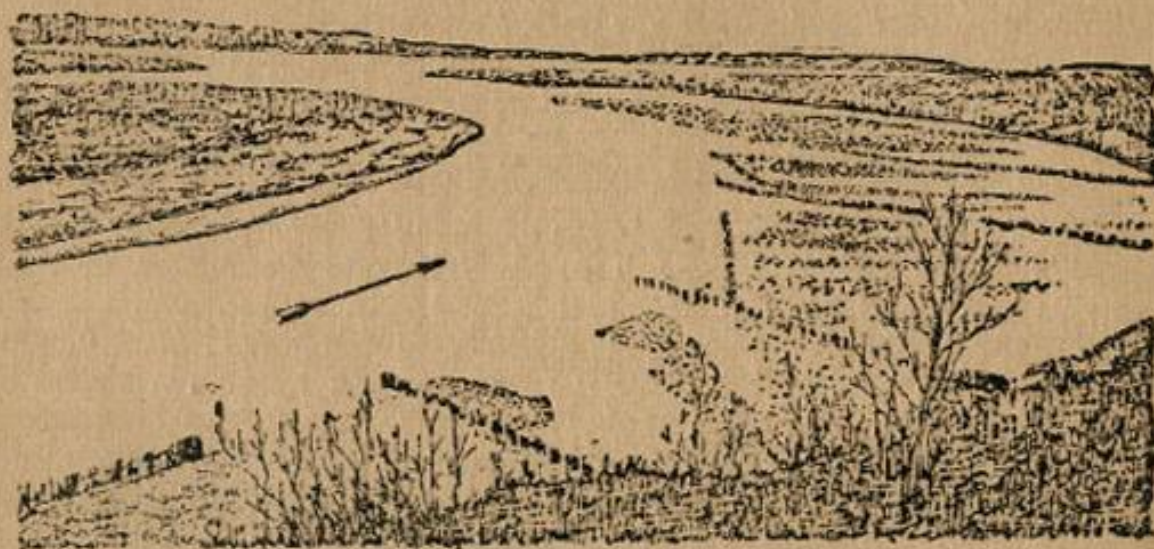
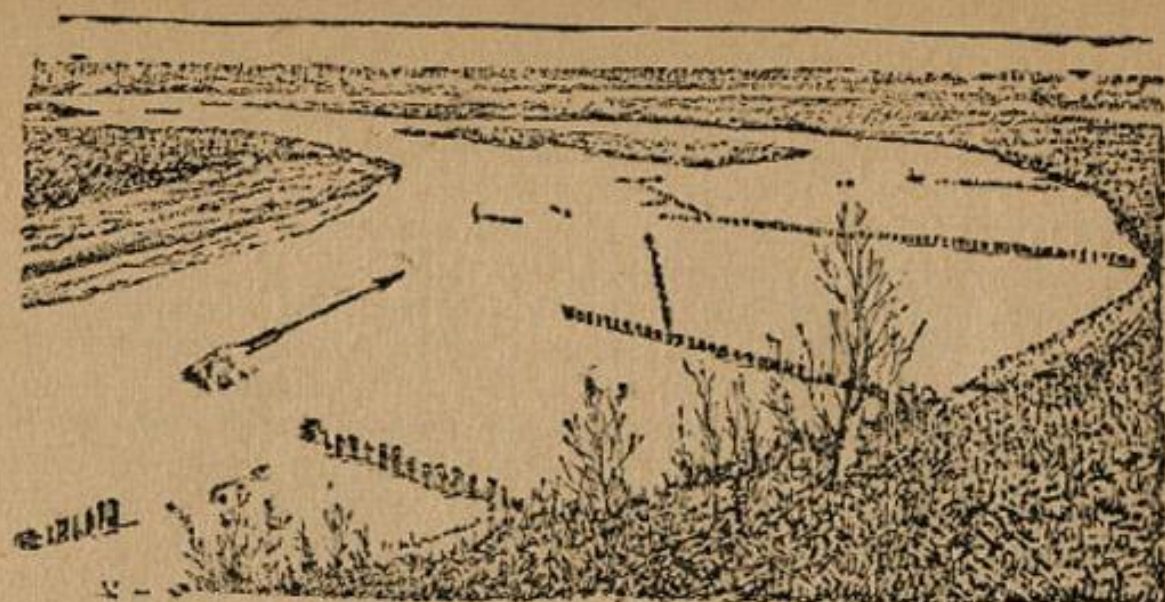


Рис. 78. Свайные эстакады (свайные дамбы) на р. Миссури.

На верхнем фото показано положение дамб сразу после их постройки; на среднем — между дамбами видны отложения наносов после паводка, которые через три года (фото третье) покрылись кустарником.

В местах, где вода бывает только в паводок, на высоких отмелях или на низких берегах у концов прилегающих к берегу дамб, часто строят сквозные заграждения также с укрепленным основанием. Последнее состоит из ивовых тюфяков шириной 6—10 м, загруженных балластом. На сквозные заграждения из кольев или треног навешиваются сетки или натягиваются отдельные

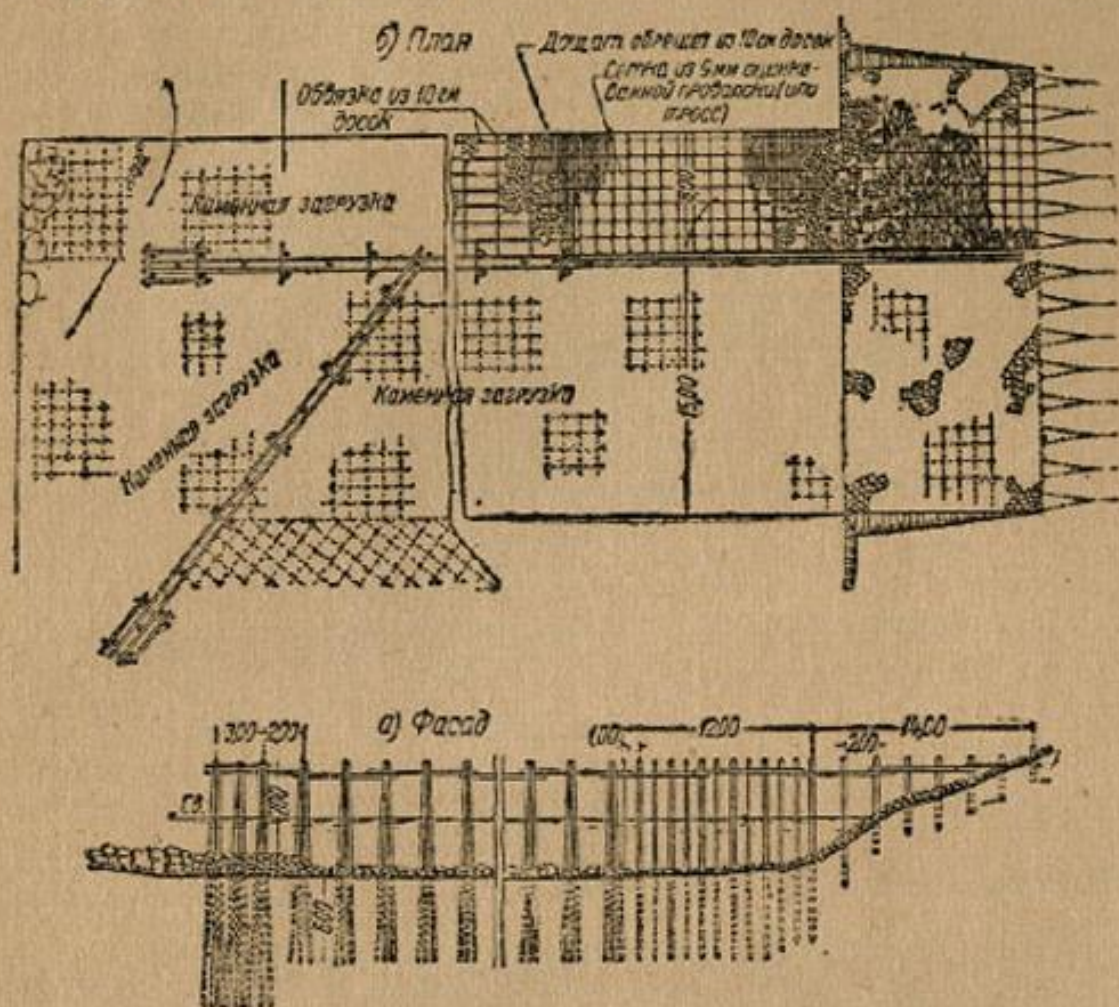


Рис. 79. План и фасад свайной эстакады с креплением основания тюфяками.

проволоки, на которые оседает мусор, уменьшающий просветы, чем создаются условия для образования отмелей.

Забивка свай для эстакад производится паровым молотом, смонтированным на специальных баржах, укладка тюфяков при помощи понтонов, оборудованных специальной площадкой, — подъемными кранами и лебедками.

На р. Аму-Дарье у Чарджоу свайные эстакады состояли из 4 рядов деревянных свай длиной 17 м и диаметром 30 см. Сваи забивались в дно реки паровыми бабами, смонтированными на понтонах. После забивки по верху свай скреплялись специальными схватками.

Главным недостатком свайной дамбы, построенной на Аму-Дарье, является отсутствие крепления основания дамбы тюфя-

нами, вследствие чего длина (17 м) оказалась малой и сваи вымывались. Применение таких астакад на Аму-Дарье можно рекомендовать только при основании, укрепленном туюфиками.

На р. Колорадо, для защиты земляных дамб от подмыва, были устроены сквозные продольные дамбы из 3 м железобетонных тетраэдров, скреплённых между собой по высоте тросами, которые одновременно улавливали плывущий в реке мусор (рис. 80).

Для укрепления тетраэдров на месте их привязывали тросовыми оттяжками, диаметром 25 мм, длиной 60—90 м, к «мертвякам» или держали на бетонных якорях, заброшенных в русло.

