

С. Сатаркулов

**НОВЫЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ И КОМПОНОВКИ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ**

**СУУ ЧАРБАГА АРНАЛГАН
ӨМҮР
(МЕМУАРЛАР)**

Бишкек – 2020

УДК 255.01.23
ББК 320.2 Ку
С 40

С.Сатаркулов

С40 Новые и усовершенствованные конструкции и компоновки гидротехнических сооружений. Суу чарбага арналган өмүр (мемуарлар). / – Б.: «Калем» БУ, 2020. – 293 с.????????????????

ISBN 978-9967-08883-4-63

В данной работе, написанной на базе ранее опубликованной книги под названием «Перспективные водозаборные и сетевые сооружения. Суу чарбага арналган өмүр (мемуарлар)». Бишкек. 2015г, приведены описания новых и усовершенствованных конструкций и компоновок водозаборных, водозаборно - перепускных сооружений, селеудерживающих и сетевых (водоподпорных, водораспределительных, поворотных, соединительных, водомерных и других) сооружений, разработанных в 1955-2020 годы и предназначенных к применению на оросительных системах республики. При этом новые разработки подтверждены авторскими свидетельствами СССР и патентами КР. Приводятся сведения по внедренности разработок и их эффективности, а также даются источники, где опубликованы рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации рекомендуемых к применению сооружений.

В мемуарах описываются для чего и как эти сооружения разрабатывались и трудности, возникшие при их создании и внедрении в производство.

С 20200000004-2
ISBN 978-9967-08883-4-63

УДК 255.01.23
ББК 320.2 Ку
© С.Сатаркулов., 2020



Посвящается светлой памяти Керимбаева Суюна Каримовича – доктора исторических наук, лауреата Государственной премии Киргизской ССР в области науки и техники, талантливого специалиста в области истории Кыргызстана XX века, участника Великой Отечественной войны Советского Союза, внесшего неоценимый вклад в развитие исторической науки в республике в Советский период.

КЕРИМБАЕВ СУЮН КАРИМОВИЧ

Суюн Каримович родился в 1915 году в селе Кызылтуу Сокулукского района Чуйской области. В 1935 году окончил в Бишкеке педагогический техникум, где некоторое время работал педагогом. Затем поступил на исторический факультет Ленинградского университета, закончив которого, в том же 1941 году, добровольцем ушел на фронт и участвовал в боях на Ленинградском фронте не только как воин-освободитель, но и как агитатор полка, выполняя в боях всю партийно-политическую работу. Суюн Каримович, имевший воинское звание капитана, в одном из жарких боев был тяжело ранен.

Рана была настолько серьезная, что в одном из Ленинградских госпиталей военные врачи боролись за его жизнь более года.

Вернувшись в Кыргызстан, Суюн Каримович, несмотря на свою инвалидность, посвятил себя науке, при этом выбрав весьма емкое, трудно выполнимое и, пожалуй, политически ответственное направление – история Кыргызстана XX века.

Его огромное трудолюбие, глубокие знания и целенаправленная работа позволили Суюну Каримовичу написать и опубликовать по выбранному направлению более 90 научных работ (монографий, книг и др.), основными из которых являются:

- Патриотизм трудящихся Киргизии в годы Великой Отечественной войны Советского Союза 1941-1945гг. Фрунзе. 1954;

- Советский Киргизстан в Великой Отечественной войне 1941-1945гг. Фрунзе. 1985.

Послужной список Суюна Каримовича: директор исторического музея, зав. сектором, старший и главный научный сотрудник, научный консультант института истории АН КР.

Производственная, научная и педагогическая деятельность Суюна Каримовича высоко оценено государством. Он награжден множеством наград, в том числе орденом Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, Знак Почета и медалями СССР. Награжден также Почетными Грамотами Верховного Совета Киргизской ССР.

Но, все же, главная награда эрудированного ученого – он является Лауреатом Государственной премии Киргизской ССР в области науки и техники.

Байке, жаткан жериңиз жайлуу, топурагыңыз торко болсун.

ОТ АВТОРА

Я, Сатаркулов Сабатбек, по специальности – инженер-гидротехник, в 1955г. окончил КиргСХИ им.К.И. Скрябина. При вручении дипломов, мне сообщили, что мой диплом передан в отдел аспирантуры АН Киргизской ССР, что стране нужны не только производственники, но и научные работники. Вот так я стал аспирантом, проходил его в институте энергетики и водного хозяйства АН Киргизской ССР, его директором в то время был Б.М. Мамбетов. При институте работал и С.И. Ибраимов. Научным руководителем был назначен кандидат технических наук К.Ф. Артамонов (впоследствии доктор технических наук, профессор, академик ВАСХНИЛ им.В.И.Ленина). Этот дальновидный человек и прекрасный организатор научных работ, меня часто отправлял в составе разных экспедиций для изучения тех или иных водных объектов, построенных на оросительных системах республики. Однажды, вместе с С.И. Ибраимовым, принял участие в изучении работу Куршабского гидроузла и обследовании Отуз-Адырской оросительной системы. До этого, будучи студентом, практику по геодезии проходил вместе с А. К. Кожомкуловым в Нарынской области (в Куланаке и Ак-Талаа), а по строительству – в Тюпском районе Иссык-Кульской области (строили два быстротока на канале «Комсомол»). При учебе в институте - нас часто возили на те или иные оросительные системы Чуйской долины.

В то время инженерных оросительных систем можно было видеть очень редко, тогда действующие оросительные системы характеризовались как полуинженерные и не инженерные. В действительности, функционирующие в то время оросительные системы относились, в основном, к категории неинженерных.

Именно в такой период учился в аспирантуре, изучал эксплуатационные показатели водозаборных сооружений и оросительных систем, что впоследствии понадобились в моей научной работе. На тему, связанную с горным водозабором, первым из киргизов в водной отрасли в 1964 г защитил кандидатскую диссертацию, куда вошло одно из трех моих изобретений по водозабору - донный водозабор с решеткой вибрационного действия.

Наступил период, когда интенсивно начали реконструировать существующие и строить новые оросительные системы, в том числе быстротечные каналы и лотки, а также разные сооружения на них. В этот период работал старшим научным сотрудником, затем зав. лабораторией сетевых сооружений. Быстротечные водотоки строились без особой сложности, но построенные на них сооружения – не отвечали предъявленным к ним требованиям. В силу этого, наступило время по совершенствованию сетевых

сооружений. Такие работы включались в бюджетные темы, а также проводились по договорам с проектным институтом «Киргизгипроводхоз».

Для решения этого вопроса в лабораторию в качестве аспирантов и соискателей были приняты молодые и трудолюбивые специалисты: П.И. Андреев, А. Акимжанов, К.К. Бейшекеев, Голубенко М.И., П.И. Дуюнов, С.И. Идрисов и др.

Совместно с ними начал решать стоящие перед нами задачи. Они были трудные, но решались успешно. В процессе выполнения научно-исследовательских работ разрабатывались различные технические решения, признанные впоследствии новыми и подтвержденные авторскими свидетельствами СССР, причем они относились к водораспределительным, поворотным и другим сетевым сооружениям. Изучались вопросы соединения и бурных потоков.

Разработанные сооружения широко использовались проектными организациями: институтами «Киргизгипроводхоз» и «Киргизгипрозем», Северной (в Бишкеке) и Южной (в Оше) межрайонными проектными группами. Тогда, мы тесно сотрудничали с такими главными инженерами проектов, как: А.П. Мокиенко, Г.Н. Долгов, В.И. Суматохин, Липатов Н.И., Семенова О.С., В.Г. Чернышов, Н.И. Лищенко, П.В. Мокин, М.Е. Ким, С.И. Воеводин и другие.

Благодаря именно такому сотрудничеству, разработанные новые сетевые сооружения широко внедрялись в производство, а аспиранты и соискатели, под моим научным руководством, успешно защищали (в Москве) кандидатские диссертации (см. раздел «Показатели имен»). Один из них, К.К. Бейшекеев, ныне стал доктором технических наук).

Пришлось проводить научно-исследовательские работы и по селезащитным сооружениям.

В дальнейших работах особое внимание уделялось водомерным сооружениям, поскольку вода стала товаром. Эти работы проводились мною, - совместно с А. Акимжановым, К.К. Бейшекеевым, Х.М. Маллаевым, А. П. Полотовым, Б.Т. Кошматовым, А.Ж. Батыковой, Э.М. Мамбетовым, Д. К. Садыбаковой и другими, при этом именно на эту тему защитили кандидатские диссертации Б.Т. Кошматов, А.Ж. Батыкова, Э.М. Мамбетов, а защита диссертации Д.К. Садыбаковой - запланирована на 2021 год.

Экспериментальные образцы новых водомерных сооружений внедрены на многих отводах ВБЧК, ЗБЧК и Атбашинского магистрального канала. Они внедрились благодаря усилиям сотрудников ЧГБУВХ П.Н. Дейнеко, Д.И. Иманканова, З.М. Жээналиева, А.С. Уметалиева, Г.А. Кондубаева, Ч. А. Акматова, А.Ж. Жумашева и других, в связи с чем выражаю им искреннюю благодарность. Отдельных слов искренней благодарности достоин бывший начальник ЧГБУВХ А.П. Полотов, так как его вклад был

большим не только при внедрении новых водомерных сооружений, но и при публикации книг по этим сооружениям.

Мне удалось принимать участие в создании Кировского водохранилища на реке Талас, проводив исследования одного из однотипных рабочих водовыпусков на модели. Зарядное устройство, изобретенное мною, позволило качественно проводить исследования и дать обоснованные рекомендации по улучшению конструкций водовыпусков и пропускных их способностей. Эти рекомендации были учтены на стадии рабочего проектирования объекта. Рабочие водовыпуски, являющиеся важными элементами арочной плотины, вот уже в течение 45 лет, функционируют нормально, обеспечивая пропуск заданных расходов воды.

Имею следующие звания: изобретатель СССР (с 1977 г), заслуженный изобретатель Киргизской ССР (с 1982 г), кандидат технических наук (с 1964 г), профессор национальной Аттестационной Комиссии КР (с 2010 г).

Награжден Почетной Грамотой и Грамотами Верховного Совета Киргизской ССР, многочисленными грамотами КиргНИИВХ и ВНИИКА мелиорации; бронзовыми медалями и другими наградами ВДНХ СССР и Кирг.ССР, Грамотами Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов. **Но признаюсь, что для меня весьма важной наградой было обращение Государственного комитета КР по водному хозяйству и мелиорации своим письмом №1-1093 от 18 мая 2011 года к Президенту КР Р.И. Отунбаевой с просьбой о присвоении мне почетного звания «Кыргыз Республикасынын Баатыры». Это звание не присвоено, но я весьма был рад тому, что моя работа в отрасли так было высоко оценено. Это обращение было связано с моим 75-летием.**

С тех пор прошел 10 лет. За этот период:

- защитили кандидатские диссертации Б.Т. Кошматов, А.Ж. Батыкова и Э.М. Мамбетов. Как это было отмечено выше, защита диссертации Д.К. Садыбаковой запланирована на 2021 год;

- в соавторстве опубликованы книги: «Водомерные сооружения для открытых оросительных систем». Бишкек. 2014 (16,25 п.л.) (она посвящена научному руководителю К.Ф.Артомонову) и «Водомерные сооружения для учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах». Бишкек. 2018 (13,0 п.л.) (она посвящена известному ветерану в отрасли О.А.Билику). Автором третьей, то есть настоящей книги «Новые и усовершенствованные конструкции и компоновки гидротехнических сооружений». Бишкек. 2020 (18,38 п.л.) являюсь я сам;

- от Кыргызпатента получено 11 патента, в том числе – самостоятельных – 2, при этом два новых водомерных сооружений получили внедрение, отзывы – положительные.

В настоящее время являюсь автором 48 изобретений, в том числе самостоятельных – 14.

Кроме того, в 2011-2018 гг проводил государственную метрологическую аттестацию водомерных сооружений, построенных на оросительных системах Ошской, Баткенской, Таласской и Чуйской (в Кеминском, Иссык-Атинском, Аламединском районах и на водных объектах ЧГБУВХ) областей, оказывая одновременно помощь производителям по вопросам улучшения работы водомерных сооружений, повышения точности измеряемых расходов воды и правильного оформления документаций (паспортов) гидростов.

В этом году, 31 августа, мне исполнится 85 лет, стаж работы в системе водного хозяйства - 65 лет. Являюсь персональным пенсионером, в настоящее время (официально) – нахожусь в отпуске без содержания, но продолжаю работать; пишу, в соавторстве, книги – которые могут стать научно-методическими пособиями и могут быть использованы при проектировании, строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений. В частности, в настоящее время работаю в соавторстве над написанием книги «Эксплуатационные показатели лотковых каналов и гидротехнических сооружений на них».

Вопросы внедрения разработанных сооружений в производство не оставляют меня в покое и это касается, в настоящее время, сооружений по учету воды в лотковых каналах и башенных водовыпусков из селеудерживающих емкостей. Работаю над вопросами внедрения этих сооружений в производство, зная, что это положительно скажется не только на экономической эффективности оросительных систем, но и эксплуатационных их показателей.

При подготовке работы к изданию принимали активное участие Э.М. Мамбетов и Д.К. Садыбакова, которым выражаю искреннюю благодарность.

Книга предназначена для специалистов водной отрасли, занимающихся вопросами изучения, проектирования, строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений на оросительных системах республики; она полезна и для аспирантов, магистрантов и студентов, посвятивших себя водному хозяйству.

РАЗДЕЛ I БӨЛҮК

Необходимость – мать всех изобретений
Платон

НОВЫЕ И УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И КОМПОНОВКИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ



1. РАБОЧИЕ ВОДОВЫПУСКИ КИРОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА НА Р. ТАЛАС

В состав бетонной плотины (типа Марчелло) Кировского водохранилища, построенного на р.Талас, входят, кроме поверхностного водосброса, два донных рабочих водовыпуска, смонтированных в отдельные секции плотины (рис.1.1) и рассчитанных на пропуск суммарного расхода воды до $185 \text{ м}^3/\text{сек}$. Каждый из водовыпусков оборудован тремя затворами – ремонтным, размещенным непосредственно за входным оголовком, аварийным и рабочим (конусным) в конце. Водовыпуски работают в диапазоне напоров $0 \div 55 \text{ м}$, расстояние между их осями в плане составляет 22 м , ось водовыпусков расположена на высоте 15 м над средней отметкой аллювиальных отложений в нижнем бьефе плотины.

Объект имел межреспубликанское значение и, поэтому, весьма ответственный. Имея это ввиду, в 1966 г. в гидравлической лаборатории отдела гидравлики и гидротехнических сооружений КиргНИИВХ проводились экспериментальные исследования по изучению гидравлических характеристик одного из указанных водовыпусков. Результаты этих исследований, оформленные в виде научного отчета, были переданы заказчику, а краткие их результаты – опубликованы в статье [114].

Исследования рабочего водовыпуска проводились на модели из плексигласа, построенной в масштабе $1:40$ натуральной величины. Плексиглас был прозрачным, что позволила наблюдать за гидравлическим явлением, происходящим в трубчатом водовыпуске, а осредненные давления в водотоке измерялись пьезометрами (103 шт.), размещенными через $8\text{-}25 \text{ мм}$ у входного оголовка и $20\text{-}177 \text{ мм}$ по длине водовыпуска (рис.1.2). Такое большое количество пьезометров (103 шт.) принято было для того, чтобы более детально изучить распределения осредненных давлений по длине водовыпуска.

Здесь следует отметить, что в начальной стадии исследования сразу же возникли непредвиденные трудности и они были связаны с зарядкой пьезометров. Применение известных способов зарядки пьезометров не дало положительных результатов.

Они оказались приемлемыми только для зарядки малочисленных пьезометров, например, не более 5 , но когда их пробовали применять для зарядки 103 пьезометров, то выяснилось, что зарядка пьезометров не должна осуществляться выборочно, последовательно или обратно, а одновременно – то есть зарядка 103 пьезометров должна была осуществляться одновременно по времени.

Из-за этого, пришлось временно отложить испытание рабочего водовыпуска и основное внимание направить на создание самого зарядного

устройства и лишь, затем приступить к основной части исследовательской работы.

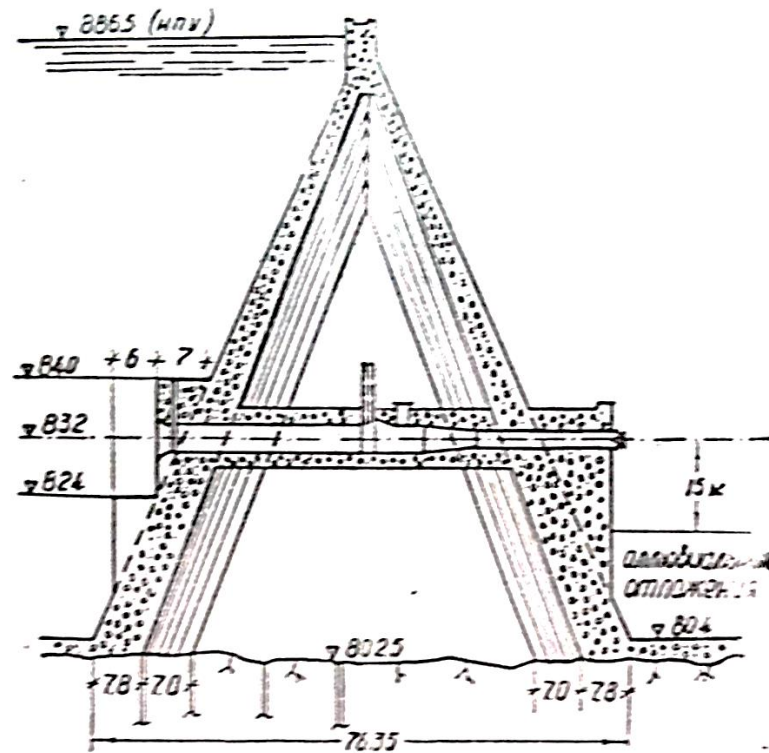


Рис.1.1. Схема размещения водовыпуска в теле плотины.

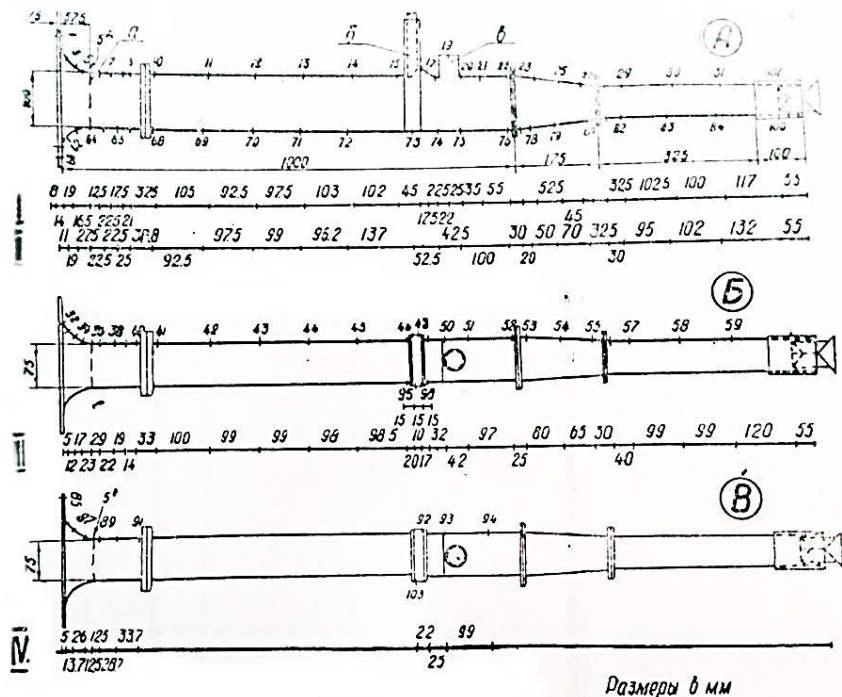


Рис.1.2. Схема размещения пьезометров на модели рабочего водовыпуска: А-вид сбоку; Б, В-план водовыпуска; а, б-ремонтный и аварийный затворы; в-смотровой люк; I,II,III,IV-соответственно верхние, нижние, боковые и угловые пьезометры.

При работе над созданием такого зарядного устройства преследовались цели – упрощение и ускорение процесса зарядки пьезометров.

В процессе выполнения такой работы удалось все – таки разработать устройство (Авторское свидетельство №300793 СССР. 1969г. [3]), которое (рис.1.3) состоит из герметичного сосуда 1, соединенного с пьезометрами 2 и ручным насосом через штуцер 3. От дна сосуда 1 отходит сбрасывающая трубка 4 с краном 5.

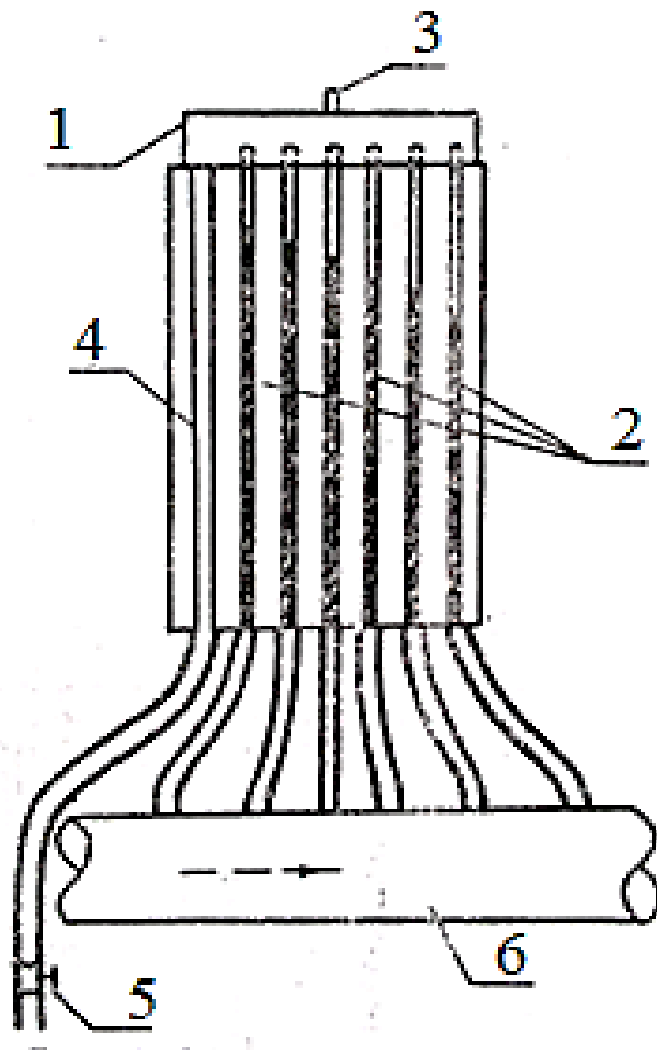


Рис.1.3. Схема устройства для зарядки пьезометров.

Устройство работает следующим образом. Перед началом опытов выкачиванием воздуха в герметичном сосуде 1 создается вакуум, в силу чего в сосуд через пьезометры 2 поступает вода из водовода 6. После наполнения $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ части высоты сосуда 1 открытием крана 5 в сбрасывающей трубке 4 создается непрерывное течение воды по пьезометрам, увлекающее из них воздушные пузырьки. Через определённое время насос отключается, в систему впускается воздух через штуцер 3 и по установлении уровней воды в пьезометрах 2 фиксируются их показания.

Испытание разработанного устройства проводилось на примере рабочего водовыпуска Кировского водохранилища на р.Талас. Одновременно с ним, проводилась работа и по испытанию самого рабочего водовыпуска. Работа рабочего водовыпуска Кировского водохранилища проверялась при различных условиях – при 14 уровнях воды в водохранилище и четырех открытиях рабочего затвора. Всего было проведено 246 опытов. При всех этих условиях зарядка всех пьезометров (103 шт.) осуществлялась за короткое время – 2-3 мин, а по рабочему водовыпуску были получены достоверные данные, на основании которых были разработаны рекомендации по улучшению конструктивных и эксплуатационных показателей испытываемого водного объекта. Как это отмечалось ранее, результаты научных исследований:

- переданы в виде научного отчета заказчику для использования в стадии разработки рабочих проектов;

- краткие результаты исследований опубликованы в статье [114].

Важность выполненных научно-исследовательских работ по теме может быть положительно оценена тем, что вот уже в течение 45 лет донные рабочие водовыпуски Кировского водохранилища на р. Талас обеспечивают пропуск заданных расходов воды, оставаясь надежным и при их эксплуатации.

Что же касается самого зарядного устройства, то его с успехом можно будет применять при испытании любых напорных водоводов различного назначения.

2. СЕЛЕУДЕРЖИВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

Селеудерживающие сооружения или, точнее, селеудерживающие емкости строились и строятся в республике для защиты населенных пунктов, оросительных каналов, орошаемых земель и других важных объектов от селевых потоков. Кроме того, они строились и строятся для того, чтобы очищенные от наносов жидкие стоки (воды) использовать на орошение. При этом они строились и строятся чаще всего в необжитой зоне на периодически действующих логах, где отсутствует возможность организации постоянного надзора и ухода за сооружениями. Поэтому, в этих условиях, принятые при строительстве конструкции и компоновки сооружений должны обеспечить нормальную их работу.

Селеудерживающие емкости широко строились в семидесятые годы прошлого столетия; они строились для защиты, например, таких магистральных каналов, как Араван-Акбуринский и Туя-Муюнский; они имеются и на Найманской оросительной системе. В то время количество запроектированных и построенных сооружений насчитывалось более 100.

Селеудерживающие емкости создавались путем строительства земляных плотин, высотой 5-20 м. При этом они строились по проектам института «Киргизгипроводхоз». Запроектированные им в этих проектах водовыпуски из селеудерживающих емкостей приведены на рис.2.1.

Изучение опыта эксплуатации этих и других водовыпусков из селеудерживающих емкостей свидетельствуют о ниже следующем.

Редко, но все же с целью создания селеудерживающих емкостей строились низконапорные земляные плотины, не оборудованные донными водовыпусками и катастрофическими водосбросами.

Такие плотины не отвечают условиям пропуска водной составляющей селея в нижний бьеф сооружения из-за отсутствия водовыпускных и водосбросных элементов, а потому они, из-за резкого переполнения верхнего бьефа и перелива воды через дамбы, легко разрушаются (рис.2.2-2.4).

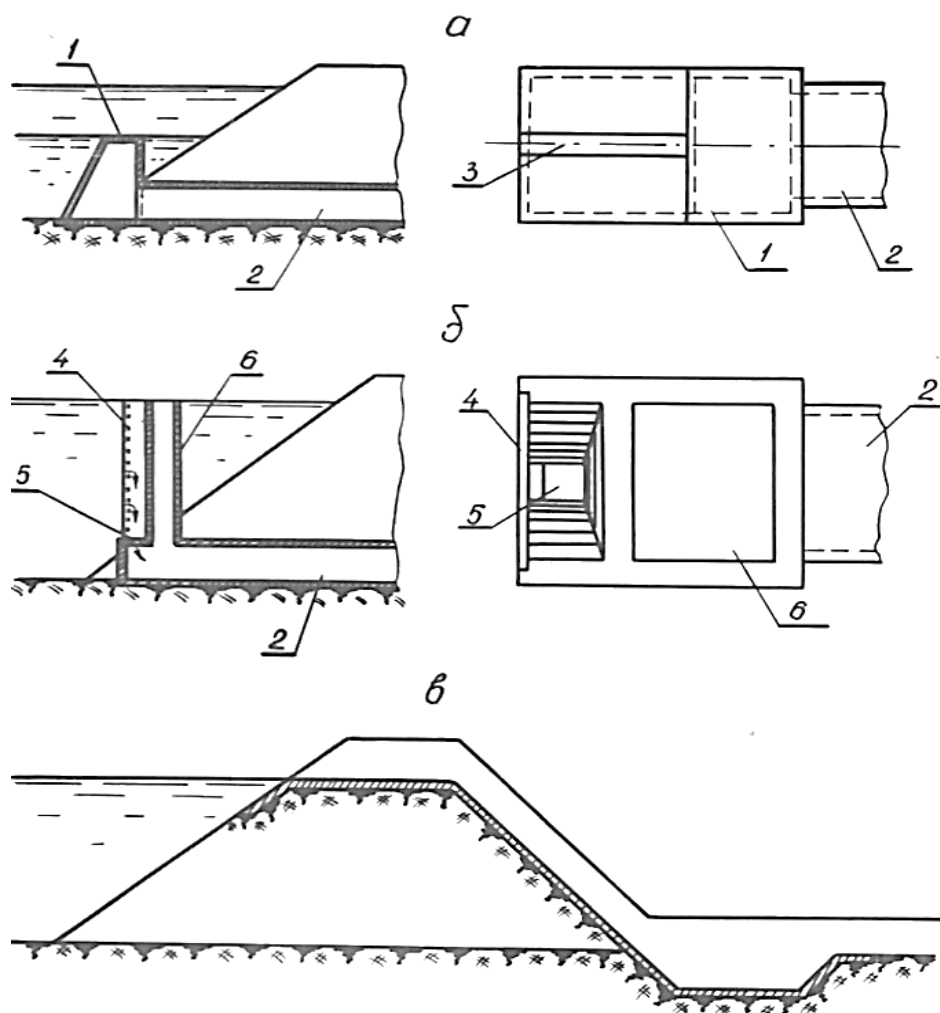


Рис.2.1. Водовыпуски, запроектированные проектным институтом «Киргизгипроводхоз». 1 - башня; 2 – водопроводящая труба; 3 – щель; 4 – решетки; 5 – водоприемные отверстия; 6 – катастрофический водосброс.



*Рис.2.2. Селеудерживающая емкость на логу (вид с верхнего бьефа)
Кыргыз-Атинская оросительная система.*



*Рис.2.3. Селеудерживающая емкость на логу Терек-Сай (вид с верхнего
бьефа) Кыргыз-Атинская оросительная система.*

Во входном оголовке водовыпуска на рис.2.1а (с фасадной стороны) имеется вертикальный прорез – щель 3, вследствие чего он называется «щелевым». Ширина щели 0,10 м, отсутствует катастрофический водосброс. К недостаткам данного водовыпуска могут быть отнесены momentальная забиваемость щели плавником и трудность ее очистки, опасность перелива воды поверх дамбы и разрушения последней.

Поверхностный катастрофический водосброс без донного водовыпуска (рис.2.1.в) обеспечит, конечно, пропуск внезапно нарастающих потоков. Однако, из-за отсутствия донного водовыпуска, верхний бьеф этого сооружения не целиком опорожняется от воды (рис.2.5), что негативно может повлиять на пропуске новых волн селевых потоков.

Водовыпуск, приведенный на рис.2.1б, состоит из двух башен:

- из передней 7, фасадная сторона которой выполнена в виде решеток 4, а в подошве башни имеется квадратное водоприемное отверстие 5 (размеры 35×35 см), через которое осуществляется сброс воды;
- из башни 6, которая является катастрофическим водосбросом.



Рис.2.4. Селеудерживающая емкость на логу Шунк-Сай (вид с нижнего бьефа) Бургундинский массив орошения.

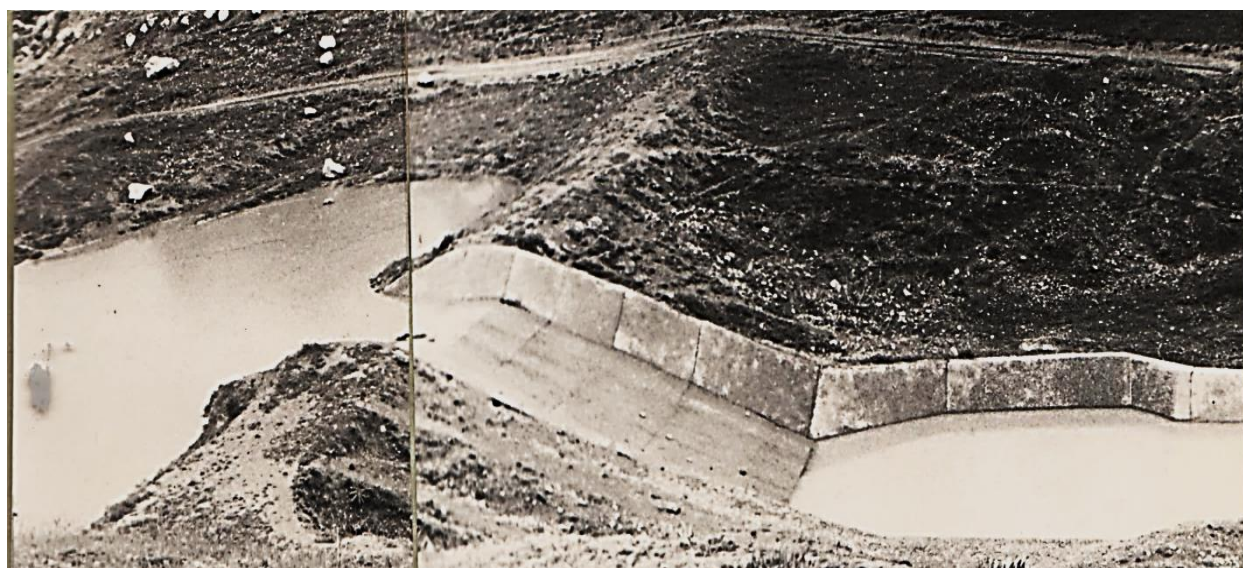


Рис.2.5. Катастрофический водосброс из селеудерживающей емкости (вид сверху) Найманская оросительная система.

Решетка предотвращает попадание крупных наносов и плавника в первую башню, обеспечивая тем самым пропуск воды через водоприемное отверстие.

Работа этого водовыпуска, к сожалению, не изучена. Однако можно отметить, что включение в состав сооружения решетки и катастрофического водосброса несомненно улучшит работу водовыпуска, устраиваемого в теле селеудерживающей плотины.

Изложенное свидетельствует о том, что:

- с одной стороны, на построенных сооружениях существующие конструкции водовыпусков не обеспечивают надежного (безаварийного) сброса воды из селеудерживающих емкостей;

- и, с другой, остро стоит вопрос о необходимости защиты действующих и вновь строящихся магистральных каналов и других важных водных объектов от селевых потоков.

В этих условиях совершенствование конструкций водовыпусков, предназначенных для сброса воды из селеудерживающих емкостей, представляет практический интерес.

Исследовательские работы, проведенные в указанном направлении, позволили рекомендовать о возможности применения ниже приведенных конструкций донных водовыпусков из селеудерживающих емкостей.

При проведении исследований к водовыпускам из селеудерживающих емкостей предъявлялись следующие требования:

- задерживать в селеудерживающих емкостях селевой паводок и трансформировать его при выпуске водной составляющей селя в нижний бьеф сооружения;

- обеспечить надежный и автоматический сброс водной составляющей селя даже в условиях частичного завала сооружений наносами;

- водовыпуски должны быть компактными и иметь не только донные водовыпуски, но и катастрофические водосбросы.

Ниже приводятся разработанные с учетом этих условий конструкции водовыпусков, признанные улучшенными или новыми. При этом имелось в виду, что в рассматриваемом вопросе особого внимания будет заслуживать применение сплошь сквозной башни, так как в этом случае сброс воды из емкости будет осуществляться по всей высоте и периметру башни.

На рис.2.6 (Авторское свидетельство №340738 СССР. 1970г.[4]) приведена одна из возможных конструкций водовыпусков со сквозной башней. При этом на рис. 2.6а приведен общий вид; на рис. 2.6б – блок в плане и на рис.2.6в – блок сбоку.

Башенный водовыпуск – водосброс включает шахту 1 с опорной плитой 2, имеющую отверстие 3, дополнительную шахту 4, выполненную из

колец 5 и установленную на монолитном фундаменте 6, и водопроводящую трубу 7.

Шахта 1 собрана из блоков 8 с щелями 9 и закрыта крышкой 10, чтобы плавник не попал внутрь основной шахты 1 и не забил водовыпускные отверстия 3. Отверстия 3 в опорной плите 2 пропускают приток селевого расхода при различном уровне воды в селеудерживающей емкости.

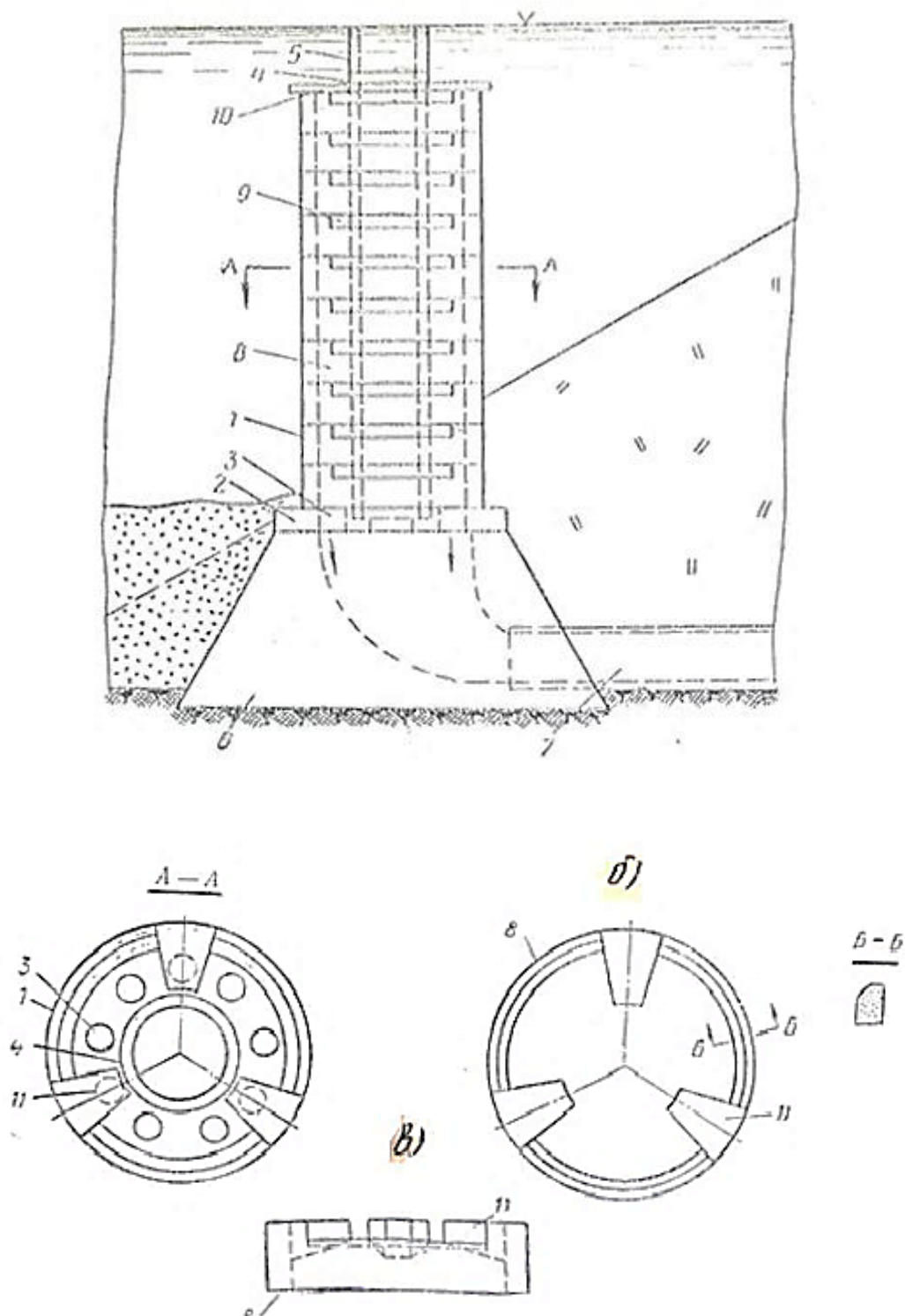


Рис.2.6. Башенный водовыпуск-водосбор.

Дополнительная шахта 4 расположена внутри основной шахты 1 с зазором, причем отметка дополнительной шахты соответствует отметке НПУ воды в емкости.

Блоки 8 внутри выполнены с тремя выступами 11, на которые опираются кольца 5 дополнительной шахты 4, чем обеспечивается жесткость конструкций устройства. Для облегчения очистки щелей 9 верхние кромки блоков 8 шахты 1 на участке вне опирания их на выступы 11 выполнены скошенными.

Блоки шахты 1 и шахты 4 через выпускную арматуру соединены между собой и заполнены бетоном.

Предлагаемый водовыпуск-водосброс работает следующим образом: за счет влияния подпора и задержки фракций размером более ширины щелей 9 в емкости аккумулируется основная масса твердого стока селей; более осветленная вода из емкости подается через щели 9 в пространство между шахтой 4 и башней 1, откуда она через калиброванные отверстия 3 стекает в водопроводную трубу 7 и сбрасывается в нижний бьеф; по мере заиливания емкости селевыми выносами, нижняя часть сквозной башни 1 не примет участие в сбросе воды, так как она завалится заносами.

Завал нижней части сквозной башни 1 не вызовет опасности разрушения сооружения, так как сброс воды будет осуществляться автоматически из верхней зоны башни.

В случае повышения уровня воды в емкости свыше НПУ сброс воды осуществляется, кроме калиброванных отверстий 3, через шахту 4.

Унификация проектирования и строительства водовыпусков в различных условиях (потребность в них только в республике исчисляется сотнями единиц) достигается набором по глубине (напору) воды в емкости комплектов железобетонных колец-блоков 9 и 4, назначением необходимого количества щелей 8 в сквозной башне и оставлением незамоноличенными требуемого числа калиброванных отверстий 6 в опорной плите 1 по расчетному расходу ожидаемого селя.

На рис. 2.7 [31] приведена другая из возможных конструкций водовыпусков со сквозной башней. Опорная плита 4, несущая на себе сборную сквозную водовыпускную башню, состоящую из блоков-колец 5, лежит на монолитном фундаменте 3. В плите предусмотрено водовыпускное отверстие 7, обеспечивающее пропуск притока селевого расхода при различном уровне воды в селеудерживающей ёмкости.

При рассматриваемом водовыпуске за счет влияния подпора и задержки фракций размером более ширины щелей 6 в емкости аккумулируется основная масса твердого стока селей. Более осветленная вода из емкости подается через щели 6 в башню, откуда она через отверстие 7 стекает в трубу 2 и сбрасывается в нижний бьеф сооружения.

Работа этого водовыпуска не зависит от степени заиления селеудерживающих емкостей, так как если наносы и завалят нижнюю часть сквозной башни, то сброс воды осуществится с ее верхних зон. В случае превышения уровня воды в емкости свыше НПУ поступление воды в башню осуществится, кроме щелей, также через верх башни.

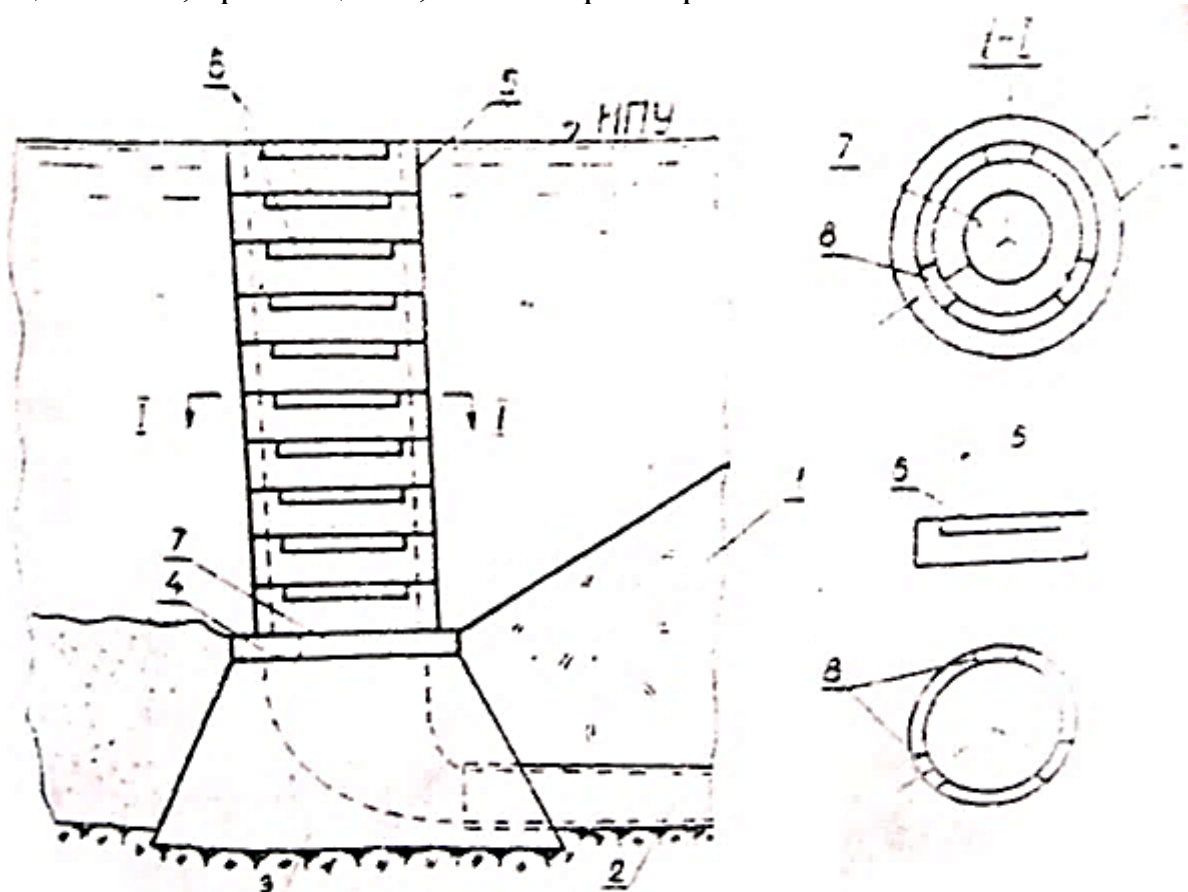


Рис.2.7. Башенный водовыпуск – водосброс. 1 – плотина.

На рис.2.8 (Патент №233 КГ 2017г. [186]) приведена третья из возможных конструкций водовыпусков со сквозной башней. На данном сооружении вертикальная сквозная шахта выполнена в плане виде квадрата, сама шахта по высоте состоит из двух частей – нижней, возводимой и виде сквозной бетонной стенки из однотипных блоков, и верхней, выполненной в виде цельной грубой решетки.

Первоначально вертикальная шахта может быть построена на высоту $H_{ш} = 0,5H_{п}$, где $H_{п}$ – высота плотины. Затем, при занесении сквозной шахты наносами, она может быть наращена и при этом наращивается только бетонная часть путем укладки блоков при временно снятой верхней части шахты - грубой решеткой.

На рис.2.8а - приведено описываемое устройство для сброса воды, вид сбоку; на рис.2.8б – план устройства по разрезу 1-1; на рис.2.8в - блок, вид сбоку и на рис.2.8г – блок, в плане.

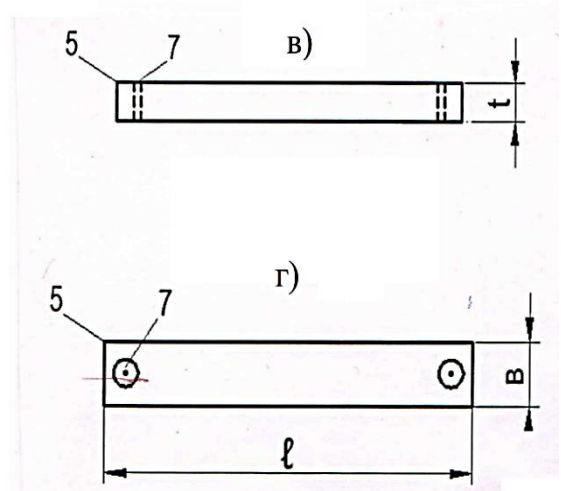
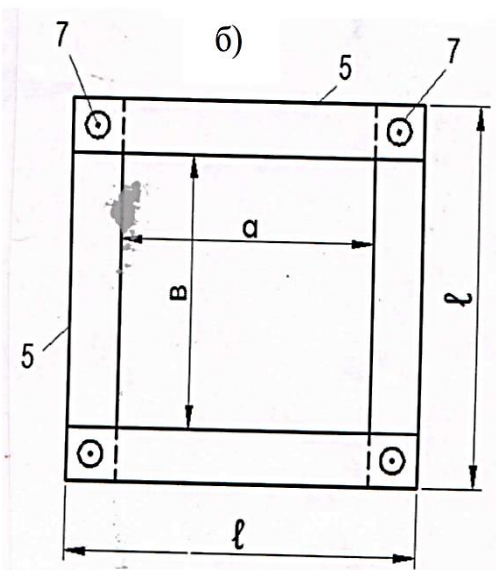
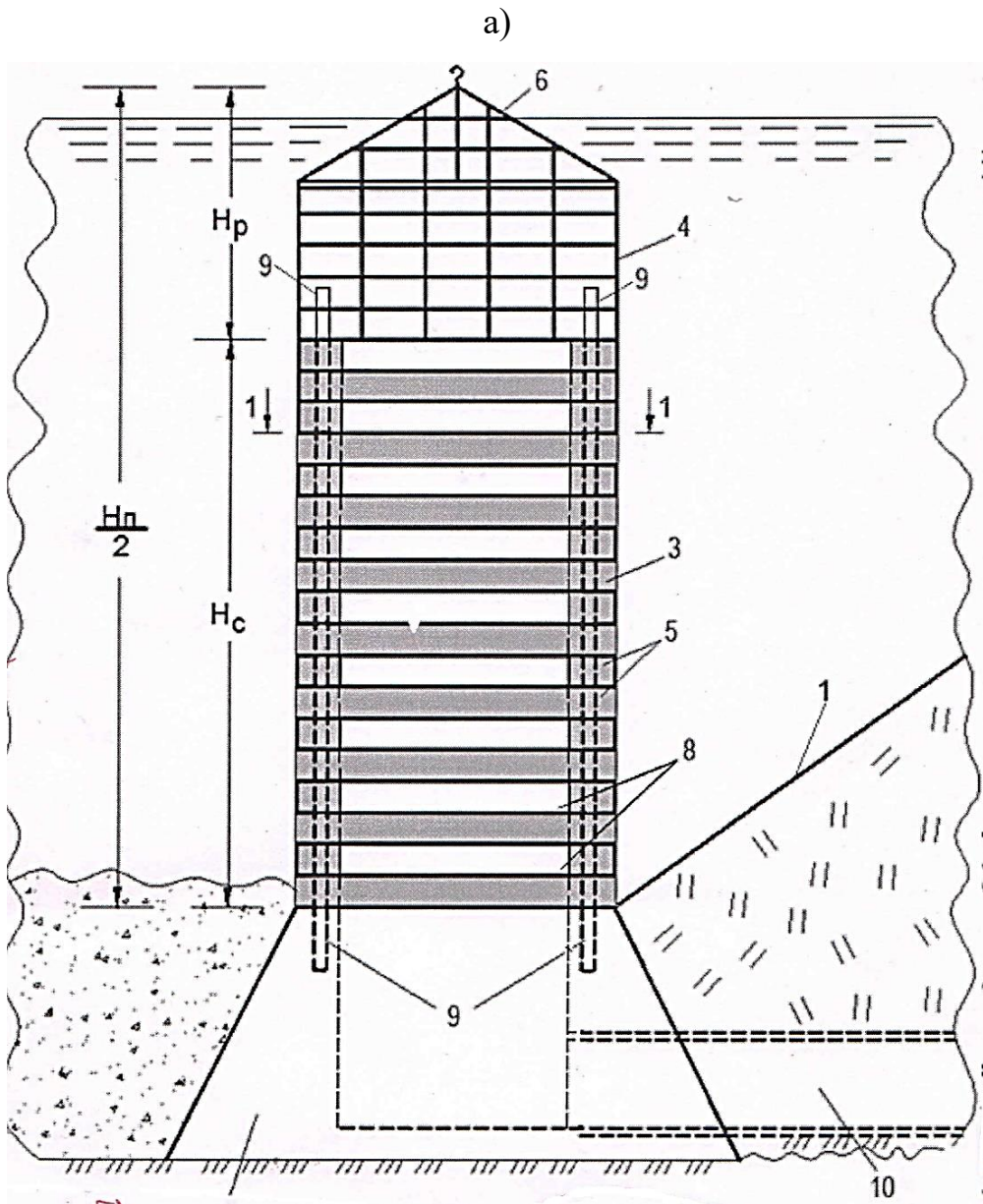


Рис.2.8. Башенный водовыпуск – водосброс.

Устройство для сброса воды включает установленную на бетонном фундаменте 2 вертикальную шахту, состоящую из сквозной бетонной 3 и грубой решетчатой 4 частей. Бетонная часть сквозной шахты 3 возведена из однотипных блоков 5, а решетчатая часть 4 – выполнена цельной и съемной, при этом для устранения попадания крупных фракций плавника во внутрь сквозной шахты, решетчатая ее часть сверху закрыта грубой решеткой 6.

Бетонная часть сквозной шахты предназначена не только для пропуска селевого расхода через щели во внутрь шахты, но и для задержания наносов в самой селеудерживающей емкости. Решетчатая часть устройства устраняет попадания крупных фракций плавника в шахту.

Блоки 5 шахты однотипны и выполняются в форме прямоугольного поперечного сечения, при этом ближе к их концам предусмотрены трубчатые отверстия 7 с диаметром D_1 , которые используются при монтаже самого устройства. Толщина блоков принимается исходя из целесообразности назначения оптимальной ширины щелей 8, а их длина – исходя из пропуска расчетного расхода воды через щели устройства.

Решетчатая часть 4 устройства в плане выполнена в виде квадрата, вход в нее закрывается изготовленной по форме конуса грубой решеткой 6. Высота решетчатой части в виде квадрата может приниматься не менее одного метра, а высота конусной части – не менее 0,5 м.

Для обеспечения монолитности и устойчивости устройства для сброса воды предусмотрены четыре вертикальных трубчатых столбца 9, с диаметром D_2 , их длина соответствует высоте самой шахты, а диаметр D_2 должен быть чуть меньше (на 10-15 мм) чем диаметр D_1 отверстий на концах блоков 5.

Нижние концы вертикальных трубок 9 замоноличиваются бетоном в фундамент устройства, при этом они размещаются в плане фундамента по форме квадрата. Расстояние между трубами (по их оси) соответствует расстоянию 2-х отверстий (по их оси), размещенных на концах блоков. Такое размещение 4-х трубок в составе разработанного устройства позволяет осуществлять возведение шахты только из одного типа блока, что положительно скажется не только на сроках, но и на качестве строительства водного объекта.

Устройство работает следующим образом. За счет влияния подпора и задержки фракций, которые крупнее ширины щелей 8, в емкости аккумулируется основная масса твердого стока селей. Более осветленная вода из емкости поступает через щели 8 в пространство шахты 3, откуда она стекает в водоотводящую трубу 10 и сбрасывается в нижний бьеф сооружения. По мере заиливания емкости селевыми выносами нижняя часть шахты не принимает участие в сбросе воды, так как она заиливается наносами.

Занесение нижней части сквозной бетонной части шахты 3 наносами не вызывает опасности разрушения сооружения, так как поступление воды в шахту осуществляется автоматически не только из верхней его части, но и через грубой решетки 4.

При занесении сквозной бетонной части шахты наносами до уровня $\frac{2}{3}H_c$, где H_c – высота бетонной части шахты (рис.2.8а), сама шахта может быть наращена на следующую принятую оптимальную высоту.

На рис.2.9. (Патент №275 KG 2019 г [187]) приведена четвертая из возможных конструкций водовыпусков со сквозной башней.