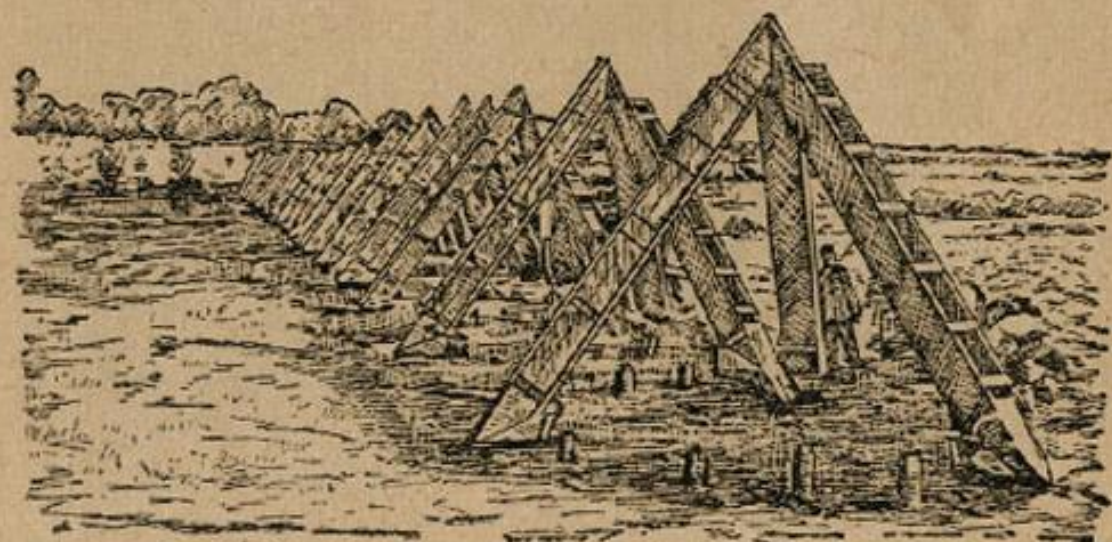


Рис. 80. Железобетонные тетраэдры для защиты дамб обвалования на р. Колорадо.

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. 81), которая дала хороший результат. В паводок тетраэдры забивались плывущим по реке мусором, а за ними образовалась отмель.

Зимой 1924 г. были построены ещё 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 через сквозные запруды, направилась по старому руслу к оградительной земляной дамбе, но, не имея размывающей скорости, вреда дамбе не причинила. Старое русло в паводок было занесено илом в уровень с горизонтом меженных вод.

В целях облегчения работы дамбы в отклонении потока влево, выше неё установлена сквозная шпора. Тетраэдры при этом удерживались специальными якорями, расположенными в русле реки и по берегу.

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

При умеренных паводках тетраэдры непрерывно увеличивали отмели, расположенные в зоне их установок. Металлические тетраэдры в США применяются также для отвода реки от размываемого берега в новое русло. Схема установки и конструкция их ничем не отличаются от только что описанной.

Зимой тетраэдры были забиты шугой, а вода, устремившаяся в прорезь, разработала её до 25 м. В паводок старое русло заилено, а прорезь расширилась.

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

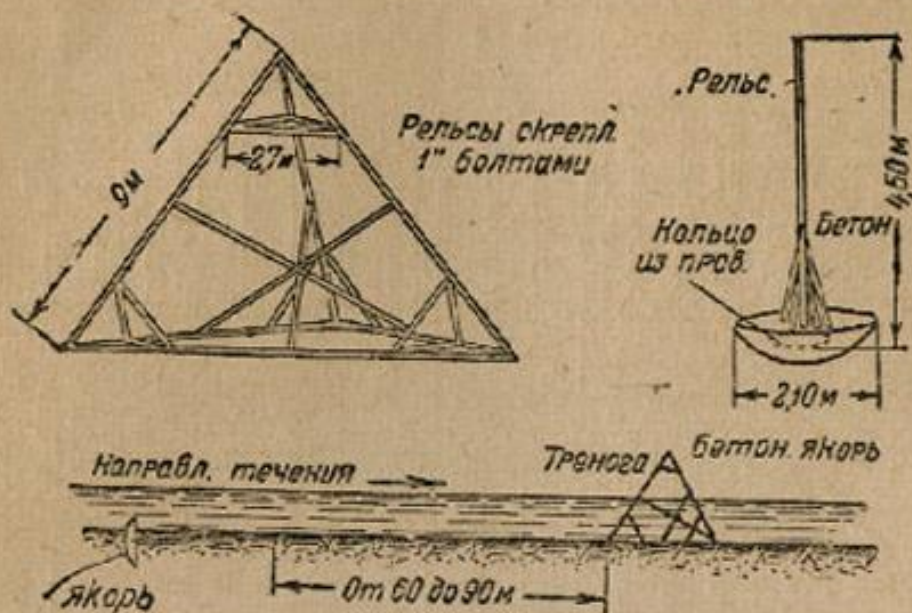


Рис. 81. Рельсовые тетраэдры.

хвост, прижатый к сетке землёй, мешками с песком и другим грузом.

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

Конструкция сквозной сипайной дамбы, применительно к условиям р. Аму-Дарьи с креплением основания туюфками, показана на рисунке 82.

Схема установки сипаев в текущую воду, по ремонту ранее выстроенной дамбы, заключается в следующем¹.

1. Установка 6-метрового сипая производится с 25—30-тонного каяка, подводимого к месту установки с верхнего бьефа, при этом на каяк сразу помещались два сипая, два габионных

¹ Описанный ниже способ ремонта дамбы был применен на р. Аму-Дарья у Турткуля в 1937—1939 гг. Место заделки прорыва (ремонта) находилось от берега на расстоянии 250 м.

2. Устройство эстакад из свай или сипаев с закреплением их основания и боков каменной наброской, тюфяками или тяжёлыми карабурами с последующей окончательной равномерной заделкой отверстия.

3. Постепенное отклонение потока от прорыва (протока) при помощи решётчатых или глухих полузапруд (шпор) с последующим производством работ по перекрытию в зоне затишья.

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

Существенной особенностью производства работ по перекрытию прорывов является их внезапность и срочность, вследствие

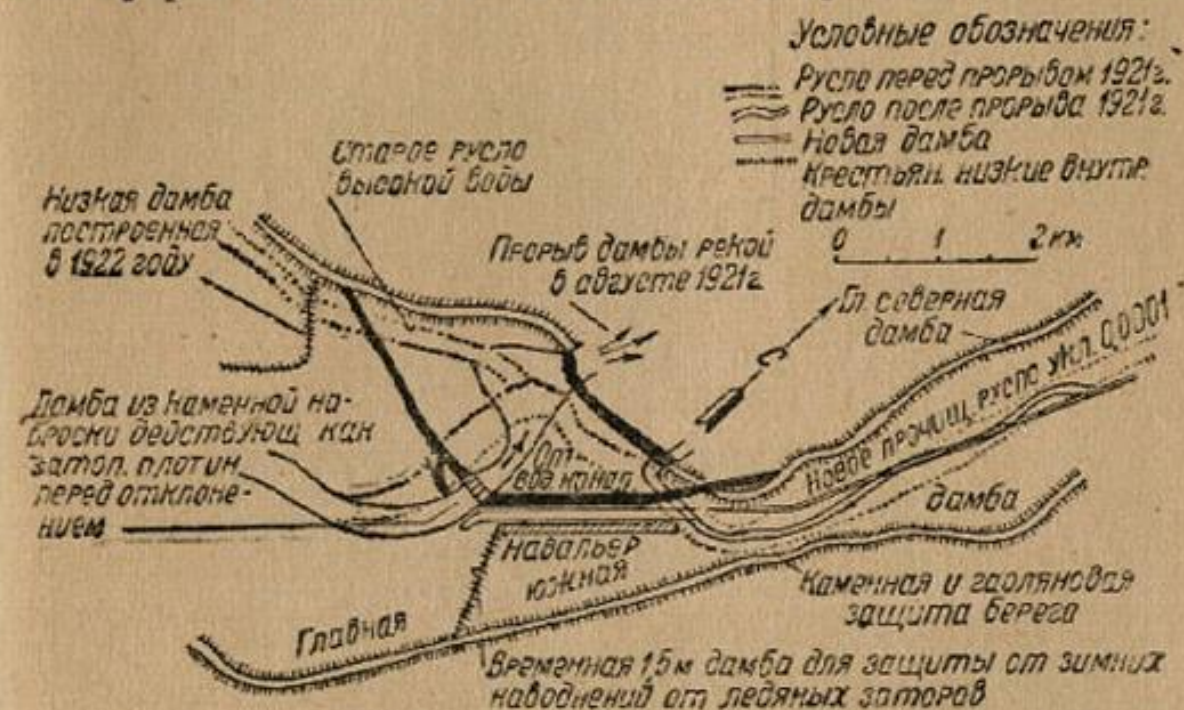


Рис. 83. Закрытие прорыва в дамбах на р. Жёлтой в 1923 г.

чего не приходится составлять подробных проектов. Обычно перед приступом к работам на место выезжает комиссия из высококвалифицированных специалистов, которая намечает конструкцию устройства и способы производства работ.

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

Первоначально был прекращён дальнейший подмыв дамбы тщательным укреплением конца дамбы с низовой стороны прорыва фашинами, мешками с землёй 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, 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 забрасыванием огромных фашии.

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, привязывалась длинными канатами к основной дамбе для придания сооружению монолитности (рис. 84).

При закрытии последних 40 м для предотвращения размыва дна был уложен мат из хворостяных фашии, пригруженный камен-

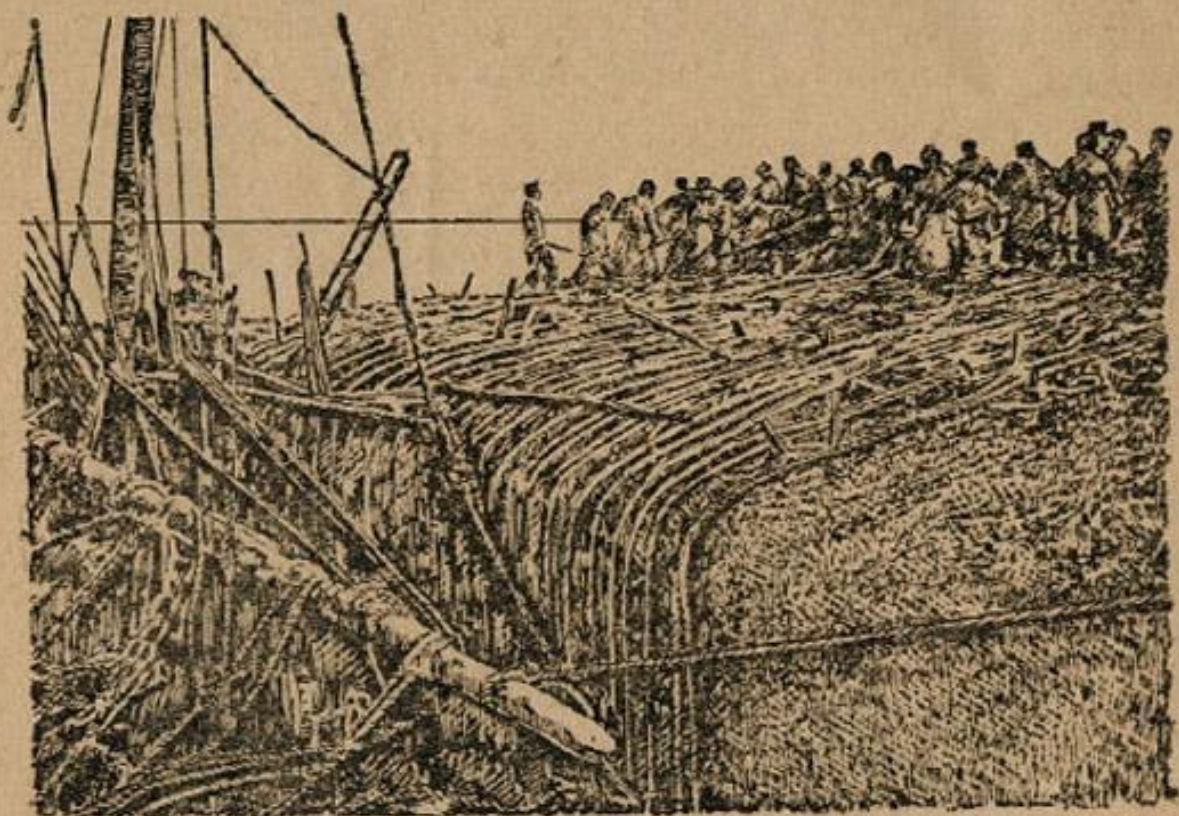


Рис. 84. Дамба из гаоляна, связанная пеньковыми канатами по заделке прорыва на р. Жёлтой.

ной наброской. Затем с обоих концов и в середину со специальных платформ на баржах сбрасывались тяжёлые фашины.

Фашины привязывались канатами. Прорыв длиной 40 м, глубиной 7—10 м был закрыт фашинами в количестве 1000 шт. Размер фашии: длина от 5 до 16 м и диаметр 1,2—1,4 м.

После закрытия прорыва, для полного прекращения фильтрации 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 землёй. Окончательное поперечное сечение указано на рисунке 85.

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. Эстакада соединялась с основными дамбами.

Свайная эстакада состояла из 4 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 $7,5 \times 2,5$ см в жёсткую систему. На прогонах было уложено 4 колёса узкоколейки с ходами для рабочих.

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

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

После устранения фильтрации старая дамба была восстановлена путём укладки гаоляновых тюков и засыпки земли.

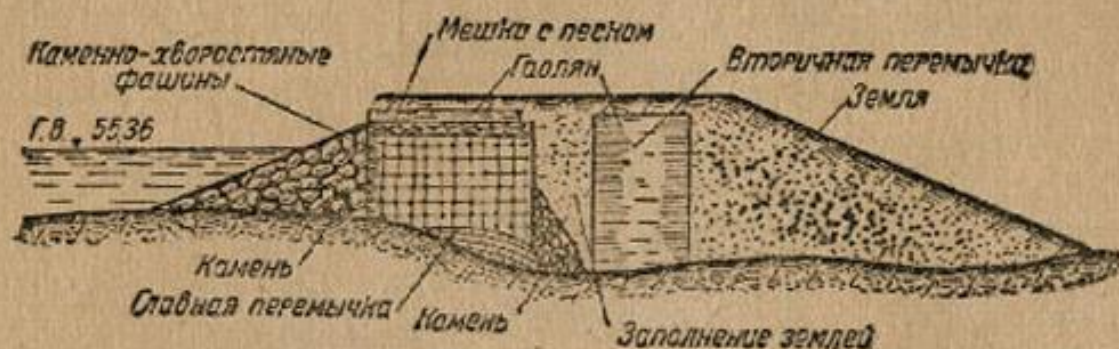


Рис. 85. Поперечное сечение дамбы в месте окончательного закрытия прорыва.

В низовьях р. Аму-Дарья в 1943 г. был перекрыт проток Раушан, шириной 96 м и наибольшей глубиной 6 м. В многоводный паводок в него поступало воды до $500 \text{ м}^3/\text{сек.}$ и в период закрытия около $150 \text{ м}^3/\text{сек.}$ Наибольшие глубины в суженной части, устройство перемычки в голове протока и способы заделки сужения показаны на рисунке 86. Перемычка возводилась с обоих берегов одновременно, причём левая сторона возводилась из крупной хворостяной кладки (местное название чатбугут), с уплотнением её мелким хворостом и камышом и загрузкой отдельными тяжёлыми карабурами и ватом грунтом, а правая сторона протока из карабурной кладки. Когда ширина протока достигла 12 м, с верховой стороны была подведена баржа грузоподъёмностью 200 т. С баржи была спущена проволоочная сетка. Диаметр проволоки 5—6 мм. Сетка состояла из 4 жил, установленных через 50—60 см. К нижнему концу сетки прикреплялись якоря весом 100 кг. После опускания сетки соединялись между собой поперечными жилами и затем с верховой стороны спускали крупный хворост и камыш, вследствие чего сетка постепенно засорялась, натяги-

ввалась и опускалась, принимая выпуклый вид; перепад у сетки доходил до 1 м.

После опускания первой сетки, впереди неё устанавливалась вторая сетка. После этого забрасывание материала продолжалось. Перепад достигал уже 2 м, а расход в суженную часть не превосходил 20 м³/сек.

Для недопущения сноса потоком уложенных перед сеткой деревьев, хвороста и камыша, последние (до полного погружения

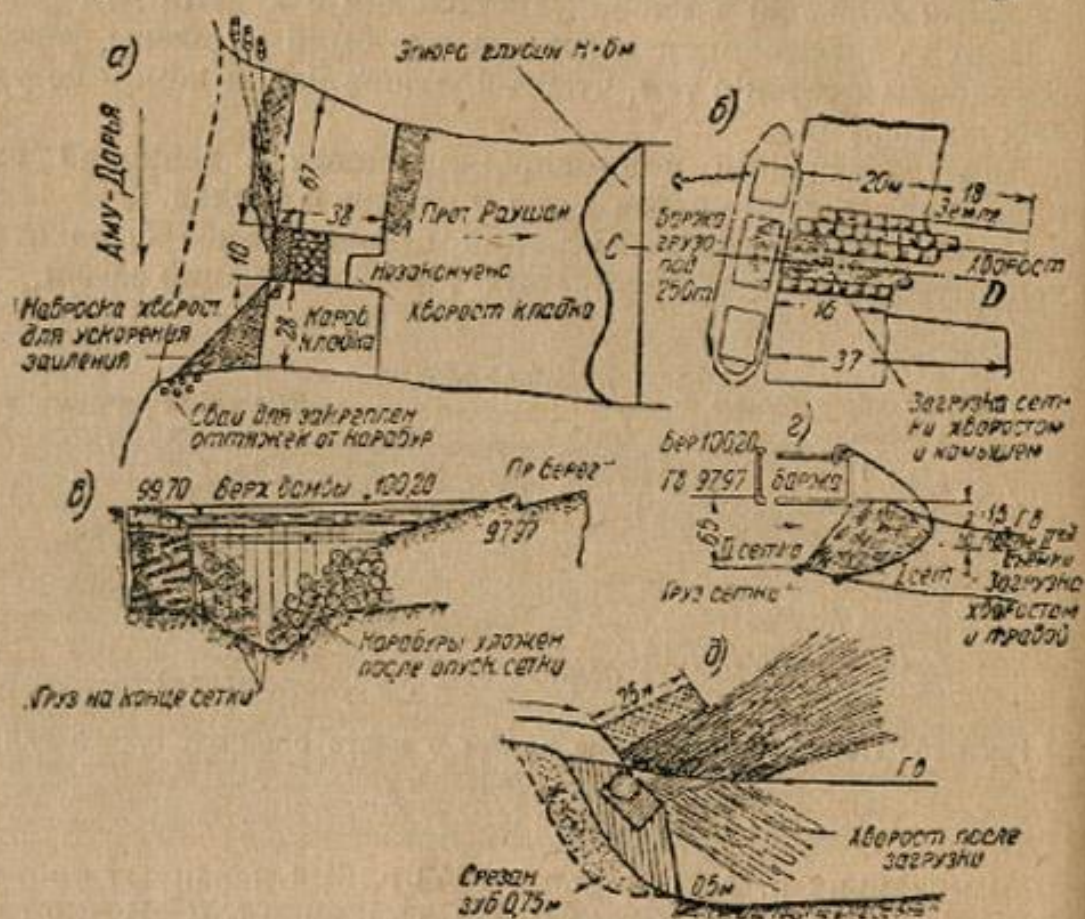


Рис. 86. Перекрытие протока Раушан на Аму-Дарье в 1943 г.

а — план перемычки в голове протока; б — схема установки для перекрытия суженной части перемычки; в — поперечный профиль перемычки А — В; г — схема установки сетки, разрез С — D; д — способ укладки чатбугута.

сеток) пригружались тяжёлыми карабурами, которые удерживались проволоочными оттяжками, прикреплёнными за сваи, установленные на берегу.

После осадки забрасывалась трава и грунт.

В процессе возведения карабурной части перемычки, для удержания карабуры также были применены проволоочные оттяжки.

Оттяжки делались на каждую карабур из проволоки диаметром 3 мм; диаметр карабуры 2 м, а длина от 6 до 20 м.

Работы по заготовке, подвозке материалов и возведению перемычки выполнялись местным населением вручную. Полная стоимость работ составляла 1 млн. рублей.