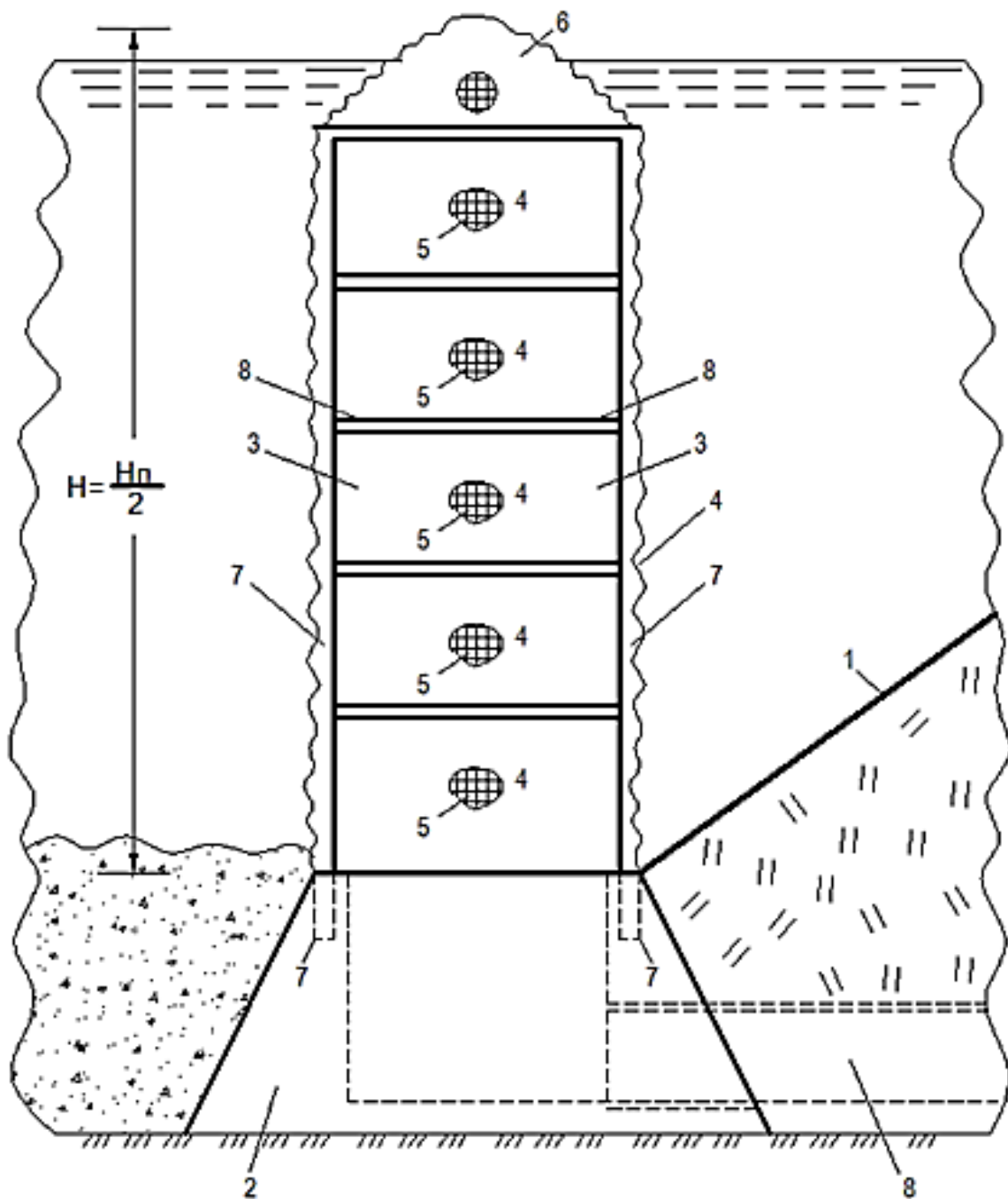


Рис.2.9. Башенный водовыпуск – водосброс.

На разработанном сооружении вертикальная сквозная шахта выполнена целиком из грубой решетки, с ячейками ромбовидной, квадратной или другой формой водопропускных отверстий с размерами сторон порядка 50x50мм.

Данное устройство для сброса воды, размещенное перед земляной плотиной 1, включает установленную на бетонном фундаменте 2 вертикальную шахту 3, выполненную из грубой решетки 4 с ячейками ромбовидной, квадратной или другой формой водопропускных отверстий 5, при этом для устранения попадания крупных плавников в шахту, последняя сверху закрыта грубой решеткой 6, выполненной в форме конуса.

Для обеспечения монолитности и устойчивости устройства при сбросе воды предусмотрены в плане четыре трубчатых столбца 7, с диаметром порядка 70-100мм, их длина соответствует высоте сквозной шахты, нижние концы вертикальных столбцов 7 замоноличиваются бетоном в фундамент устройства, при этом они могут размещаться в плане по форме прямоугольника, квадрата, круга или другой формы. По высоте сами столбцы между собой соединяются металлическими поясами 8, к которым и столбцам 7 по наружной поверхности шахты прикрепляется грубая решетка. Нижние концы грубой решетки замоноличиваются бетоном в фундамент устройства.

Первоначально вертикальная шахта может быть построена на высоту $H_{ш} = 0,5H_{п}$, где $H_{п}$ – высота плотины. Затем, при необходимости (занесении наносами), она может быть наращена также грубой решеткой.

По мере наполнения селеудерживающей емкости нижняя часть сквозной шахты 3 не только будет пропускать селевого расхода через водопропускные отверстия 5 грубой решетки 4 во внутрь шахты 3, но и задерживать наносы в самой селеудерживающей емкости, а верхняя часть устройства устраняет попадание крупных фракций плавника в шахту. При этом параметры сторон ячеек с ромбовидной, квадратной или другой формой водопропускных отверстий могут быть приняты не более 50x50мм.

На рис.2.9 площадь сквозной башни в плане соответствует площади отверстия при входе в шахту. Однако, в случае необходимости (для улучшения сброса из селеудерживающей емкости), площадь сквозной башни в плане может быть принята значительно больше (например, в 1,5-2 раза), чем площадь отверстия при входе в шахту.

Устройство работает следующим образом. За счет влияния подпора плотиной и задержки фракций наносов, крупнее ромбовидной, квадратной или другой формой водопропускных отверстий решетки, в селеудерживающей емкости аккумулируется основная масса твердого стока селей. Более осветленная вода из емкости поступает через ромбовидной, квадратной или другой формы водопропускных отверстий сквозной шахты 3 в ее про-

странство, откуда она стекает в водоотводящую трубу 8 и сбрасывается в нижний бьеф сооружения. По мере заилиения емкости селевыми выносами нижняя часть шахты не принимает участие в сбросе воды, так как она заливается наносами.

Занесение нижней части сквозной шахты наносами не вызывает опасности разрушения устройства, так как в этом случае поступление воды в шахту осуществляется автоматически не только из верхней его части, но и через крышку самой шахты.

При занесении сквозной решетчатой шахты наносами до уровня $\frac{2}{3}H_{\text{ш}}$, где $H_{\text{ш}}$ – высота шахты, сама шахта может быть наращена на следующую принятую оптимальную высоту.

Эффективность устройства будет заключаться в повышении надежности сброса воды из селеудерживающей емкости с низконапорной плотной сквозной шахты за счет увеличения площади водопропускных отверстий и выполнения их ячеек по ромбовидной, квадратной или другой формой поперечного сечения с размерами сторон порядка 50x50мм.

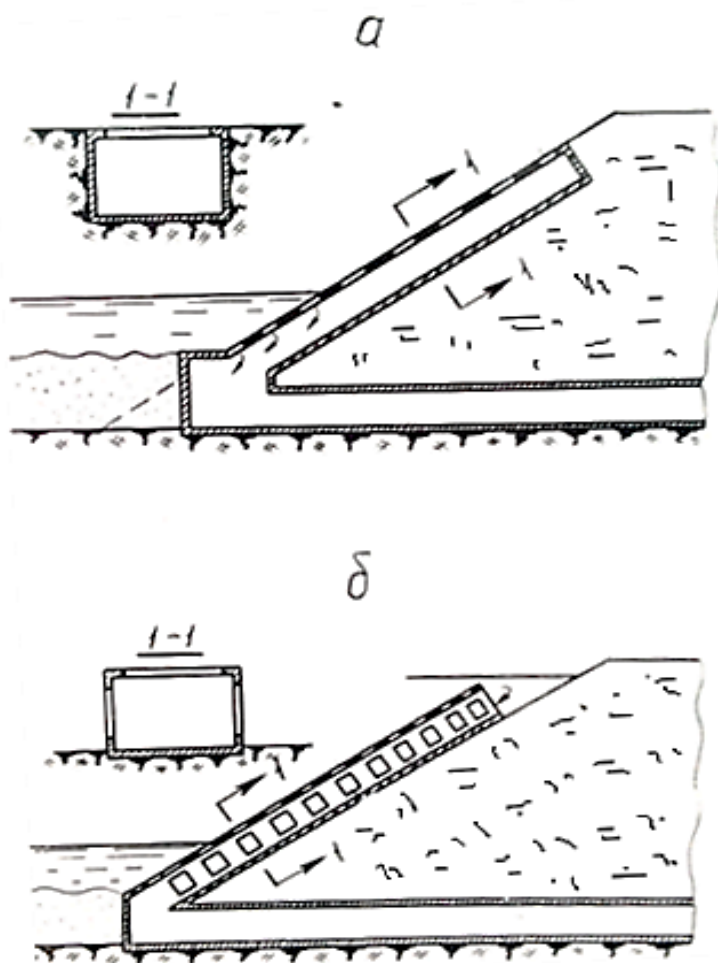


Рис 2.10. Видовыпуски с водоприемной шахтой, размещенной на верхнем откосе плотины.

В водовыпусках на рис. 2.10 [31] плоскость решетки совпадает с плоскостью верхнего откоса плотины (схема а) или проходит параллельно ей (схема б). Эти водовыпуски работают по следующему принципу: более осветленная вода из селеудерживающих емкостей подается через верхние 1 и боковые 2 отверстия решетки в водоприемную галерею 3, откуда она попадает в водопроводящую трубу 4 и сбрасывается в нижний бьеф сооружения.

Из двух положений размещения водоприемной галереи на верхнем откосе плотины (2,10 а и б), последнему стоит отдать предпочтение, так как строительство водоприемной галереи на откосе плотины позволит устроить водопропускные щели (или отверстия грубой решетки) не только сверху, но и по бокам галереи 3, чем повысится надежность сброса воды из селеудерживающих емкостей.

Следует отметить, что идея строительства сплошь сквозной башни заслуживает внимания, так как в этом случае сброс воды из емкости осуществится по всей высоте и периметру башни.

Поэтому на всех сооружениях башни по всей высоте выполнены сквозными. На сооружениях на рис.2.8 и 2.9 грубая решетка применена для увеличения площади водопропускных отверстий сквозного шахтного водосброса и оптимизации их форм для ограничения попадания наносов и плавника в вертикальную шахту.

Из выше описанных возможных конструкций водовыпусков со сквозной башней, устройство на рис.2.6 рассчитано для применения при сбросе воды из весьма емких селеудерживающих емкостей, имеющих высоконапорные плотины. Устройства на рис.2.7 и 2.8 рассчитаны для селеудерживающих емкостей со средненапорными плотинами, а сооружение на рис.2.9 – с низконапорными плотинами.

Усовершенствованные и новые конструкции донных водовыпусков из селеудерживающих емкостей были испытаны на лабораторной установке. Результаты испытания изложены в научном отчете [85] и опубликованы в статьях [31,126]. МЧС КР планирует построить экспериментальное сооружение.

3. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

3.1. Для открытых оросительных систем

3.1.1. Постановка вопроса

Опыт эксплуатации оросительных систем и гидроэлектростанций, построенных на реках горно-предгорной зоны КР, свидетельствует, что обес-

печение планового отбора воды, надежной борьбы с речными наносами и щугой во многом зависит от совершенства, исправного действия и содержания головных водозаборных сооружений, к которым предъявляются требования простоты, дешевизны и удобства при эксплуатации.

Этим требованиям на верхних участках рек горно-предгорной зоны отвечают бесплотинные водозаборы (рис.3.1), в меньшей степени нарушающие режим речного потока, не препятствующие прохождению внезапных паводков и селей, а также крупных речных наносов.

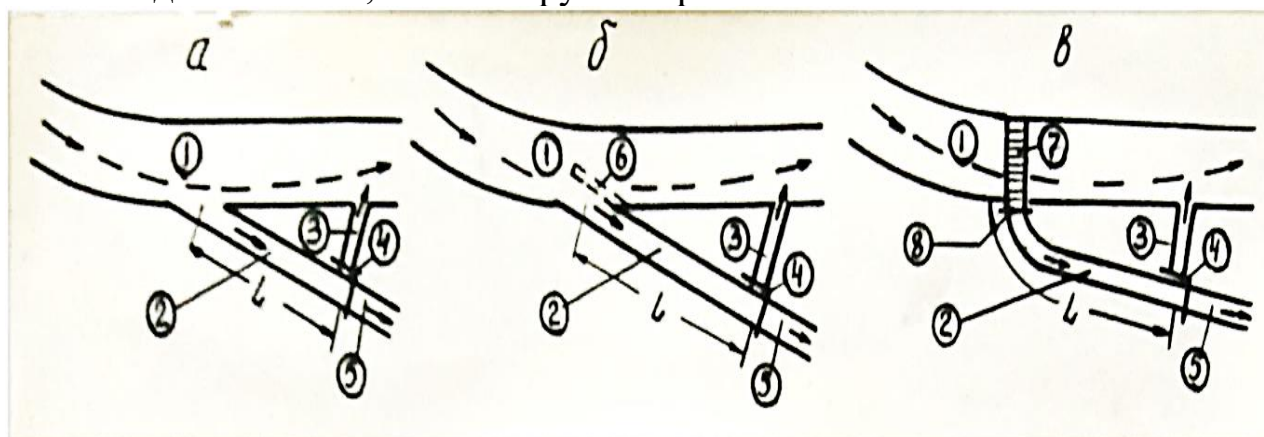


Рис.3.1. Схемы бесплотинных водозаборов.

а, б, в – боковой, шпорный и донный водозаборы; 1- река;

2- подводящий канал; 3-сброс; 4- головной регулятор;

5- канал; 6- шпора; 7- донная галерея, перекрытая решеткой; 8- затвор.

Однако, наравне с отмеченными достоинствами, эти водозаборы имеют ряд недостатков, устранение которых путем совершенствования конструктивных и компоновочных их показателей позволит реконструировать головное питание малых оросительных систем и откроет перспективу для широкого применения бесплотинных водозаборов на верхних участках рек горно-предгорной зоны.

3.1.2. Боковой водозабор

Для условий спокойного потока – этот водозабор был детально изучен как советскими, так и зарубежными исследователями (полученные результаты опубликованы в [61, 84, 156, 157 и др.]). Нами же был изучен для условий горных рек (результаты исследований опубликованы в [117, 118 и др.]).

Ниже кратко приводятся результаты исследований влияния угла отвода на водозабор и захват наносов, так как по этому вопросу высказываются самые разные, порой противоположные мнения.

Было установлено [117,118], что при боковом водозаборе основная масса отделяемого потока отходит от речного под некоторым углом φ_0 ,

названным нами углом оттока воды. При этом была установлена связь между этим углом и параметром кинетичности основного потока (рис.3.2), выраженным числом Фруда $F_r = \frac{v^2}{gH}$, где H – глубина воды; v – скорость потока; g – ускорение силы тяжести.

Данные рис.3.2. свидетельствуют, что величина угла φ_0 изменяется с изменением параметра кинетичности потока или, что тоже, с изменением скорости потока в основном русле.

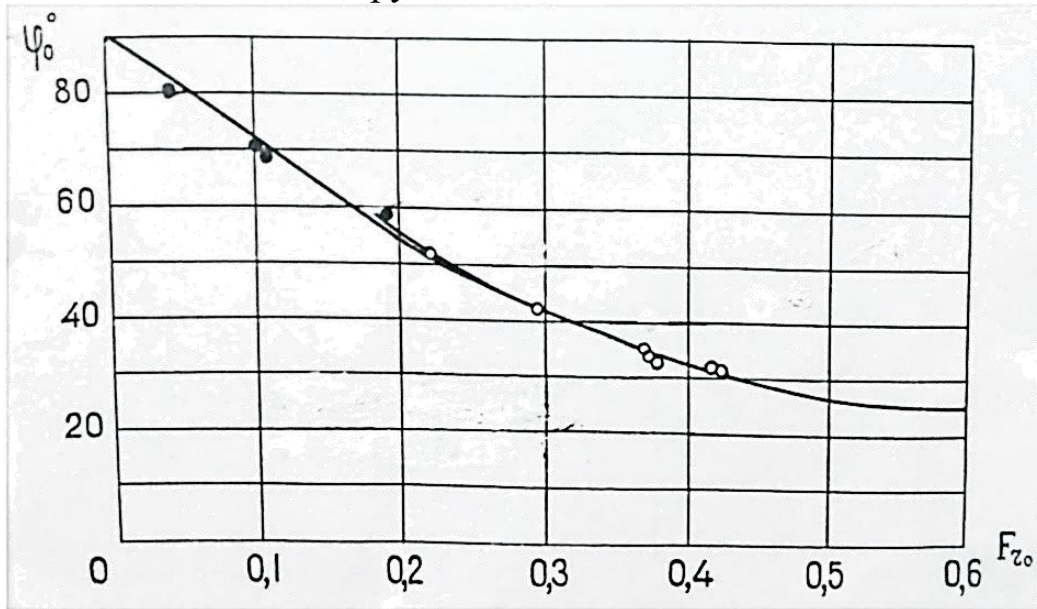


Рис. 3.2. График зависимости $\varphi_0 = f(F_r)$

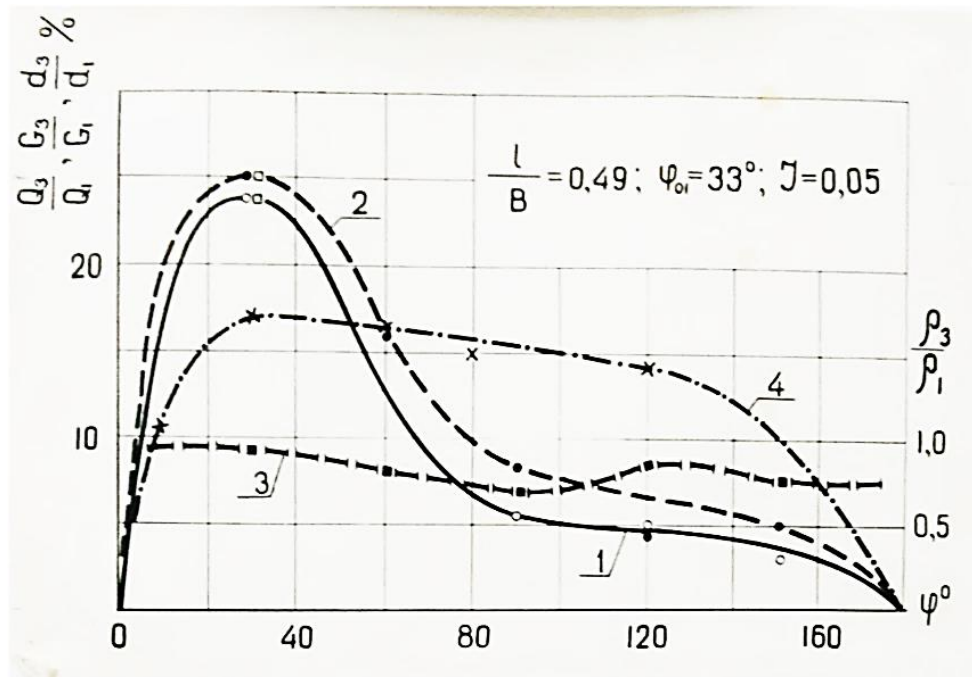


Рис. 3.3. Зависимость забора воды (1) и захвата наносов по количеству (2) и крупности (4) и удельного насыщения (3) от угла отвода.

При этом такое изменение происходит в пределах от 90 до 0 градусов. Связь на рис.3.2 имеет важное практическое значение, так как, как это вытекает из данных рис.3.3, она способствует выяснить роль угла отвода φ (рис.3.1а) при боковом водозаборе.

На рис. 3.3. приведены графики забора воды ($\frac{Q_3}{Q_1}$) и захвата наносов не только по количеству ($\frac{G_3}{G_1}$), но и крупности ($\frac{d_3}{d_1}$). Из приведенных графиков вытекает следующее: при $\varphi \approx \varphi_0$ – коэффициент водозабора, захват насосов по количеству и крупности будут максимальными, а при $\varphi \leq \varphi_0$ – указанные показатели уменьшаются, достигая нуля при $\varphi = 0$ и 180° . При этом удельный захват наносов ($\frac{\rho_3}{\rho_1}$) не зависит от угла отвода.

От угла φ зависит также и характер течения воды в головной части отвода – при $\varphi \approx \varphi_0$ – течение воды плавное, а при $\varphi > \varphi_0$ – сбойное.

3.1.3. Шпорный водозабор

Изучение шпорного водозабора показывает, что [118 и др.]:

– вместо непрочных (каменных, сипайных и др.) шпор, следует применять более совершенные их конструкции, состоящие из стоек с пазами, в которые укладываются шандоры;

- очертание шпоры в плане не оказывает существенного влияния на коэффициент водозабора (рис.3.4.), но последний, как это вытекает из этого же рисунка, зависит от угла отвода;

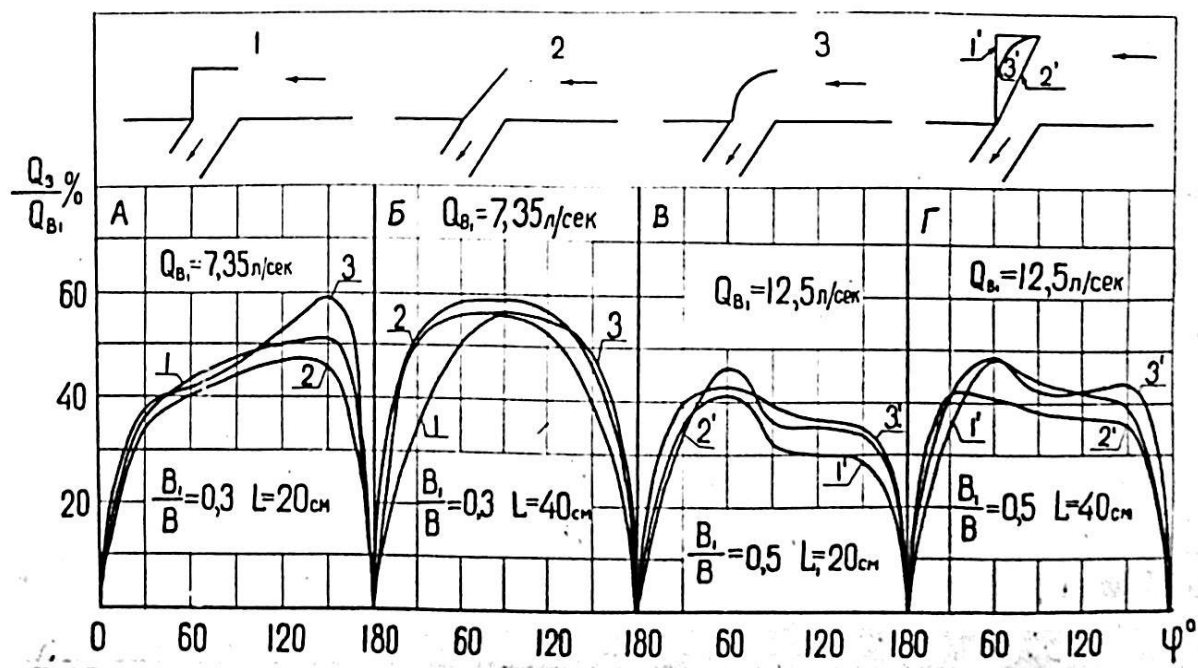


Рис. 3.4. Графики зависимости коэффициента водозабора от угла отвода и формы шпоры в плане.

- водозахватная шпора улучшает командование реки над каналом и повышает обеспеченность водозабора, оказывая существенное влияние на уменьшение захвата наносов в отвод.

3.1.4. Водозабор с донной решеткой

Водозабором с донной решеткой (в дальнейшем ВДР), в сравнении с боковым и шпорным водозаборами, наиболее полно обеспечивается пропуск паводков и селей, борьба с наносами и это немаловажно – непрерывный отбор воды из верхних участков рек горно-предгорной зоны. ВДР является очень простым, финансово необременительным и весьма удобным в эксплуатации. Однако, к основному его недостатку относилась сильная забиваемость решетки наносами и, как следствие, затруднение подачи воды в каналы. Очистка решетки от наносов оказалось весьма трудоемкой, опасной (рис.3.5) и неэффективной, так как решетка, после ее очистки, практически сразу же забивалась наносами.

а)



б)



*Рис.3.5. Очистка решетки водозаборов на реках
Карабалта (а) и Каракол (б) от наносов.*

В связи с изложенным, в середине прошлого столетия остро встал вопрос об устранении указанного недостатка водозабора. Для решения этого сложного вопроса проводились специальные научно-исследовательские работы в институте энергетики АН Каз.ССР, в Грузинском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации, в Московском институте инженеров водного хозяйства. Они проводились и в Киргизской ССР – в институтах «Киргизгипроводхоз» и Киргизском научно-исследовательском институте водного хозяйства.

Целью всех исследований была одна и та же – разработка самоочищающейся решетки от наносов, так как применение ее позволило бы существенно упростить компоновку сооружений, удешевить строительства и облегчить эксплуатацию водозабора. Имея ввиду изложенное, пришлось изучить гидравлический и наносный режимы решеток, в процессе исследований была разработана решетка, построенная на совершенно новом принципе, конструктивно отличающаяся от существующих тем, что нижние концы ее стержней (в отличие от закрепленных верхних) свободно, в виде консолей, лежат на обвязке рамы (рис.3.6) (Авторское свидетельство №163109 СССР 1962 г. [2]) и под действием потока воды и наносов, движущихся над решеткой, вибрирует. Именно этим виброэффектом и достигается непрерывная очистка решетки от наносов.

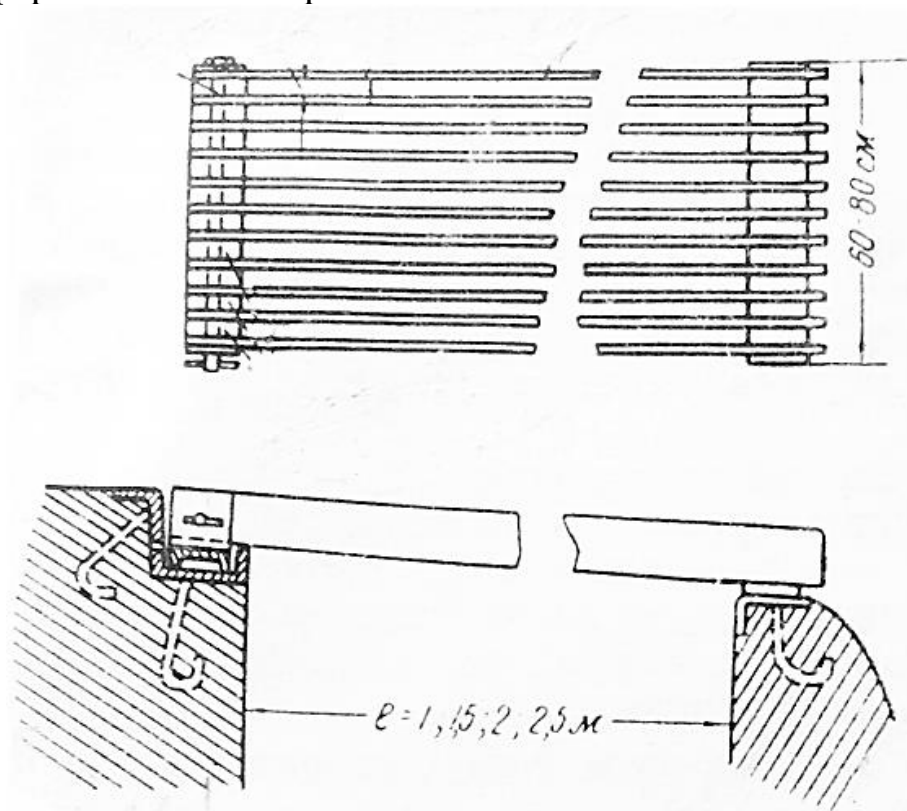


Рис.3.6. Конструкция виброрешетки (один из возможных вариантов).

Результаты исследований забиваемости наносами различных конструкций решеток приведены на рис 3.7., из которого следует, что:

- забиваемость решеток во всех их конструкциях уменьшается с увеличением просветов между стержнями и расхода воды в реке;
- виброрешетки, изготовленные из стержней круглого и шестигранного сечений, практически не забиваются наносами, что имеет важное практическое значение, так как применение их позволит значительно упростить компоновку донного водозабора, удешевить его строительство и облегчить саму эксплуатацию.

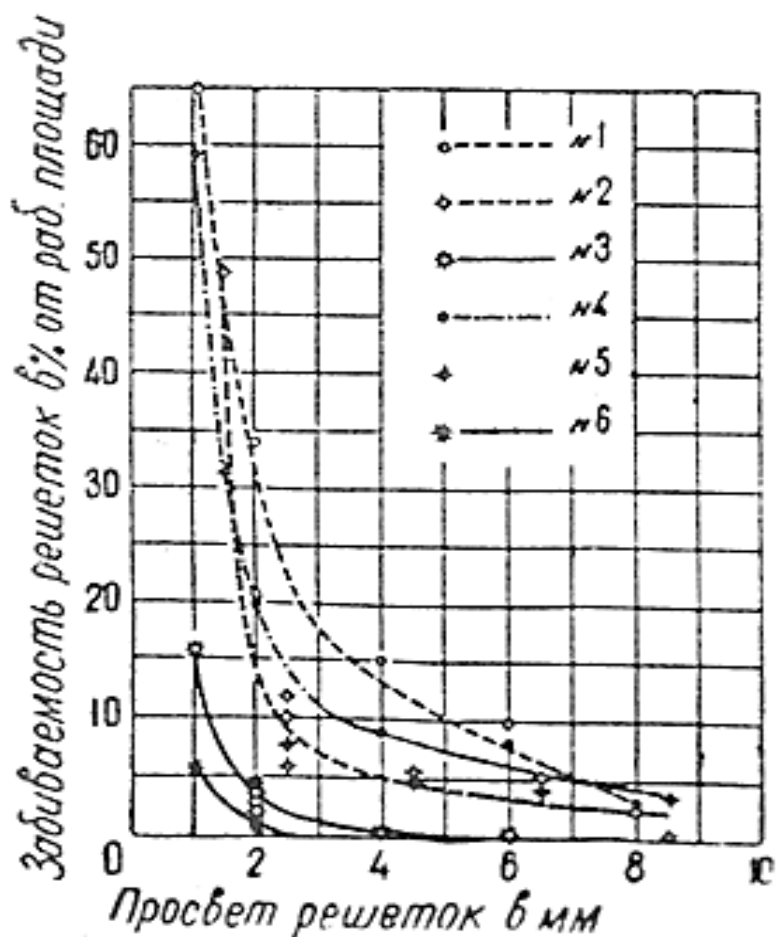


Рис. 3.7. Забиваемость наносами решеток различной конструкции в зависимости от их просветов при различных расходах воды на модели ($I_p = 15$ см, $i_p = 0,2$):

1 и 4 – обычные решетки при среднелетнем расходе и паводках 50% обеспеченности; 2 и 5 – решетки с расширяющимися по течению просветами при тех же расходах; 3 и 6 – виброрешетки при тех же расходах.

Производственные испытания виброрешеток на действующих водозаборах страны показали [118, 150], что эти решетки не только не забиваются наносами, но и самоочищаются от шуги и льда, что имеет немаловажное значение и для водозаборов гидроэлектростанций.

В свое время в республике эти решетки были установлены на водозаборах на реках Чон-Кызылсу, Карабалта, Сокулук и др., в настоящем действующие образцы виброрешеток можно увидеть на водозаборе на р. Сокулук (рис.3.8а).

Разработанная виброрешетка вскоре стала известна специалистам в СССР, изучавшим водозаборы с донной решеткой. Не найдя других эффективных решений, они свои научные исследования направили не на забиваемость решетки наносами, а на борьбу с захватом речных наносов.

а)



Рис.3.8а. Водозабор с донной решеткой на р.Сокулук (вид с нижнего бьефа).

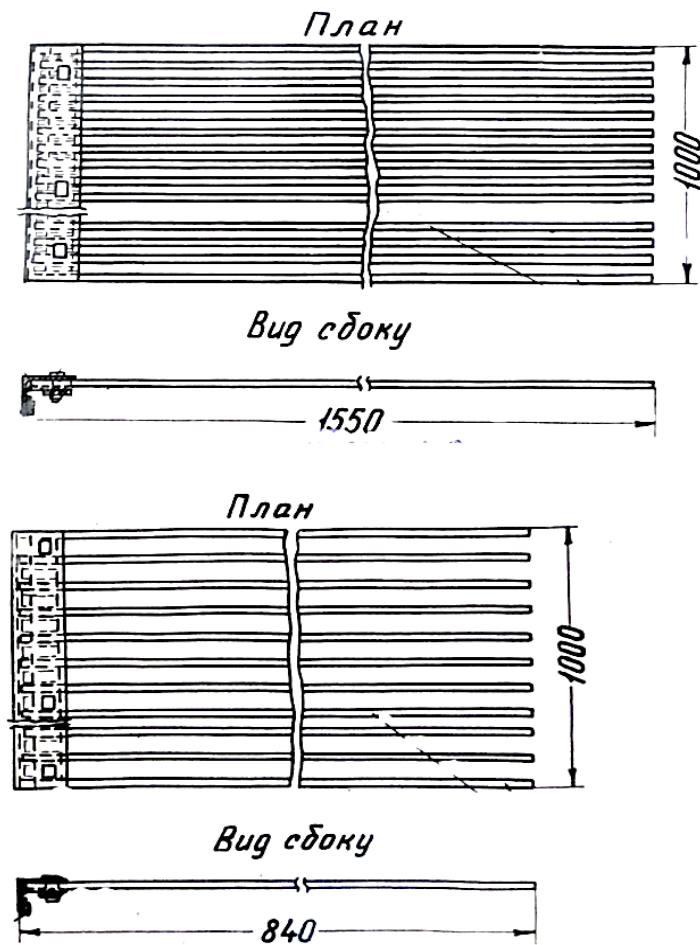


Рис.3.8б,в. Конструкции и параметры секций виброрешетки, установленные на водоприемной и наносоперехватывающей галереях ВДР на р. Сокулук.

Следует отметить, что при ВДР борьба с захватом речных наносов ведется при помощи самих же решеток, так как через них в водоприемную галерею попадают только мелкие фракции наносов - в основном менее просветов решетки. Изучение вопроса, связанного с учетом влияния ширины просветов и длины стержней виброрешеток на гидравлические и наносные их режимы, показало, что забор воды и количество наносов, поступающих в галерею, возрастают не только с увеличением ширины просветов (рис.3.9), но и с удлинением стержней решеток (рис.3.10).

Однако, удельный захват наносов через виброрешетки возрастает лишь с увеличением просветов (рис.3.9. график 3), а с увеличением длины стержней – уменьшается (рис.3.10. график 3). Это объясняется интенсивным возрастанием забираемого расхода воды с удлинением стержней (рис.3.10. график 1) и уменьшением содержания мелких (менее просветов) фракций в составе речных наносов по длине стержней решеток.

На основании изложенного можно сделать заключение, что при компоновке ВДР более рационально увеличивать коэффициент водозабора не уширением просветов, а за счет удлинения стержней решетки, так как при этом уменьшается удельный захват наносов и их крупность (за счет возможности уменьшения просветов), что очень важно для борьбы с наносами в головной части канала при помощи регулятора, пескогравелиловки или другого водоочистного сооружения.

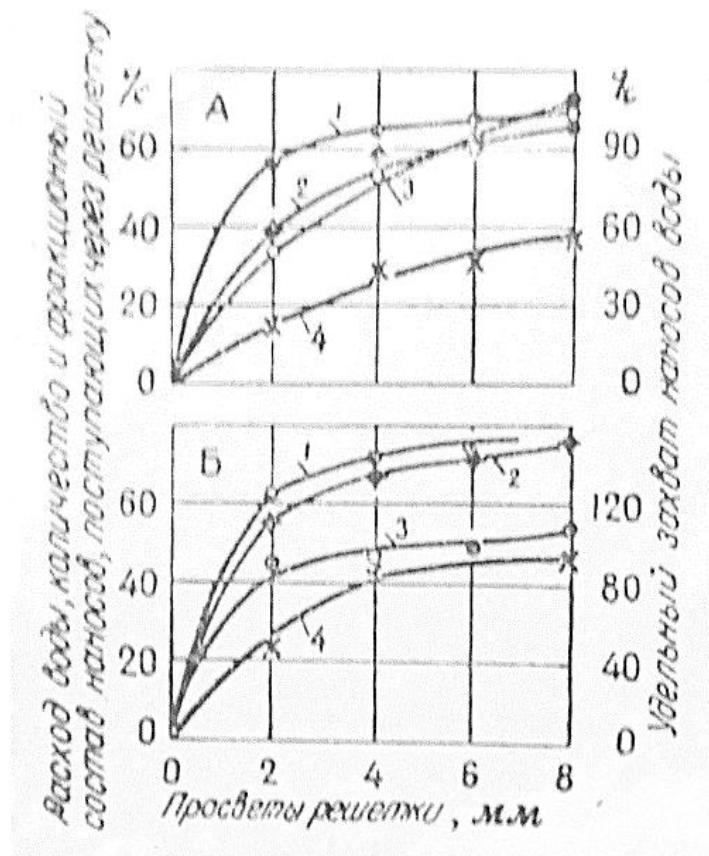


Рис. 3.9. Зависимость коэффициента водозабора и захвата наносов от просветов виброрешетки (при длине стержней 26,7 см и уклоне 0,2).

А – при расходе 5%-ной обеспеченности;

Б – при расходе 50%-ной обеспеченности.

1 – забор воды в % от расхода реки;

2 – захват наносов в % от общего количества речных;

3 – захват наносов в % от средней насыщенности речной воды;

4 – крупность захваченных наносов в % от среднего диаметра речных наносов.

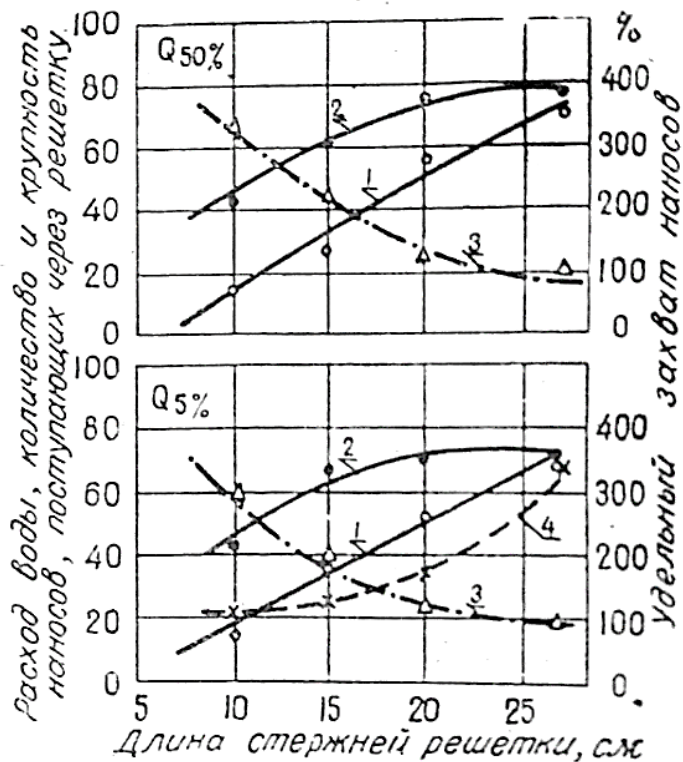


Рис.3.10. Зависимость коэффициента водозабора и захвата наносов (по количеству и крупности) от длины стержневой виброрешетки (для $\delta = 8\text{ мм}$ и $i_p = 0,2$) при различных расходах воды в реке:
 1 – забор воды в % от расхода реки;
 2 – захват наносов в % от общего количества речных;
 3 – то же, в % от средней насыщенности речной воды;
 4 – средний диаметр захваченных наносов в % от средней крупности речных наносов.

Изложенное – интересное инженерное решение. Но следует иметь в виду, что виброрешетки с удлиненными стержнями и постоянным вдоль по течению уклоном может завалиться наносами, чем усложниться эксплуатация горного водозабора. Завал решетки наносами может быть устранен, если стержни решетки в профиле будут выполнены криволинейными или с увеличивающимися вдоль по течению уклонами (рис.3.11) (Авторское свидетельство №383779 СССР. 1969 г. [6]).

ПЛАН

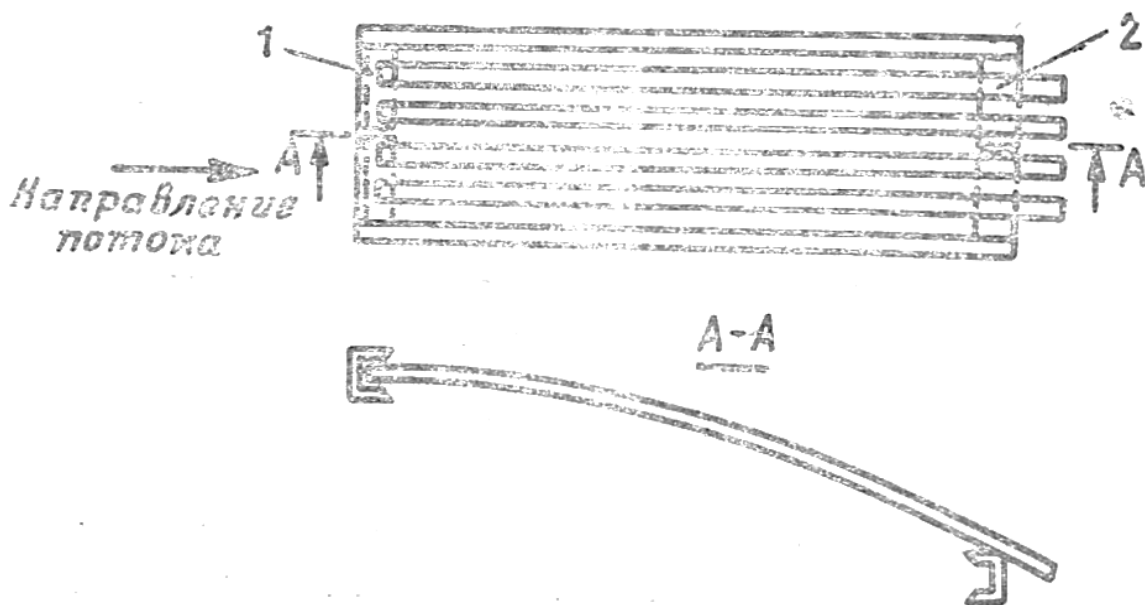


Рис.3.11. Виброрешетка с увеличивающимися вдоль по течению уклоном.

При такой конструкции верхние концы 1 стержней виброрешетки неподвижно закрепятся, нижние концы – свободно лежат в виде консолей на обвязке рамы. Во время работы предлагаемая виброрешетка не заваливается наносами, так как выносимые на нее наносы по инерции и под тяжестью собственного веса выносятся в нижний бьеф сооружения.

3.1.5. Компоновки бесплотинных водозаборов

Все виды бесплотинных водозаборов должны быть построены по приведенным на рис. 3.1 схемам. При этом при боковом водозаборе следует учитывать влияние угла отвода на гидравлические и наносные режимы сооружений (рис. 3.2). При шпорном водозаборе следует применять шандоры, укладывая их между бычками или стойками. При донном водозаборе – применяется виброрешетка, при этом в целях уменьшения поступления наносов в канал – стержни решетки могут выполняться удлиненными (1,5-2,0м), а просветы между стержнями – 10-20 мм, диаметры самих стержней – 10-16 мм.

По длине удлиненная виброрешетка может изготавливаться цельной (рис. 3.12а) или составной (рис. 3.12.б, в), из которых последняя обладает преимуществом, так как захват наносов (по количеству и крупности) будет на 10-15% меньше, чем при решетках неразрезной конструкции (рис.3.13).

Следует заметить, что при заборе воды на виброрешетках с удлиненными стержнями и постоянным вдоль по течению уклоном могут задерживаться речные наносы. Чтобы этого не было – стержни второго ряда виброрешеток могут выполняться криволинейными [6] с увеличивающимися вдоль по течению уклоном (рис. 3.12.в).

Виброрешетки, выполненные с увеличивающимися вдоль по течению уклоном, использованы на компоновках, приведенных на рис. 3.6 и 3.14.

Эти компоновки водозабора не препятствуют прохождению паводков, селей и крупных речных наносов, обеспечивают забор воды при всех режимах воды в реке и существенно сокращают поступления наносов в канал.

Борьбу с захватом наносов можно вести не только путем применения виброрешеток с узкими просветами, но и отвлечением основной массы речных наносов от самой решетки.

Компоновки водозабора, построенные на таком принципе, приведены на рис. 3.15. и рис. 3.16. Компоновка на рис. 3.15 устраивается на прямолинейном участке рек, а на рис. 3.16. – на криволинейном участке с редко повторяющимися селями. Отвлечение наносов от водозахватной решетки на этих компоновках осуществляется при помощи струенаправляющих стенок и искусственно искривленным подводным руслом рек [36].

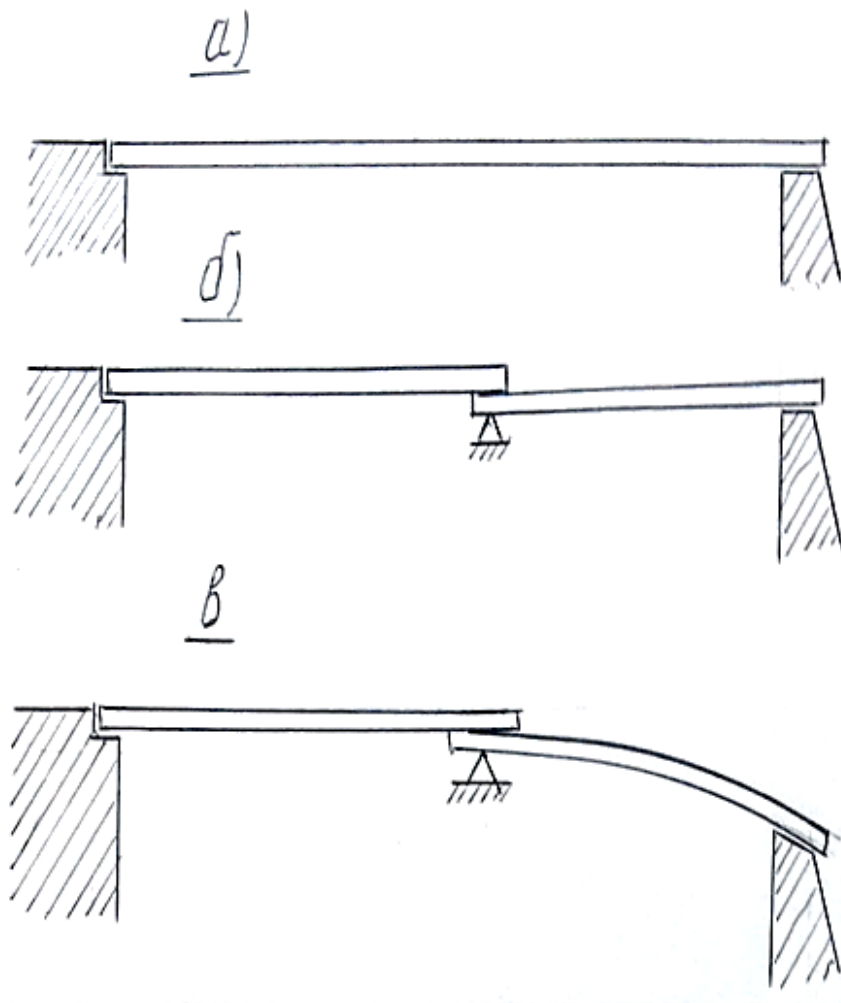


Рис.3.12. Разновидности удлиненных стержневых виброрешеток:
 а – неразрезанная; б и в – составные.

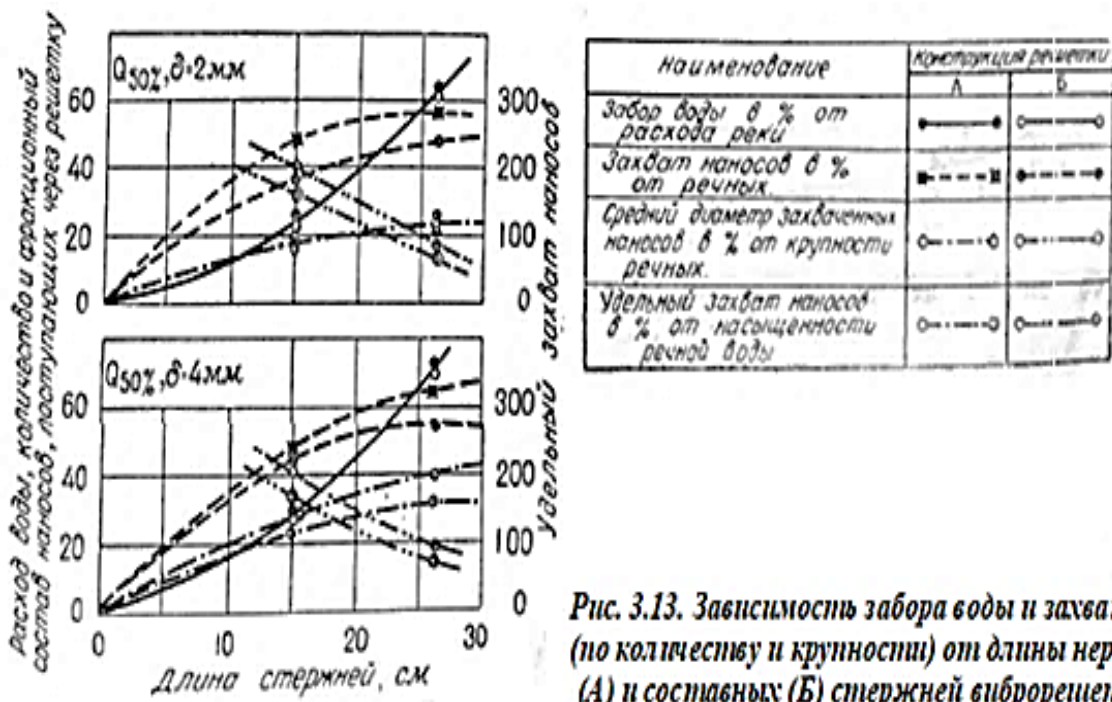


Рис. 3.13. Зависимость забора воды и захвата наносов (по количеству и крупности) от длины неразрезанных (А) и составных (Б) стержневых виброрешетки.

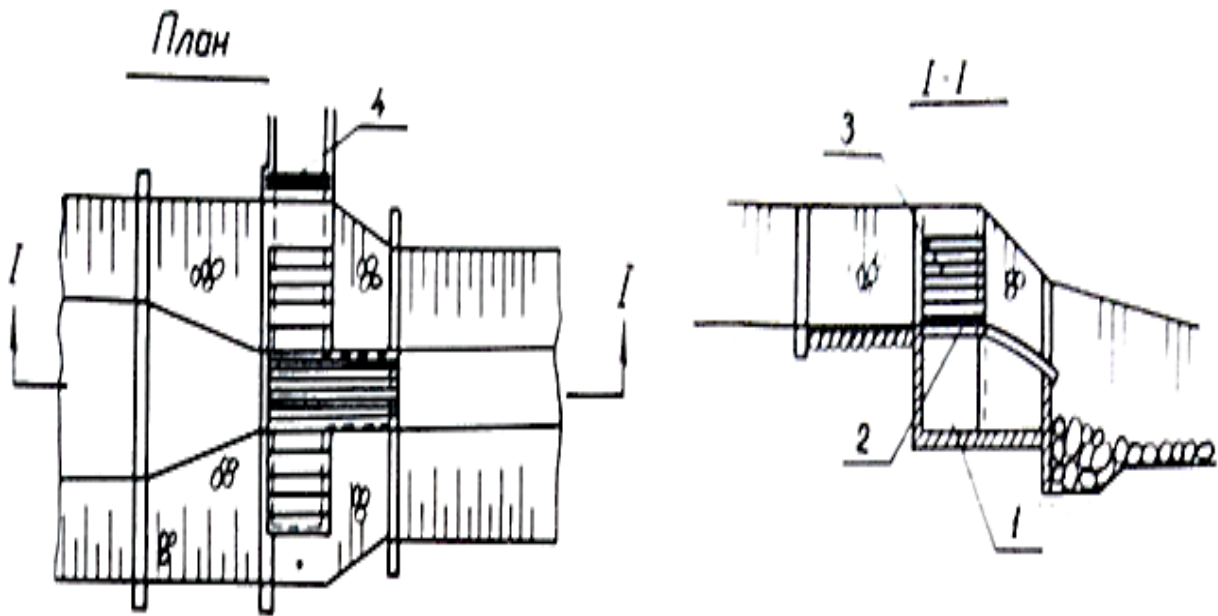


Рис.3.14. Схема водозабора с донной решеткой, выполненной с увеличивающимся вдоль по течению уклоном.

1 – водоприемная галерея; 2 – виброрешетка с удлиненными стержнями и увеличивающимся уклоном; 3 – решетки на откосах; 4 – затвор.

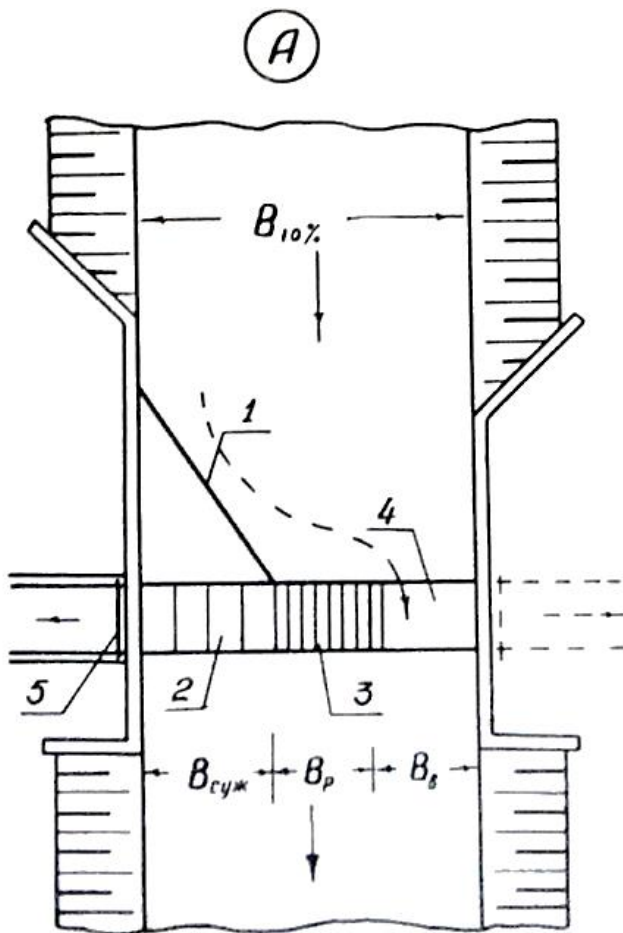


Рис.3.15. Схема водозабора для горных и предгорных участков горных рек:

1 – струенаправляющая стенка;
 2 – грубая решетка;
 3 – мелкая виброрешетка;
 4 – глухой водослив;
 5 – затвор.

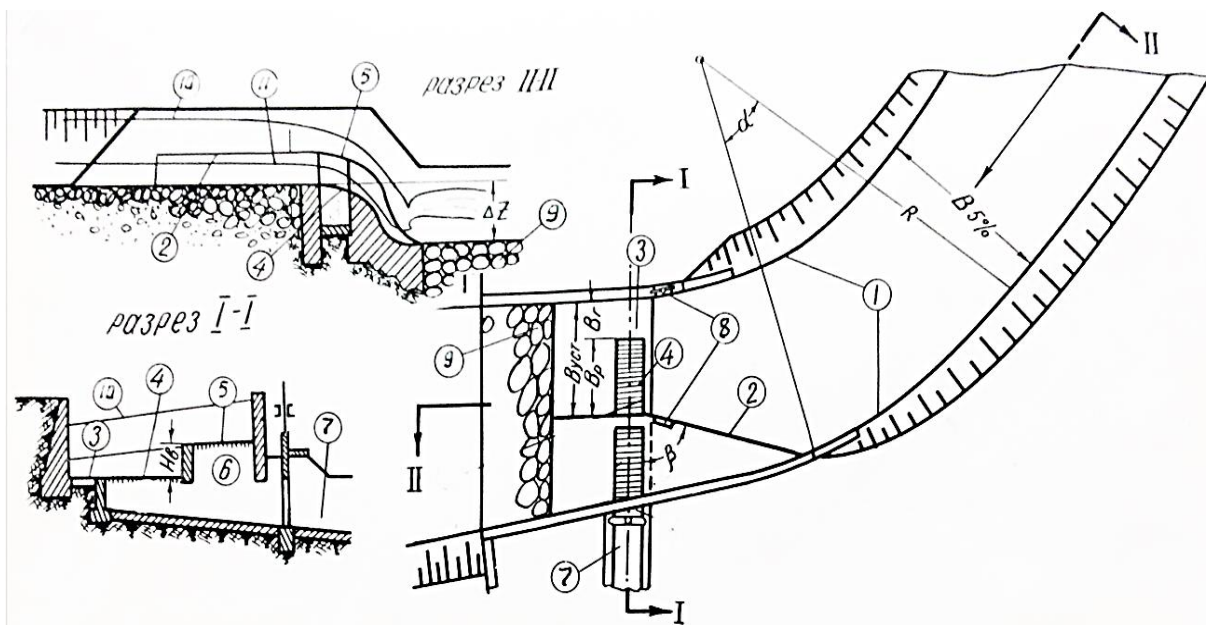


Рис.3.16. Схема водозаборного сооружения для предгорных участков горных рек.

1 – очертание подводящего русла; 2 – струенаправляющая стенка; 3 – глухой водослив; 4 – водозаборная виброрешетка для средних расходов воды в реке; 5 – грубая водозахватная решетка для паводковых расходов; 6 – водоприемная галерея; 7 – водоприемный канал; 8 – возможные варианты размещения окна зимнего питания; 9 – наброска из крупного камня; 10 – уровень воды при паводках; 11 – то же при средних расходах реки.

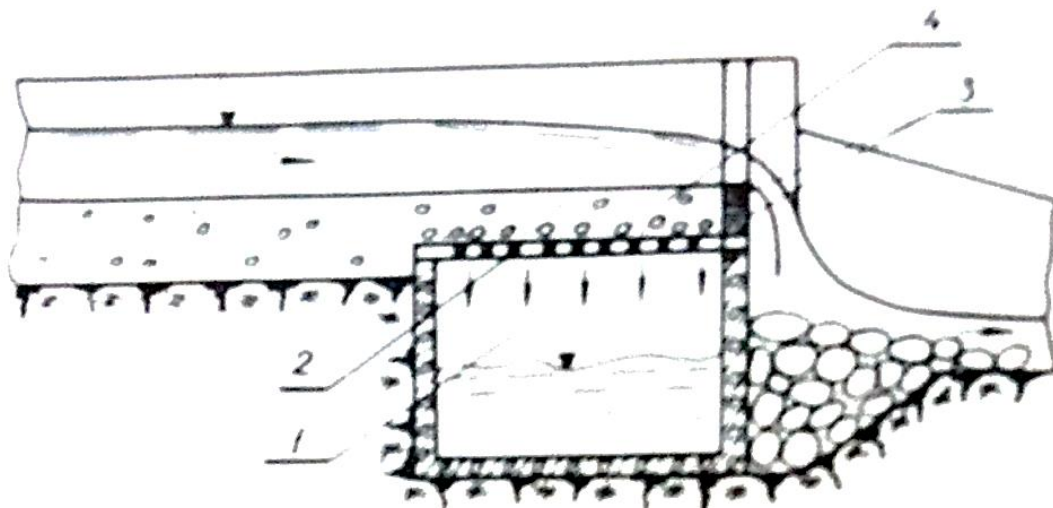
3.2. Водозаборы с фильтрующим элементом

Наравне с водозабором решетчатого типа, на горных (преимущественно малых) реках могут применяться водозаборы с фильтрующим элементом. Однако, препятствием для широкого их внедрения были:

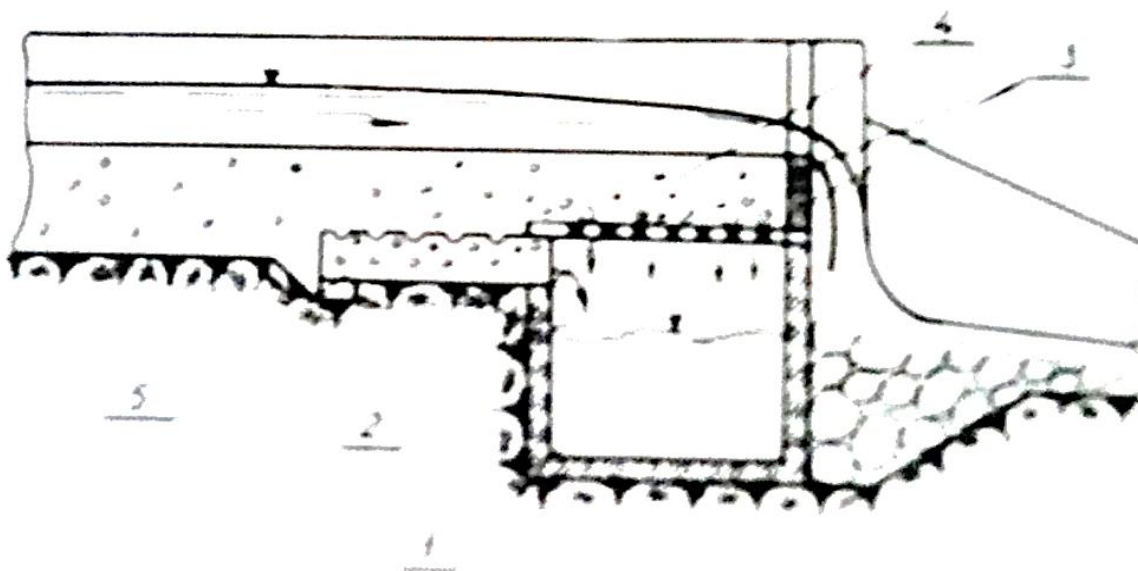
- кольматация пор в фильтрующем грунте наносами и, как следствие, прекращение водоподачи в канал:

- переборка и замена фильтрующего грунта на существующих водозаборах [184] оказались трудоемкими, что, наравне с другими недостатками, указало на необходимость улучшения конструкций и компоновки фильтрующих водозаборов.

Было установлено [5, 123], что одним из возможных способов уменьшения кольматации пор фильтрующего грунта является уменьшение его толщины, причем сами речные наносы, влекаемые потоком воды, могут быть использованы в качестве фильтрующего грунта. На основе этих положений были разработаны компоновки фильтрующего водозабора, приведенные на рис. 3.17 и 3.18. (Авторское свидетельство №350900 СССР. 1969г. [5]).



*Рис. 3.17. Водозабор с фильтрующим элементом (продольный разрез).
1 – водоприемная галерея; 2 – виброрешетка; 3 – шандорная стенка;
4 – фильтрующий грунт.*



*Рис. 3.18. Улучшенный вариант водозабора с фильтрующим элементом
(продольный разрез).
1 – водоприемная галерея; 2 – виброрешетка; 3 – шандорная стенка;
4 – фильтрующий грунт; 5 – перфорированная труба.*

На этих водозаборах на виброрешетку намываются речные наносы, причем толщина фильтрующего грунта (речных наносов на виброрешетке) регулируется высотой шандорной стенки, равной 20-30 см. Забор воды осуществляется через фильтрующий грунт (речные наносы), при кольмотации пор которого – грунт с виброрешетки смывается потоком воды при разобранной шандорной стенке. После смыва – восстанавливается шандорная стенка и снова на виброрешетку намываются речные наносы – фильтрующий грунт.

Перфорированная труба на рис.3.18 применена для увеличения коэффициента водозабора.

3.3. Водозабор для закрытых оросительных систем

Предложение относится к гидротехническим сооружениям, позволяющим осуществлять водозабор из открытых каналов и водоемов в закрытую трубопроводную сеть оросительных систем.

Задача разработки – повышение эффективности работы за счет очистки фильтрующего блока.

На рис. 3.19. (Авторское свидетельство №1441011 СССР. 1986г.[16]) изображено водозаборное сооружение (продольный разрез).

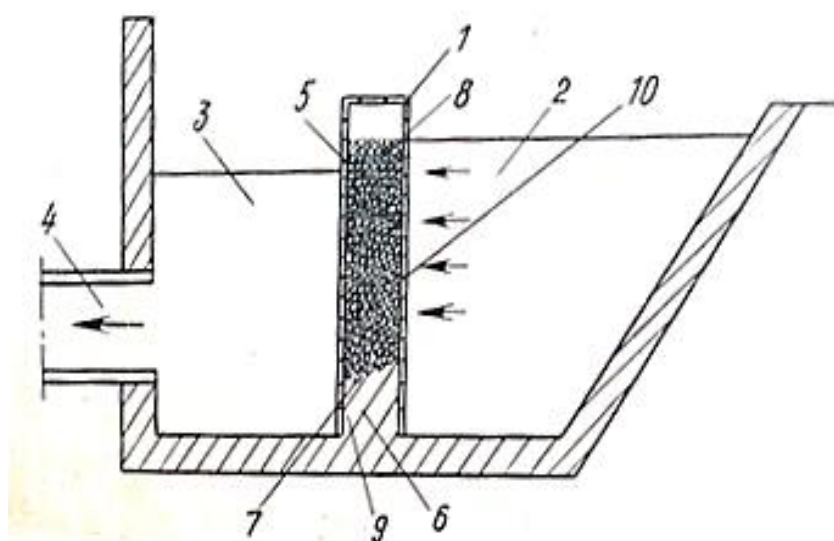


Рис.3.19. водозабор для закрытых оросительных систем.

Водозабор содержит фильтрующий блок 1, установленный в водоисточнике 2, например, канале или водоеме, и отделяющий от водоисточника 2 водоприемную камеру 3, и отводящий водовод 4, подключенный к камере 3. Фильтрующий блок 1 выполнен в виде сетчатого кожуха 5 с выступом 6 на дне. Полость 7 кожуха 5 частично заполнена гранулами 8 из материала с удельным весом, меньшим удельного веса воды, а выступ имеет скос 9 со стороны камеры 3. Размер гранул 8 больше размера ячейки сетки 10 кожуха 5.

Водозабор работает следующим образом.

Поступающая из водоисточника 2 в водоприемную камеру 3 вода движется перпендикулярно наружной поверхности кожуха 5 блока 1. Плавающий сор и донные наносы задерживаются слоем гранул 8, а чистая вода поступает в водоприемную камеру и далее через водовод 4 в оросительную систему (на чертеже не показана). За счет движения воды и наличия выступа 6 со скосом 9 и постоянных колебаний уровней воды в водоисточнике 2 и камере 3, происходит возвратно-поступательное вертикальное переме-

ние гранул 8. В результате этого задержанный гранулами 8 плавающий сор постепенно перемещается в верхнюю часть кожуха 5, а донные наносы сползают по скосу 9 выступа 6 в камеру 3, где оседают на дне. Периодически плавающий сор и наносы из верхней части кожуха 5 и камеры 3 удаляются.

В заключение можно отметить следующее:

- бесплотинные водозаборы достаточно полно отвечают требованиям надежного отбора воды из верхних участков рек горно-предгорной зоны; поэтому они найдут широкое применение при освоении небольших массивов орошаемых земель в указанной зоне;

- боковой, шпорный и донный бесплотинные водозаборы изучены достаточно хорошо и разработанные для них рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации позволяют без особого труда применять их на практике;

- из состава бесплотинных водозаборов, особый интерес представляет донный водозабор, так как его виброрешетка не забивается наносами и с ее помощью можно вести борьбу с захватами речных наносов;

- решетка вибрационного действия применена на ряде водозаборных сооружениях, где она показала свою эффективность; она начала применяться и на других сооружениях, например, на водо- и селепроводяще-водозаборных сооружениях, на водовыпусках из каналов с бурным режимом течения воды и др.;

- применению водозабора для закрытой оросительной системы помешал развал СССР, так как из-за него запроектированные системы (в том числе водозабор на рис.3.19) не были построены. Предложенный водозабор – интересный и в перспективе им могут заинтересоваться пользователи закрытых оросительных систем.

4. ВОДО- И СЕЛЕПРОВОДЯЩЕ-ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

До сих пор при пересечении магистральных каналов со встречающимися на их трассе реками, расходы последних перепускались через специальные водопроводящие сооружения – акведуки, дюкеры, лотки и др.

В последние годы, в связи кольцеванием водных источников, все чаще появляется необходимость захвата в каналы воды пересекаемых ими рек.

Из-за отсутствия инженерных решений, наиболее полно отвечающих требованиям указанной задачи, подпитывание каналов водами пересекаемых ими рек осуществлялось, как правило, примитивным способом – при помощи водозахватных дамб (на пересечении ВБЧК с р.Шамси) и другими, что не приводит к желаемому эффекту.

Исследовательские работы, проведённые для радикального разрешения основных вопросов подпитывания каналов водами пересекаемых ими рек, позволили разработать ряд компоновок водозаборно-перепускных сооружений (рис.4.1-4.7) [29, 113, 135], предназначенных для различных условий участков рек горно-предгорной зоны.

Предложенные к применению компоновки водо- и селепроводяще-водозаборных сооружений приведены на рис. 4.1-4.4 и рис. 4.5-4.7.

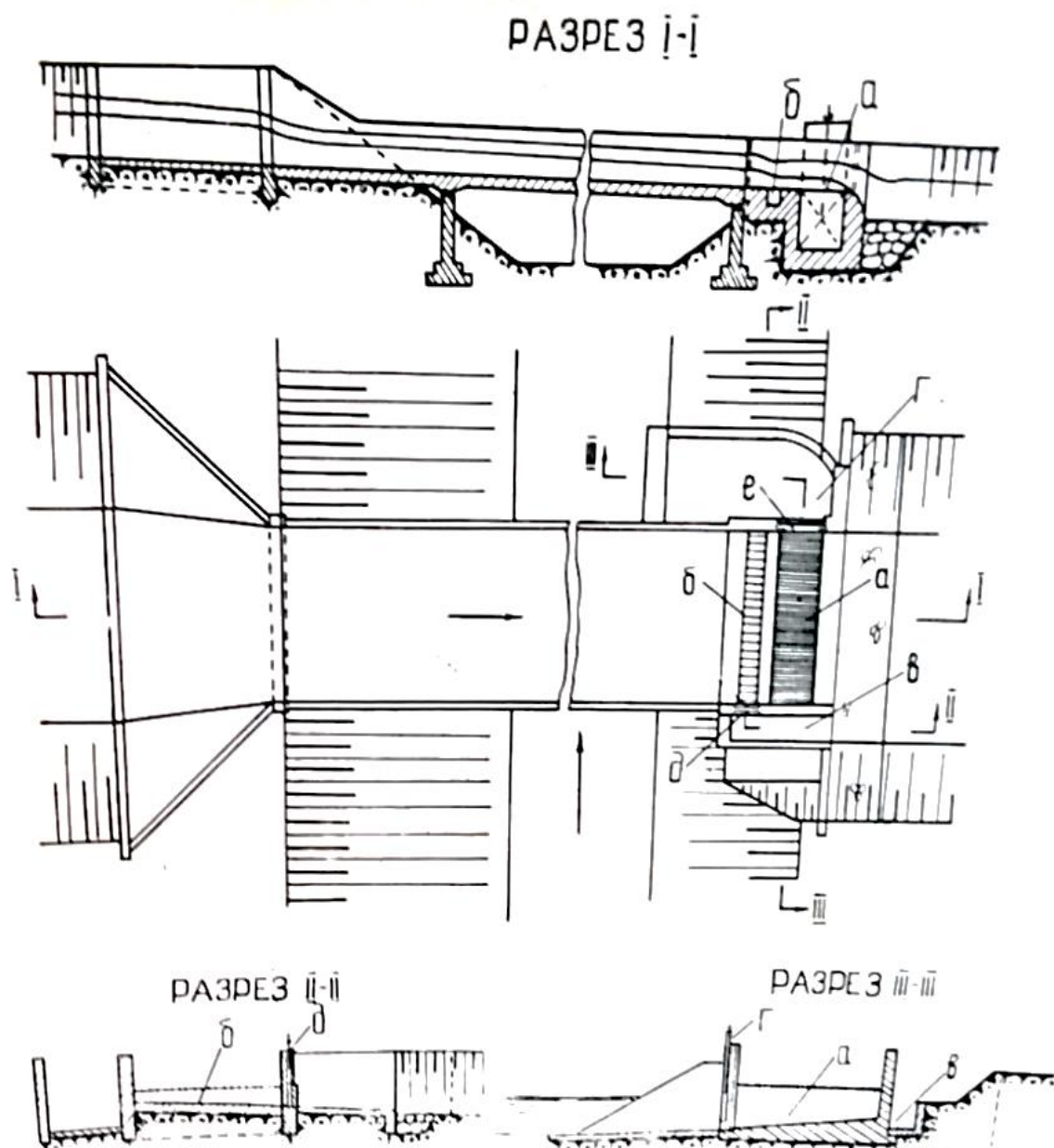


Рис.4.1 Схема селепроводяще-водозаборного сооружения для селеопасных участков рек. а – водоприемная галерея; б – наносоперехватывающая траншея; в – наносоотводящий лоток; г – подпитывающая траншея; е, д – затворы; ж – селедук (акведук).

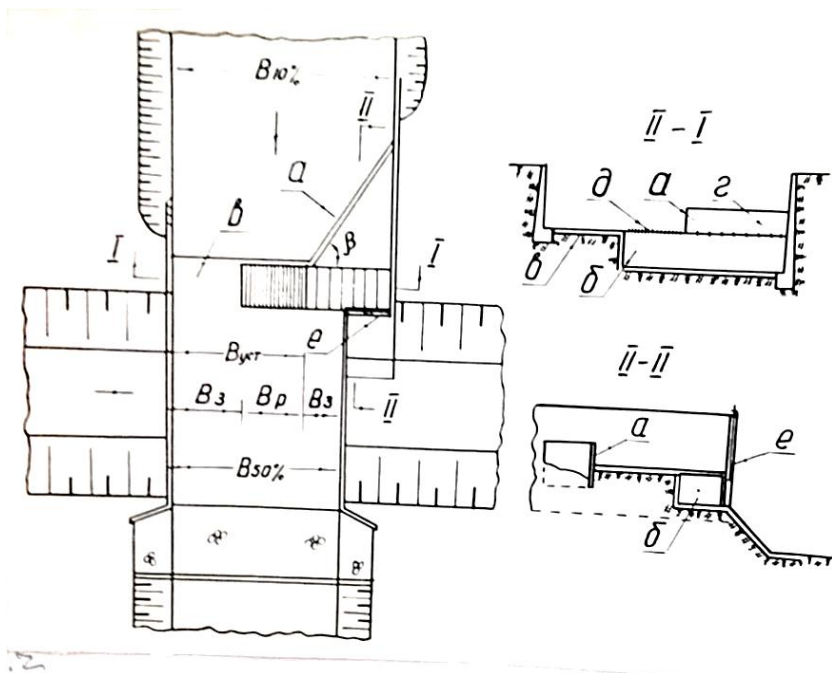


Рис.4.2 Схема водопроводяще-водозаборного сооружения для участков рек с внезапными паводками: а – струенаправляющая стенка; б – водоприемная галерея; в – глухой водослив; г, д – грубая и мелкая водозахватные решетки вибрационного действия; е – затвор.

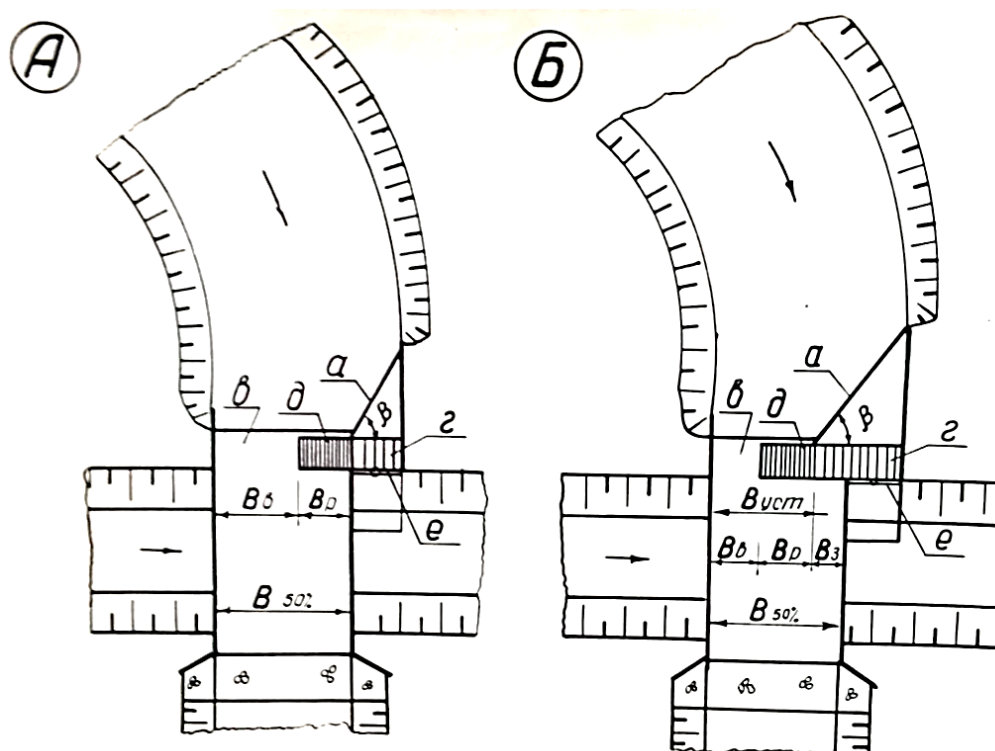


Рис.4.3 Схемы водопроводяще-водозаборного сооружения для участков рек с внезапными паводками:

а – струенаправляющая стенка; в – глухой водослив;
г, д – грубая и мелкая водозахватные решетки; е – затвор.

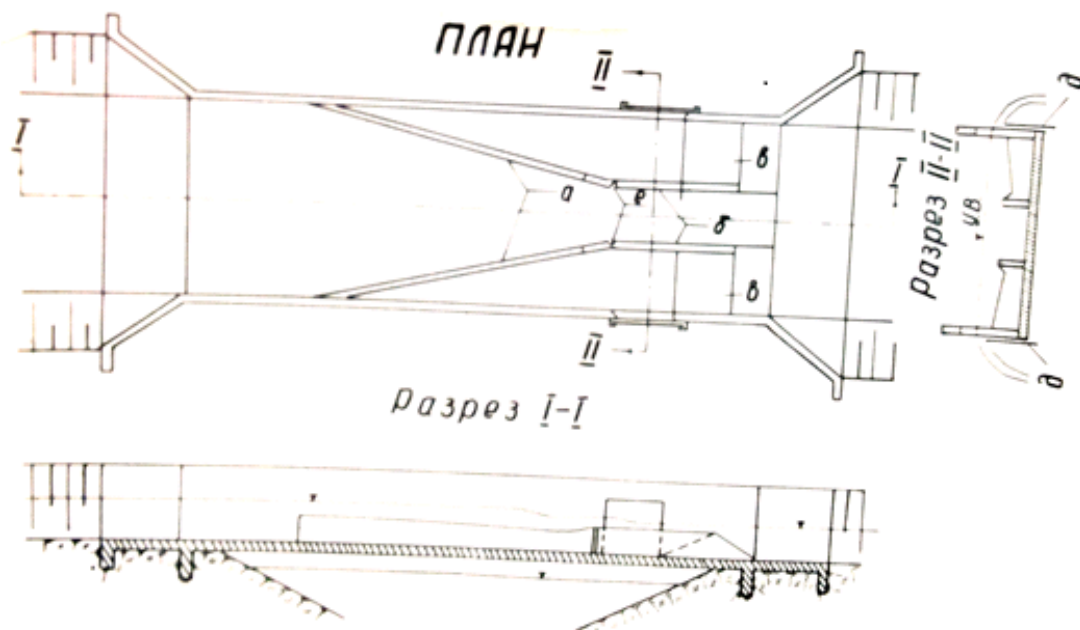


Рис. 4.4 Схема водозабора, совмещенного с водоперепускным сооружением:

а, б, в – соответственно наносотбойные, отдельные и перегородивающие пороги; д – затворы, перекрывающие водоприемные отверстия; г, е – пазы для шандор.

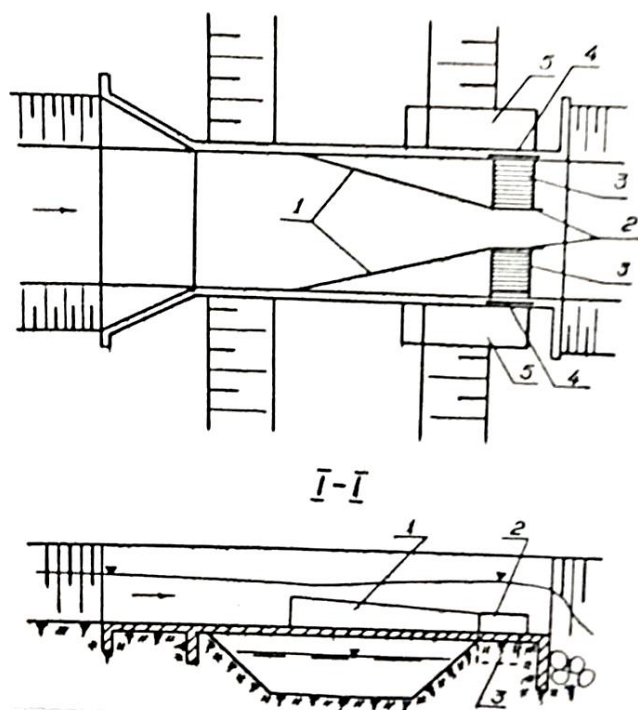


Рис. 4.5 Схема водозабора, совмещенного с водопропускным сооружением:
1, 2 – соответственно наносотбойные и отдельные пороги; 3 – галереи, перекрытые водозахватной решеткой; 4 – затворы; 5 – подпитывающие лотки.

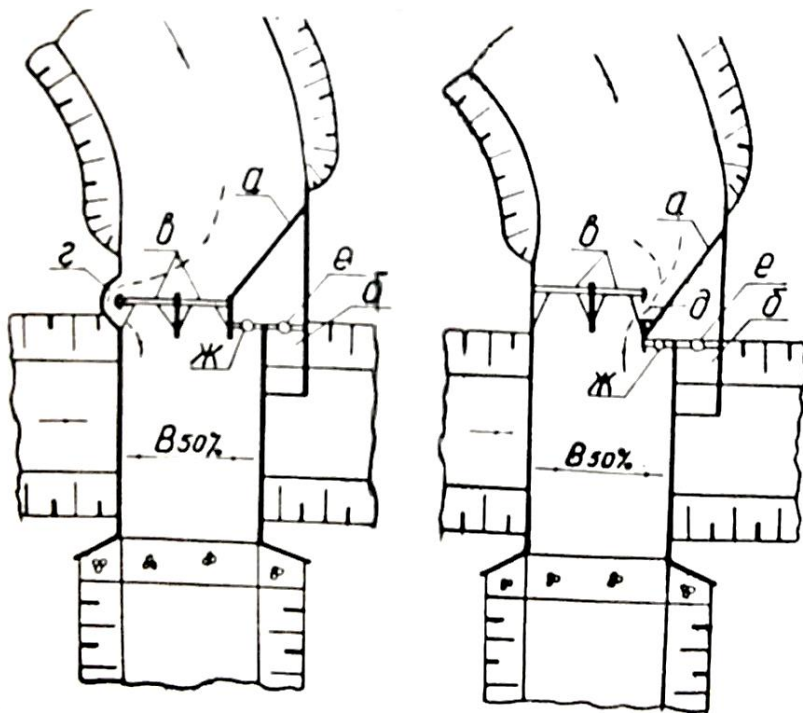


Рис. 4.6 Улучшенные схемы водопроводяще-водозаборных сооружений для неселеопасных участков рек: а – струенаправляющая стенка (она же водоприемный водослив); б – подпитывающая камера; в – речные затворы; г, д – промывные отверстия; е – затвор подпитывающего пролета; ж – затвор сбросного пролета; з – водоприемная камера.

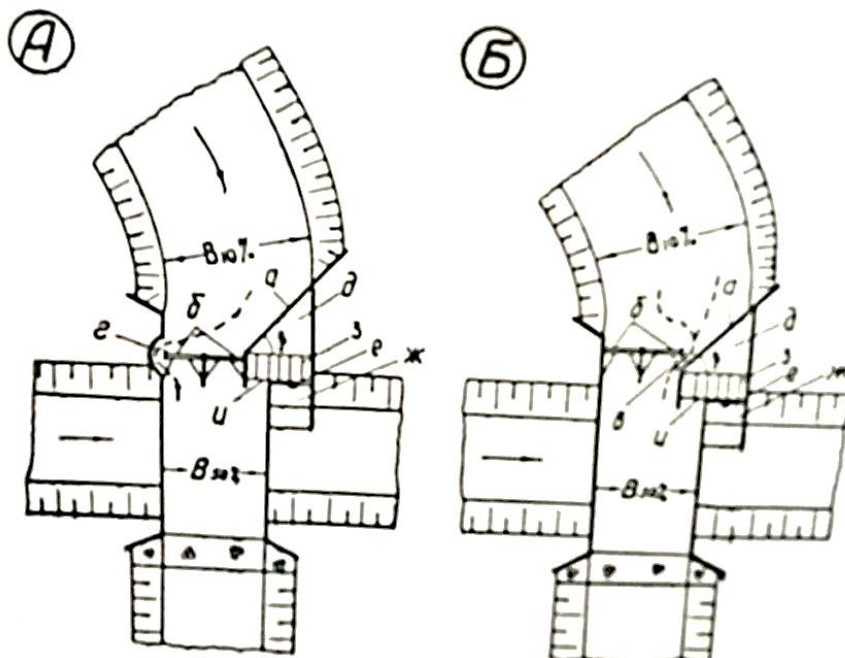


Рис. 4.7 Схемы водопроводяще-водозаборных сооружений с донно-решетчатой галерей: а – струенаправляющая стенка (она же водоприемный водослив); б – подпитывающая камера; в – речные затворы; г, д – промывные отверстия; з – водоприемная галерея, перекрытая грубой решеткой.

В частности, компоновка, приведенная:

- на рис.4.1, предназначена для селеопасных участков рек; наносоперехватывающая траншея и водоприемная галерея перекрываются виброрешеткой, при этом просветы между стержнями наносоперехватывающей решетки δ_T назначаются как $\delta_T = (4 - 5)\delta_p$, где δ_p – просветы между стержнями водоприемной решетки (в этом случае к водоприемной решетке проходят только крупные наносы, в основном более δ_T), которые поверх нее сбрасываются в нижний бьеф сооружения;

- на рис.4.2, отводит донные наносы от зоны влияния водоприемной галереи (б) к сбросу (в) с помощью местной поперечной циркуляции, создаваемой струенаправляющей стенкой (а), устраиваемой в русле реки перед акведуком;

- на рис. 4.3, предназначена для строительства на криволинейных участках рек или искусственными искривлением потока на подходе к сооружению, что улучшит условия отвода донных наносов от зоны влияния водозаборных элементов и увеличит коэффициент водозабора (схема А – при сужении русла до устойчивой ширины, соответствующей расходу 50% обеспеченности; схема Б – тоже при среднелетнем расходе воды);

- на рис. 4.4, работает по принципу – под влиянием порогов (а) донные наносы сосредотачиваются в середине акведука и через пролет между отдельными порогами (б) промываются в нижний бьеф, а вода, переливаясь через наносоотбойные пороги, подается в канал поверх затворов (д); подпитывание канала в межень (при отсутствии твердого стока в реке) осуществляется перекрытием речного отверстия шандорами, устанавливаемыми в пазах (е); пропуск паводка и селей осуществляется поверх порогов (а) и (б), а также через средний (сбросной) пролет сооружения;

- на рис.4.5, является упрощенным вариантом сооружения на рис. 4.4.; по рис.4.5 вся осветленная вода, переливающаяся через наносоотбойные пороги (1), легко перехватывается водоприемной галереей (3) и далее по лоткам 5 подается в подпитывающий канал;

- на рис.4.6., предназначены для неселеопасных участков рек и относятся к категории плотинных сооружений; они основаны на принципе использования поперечной циркуляции, возникаемой в искривленном в подводящем русле, и усиления этой циркуляции струенаправляющей стенкой (а). Указанной циркуляцией основная масса речных (донных) наносов отклоняется к выпуклому берегу, откуда через акведук сбрасывается в нижний бьеф сооружения;

- на рис.4.7., также как компоновка на рис.4.6., предназначена для неселеопасных участков рек.

Приведенные на рис. 4.6. и 4.7. компоновки водозаборно-перепускных сооружений приспособлены к недопущению излишков воды в подпитываемые каналы во время прохождения паводков.

На предлагаемых компоновках водозаборно-перепускных сооружений подача воды в подпитываемые каналы возможна практически без донных наносов.

Следует отметить, что при разработке выше приведенных водозаборно-перепускных сооружений за основы были приняты известные конструкции как бесплотинных [118], так и плотинных водозаборов [158]. По ним у водников республики имеется опыт проектирования, строительства и эксплуатации. Поэтому внедрение предложенных водозаборно-перепускных сооружений в производство не вызовет больших затруднений.

5. ПОДПИТЫВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

5.1. Постановка вопроса

В этом разделе приводятся рекомендуемые к применению конструкции сооружения, предназначенные для подачи воды из одного канала в другой. Это вызвано необходимостью повышения водообеспеченности оросительных каналов путем подпитки их водами из других источников орошения, в том числе и из каналов.

Следует отметить, что каналы имеют различные формы поперечного сечения, режимы течения воды в них разные, они отличаются по параметрам и пропускным способностям. Все это, естественно, определяет то многообразие возможных вариантов пересечения каналов (таблица 5.1), для каждого из которых, возможно, может быть разработана конструкция подпитывающего сооружения, обеспечивающего соединение потоков без образования сбойных течений и других нежелательных гидравлических явлений.

Из многообразия вариантов перечисления каналов, в работе рассмотрено в основном слияние потоков с бурными режимами течения воды, так как вопросы слияния бурных потоков изучена весьма слабо.

В любом случае к подпитывающим сооружениям могут быть предъявлены следующие требования:

- обеспечение слияния потоков без образования сбойных течений в отводящем канале и переливания воды через борта как водотока, так и самого сооружения;
- соединение потоков без значительного гашения кинетической энергии воды, протекающей в подпитываемом канале;
- сооружения должны быть конструктивно простыми, дешевыми и удобными в эксплуатации;

Таблица 5.1.

Возможные варианты пересечения каналов

| Наименование канала | Уклон канала | Характеристика облицовок и сечения канала | Подпитывающий канал | | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------|---|----------------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------|----------------|-------------------|---------------------|--------------------|---|
| | | | $i < i_{кр}$ | | | | | $i > i_{кр}$ | | | | | |
| | | | землян. (трапец.) | Бетонированный | | | Труба (круглая) | землян. (трапец.) | Бетонированный | | | Труба (круглая) | |
| | | | | трапец. | прямо- угольн. | парабол. (лоток) | | | трапец. | прямо- угольн. | парабол. (лоток) | | |
| Подпитываемый | $i < i_{кр}$ | земляной (трапец.) | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | |
| | | бетонированный | Трапец. | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| | | | Прямоуг. | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| | | | Парабол. (лоток) | - | - | - | + | + | - | - | - | + | + |
| | | Труба (круглая) | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | |
| | $i > i_{кр}$ | земляной (трапец.) | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | |
| | | бетонированный | Трапец. | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| | | | Пяркоуг. | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + |
| | | | Парабол. (лоток) | - | - | - | + | + | - | - | - | + | + |
| | | Труба (круглая) | - | - | - | - | + | - | - | - | - | + | |

Примечание: Знаки + и – соответственно указывают на возможность пересечения двух каналов с приведенными в таблице поперечными сечениями и отсутствие как таковой

- в процессе проектирования, строительства и эксплуатации таких сооружений могут появиться дополнительные требования, учет которых положительно скажется на совершенствовании конструкций и компоновок подпитывающих сооружений.

5.2. Сооружения на каналах с параболическим сечением

Эти каналы относятся к категории малых оросительных водотоков, высота их стенок составляет 40; 60; 80 и 100 см; наполнение воды в них не превышает $(0,4-0,6)H$, где H – высота стенок лотков; режимы течения воды в них бывают спокойными и бурными при этом такие режимы наблюдаются как в самом подпитываемом, так и подпитывающем каналах.

Несмотря на такие малые размеры лотковых каналов, осуществляется и их подпитка, причем она осуществляется путем подачи воды сбоку (рис.5.1) или сверху (рис.5.2).

Такие подпитки осуществляются и на некоторых других лотковых каналах. Например, такое сооружение построено на канале Орто-Талдыбулак (Иссык-Кульская область), в который вода подается из канала М-2.



Рис. 5.1. Подпитывающее сооружение на лотковой сети системы р. Ала-Арча.

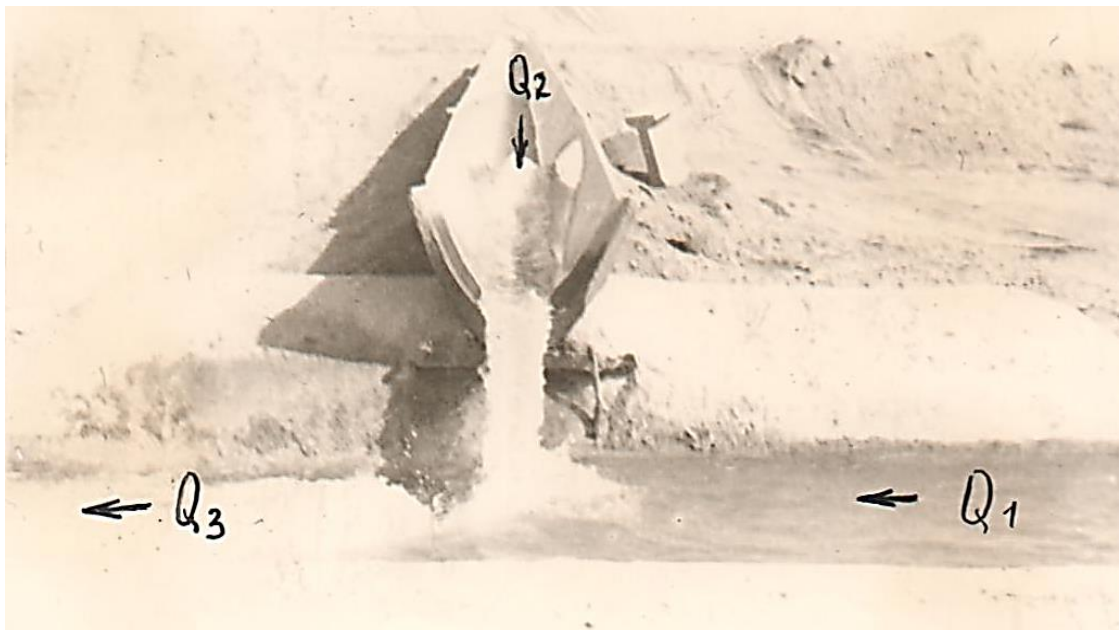


Рис.5.2. Подпитывающее сооружение на оросительной системе р.Исфара.

Следует отметить, что такие соединения потоков, в принципе, возможны. Но, как показывает практика, применение их в таком виде, как они есть, нецелесообразно, так как в зависимости от режимов течения потоков в каналах как в пределах самих сооружений, так и в отводящих от них водотоках появляются нежелательные гидравлические явления (брызги, выбросы воды за борта сооружений, сбойные течения воды в отводящих каналах и др.), резко ухудшающие пропускную способность как самих сооружений, так и отходящих от них каналов.

Меры, направленные на устранение отмеченных недостатков путем наращивания стенок лотков и перекрытия последних железобетонными плитами, не дали желаемого эффекта.

Плавное соединение потоков в каналах параболического сечения, как это рекомендовано в [143], можно осуществить с помощью компонок подпитывающих сооружений, приведенных на рис. 5.3.

Эти сооружения состоят из подпитывающего канала 1, оканчивающегося колодцем-гасителем 2, который через донное водопропускное отверстие 3 (рис. 5.3. а, б, в, г) или водопроводящие трубы (рис. 5.3. е, ж, з – это делается при наличии переезда) сопряжен с соединительным колодцем 4, расположенным на подпитываемом канале 5. В средней части колодца 4 может быть размещен порог 6 (рис. 5.3. в, ж) или диафрагма 7 (рис. 5.3. г, з).

Порог 6 и диафрагма 7 введены в состав сооружения для выравнивания уровня воды по ширине колодца 4.

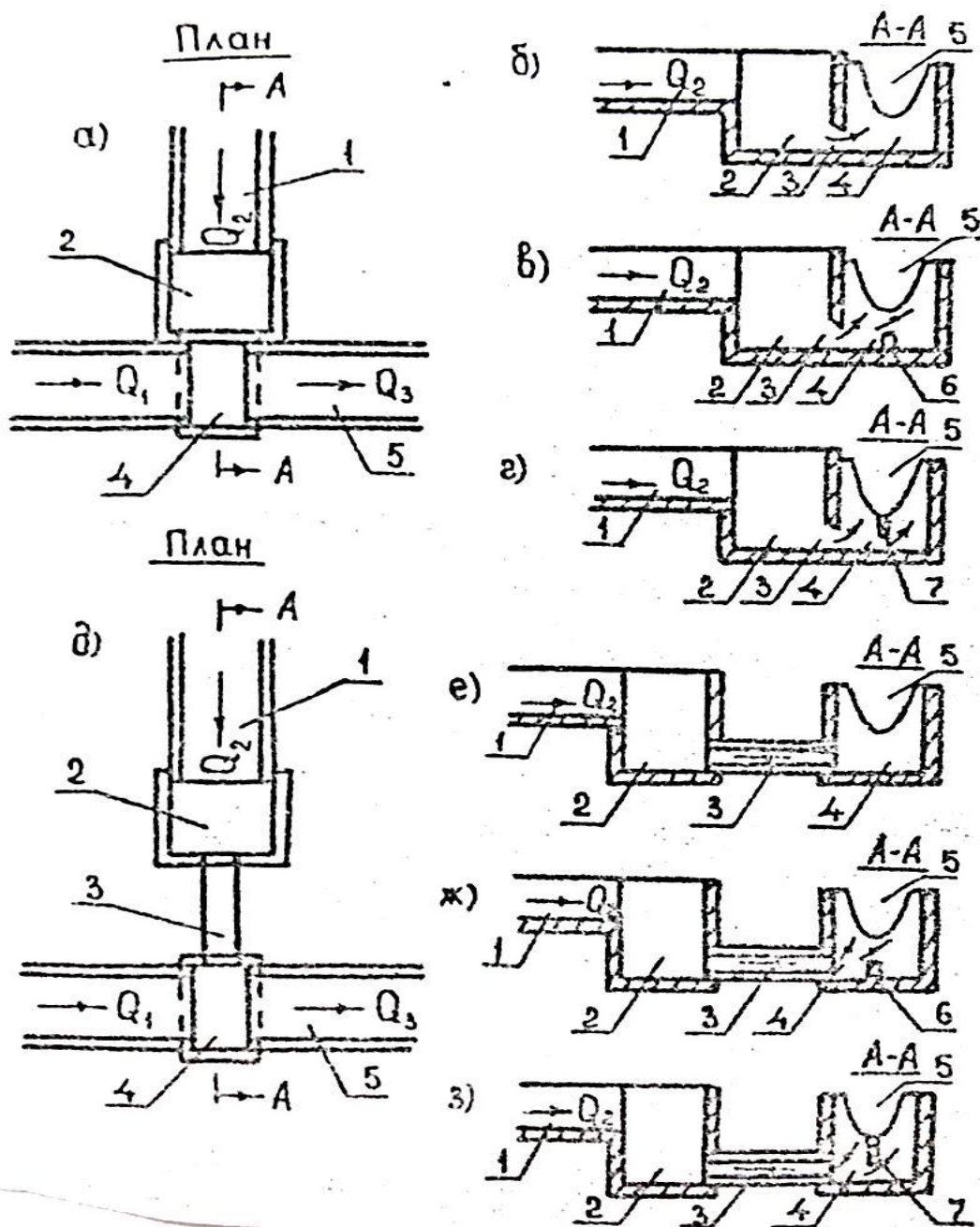


Рис. 5.3. Подпитывающие сооружения для соединения потоков в лотковых каналах.

Предложенные сооружения работают следующим образом: из подпитывающего канала 1 вода поступает в колодец 2, где, погасив часть избыточной кинетической энергии, она далее через донное водопропускное отверстие 3 (рис. 5.3. а, б, в, г) или водопроводящей трубы (рис. 5.3. д, е, ж, з) поступает в соединительный колодец 4. В последнем происходит слияние потоков, причем равномерное их соединение по ширине канала 5 достигается порогом 6, веерообразно направляющим донный поток на дневную поверхность, или диафрагмой 7.

В основу разработанных сооружений положен принцип соединения потоков по вертикали, при котором только частично гасится кинетическая энергия потока в подпитываемом канале.

Главное достоинство предложенных сооружений – они обеспечивают плавное соединение потоков в лотковых каналах, в том числе в быстротечных водотоках.

Разработанные конструкции подпитывающих сооружений для лотковых каналов стали применяться на практике. Так, только к началу 1980 года были построены 5 сооружений, количество запроектированных сооружений составляло 10 [70]. Ниже приводятся эксплуатационные показатели одного сооружения, подтверждаемые работой других.

Сооружение на канале Орто-Талдыбулак системы реки Орто-Талдыбулак построено по компоновке, показанной на рис.5.3а,б; оно осуществляет соединение потоков в пределах этого канала при подаче воды из бокового канала М-2. Старший канал имеет следующие характеристики: уклон 0,043, сечение параболическое, построен из лотков ЛР-80, расчетный расход 0,6 м³/с, скорость течения воды порядка 3-5 м/с.

Канал М-2 имеет уклон 0,01, сечение параболическое, построен из лотков ЛР-60, расчетный расход 0,3 м³/с, скорость течения воды порядка 1-3 м/с.

Само сооружение состоит из:

- колодца – гасителя шириной 1,6 м, длиной 0,6 м и высотой 1,4 м;
- соединительного колодца шириной 1,6 м, длиной 1,2 м и высотой (с лотком) 1,4 м;
- водопропускного отверстия шириной 1,6 м и высотой 0,4 м.

Изучение эксплуатационных показателей данного сооружения показало [67,70,143], что оно работает по следующей схеме: вода из канала М-2 попадает в колодец – гаситель, где, погасив часть кинетической энергии, далее через водопропускное отверстие поступает в соединительный колодец. Здесь, выйдя на дневную поверхность, соединяется с потоком воды в канале Орто-Талдыбулак.

При изучении работу подпитывающего сооружения на канале Орто-Талдыбулак особое внимание было обращено на изменение формы свободной поверхности и скоростные характеристики потока в подпитываемом быстротечном канале. При этом установлено, что:

- данным сооружением обеспечивается слияние двух потоков без образования сбойного течения воды в подпитываемом канале;
- при соединении потоков происходит увеличение глубины воды в пределах сооружения, выравнивание которой с бытовой глубины воды в отводящем канале наблюдается на участке длиной в пределах 2-3 м от конца сооружения.

5.3. Сооружения на каналах с другими сечениями

Имеется в виду каналы с трапецидальным и прямоугольным поперечными сечениями. Подпитываемые каналы на рис.5.4 и 5.5 имеют трапецидальное сечение, их подпитка осуществляется сбоку под углом 90^0 . Как это следует из приведенных фото, при таком соединении потоков происходит выплёскивание воды из подпитываемого канала, в последнем появляется сбойное течение, уменьшающее пропускную способность водотока.

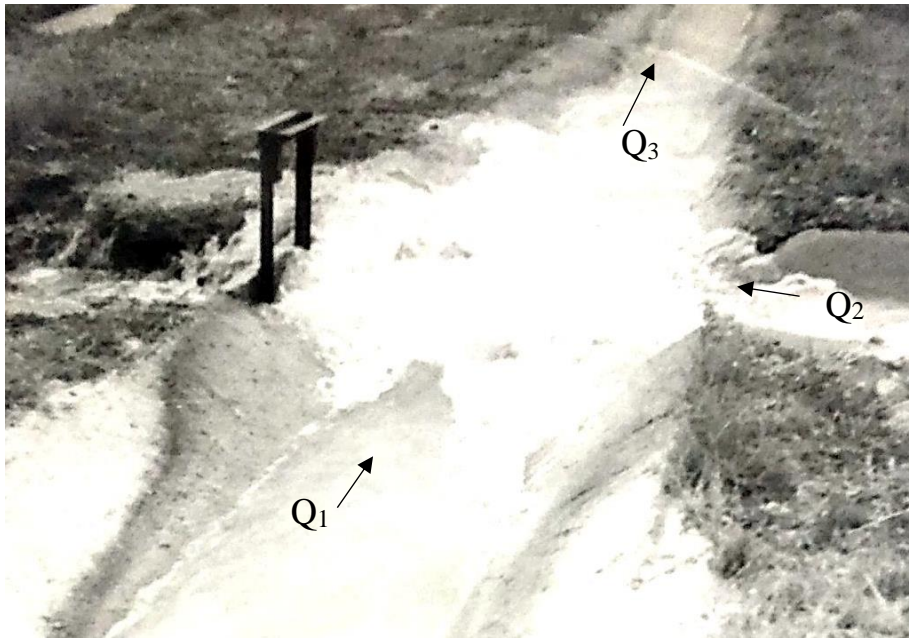


Рис. 5.4. Слияние бурных потоков во внутрихозяйственном канале Найманской оросительной системы (Ошская область).



Рис. 5.5. Подпитывающее сооружение на канале Даирбек системы р. Норус (до реконструкции).

На аналогичных других сооружениях происходит то же самое. Соединение бурных потоков в канале с прямоугольным сечением показано на рис.5.6, при этом боковое соединение осуществляется не под углом 90° , а примерно под углом 45° . Но, несмотря на это, гидравлика потока в пределах сооружения и в отводящем канале не улучшилось.



Рис.5.6. Подпитывающее сооружение на канале Мерке системы р.Мерке

Простое боковое соединение бурных потоков в каналах с трапецидальным и прямоугольным поперечными сечениями, также как в параболических каналах, сопровождается появлением нежелательных гидравлических явлений. Поэтому подпитывающие сооружения, предназначенные к применению на таких водотоках, должны быть усовершенствованы.

Идея донного (вертикального) соединения потоков была использована и здесь - при разработке компоновки сооружения, приведенных в таблице 5.2. Эти сооружения состоят из быстротечных подпитывающего 1 и отводящего 5 каналов, галереи 3, размещенной на дне канала 5, с водопропускным отверстием 4. Галерея 3 соединена с подпитывающим каналом через сопрягающие сооружения 2 – быстротоком и перепадом. Разработанные сооружения работают следующим образом: вода из подпитывающего канала 1 через сопрягающие элементы 2 поступают в галерею 3, из которой через водопропускное отверстие 4 подается в канал 5. На сооружениях с перепадом почти полностью гасится кинетическая энергия подпитывающего потока.

Следует отметить, что разработанные сооружения изучены как в лабораторных, так и натуральных условиях. Результаты проведенных работ опубликованы в работах [67,69,70], данные которых указывают на нормальную работу разработанных подпитывающих сооружений.

Проведенные работы также показали, что сопряжение подпитывающего канала с подпитываемым при помощи быстотока тоже обеспечивает плавное соединение потоков. В качестве примера можно привести подпитывающее сооружение, построенное на канале Даирбек с.р.Норус, до реконструкции (рис.5.5) и после реконструкции (рис.5.7). На данном сооружении соединение потоков осуществляется плавно, без образования сбойных течений (рис.5.7).



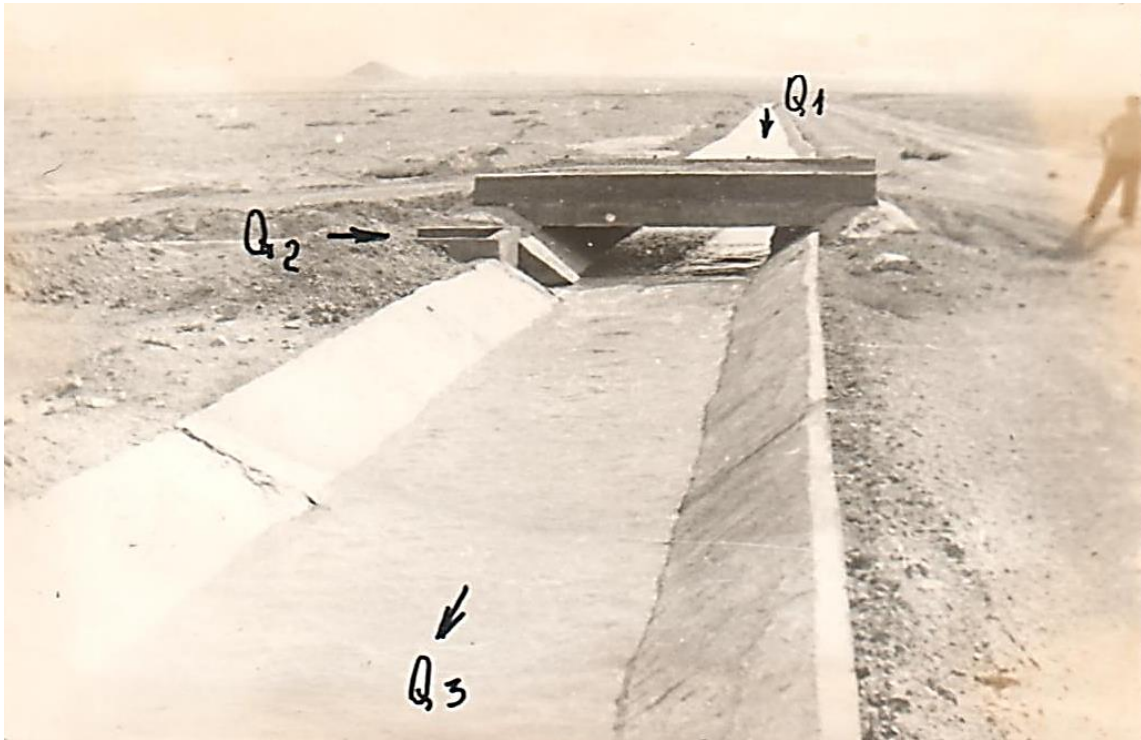
Рис.5.7. Подпитывающее сооружение на канале Даирбек с.р.Норус.

На основании результатов исследований разработано руководство [82] по проектированию, строительству и эксплуатации подпитывающих сооружений, с рекомендацией по гидравлическому расчету пропускной их способности. Наличие этого документа позволило внедрять разработанные сооружения в производство. Так, компоновки и конструкции сооружений, приведенные в таблице 5.2, использованы при строительстве подпитывающих сооружений на канале Р-4-2-2 (Баткенская область) для подачи воды в него из каналов У-54, У-54б (рис.5.8), У-55 (рис.5.9), У-55а и У-56.