Конструкция перемычки по заделке прорывов дамбы на Аму-Дарье у Ходжейли показана на рис.87. Корневая часть обходной (восстановительной) дамбы состоит из земли, а самая последняя

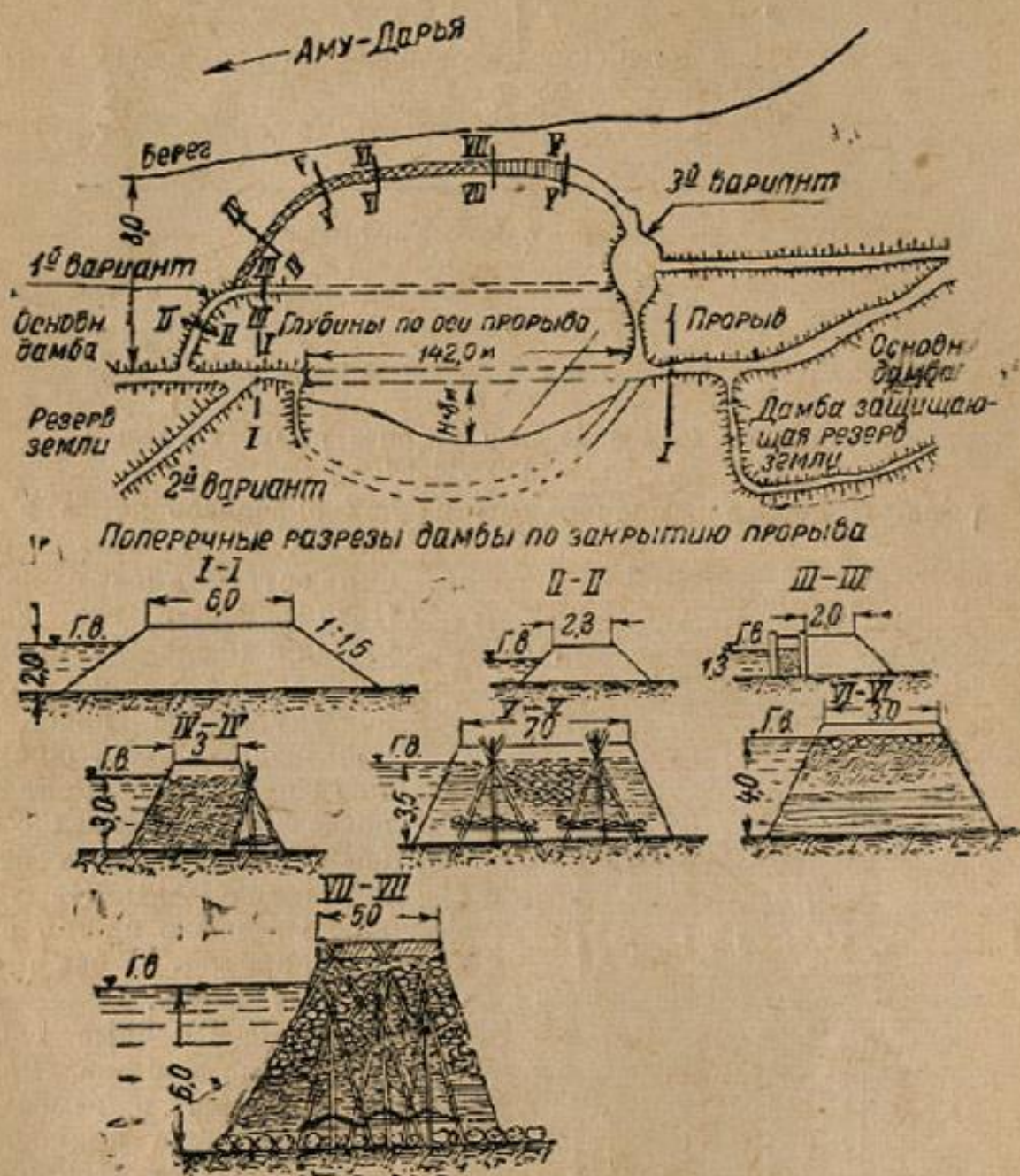


Рис. 87. Заделка прорыва защитной дамбы на р. Аму-Дарье в 1942 г.
Обозначения:

I—I — земляная дамба; II—II — земляная дамба; III—III — земляная дамба с креплением откоса камышом; IV—IV — дамба из хвороста, рогоз и малых сипаев; V—V — сипайно-хворостяная и камышовая кладка с загрузкой мешками, заполненными землей; VI—VI — хворостяно-камышовая кладка с загрузкой; VII—VII — сипайная кладка с карабурами в основании.

из камышово-хворостяной кладки, удерживаемой сипаями и сетками. Как правило, конструкция заделки зависит от глубины, расхода воды, наличия под руками у места аварии материалов и способа производства работ.

Сетчатые системы можно устанавливать в виде шпор нормально к линии берега и в виде заграждений по перекрытию отдельных мелких протоков или прорывов (рис. 89).

Сетки опускаются на дно, на которое они должны ложиться нижним своим концом, располагаясь в виде наклонных проводочных полотнищ от дна к вращающимся валам, установленным на лодках. Лодки располагаются несколько ниже (по течению) донных концов сеток. Сетки устанавливаются между лодками и под лодками. Изготавливаются сетки в виде полотнищ размером 5×20 м, с ячейками $0,5 \times 0,5$ и $0,71 \times 1,0$ м. Детали конструкции сетчатых сквозных систем, применяемых на р. Аму-Дарье для защиты берега, показаны на рисунках 89 и 90. На установленные сетки оседает плывущий в паводок в изобилии мусор, который является в этом случае строительным материалом, заполняющим просветы сеток для достижения необходимой застройки.

Таблица 30

Количество потребных сетчатых пловучих систем для защиты
1 000 м берега на р. Аму-Дарья

глубина (в м)	Бытовые макс. скор. (м/сек.)	Неразрыв. скорости (м/сек.) (грунт мелк. песок)	Допустимая площадь застройки сеток	Расстояние между системами	Допустимая длина системы	Число систем на 1 000 м берега	Размер ячеек сеток (в м)
				(в м)			
1	2	0,45	60	12	4	83	0,2 × 0,2
2	2	0,75	60	24	8	42	0,2 × 0,2
3	2	1,02	100	36	12	28	0,3 × 0,3
3	3	1,02	45	36	12	28	0,3 × 0,3
4	2	1,12	50	48	16	21	0,4 × 0,4
4	3	1,12	34	48	16	21	0,4 × 0,4
5	2	1,25	50	60	20	17	0,5 × 0,4
5	3	1,25	28	60	20	17	0,5 × 0,4
6	2	1,33	50	72	24	14	0,5 × 0,4
6	3	1,33	23	72	24	14	0,5 × 0,4
7	2	1,36	48	84	28	12	1,0 × 0,71
7	3	1,36	20	84	28	12	1,0 × 0,71
8	2	1,40	40	96	32	10	1,0 × 0,71
8	3	1,40	17	96	32	10	1,0 × 0,71
9	2	1,43	34	108	36	9	1,0 × 1,0
9	3	1,42	15	108	36	9	1,0 × 1,0
10	2	1,48	30	120	40	8	1,0 × 1,0
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 размахающей скорости вдоль линии берега на ширине русла, равной длине систем, чтобы в результате их действия уменьшить погон-

ный расход и скорости у берега и тем самым не допускать его размыва.

Сетчатые шпоры способствуют удалению больших глубин от берега и закреплению откосов берега, т. е. их также можно рассматривать и как берего-укрепительные сооружения.

Перераспределение расхода воды по ширине русла должно производиться постепенно и сравнительно на большой длине реки. Для этого необходимо устраивать относительно большое количество сетчатых шпор, но с малым их удельным воздействием на поток, так как сосредоточенное воздействие вызывает сильный размыв дна, что особо резко происходит на линии спущенных сеток.

Применяемые на Аму-Дарье и Сыр-Дарье системы состоят из 6 лодок, 5 основных и 4 дополнительных сеток.

Таблица 31

Строительные материалы на 6-лодочную систему

1. Лес круглый для прогонов, валов, ферм и береговых укреплений	м ³	6,60
2. Доски для подделки лодок и мостика	м ³	10,30
3. Бруски для фермы в лодок	м ³	27,30
4. Проволока для вязки сеток: размер полотна 30 × 5 м и ячейки сетки 1,0 × 0,7 м:		
d = 4—6 мм	кг	71,58
d = 1,5 мм	кг	0,76
5. Сетки 30 × 5 м с ячейками 0,5 × 0,5 м:		
d = 4—6 мм	кг	34,44
d = 1,5 мм	кг	0,11
6. Сетки 20 × 2 м с ячейками 1,0 × 1,0 м:		
d = 4—6 мм	кг	17,92
d = 1,5 мм	кг	0,20

Вдоль защищаемого берега ставятся нормально к берегу шпоры 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 эксплуатации сетчатых систем, которые необходимо соблюдать как для защиты берега, так и для сохранения целостности самих пловучих частей конструкции.