Схемы перспективных конструкций подпитывающих сооружений.

| Подпитывающий канал | Сечение подпитываемого канала | |
|----------------------------|-------------------------------|-----------------|
| | Прямоугольное | трапецеидальное |
| а) заканчивается быстроток | | |
| б) заканчивается перепадом | | |

a)



б)

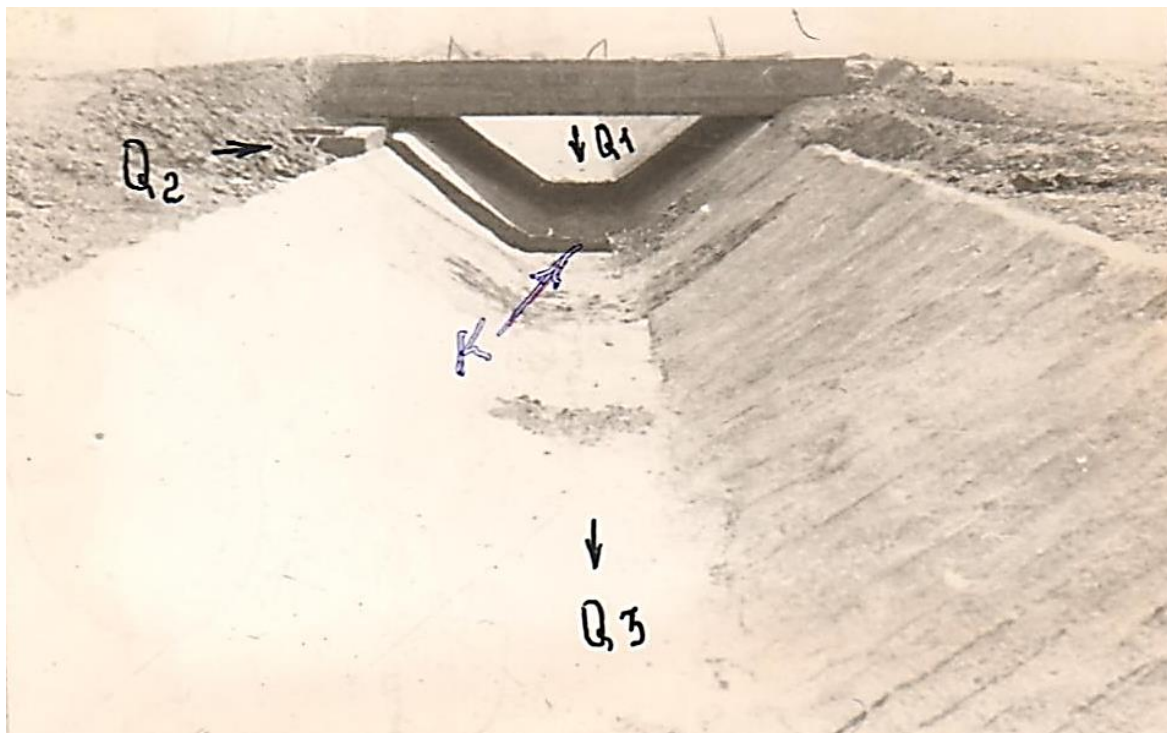
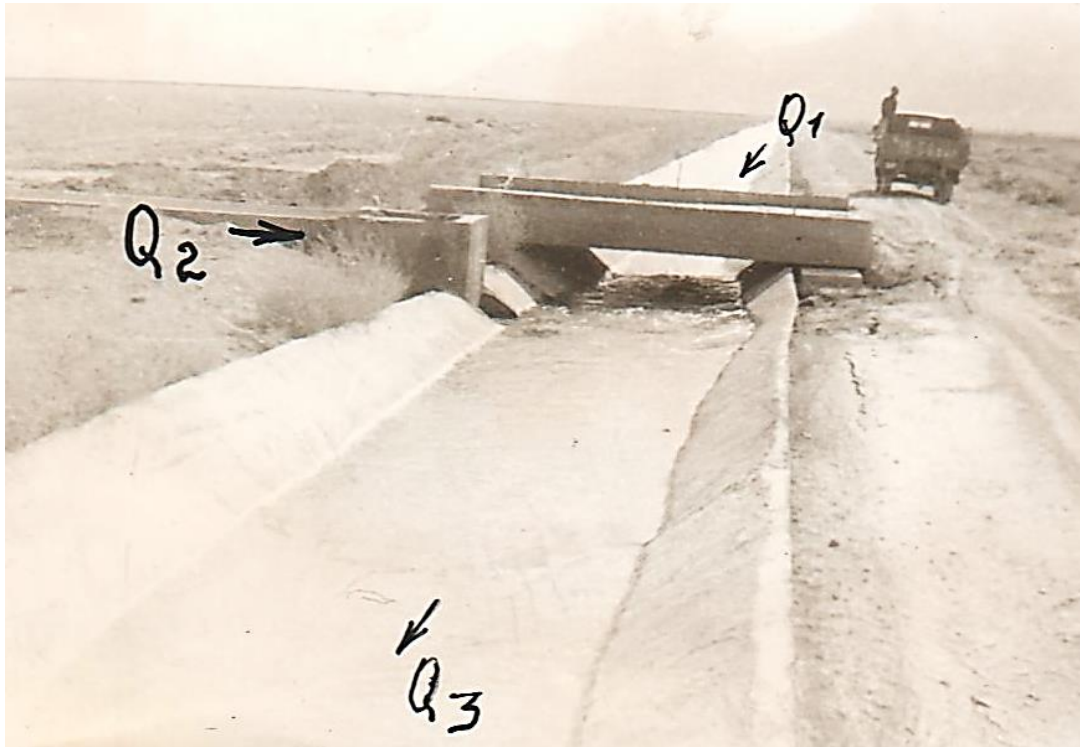


Рис.5.8. Подпитывающее сооружение на канале Р-4-2-2 системы распределителя Р-4 (Баткенская область) на пересечении с каналом У-54б.

а, б – соответственно с водой и без нее.

к – колодец, соединенный с подпитывающим каналом.

а)



б)

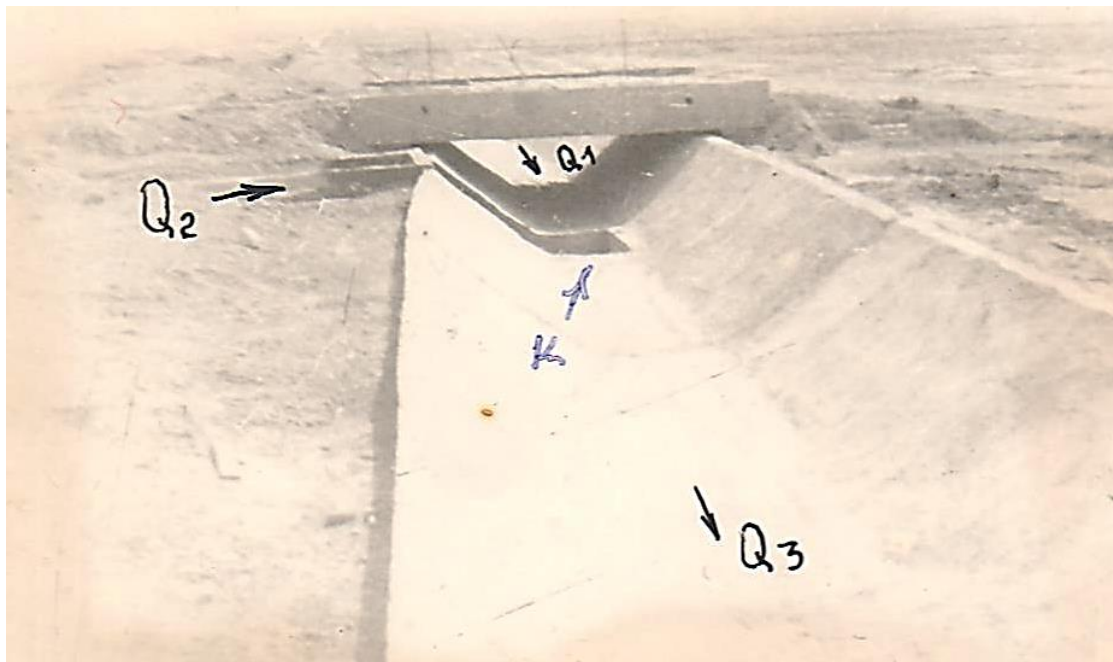


Рис.5.9. Подпитывающее сооружение на канале Р-4-2-2 системы Р-4 (Баткенская область) на пересечении с каналом У-55.
а, б – соответственно с водой и без нее. к – колодец.

Многие сооружения построены на Туя-Муюнском распределителе и на других водных объектах республики.

В заключение можно отметить следующее:

- разработанные и рекомендованные к применению подпитывающие сооружения, как показывают эксплуатационные их показатели, обеспечивают плавное соединение бурных потоков, поэтому они нашли хорошее внедрение.

- выполненная работа не охватывает всего многообразия условий соединения потоков в условиях предгорно-равнинной зоны и является разработкой только части большого комплекса вопросов, требующего дальнейшего более глубокого его изучения.

6. ПОВОРОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

6.1. Постановка вопроса

В связи с освоением новых земель и переустройством существующих оросительных систем горно-предгорной зоны, в республике построено множество каналов с бурным режимом течения воды. Эти каналы в большинстве случаев имеют уклоны 0,01-0,07, благодаря чему при относительно небольших глубинах (0,2-0,6 м) скорости течения воды в них достигают до 7 м/с и более, числа Фруда – 1,5-10,0. При этом каналы с бурным режимом течения воды имеют трапецеидальное, прямоугольное, параболическое и составное поперечные сечения.

Такой режим течения воды в каналах накладывает определенный отпечаток на конструкции сетевых, в т.ч. и поворотных сооружений. К тому же в условиях горно-предгорной зоны трассы таких каналов проходят в очень сложных рельефных условиях (сильно пересеченная местность, разная конфигурация массивов орошения и т.д.), в силу чего эти каналы (особенно внутрихозяйственные) оснащаются множеством поворотных сооружений.

Сложность осуществления поворота каналов с бурным режимом течения обусловила разработку различных конструктивных решений, направленных на поворот бурного потока, на заданный угол. К таким конструктивным решениям поворотных сооружений относятся:

- плавный поворот канала по заданному радиусу закругления;
- поворот потока путем виражирования;
- поворот при помощи наклонных порогов.

Следует отметить, что на оросительных системах республики широкое распространение получили повороты «по дуге круга» (рис.6.1. и 6.2.), приводящие:

- к резкому уменьшению пропускной способности водотоков;
- к выплескиванию воды за борта каналов;
- к появлению в отводящих водотоках сбойного течения, распространяемого на значительное их расстояние.

Устранение выплескивания воды за борт канала достигается путем наращивания вогнутого берега водотока (рис.6.1). Это лишь частичное решение вопроса, так как оно лишь устраняет выплескивание воды, а что касается такие негативные гидравлические явления, каковыми являются сбойное течение воды в отводящем канале и резкие уменьшение его пропускной способности, то они остаются в силе, то есть не устраненными.



Рис. 6.1. Поворотное сооружение на канале Найман с.р. Чили-Сай.

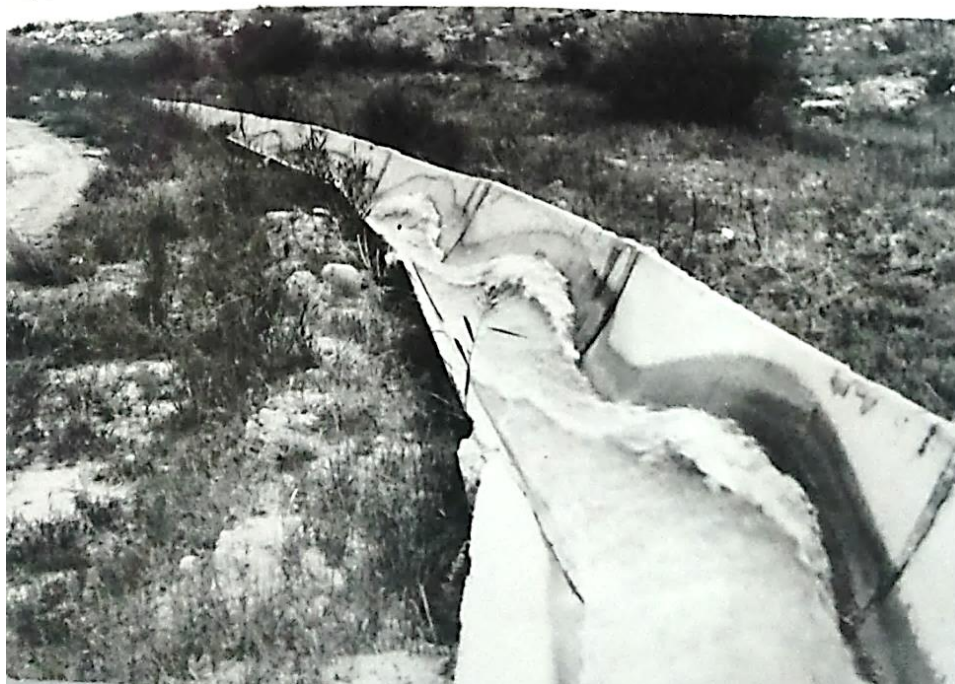


Рис. 6.2. Поворотное сооружение на внутрихозяйственной лотковой сети.

Повороты путем виражирования и при помощи наклонных порогов не практикуются.

В условиях горно-предгорной зоны республики, где массивы орошения имеют самую разнообразную (в т.ч. неправильную) конфигурацию, поворот каналов с бурным режимом течения, по-видимому, рационально осуществлять по ломанной в плане линии, что придает земельным массивам необходимую форму, повышает коэффициент земельного использования. Однако, на практике, поворот канала по этому принципу не получил развитие, что объясняется отсутствием требуемых конструкций, обеспечивающих отток воды без сбойного течения и устраняющих выплескивание воды за борта сооружения.

Для восполнения этого пробела проводились специальные работы по созданию конструкций прямолинейных в плане поворотных сооружений, с разработкой методов гидравлического расчета и рекомендаций по их проектированию. При выполнении этих работ были использованы основные достижения науки и техники не только в области конструирования поворотных сооружений, но и водовыпусков из каналов с бурным режимом течения воды.

При проведении работ к разрабатываемым поворотным сооружениям предъявлялись требования, которые сводятся к следующему:

- а) обеспечить поворот потока с различными степенями бурности без:
 - выплескивания воды через борт вогнутого берега сооружения;
 - образования сбойного течения воды в отводящем канале;
 - снижения пропускной способности сооружения;

б) осуществлять поворот потока под различными углами и, в т.ч., под углом 90° ;

в) сооружение не должно нарушать гидравлику потока в подводящем канале;

г) обеспечить экономичность и простоту конструкции, удобства в эксплуатации, надежность в работе.

Ниже приведены результаты проведенных работ.

6.2. На лотковых каналах

Следует отметить, что на быстротечных лотковых каналах часто строятся поворотные сооружения «по дуге круга» или что тоже – по большим радиусом закругления (рис. 6.2.). Применение такого поворота, как показывает практика, оправдывается только на каналах со спокойным режимом течения воды – при скоростях, не превышающих 1,0 м/с. При таких скоростях поворот потока осуществляется плавно, пропускная способность водотоков заметно не уменьшается.

На поворотных сооружениях с повышенными скоростями течения воды появляются те негативные гидравлические явления, которые приводят к отказу от их применения, а действующие поворотные сооружения – к коренной их реконструкции или замене на новые. Все это, прежде всего, осложняет подачу воды водопользователям.

Иначе говоря, к недостаткам таких сооружений относятся сбойные течения воды как в пределах поворотов, так и в отводящих каналах, уменьшающие их пропускных способностей в 1,5-2,0 раза, а также невозможность придания орошаемым площадям требуемую форму и другие. В целях устранения этих недостатков в последнее время специалисты практиковали строительство колодцев-гасителей (рис. 6.3), с размещением dna подводящей и отводящей секции лотковых каналов на одной отметке. При этом имелось в виду, что в этих колодцах будет полностью погашена кинетическая энергия потока и в отводящие каналы будет поступать вода со спокойным режимом течения. Однако, такое ожидание не оправдалось, так как в пределах колодцев, в результате набегания потока на их нижнюю стенку, появлялись брызги, выплескивания воды за борта сооружения, усиливались сбойные течения в отводах. При такой ситуации, чтобы как-то устранить выплескивания воды из сооружений и каналов, эксплуатационники вынуждены были перекрывать их лотками (рис.6.3.) или плитами. Однако, эти действия не приводили к восстановлению пропускной способности лотковых каналов на их поворотах.



Рис. 6.3. Поворотное сооружение на лотковом канале (Московский район).

В принципе на быстротечных лотковых каналах повороты могут быть выполнены и по дуге, и по ломаной в плане линии. При осуществлении как

первого, так и второго поворотов, по-видимому, придется применять перепады и колодцы – гасители, при помощи которых осуществляются гашение кинетической энергии подводящего потока и подача успокоившегося потока в отводящие каналы, в том числе в каналы с поворотами.

Предложенные на рис.6.4 схемы поворотных сооружений включают перепад 2 и колодец – гаситель 3. Кроме того, предусмотрена струеотбойная стенка 5, верхняя часть которой выполнена сплошной, а нижняя – сквозной, что дополнительно позволяет погасить часть кинетической энергии набегающего на нее потока и пропустить часть расхода через отверстия в самой стенке. Основная часть потока пропускается из-под стенки через отверстия высотой a , длина отверстия соответствует ширине колодца – гасителя. Колодец – гаситель в конце имеет высоту P , которая может быть назначена порядка 0,5-0,7 м.

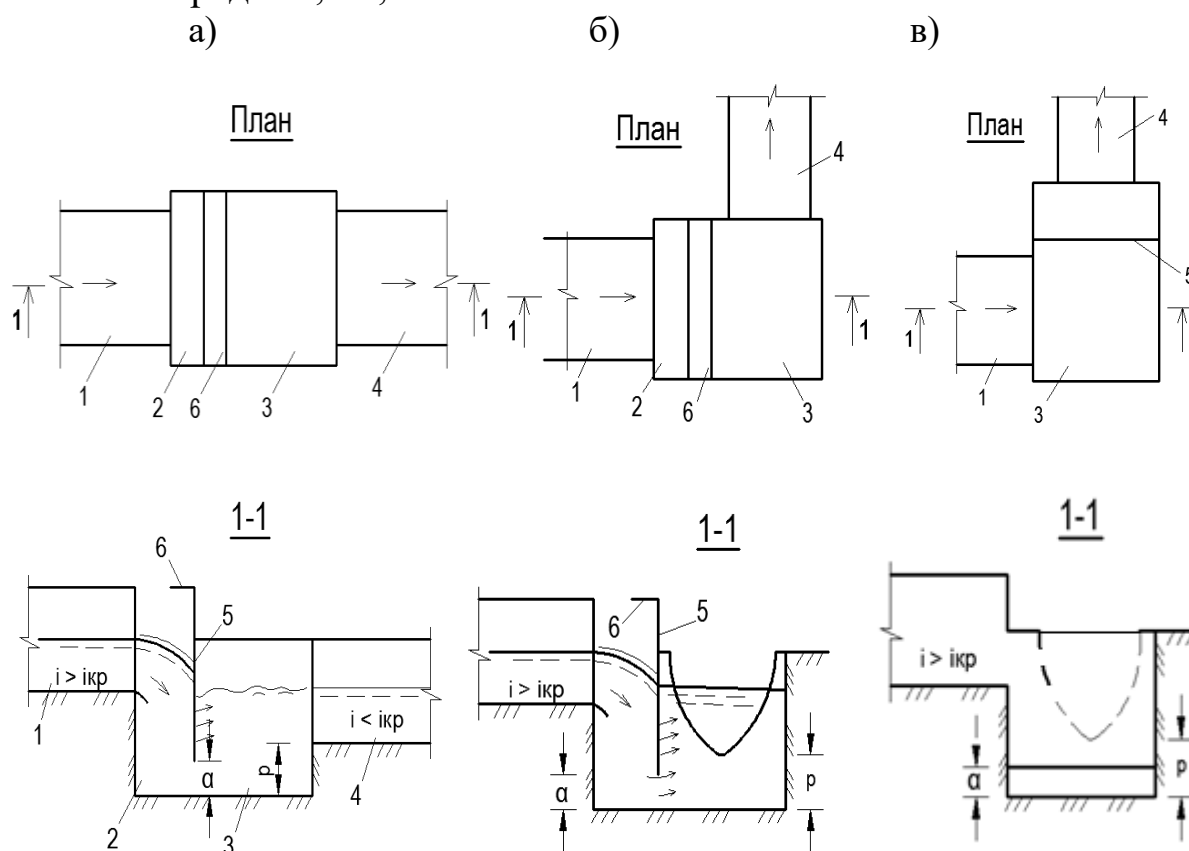


Рис.6.4. Схемы поворотных сооружений на лотковых каналах.

1- канал с бурным режимом течения воды ($i > i_{кр}$); 2 - перепад;
3- колодец – гаситель; 4- канал со спокойным режимом течения воды ($i < i_{кр}$); 5- водоотбойная стенка; 6 – козырек.

На рис.6.4а – поворот будет осуществляться по радиусу закругления (по кривой), при этом началом кривой может служить как конец колодца – гасителя, так и 1-2 секций самого лотка, установленного за ним. В любом случае режим течения воды в отводящем лотковом канале будет спокой-

ным ($i < i_{кр}$), что позволит без опасения осуществлять такие повороты и пропускать расчетные расходы воды. Схема на рис.6.4 б и в предназначены для поворота потока на угол 90^0 , на них, благодаря перепаду и колодца – гасителя, режим течения воды в отводящих каналах будет устанавливаться спокойным ($i < i_{кр}$).

На рис.6.5 приведена более детализированная схема поворотного сооружения, предназначенного для поворота потока по радиусу закругления (по кривой).

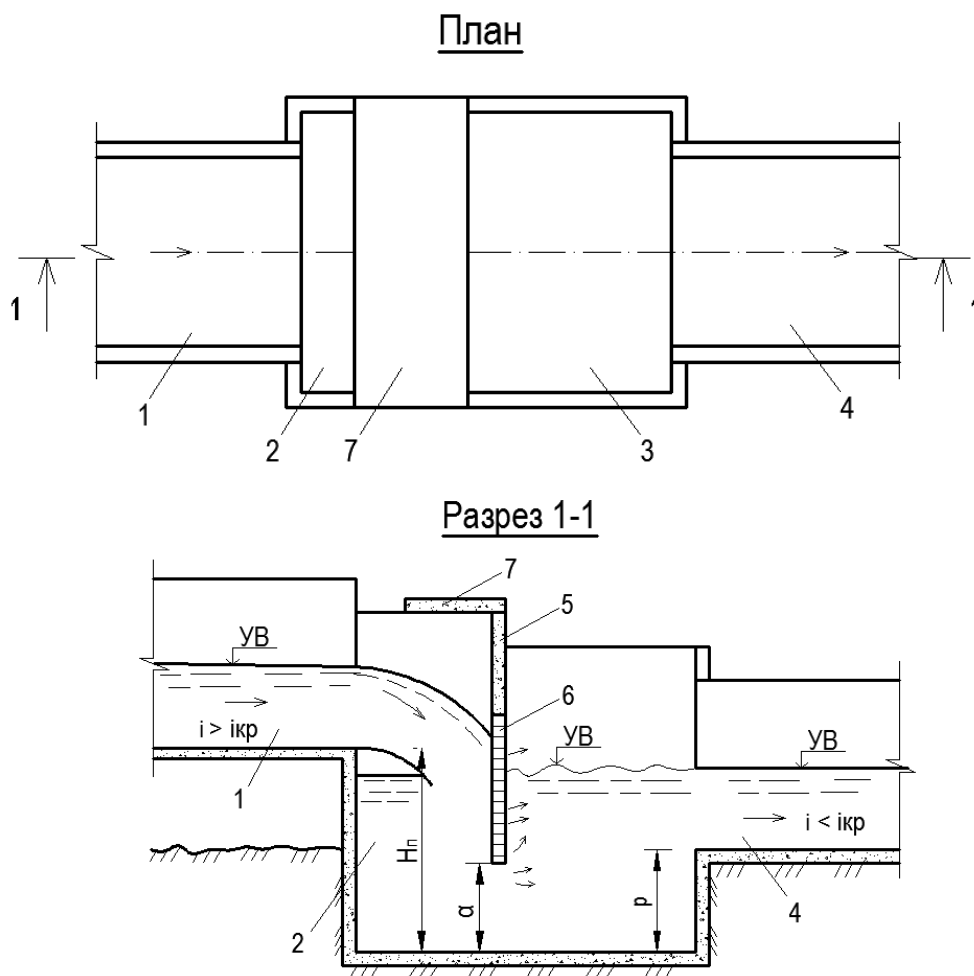


Рис.6.5. Схема применения перепада с колодцем - гасителем для гашения кинетической энергии потока в лотковом канале (на этом сооружении поворот потока осуществляется по радиусу закругления).

- 1 - канал с бурным режимом течения воды; 2 - перепад;
 3- колодец – гаситель; 4- канал со спокойным режимом течения воды;
 5- струеотбойная стенка; 6- сквозная часть стенки;
 7 – козырек.

Предложенные поворотные сооружения, кроме поворота потоков либо по радиусу закругления, либо по ломанной в плане линии, должны вы-

полнять одновременно, очевидно, и задачу улавливающего сооружения, ибо, как это известно из практики, очень часто в быстротечные лотковые каналы по той или иной причине попадают живые души, камни и другие соры, которые, естественно, осложняют эксплуатацию сооружений, при этом живые души должны быть спасены, а камни и соры – удалены из воды. Естественно, выполнение таких сложных задач может осуществляться только путем включения в состав разработанных сооружений дополнительных новых элементов.

В связи с этим, задачей разработки является повышение надежности работы поворотных сооружений за счет совершенствования их конструкций для безопасного спасения живых душ и улавливания камней и других сор, попавших в быстротечные лотковые каналы.

Поставленная задача решается тем, что в поворотном сооружении, включающем подводный и транзитный каналы, колодец-гаситель и козырек, согласно техническому заданию, отличающееся тем, что водоприемная траншея примыкает к колодцу-гасителю и разделена от него водоотбойной стенкой, в нижней части которой предусмотрено горизонтальная полка и отверстие для пропуска воды из колодца-гасителя в водоприемную траншею, при этом оба эти элемента сооружения на уровне подводного канала перекрыты опрокидывающимися в сторону верхнего бьефа решетками.

Ширина колодца-гасителя и водоприемной траншеи принимается равной ширине параболического лотка по верху, длина колодца-гасителя устанавливается из расчета скоростного режима подводного потока и принятой длины полки и козырька. Козырек устраняет выплескивание воды из колодца-гасителя при набегании потока на водоотбойную стенку, его ширина составляет порядка $(0,3-0,4)L$, где L – длина колодца-гасителя. Горизонтальная полка применена для изменения направления низпадающего потока, чем улучшается гашение кинетической энергии самого потока и пропускная способность отверстия сооружения. Длина полки принимается равной $(0,2-0,3)L$.

Длина водоприемной траншеи принимается равной $\frac{2}{3}L$. Для улучшения подачи воды из водоприемной траншеи в транзитный канал, дно последнего размещается над дном траншеи на высоту P , величина которой принимается равной 0,5 м и более. Дно транзитного канала размещается ниже отметки дна подводного канала на величину, равную на высоту лотков, из которых построен сам канал.

Пропускная способность водопропускного отверстия определяется по формуле

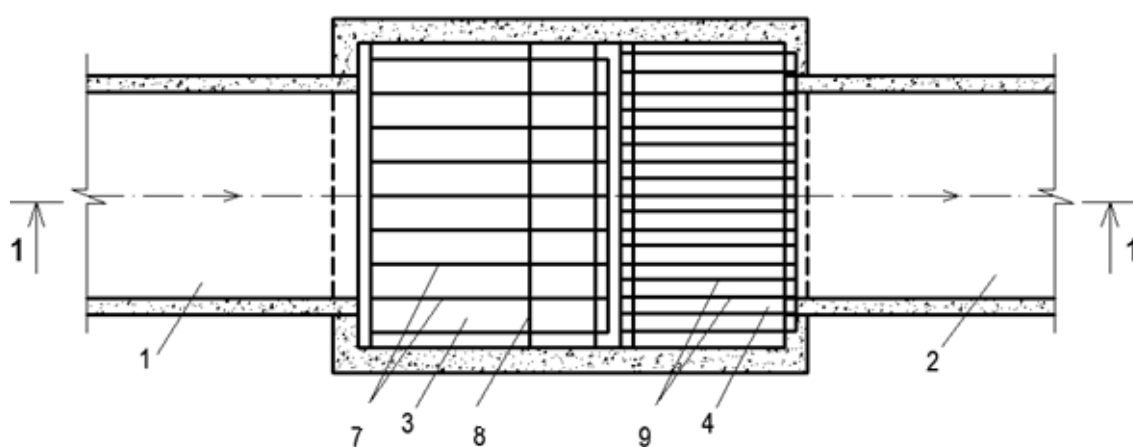
$$Q = la\sqrt{2gZ}, \quad (6.1)$$

где l и a – длина и высота водопропускного отверстия; Z – разность уровней воды в колодце-гасителе и водоприемной галерее (м).

Водозахватная решетка изготавливается из металлических стержней, с просветами между ними 200-300 мм. Решетка над водоприемной траншеей также изготавливается из металлических стержней, с просветами между ними 100-150 мм. Обе решетки изготавливаются опрокидывающимися в сторону верхнего бьефа, что позволяет периодически очистить колодец-гаситель и водоприемную траншею от попавших в них камней и другого мусора. После очистки, решетки возвращаются на свои места.

Все, что задерживается на решетках, уделяется также от них.

ПЛАН



РАЗРЕЗ 1-1

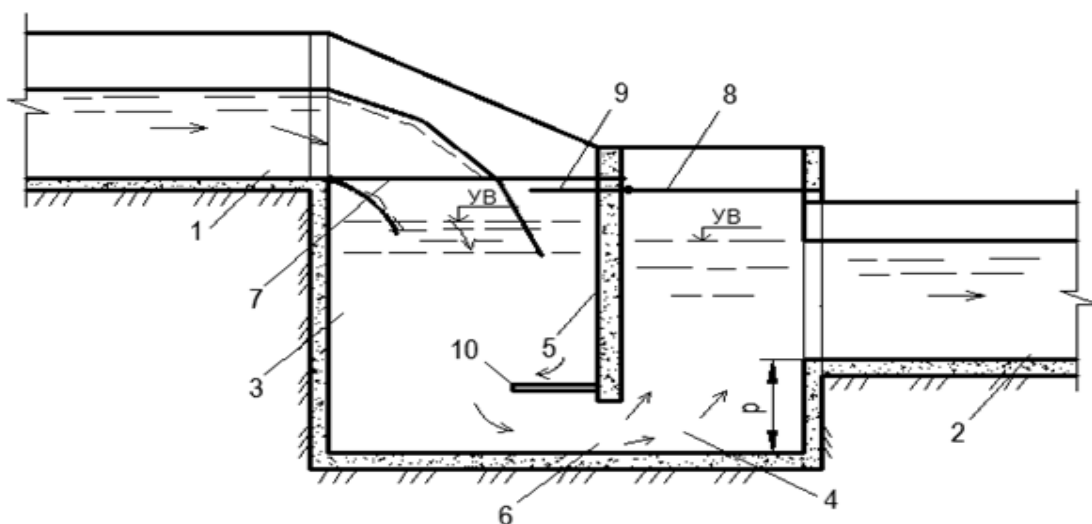


Рис. 6.6. Схема применения перепада с колодцем-гасителем для гашения кинетической энергии потока в быстротечном лотковом канале (на этом сооружении поворот потока осуществляется и по радиусу закругления, и по ломанной в плане линий, оно выполняет задачу и уловительного сооружения).

На рис. 6.6. приведено разработанное поворотное сооружение, которое содержит подводящий 1 ($i > i_{кр}$) и транзитный 2 ($i < i_{кр}$) каналы, колодец-гаситель 3, водоприемную траншею 4, водоотбойную стенку 5, водоприемное отверстие 6, грубую решетку 7, решетку с более мелкими просветами 8, козырька 9 и полки 10. Уклоны решеток 7 и 8 соответствуют уклону дна быстротечного подводящего канала 1.

Предложенное сооружение работает следующим образом.

Бурный поток в подводящем канале, попадая на поворотное сооружение с гасительными устройствами, гасит свою кинетическую энергию и поступает в отводящий канал уже другим – спокойным режимом течения воды.

Живые души, камни и другие соры, попавшие в быстротечный лотковый канал, при подходе к сооружению бурным потоком выносятся на концевую часть водозахватной решетки 7, а сама вода, проходя через просветы этой водозахватной решетки, поступает в колодец-гаситель 3, оттуда – через водопропускное отверстие 6 в водоприемную траншею 4 и из нее – в транзитный канал 2. Решетка с узкими просветами 8 используется в виде мостика для снятия живых душ, камней и других сор, оказавшихся на оголенной части водозахватной решетки 7.

Эффективность разработанного сооружения заключается, кроме поворота бурного потока, в спасении живых душ, улавливании камней и других сор, в повышении надежности работы поворотного сооружения при строительстве его на быстротечных лотковых каналах параболического сечения.

Следует отметить, что предложенные на рис. 6.4, 6.5 и 6.6 поворотные сооружения устраняют выплескивание воды из колодца - гасителя и отводящего канала, обеспечат плавный отток воды. По этим схемам поворот лоткового канала может осуществляться и по радиусу закругления, и по ломанной линии. По компоновкам на этих рисунках плавный отток воды обеспечивается благодаря тому, что в их состав включена и струеотбойная стенка, с водопропускными отверстиями в нижней ее части. Благодаря этим техническим решениям будет погашена избыточная кинетическая энергия потока и обеспечен поворот лоткового канала с бурным режимом течения на различные углы, в том числе на 90° .

К недостатку предложенных компоновок поворотного сооружения можно отнести то, что они строятся из монолитного железобетона по индивидуальному проекту, что может снизить темпы их строительства.

Для создания унифицированной конструкции поворотного сооружения на лотковых каналах, обеспечивающей плавный отток воды из колодца в лоток и, таким образом, удобства монтажа сооружения разработана приведенная на рис.6.6 (Авторское свидетельство №546674 СССР. 1974 [9])

компоновка, состоящая из подводящего лотка 1, опорной плиты 4, крышек 5 и б. Колодец-гаситель монтируется из двух одинаковых колодцев, имеющих вырезы для сопряжения с подводящим и отводящим лотками. При строительстве лотковых каналов поворотные сооружения монтируются следующим образом.

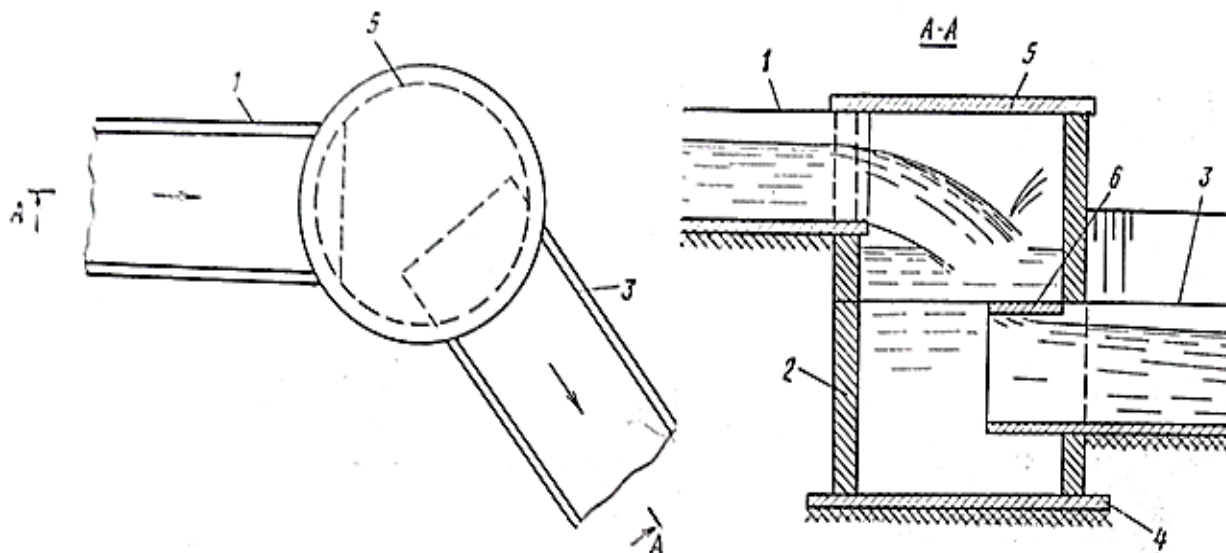


Рис. 6.7. Унифицированное поворотное сооружение для лотковых каналов.

На плиту 4 укладывается нижнее кольцо так, что его вырез направляется по трассе отводящего лотка. Затем на это кольцо укладывается отводящий лоток 3, который частично вдвинут в колодец и перекрывается плитой 6; на нижнее кольцо укладывается верхнее кольцо и на него укладывается подводящий лоток 1. Верхнее кольцо закрывается крышкой 5.

Предложенное поворотное сооружение работает следующим образом. Вода из подводящего лотка поступает в колодец-гаситель, а из последнего в отводящий лоток. Несмотря на то, что в колодце-гасителе наблюдается волнение водной поверхности, отток воды в отводящий канал – плавный. Последнее достигается благодаря крышке 6, выравнивающей уровни воды по ширине лотка.

Данное сооружение позволяет выполнить поворот в плане лоткового канала на любой заданный угол, обеспечивая при этом унифицированность элементов и плавность оттока воды в отводящий канал.

Испытания данного сооружения указало на целесообразность его применения при строительстве лотковых каналов, прокладываемых по контуру полей с большим количеством изгибов-поворотов.

Выше приведенные поворотные сооружения рекомендуются к применению на вновь строящихся быстротечных лотковых каналах.

Если поворотные сооружения по радиусу закругления уже функционируют и на них имеется сбойное течение, как это показано на рис. 6.2, то

что с такими сооружениями делать, как устранить сбойное течение на них, как повысить пропускную способность лотковых каналов на их поворотах, причем все это должно быть выполнено без реконструкции сооружений. решение такой задачи вообще-то трудно выполнимо, но, все же, ниже приводится решение, в соответствии с которым такую задачу можно решить при помощи гасительного устройства, устраиваемого на участке канала перед поворотом. При помощи такого гасителя гасится кинетическая энергия (скорость) подводящего к гасителю потока и непосредственно на поворотное сооружение поток воды с минимальной скоростью при которой на поворотах его сбойность почти устраняется. Иначе говоря, гасительное устройство сбойность потока на поворотах лотковых каналов.

В связи с изложенным, в задачу работы входила разработка гасителя кинетической энергии потоков как в верхнем, так и нижнем бьефах сооружения, с одновременным улучшением условий его эксплуатации.

Поставленная задача решалась тем, что гаситель кинетической энергии потока, состоящий из быстротечного водотока и водоотбойной стенки, устраиваемой поперек водотока, водоотбойная стенка сооружения выполнена в виде плоского щита с подъемным устройством, в верхнем бьефе к верхней кромке щита приварен козырек, а в нижнем бьефе – на уровне верхней кромки щита (при опущенном его состоянии) размещена водозахватная решетка со стержнями, размещенными поперек водотока.

Верхняя кромка щита на размещенном участке быстротечного канала приподнята на определенную высоту (P) для того, чтобы благодаря ее в верхнем бьефе сооружения создать подпор воды. Этот подпор, распространяемый против течения воды в водотоке, имеет важное практическое значение, т.к. он встречает быстротечный поток и при встрече с ним – этот поток гасит свою кинетическую энергию, резко замедлив свое течение. При приближении этого потока к водобойному щиту, ее скорость достигнет к минимальному ее значению.

Длина подпора, образуемого при набегании потока на водобойный щит, зависит от высоты водобойного щита (чем выше он, тем длиннее подпор) и уклона водотока (чем меньше уклон, тем длиннее подпор и наоборот). Высота водобойного щита назначается, в первом приближении, как $p = (0,3 - 0,4)H_{max}$, где H_{max} - максимальная глубина воды в водотоке. Однако, оптимальная ее высота устанавливается в натуре, путем проведения специальных проверочных исследований.

Длина козырька соответствует $0,95 b$, где b – ширина водотока, а ширина самого козырька - $b_k \leq 500$ мм. Козырек приварен к верхней кромке щита, поэтому перемещение его в вертикальной плоскости осуществляется вместе с щитом при помощи регулирующего устройства (подъемника) последнего.

Водозахватная решетка гасительного устройства предназначена для расщепления потока на отдельные струи и изменения их направления течения с горизонтальной плоскости в вертикальную; в этом случае струи потока, проходя через просветы решеток, ударяются об дно водотока и изменяют свое направление с вертикальной плоскости на горизонтальную, далее единым потоком протекая по отводящему водотоку. Такие течения воды через водозахватную решетку приводят к гашению кинетической энергии потока в нижнем бьефе сооружения.

Водозахватная решетка изготавливается не из стержней круглого, шести – и восьмигранного поперечных сечений, а прямоугольного (из полосы листового железа) сечения размерами сторон 3x50 мм. Решетка крепится к стенкам водотока на уровне высоты водоотбойного щита, причем она выполняется съемной при необходимости ее ремонта.

На рис. 6.8 приведено устройство для гашения кинетической энергии потока в подводящем канале.

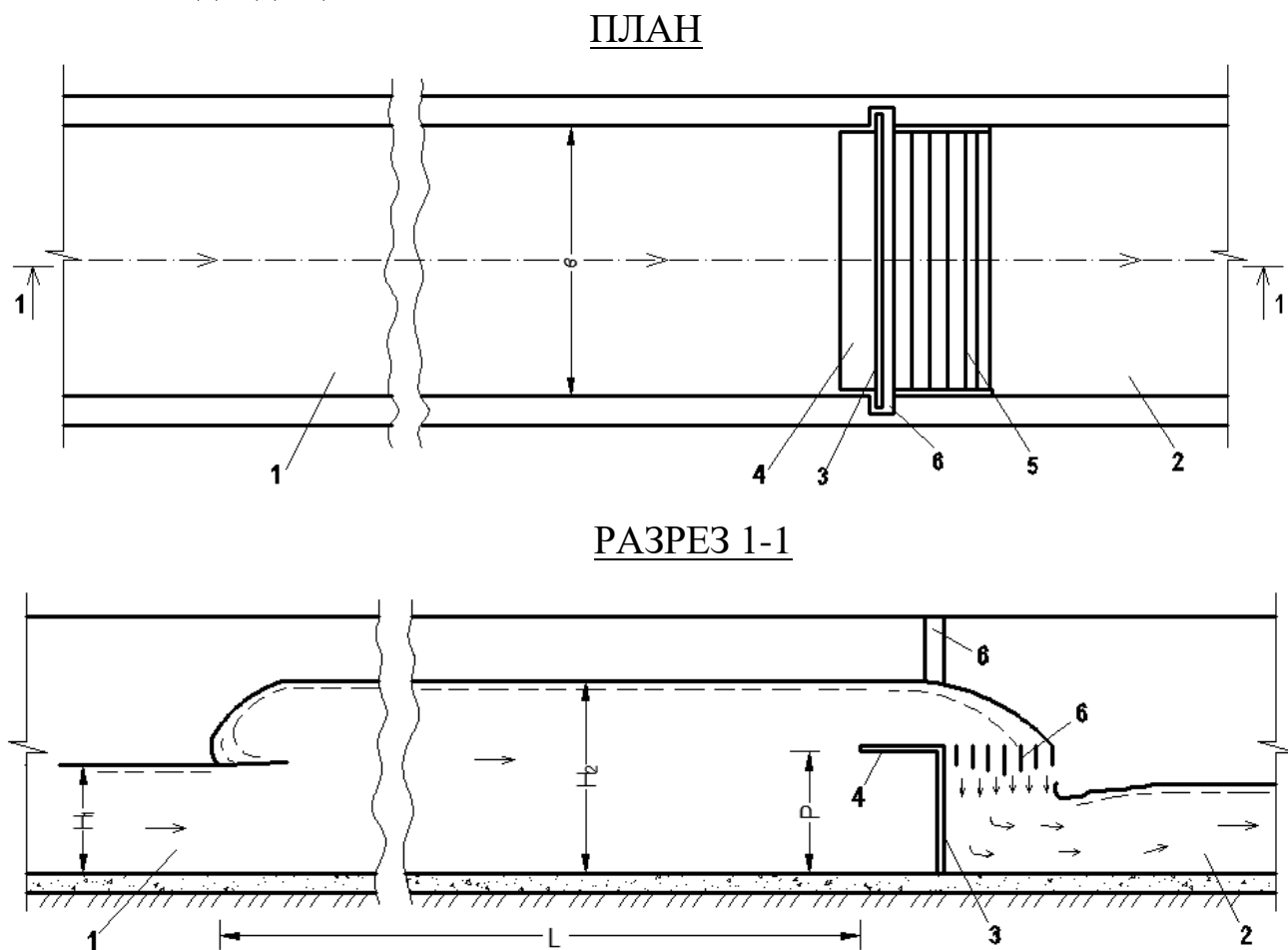


Рис. 6.8. Гаситель скорости бурного потока в подводящем быстротечном лотковом канале.

Устройство для гашения кинетической энергии потока содержит прямолинейных в плане участков подводящего 1 и отводящего 2 быстротечно-

го водотока, водоотбойный щит 3 с подъемным устройством (на фигурах оно не показано), козырек 4, водозахватную решетку 5 со стержнями 6, размещенными поперек водотока. Длина стержней соответствует ширине водотока, ширина решетки устанавливается расчетом, путем определения ее пропускной способности.

Устройство для гашения кинетической энергии потока работает следующим образом. После его установки, в водоток подается вода. Поток воды, достигая устройства, набегаем на водоотбойный щит 3, под влиянием которого в верхнем бьефе образуется подпор, распространяемый выше против течения воды. По мере наполнения водотока водой, длина подпора (L) увеличивается, достигая максимума при пропуске расхода воды, подаваемого в водоток, через водозахватную решетку 5 в нижний бьеф сооружения.

При такой ситуации гашение кинетической энергии потока в верхнем бьефе достигается благодаря соударению двух встречных потоков (бурного с глубиной H_1 со спокойным с глубиной H_2), а в нижнем бьефе – благодаря пропуску воды через водозахватную решетку. При отложении твердых составляющих (наносов) потока в верхнем бьефе, они промываются при поднятом щите 3.

Эффективность предложенного устройства заключается в одновременном гашении кинетической энергии потоков как в верхнем, так и в нижнем бьефах сооружения, с одновременным улучшением условий его эксплуатации.

6.3. На других каналах

Имеются в виду каналы с трапецеидальным и прямоугольным поперечными сечениями. На этих каналах, также как на лотковых водотоках, строятся поворотные сооружения по радиусу закругления, при этом такие сооружения работают нормально, если скорости течения потоков в водотоках не превышают 1,0 м/с. При превышенных скоростях на участках поворота и ниже его появляются нежелательные гидравлические явления (рис.6.1), резко ухудшающие пропускную способность не только самих поворотных сооружений, но и отводящих от них каналов. Строительство на быстротечных каналах поворотов по ломанной в плане линии встречается очень редко. Это объясняется отсутствием конструкций сооружений, обеспечивающих отток воды без сбойного ее течения.

Учитывая важность поворотов по ломанной линии, были проведены определенные работы по разработке конструкций сооружений, с учетом применимости их на каналах с бурным режимом течения воды.

Основные результаты проведенных работ кратко приводятся ниже.

Одна из возможных конструкций поворотного сооружения приведена на рис. 6.9, из которого следует, что разработанное сооружение состоит из

подводящего 1 и отводящего 3 каналов. Дно канала 3 размещено ниже дна канала 1 на высоте стенок донных галерей. Донные галереи предназначены для забора воды из подводящего канала и подачи ее в отводящий канал.

Анализ материалов испытания предложенного сооружения и аналогичных ему водовыпусков траншейного типа позволил установить следующее:

а) если донные галереи квадратного сечения, то они выполняют функцию стабилизатора расхода [7, 38, 39], т.е. каждая галерея, независимо от колебания уровня воды в подводящем канале, пропускает один и тот же расход. Это очень важно, т.к. при равномерном распределении расхода между донными галереями обеспечивается плавный отток воды;

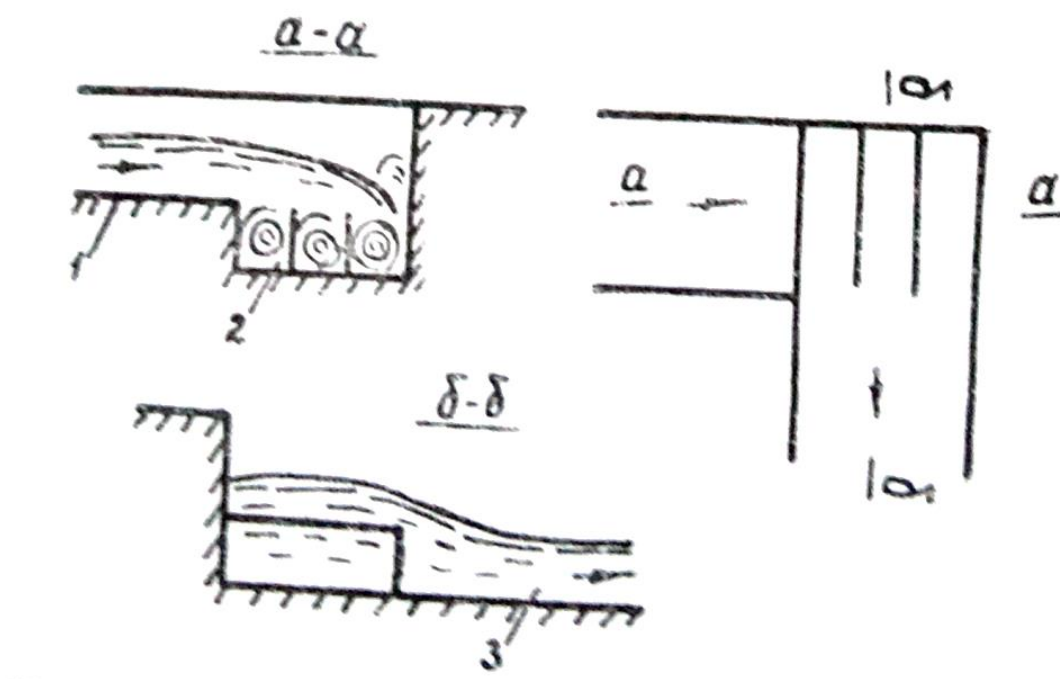


Рис.6.9. Поворотное сооружение с поперечными галереями.
1,3-подводящий и отводящий каналы; 2-галерея.

б) галереи могут иметь прямоугольное сечение. В этом случае стабилизация отводимого расхода исчезает. Тогда равномерное распределение расхода по ширине отводящего канала достигается благодаря тому, что первая галерея выполняется уже, чем вторая;

в) в случае устранения вихревого движения потока в донных галереях (путем применения полок, отражателей и др.), пропускная способность последних увеличивается в 1,3-1,6 раза;

г) при помощи рассматриваемого сооружения можно осуществить поворот бурного потока на любой заданный угол.

На рис. 6.10. (Авторское свидетельство №1167269 СССР.1985[15]) приведена усовершенствованная конструкция сооружения на рис. 6.9, в соответствии с которой между подводящим 1 и отводящим 2 каналами,

расположенными в плане под углом 90° друг к другу, размещена камера, разделенная стенкой 3 на галереи 4 и 5. Дно камеры расположено ниже дна подводящего канала 1 на отметке дна отводящего канала 2, а дно подводящего канала 1 перед камерой выполнено со скосом 6 под углом $10-13^{\circ}$ к горизонту. Стенка 3 расположена параллельно оси отводящего канала 2, а верхняя ее кромка находится на уровне козырька 7, направленного в сторону подводящего канала 1, а к средней части передних стенок галереи 4 и 5 закреплены козырьки 8 и 9, причем ширина козырька 9 второй галереи 5 больше ширины козырька 8 первой галереи 4 в 1,5-2,0 раза, а длина козырька 8 первой галереи 4 в 1,5-2,0 раза больше длины козырька 9 второй галереи 5. К задней стенке 10 камеры в верхней ее части закреплен козырек 11 для предотвращения выплесков воды из сооружения.

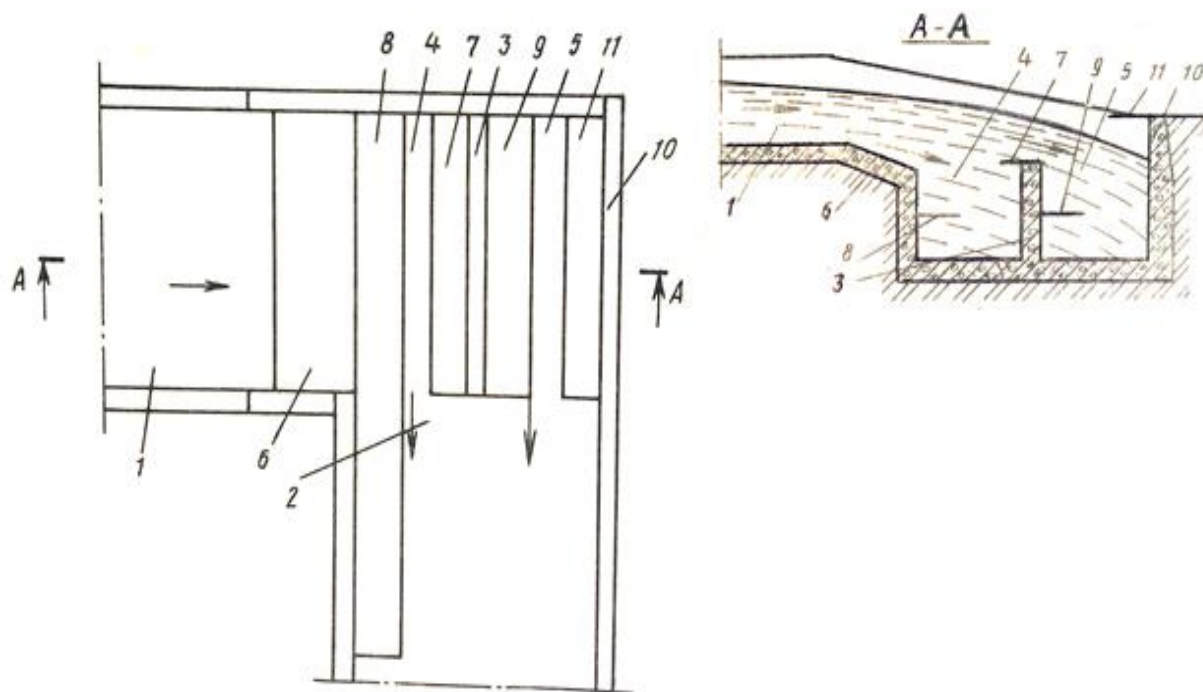


Рис. 6.10. Поворотное сооружение с поперечными галереями, оснащенными полками и козырьками.

Сооружение работает следующим образом. Поток воды, поступающей по подводящему каналу 1, прижимается к скосу 6 и сплошным слоем поступает в галерею 5. В галереях 4 и 5 происходит гашение винтового потока воды козырьками 8 и 9 и поток равномерно поступает в отводящий канал 2. При этом наличие скоса 6 под углом $10-13^{\circ}$ к горизонту и козырьков 7, 8 и 9 обеспечивает равномерное распределение расхода воды по ширине отводящего канала 2.

Такое выполнение устройства позволяет повысить надежность его работы за счет уменьшения волнения потока при повороте.

На рис. 6.11. (Авторское свидетельство №918391 СССР. 1982 [10]) приведена другая конструкция поворотного сооружения для быстротечных каналов, состоящая из подводящего 1 и отводящего 2 каналов, а также водозахватных элементов – водовода 3 и галереи 4.

Водовод 3 сопряжен с подводящим каналом при помощи скоса 5 и перекрыт полкой 6. Размеры водоприемного отверстия 7 и самого водовода 3 назначается таким образом, чтобы через эти элементы захватить и повернуть примерно 2/3 расхода воды, а остальное – подаётся в галерею 4.

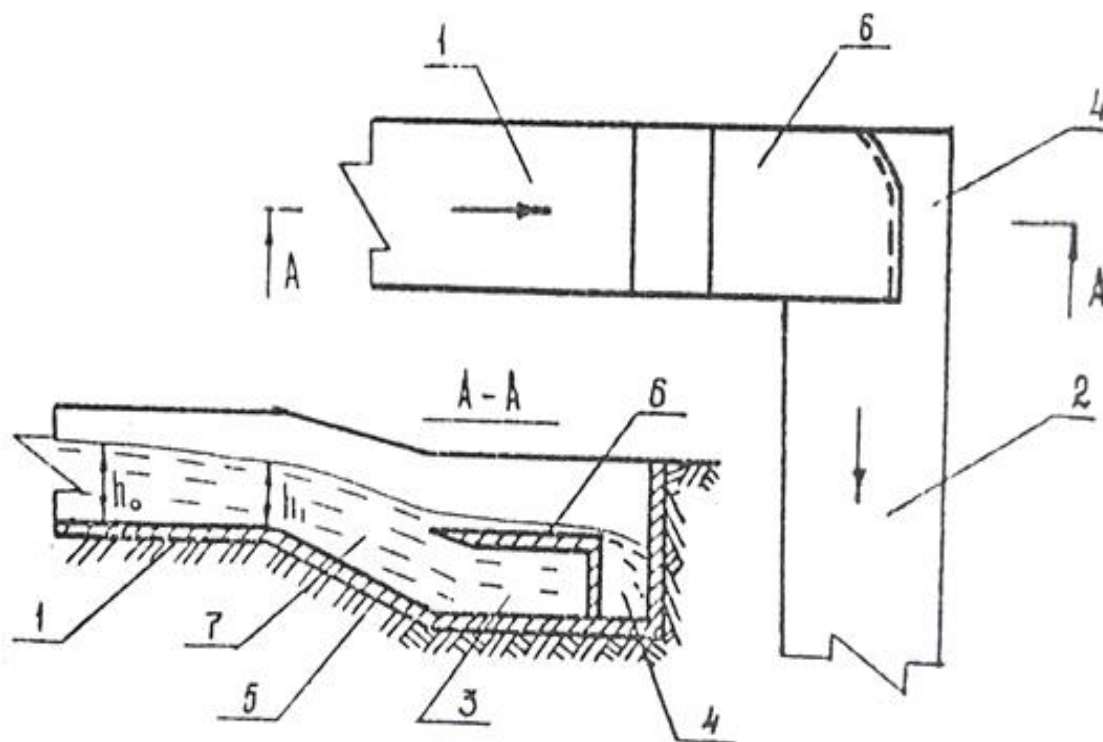


Рис. 6.11. Схема поворотного сооружения.