Основными гидравлическими элементами, определяющими устойчивость и действие сетчатых систем, являются глубина,

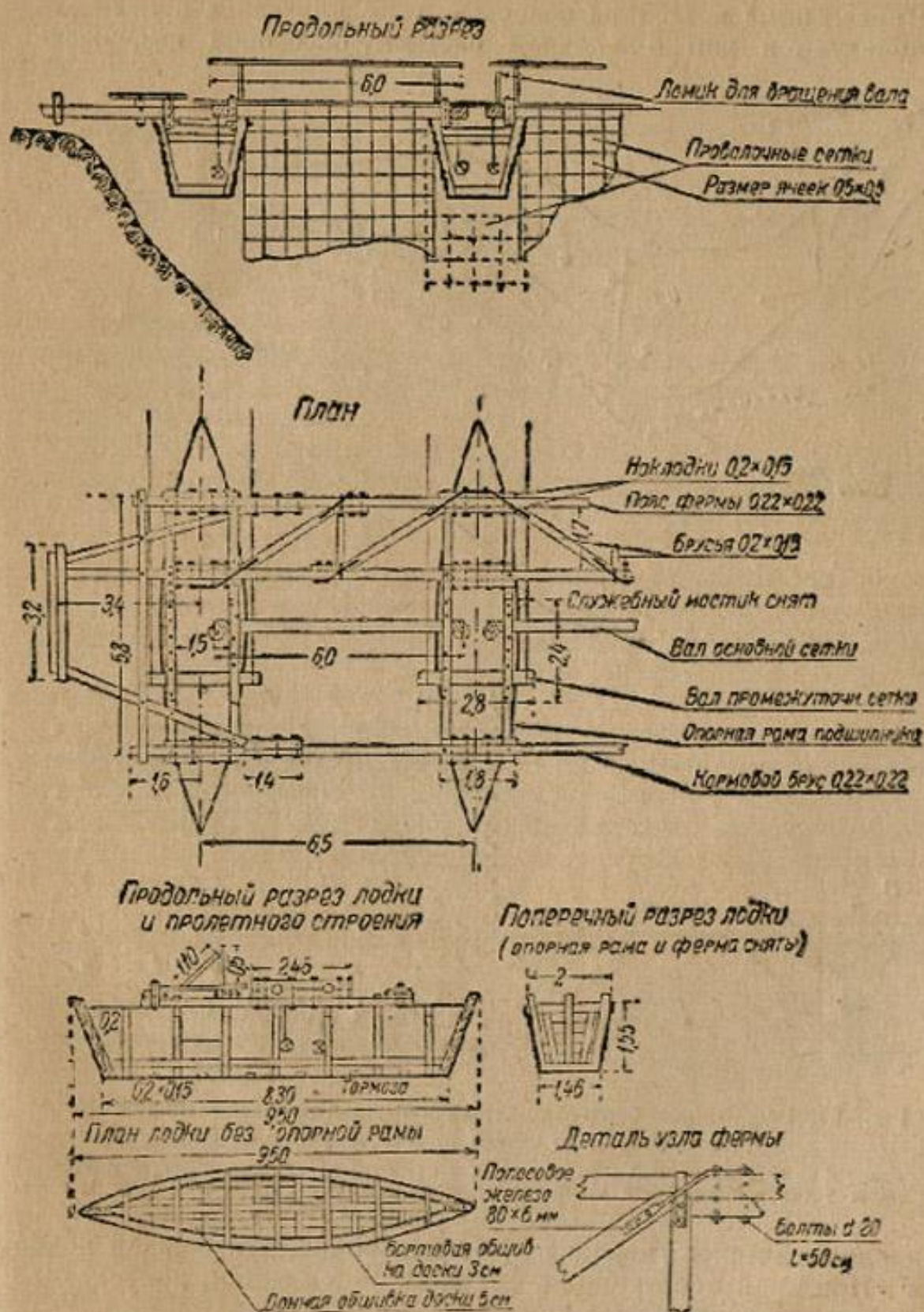
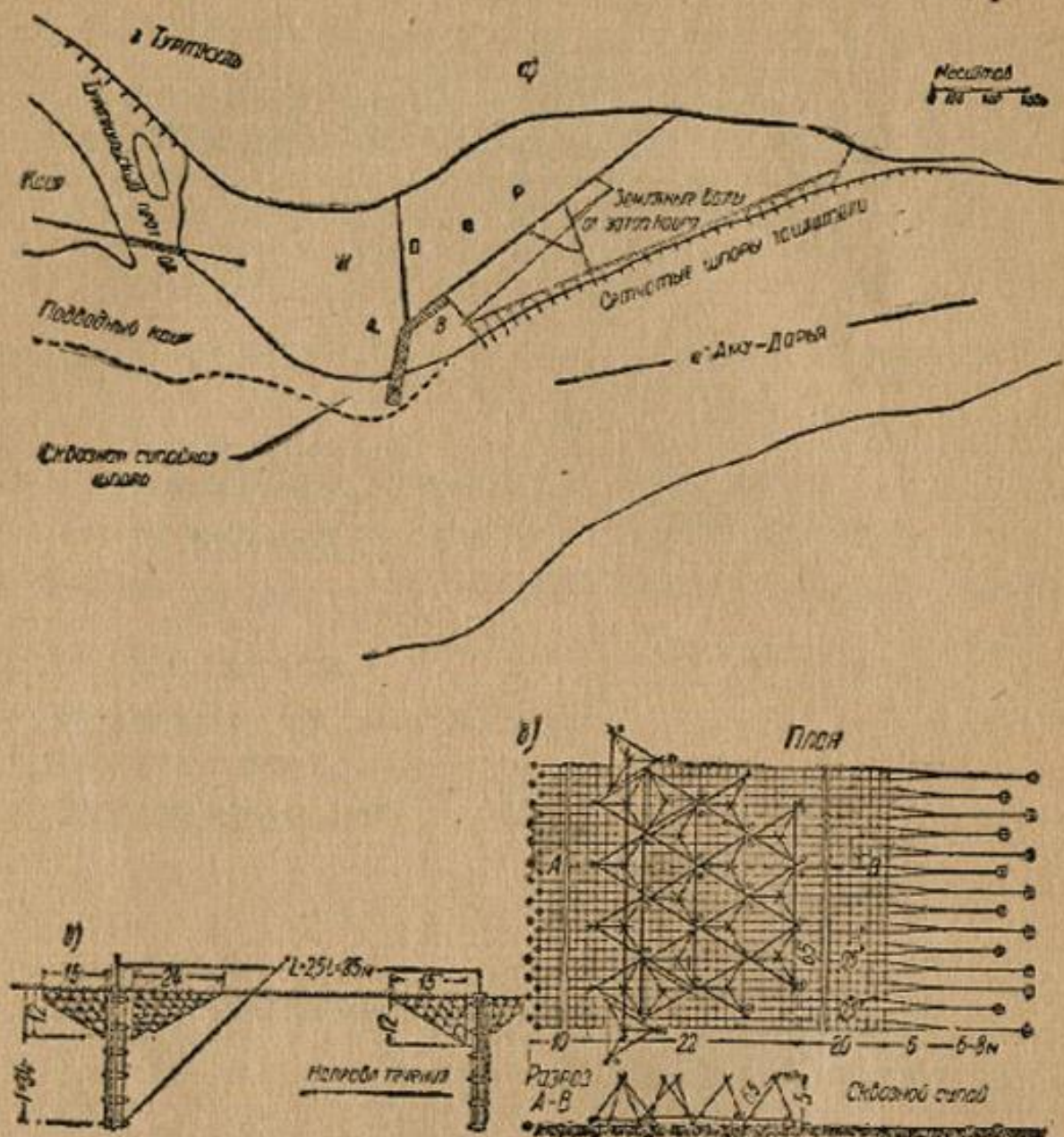


Рис. 90. Конструкция пловучей части сетчатой системы.

скорость, направление течения к сооружению и берегу, размер сооружения и площадь застройки его.

Приведённые в таблице основные гидравлические показатели рекомендуются для 6-лодочной системы, способной выдержать



6 лодок, водоизмещением каждая по 22,5 т (рис. 90) выдерживали скорости течения 4 м/сек. при глубине 6—8 м.

Основные строительные материалы на 6-лодочную сетчатую систему, включая 2 ворота, для условий р. Аму-Дарьи перечислены в таблице 31.

Описание способа строительства сетчатых систем, их установка на месте даётся в книге автора «Защита берегов от размыва», издания 1939 г.

§ 22. МЕТОД ПОПЕРЕЧНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ ПРОФ. М. В. ПОТАПОВА

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 направляют верхние слои потока в отвод, а нижние слои отключают от отвода (рис. 92).

Гидравлический расчёт направляющей системы. В настоящее время на практике нашли применение пловучие поверхностные системы. Кроме того, в качестве опытных нами были испытаны системы из поверхностных щитов, укреплённых на сваях.

Для определения основных размеров пловучей системы ниже приводятся зависимости инж. В. А. Шаумяна, 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:

$$L = \frac{b_0}{\sin \beta} \quad (30)$$

где:

L — длина системы в метрах,

α — угол между осью потока и направляющим щитом.

Для щитов обтекаемой формы $\alpha = 25-30^\circ$, а для плоских щитов $18-25^\circ$.

β — угол между осью системы направляющих и направлением течения основного потока; берётся $20-30^\circ$, т. е. можно принимать $\alpha = \beta$.

b_0 — ширина донного слоя потока, захватываемого отводом, и равная

$$b_0 = 1,11 (K + 0,35) b_k. \quad (31)$$

Здесь

$$K = \frac{q_k}{q_p}, \quad q_k = \frac{Q_k}{b_k} \text{ и } q_p = \frac{Q_p}{b_p},$$

b_k и b_p — ширина канала и реки,

Q_k и Q_p — расход канала и реки выше отвода.

Величина расхода в канале определяется по формуле

$$Q_k = \frac{q_p}{3} (b_0 + 2b_n), \quad (32)$$

$$b_n = 0,78 K b_k, \quad (33)$$

b_n — ширина поверхностного слоя потока, захватываемого каналом.

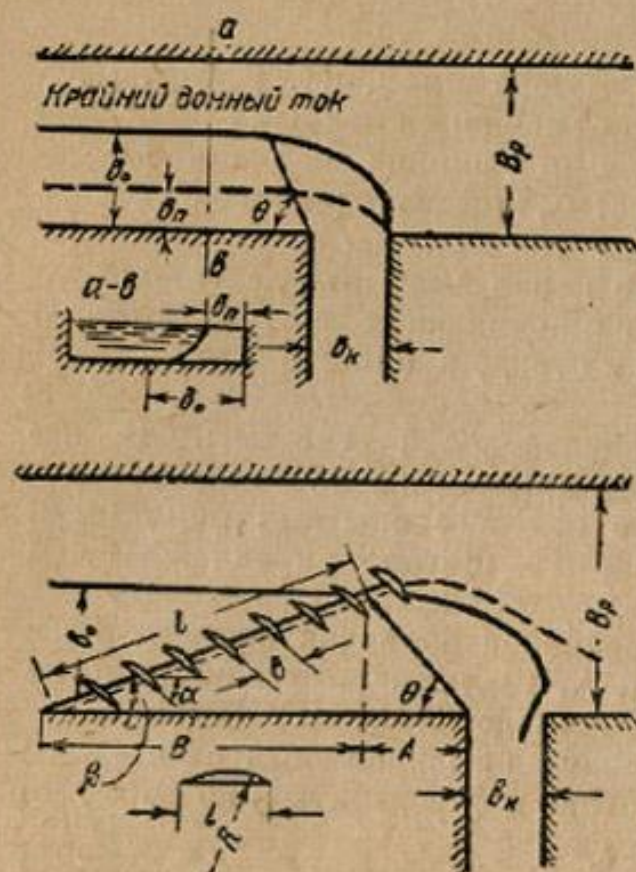


Рис. 92. Схема установки щитов проф. Потанова по отвлечению донных наносов.

Следовательно,

$$l = \frac{l_{\max} - l_{\min}}{2}. \quad (36)$$

Число направляющих в системе будет

$$n = \frac{L}{l} + 1. \quad (37)$$

Конструкция систем. Пловучие системы по отвлечению донных наносов от голов каналов состоят из трёх частей.

1. Пловучие щиты и понтоны сегментной формы.
2. Верхнее строение, соединяющее щиты в систему и одновременно служащее основанием для служебного мостика.

3. Тросы и береговые устройства для закрепления их (лебёдки, ворота или якоря).

Щит имеет водонепроницаемую обшивку из досок. Обшивка прикрепляется к стойкам внутреннего строения щита, а последние присоединяются к прогонам. Прогонны состоят из брусьев, соединённых между собой на всю длину системы (рис. 93 и 94).

	(в м ³)
Объём леса на 1 щит	— 0,78
» » на верхнее строение с отнесением на 1 щит	— 1,51
» » на 1 поплавок	— 0,78

Количество леса на одну систему может быть подсчитано по этим единичным объёмам.

Строительство и эксплуатация направляющих систем подробно изложены в правилах по эксплуатации установок, разработанных ВНИИГиМ под руководством проф. Потапова в 1939 г.

Работа щитов Потапова по данным полевых исследований. Щиты проф. Потапова дали положительный результат по отвлечению донных наносов. Так например, установленная у головы канала Палван (Таш-сака) струенаправляющая система, испытывавшаяся в течение 4 лет (1935—1938 гг.), позволяла сократить объём очистки головного участка канала на 100 тыс. м³ ежегодно. По данным лабораторных опытов САНИИРи, щиты уменьшают завлечение донных наносов до 90% и улучшают забор воды в канал.

В голове канала Кума-Курган в 1935—1936 гг. были установлены две 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 осветлённых струй в канал на 50%, предупреждено образование отмели вдоль правого берега при входе в канал, тем самым были значительно улучшены условия забора воды и уменьшено попадание донных наносов в канал (по замерам в 7,9 раза), что в объёме составило 8 100 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 проф. Потапова. Проведённые ВНИИГМ и САНИИРи полевые и лабораторные опыты с щитами на реках и каналах Средней Азии показывают:

1. На реках с легко подвижным руслом, где происходит ин-

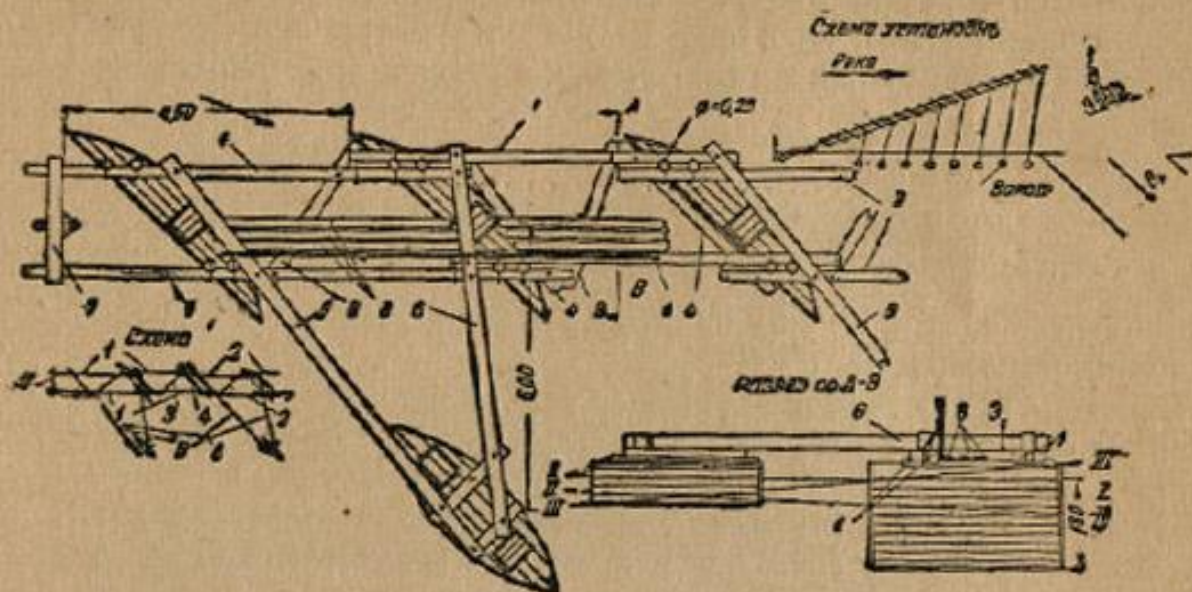


Рис. 93. Конструкция пловучей системы проф. Потапова по отвлечению донных наносов от головы канала.

Условные обозначения:

I—I горизонт при рабочем положении с балластами; II—II горизонт при нерабочем положении без балласта; III—III горизонт при нерабочем положении и с балластом.

Спецификация верхнего строения

Наименование	Сечение (в см)	Длина	Число на систему
Прогонь	20×20	96,5	4/4
"	18×18	6,50	26
Раскос	20×13	2,75	17
"	20×13	3,75	17
Поперечн. брус	25×24	8,50	9
"	25×24	6,50	9
Схватки	20×20	2,25	4
Служ. мост	18×50	4,50	5

тенсивное забрасывание голов пригационных каналов или размыв берега, системы должны быть подвижными.

2. На участках рек или каналов с неразмываемыми или закреплёнными берегами у голов каналов и более или менее устойчивым направлением течения системы могут быть полустационарными и стационарными (рис. 95).

3. На реках с легко подвижным руслом системы должны быть такими, чтобы имелась возможность изменения её элементов расположения, главным образом, угла между направляющими и направлением течения, глубины погруже-

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,

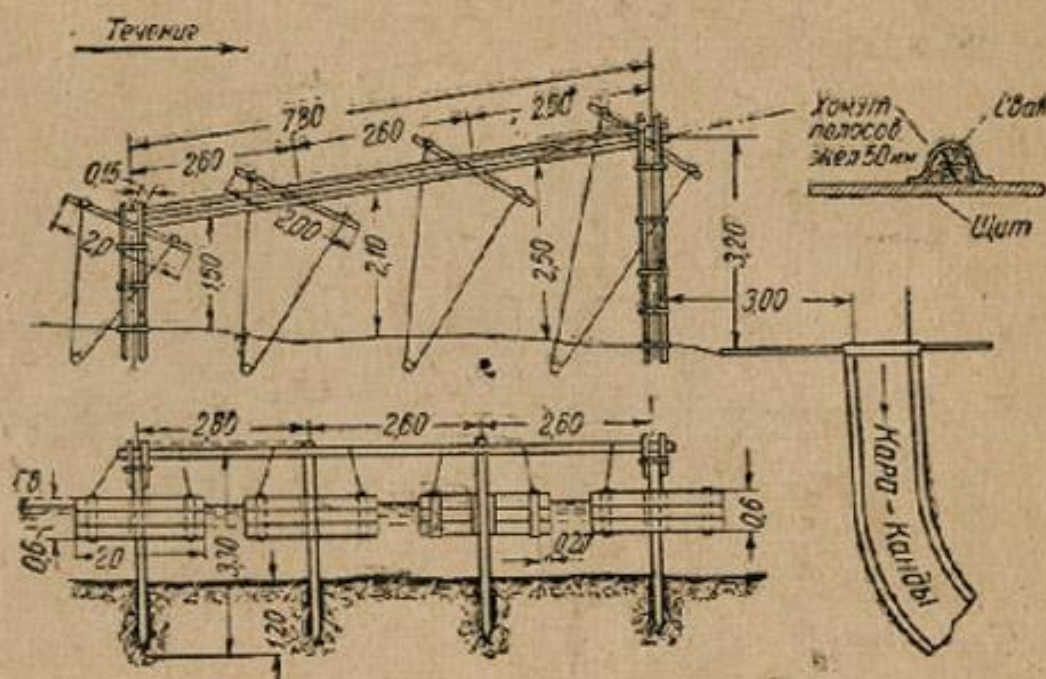


Рис. 95. Щиты проф. Поталова на сваях. Установка по отвлечению донных наносов от головы канала, испытанная нами в Фергане в 1934 г.

колеблется для различных районов сравнительно в широких размерах. Большое влияние на стоимость работ оказывает большая или меньшая отдалённость 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 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.

В таблице 32 приводится стоимость защитных и регулировочных работ в головах трёх 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 объясняется, во-первых, тем, что у головы канала 3 река сильнее блуждает, и поэтому приходится проводить работы в значительно большем объеме; 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 22

Наименование канала	Расход воды (в м³/сек.)	Площадь полива (в га)	Затраты на работы		Всего	Годовая затрата на 1 м³/сек. воды
			защитные	регулиру- ющие		
Канал 1	100	60 000	108 000	113 000	221 000	2 210
» 2	12	8 600	67 000	65 000	132 000	11 000
» 3	13	9 000	173 000	2 900	202 000	15 540

Сравнение стоимости крепления погонного метра откоса струе-направляющей дамбы различными конструкциями показало, что самым дешёвым 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 креплений пришлось отказаться ввиду дефицита, в условиях военного времени, оцинкованной проволоки и цемента. Вследствие этого в натуре и были выполнены таштуганная кладка и каменная наброска.

Защита погонного метра крепления берега хворостяными тюфяками на р. Аму-Дарье обходится в 2 500—3 000 руб. и на Сыр-Дарье — 1 500—2 000 руб.

Защита погонного метра откоса бетонными тюфяками (из плит) на Сыр-Дарье обходится в 1 000 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 установленным объем материалов, норму потребной рабочей силы и стоимость единицы работы на 1 кубометр кладки или на 1 м² облицовки (крепления) откоса вышеописанных типов сооружений.

III. УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫПРАВИТЕЛЬНЫХ, ЗАЩИТНЫХ И РЕГУЛИРОВОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ МЕСТНОГО ТИПА

§ 24. СОСТАВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Под технической эксплуатацией 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, путём 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 эксплуатации 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.