Рассматриваемое сооружение работает следующим образом: поток делится по вертикали горизонтальной полкой на две части. Верхняя (одну треть расхода) часть потока попадает в водоприемную галерею и из нее в отводящий канал, нижняя (отсеченная) – поступает в донный водопроводящий тракт. Поскольку начальная часть этого тракта выполнена в виде скоса, то в этой зоне поток отрывается от дна и под ним появляется воздушное пространство. При работе сооружения это пространство, благодаря отсосу воздуха потоком, заполняется водой, что приводит к увеличению площади водопропускного отверстия и, как следствие, пропускной способности самого сооружения.

Проведенные исследования показали, что разработанное сооружение позволяет осуществлять поворот бурного потока на 90° , одновременно обеспечивая при этом равномерное распределение расхода по ширине отводящего канала. Однако, как показали исследования, оно нуждается в усо-

вершенствовании для повышения пропускной способности как водовода 3, так и водоприемной галереи 4.

Дальнейшие поиски, проведенные в указанном направлении, привели к разработке улучшенной конструкции поворотного сооружения (рис. 6.12.) [135], по которой:

а) водоприемная галерея 4 перенесена выше по течению и занимает $1/3-1/2$ ширины канала;

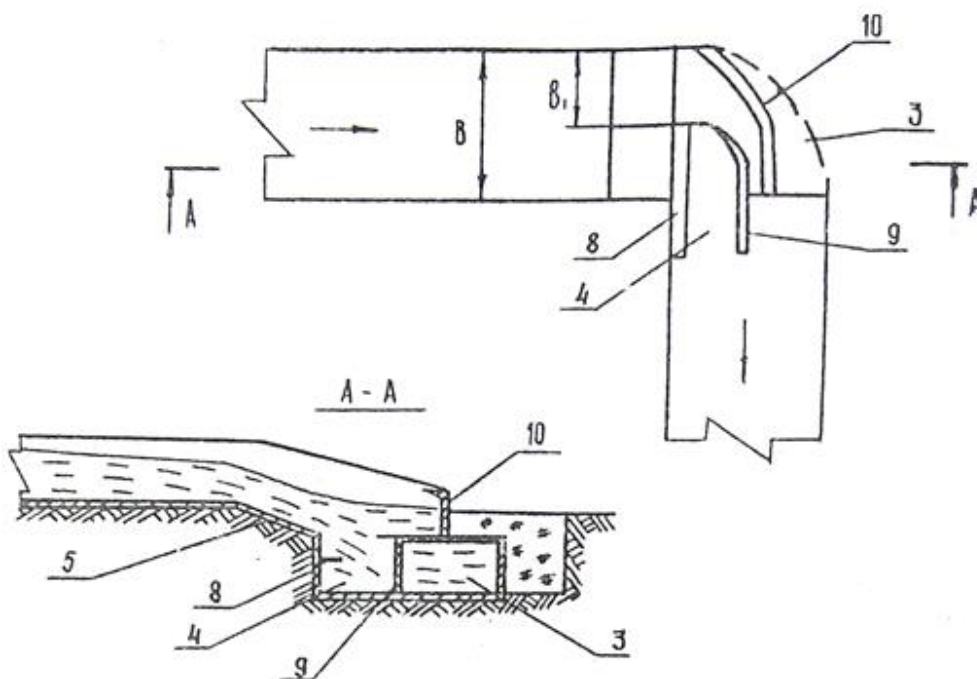


Рис. 6.12. Улучшенная конструкция поворотного сооружения.

б) на остальной части ширины канала размещен закрытый водовод 3, который под влиянием галереи 4 несколько удлинен, что благоприятно отразится на повышении его пропускной способности;

в) в пределах галереи 4 размещены полка 8 и козырек 9, устранившее винтовое движение потоков самой галереи и создавшее условия для повышения пропускной способности на 15-20%;

г) сооружение компактно, что положительно отразится на его технико-экономических показателях.

Проведенными исследованиями подтверждено преимущество улучшенной конструкции (рис. 6.12.) по сравнению с предшествующей (рис. 6.11.) [135].

Было разработано еще и двухрусное поворотное сооружение (рис. 6.13.), предназначенное для поворота бурного потока по ломанной в плане линии.

Сооружение состоит из подводящего 1 и отводящего 2 каналов. В зоне поворота устанавливается разделительная стенка 3, выполненная кри-

волинейной в плане и снабженная горизонтальной полкой 4. Скос 5 имеет угол наклона 25° . Разделительная стенка в плане размещается на входе в соотношении $b_1=0,4 b_0$, а на выходе $b_0=0,5 b_1$. Полка 4 размещается на уровне дна подводящего канала и образует отношение между ними и верхним ярусом $\frac{h_1}{h} = 0,66$. Двухъярусное поворотное сооружение делит поток как в плане (разделительной стенкой 3), так и по вертикали (полкой 4) и он поступает в продольные галереи 6. Две трети расчетного расхода поступает в нижний тракт сооружения. Оставшаяся часть поступает через верхний ярус.

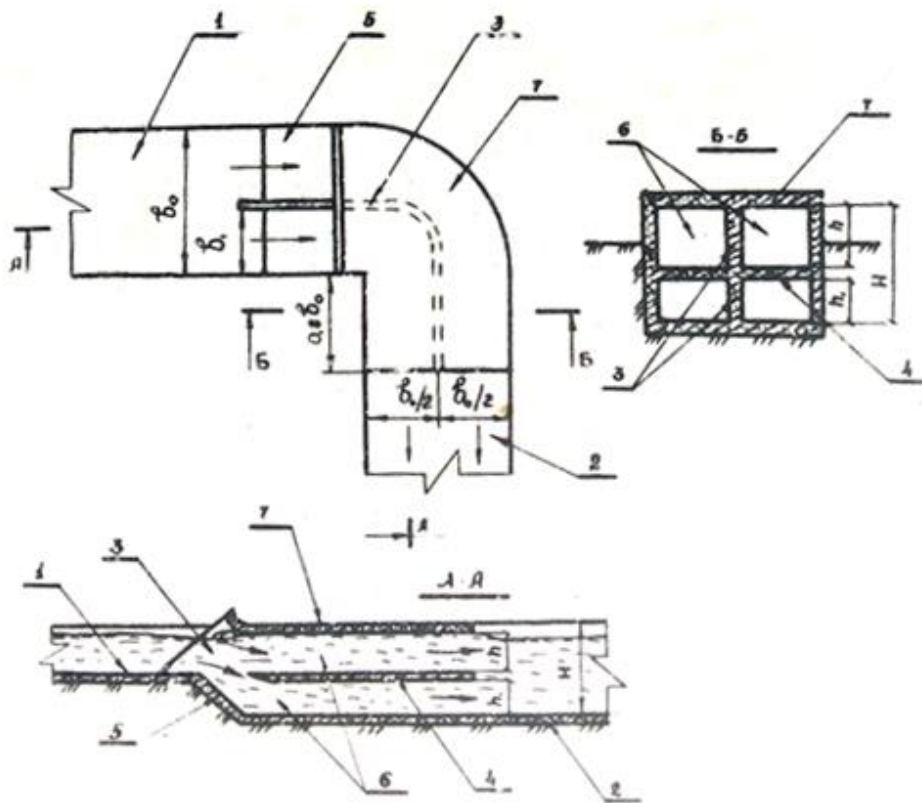


Рис. 6.13. Двухъярусное поворотное сооружение.

Сооружение работает следующим образом: поток делится горизонтальной полкой 6 и разделительной стенкой 3 на части и поступает в галереи с фронтальным приемом воды. По приданной в плане форме галереи поток поворачивается на заданный угол и затем поступает в отводящий канал. При этом, как это отмечается в [49], под влиянием скоса поток прижимается ко дну сооружения и сплошным слоем попадает в нижний ярус. Оставшийся расход проходит по верхнему ярусу. Вход потока в водоприемные отверстия осуществляется без прыжка, выплесков и других нежелательных гидравлических явлений. При выходе из продольной галереи в отводящий канал части потока, разделенные струенаправляющей стенкой

и полкой, сливаются и соединение осуществляется без сбойного течения и перелива воды через борта канала.

Все разработанные компоновки поворотных сооружений детально изучены на экспериментальной установке, по результатам этих испытаний и теоретических исследований разработаны рекомендации по конструированию и гидравлическому расчету пропускных способностей сооружений [135,145,49]. Эти рекомендации были использованы при строительстве ряда поворотных сооружений.

6.4. Некоторые сведения по внедрению сооружений

1. Двухъярусное поворотное сооружение (рис.6.13) было построено на канале Чечей системы р. Кызылсу в Кеминском районе.

Канал из Г – блоков прямоугольного сечения, шириной 1,5-2,0м. водоподача в канал осуществляется из БСР. На протяжении 800м канал имеет прямолинейный в плане участок, без сооружений. На ПК 10+0,5 трасса канала поворачивается на 58° с радиусом закругления $R = 127$ м. Канал построен по наибольшему уклону местности, скорость течения воды в нем достигает до 6 м/с, при относительно малом накоплении – 0,25м. Число Фруда достигает 14,0. Расчетный расход 3 м³/с. Уклон канала изменяется от 0,04 до 0,06.

Существующее поворотное сооружение, выполненное по радиусу закругления и работающее весьма неудовлетворительно, было реконструировано на двухъярусное поворотное сооружение. Ширина подводящего канала 1,5м, уклон 0,04. Размеры реконструированного сооружения показаны на рис. 6.14.

Следует отметить, что по данным лабораторных, а затем и натурных исследований реконструированного сооружения – при расходе 1,5 м³/с работает только нижний ярус сооружения, а при работе двух ярусов – максимальный расход достигает до 3,6 м³/с.

За поворотным сооружением наблюдается равномерное распределение погонных расходов по ширине отводящего канала [135].

2. Поворотное сооружение с поперечными галереями было запроектировано Северной межрайонной проектной группой Минводхоза республики применительно к каналу «Беловодский» Московского района. Этот объект характеризуется следующими данными. Строительство канала предусмотрено из Г-блоков, длина 6,86 км, расчетный расход 4,8, форсированный 6,0 м³/с, скорость течения воды 2,0-4,5 м/с.

Существующий канал старый, начальная его часть проходит в земляном русле, а концевая – в каменной облицовке. По каналу имеются больше

потери воды на фильтрацию, поэтому и была предусмотрена его реконструкция.

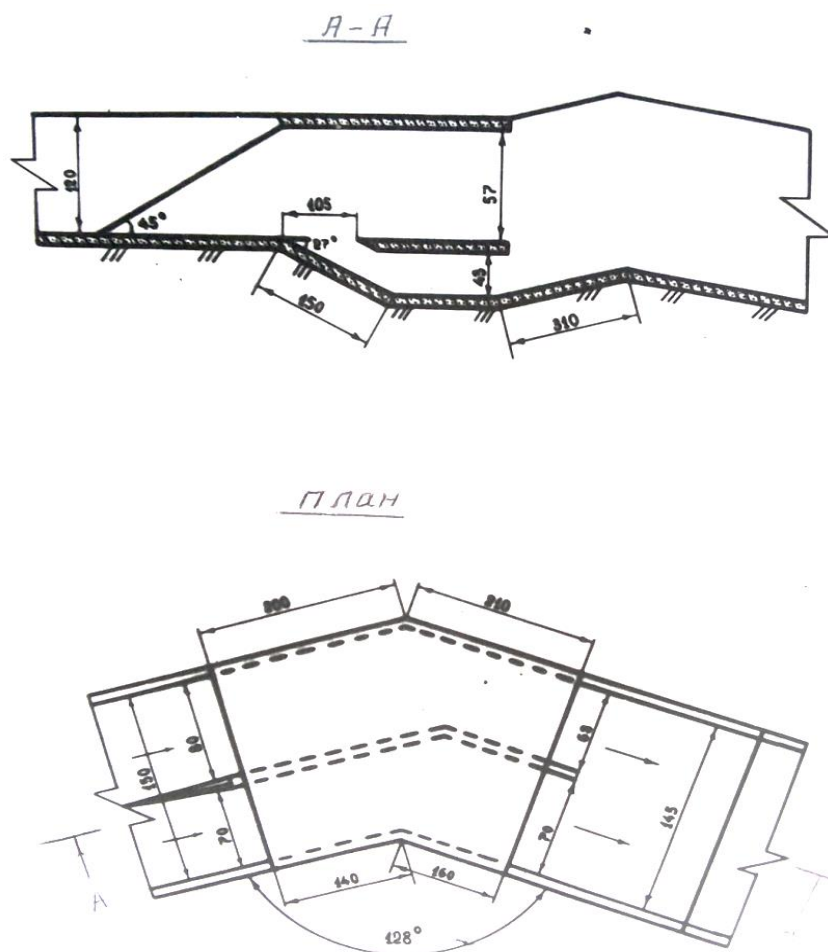


Рис. 6.14. Схема реконструированного поворотного сооружения на канале «Чечей» с.р. Кызыл-Суу.

Трасса канала проходит в очень сложных рельефных условиях, поэтому предусмотрено строительство 42 поворотных сооружений. Из расчета экономической эффективности, в указанных сложных рельефных условиях применение поворотных сооружений с радиусом закругления на данном объекте затруднено и влечет за собой увеличение объема земляных работ.

Использование же в этих условиях поворотных сооружений, выполняемых в плане по ломанной линии, дало возможность осуществить поворот трассы быстротечного канала по ломанной линии, что уменьшает объем земляных работ и улучшает стыковку между звеньями из Г-блоков.

Расчет эффективности от применения поворотных сооружений, выполняемых по ломанной в плане линии по объекту «Реконструкция канала «Беловодский» в Московском районе» произведен Северной межрайонной проектной группой Минводхоза республики. Как показал этот расчет, общая экономия от использования рекомендованных поворотных сооружений

в количестве 13 шт. составила 15104 руб. (1978 г.). Из этих 13 поворотных сооружений, 7 запроектированы с поперечными (рис. 6.8.) и 6 – продольными (рис.6.13.) галереями.

а)



б)



*Рис.6.15. Поворотное сооружение на канале «Новый» с.р.Шамси.
а – вид сбоку – до реконструкции; б – вид с нижнего бьефа – после рекон-
струкции (с двумя разделительными стенками).*

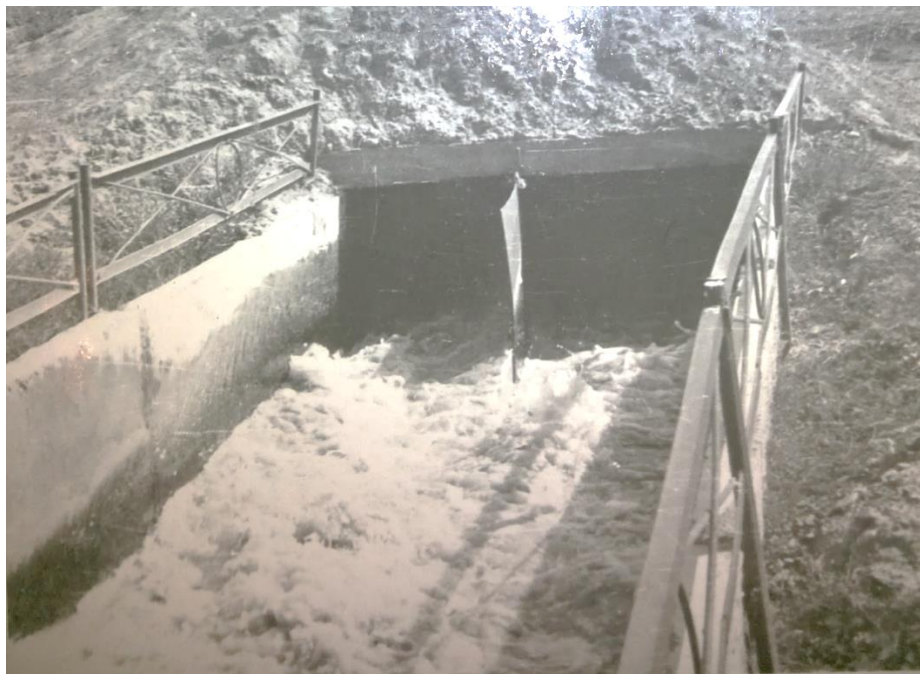
Работоспособность запроектированных сооружений была проверена в лабораторных условиях. Она показала, что поворотные сооружения, запроектированные для канала «Беловодский», обеспечивают пропуск расчетных расходов без образования сбойного течения воды в отводящих каналах.

а)



Вид с верхнего бьефа

б)



Вид с нижнего бьефа

*Рис.6. 14. Поворотное сооружение на канале «Победа» с.р.Аксу:
а) поворот потока на 90^0 по ломаной в плане линии с колодцем-гасителем
(до реконструкции); б) гидравлика потока в отводящем канале
(после реконструкции с одной разделительной стенкой).*

3. Поворотные сооружения на канале «Дыйкан» в Атбашинском районе.

Проектным институтом «Кыргызгипрорводхоз» при проектировании магистрального канала «Дыйкан» в Атбашинском районе предусмотрено строительство 6 поворотных сооружений.

4. Поворотное сооружение на канале «Новый» с.р.Шамси.

Из-за плохой работы построенного на этом канале поворотного сооружения (рис.6.15а), оно было реконструировано (рис.6.16б), при котором использованы две разделительные стенки. Эти стенки, изготовленные по радиусу закругления, улучшили работу сооружения.

Само сооружение сверху закрыто железобетонными плитами.

5. Поворотное сооружение на канале «Победа» с.р.Аксу.

На этом сооружении (рис.6.16) использована одна разделительная стенка, оно сверху закрыто железобетонными плитами.

В заключение следует отметить, что повороты «по дуге» могут осуществляться:

- на лотковых каналах – при скоростях менее 1,0м/с;
- на каналах с трапецеидальным и прямоугольным сечениями – при скоростях менее 1,5м/с.

При повышенных скоростях потока могут быть использованы ранее приведенные конструкции и компоновки поворотных сооружений. Они прошли лабораторные испытания, а некоторые из них – натурные.

7. ВОДОПОДПОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Для создания условий командования старших каналов над младшими, на старших каналах со спокойными режимами течения воды возводятся водоподпорные (затопляемые бетонные бычки с пазами для установки шандор, сплошные бетонные пороги, возводимые поперек каналов и др.) и перегораживающие (оснащенные затворами) сооружения; при этом последними обеспечивается не только командование, но и регулирование уровня воды в верхнем бьефе сооружения. К основным недостаткам перегораживающих сооружений относятся:

- бурное течение воды в нижнем бьефе, приводящее к необходимости облицовки земляного канала на значительное расстояние или строительству дополнительных сооружений для гашения кинетической энергии потока;
- металлоемкость сооружений, так как параметры затворов принимаются исходя из размеров самих каналов.

В целях устранения этих недостатков была проведена работа по разработке конструкций водоподпорного сооружения, предназначенных не

для полного перекрытия канала, а лишь для частичного, что положительно отразится на технико-экономические показатели объекта строительства. При разработке таких конструкций было принято решение о том, что в качестве водоподпорного сооружения наиболее эффективно будут работать затворы, совмещающие в себе функции гасителя и позволяющие погасить избыточную энергию потока путем расщепления его на многочисленные струи и соударения их между собой.

Такое техническое решение было реализовано путем применения плоского щита с вертикальными прорезями-щелями. Иначе говоря, принятый в качестве водоподпорного сооружения затопляемый плоский щит с вертикальными прорезями-щелями должен обеспечивать не только необходимый подпор уровня воды в верхнем бьефе, но и эффективное гашение избыточной энергии потока в нижнем бьефе сооружения.

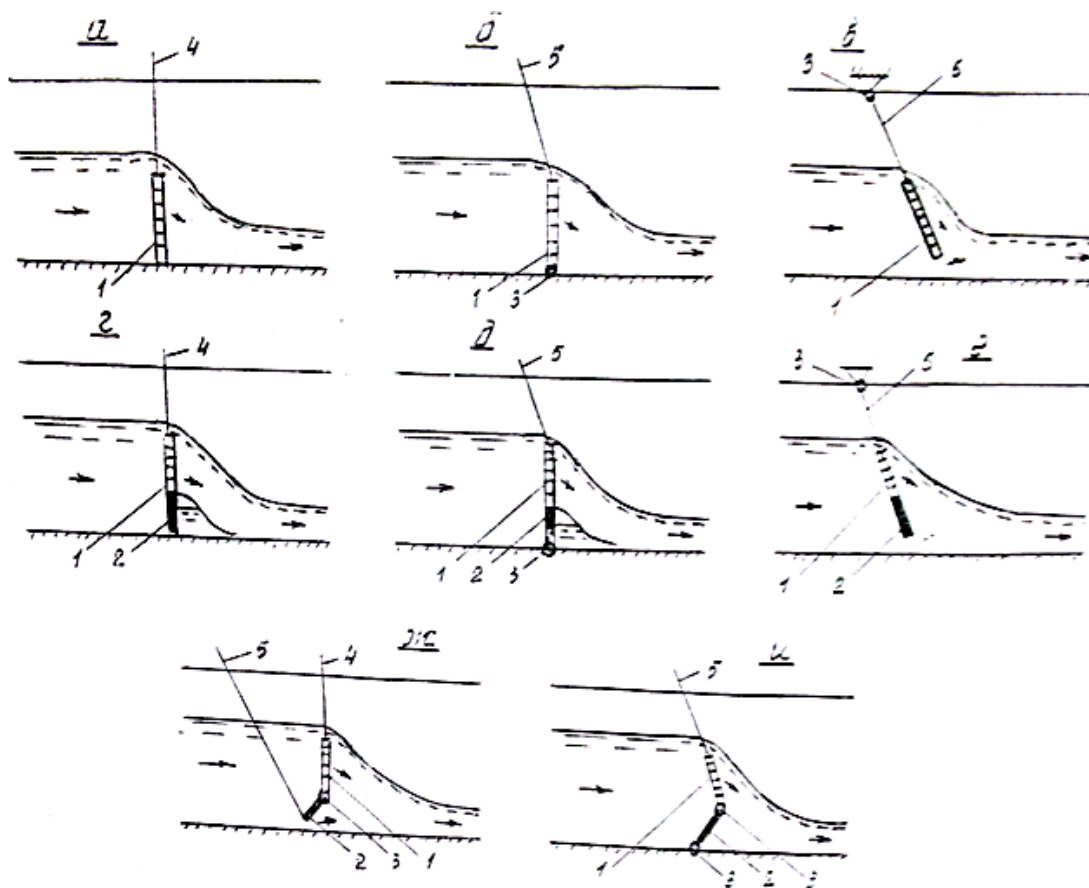


Рис. 7.1 Схемы расположения сквозных щитов на водоподпорных сооружениях:

1 – сквозной щит; 2 – сплошной щит; 3 – шарнир; 4 – винтовой подъемник; 5 – трос; 6 – рама.

Разработанные водоподпорные сооружения схематически представлены на рис.7.1-7.3 [12, 147, 148], при этом регулирование щитами может осуществляться либо ручным или электрическим приводами (рис.7.1), либо

сами щиты могут выполняться в виде автоматов гидравлического действия (рис.7.1 и 7.3).

Водоподпорные сооружения с ручным или электрическим приводами могут состоять из одного сквозного щита (рис.7.1 а, б, в) или двух – верхний из которого сквозной, а нижний – сплошной (рис. 7.1 г, д, е, ж, и). Соединение этих щитов может быть жестким (рис.7.1 г, д, е) или шарнирным (рис.7.1 ж, и).

Устанавливаются щиты могут как на обычных регуляторах (рис.7.1 а, г, ж) или в виде клапанных затворов, вращающихся на горизонтальной оси, расположенной либо вблизи порога сооружения (рис.7.1 б, д, и), либо над каналом (рис.7.1 в, е). Шарнирно соединенные щиты (рис.7.1 и) работают следующим образом: щиты, при понижении расхода от Q_{max} до Q_{min} , поочередно поднимаются с горизонтального положения – сначала верхний (сквозной), а по достижении им вертикального положения – вместе с ним и нижний (сплошной).

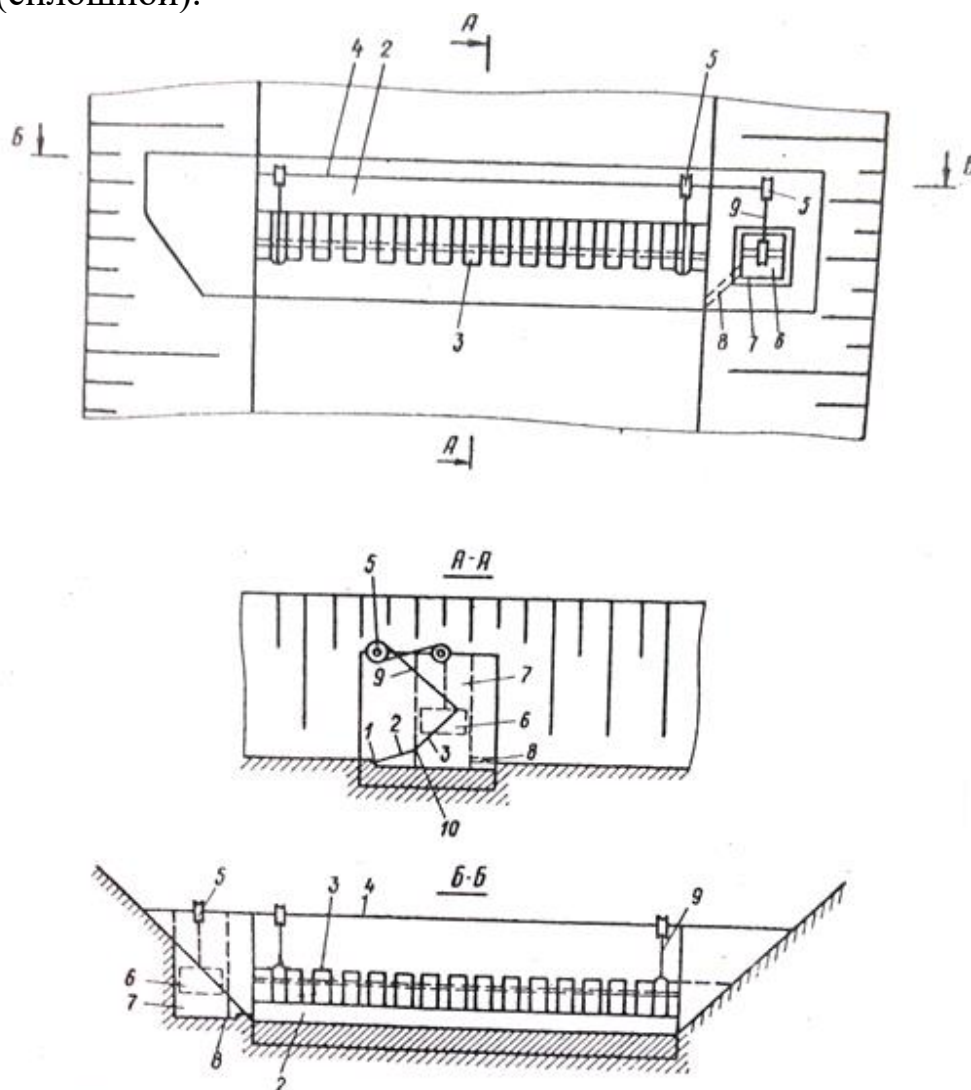


Рис.7.2 Водопроводное сооружение со сквозным щитом гидравлического действия.

При прохождении по каналу максимальных расходов щиты сооружений на рис. 7.1 а, б, в, г, е, ж должны быть подняты над уровнем воды, а щиты на рис. 7.1 б, д, и должны принимать горизонтальное положение и не препятствовать пропуску максимальных расходов воды.

На рис 7.2 (Авторское свидетельство №1033626 СССР. 1979 [12]) приведено водоподпорное сооружение, щит которого выполнен в виде автомата гидравлического действия. Щит имеет горизонтальную ось 1 и состоит из сплошного щита 2, сквозного щита 3, горизонтальной оси 4, блоков 5, трубы 8, троса 9, шарниров 10. Сквозной щит 3 состоит из жёсткой рамы, к которой с некоторыми интервалами присоединены пластины.

Сооружение работает следующим образом. При максимальном расходе воды в канале щиты 2 и 3 укладываются на флотбет. При понижении уровня в канале опускается противовес-поплавок 6, постепенно поднимая щиты сначала сквозной 3, а по достижении им вертикального положения, вместе с ним и сплошного 2. При повышении расхода, щиты 2 и 3 в обратной последовательности опускаются. В результате этого в верхнем бьефе поддерживается постоянный уровень воды.

Работу сооружений можно разделить на два этапа:

а) при расходах воды в канале выше средних в работу включается только сквозной щит 3. Сооружение работает как водоподпорное;

б) при расходах воды в канале ниже средних в работу включается и сплошной щит 2, с помощью которого поток может быть перекрыт полностью. Сооружение работает как перегораживающее.

Возможные схемы водоподпорных сооружений, щиты которых выполнены в виде гидроавтоматов, приведены на рис. 7.3 [147].

На участках каналов, где необходимо полностью перекрыть поток, можно устраивать водоподпорно-перегораживающие сооружения (рис.7.3 в, г). В схеме г щиты расположены так, что сплошная часть одного из них находится против щелей другого. При этом первый щит (по течению) посредством гибкой тяги через блоки соединен с противовесом-поплачком, находящимся в колодце, сообщающемся с нижним бьефом, а второй – консолями с грузом, балансиrom, находящимся в верхнем бьефе. Максимально возможный угол между щитами – 60° .

Приведенные на рис. 7.3 конструкции действуют за счет использования водной энергии потока. При этом щиты в схемах (а, б) и второй щит в схеме (г) реагируют непосредственно на давление воды в верхнем бьефе, которое уравнивается пружинами 4 (схема а), массой щита и груза-балансира (схема б) и массой груза-балансира 1б (схема г).

Поплавок 8 (схема б) фиксирует, щит над каналом при прохождении потока повышенными расходами, при понижении уровня воды ниже заданной отметки поплавок 8 повисает в воздухе, а щит 3, опускаясь, препят-

ствует прохождению потока. Это обеспечивает за счет того, что длина рычагов 6 щита 3 больше длины оси 7 поплавок 8. Щит в схеме (в) и первый по течению щит в схеме (г) приводятся в движение с помощью противовес-поплавков 11, находящихся в нижних бьефах.

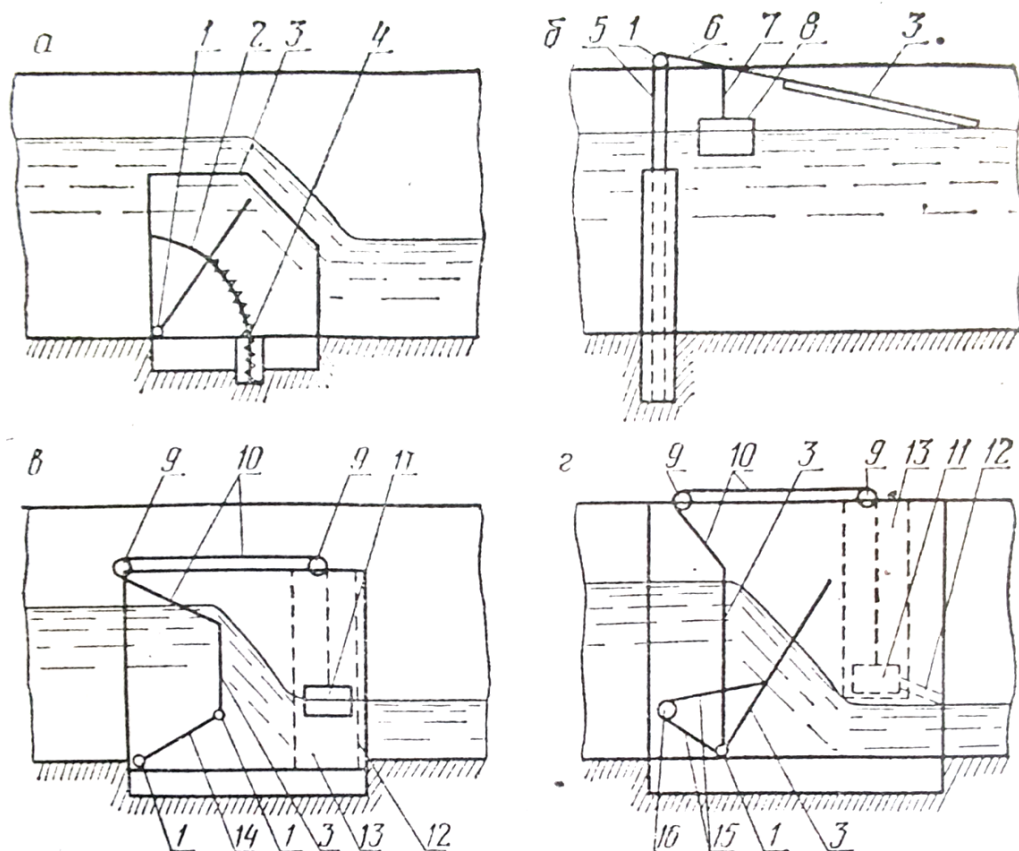


Рис. 7.3 Схемы водопроводных сооружений со сквозными щитами: 1 – ось щита; 2 – направляющая пружина; 3 – щит с прорезями-щелями; 4 – пружина; 5 – опоры; 6 – рычаги; 7 – ось поплавка; 8 – поплавок; 9 – блоки; 10 – трос; 11 – противовес-поплавок; 12 – подпитывающая труба; 13 – колодец; 14 – сплошной щит; 15 – консоли; 16 – груз-балансир.

Конструкция на схеме (в) имеет следующую особенность. При понижении расхода от максимального до нуля в работу включается сначала щелевой щит. Когда он займет вертикальное положение, включается и сплошной щит. В схеме (г) щиты при возрастании расхода от нуля до максимального поочередно опускаются, сначала второй по течению, затем первый.

При повышенных расходах потока щиты во всех конструкциях занимают горизонтальное положение.

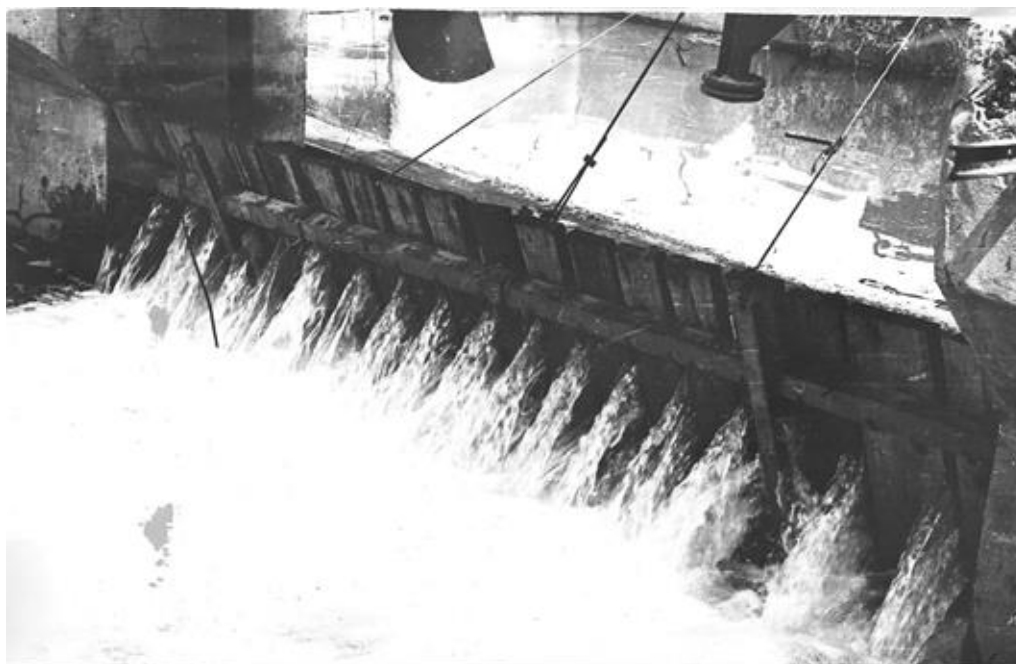
Наличие прорезей-щелей в щитах, предназначенных для пропуска части расхода, в значительной степени улучшает гидравлические параметры потока в нижнем бьефе. Кроме того, поток, проходя сквозь прорези-

щели первого щита и ударяясь в сплошную часть второго щита, существенно теряет свою избыточную энергию.

а)



б)



*Рис.7.4. Водоподпорное сооружение на Краснореченском канале.
а - после установки; б - в работе.*

Для проверки эффективности прорезей – щелей на Краснореченском канале с.р.Чу было построено из досок одно водоподпорное сооружение (рис.7.4), эффективность работы которого приводится ниже.

Этот канал представляет собой водоток в земляном русле, с заложением откосов 0,25, шириной по дну 4 м и уклоном 0,0001. На этом канале было построено водоподпорное сооружение со сквозным щитом, вращающимся вокруг горизонтальной оси, расположенной у порога сооружения.

Ширина щита 4м, высота 1,5м. Изготовлен он был с учетом возможности изменения коэффициента сквозности в пределах от 0,15 до 0,4.

На рис.7.4 показано это сооружение непосредственно после установки (рис.7.4а) и в работе (рис.7.4б).

Проведенные на этом сооружении исследования подтвердили теоретические предпосылки и лабораторные исследования об эффективной способности гашения избыточной энергии потока, проходящего в нижний бьеф, самым сквозным щитом с одновременным поддержанием постоянного уровня воды в верхнем бьефе. Так, длина участка резко изменяющегося движения потока за сквозным щитом сократилась в 3-4 раза, по сравнению со сплошным щитом при равных исходных данных (расход, и др.).

8. ВОДОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

8.1. На лотковых каналах

В республике лотковые каналы имеются во всех областях. Они строились и строятся как в предгорной, так и в равнинной зонах, и в пределах этих зон – они строились и строятся как вдоль, так и поперек горизонталей; лотковые каналы имеют, в основном, внутривоспользовательное и редко – межхозяйственное значение; при строительстве каналов применяются лотки ЛР-40; ЛР-60; ЛР-60 и ЛР-80см с параметрами параболы 0,020м и лотки с высотой ЛР-100см с параметрами параболы 0,35м. Длина лотков составляет 6,0м.

Гидравлические параметры потоков в лотковых каналах характеризуются следующими данными:

- пропускная способность – 0,05-0,7м³/с, редко достигает 1,0 м³/с;
- уклоны лотков – 0,0003-0,0030, иногда достигает 0,050;
- наполнение – 0,30-0,60м;
- скорости течения воды – 0,10-5,0м/с;
- параметр кинетичности потока $F_r=0,01-5,0$.

Иначе говоря, лотковые каналы имеют широкий диапазон применимости, что положительно сказывается на доставке оросительной воды водопотребителям. Однако, такое положение вызывает затруднение при оснащении самих водотоков сетевыми и, в частности, водораспределительными сооружениями. Так, в бытность Союза, для забора воды из лотковых каналов был разработан типовый проект, в соответствии с которым водораспределитель состоял из траншеи и трубчатых отводов, оснащенных во

входе клапанными затворами. При этом водораспределитель имел следующие параметры: ширина траншеи – 0,7-1,1м; длина – 1,0-1,6м; диаметр отводящих труб – 279-368мм; глубина траншеи составляла более 1,0м. Траншейные водораспределители по этому типовому проекту строились массово – ими оснащались и каналы со спокойным, и каналы с бурным и, порою, сверх бурным режимами течения воды.

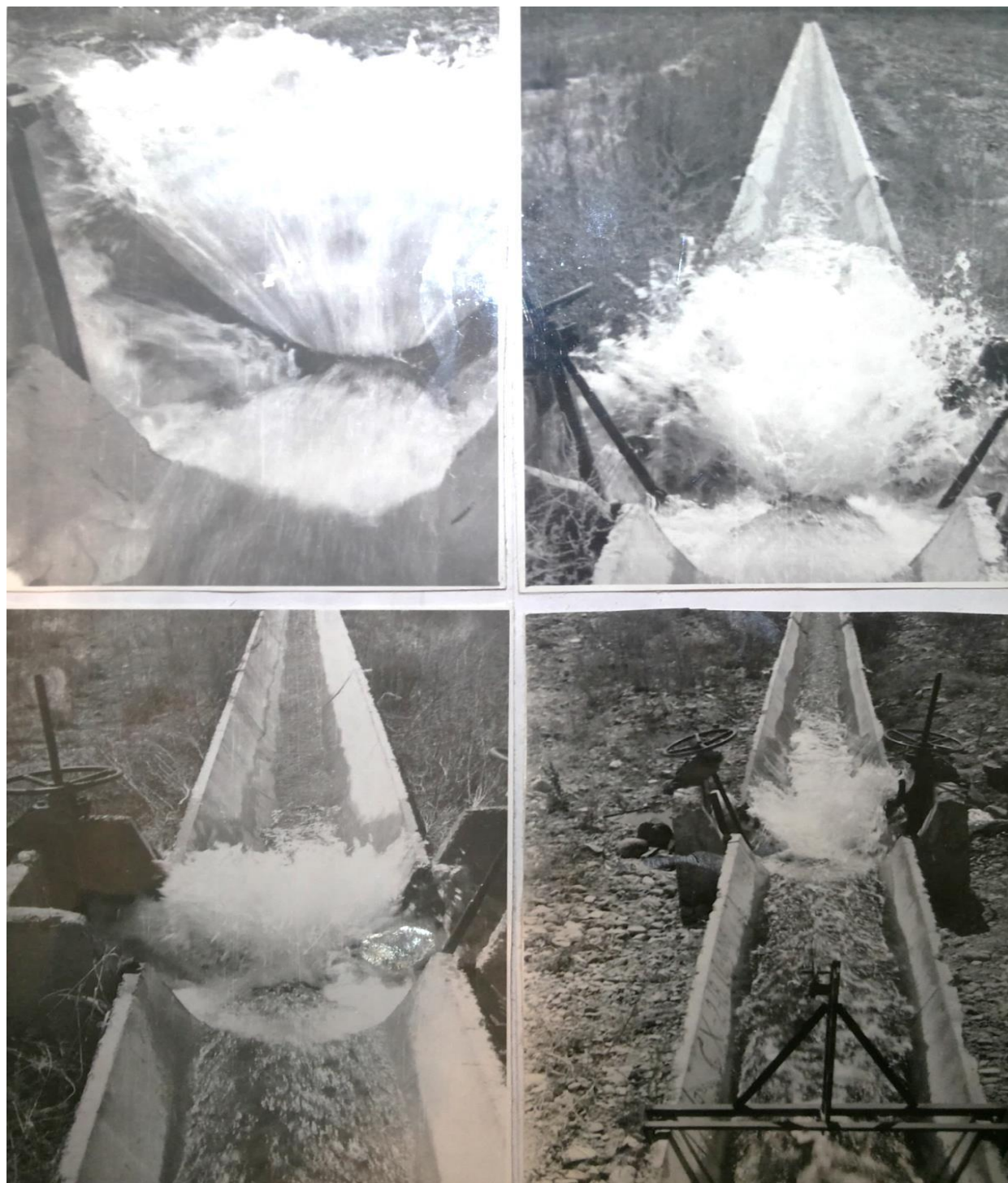


Рис.8.1. Гидравлические режимы работы водораспределителей, построенных на быстротечных лотковых каналах.

Следует отметить, что не учёт особенностей режимов течения воды в лотковых каналах приводил к различным и, порою, негативным результатам. Так, изучение эксплуатационных показателей построенных в республике водораспределителей показало, что [141]:

- работа траншейных водораспределителей характеризуется положительно только на лотковых каналах со спокойным режимом течения воды (при скоростях менее 1,0м/с), так как в этом случае вода поступает в траншею и этим обеспечивается подача необходимого количество воды водопотребителям;

- при размещении водораспределителей на лотковых каналах с бурным и сверх бурным режимами течения воды (при скоростях более 1,0м/с) в пределах этих сооружений появляются ряд нежелательных гидравлических явлений (рис.8.1) как, например, фонтаны водного потока в конце сооружений, выбросы потока воды за борта водотоков, сбойные течения воды в отводящих каналах и др. (изложенное является результатом набегания бурного потока на низовую стенку траншеи водоприемника);

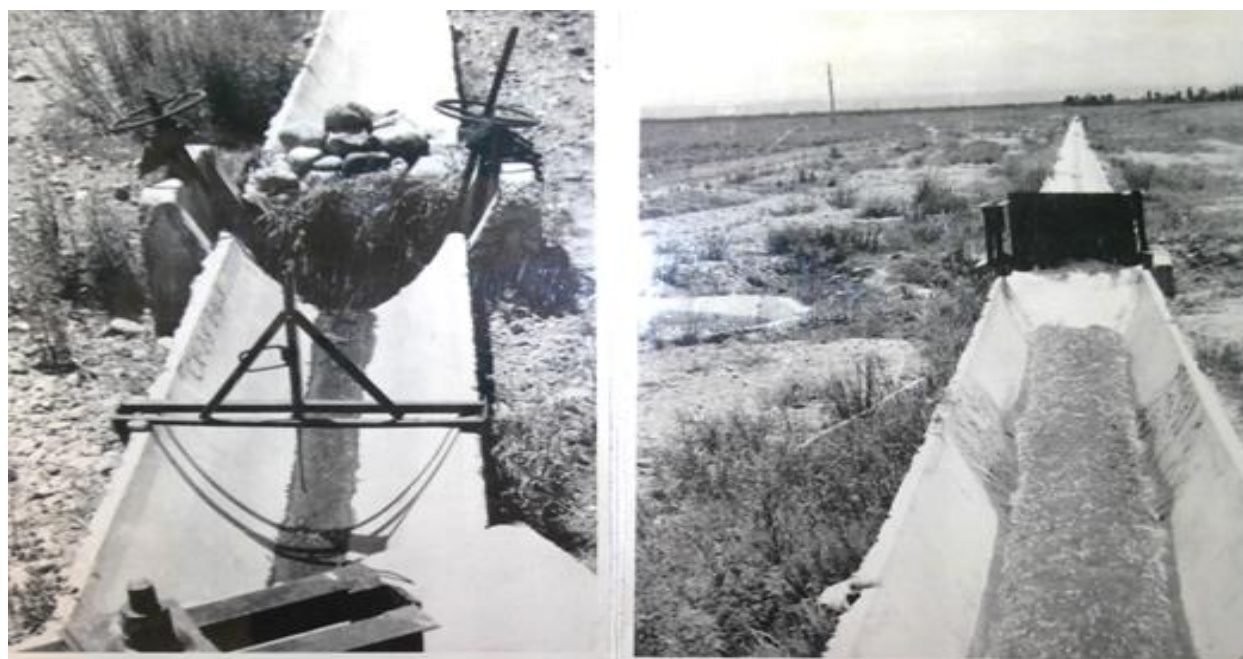


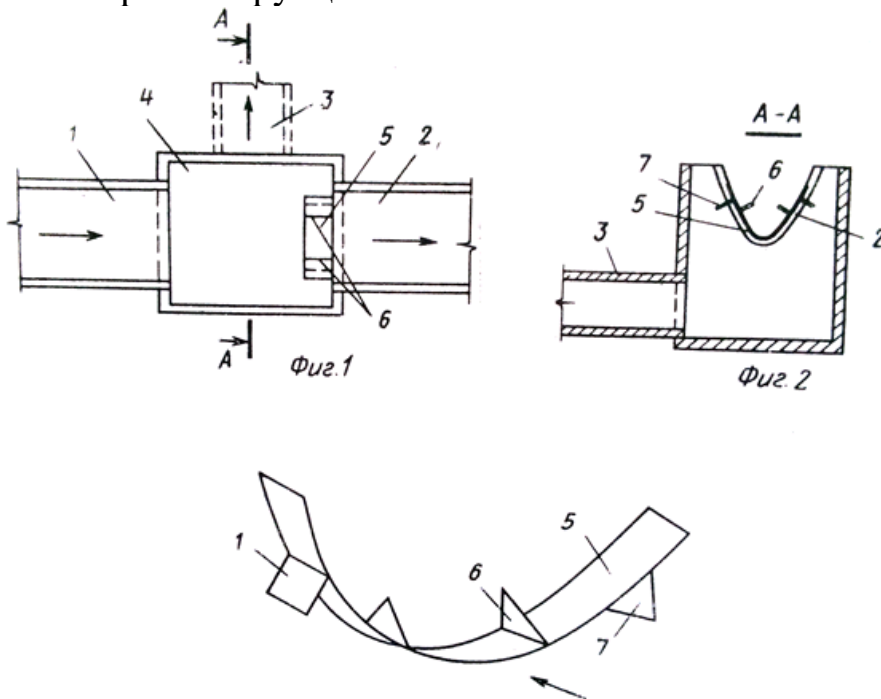
Рис.8.2. Водораспределители с запрудами временного характера.

- самым опасным при траншейном водораспределителе является то, что при бурных и сверх бурных потоков эти сооружения не обеспечивают подачу воды в отводы в требуемом количестве, так как основная ее масса проскакивает через водораспределители, не попадая в траншею водоприемника. В таких случаях для забора воды из лотковых каналов в самих водотоках устраивают временные запруды (рис.8.2), приводящие к большим потерям воды из-за образования выбросов воды через борта сооружений (рис.8.3).



Рис.8.3. Водораспределитель с запрудом временного характера и гидравлический режим его работы.

Изложенные недостатки сооружений и причины их появления подробно отражены в работах [141,142]. Поскольку в республике такие сооружения (имеется в виду на каналах с бурным режимом течения воды) были построены несколько сот, то надо было их работу наладить, не прибегая к существенным их реконструкциям.



*Рис. 8.4. Схема траншейного водораспределителя с козырьком:
1 и 2 – подводящий и транзитный каналы; 3 – отвод; 4 – траншея;
5 – козырек; 6 и 7 – струенаправляющие пластины.*

В целях устранения указанных недостатков траншейного водораспределителя и расширения диапазона его применимости были проведены специальные научные работы, приведшие к разработке ниже описанных сооружений.



Рис.8.5. Водораспределители с козырьками и гидравлические режимы их работы.

Разработанный водораспределитель траншейного типа (рис.8.4) (Авторское свидетельство №522304 СССР. 1976 [8]) состоит из тех же элемен-

тов, имеющих в первоначальной его конструкции, и отличается от нее только тем, что к нижней стенке колодца (на уровне с внутренней плоскостью транзитного канала) устанавливается козырек из листового железа. Ширина козырька, устанавливаемого до половины высоты лотка, составляет 20-30 см в зависимости от уклона и величины отбираемого расхода воды.

Первое испытание данного водораспределителя было осуществлено на лотковой оросительной сети родного села С.И.Ибраимова. Оно показало, что такое незначительное изменение в конструкции траншейного водораспределителя с колодцем-гасителем резко улучшило его работу (рис. 8.5), устранило фонтанирование потока над сооружением и выплескивание воды за борта колодца; достигнут нормальный вход потока в транзитный канал, резко увеличилась и пропускная способность сооружения. в последствии действующие и плохо работающие на указанной оросительной сети водораспределители были оснащены козырьками, наладив тем самым их работу.

Кроме того, водораспределители с козырьком широко применялись в проектных разработках институтов «Киргизгипроводхоз» и «Киргизгипрозем», которыми запроектировано более 1000 таких сооружений, на лотковых каналах Кеминского, Тонского, Иссык-Кульского и других районов республики.

Козырек сам по себе имеет простую конструкцию, дешевый и легко может изготавливаться в мастерских обычного типа. В процессе внедрения пластины б были убраны.

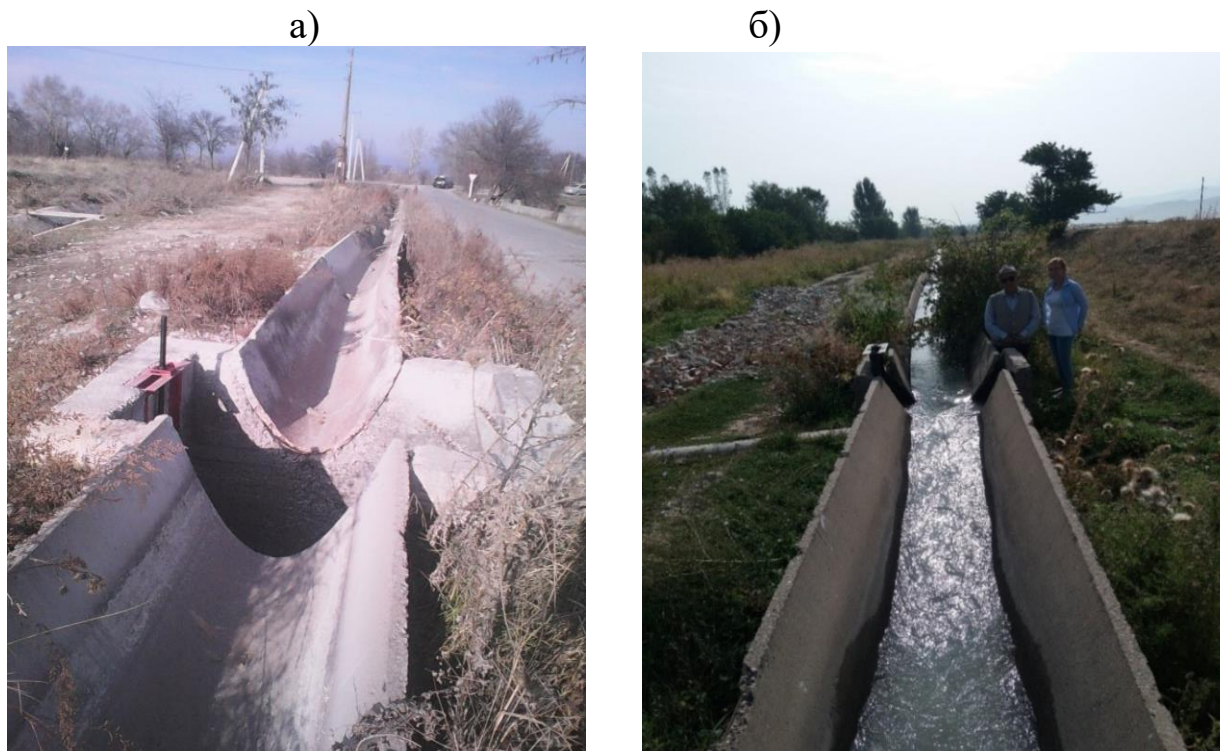
Благодаря козырьку, область применимости водораспределителей траншейного типа значительно расширилась, так как они могут применяться не только на лотковых каналах со спокойным режимом течения, но и бурным.

Однако, у этих водораспределителей имелись и другие недостатки, например, оснащение их клапанными затворами. При попадании в траншею камней и плавающих предметов, эти затворы выходили из строя. Кроме того, при малых параметрах траншеи очистка ее от камней затруднялась. При такой ситуации, по договору с институтом Киргизгипроводхоз [185], работа по совершенствованию конструкций водораспределителя была продолжена. В результате проведенной работы:

- клапанные затворы были заменены на плоские щиты (рис.8.6);
- траншея была выполнена менее глубокой и более широкой.

Данное совершенствование было одобрено заказчиком и принято им к внедрению при проектировании водораспределителей на лотковых кана-

лах оросительных систем. В настоящем данное сооружение продолжает находить дальнейшее применение.



*Рис.8.6. Водораспределители траншейного типа с плоскими затворами.
а – без воды; б – с водой.*

При больших скоростях течения воды эти водораспределители, во избежание нежелательных гидравлических явлений, могут быть оснащены дополнительно и козырьками.

Наконец, еще об одном усовершенствовании. Водораспределители траншейного типа в какой – то мере имеют низкую пропускную способность, имеются определенные трудности при их эксплуатации (например, при очистке траншеи от влекомых наносов) и расходуются ощутимые затраты на их строительство. Все это требовало продолжения поисковой работы, и они привели к необходимости разработки более совершенной их конструкции [13]. В предложенном сооружении (рис. 8.7) (Авторское свидетельство №1025787 СССР. 1983 [13]) колодец-гаситель ранее рассмотренных водораспределителей (глубиной 0,6-1,0 м) был заменен водоприемной галереей, высотой 0,4 м.

В состав разработанного сооружения включен призматический выступ, предназначенный для разделения потока на две части и направления их в отводящие каналы водораспределителя. При одностороннем отводе воды призматический выступ может иметь в плане несколько другой вид.

На рис. 8.7 призматический выступ жестко размещен у задней стенки галереи и расположен в одной плоскости с дном транзитного канала.