Особо следует отметить важное значение защитно-регулирующих 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 эксплуатации сооружений последние должны охраняться от порчи, от быстрого износа и своевременно ремонтироваться.

Разрушение сооружений наступает вследствие загнивания деревянных частей или ржавления металлических элементов,

механического паноса от действия воды и паносов, подмыва сооружения потоком, ледохода и т. д.

Механический износ может сказаться в разрушении связующих материалов (канатов, проволоки). Необходимо немедленно по обнаружении повреждения их исправлять: связывать разорванные сетки, канаты, закреплять повреждённое место тьюфками, карабурами, каменной наброской, чтобы защитить сооружение от дальнейшего разрушения.

Необходимо своевременно наращивать сооружения в высоту и одновременно принимать меры к прекращению дальнейших подмывов (путём укладки новых тьюфков, наброски камня и пр.). Если произошло, например, оползание уложенного на откосе тьюфика или железобетонных плит, то обнажившаяся часть берега должна быть немедленно защищена ремонтным тьюфом 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 остановкой работы 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 виде полувапруд, 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-регулирующих сооружений.

5. Аварийно-предупредительный ремонт при наличии явной угрозы по дальнейшему разрушению сооружений, а также сооружений, требующих немедленного исправления.

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 спасти подмываемые сооружения, а там, где готового на этот случай материала не оказалось, запаса его во время подмыва было уже поздно, и сооружение, стремительно разрушаясь, сносило потоком.

В военное время, кроме ремонта, необходимы аварийно-восстановительные работы в связи с диверсиями и бомбёжками 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 шпоров (в длину и по высоте);
- г) укрепление и защита основания сооружений от подмыва;
- д) мелкий ремонт сеток габионов, бетонных и железобетонных 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 неё наносов, льда, шуги и других плавающих предметов.

Для выполнения этих задач участок головного питания, с находящимися на нём сооружениями, должен работать бесперебойно и безаварийно во всех своих взаимно увязанных частях.

3. Участок головного питания (рис. 35) 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) трёх водосливов через реку — одного ряжевого и двух габионных,

г) трёх голов магистрального канала за № 1, 2 и 3,

д) сброса-регулятора в конце подводящего русла канала,

е) защитных и выправительных дамб и шпоров 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, определён 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. необходимости 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 ещё до 1927 г., вследствие чего материал перегнил, а проволока проржавела.

На ремонт таких сооружений в среднем ежегодно тратится 5—10% их 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 ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНЫХ И РЕГУЛИРОВОЧНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ВОДОЗАБОРЕ

Основными условиями рациональной технической эксплуатации сооружений являются следующие положения:

1. Учёт работ, производящихся при эксплуатации участка головного питания, а также фиксирование общего состояния осуществляется ведением двух основных документов:

- а) паспорта участка,
- б) дневника работы участка головного питания.

В паспорте даётся описание источника орошения и размеров основных сооружений, выполненных при строительстве и в период эксплуатации.

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 съёмки всего участка головного питания в масштабе 1 : 2 000 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 наводков 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 и 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 $(10 + 12)B$, где B — ширина главного действующего русла, должны быть:

а) речной 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 наводок и второй — в подводящем канале для наблюдения за деформацией ложа;

в) не менее трёх рабочих реперов, отмечающих горизонты: предельно высоких вод, рабочий нормальный горизонт и предельно низкий горизонт воды, обеспечивающий забор в канале;

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 трёх донных реперов в канале, трёх 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), размывов дна и берегов, а также для получения необходимых данных для составления проектов необходимо производить периодическую нивелировку по всем сооружениям со взятием следующих точек: верх дамбы или шпоры в 3—5 точках (смотря по величине сооружения), урез воды, дно в 3 местах около шпоры, берега и т. д. Данные нивелировки 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, с таким расчётом, 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 напряжённом положении. При обнаружении тех или иных разрушений зав. узлом должен принять срочные меры к восстановлению и укреплению сооружений.

14. В целях учёта проведённых работ при эксплуатации должен вестись дневник. В дневнике работы участка ежедневно фиксируется сдача и приёмка дежурств сторожами и заносятся данные всех производящихся наблюдений, описание произведённых работ, результаты осмотров и надзора с указанием обнаруженных дефектов и мер, принятых для их устранения.

Дневник заполняется техниками, наблюдателями, бригадирами, сторожами и заверяется заведующим эксплуатацией.

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, утверждённом 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 путём 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 подпиранию 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 лёгкие камышово-соломенные или хворостяно-соломенные фашивы 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 обратном порядке, принятом при возведении;

д) в период прохождения паводка все водосливы должны быть открыты, а прокоп из правого русла закрыт.

17. Все эксплуатационные работы по узу (защитные, регулировочные и ремонтные) производятся специально организованной строительной конторой, которая имеет свой штат, рабочую силу, гужевой транспорт и средства на ведение работ.

Производитель работ одновременно является заведующим узлом, у которого 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, техническая комиссия с представителем системного управления и облводхоза производит тщательный осмотр всего участка работ и сооружений с определением характера и объема повреждений, произведенных паводком. Одновременно комиссией намечается характер и объем работ для восстановления сооружений, а также объем 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 нивелировки 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 прригационной системы с наименьшим количеством наносов и шуги, необходимо на головном участке проводить специальные гидрологические и гидрометрические наблюдения, которые также должны быть использованы для внесения улучшений в работу узла, а также для 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 учёт 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 оговорёнными в паспорте условиями, все сооружения работают исправно, и вода подаётся 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 час- тиц (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—0,28
	Песок:					
2	Мелкий	0,05—0,25	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—0,63	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	Крупный	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 всё более и более крупные.

Н О Р М Ы

ВКПС (СОСТАВЛЕННЫЕ ПРОФ. М. Ф. СРИБНЫМ) О ДОПУСКАЕМЫХ СРЕДНИХ ПЕРАЗМЫВАЮЩИХ СКОРОСТЯХ ПРИ РАСЧЕТЕ ОТВЕРСТИЙ И УПРЕЦЛЕНИЙ ВОДОПРОПУСКНЫХ СООРУЖЕНИЙ:

1. Скорости течения для различных грунтов

№ п/п	Характеристика грунтов поверхности ложка водосточа	Размеры час- тин 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 гра- вием 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 валу- нами	—	1,70	2,10	2,80
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	4,10	5,75

¹ Инструкция по проектированию и строительству железнодорожных линий и сооруже-ний в условиях военного времени составлена Всесоюзным научно-исследовательским инсти-тутом железнодорожного транспорта, Ташкент, 1941 (рукопись).

№ п/п	Характеристика грунтов поверхности ложка водотока	Размеры час- тиц грунта в мм	Допускаемые средние скорости (в м/сек. при средней глубине потока (в м))		
			1	2	до 12 и более
Б. Связные грунты					
1	Ил и пыль	0,005—0,05	0,30	0,40	0,50
2	Речной илестый грунт, лёссовидные грунты неплотные, суглинок иловатый	—	0,50	0,65	0,80
3	Лёссовидные 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	—	2,50	4,50	5,70
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 расчёта креплений

№ п/п	Характеристика креплений	Размеры элементов в см	Предельно до- пускаемая скорость те- чения при глу- бине $H=1,0$ м в м/сек.	Высота водны (реки и оз.)	Примеча- ние
1	Дёрн плашмя на свеженасы- панном неукатанном грунте . .	—	0,80	0,20	
2	Дёрн плашмя на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте	—	1,10	1,30	
3	Дёрн плашмя на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте, с рассадкой евовых кольев	—	1,40	0,40	
4	Дёрн в стенку на свежена- сыпанном и неукатанном грунте	—	1,70	0,50	
5	Дёрн в стенку (внахлёстку) на коренном слежавшемся или тщательно укатанном грунте .	—	2,00	0,60	
6	Хворостяная выстилка без плетней на свеженасыпанном неукатанном основании, в зави- симости от толщины слоя хво- роста b по формуле $b=12v^2$ и $b=0,45h$	при $b=25$	1,50	0,55	
7	Хворостяная выстилка без плетней на коренном слежав- шемся или тщательно укатан- ном основании, в зависимости от толщины слоя хвороста по формуле $b=8v^2$ и $b=0,35h$.	» $b=25$	1,75	0,70	
8	Хворостяная выстилка с плетнями на свеже насыпанном неукатанном грунте, в зависи- мости от толщины слоя хво- роста по формулам $b=1,0v^2$ и $b=0,35h$	» $b=25$	1,60	0,70	
9	Хворостяная выстилка с плетнями на коренном сле- жавшемся, тщательно укатан- ном грунте, в зависимости от толщины хвороста b по форму- лам $b=7v^2$ и $b=0,30h$	» $b=25$	1,90	0,85	

№ пп	Характеристика крепления	Размеры элементов в см	Предельно допустимые скорости течения при глубине $H = 1,16$ м, в м/сек.	Высота волны (речной)	Примечание
10	Хворостяной тюфяк у мостовых опор, в зависимости от толщины слоя хвороста b по формуле $b = 10 v^2$	при $b = 6,5$	2,50	—	
11	Хворостяной тюфяк у дамб и берегов рек, в зависимости от толщины слоя хвороста b по формуле $b = 7 v^2$	при $b = 6,5$	3,00	—	
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 свеженасыпанном 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 свеженасыпанном 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 плиточного камня $40 \times 40 \times 15$ см, с расклиной на щебне или гравии, а также двойное мощение из правильных камней, с приколом на свеженасыпанном укатанном основании, при крупности камней	20—30	3,50	1,50	Сильный ледоход
19	То же, на коренном или укатанном грунте	—	3,75	1,75	То же

№ п/п	Характеристика вешелений	Размеры элементов в см	Предельно до- пускаемые скорости те- ния при глуби- не $H = 1,10$ м, в м/сек.	Высота волны (режмой)	Примеча- ние
20	Двойное мощение из пра- вильных камней, с прикодом на свеженасыпанном неукатанном основании, при крупности кам- ней	20—30	4,00	2,00	Сильный ледоход
21	То же, на коренном или тща- тельно укатанном грунте	—	4,50	2,25	То же
22	Двойное мощение с рас- кладкой из плитного камня $50 \times 50 \times 25$ см нижним слоем из камня 20×25 см на щебне или гравии. Сухая бутовая кладка из прочных пород круп- ного камня, с подбором лица, бетон марки 90	—	5,00	2,50	Сильный ледоход
23	Габионы при надёжной в от- ношении износа сетки и плет- нёвые ящики с заполнением из весьма крепкого камня	—	5,00	—	То же
24	Ряжевые стенки. Кирпичная кладка на железняка, на цемент- ном растворе	—	5,50	2,50	> >
25	Бетонный лоток (марки 110). Каменный лоток из средних пород	—	6,00	—	Сильный ледоход
26	Бетон марки 130 и бутовая кладка из прочных пород на растворе в виде подпорных стенок	—	7,00	3,00	То же
27	Деревянный лоток, гладкий, при надёжном 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.