Предложенный водораспределитель оснащен плоскими щитами. Принцип действия сооружения основан на делении потоков по вертикали и направления их в отводы без существенного гашения кинетической энергии.

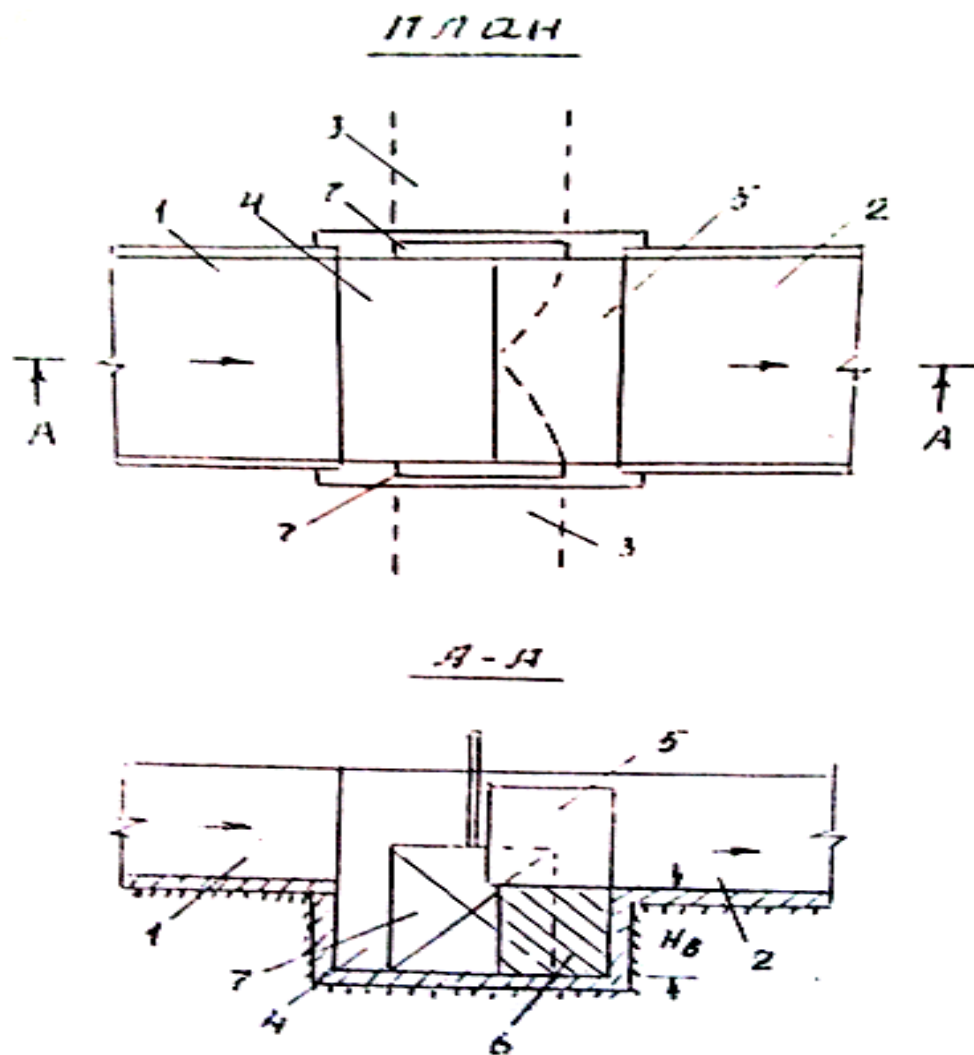


Рис. 8.7. Водораспределитель с донной галереей: 1, 2 и 3 – соответственно подводящий, транзитный и отводящий каналы; 4 – галерея; 5 – козырек; 6 – призматический выступ; 7 – плоский щит.

Проведенные исследования показали, что пропускная способность нового сооружения на 30-50% больше, чем с другим водораспределителем [179]. Кроме того, исследования позволили определить типоразмеры сооружения, в соответствии с которыми впоследствии были разработаны конструкции сборных блоков для промышленного их изготовления (рис.8.8) [55].

В заключение следует отметить, что разработанные водораспределители продолжают находить применение и в настоящем; рекомендации по компоновке, конструированию и гидравлическому их расчету получили отражения в научных отчетах, а также в следующих научных публикациях [8,13,55,141,142 и др.].



Рис.8.8. Новый блок ВС и ДВС для водораспределителей лотковых каналов (на Ленинском полигоне Кен-Булунского ЖБИ).

8.2. На каналах с земляным руслом

В республике основными оросителями для подачи оросительной воды водопотребителям являются межхозяйственные и внутрихозяйственные

каналы в земляном русле, общая протяженность которых составляет порядка.....км. По сравнению с магистральными каналами, они имеют малые размеры и характеризуются низкой пропускной способностью. В свою очередь, внутрихозяйственные каналы отличаются от межхозяйственных каналов с такими же показателями.

Трассы этих каналов проходят как вдоль, так и поперек горизонталей, при этом такое размещение каналов имеет место как в предгорной, так и равнинной зонах.

Параметры этих каналов и гидравлические характеристики потоков в них предварительно характеризуются следующими данными: поперечное сечение каналов – трапецеидальное; ширина по дну $b=0,5-1,5$ м; откосы $m=1,0$; высоты $H_{стр}=0,5-1,0$ м; уклоны $i = 0,0001 - 0,002$; расходы $Q=0.2-1.5$ м³/с, наполнения $H=0,3-0,7$ м; скорости $v = 0.1 - 1.0$ м/с и параметры кинетичности потока $F_r = 0.1 \div 0.5$.

Скорости – неразмываемые. Поэтому, при прохождении трассы каналов поперек горизонталей, во избежание размывов, каналы оснащаются сопрягающими сооружениями – перепадами и быстротоками.

Водоподача водопотребителям осуществляется как при помощи водовыпусков, так и водораспределительных сооружений, оснащенных, в основном, плоскими затворами. Этими затворами осуществляется только регулирование вододачи. Однако, как это вытекает из раздела «затвор-водомер», эти затворы могут выполнить две функции – и регулирование, и учет воды. Эти особенности затворов должна быть полезно использованы специалистами, работающими в области водного хозяйства.

Конструкции и компоновки водовыпусков и водораспределителей, которыми оснащаются каналы в земляном русле, в принципе, известны. Поэтому, не останавливаясь на них, на рис.8.9 приводятся две конструкции сооружения, предназначенные к строительству над сопрягающими сооружениями (последние, как известно, строятся на каналах, трассы которых проходят поперек горизонталей).

К недостаткам существующих сооружений, как известно, относятся:

- возникновение аварийной ситуации при переполнении верхнего бьефа;
- водораспределители не стабилизируют отводимые расходы, вследствие чего производится частая (3-5 раз в сутки) перерегулировка подаваемых расходов воды.

В какой-то мере для устранения этих недостатков были разработаны приведенные на рис. 8.9 конструкции водораспределителей (Авторское свидетельство №1133341 СССР. 1985 [14]), в состав которых вошел полигональный в плане водосброс. Следует отметить, что эти компоновки могут быть приняты за основу при реконструкции или строительстве открытых

регуляторов, совмещенных с сопрягающими сооружениями-быстротоками и перепадами. При разработке этих водораспределителей преследовалась цель – подача в отводы постоянных расходов воды за счет стабилизации ее уровня в верхнем бьефе и как следствие – упрощение эксплуатации самих сооружений. При этом поставленная цель была достигнута благодаря включению в состав сооружений полигонального в плане водосброса.

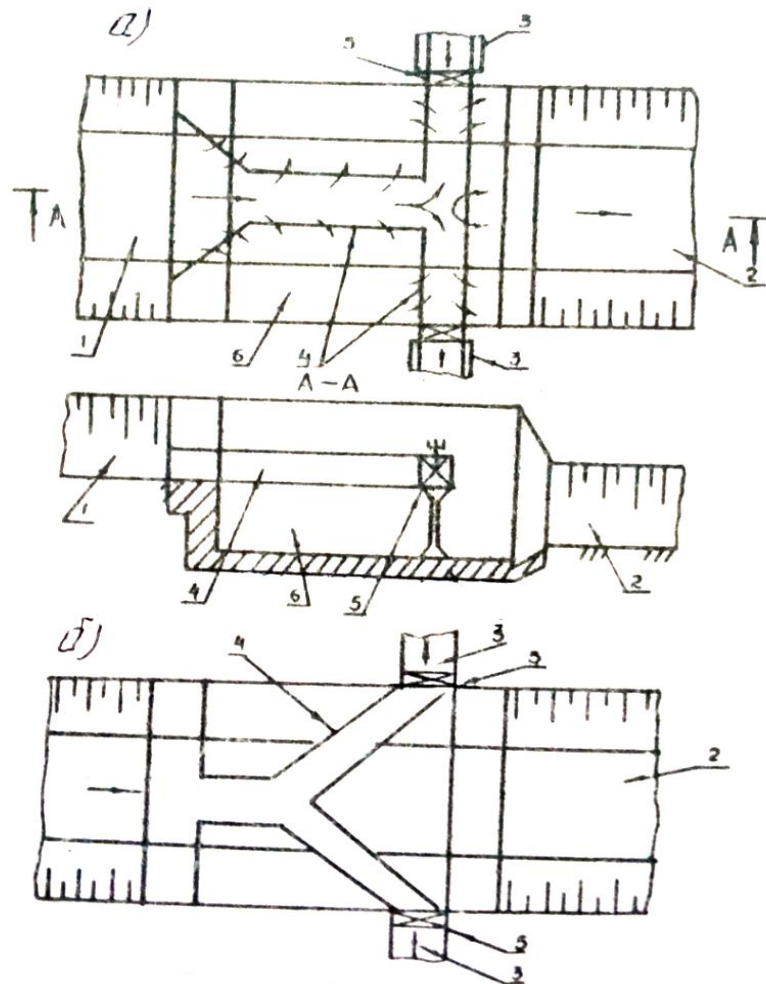


Рис. 8.9. Водораспределители с полигональными в плане водосбросами:
 1, 2, 3 – подводящий, транзитный и отводящий каналы; 4 – лоток;
 5 – щит; 6 – колодец.

В состав водораспределителя, приведенного на рис. 8.9 а, включен т-образный в плане водопроводящий лоток, концы которого подсоединены к подводящему и отводящим каналам. При этом параметры сечения лотка принимаются таким образом, чтобы обеспечить требуемую подачу воды в отводы, излишки сбрасывать через кромки стенок лотка в водоприемный колодец, сопряженный с транзитным каналом. Высота т-образного лотка по всей длине и на ответвлениях принимается одинаковой и равной глубине потока, при которой и полностью открытых затворах обеспечивается подача максимальных расходов воды в отводы. При этом следует стремиться к

тому, чтобы высоту лотка назначить наименьшей, а подачу максимальных расходов в отводы осуществить за счет ширины лотка, т.е. путем его уширения. Дно лотка должно совпадать с дном отводящих каналов.

Благодаря выполнению лотка т-образной в плане формы, водосливной фронт получается довольно длинным и дает возможность сбрасывать излишки воды и тем самым обеспечивает стабилизацию отводимых расходов.

Кроме того, облегчается гидравлическая нагрузка на дно колодца, что положительно повлияет на целостность сооружения.

Рассматриваемый водораспределитель работает следующим образом: вода из канала поступает в лоток, оттуда в его ответвления и из них – в отводящие каналы. При наличии в подводящем канале расхода воды большего, чем требуется в отводящие, излишки воды через кромку стенок лотка сбрасываются в колодец, оттуда – в транзитный канал.

Разработанный водораспределитель имеет ряд преимуществ по сравнению с известными, к числу которых относятся:

- сооружение автоматически обеспечивает постоянство уровня воды перед затворами, расположенными в головной части отводов, и, следовательно, стабилизирует отводимые расходы;

- за счет удлиненного фронта водосброса (через стенки лотка т-образной формы) обеспечивается беспрепятственный сброс повышенных расходов в транзитный канал, что автоматически исключает аварийные ситуации на сооружении;

- компактность водораспределителя за счет того, что колодец располагается под т-образным лотком, а не за сооружением в нижнем бьефе;

- простота и надежность в работе и эксплуатации;

- отсутствие в голове транзитного канала затвора.

На рис.8.9 б приведена другая компоновка водораспределителя, по которой видно, что:

- водопроводящий лоток в плане выполнен в форме буквы К и, благодаря этому, водосброс также имеет большую длину;

- отводящие лотки отводятся от основного канала не под углом 90° , как это имело место на рис. 8.9 а, а меньшим углом, благодаря чему улучшается гидравлика потока в пределах сооружения и повышается его пропускная способность. Это позволит уменьшить габариты водораспределителя.

Для промыва отложившихся в верхнем бьефе рассмотренных сооружений наносов, в пределах системы лотков можно предусмотреть промывное отверстие, перекрываемое плоским щитом или шандорами. Высота этих перегораживающих устройств принимается равной высоте стенок лотков.

Приведенные на рис.8.9 водораспределители предварительно изучены в лабораторных условиях. Проведенные исследования свидетельствуют о том, что нормальная работа сооружений обеспечивается при прохождении потока по водотоку при спокойном режиме течения воды. Эти водораспределители могут найти применение, по всей вероятности, на межхозяйственных и магистральных каналах с земляным руслом.

8.3. На бетонированных каналах

Бетонированные каналы возведены и возводятся не только в горно-предгорной зонах, но и в равнинной зоне; они строились и строятся не только поперек горизонталей, но и вдоль них. Благодаря изложенным, течения воды в них бывает не только бурным, но и спокойным. Бетонированные каналы имеют прямоугольное и трапецеидальное поперечные сечения.

Параметры бетонированных каналов и гидравлические элементы потоков, протекающих по этим водотокам, характеризуются следующими данными:

- при спокойном потоке – указанные параметры аналогичны изложенным применительно к каналам с земляным руслом показателями;

- при бурном потоке – при глубинах 0,2-0,5м скорости течения воды в водотоках составляют 2-7 м/с и более, а число Фруда – 1-5 и более; кроме того, в этих каналах наблюдается частое изменение расходов воды не только в сезонном, но и в суточном разрезе. Интересен тот факт, что в таких каналах глубина воды увеличивается непропорционально возрастаниям расходов воды, что четко проявляется при повышенных уклонах каналов. Для подтверждения изложенного положения на рис. 8.10 приведены данные: ширина канала по дну – 2,0 м; откосы – 1,5, коэффициент шероховатости – 0,014 и уклоны 0,01 и 0,07. Режим течения – равномерный. Основываясь на них, пропускная способность канала определена обычным гидравлическим расчетом. На рис. 8.10а приведены графики зависимости $Q=f(H)$ при принятых двух уклонах дна канала, на рис. 8.10 б – графики $\Delta Q=f(\Delta H)$ при уклонах 0,01 и 0,07.

К необычности данных рис. 8.10 б относится непропорциональное изменение ΔH при пропорциональном возрастании расхода ΔQ , например, на 1 м³/с. В частности, данные приведенного рисунка свидетельствуют о том, что:

- увеличение глубины потока при минимальных расходах воды происходит по криволинейной зависимости, при повышенных – по прямолинейной;

- при прямолинейной зависимости возрастание расхода воды на $1 \text{ м}^3/\text{с}$ дает увеличение глубины потока всего на 3-2 см, тогда как при криволинейной зависимости – 13-7 см.

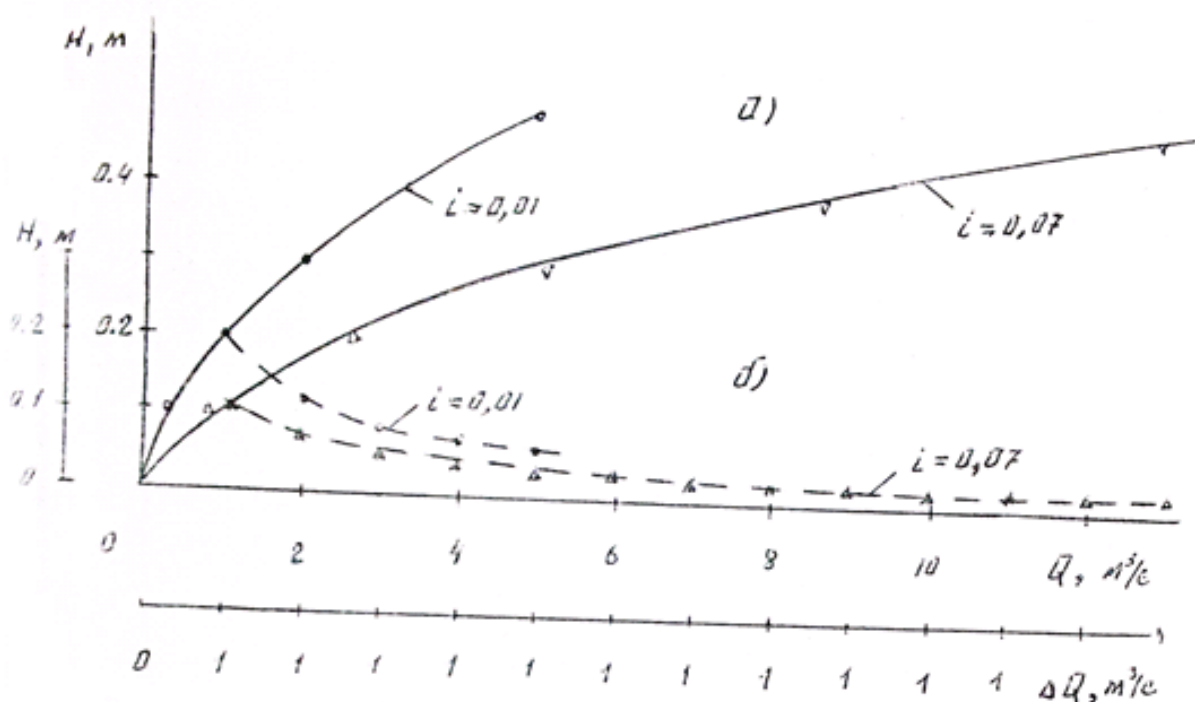


Рис 8.10. Зависимости $Q=f(H)$ (график а) и $\Delta Q=f(\Delta H)$ (график б).

Иначе говоря, повышенные расходы воды в быстротечных каналах не дают значительное увеличение глубины потока, что должно учитываться при проектировании не только самих водотоков, но и сетевых, в частности, водораспределительных сооружений.

Другими словами, водораспределительные сооружения, построенные на каналах с бурным режимом течения воды, могут выполнить функцию стабилизаторов отводимого расхода воды.

При разработке новых конструкций водораспределителей или совершенствовании существующих, к ним предъявляются различные требования, к числу основных из которых относятся следующие:

- принимаемые формы сооружений не должны нарушать форму основного канала и вместе с нею – режим бурного потока, протекающего по этому водотоку;
- сооружения должны иметь достаточно высокую пропускную способность, небольшие габариты и быть экономичными;
- они должны быть конструктивно простыми, удобными и безопасными в эксплуатации;
- сооружениями должна обеспечиваться требуемая водоподача в отводы независимо от изменения уровней воды в быстротечном канале;

- будет хорошо, если сооружения выполняют и функцию стабилизаторов отводимого расхода воды.

Известно, что первоначально на быстротечных каналах строились в основном водораспределители с колодцем-гасителем для гашения кинетической энергии забираемого потока. Эти сооружения имеют ряд недостатков [144], главными из которых являются:

- присущие им большие геометрические размеры и, следовательно, большая стоимость их строительства;

- необходимость в частой перерегулировке отводимого расхода, так как не обладают свойством стабилизации отводимого расхода воды.

При этом если эти водораспределители приемлемы, например, к магистральным каналам (таких как «Туш» и др.), то они неприемлемы к межхозяйственным каналам.

Анализ существующих конструкций водораспределителей показал, что наиболее перспективными со строительной и эксплуатационной точек зрения являются водораспределители траншейного типа, одновременно выполняющие и функцию стабилизатора отводимого расхода воды.

К такому сооружению относится водовыпуск, приведенный на рис. 8.11 (Авторское свидетельство №502082 СССР. 1976 [7]).

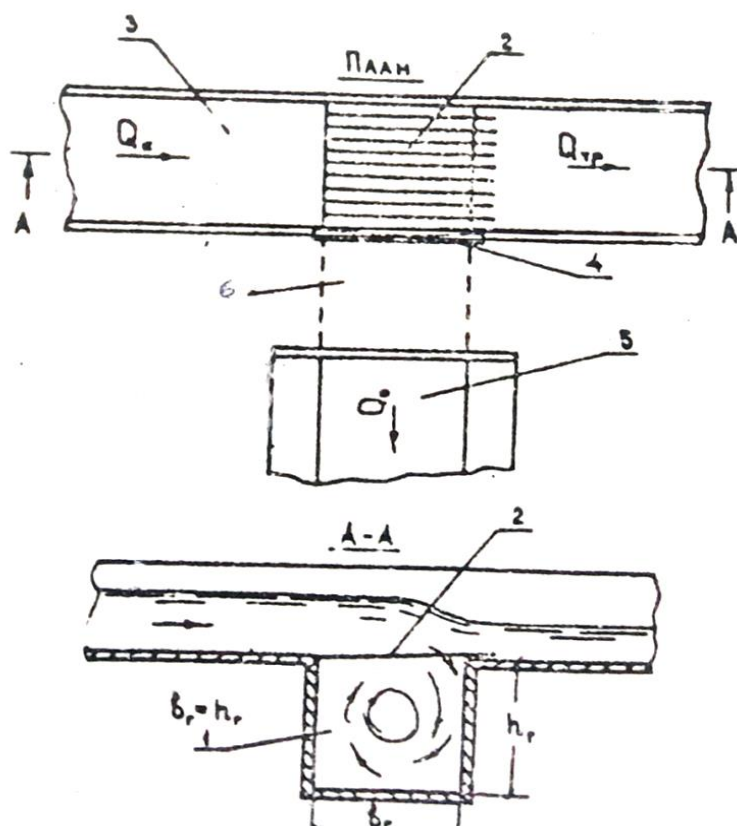


Рис. 8.11. Водовыпуск с квадратной водоприемной галереей:
1 – водопроводная галерея; 2 – виброрешетка; 3 – подводящий канал;
4 – затвор; 5 – отвод; 6 – труба; 7 – козырек.

Этот водовыпуск является разновидностью сооружений донного типа и отличается от них тем, что водоприемная галерея имеет форму квадрата по всей длине; в конце галереи предусмотрен щит, при этом для устранения выплескивания воды из галереи на уровне транзитного канала предусмотрен козырек. Это сооружение, как показали обширные лабораторные и натурные исследования, стабилизирует отводимые расходы при уклонах канала, больших 0,01 [39, 40, 41].

В целях подтверждения того, что сооружения с квадратной водоприемной галереей стабилизирует отводимые расходы, на рис.8.12 приведены данные режимов работы водовыпуска на Левобережном магистральном канале (уклон 0,025) с.р. Кегеты.

На этом рисунке: по оси ординат показано изменение уровней воды в старшем и отводящем каналах, по оси абсцисс – время (продолжительность) наблюдений в часах.

Из данных рис. 8.12 следует, что сооружение стабилизирует отводимые расходы, причем погрешность стабилизации составляет менее 5%.

Водовыпуск с квадратной водоприемной галереей успешно внедрялся на оросительных каналах Кыргызстана.

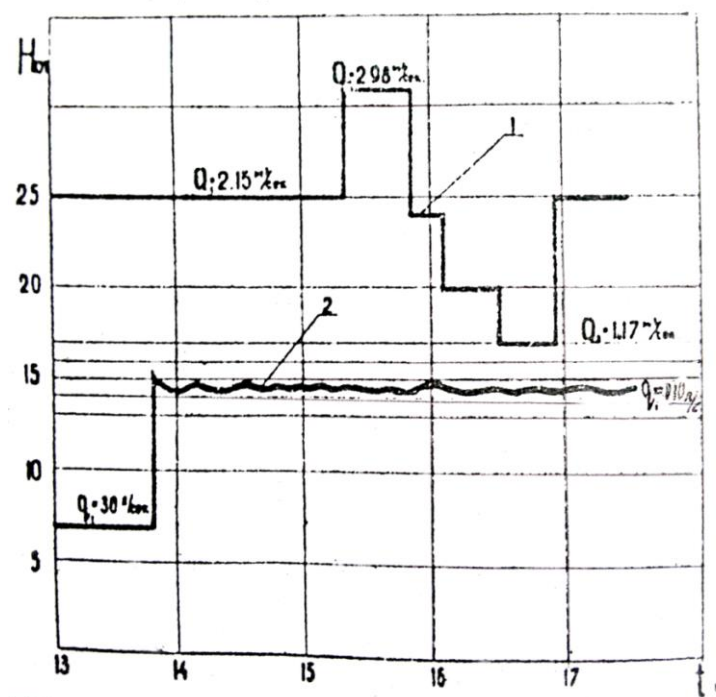


Рис. 8.12. Диаграммы изменения уровней воды в Левобережном канале с.р. Кегеты (1) и его отводе (2) [39].

Так, общее количество сооружений, запроектированных институтами «Киргизгипроводхоз» и «Киргизгипрозем», а также Северной проектной группой ММВХ Кирг.ССР и другими проектными организациями, только к началу 1983 года составил более 80, из которых построены более 70 [41];

водовыпуск построен на каналах Дён (рис.8.13) и Калмак с.р.Кегеты, Новый с.р.Шамси, Джеламыш с.р.Джеламыш, Туш с.р.Алаарча и др.

Следует отметить, что данное сооружение внедрялось и в дальнейшем на других оросительных системах Кыргызстана, чему способствовало то, что были разработаны:

- Методические указания по проектированию водовыпуска – стабилизатора расхода на каналах с уклоном больше критического (утверждены Минводхозом Кирг.ССР №1280 от 24 апреля 1981г) [82];

- Альбом повторного применения, который был разработан институтом «Киргизгипроводхоз», при этом сооружение используется в основном для забора до $1,0\text{м}^3/\text{с}$ воды.



Рис.8.13. Водораспределитель – стабилизатор расхода воды (с квадратной водоприемной галереей) на канале Дён с.р.Кегеты.

При необходимости, водовыпуск с квадратной водоприемной галереей может быть построен и на каналах со спокойным режимом течения воды. Такой водовыпуск приведен на рис.8.14 (Авторское свидетельство №1701817 СССР [18]). Это сооружение разработано применительно к сельскохозяйственным каналам, проходящим по косогору, а также каналам, проходящим в основном в насыпи, так как они имеют хорошее командование.

В указанном водовыпуске затвор установлен в подводящем канале перед водоприемной галереей в створе верхней ее стенки. Такое расположение щита позволяет обеспечить стабилизацию отводимого расхода при заборе воды из каналов со спокойным режимом течения благодаря тому, что:

- при истечении из-под щита поток принимает бурный режим течения;

- при протекании бурного потока поверх квадратной водоприемной галереи, в последней образуется винтовое движение с необходимой интенсивностью для стабилизации отводимого расхода.

Иначе говоря, благодаря затвору, установленному перед квадратной водоприемной галереей, последняя выполняет функцию стабилизатора отводимого расхода воды на каналах со спокойным режимом течения воды.

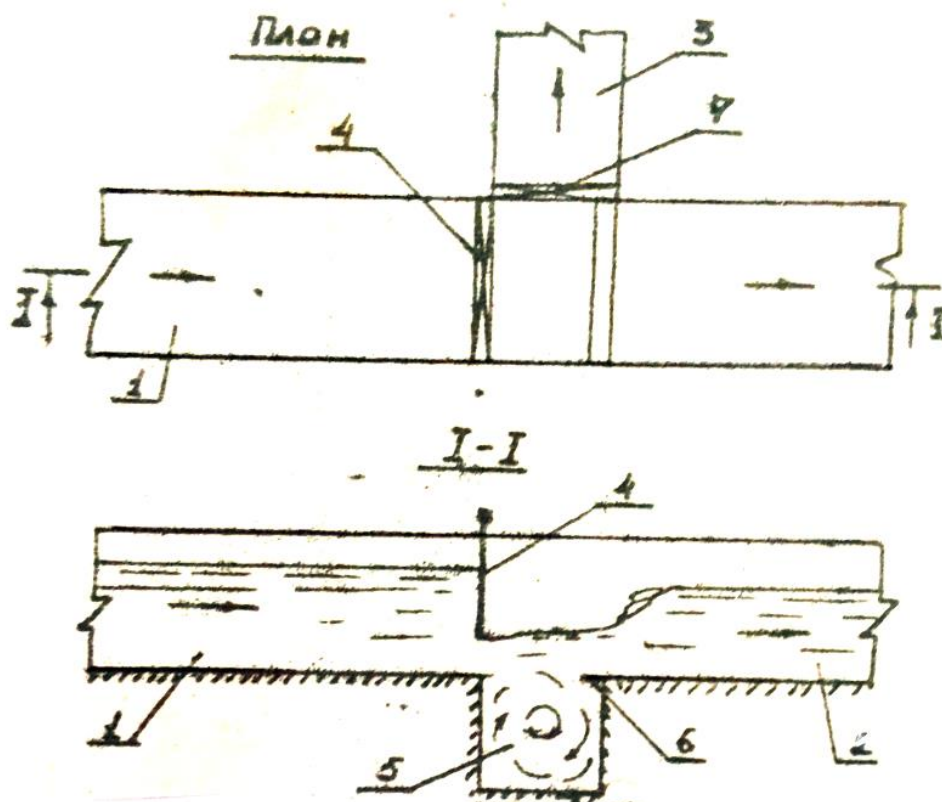


Рис. 8.14. Схема водовыпуска для каналов со спокойным режимом течения воды: 1, 2 и 3 – подводящий, транзитный и отводящий каналы; 4 – затвор; 5 – квадратная водоприемная галерея; 6 – козырек; 7-щит.

Скорость течения воды из-под затвора может определяться как

$$v = \sqrt{2gH}, \quad (8.1)$$

где H - напор воды, при этом чем больше величина H , тем лучше стабилизируется отводимый расход воды.

Водовыпуск с квадратной водоприемной галереей, как это было отмечено ранее, применяется для забора до $1,0\text{ м}^3/\text{с}$ воды. Однако, на практике, приходится осуществлять забор и свыше $1,0\text{ м}^3/\text{с}$ воды. В таких случаях для повышения пропускной способности приведенного на рис. 8.11 водовыпуска и аналогичных ему сооружений (рис.8.14), предложен водовыпуск с отражателем рис. 8.15 а (Авторское свидетельство №1028769 СССР 1983

[11]), водоприемная галерея которого может иметь квадратную или прямоугольную форму поперечного сечения. Разновидность этого водовыпуска приведена на рис. 8.15б.

Сопряжение подводящего канала с водоприемной галереей осуществляется при помощи отражателя, выполненного в виде откоса (рис.8.15 б) или клапана с горизонтальной осью вращения (рис.8.15 а). Угол наклона отражателя, устраняющего винтовое движение потока с горизонтальной осью вращения, определяется из условия образования вакуума в головной части сооружения. Отводящий расход регулируется на схеме (рис.8.15 б) – плоским затвором, установленным в конце галереи, а на рис. 8.15 а – клапанным затвором.

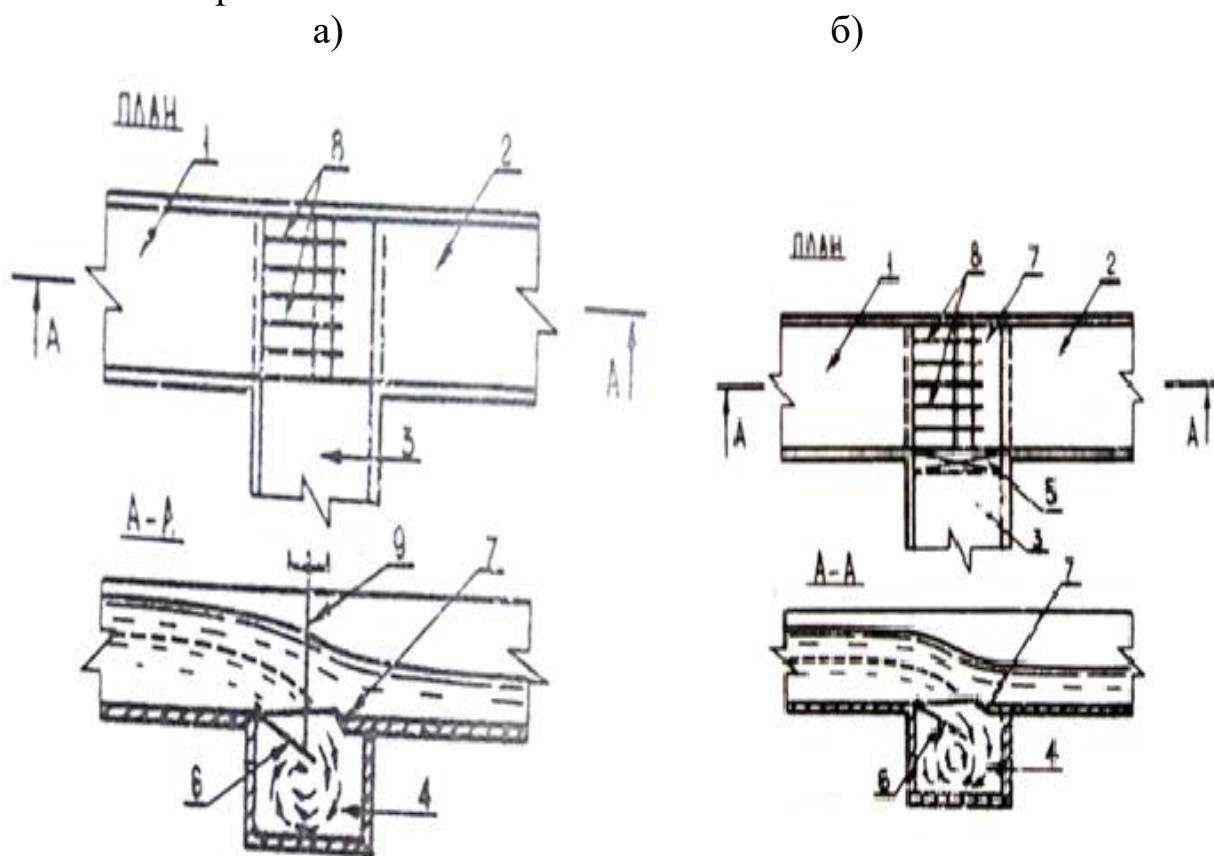


Рис. 8.15. Схемы водовыпусков с отражателем: 1, 2 и 3 – подводящий и отводящий каналы; 4 – водоприемная галерея; 5 – затвор; 6 – отражатель; 7 – козырек; 8 – защитная виброрешетка; 9 – подъемное устройство.

Козырек, жестко прикрепленный к низовой стенке галереи, устраняет выплескивание воды (это нежелательное гидравлическое явление наблюдается при отсутствии козырька) за борта сооружения, чем улучшает его эксплуатацию. Отражатель (рис.8.15 а), шарнирно прикрепленный к верхней стенке галереи, выполняет две функции:

- устраняет винтовое движение потока в водоприемной галерее с горизонтальной осью вращения;

- создает необходимое условие для образования в верхней части водовыпуска вакуума, благодаря которому происходит прилипание потока к верхней плоскости затвора, что приводит к значительному увеличению пропускной способности сооружения.

Водовыпуск, приведенный на рис. 8.15 б, отличается от первоначального (рис. 8.15 а) тем, что отражатель под определенным оптимальным φ закреплен стационарно к кромке верхней стенки сооружения. Затвор установлен в конце водоприемной галереи. При оптимальном угле φ наблюдается безотрывное течение потока от верхней плоскости отражателя и осуществляется максимальный отбор воды в галерею.

В целях проверки эффективности предложенных технических решений были проведены специальные лабораторные исследования, при которых изучалась пропускная способность следующих водовыпусков:

- а) прорезь в дне канала [176];
- б) водовыпуск с квадратной водоприемной галереей [7];
- в) водовыпуск с установленной у верхней стенки галереи горизонтальной полкой [24];
- г) водовыпуск, то же с Г-образной полкой [177];
- д) водовыпуск с отражателем [11].

Результаты исследований, обработанные в виде графика $Q=f(Q)$, приведены на рис. 8.16, из которого следует целесообразность внедрения водовыпуска с отражателем (рис. 8.15), так как этот вид сооружения характеризуется повышенной пропускной способностью. Следует отметить, что экспериментальные сооружения построены на каналах с.р. Кызыл-Суу в республике. Построенные сооружения в настоящее время работают нормально, обеспечивая требуемую подачу воды.

Водовыпуск с отражателем (рис. 8.15), хотя и характеризуется некоторой повышенной пропускной способностью (рис. 8.16), имеет низкий коэффициент расхода – 0,35, что является следствием сильной аэрации водного потока и гашением кинетической его энергии в водоприемной галерее при помощи отражателя. В связи с этим вопрос о повышении пропускной способности донных водовыпусков, применяемых на быстротечных каналах, оставался актуальным.

Поскольку к числу основных элементов водовыпусков относятся водоприемная галерея, водопроводящий тракт, щитовое отверстие и другие элементы, то задача повышения пропускной способности сооружений должна решаться путем совершенствования конструкций и назначения оптимальных параметров этих элементов с тем, чтобы обеспечить забор воды из каналов без существенного гашения кинетической энергии отводимого расхода воды.

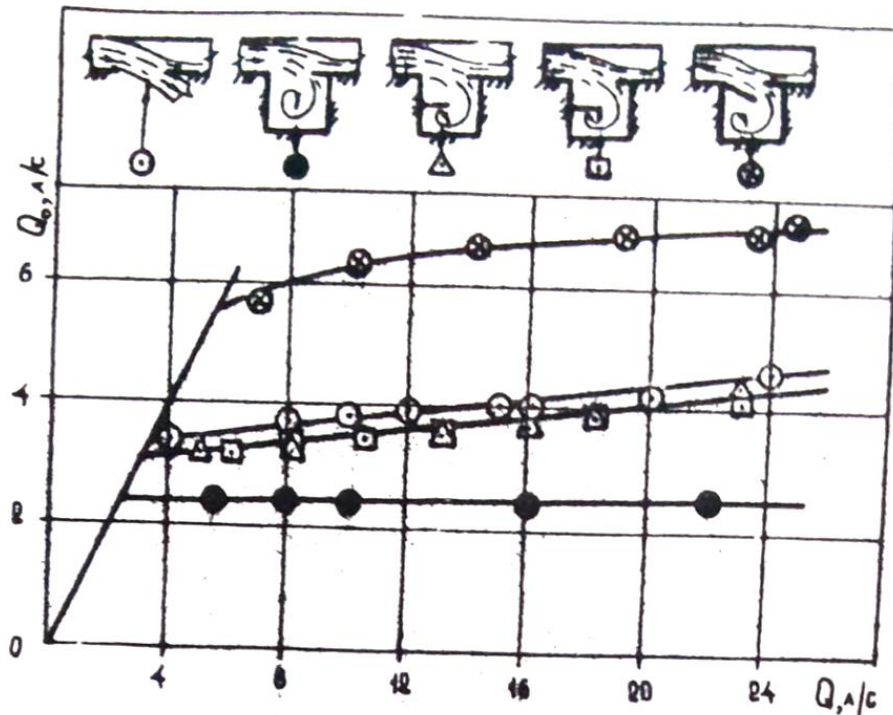


Рис. 8.16. Графики сравнения пропускной способности различных водовыпусков:

- – прорез в дне канала; ● – водовыпуск с квадратной водоприемной галереей; Δ – то же в строенной в верхнюю стенку галереи горизонтальной полкой; □ – то же с Г-образной полкой; θ – то же с отражением.

Изложенное требование, прежде всего, относится к входному оголовку водовыпуска, так как он входит в состав основных элементов сооружения, влияющих на его пропускную способность.

Как показали исследования водовыпуска с отражателем (рис.8.15 и 8.16), входной оголовок должен быть выполнен в виде скоса, с определенным оптимальным углом наклона φ , так как при нем наблюдается максимальное поступление воды в отвод.

Изложенное требование относится также и к водоприемной галерее, так как именно в ней и происходит практически полное гашение кинетической энергии отводимого потока. Опыт строительства водных объектов свидетельствует, что пропускная их способность возрастает с переходом бокового водозабора на фронтальный и отводом воды по водопроводящему тракту, в плане выполненному в виде плавного изгиба. Эти технические решения были использованы при разработке щелевого водовыпуска, приведенного на рис. 8.17 (Положительное решение на выдачу патента по

заявке №3459314/29-05 СССР [90]), который является разновидностью водовыпуска траншейного типа.

Однако, он выгодно отличается от них тем, что водопроводящая часть выполнена не в виде глубокой траншеи, а в виде узкой щели. Этим повышается не только пропускная способность сооружения, но улучшается и командование канала над отводом.

Водопроводящая щель размещена под облицовкой транзитного канала и в плане напоминает закругленное колено, сужаемое по ширине в сторону по течению потока в отвод. Внешняя сторона щели выполнена в виде сектора с радиусом, соответствующим длине водоприемного отверстия, а внутренняя, имеющая в плане прямоугольное отверстие, совмещена со стенкой до водовыпускного отверстия, перекрываемого вертикально установленным затвором.

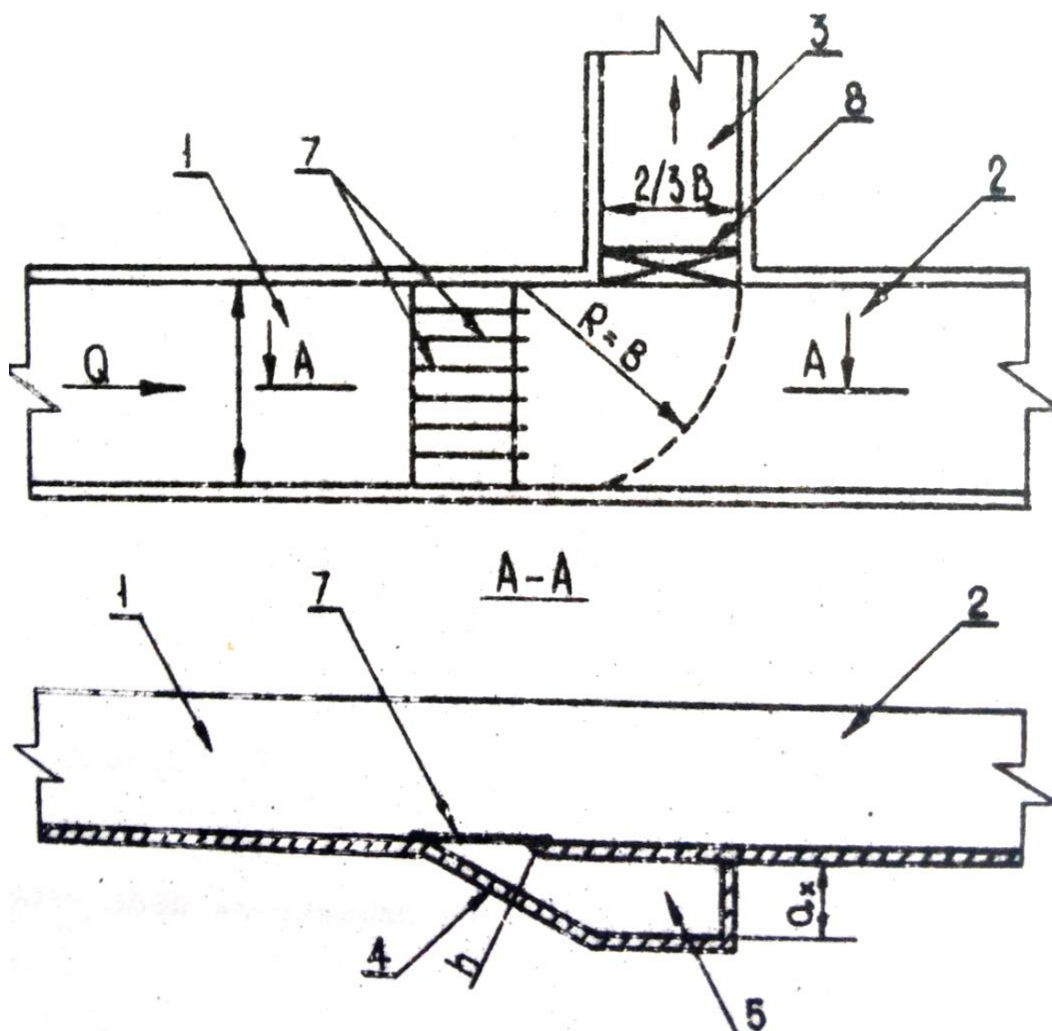


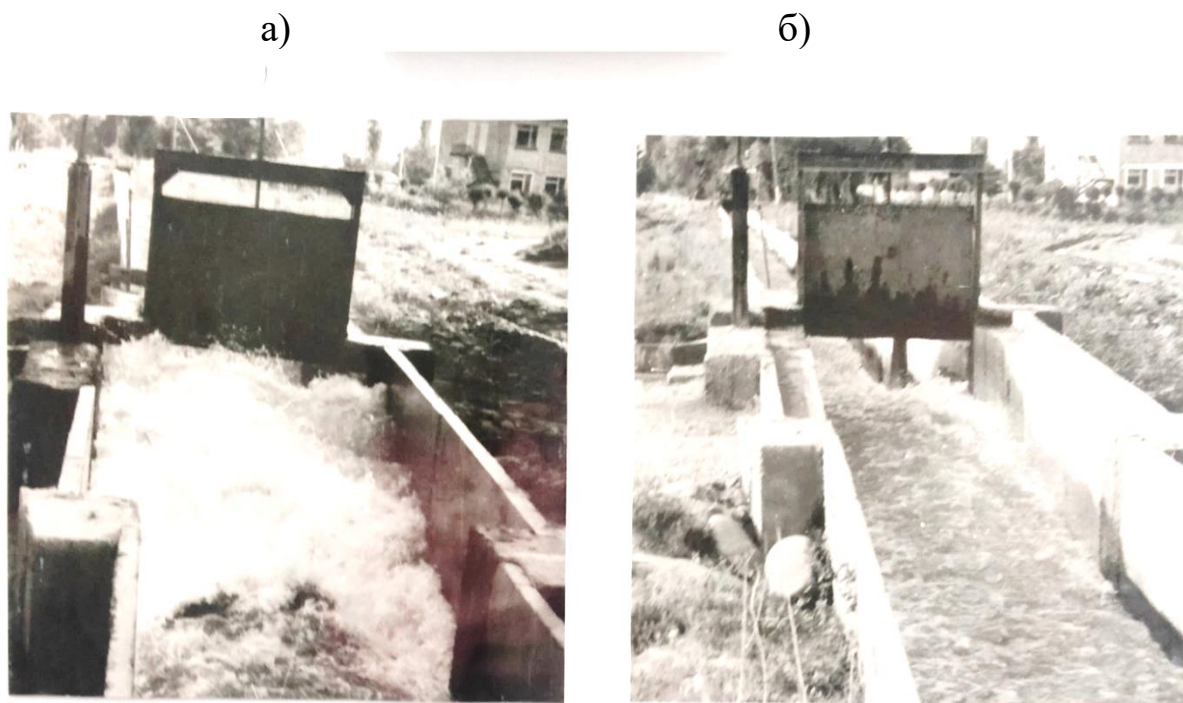
Рис.8.17. Щелевой водовыпуск.

1,2 и 3-подводящий, транзитный и отводящий каналы; 4-водоприемный оголовок; 5-водопроводящий тракт – щель; 6-затвор; 7-вибрирующая решетка.

Щелевой водовыпуск работает следующим образом: при поднятом затворе вода, проходя через решетку 7 и водоприемное отверстие, попадает в область входного оголовка 4, где под действием атмосферного давления (за уступом имеется вакуум), поток прижимается (прилипает) к наклонной плоскости дна и, стекая с нее, устремляется в водопроводящую щель 5. Не встречая здесь препятствий, гасящих кинетическую энергию, поток поступает в отводящий канал.

Исследования показали, что пропускная способность щелевого водовыпуска в 2-3 раза выше, чем пропускная способность сооружения с квадратной водоприемной галереей.

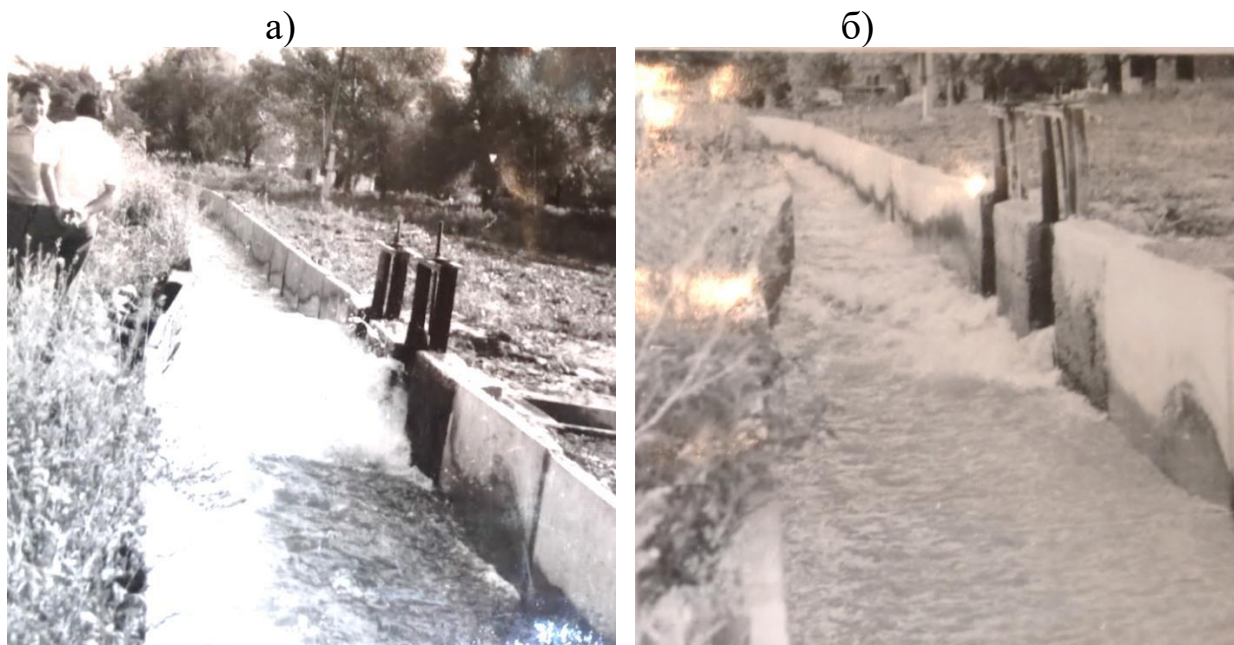
Работоспособность щелевого водовыпуска проверена в производственных условиях на канале Чечей с.р. Кызыл-Суу путем реконструкции 2-х существующих сооружений (рис.8.18 и 8.19).



*Рис. 8.18. Водовыпуск на канале Чечей с.р. Кызыл-Суу:
а) до реконструкции – с колодцем гасителем;
б) после реконструкции – щелевой водовыпуск.*

Результаты работы построенных водовыпусков – положительные (рис.8.18б и 8.19б), улучшена гидравлика сооружений, резко повысилась их пропускная способность, не заваливаются камнями.

Следует отметить, что разработанные водовыпуски построены в 1984-1987гг. на каналах Калмак с.р. Кегеты, Чечей с.р Кызыл-Суу, Джантай с.р. Сокулук, Джыламыш с.р. Джыламыш в Чуйской долине и «Чолок» с.р. Беш-Таш в Таласской долине, всего в количестве 9шт.



*Рис.8.19. Водораспределительный узел на канале Чечей с.р.Кызыл-Суу.
 а) до реконструкции-с колодез-гасителем; (На левом берегу – С.Сатаркулов и А.Акимжанов обсуждают вопросы размещения на этом объекте новых конструкций водораспределительных сооружений);
 б) после реконструкции-с щелевым водовыпуском (первый отвод) и водовыпуском с отражателем (второй отвод).*

При этом водовыпуск на канале «Чолок» с.р. Беш-Таш считается опытным образцом щелевого водовыпуска, который запроектирован в 1986 году институтом «Киргизгипроводхоз» в соответствии с Техническим заданием, выданным Главкиргизводстроем Минводхоза СССР. После строительства объекта, состоялась его приемка. В приемке опытного образца щелевого водовыпуска, построенного на канале «Чолок» с.р. Беш-Таш (Акт утвержден зам.начальником Главкиргизводстроя Тимофеевым Ю.А.) отмечено следующее: ведомственная приемная комиссия в составе: председателя Усекеева А.И. – управляющего трестом «Таласводострой» и членами комиссии:

- Ажибеков К.А. – главный инженер треста «Таласводстрой»,
- Сатимкулов С.С. – начальник Таласского об. ПУОС,
- Жолоб А.Н. – начальник Таласского УОС,
- Комиссаров Г.А. – начальник Беш-Ташского гидроучастка Таласского УОС,
- Долгов Г.Н. – ГИП института «Киргизгипроводхоз»,
- Сатаркулов С.С. – зав.отделом ВНИИКАмелиорация,
- Акимжанов А.А. – ст.научный сотрудник ВНИИКА мелиорация,

назначенная распоряжением по Главкиргизводстрою Минводхоза СССР № 158р от 14.09.1987г., на основании протокола проверки работоспособности опытного образца щелевого водовыпуска, построенного на канале «Чолок» с.р.Беш-Таш, считает предъявленную продукцию выдержавшей приемочные испытания (проверки).

Предлагается: запроектировать и построить 7-10 сооружений для полного изучения эксплуатационных показателей щелевого водовыпуска в различных (расходных) условиях.

Выдержка из протокола проверки работоспособности опытного образца щелевого водовыпуска, построенного на канале «Чолок» с.р.Беш-Таш: «Щелевой водовыпуск не отличается сложностью в эксплуатации, ... работа щелевого водовыпуска отвечает предъявляемым к нему требованиям и оценивается положительной».

Щелевые водовыпуски построены и на каналах Жантай с.р. Сокулук и Жыламыш с.р. Жыламыш и др.

К началу 1989г количество внедренных в Кыргызстане сооружений составило 9шт. Кроме того, были разработаны рабочие чертежи сооружений для строительства в проектах реконструкции оросительных сетей Кыргызстана: институтом «Киргизгипроводхоз» (5 сооружений); ПКТИ «Водоавтоматика и метрология» (4 сооружения); проектной конторой «Киргизводпроект» и ее Ошским филиалом (20 сооружений), всего 20 сооружений [24].

На разработанные сооружения – водовыпуск с отражателем и щелевой водовыпуск разработаны рекомендации по компоновке, конструированию, гидравлическому расчету пропускной их способности [24,25,27,132], что облегчает их внедрению в производство. По не официальным данным, эти водовыпуски продолжают внедряться и ныне.

9. ВОДОМЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

9.1. Постановка вопроса

В условиях аридной зоны, к категории которой относится и территория республики, важное значение приобретает рациональное использование водных ресурсов. Они становятся материальными ценностями, а поэтому требуют бережного к ним отношения и экономного их использования. Указанные задачи не могут быть решены без объективного и оперативного водоучета, а также, если это потребуется, без совершенствования существующей его системы.

Введенная в республике система платного водопользования требует организации учета воды на основе применения водомерных сооружений, отвечающих метрологическим требованиям. При этом могут применяться

как коммерческие, так и технологические (балансовые) средства измерения расходов воды.

Для учета водных ресурсов на открытых оросительных водотоках разработано множество средств учета воды, однако, как показывает практика их применения [135], многие из них не отвечают основным требованиям водопользователей (в том числе дехкан и др.) – на них нельзя определять расходы воды путем измерения скоростей потоков при помощи скоростных приборов (гидрометрических вертушек и др.). Всем возможным другим способом определения расходов воды, например, расчётным формулам и др., они не верят. При такой ситуации приходится устранять недостатки существующих конструкций водомерных сооружений или создавать новые их конструкции и компоновки, чтобы на их основе осуществлять измерение подаваемых водопотребителям расходов воды. Такие работы проводились несколько десятилетий, ниже вкратце приводятся основные их результаты.

9.2. Сооружения типа «фиксированное русло»

В республике этот тип водомера получил массовое применение, при этом он применяется как на каналах с трапецеидальным и прямоугольным поперечными сечениями, так и на лотковых каналах параболического сечения. Он применяется как на каналах со спокойным режимом течения воды, так и на быстротечных каналах. На этот тип водомеров разработаны нормативные документы (МВИ 05-90, МВН 33-4755559-09-91), которые используются при проектировании, строительстве и эксплуатации сооружений. В соответствии с требованиями этих документов, в пределах измерительного участка должен установиться равномерный режим течения воды, при этом сами водомеры подлежат градуировке по методу «скорость-площадь».

Наличие равномерного режима устанавливается гидравлическим расчетом пропускной способности сооружения (при известных его параметрах), строительством графика зависимости $Q=f(H)$ и нанесением на него данные измеренных расходов воды.

Совпадение точек измеренных расходов с гидравлическим расчётом будет указывать на то, что режим потока – равномерный, сооружение можно использовать в качестве средства для измерения расходов воды.

Однако, как показывает изучение эксплуатационных показателей многих сооружений, не всегда имеет место такие совпадения.

Причиной тому – нарушение требований нормативных документов при строительстве сооружений. Какие эти нарушения – они подробно изложены в [152, 153, 155]. Ниже приводятся результаты некоторых разра-

ботках, применение которых может повысить точность водоучета и упростить эксплуатацию водометров.

Известно, что в успокоительном колодце водометров происходит пульсация уровня воды, которая усиливается с увеличением скорости течения воды в канале, осложнив тем самым измерение уровня воды.

При такой ситуации нормативным документом предлагается: при определении уровня воды снимать «не менее пяти отсчетов по рейке» и определять по ним среднее их значение. При сильно пульсирующем уровне такой подход может не дать положительного результата. В таких случаях, в целях повышения точности измеряемых расходов воды, должны применяться запорные устройства, размещаемые в начале или конце соединительной трубы. Конструкции этих устройств могут быть самыми разными. Некоторые конструктивные разновидности их приведены на рис. 9.1.

Запорные устройства на рис.9.1 б÷ж – переносные, а на рис.9.1 и – стационарное. Более детальная схема последнего запорного устройства приведена на рис.9.2 (Предварительный патент №512 КГ. Водомерное сооружение для быстротечных каналов. 2001 [95]).

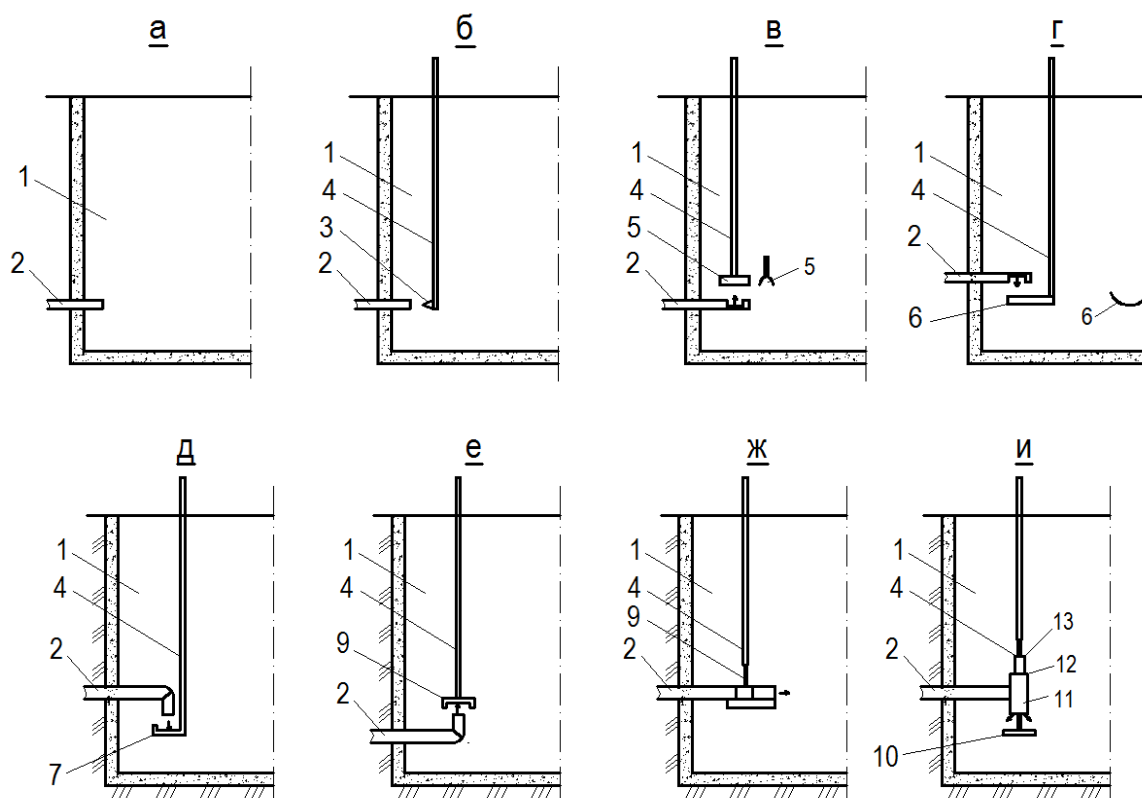
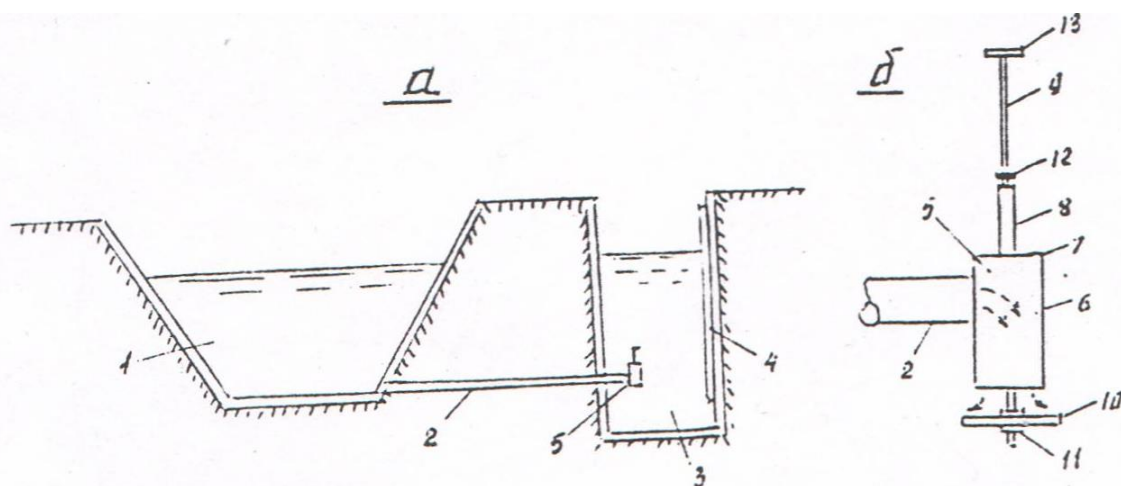


Рис.9.1. Запорные устройства соединительных труб.

1-колодец; 2-труба; 3-пробка; 4-стержень (арматура); 5, 6-полутрубки; 7,8-клапаны; 9-щиток; 10-клапан; 11-стакан; 12-дно стакана; 13-трубка; 14-ограничитель.



*Рис.9.2. Схема запорного устройства в измерительном створе.
а – поперечное сечение канала и колодца – гасителя в измерительном створе; б – запорное устройство (общий вид).*

Приведенное на рис.9.2 запорное устройство 5 выполнено в виде перевернутого станка 6 и дном 7, в средней части которого имеется отверстие для прохождения стержня. На нижнем конце стержня 9 имеется клапан 10, закрепленный к стержню при помощи гайки 11, на стержне имеются ограничитель 12 и ручка 13.

Водомерное сооружение с этим устройством работает следующим образом. До измерения уровня воды уровневой рейкой 4 происходит через соединительную трубку 2 сообщение вод, протекающей по каналу 1 и находящейся в успокоительном колодце 3. В этом случае клапан 10 находится в нижнем положении (рис.9.2). Перед началом измерений клапаном 10 закрывается трубка (стакан) 6 путем поднятия стержня 9, вследствие чего:

- прекращается сообщение вод между каналом и колодцем-гасителем;
- вода в колодце-гасителе успокаивается, пульсация уровня воды прекращается.

Изложенными создаются благоприятные условия для замера уровня воды в успокоительном колодце с большой точностью. После проведения замера запорное устройство (клапан) 10 опускается, в результате восстанавливается сообщение вод, находящихся в канале и успокоительном колодце. Иначе говоря, в процессе измерения расходов воды при помощи запорного устройства 5 достигается успокоение уровня воды в колодце, что имеет немаловажное значение для повышения точности измерения расходов воды на водомерных сооружениях.

Приведенная на рис.9.2 схема соединения канала с уровневой колодцем работает лучше там, где скорости течения воды в канале не превы-

шают 1,0м/с. При превышении этих скоростей – уровень воды в успокоительном колодце устанавливается ниже уровня воды в канале, при этом чем больше скоростей, тем больше разница между уровнями воды в водных объектах. Из-за этого, в работах [129,135,139] рекомендуется при повышенных скоростях (при $v > 1,0\text{м/с}$) вместо соединительной трубки применять щель или щель с трубкой, разместив их по приведенной на рис.9.3 компоновке.

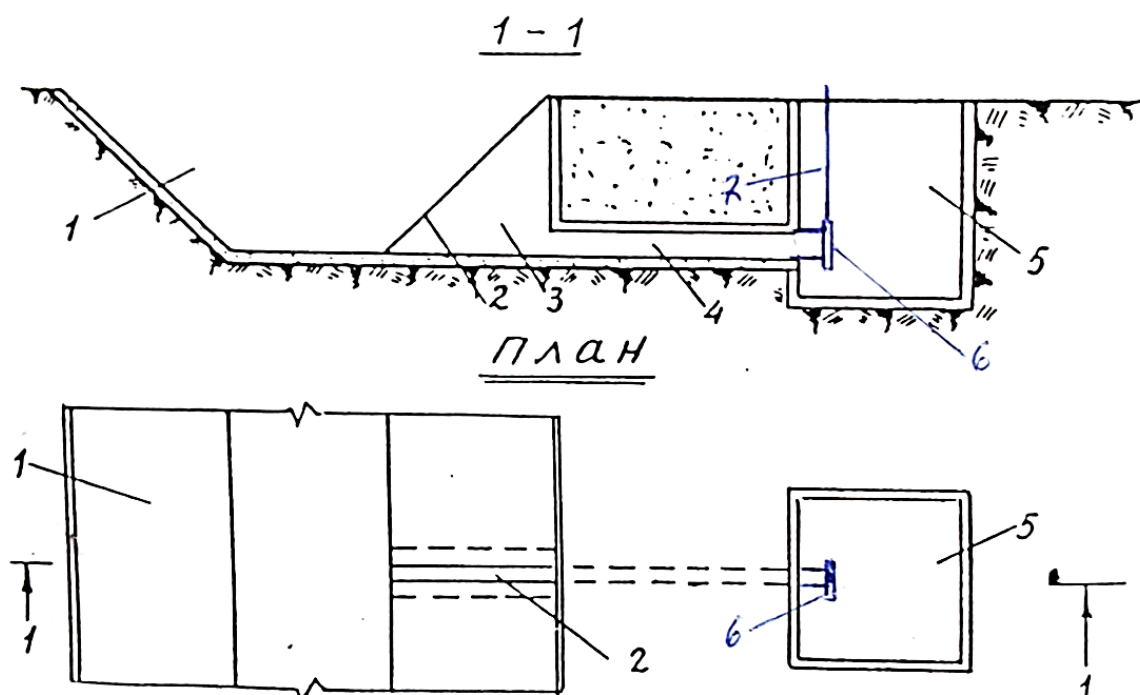


Рис.9.3. Схема гидростата с ковшом и трубкой.

1-канал; 2-щель; 3-ковш; 4-труба; 5-колодеи; 6-запорное устройство; 7-стержень (арматура).

Здесь возникает закономерный вопрос: что лучше – щель или соединительная трубка?

Ниже приводятся ответы на этот вопрос. При изучении эксплуатационных показателей водомеров было выявлено, что на многих и многих сооружениях уровень воды в колодце (H_k) устанавливается ниже уровня воды в канале (H), а это, в свою очередь, указывает на то, что водопользователям подается больше воды, чем расходы, учитываемые в журнале вододателя. Почему это так происходит? Происходит это потому, что при больших скоростях течения воды во входном оголовке соединительной трубки возникает вакуум, отсасывающей воды не из канала (она проскакивает мимо входа в трубу), а из успокоительного колодца [155]. Чтобы добиться равенства глубин H и H_k , соединительная труба должна соединяться

не с каналом, а с ковшом (рис.9.3.). При этом следует помнить, что соединительную трубку следует применять только при скоростях потока в канале менее 1,0 м/с, а при больших – следует использовать щель или щель с трубкой (рис.9.3).

Эксплуатация водомеров показывает на то, что их успокоительные колодцы заиливаются наносами, снижая точность учета оросительной воды. Очистка их вручную – не всегда рациональна. Поэтому более выгодно ее осуществить при помощи самой воды – промывкой. Здесь решение может быть самым различным, для примера приведем два из них.

На рис. 9.4 (Положительное решение по заявке №49-04715/10 (121850 СССР. [92]) приведено одно из них, в соответствии с которым водомерное сооружение включает подводный 1 и транзитный 2 каналы, установленный на берегу канала успокоительный колодец 3 с водомерной рейкой 4. Посредством водопроводящей трубы 5 колодец сообщен с каналом 2. К колодцу подведена водопроводящая труба 7, начальная часть которой размещена перед подпорным сооружением 6 и соединена с каналом 1 на уровне выше расчетной бытовой глубины потока, а конечная – соединена с колодцем на уровне его дна.

Водоподпорное сооружение, включающее плоский щит 6, раму 8 и подъемное устройство 9, размещено на канале 1 в створе, размещенном несколько выше успокоительного колодца.

Водоподпорное сооружение не имеет пазов в стенках канала, благодаря чему не нарушается режим потока в канале в случае, когда щит находится в верхнем положении, т.е. выше уровня воды (рис.9.4. разрез 2-2).

Выступы в верхней части щита входят в пазы рамы и перемещаются по ним, кроме того, щит соединен с подъемником 9, т.е. он имеет три точки соприкосновения с элементами водоподпорного сооружения. Благодаря им нижняя часть работает в виде консоли и при рабочем (опущенном) состоянии – он подпирает воду. Водомерное сооружение работает в двух режимах:

- в режиме измерения расхода воды – в этом случае промывка наносов из успокоительного колодца не производится;
- в режиме промыва – в этом случае не производится изменение расхода воды.

В соответствии с отмеченными режимами, сооружение работает следующим образом.

В режиме измерения расхода – из канала 2 через водопроводящую трубу 5 вода поступает в колодец, водопроводящая труба 7 не работает, щит находится в верхнем положении. В этом режиме, вместе с водой, в колодец поступают и наносы, которые, откладываясь в нем, постепенно заиливают его. По мере заиливания колодца, появляется необходимость в его очистке.

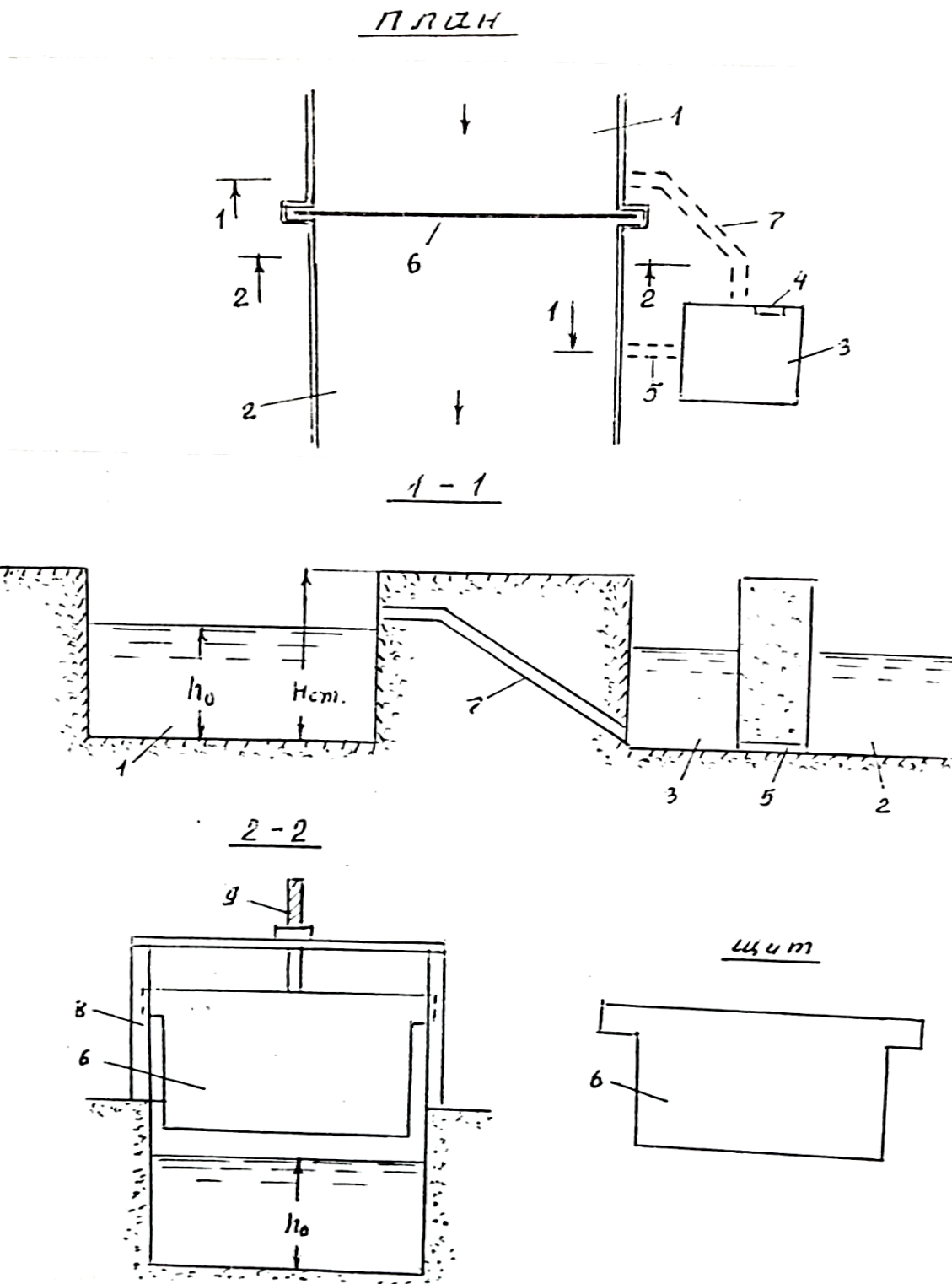


Рис. 9.4. Водомерное сооружение с устройством для промыва наносов из успокоительного колодца.

В режиме промывки наносов – в этом случае щит опускается вниз, этим создается подпор, уровень воды в верхнем бьефе возрастает и по мере такого повышения – вода начинает поступать в водопроводящую трубу 7 и отсюда – в колодец. Поскольку с началом работы щита уровень воды в ка-

нале 2 снижается, то начинает снижаться и уровень воды в колодце. Между уровнями воды в верхнем и нижнем бьефах образуется перепад, благодаря которому вода, поступающая из водопроводящей трубы 7 в колодец, и из последнего через водопроводящую трубу 5 сбрасывается в транзитный канал. Вместе с водой промываются наносы из колодца в канал 2.

По мере очищения колодца от наносов подача воды в него по водопроводящей трубе прекращается, для чего щит поднимается снова в верхнее положение. С этого момента можно приступить к измерению расхода воды. Из изложенного вытекает, что водопроводящая труба 5 выполняет две функции – подачу воды в колодец в режиме измерения расхода и сбросного тракта – при промывке наносов.

Эффективность предложения заключается в очистке колодца от наносов путем их промывки, не применяя для этой цели тяжелый ручной труд.

На рис. 9.5 (Авторское свидетельство №1640288 СССР. 1990 [17]) представлена другая конструкция промывного устройства, в соответствии с которым водомерное сооружение содержит размещенный на берегу водотока 1 успокоительный колодец 2 цилиндрической формы с водомерной рейкой 3, закрепленной на внутренней его стенке. Посредством подводящего трубопровода 4 колодец сообщен с водотоком. Трубопровод 4 соединен с колодцем 2 тангенциально. На трубопроводе 7 имеется запорное устройство 12. В полости колодца выше трубопровода 4 установлена направляющая горизонтальная диафрагма 8 с отверстием 9 в средней части, над которым установлен горизонтальный козырек 10 с образованием щели 11.

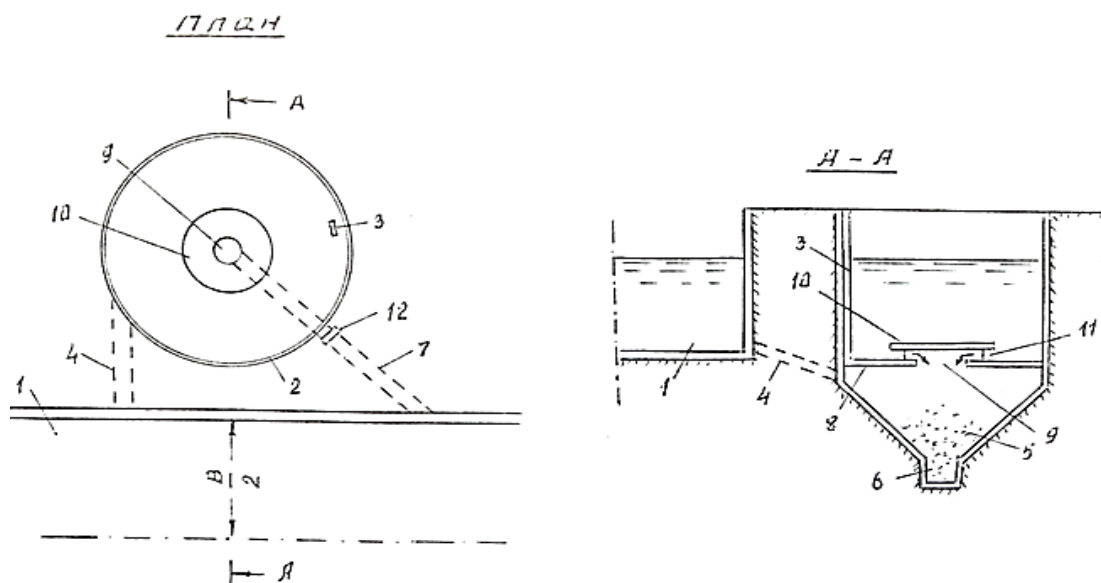


Рис. 9.5. Водомерное сооружение с устройством для промыва наносов из успокоительного колодца.

На предложенном устройстве вода из водотока, насыщенная наносами, поступает через трубопровод 4 в нижнюю часть колодца. Поскольку трубопровод 4 установлен тангенциально колодцу, то вода с наносами закручивается по спирали в нижней его части. Кроме того, частицы наносов отталкиваются от диафрагмы и, закручиваясь по спирали, сползают вниз к промывнику.

Осветленная вода поднимается вверх и через щель 11 попадает в верхнюю часть колодца, где устанавливается уровень воды, равнозначный уровню воды в водотоке и фиксируемый по водомерной рейке. Следует отметить, что рекомендации по применению запорных устройств (рис. 9.1 и 9.2.), замене соединительной трубы на щель и использованию водомера с ковшом и трубкой (рис.9.3) также относятся к лоткам с параболическим сечением.

Следует констатировать тот факт, что рекомендации:

- по замене соединительных трубок на гидростаях, построенных на каналах с бурными режимами течения воды, на щели нашли и продолжают находить применение на водных объектах ЧГБУВХ;

- по замене трубок на щели – продолжают находить применение на гидростаях, построенных на параболических лотковых каналах Чуйской и Ошской областях.

Уровнемерные колодцы гидростоев должны размещаться рядом с каналами и чем они ближе разместятся, тем точнее будут замеры и легче будет эксплуатироваться водомерные сооружения.

9.3. Сооружения типа «водослив с тонкой стенкой»

9.3.1. Некоторые сведения о водосливах

Самыми простыми и удобными в эксплуатации средствами измерения расходов воды являются водосливы с тонкой стенкой (далее «водосливы»), на которых учет воды осуществляется с погрешностью $\pm 2\%$ [108, 112]. Кроме того, они стандартизованы и применяются по результатам гидравлического расчета без индивидуальной градуировки, что относится к положительным их качествам. Благодаря изложенным преимуществам, водосливы широко применяются не только при проведении научно-исследовательских работ в лабораториях, но и в натуральных условиях – для измерения расходов воды в открытых водотоках. При этом водосливы применяются не только как рабочие средства измерения, но и в качестве образцовых - для аттестации и проверки других гидрометрических сооружений. Благодаря этим качествам водосливов, основная масса водопотребителей (в том числе дехкан) доверяет показаниям этих средств измерений,

хотя на них не проводятся замеры скоростей потоков. Пропускные способности водосливов определяются по расчетным формулам.

Несмотря на изложенное, водосливы имеют ряд недостатков, благодаря которым иной раз отказываются от их применения.

К этим недостаткам относятся:

- отсутствие конструкций водосливов для учета воды во временных и участковых оросителях, на которых, из-за их особенностей, могут применяться, в основном, переносные водосливы;

- водосливы устанавливаются стационарно, что не позволяет регулировать высотой их порога во избежание подтопления их со стороны нижнего бьефа;

- из-за трудности промыва наносов через промывные отверстия в диафрагмах, верхний бьеф сооружений заиливается наносами.

Ниже приведенные конструкции и компоновки сооружений направлены на устранения этих их недостатков.

9.3.2. Переносной водослив С.Сатаркулова

Следует отметить, что до последнего десятилетия, из-за отсутствия средств по измерению расходов воды, учет воды во временных и участковых оросителях осуществлялся, в основном, «на глаз», что, естественно, недопустимо в условиях платного водопользования. В целях устранения этого недостатка был разработан водомер, приведенный на рис.9.6 (Патент №141 КГ. 2011 [100]).

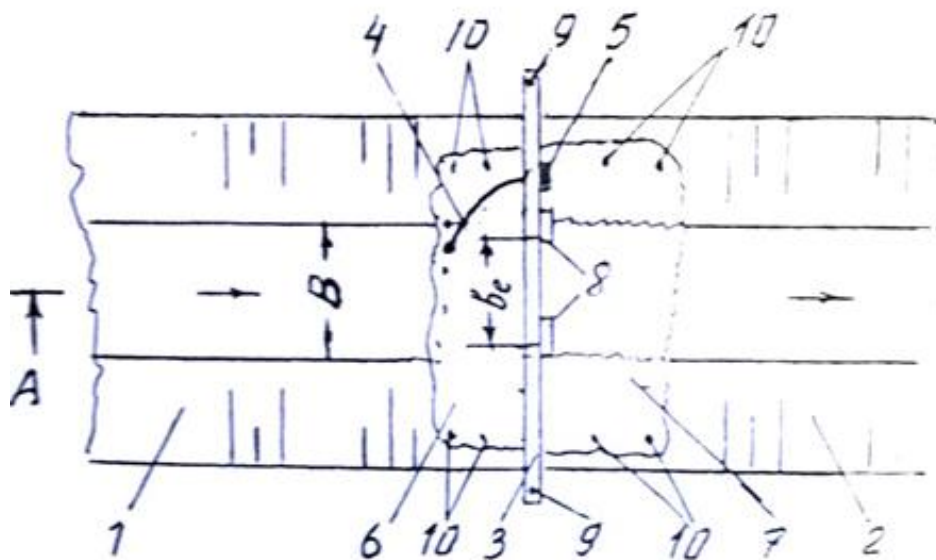
Данный водомер включает водослив прямоугольного сечения, подводящий 1 и отводящий 2 участки водовода, водослива с прямоугольным поперечным сечением 3, напорной трубы 4, расходомерной шкалы 5, гибких шлейфов перед 6 и за 7 водосливом из водонепроницаемой ткани, закрепленных к бокам заслонки водослива 3 при помощи болтовых соединений, фиксаторов 8, штырей 9 и 10, отвеса (на чертежах не показан). Расходная шкала 5 закреплена на заслонке со стороны нижнего бьефа, при этом ее ноль соответствует отметке порога водослива.

Назначением гибких шлейфов 6 и 7 является устранение (предупреждение) фильтрации воды под заслонкой 4 и размыва грунта в нижнем бьефе стекающим с водослива потоком воды.

При регулировании высоты порога (поднятие или опускание) водослива, его положение в вертикальной плоскости фиксируется фиксаторами 8, а правильность установки водослива в вертикальной и горизонтальной плоскостях проверяется отвесом. Установка водослива осуществляется путем:

- врезания (вдавливания) заслонки в дно и берега оросителя с земляным руслом;
- укладки гибких шлейфов 6 и 7 на дно и откосы оросителя (в верхнем и нижнем бьефах) и закрепления их концов штырями 10;
- укладки напорной трубки 4 на дно оросителя перед водосливом.

ПЛАН



РАЗРЕЗ А-А

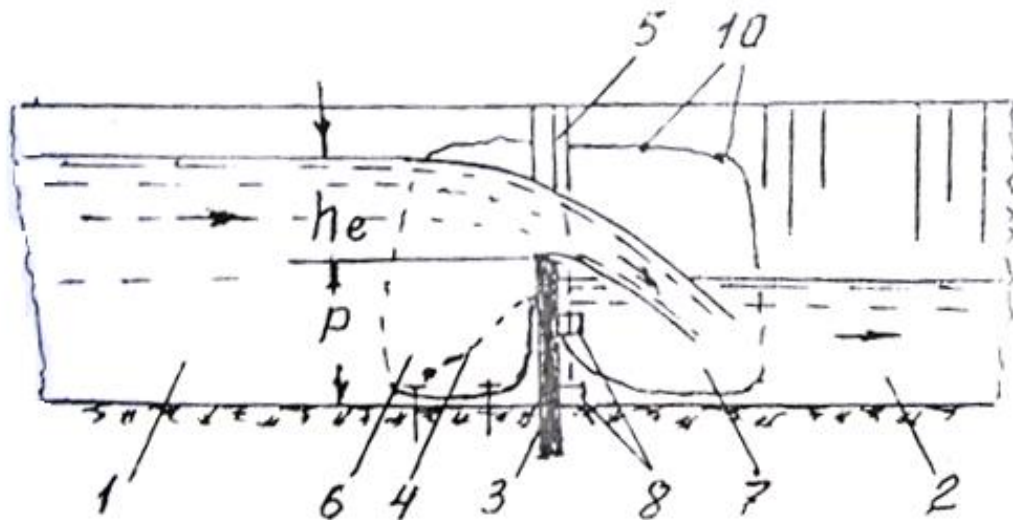


Рис. 9.6. Переносной водослив С.Сатаркулова.

Установка водослива на ороситель осуществляется в отсутствии в нем воды.

Переносной водослив работает следующим образом. После установки водослива в ороситель пускается измеряемая вода. Затем проверяется затопляемость порога водослива.

Работа расходомера считается правильной, если уровень воды в отводящем водотоке установится ниже отметки порога самого водослива (рис.9.6). Если порог расходомера начинает затапливаться водой, то водослив поднимается на высоту, необходимую для обеспечения свободного режима истечения. Поднятый водослив в вертикальной плоскости фиксируется фиксаторами 8.

Эффективность предложенного переносного водослива заключается в измерении расхода воды в участковом и временном оросителях путем создания самим расходомером необходимых условий для пропуска воды через себя в свободном режиме истечения.

Опытные образцы переносных водосливов в работе показаны на рис.9.7 - вид с верхнего бьефа и на рис.9.8 - вид с нижнего бьефа.



Рис. 9.7. Представители ДВХ и БУВХ областей КР, С.Сатаркулов дает пояснение о принципе работы переносного водослива.



Рис. 9.8. Переносной водослив С.Сатаркулова в работе. Вид с нижнего бьефа.

Измерение расхода воды – по уравнению в пьезометре и показанию расходомерной шкалы определяется расход воды (л/с), протекающей через водослив.

При отсутствии расходомерной шкалы может быть использована метрическая линейка, «ноль», которой устанавливается на уровне порога водослива. В последнем случае пропускная способность водослива определяется по приведенной в [108] формуле.

Основные технические показатели и условия применимости серийно изготовленного переносного водослива:

- ширина – 0,70 м;
- высота – 0,30 м;
- высота порога – 0,10 м;
- диапазон измерения расходов воды – от 6 до 200 л/с;
- режим истечения – свободный (незатопленный);
- максимальное значение параметра кинетичности потока (число Фруда) перед водосливом $F_r = \frac{v^2}{gH} \leq 0.50$ (где H , v – глубина и скорость потока);

Фруда) перед водосливом $F_r = \frac{v^2}{gH} \leq 0.50$ (где H , v – глубина и скорость потока);

- масса – 4-5 кг;
- стоимость – 1981 сом (по калькуляции ОсОО «Шлюз» 2008г.)

В указанных диапазонах применения переносной водослив обеспечивает измерение расхода с погрешностью менее 5%.

Расходы воды (л/с), вычисляемые по вышеприведенным данным, характеризуются данными следующей таблицы.

Таблица 9.1.

Таблица координат водослива

| h_e , см | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0 | - | - | - | 6 | 10 | 14 | 19 | 24 | 30 | 36 |
| 10 | 43 | 50 | 57 | 65 | 73 | 82 | 91 | 100 | 110 | 120 |
| 20 | 131 | 142 | 153 | 165 | 177 | 190 | 203 | 216 | - | - |

Учитывая необходимость переносных водосливов для мелкокрестьянских хозяйств (иначе говоря, дехкан), коллегия Минводхоза Кыргызской Республики своим Постановлением от 18 декабря 1992г. за №4-1 «О ходе подготовки к платному водопользованию эксплуатационных организаций Минводхоза Республики» принимает решение об изготовлении 300 переносных водосливов и передача их всем райводхозам [188]. Но, к сожалению, это решение, из-за развала СССР, осталась не выполненным. Однако, впоследствии, все же переносной водослив нашел массовое применение. По заказу Союза АПВ были изготовлены 92 переносных водослива, которые были распределены и переданы структурным подразделениям этой

организации. Водосливы изготавливались и по индивидуальным заказам. Мало этого, ввиду простоты конструкции – водосливы изготавливаются и самими водопотребителями (в том числе, дехканами).



Рис.9.9. Представители Союза АВП КР изучают работу переносного водослива С.Сатаркулова, установленного на участковом распределителе

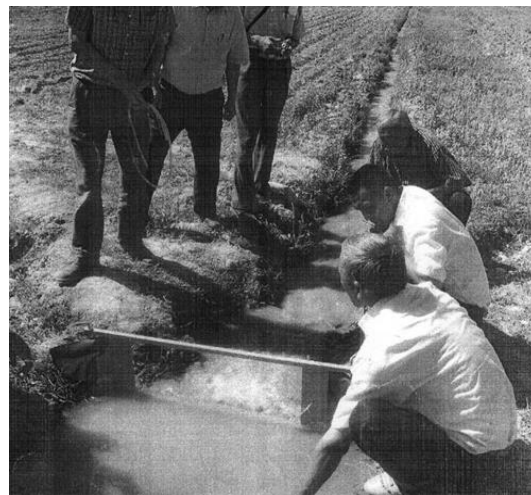


Рис.9.10. Представители Союза АВП КР наблюдают за работой переносного водослива С.Сатаркулова, установленного на временном оросителе

Еще: вот мнение иностранного специалиста о переносном водосливе:

От: Pieter van den Hoven <pydhoven@bcc.com.uz>

Кому: 'Kulov Kubanychbek' <kulov@elcat.kg>

Дата: 10 июля 2000г. 15:06

Тема: attendance of the "Combat Desertification" meeting

Dear Mr. Kulov,

Once again thank you for the reception we received in the Kyrgyz Republic on our monitoring of the Water Saving Competition trip. We were particularly impressed with the progress of your Water Users Associations and with the use of your portable measuring weir.

Thank you four your help. With kind regards,

Pieter van den Hoven

DHV Consultants

Перевод:

Уважаемый господин Кулов,

Еще раз позвольте поблагодарить вас за прием, полученный в КР по нашему мониторингу поездки по конкурсу по водосбережению. Мы были особенно поражены прогрессом ваших АВП и использованием ваших переносных измерительных водосливов.

Спасибо вам за помощь. С наилучшими пожеланиями,
Питер ван ден Ховен
DHV Консультанты.

9.3.3. Водосливы с регулируемой высотой порога

Из [112] известно, что минимальная высота порогов треугольного и прямоугольного водосливов составляет 0,10м, трапецеидального – 0,30м, максимальная высота порогов не регламентируется. Назначение оптимальной высоты порога – задача трудная и строительство сооружений со стационарными высотами порогов водосливов - ошибочное. Недостатки сооружений, связанные с высотами порогов водосливов [139, 152, 153], могут быть устранены при применении водомера с изменяемой высотой порога водослива. Одна из возможных конструкций таких сооружений приведена на рис. 9.12. (Авторское свидетельство №1735715 СССР. 1992 [19]), в соответствии с которым водомер включает установленную поперек отводящего открытого канала 1 подпорную тонкую стенку 2 с прямоугольным водосливным вырезом 3 в верхней части и плоский щит 4 с ограничителями 5, охватывающими боковые кромки выреза 3 стенки 2, являющиеся для щита 4 направляющими. Щит установлен за стенкой 2 с возможностью вертикального перемещения и фиксации относительно нее.

Горизонтальная кромка выреза 3 имеет уплотнение 6. Щит 4 снабжен водосливной горизонтальной пластиной 7, прикрепленной к верхней кромке щита 4 и установленной в вырезе 3 стенки 2 заподлицо с ее верховой гранью. Верхняя часть пластины 7 выполнена со срезом с низовой стороны с образованием острой водопереливной кромки. Перед стенкой 2 имеется успокоительный колодец 8 с гасительным устройством 9, соединенный окном 10 с мелиоративным каналом 11. Щит 4 имеет боковые уплотнения (не показаны).

Вода из канала 11 через окно 10 поступает в колодец 8, энергия потока гасится устройством 9 и далее вода поступает через вырез 3 стенки 2 поверх пластины 7 в канал 1. Зная напор воды над пластиной 7, легко определить расход воды, проходящий через сооружение.

Для изменения расхода воды достаточно изменить высотное положение пластины 7 со щитом 4. Для прекращения поступления воды в канал 1 щит 4 поднимают на высоту, при которой кромка пластины 7 находится выше уровня воды в колодце 8. При полностью опущенном щите 4 пластина 7 ложится на уплотнение 6.

Предложенное сооружение с регулируемой высотой порога водослива позволяет:

- при ухудшении командования – водоподача будет осуществляться путем опускания щита 4 с водосливом;
- при подтоплении с нижнего бьефа – путем поднятия того же щитка 4, обеспечивая этим самым свободное истечение воды через водослив.

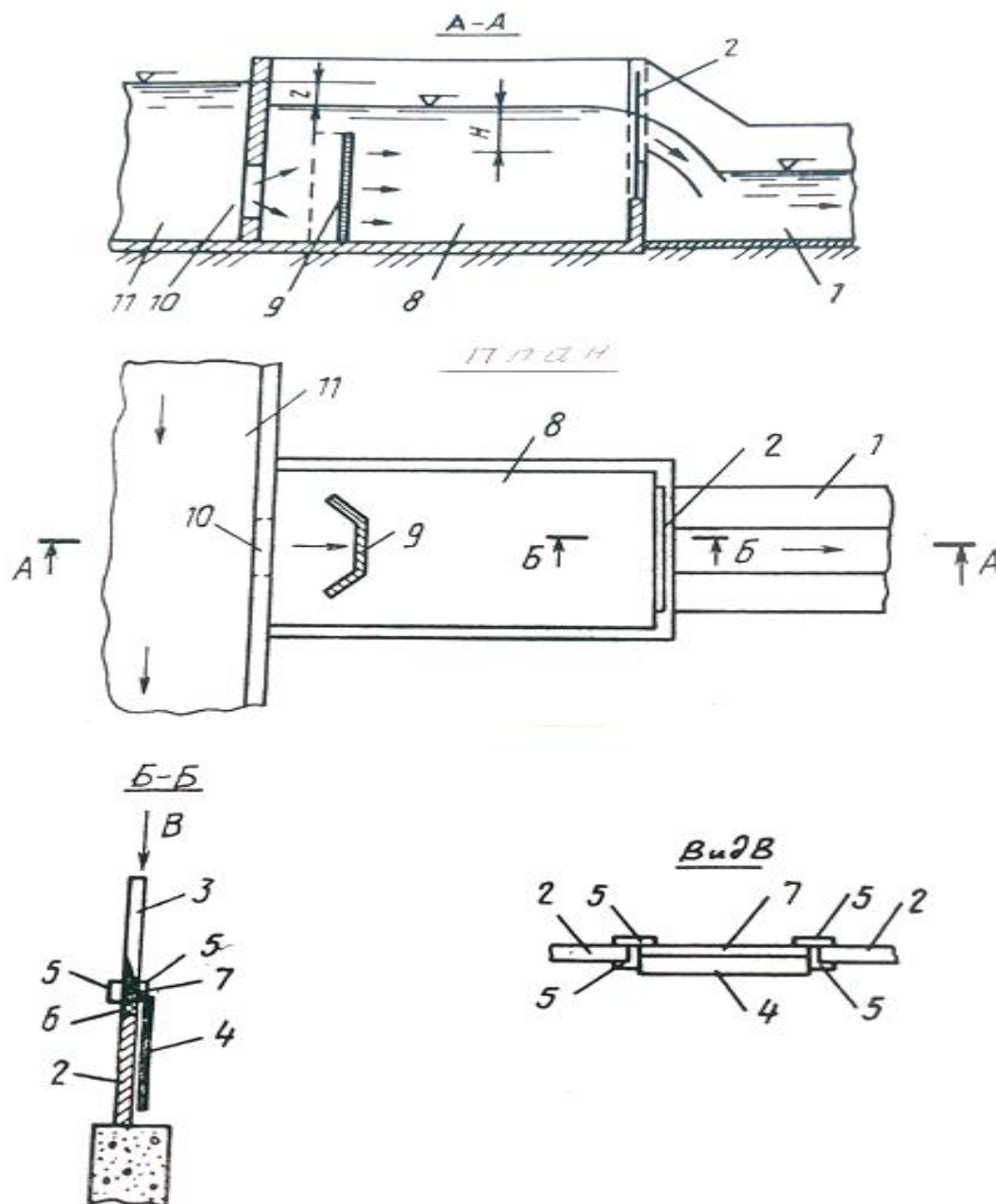


Рис.9.12. Схема водомера с регулируемой высотой порога водослива.

При применении данного сооружения повышается точность измерения расходов воды. Однако, присущие ему недостатки (сложная конструкция, невозможность промыва наносов и др.) не позволяет массово внедрить его в производство. Учитывая это, на рис. 9.13. приведена упрощенная конструкция водомера с регулируемой высотой порога водослива [139, 155].

В соответствии с рис. 9.13, водосливы по высоте выполняются составными, то есть они состоят из двух частей: верхней – самого водослива 1 и нижней – щитка 2. Здесь водослив выполняется подвижным и перемещается по пазам, предусмотренным в стенках или боковых устоях сооружения. Щиток 2 выполняется стационарным или подвижным, при этом его ширина принимается равной $v_1=(0,5-0,6)r$, где r – принятая высота порога водослива. Ширина верхнего щитка $v_1=(0,7-0,8)r$. Следует отметить, что предложенное на рис. 7.14. водомерное сооружение – оригинальное и его оригинальность подтверждается наличием условий как для наращивания высоты порога, так и для промыва наносов (при его необходимости).

Для облегчения подъема водослива 1 на рис. 9.13. водомерное сооружение на рис. 9.14. оснащён подъемным устройством 4, при помощи которого регулируется положение водослива в вертикальной плоскости.

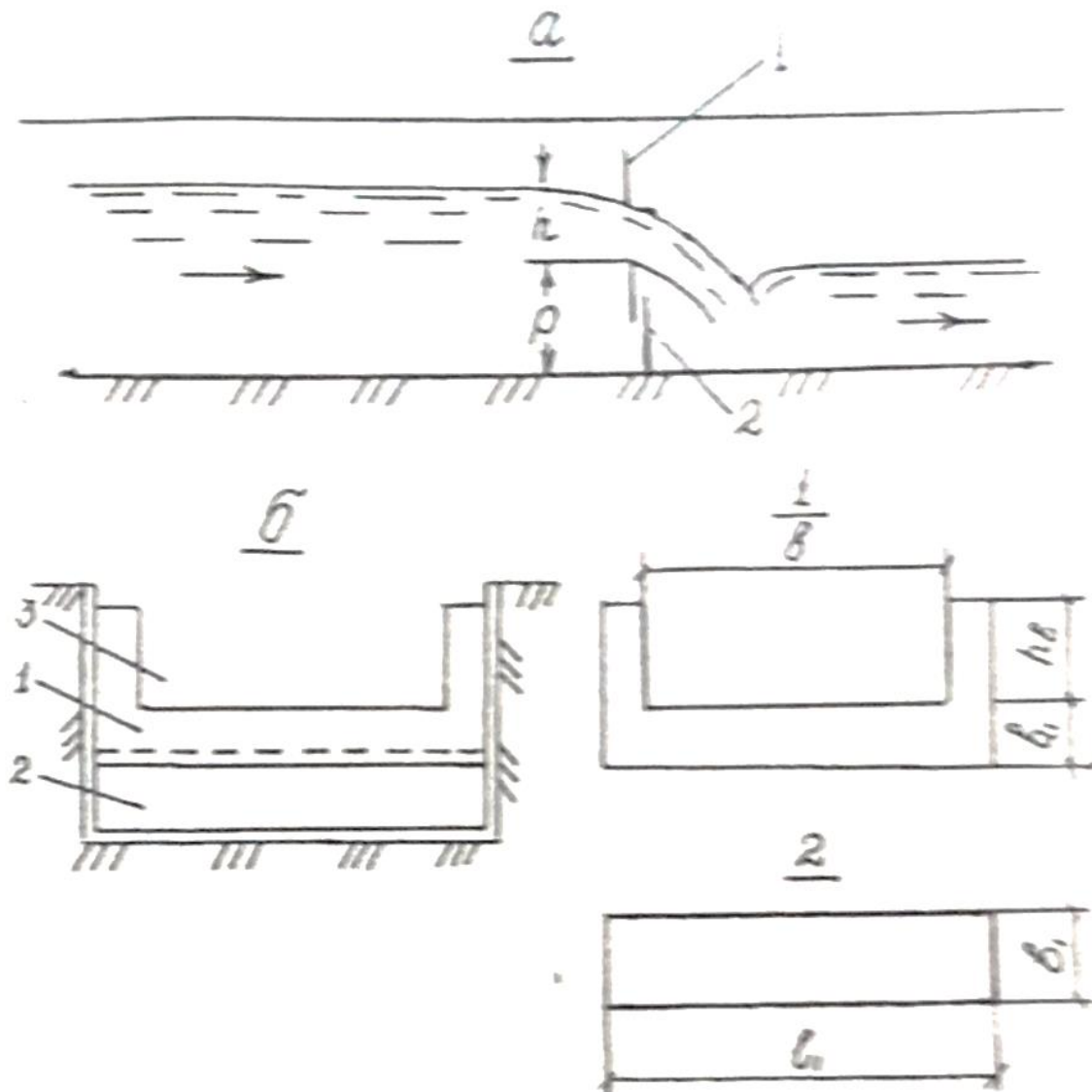
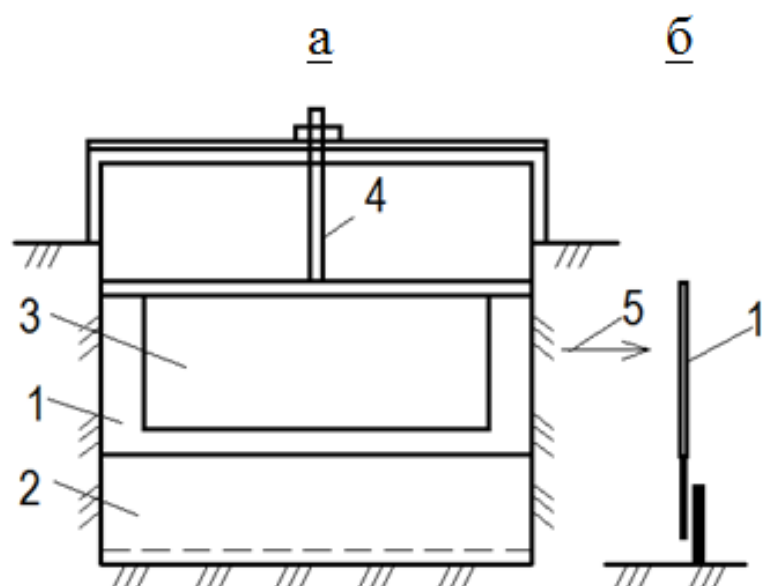


Рис. 9.13. Схема водослива с регулируемой высотой порога
 1-водослив; 2-щиток; 3-водопрпускное отверстие; а) продольный разрез;
 б) вид с верхнего бьефа.



*Рис.9.14. Схема водослива с регулируемой высотой порога:
 1-водослив; 2-щиток; 3-водопрпускное отверстие;
 4-подъемное устройство (ручка); 5-направление течения;
 а) вид с нижнего бьефа; б) продольный разрез.*

На разработанных водомерах (рис.9.13 и 9.14.) водослив и щиток соединяются при помощи специальных зацепок или болтами, благодаря чему при их подъеме осуществляется промывка наносов, скапливающихся в верхнем бьефе сооружений.

Водомерные сооружения с регулируемой высотой порога водослива представляют практический интерес и заслуживают широкого их внедрения в производство.

Следует отметить, что водосливы с регулируемой высотой порога впервые были внедрены на оросительных каналах Чуйского района Джамбульской области Казахской ССР; работа проводилась по договору с Минводхозом Казахстана [189]. На отводах Новотроицкий, Пионерский и Кок-Узек Левобережного магистрального канала были построены гидропосты типа «Фиксированное русло». Все эти гидропосты работали в подтопленном режиме, чему способствовали заиление и зарастание каналов. Изложенным резко снижалась точность измеряемых расходов воды, что, естественно, недопустимо в условиях коммерческого водопользования.

В результате проверенной работы были заменены водомеры типа «Фиксированное русло» на водосливы с регулируемым по высоте порогам, работа построенных водомеров оценена положительно; они прошли метрологическую госпроверку и приняты в качестве рабочих средств для учета воды.

В нашей республике водосливы с регулируемым по высоте порогом были построены на Р-8-0,8, Р-9-0,6, Р-9 вправо и Р-10 влево (Атбашинский гидроучасток) и х-3-2 (Совхозный гидроучасток) в Чуйской долине [190,191].

9.3.4. Водослив с регулируемой шириной

На практике могут применяться и широкие водосливы (шириной до 3 м) и водосливы меньшего размера ($l=0,15\text{м}$) [112]. Однако, применение водосливов ограничивается по напорам. Так, для водосливов трапецеидального сечения – $h=0,15-1,0$ м, прямоугольного – $0,03-1,0$ м. Изложенное требование к h_{\min} не применимо к широким водосливам, так как на практике на таких водосливах измеряются расходы даже при $h<0,05$ м.

Учитывая важность повышения точности водоучета при такой ситуации и расширения диапазона использования трапецеидальных водосливов (за счет измерения расходов воды ниже минимальных его значений), предложено водомерное сооружение выполнять по конструкции, приведенной на рис. 9.15. (Авторское свидетельство №1735715 СССР. 1992 [19]): оно включает водоток 1, устроенный на нем трапецеидальный водослив с тонкой стенкой и водомерную рейку 2. Сам водослив состоит из двух частей – неподвижного 3 и подвижного 4 элементов. Неподвижный элемент 3 включает боковую стенку с ребром водослива и порог 5. Последний, устанавливаемый строго горизонтально, сопрягается с противоположной стенкой водотока 1. Подвижный элемент 4 выполнен в виде щитка с другим ребром водослива. Этот щиток устанавливается на порог 5 неподвижного элемента 3 и перемещается по нему (порог 5), когда появляется необходимость в увеличении напора над водосливом при протеканиях по нему минимальных расходов воды.

Перед подвижным элементом 4 водослива со стороны верхнего бьефа предусмотрена перегородка 6, которая совместно с резиновой прокладкой 7 устраняет утечку воды через подвижный элемент водослива.

Подвижный элемент 4 водослива упирается нижним концом в порог 5 водослива, а боковой частью верхнего конца опирается об упор 8, этот элемент водослива должен перемещаться по порогу строго вертикально и в одной плоскости с неподвижным его элементом 3. Для перемещения подвижного элемента в верхней его части предусмотрена ручка 9.

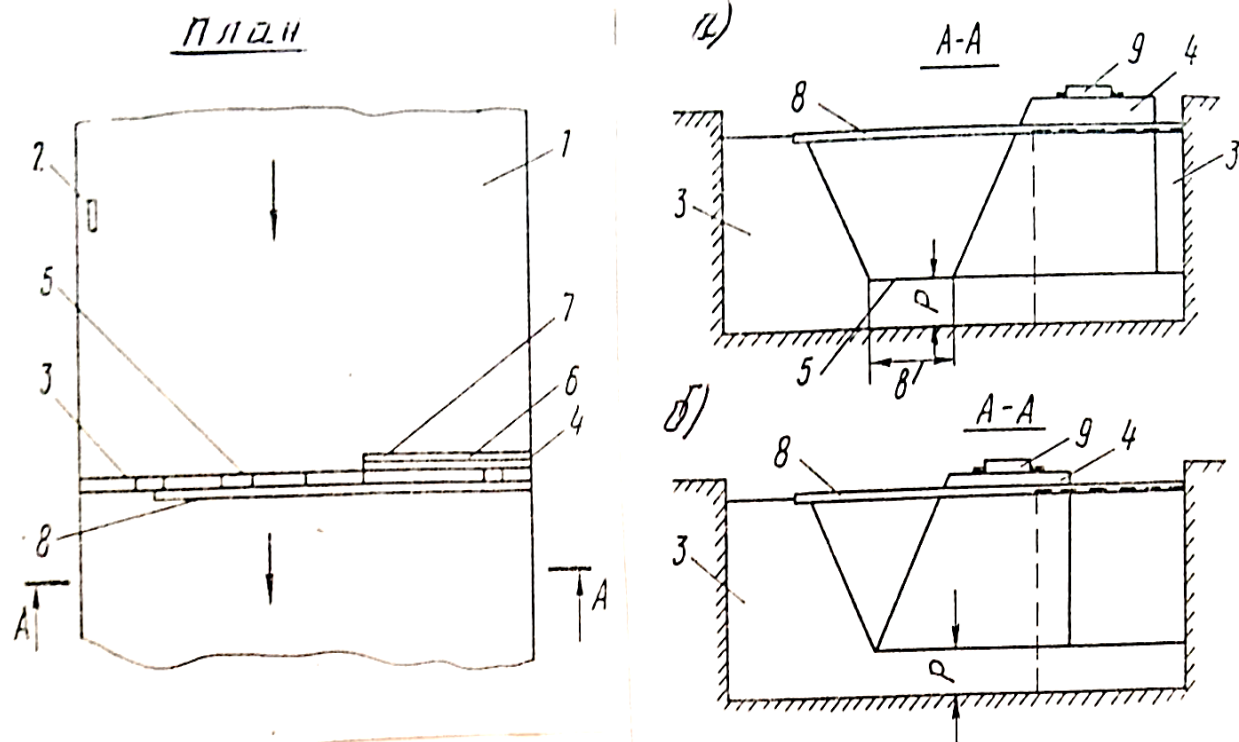


Рис.9.15. Схема водомерного устройства (водослива) трапецидального (а) и треугольного (б) сечений.

Водомерное сооружение работает следующим образом.

Поток воды из водотока 1 поступает на трапецидальный водослив, на котором осуществляется измерение расходов. При этом измерение расходов без изменения ширины водослива осуществляется до уменьшения напора до допустимого минимального его значения h_{\min} . При дальнейшем уменьшении расходов, протекающих по трапецидальному водосливу, ширина последнего сужается перемещением подвижного элемента 4 во внутрь водослива, и это делается до тех пор, пока не установится напор, равный или превышающий h_{\min} . Дальнейшее резкое уменьшение расходов может привести к тому, что их нельзя будет измерять на трапецидальном водосливе. Тогда путем сужения ширины трапецидального водослива подвижной боковой его стенкой трапецидальное сечение водослива заменяется треугольным. При увеличении расходов воды подвижная боковая стенка водослива отодвигается назад.

Эффективность предложенного устройства заключается в повышении точности измерения расхода за счет расширения диапазона применения трапецидального водослива с тонкой стенкой. Предложенный водослив – двухпозиционный и может иметь трапецидальное и треугольное сечения.