КОЭФФИЦИЕНТЫ
СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ (ζ), В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕРЫ ПЕРВОНАЧАЛЬНОГО
СТЕСНЕНИЯ ЖИВОГО СЕЧЕНИЯ ПОТОКА $\frac{F_1}{F}$

№	Формулы, для которых даны коэффициенты	0,16	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 формуле Вейсбаха $\alpha = S \frac{v_0^3}{2g}$, где v — скорость подхода в м/сек.	0,02	0,33	0,95	2,08	4,02	8,12	17,8	19,3	445
2	Подпор у решёток ГЭС при неразмываемом русле и стержнях в виде свай в формуле Киршмера $\alpha = \zeta \frac{v_0^3}{2g}$, где $\zeta = 3 \left(\frac{s}{b} \right)^{\frac{2}{3}}$	0,10	0,28	0,72	1,20	1,79	2,7	4,49	14,38	240
3	Для одного свайного ряда (решётки) через всю ширину лотка при неразмываемом русле, в формуле $\alpha = \zeta \frac{v_0^3}{2g}$ (рис. 19)	0,40	1,00	1,60	2,50	4,00	7,00	13,40	40,0	—
4	То же, при размываемом дне	0,16	0,33	0,54	0,78	1,11	1,65	2,50	3,90	—
5	Для свайных решётчатых шпор длиной $b = \frac{B}{2}$ в размываемом русле, в первый момент после установившегося отнесением сопротивления (рис. 19): а) по всему потоку ζ_p б) к потоку на ширине шпоры $\zeta_{ш}$	—	0,71	1,04	1,21	1,56	2,19	4,11	8,90	—
	Через 60 минут после начала опыта: а) по всему потоку ζ_p б) на ширине шпоры $\zeta_{ш}$	—	0,90	1,20	1,60	1,90	4,50	11,0	21,20	—
	Через 60 минут после начала опыта: а) по всему потоку ζ_p б) на ширине шпоры $\zeta_{ш}$	—	0,32	0,60	0,80	0,97	1,10	1,22	1,35	—
		—	0,42	0,85	1,20	1,45	1,65	1,75	1,86	—
6	Для глухих шпор с вертикальным откосом в лотке, с размываемым дном (рис. 16): а) в начале опыта ζ_p б) » » » $\zeta_{ш}$ в) через 60 минут после начала опыта ζ_p г) через 60 минут после начала опыта $\zeta_{ш}$	0,70	1,00	1,60	2,52	4,00	5,90	8,15	—	—
		1,30	1,95	2,70	3,80	5,17	8,80	8,60	—	—
		0,60	0,88	1,16	1,52	2,02	3,55	6,25	—	—
		1,05	1,40	1,70	2,11	2,56	4,08	6,65	—	—

ДОПУСКАЕМЫЕ ДАВЛЕНИЯ НА ГРУНТ И ДРУГИЕ РАСЧЁТНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ НЕСВЯЗНЫХ И СВЯЗНЫХ ГРУНТОВ В ВОДОНАСЫЩЕННОМ СОСТОЯНИИ¹ (ПРИ КОЭФФИЦИЕНТЕ ВЛАЖНОСТИ ОТ 0,67 ДО 1 ДЛЯ НЕСВЯЗНЫХ ГРУНТОВ²)

№	Род грунтов	Угол естественного откоса в градусах	Объёмный вес γ (в т/м ³)	Допускаемое давление на грунт (в кг/см ²)
Для несвязных грунтов				
1	Песок мелкий, с примесью ила	20 ³	1,9	0,50
2	» » чистый, разрыхлённый	22	2,0	0,50
3	» » плотно слежавшийся	25	2,0	1,00
4	» средний, разрыхлённый	25	2,0	1,25
5	» средней крупности, плотно слежавшийся	27	2,0	1,50
6	Песок крупный, разрыхлённый	27	2,0	2,00
7	» » плотно слежавшийся	27	2,0	3,50
8	Гравелистый грунт	30	1,9	3,00
9	Галька средней крупности, плотно слежавшаяся	30	1,9	3,50
10	Камень булыжный	40	1,9	—
Для связных грунтов				
1	Ил	15 ⁴	1,8	0,15
2	Торф	25	0,8	0,15
3	Растительная земля, чернозём	25	1,8	0,15
Глинистые грунты				
1	Слабый илистый грунт, слабый суглинок, с включением ила и мелких органических примесей	20	1,8	0,50
2	Плотно слежавшаяся глина, суглинок плотный	25	1,9	2,0
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	» твёрдый глинистый грунт, с каменной подпочвой, глина, защищённая от размыва	35	2,0	4,00

¹ К водонасыщенным грунтам относятся грунты текучей консистенции при влажности выше верхнего предела пластичности по Аттербергу.

² Е. В. Близицкий, М. М. Гришин и др. Гидротехнические сооружения.

³ Для несвязных грунтов угол трения принимается равным углу естественного откоса.

⁴ Для мокрых водонасыщенных грунтов для предварительных расчётов угол естественного откоса принимается равным углу внутреннего трения.

⁵ Объёмный вес грунта, находящегося в воде, уменьшается за счёт веса воды, вытесненного скелетом грунта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- С. Т. Алтуни. Защита берегов от размыва, Ташкент, 1939.
- С. Т. Алтуни. Инструктивные указания по учёту донных наносов приборами, Ташкент, 1937.
- Е. В. Близняк и Б. В. Поляков. Инженерная гидрология, М., 1939.
- Е. В. Близняк, М. М. Гришин и др. Гидротехнические сооружения, т. I и II, М., 1938.
- Е. Болдаков. Мостовые переходы, М., 1939.
- Е. А. Водарский. Выправление (регулирование) рек, М., 1937.
- А. Н. Гостунский. Конспект лекций по курсу гидрологии и регулированию водных потоков (рукопись), Ташкент, 1941.
- П. А. Ефимович. Вопросы водохозяйственных расчётов и гидрологии, М., 1939.
- Е. А. Замарин. Водозаборные сооружения, М., 1939.
- С. В. Ивбаши. Гидравлика производства работ по преграждению русла, М.—Л., 1939.
- И. И. Леви. Гидротехнические сооружения, ч. I, Л., 1935.
- В. М. Маккавеев. К динамике твёрдого и жидкого стока свободных потоков при прямолинейном и извилистом русле, Труды по гидрологии, Л., 1938.
- НКПС. Технические условия по проектированию и строительству железнодорожных линий и сооружений в условиях военного времени (рукопись). Всесоюзный научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта, Ташкент, 1941.
- М. В. Потапов и др. Поперечная циркуляция в открытом потоке и её гидротехнические приложения, М., 1936.
- М. В. Потапов. Борьба с донными наносами и защита берегов от размыва, М., 1936.
- Наркомзем СССР. Правила технической эксплуатации ирригационных (оросительных) систем Союза ССР, издание ГХУ Наркомзема СССР, 1938.
- Руднев. Регулирование рек Закавказья, Тифлис, 1933.
- Никитин. Габионные и карабурные работы, Ташкент, 1932.
- Б. И. Никольский. Временная инструкция по закладке и содержанию живого крепления на речных берегах и откосах каналов, Ташкент, 1941.
- Наркомводхоз УзССР. Технические отчёты по эксплуатации ирригационных систем за 1938—1940 гг.
- Наркомречфлот СССР. Временная инструкция по производству выправительных работ сооружениями постоянного типа, М., 1939.
- САНИИРи. Научно-технические отчёты САНИИРи по полевым и лабораторным исследованиям режима рек, водозаборных и защитно-регулирующих

ных сооружений в Средней Азии с 1933 г. по 1944 г. (рукопись). Архив САНИИРи.

Сазводиронз. Проектное задание по защите города Турткули от смыва р. Аму-Дарьей (рукопись). Архив Сазводиронза, 1938.

М. Ф. С р и б н ы й. Расчёт струенаправляющих дамб мостовых переходов. М., 1937.

С. П. Т р о м б а ч е в. Сипайные работы. Ташкент, 1924.

А. В. Т р о и ц к и й. Правила эксплуатации участков головного питания ирригационных систем с плотинным водозабором (рукопись). Архив САНИИРи, 1938.

Ф. Ф о р х е й м е р. Гидравлика. Перевод и редакция Черкасова, 1935.

Д. Я. С о к о л о в. Водозаборные устройства для гидростанций и ирригации. М., 1937.

В. А. Ш а у м я н. Эксплуатация водозаборных сооружений, М., 1942.

Журналы

«Гидротехническое строительство», М., с 1934 по 1941 г.

«Водный транспорт», М., 1938—1940 гг.

«Ирригация и гидротехника», Ташкент, 1935/1936 г.

Иностранная литература

A. Schoklitsch. Der Wasserbau. B. I—II, Berlin.

Winkel. Flussregelung, Berlin, 1934.

Журналы за 1933—1940 гг.

1) Civil Engineering.

2) Deutsche Wasserwirtschaft.

3) Engineering News Record.

4) Proceedings of the American Society of Civil Engineers.

Редакторы: М. Н. Таланцев, Л. Л. Халкин
Технический редактор П. Г. Беккер

Подписано к печати 3/1 1947 г. Формат бумаги 60х92 $\frac{1}{16}$. В 1 печ. л. 48000 зн. 11 печ. л.
12 30 уч.-изд. л. А00601. Тираж 10000 экз. Цена 3 руб. 70 коп. Заказ № 1724

Отпечатано с матриц в Ю-Я типографии треста «Полиграфкнига». ОГИЗ'а
при Совете Министров СССР. Челябинск, ул. Громова, 127.