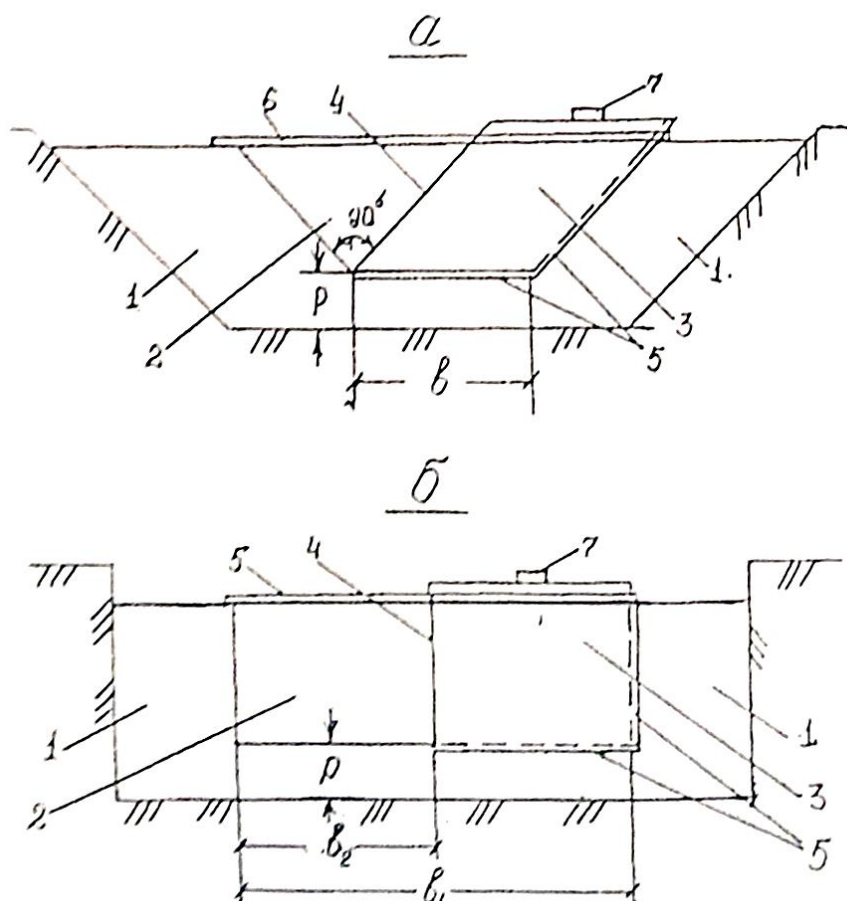


Рис. 9.16. Схемы водомерного устройства (водослива) трапецидального и прямоугольного (а), а также прямоугольного (б) сечений
 1-стенки водослива; 2-водопрпускное отверстие; 3-съемные щитки; 4-ребра водослива; 5-ребра щитков с пазами; 6-арматура для упора щитков; 7-ручки.

В целях упрощения конструкции подвижной элемент 2 водослива (рис.9.15.) может быть заменен съемным щитком (рис. 9.16 а), внутренняя стенка которого 4 выполнена в виде ребра водослива, наружная 5 – под углом ребра водослива, но вместе с нижней частью (дном) щитка имеют пазы для установки на водослив. При установке этого съемного щитка на водослив, последний, вместо трапецидального сечения, приобретает треугольное (рис.9.16 б), при котором, с одной стороны, увеличивается напор воды и, с другой, повышается точность водоучета.

Такой же съемный щит может устанавливаться на широкий водослив, имеющий прямоугольное сечение (рис. 9.16 б). Сужающие ширину водослива подвижный 2 (рис.9.15) и съемный 3 (рис.9.16.) щитки могут не устанавливаться на водомерных сооружениях с обычными и узкими водосли-

вами, так как на них отсутствует опасность ухудшения водоучета при напорах, близких к минимальным их значениям.

9.3.5. Затвор-водомер

При разработке средств учета воды этому типу водомерных сооружений уделяется мало внимания. Если над ним поработать, то, несомненно, можно получить весьма интересные решения, которые с успехом могут быть применены при водораспределении как из межхозяйственных, так и внутрихозяйственных каналов. Ниже приводятся некоторые из разработанных решений.

Одно из таких решений приведено на рис.9.17 (Авторское свидетельство «326284 СССР. 1971 [1]).

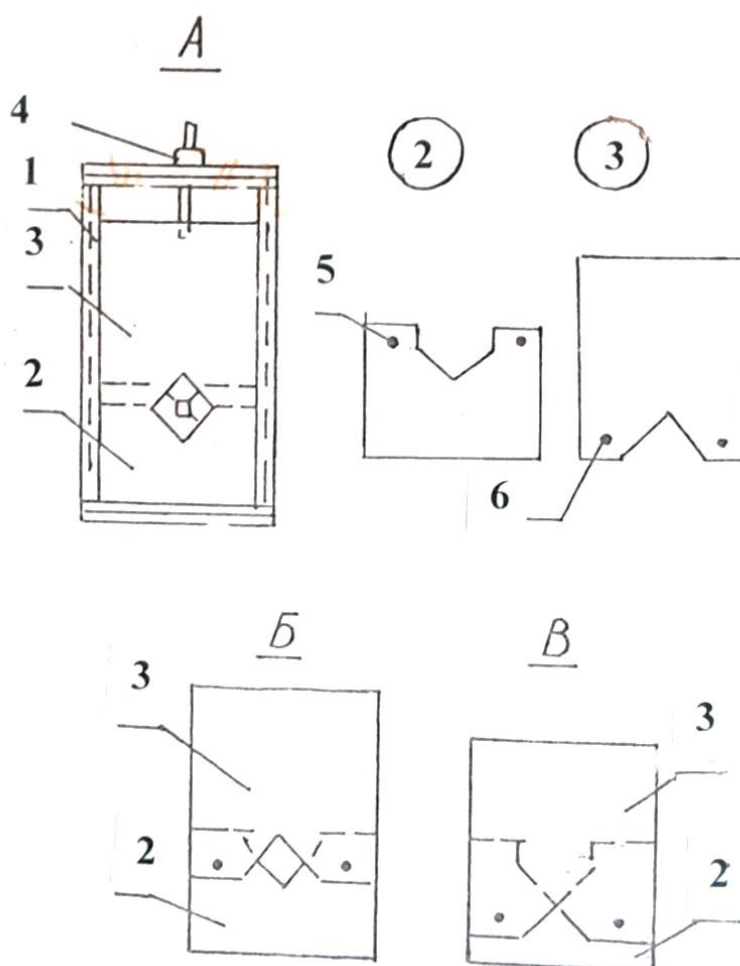


Рис. 9.17. Схема затвора-водомера с изменяемой формой водопропускного отверстия.

В средней части затвора 2 этого водомера имеется вырез в форме треугольного водослива; на затворе смонтирован щиток 3, перемещаемый в

пазах рамы с помощью винта 4. В нижней части щитка имеется вырез а в квадратное отверстие с диагоналями, расположенными строго в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Затвор и щиток могут быть соединены специальными зацепками или болтами при совмещении отверстий 5 и 6 и подняты подъемником, чем обеспечивается промывка наносов, скапливающихся в верхнем бьефе – перед затвором – водосливом.

Степень открытия водопропускного отверстия в затворе регулируется перемещением по затвору щитка: размеры водомерного отверстия будут максимальными, когда щиток займет крайнее верхнее положение (рис.9.17А), отверстие полностью перекрывается, когда щиток примет крайне нижнее положение (рис.9.17В).

Затвор-водомер работает при двух режимах истечения:

- истечение через незатопленный треугольный водослив в тонкой стенке;
- истечение из квадратного отверстия в тонкой стенке.

В первом случае отводимый расход замеряется треугольным водосливом. В этом режиме водомер работает до достижения уровня воды в верхнем бьефе кромки водослива. При дальнейшем повышении уровня воды в верхнем бьефе используется квадратное отверстие, образуемое вырезами в затворе и в щитке.

Отметим, что треугольный водослив в предлагаемом затворе-водомере применен не случайно. Им обеспечивается достаточно точная фиксация малых расходов воды, поступающей в водовыпуск.

Не случайно также предусмотрено в рассматриваемом затворе-водомере квадратное отверстие с диагоналями, расположенными строго в вертикальной и горизонтальной плоскостях, так как это позволяет изменять размеры отверстия, не изменяя его формы.

Рекомендации по расчету пропускной способности данного водомера приведены в [30,139,155].

9.3.6. Затвор – водослив

Ниже приведенное водомерное сооружение может применяться для учета воды как на транзитных участках, так и в составе водораспределительных сооружений; при этом, в последнем случае, данный водомер выполняет и функцию учета воды, и функцию регулятора расходов воды. Иначе говоря, функции регулирования и измерения расходов воды совмещаются в одном и том же сооружении.

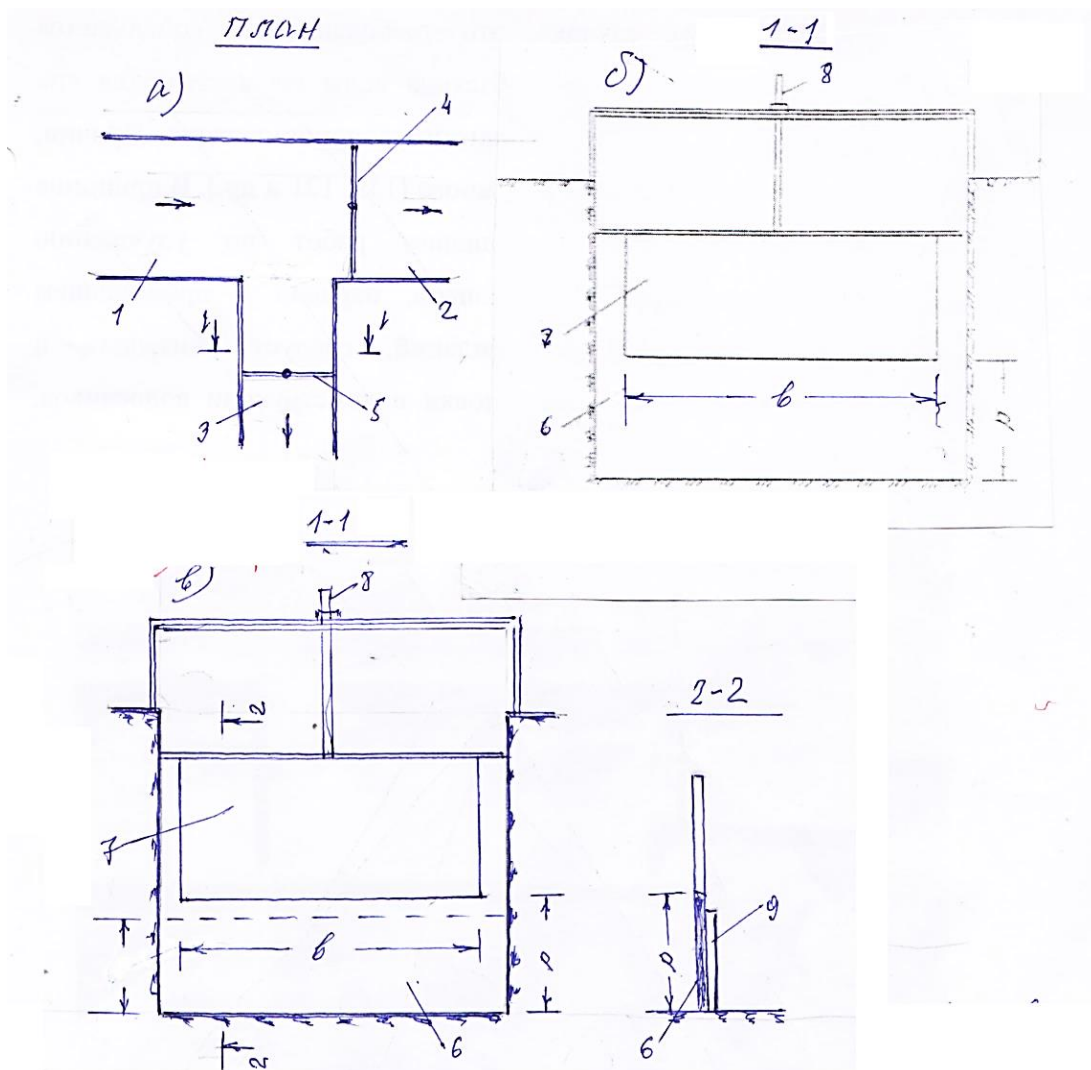


Рис.9.18. Водомерное сооружение типа «затвор-водослив».

1,2 и 3 – подводящий, транзитный и отводящий каналы;
 4 – затвор; 5 – затвор-водослив; 6 – щит; 7 – водопропускное отверстие;
 8- подъемное устройство; 9 – неподвижный щиток.

Разработанный водомер в составе водораспределительного сооружения показан на рис.9.18, на котором: а – водораспределительный узел в плане; б – вид затвора - водослива с верхнего бьефа без неподвижного щита; в – то же с неподвижным щитом. Затвор – водослив (рис.9.18) (Положительное решение №4935684/15 (040588) СССР. 1991 [87]), устанавливаемый в головной части отвода 3 (рис.9.18), включает раму, подъемное устройство 8 и водослив, который в зависимости от величины забираемого расхода воды выполняется треугольного, трапецеидального, прямоугольного или параболического поперечных сечений.

Затвор-водослив может выполняться неподвижным (рис.9.18 б), то есть нерегулируемым по высоте. Он может выполняться и подвижным (рис.9.18 в), при этом в последнем случае появляются два щитка – подвиж-

ный 6 и неподвижный 9. Нижняя часть подвижного щита 6 выступает ниже верха щитка находится в промежуточном или верхнем положении. Щит 6 перемещается в пазах рамы посредством винта 8. Высота порога водослива назначается в соответствии с требованиями нормативных документов [80] и исходя из возможности перекрытия отверстия при прекращении водоподдачи в отвод. Для устранения утечки воды между подвижным и неподвижным щитами может быть предусмотрена резиновая прокладка.

Устройство работает в двух режимах:

- в режиме измерения расхода – в этом случае подача воды из канала осуществляется через водослив, а вместе с ней производится и измерение расхода;

- в режиме прекращения водоподдачи в отвод – в этом случае прекращается подача воды через водослив, так как порог последнего находится выше уровня воды в старшем канале.

На разработанном водомерном сооружении регулирование водоподдачи может осуществляться и затвором 4 на старшем канале, и затвором – водосливом 5 на отводе.

Следует отметить, что опытные образцы затвора – водослива были построены:

- в 1990 г на канале Совхоз -7, который является одним из отводов Левобережного магистрального канала Чуйского района Казахской Республики;

- в Кыргызской Республике – в 1991г на канале х-3-11 из Р-4а, который является одним из отводов магистрального канала Совхозный.

Все построенные сооружения функционировали нормально [191].

9.3.7. Компоновки водомеров с водосливами с другими сооружениями

На практике водомерные сооружения с водосливами строятся, в основном, на транзитной части каналов, чему способствует наличие на них проекта повторного применения [192]. Их строительства совместно с другими сетевыми сооружениями встречаются очень редко. Но, как показывает практика, совмещение водосливов с другими сооружениями весьма полезно, так как в этом случае повышается точность измеряемых расходов воды и снижается стоимость строительства объекта – вместо двух сооружений строится одно. Ниже приводятся разработанные такие компоновки сооружений.

Компоновка водомерного сооружения с включением в его состав колодца-гасителя для гашения кинетической энергии потока приведена на рис. 9.19 (Предварительный патент №476 КГ. 2000 [96]).

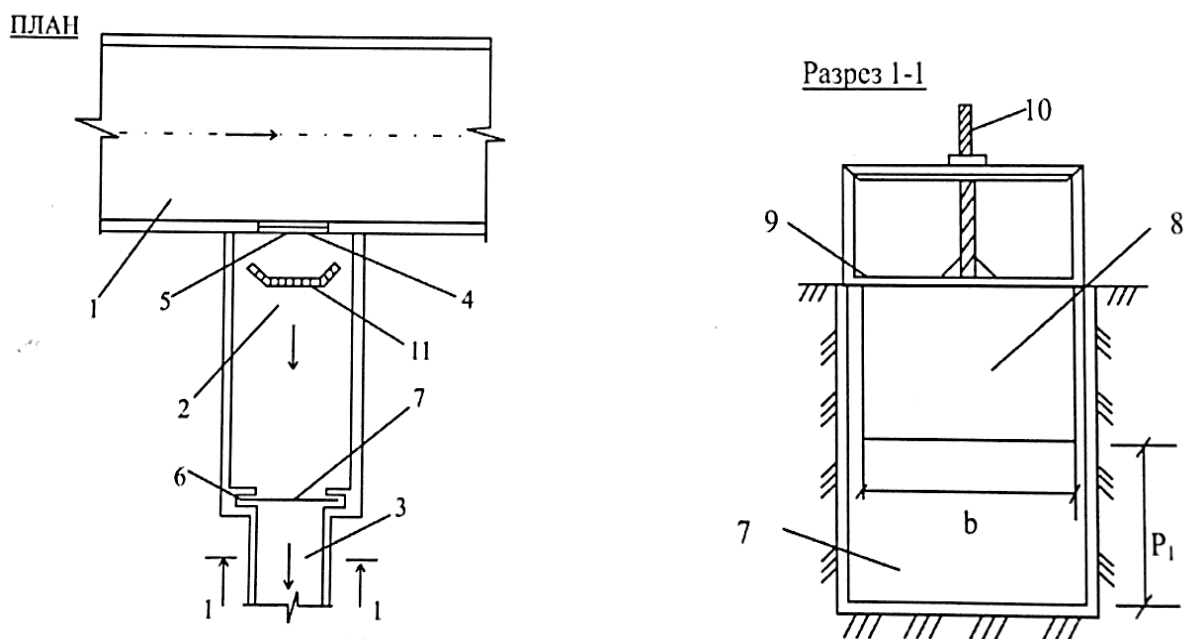


Рис.9.19. Схема водомерного сооружения с колодцем-гасителем и водосливом: 1-канал; 2-колодец-гаситель; 3-отводящий канал; 4-отверстие; 5-затвор; 6-пазы; 7-щит; 8-водослив; 9-ребро жесткости; 10-подъемное устройство; 11-гаситель энергии потока.

Данное сооружение состоит из следующих компонентов: старший канал 1, в стенке которого имеется водопропускное отверстие 4, перекрываемое затвором 5, колодец-гаситель 2, стенка 7 из тонкостенного железного щита с прямоугольным вырезом в конце которого (водосливом) 8 в верхней части для пропуска измеряемой воды; сам щит 7 – съемный и устанавливается в специальные пазы 6, предусмотренные в стенках колодца-гасителя 2. При этом для обеспечения жесткости щита 7 и работы с ним (подъем и опускание) к верхней его кромке по всей длине железного листа приварено ребро жесткости 9, с которым, в свою очередь, соединено подъемное устройство 10 ручного привода.

Для частичного гашения кинетической энергии потока при выходе его из водопропускного отверстия 4, в начальной части колодца-гасителя 2 предусмотрено дополнительное гасительное устройство 11.

Это устройство, кроме основного своего назначения, расщепляет поток на множество струй, что благоприятно отразится на гашении кинетической энергии потока колодцем-гасителем. Предложенное сооружение работает следующим образом.

Вода из канала 1 через водопропускное отверстие 4 поступает в колодец-гаситель 2, причём величина подаваемого расхода регулируется затвором 5. Далее из колодца-гасителя 2 вода через водослив 7 поступает в отводящий канал 3. Расход воды, поступающей в отвод, определяется при помощи водослива 7. По мере заиливания колодца-гасителя наносами произво-

дятся работы по его очистке, что осуществляется путем поднятия щита с водосливом.

В этом случае производится сброс воды из-под щита водослива в отвод, вместе с которой промываются и твердые включения жидкости – наносы. После промывки наносов – щит с водосливом опускается, вода набирается в колодце-гасителе и, по мере переливания воды через водослив, осуществляется измерение ее расхода. Промыв наносов, в соответствии с [112], проводится в случае, если расстояние между призмой отложения наносов и кромкой водослива составляет менее 0,1 м – для прямоугольного водослива и менее 0,3 м – для трапецеидального водослива.

Эффективность предложенного водомера заключается в упрощении эксплуатации, т.к. очистка его от наносов осуществляется при помощи энергии самой воды – промывкой, и обеспечении точности измерения расхода воды в пределах допустимых ее значений, т.к. устраняется отрицательное влияние на нее твердых составляющих воды. Кроме того, достигается непрерывная подача воды водопотребителям.

На рис.9.19 – компоновка с колодцем – гасителем. Ниже приводится компоновка с сопрягающим сооружением – перепадом.

Известно, что при строительстве каналов поперек горизонталей, на этих водотоках, с целью устранения их размыва, возводятся перепады (или быстротоки), с расстояниями между ними порядка 300-500 м.

Учет воды в таких каналах осуществляется при помощи водомеров типа «фиксированное русло», построенных на участках водотоков между перепадами (или быстротоками). Опыт эксплуатации таких водомеров показывает, что они работают нормально только в первые годы эксплуатации. В дальнейшем, из-за заиления наносами и зарастания растительностью земляных в русле каналов, резко ухудшаются метрологические показатели водомеров – появляются подпоры переменного характера и резко уменьшаются скорости течения воды (эти явления резко осложняют градуировку сооружений, без которой водомеры не могут применяться в качестве рабочих средств измерения расходов воды).

Имеется предложение [183], в соответствии с которым учет воды рекомендуется проводить на уступе перепада, применив для этой цели водомеры типа «фиксированное русло». Это интересное предложение, но оно не нашло применение только из-за того, что на уступе перепада поток имеет не параллельноструйное течение, а протекает по кривой спада, что не допускается нормативным документом МВИ 05-90.

На уступе сопрягающего сооружения следует применять водомер, обеспечивающий учет воды без индивидуальной градуировки. К такому сооружению относится водомер, приведенный на рис. 9.20. (Патент №191 КГ. 2014 [63]).

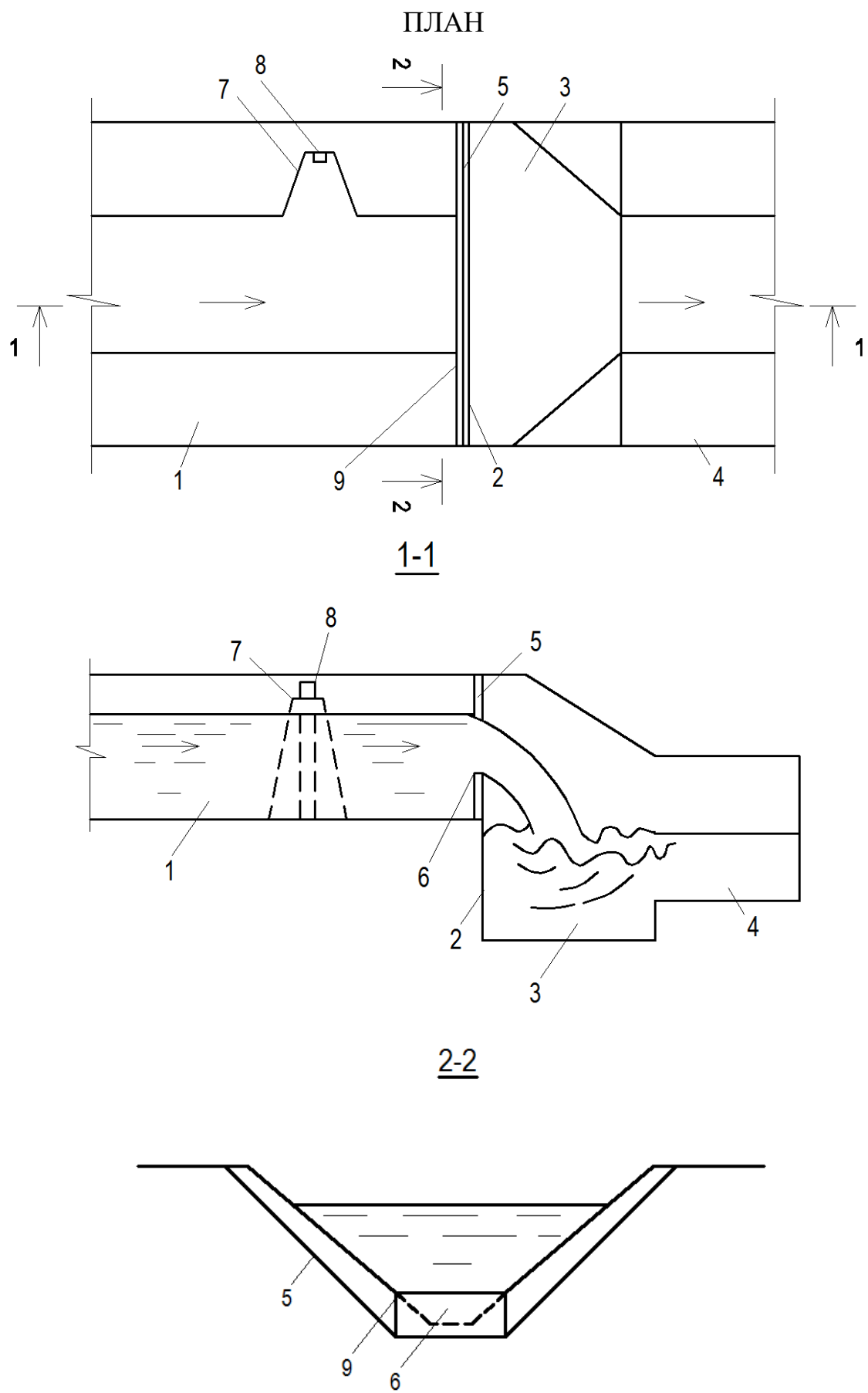


Рис. 9.20. Водомерное сооружение с водосливом на уступе перепада.

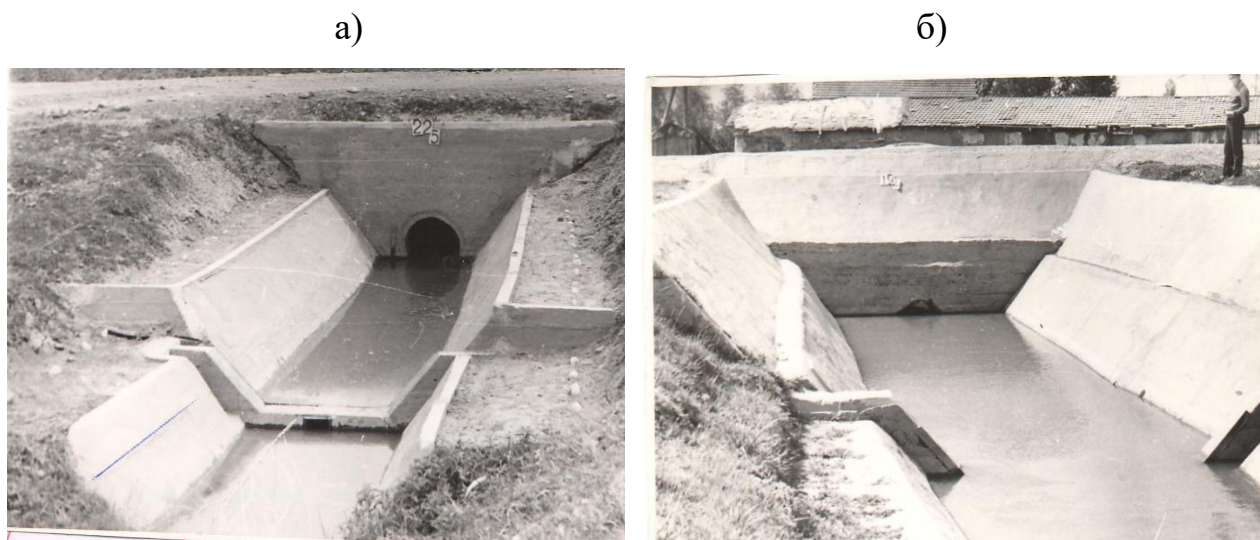
Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане подводящий канал 1, перепад 2, колодец-гаситель 3, отводящий канал 4, стационарный водослив трапецеидального сечения 5, съемный щит 6, береговой ковш 7, с равномерной рейкой 8. Щит 6 вместе гранями водослива 5 образует новый водослив 9, которым измеряются расходы воды, протекающей через него. При измерении нуль рейки устанавливается на уровне порога нового водослива 9.

Водомерное сооружение работает следующим образом. При подаче воды на сооружение, в верхнем его бьефе происходит накопление воды, которая, по мере увеличения ее глубины, начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9. С момента, когда подаваемая на сооружение вода полностью начинает сбрасываться в нижний бьеф через водослив 9, приступают к измерению расходов воды. Для этого по равномерной рейке 8 измеряется напор воды над водосливом 9 и по его величине по графику $Q=f(H)$ определяется расход воды. Благодаря перепаду 2, водослив 9 будет работать только при свободном режиме истечения, что благоприятно отразится на метрологические показатели водомера. По мере заиливания наносами верхнего бьефа, эти наносы смываются потоками воды при снятом щите 6. После промыва наносов, щит 6 устанавливается на месте и приступают к измерению расходов воды заново. При этом, в соответствии с МИ 2122-90, учет воды осуществляется без индивидуальной градуировки водослива (он стандартизирован), что положительно скажется на эксплуатационные показатели водомера.

Эффективность предложенного водомера будет заключаться в улучшении метрологических характеристик и условий эксплуатации сооружения, а также снижение стоимости его строительства.

9.3.8. Водомеры с гидравлической промывкой наносов

Эксплуатация сооружений с водосливами показывает, что верхний их бьеф заиливается наносами, отрицательно сказываясь на точности учета измеряемых расходов воды. Чтобы не прерывать подачу воды в период вегетации (при ручной очистке), очистку верхнего бьефа от наносов рационально проводить гидравлическим способом. В настоящем такая промывка осуществляется через отверстия (рис.9.21), предусмотренные в нижней части диафрагмы. Однако, данное решение оказалось не эффективным и, мало того, приводило к большим техническим потерям воды.



*Рис.9.21. Водомерные сооружения на отводах из ЗБЧК
а – одним наносопромывным отверстием; б – тоже с двумя отверстиями.*

Для создания условий промыва наносов разработано сооружение приведенное на рис.9.22 (Патент №1397 КГ 2010 [101]), которое включает подводящий 1 и отводящий 2 участки канала, диафрагму 3, водослив с тонкой стенкой 4, наносопромывное отверстие 5, береговые упоры 6 для запорного устройства (щитка) 7. Запорное устройство 7 размещено в конце наносопромывного отверстия 5. Длина наносопромывного отверстия l принимается как $l=(0,8-1,0)b_k$, его высота, в зависимости от P_1 может назначаться как 0,1-0,3 м.

При чистом от наносов подводящего участка 1 водотока наносопромывное отверстие 5 перекрывается запорным устройством 7. Тогда вся вода из подводящего участка 1 водотока направляется на водослив 4, протекая через который, она поступает в отводящий 2 канал. При протекании воды через водослив – определяется ее расход по измеренному напору над порогом водослива.

По мере заиления верхнего бьефа наносами, производится его очистка, что осуществляется путем поднятия запорного устройства 7.

В этом случае производится сброс воды из верхнего бьефа сооружения через наносопромывное отверстие 5 в его нижний бьеф, вместе с этой сбросной водой промываются и наносы. После промывки запорное устройство 7 опускается, вода набирается в верхнем бьефе сооружения и, по мере переливания через водослив, осуществляется измерение ее расхода.

Эффективность водомерного сооружения заключается в измерении всего расхода воды, поступающего на сооружение, не допуская при этом утечки воды из-под диафрагмы водослива. Кроме того, применение запорного устройства облегчит условие промыва наносов через наносопромывное отверстие сооружения.

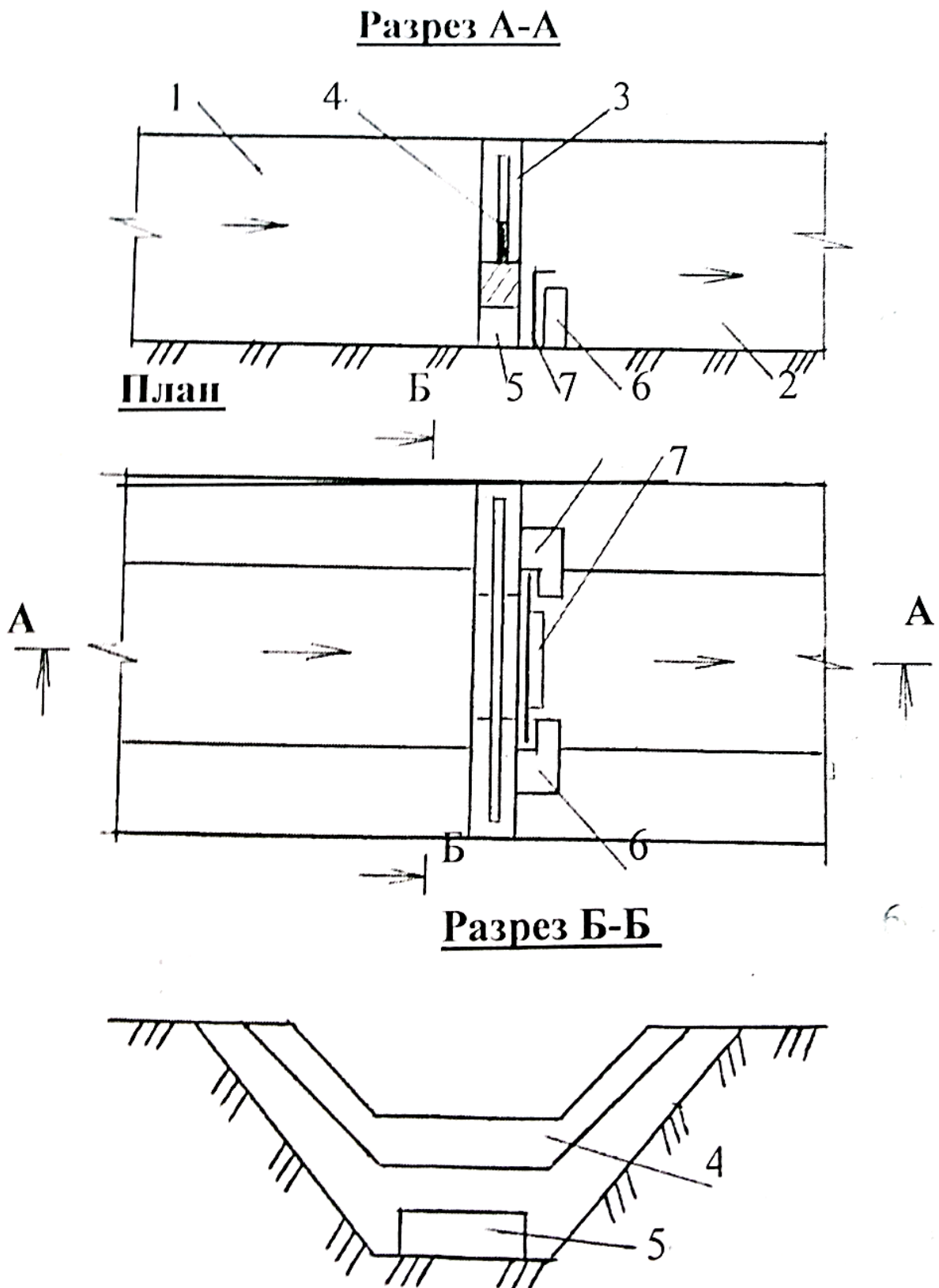


Рис. 9.22. Схема водомерного сооружения со щитом.

На рис.9.23 приведена еще одна компоновка водомера, на котором промыв наносов осуществляется также гидравлическим способом.

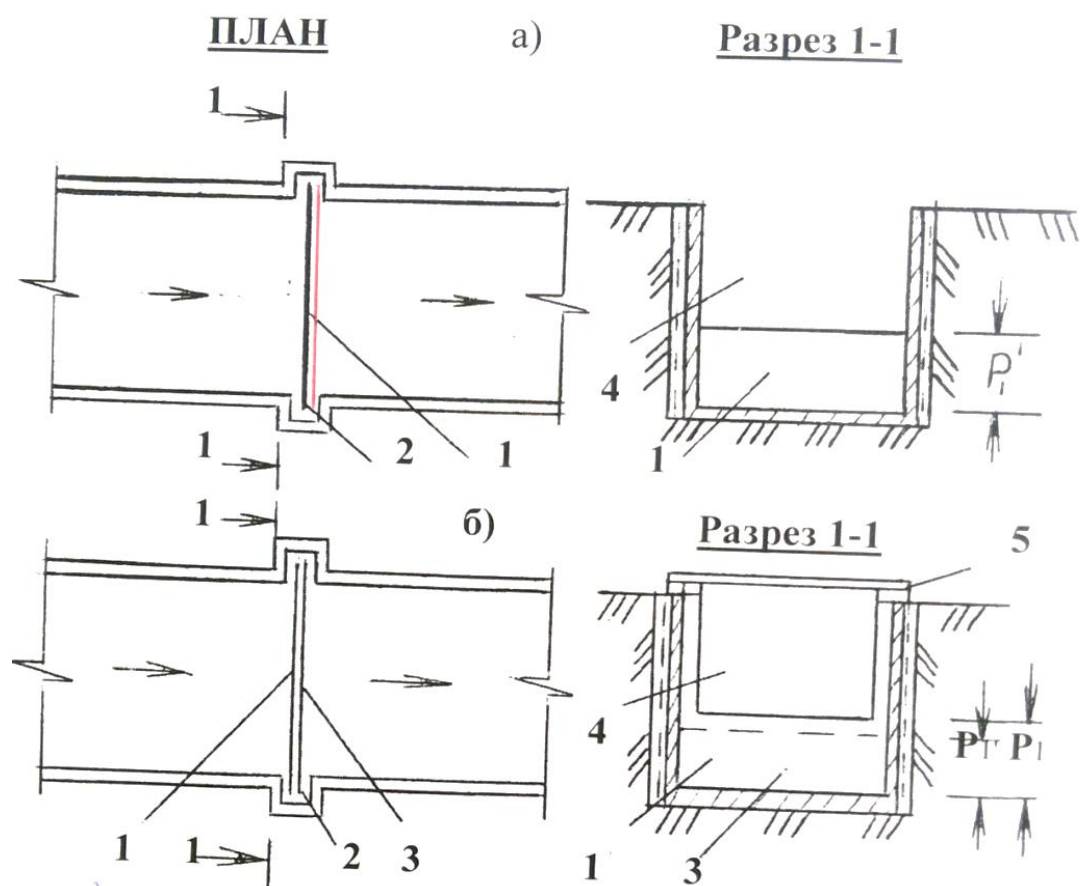


Рис. 9.23. Схема водомерного сооружения со съёмным водосливом (а) и с регулируемой высотой порога водослива (б): 1-водослив; 2-пазы; 3-щит; 4-водопрпускное отверстие; 5-ручной привод.

Здесь хочется отметить, что и водомерное сооружение с регулируемой высотой порога водослива (рис.9.13 и 9.14), и подъемный водослив (рис.9.18) представляют практический интерес и заслуживают широкого внедрения их в производство. К изложенному следует привести следующее важное добавление – при компоновке водослива в составе водомерного сооружения, он (т.е. водослив) может выполняться:

- с нерегулируемым по высоте порогом водослива, но съёмным;
- с регулируемым по высоте порогом водослива.

Компоновка водомеров с такими исполнениями водосливов приведена на рис. 9.23. Водомеры по такой компоновке состоят из водослива с тонкой стенкой 1, пазов 2 в стенах канала, щитка 3 и прямоугольного водопрпускного отверстия 4. Кроме того, водомеры должны включать успокоительные колодцы с рейками (они на рис. 9.23. не показаны), щит 3, также как водослив 1, подвижный. На сооружении, приведенном на рис. 9.23а, решаются две задачи:

- измерение расхода воды, в этом случае водослив в виде щита находится в нижнем положении;

- осуществление промывки наносов из верхнего бьефа в нижний (в этом случае водослив в виде щита находится в приподнятом состоянии). После промывки наносов водослив в виде щита опускается на дно канала, после чего, по мере заполнения верхнего бьефа водой, осуществляется измерение расходов воды.

На сооружении, приведенном на рис. 9.23б, решаются те же задачи, что на рис. 9.23а. Однако, на этом сооружении, в целях создания условий для перевода затопленного режима истечения в свободный, предлагается выполнить порог водослива регулируемым по высоте. Для этого водослив выполнен из двух частей: верхнего щитка с водопропускным отверстием (водосливом) и нижнего щитка 3. Эти щитки подвижные, чем обеспечиваются:

- регулирование высотой порога водослива во избежание подпора со стороны нижнего бьефа;

- промывание наносов, которое производится из верхнего бьефа в нижний при поднятых верхнего 1 и нижнего 3 щитках.

Показанные на рис. 9.23. сооружения, разработанные применительно к каналам прямоугольного сечения, могут быть применены и на каналах с трапецеидальным сечением.

9.3.9. О прямоугольном водосливе

Из имеющихся водосливов, стандартизированы водосливы треугольного, трапецеидального и прямоугольного поперечных сечений. Однако, применяются они неодинаково. Так, в нашей республике для измерения расходов воды в каналах используются только водосливы трапецеидального сечения. Что же касается прямоугольного водослива, то по непонятным причинам им совсем не пользовались. Так, до наших разработок не было ни одного водомера с прямоугольным водосливом. И это несмотря на то, что он имеет ряд преимуществ перед другими водосливами.

Так, если проанализировать условия применимости водосливов (по их параметрам, кинетичности потока и т.д.), приведенных в нормативном документе МИ 2122-90 [112], то вытекает, что пределы применимости прямоугольного водослива гораздо шире, чем у трапецеидального. Кроме того, по данным различных литературных источников, треугольный водослив применяется для пропуска до 0,5 м³/с воды, трапецеидальный – до 6 м³/с, а прямоугольный – до 8 м³/с. Иначе говоря, и здесь преимущество прямоугольного водослива очевидно, так как может применяться не только для пропуска обычных, но и больших расходов воды. Наконец, проведена проверка пропускной способности трапецеидального (Чиполетти) и прямоугольного (Базена) водосливов. Данные гидравлического расчета (при ши-

рине водосливов 1,0 м и одинаковых площадей «живых сечений» потоков на водосливах) показали, что пропускная способность прямоугольного водослива превышает пропускную способность трапецеидального водослива [193]. Причину не внутренности прямоугольного водослива не следует искать в сложности формул Базена, так как они были упрощены в СССР и новый (простой) их вариант приведен в нормативном документе МИ 2122-90 и в книгах [139, 155].

В соответствии с МИ 2122-90, водосливы всех видов должны работать в свободном режиме истечения. Однако, на практике встречаются часто водомеры с водосливами, работающие не только в подтопленном, но и затопленном режимах истечения.

В таких случаях, в целях нормализации работы водосливов или что тоже – обеспечения работы водомеров в свободном режиме истечения прибегают к наращиванию порога водосливов, например, на 150-500 мм. Такое наращивание приводит к тому, что:

а) на водосливе с трапецеидальным сечением – увеличивается ширина водослива и на ее новое значение – определяется пропускная способность водомера и заново проводится аттестация гидропоста, с затратой определенных денежных средств;

б) на прямоугольном водосливе – его ширина остается постоянной, следовательно, остаются в силе ранее проведенные работы по определению пропускной способности водомера и по его аттестации.

Иначе говоря, даже при наращивании порога водосливов проявляются преимущества прямоугольного водослива перед трапецеидальным.

Далее: если прямоугольный водослив может без труда устанавливаться как на каналах с прямоугольным, так и трапецеидальным поперечными сечениями, то, как показывает опыт строительства водомеров, трапецеидальный водослив устанавливается только на каналах с трапецеидальным поперечным сечением. Иначе говоря, область применимости прямоугольного водослива и здесь шире, чем у трапецеидального водослива.

Наконец, проведена оценка и по металлоемкости и стоимостным показателям водосливов. Она показала, что прямоугольный водослив менее металлоемкий, чем трапецеидальный, а это, в свою очередь, положительно сказывается на стоимости изготовления прямоугольного водослива.

Выше изложенные указывают на то, что прямоугольный водослив, по сравнению с трапецеидальным, обладает широким диапазоном применимости, повышенной пропускной способностью, менее металлоемкий, простой и дешевый в изготовлении, не проводится повторная аттестация при наращивании высоты его порога, что указывает на целесообразность широкого его применения как средства для измерения расходов воды.

Несмотря на изложенное, при применении водосливов как средства для измерения расходов воды стремились использовать только трапециевидальные водосливы, оставив без внимания прямоугольные водосливы. Как это отмечалось ранее, до последнего времени не было ни одного водомера с прямоугольным водосливом. И лишь в последнее время, благодаря нашим усилиям, стали применяться прямоугольные водосливы (табл. 9.3.) и то – в качестве экспериментальных сооружений.

Таблица 9.3.

Характеристика экспериментальных водомеров с прямоугольными водосливами

| Наименование канала и системы | Параметры канала | | | | | Параметры водослива | | |
|--|------------------|------|----------------------|--------|----------------------|---------------------|------|-----------|
| | b, м | m | Q, м ³ /с | I | H _{стр} , м | l, м | a, м | P, м |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Водомеры с постоянным порогом водослива | | | | | | | | |
| Р-9 прямо ЗБЧК | 2,2 | - | 1,4 | - | 1 | 2,97 | 0,7 | 0,37 |
| Р-4 БТК | 1,4 | 1 | 0,47 | 0,002 | 0,75 | 1,2 | 0,5 | 0,1 |
| Медетбек р. Талас | 1 | 1 | 0,25 | 0,006 | - | 1 | 0,6 | 0,1 |
| Мырзабек р. Талас | 1 | 1 | 0,243 | 0,006 | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| Водомер со съёмным водосливом | | | | | | | | |
| Р-7-13 АМК | - | - | 1 | - | - | 1,2 | 0,6 | 0,55 |
| Водомеры с регулируемой высотой порога водослива | | | | | | | | |
| Новотроицкий ЛМК | 1,7 | 0 | 0,71 | 0,0008 | - | 1,5 | 0,6 | 0,3-0,6 |
| Р-9-05 АМК | 0,9 | 1,5 | 0,5 | - | - | 1,4 | 0,5 | 0,3-0,55 |
| Р-8-08 АМК | 1,4 | 0,61 | 0,35 | - | - | 1,2 | 0,45 | 0,3-0,55 |
| Р-9 правый АМК | 1 | 0 | 0,5 | - | - | 1,37 | 0,4 | 0,35-0,65 |
| Р-10 левый АМК | 1 | 1 | 0,3 | - | - | 1,6 | 0,4 | 0,4-0,7 |
| Х-3-2 СМК | 1,05 | 1,35 | 0,7 | - | - | 1,8 | 0,4 | 0,3-0,6 |
| Затвор-водомер с регулируемой высотой порога водослива | | | | | | | | |
| Совхоз-7 ЛМК | 1 | 0 | 0,26 | - | 0,85 | 1 | 0,4 | 0,9-1,3 |
| Х-3-11 Совхозный | 0,54-0,85 | 0 | 0,29 | - | - | 1 | 0,4 | 0,45-0,9 |

При этом были построены как водосливы с постоянными порогами, так и с регулируемой по их высоте; один водомер построен со съёмным водосливом и два – водомеры-регуляторы с регулируемой по высоте порогами водосливов.

Для водосливов с регулируемой высотой порогов разработан нормативный документ [80], который позволяет применять разработанные водосливы на практике - в качестве средств для измерения расходов воды.

9.4. Водомерные сооружения типа «Насадок»

В гидрометрии подпорный и подпорно-переменный режимы истечения (в дальнейшем «подпорный») относятся к категории нежелательных гидравлических явлений, так как под их влиянием:

- уменьшается пропускная способность водомерных сооружений;
- ухудшаются метрологические характеристики расходомеров и, в том числе, точность измеряемых расходов воды;
- осложняется эксплуатация сооружений, так как появляется необходимость в дополнительном (при этом частом) перерегулировании и измерении расходов воды при водораспределении.

Опыт эксплуатации водомерных сооружений, построенных на оросительных системах республики, свидетельствуют о том, что подпорные режимы возникают на:

- а) гидростехах типа «фиксированное русло», когда они функционируют на каналах с земляным руслом и малым уклоном дна;
- б) водомерных сооружениях типа «водослив», когда они:
 - функционируют на каналах с земляным руслом и малым уклоном дна;
 - размещены выше водораспределительных сооружений (водовыпусков, вододелителей) на незначительном расстоянии от них;
 - имеют малую и нерегулируемую высоту порогов водосливов;
- в) водомерах типа «лотки» (Вентури, Паршала и др.), когда они размещаются на водотоках с земляным руслом и малым уклоном дна.

Причинами возникновения подпорных режимов истечения на указанных сооружениях являются:

- заиление и зарастание отводящих (от гидростехов) в земляном русле каналов;
- подпоры, возникшие при перераспределении расходов воды на водораспределительных сооружениях, размещенных в нижнем бьефе водомеров.

Следует отметить, что благодаря именно этим подпорам, многие действующие сооружения республики (при метрологической их аттестации) признаны негодными к использованию в качестве средств для измерения расходов воды. Однако, это не говорит о том, что в условиях подпоров не могут вестись работы по учету водных ресурсов. В республиках бывшего Союза было разработано множество компоновок и конструкций водомер-

ных сооружений, направленных для их использования при строительстве гидростов в зонах возможного возникновения подпорных явлений. В связи с изложенным, задачей дальнейших исследований было то, чтобы из многообразия конструктивных решений отобрать наименее материалоемкие, простые и дешевые при строительстве и удобные в эксплуатации сооружения, с расширенными возможностями их применения на оросительных системах республики. Результаты работ, проведенных по указанным направлениям, подробно приведены в [139, 155]. В них приведены и результаты совершенствования и испытания водомера типа «Насадок», принятого нами в качестве перспективного водомерного сооружения. Ниже приводятся разработанные сооружения.

Следует отметить, что при истечении воды из-под диафрагмы, ее расход можно было бы определить путем градуировки водопропускного отверстия по методу «скорость-площадь». Однако, такое решение не нашло практического применения в основном из-за того, что щитовые водомеры трудно поддаются градуировке из-за сложности гидравлики потока в нижнем бьефе: после вытекания воды из-под щита происходит сжатие потока по глубине (h_c), затем глубина потока возрастает (рис. 9.24.), течение потока - не параллельноструйное. При этом величина (h_c) меньше, чем высота водопропускного отверстия - a .

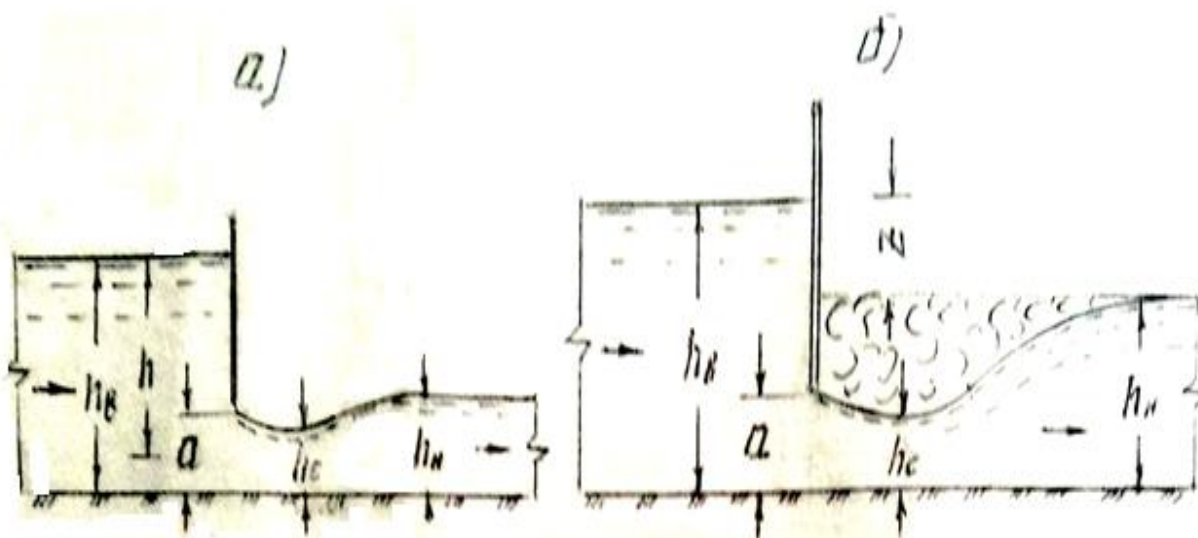


Рис. 9.24. Свободное (а) и затопленное (б) истечения из-под щита.

Основные требования, предъявляемые при градуировке щитовых водомеров, должны заключаться в следующем:

- течение потока при выходе воды из-под щита должно быть параллельноструйным;

- погонные расходы по длине водопропускного отверстия должны быть одинаковыми.

При соблюдении этих условий, щитовые (диафрагмовые) водомеры могут быть отградуированы по методу «скорость-площадь» и приняты в качестве рабочих средств для измерения расходов воды.

Одна из возможных схем водомерных сооружений типа «диафрагма», разработанная применительно к подтопленному режиму истечения, приведена на рис. 9.25 (Патент №129 КГ. 2010 [99]). Данное водомерное сооружение состоит из подводящего 1 и отводящего каналов 2, углубления в дне сооружения 3, диафрагмы 4, водопропускного отверстия прямоугольного сечения 5 без боковых и донных струй 5, уравнивающих реек 6 и 7 (на данной схеме они прикреплены к стенкам диафрагмы) в верхнем и нижнем бьефах.

Цифрой 8 показана линия сопряжения дна сооружения с откосом канала. Длина водопропускного отверстия соответствует ширине канала по дну, а высота определяется расчетом, исходя из целесообразности пропуска максимальных расходов воды.

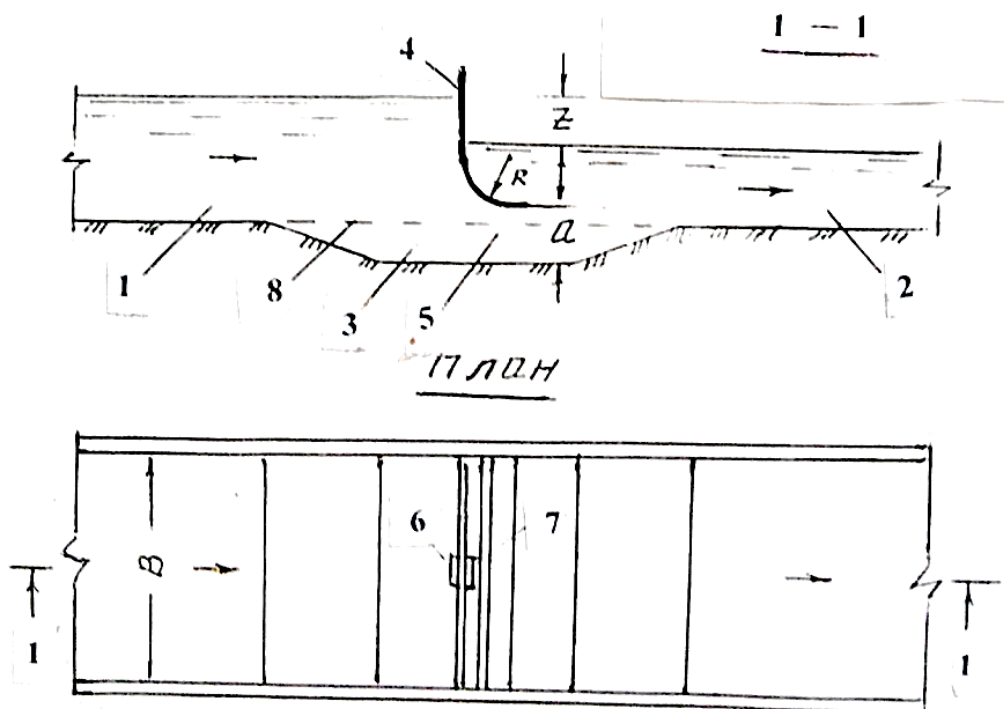


Рис. 9.25. Водомер типа «Насадок» с прямоугольным сечением.

Углубление в дне канала предусмотрено для обеспечения подтопления водопропускного отверстия при прохождении по сооружению минимальных расходов воды.

Данное сооружение работает следующим образом. Поток воды по каналу 1 поступает на углубление в дне сооружения 3, затем заполняет канал,

где устанавливаются необходимые уровни воды до и после щита (диафрагмы) 4. Процесс определения расхода воды заключается в измерении напора Z и по нему - расчета пропускной способности сооружения.

Следует отметить, что предложенное сооружение, имеет узкое применение – только при подтопленном водопропускном отверстии; кроме того, задержка крупных фракций наносов в углублении на дне канала не позволяет полностью перекрыть водопропускной пролет сооружения.

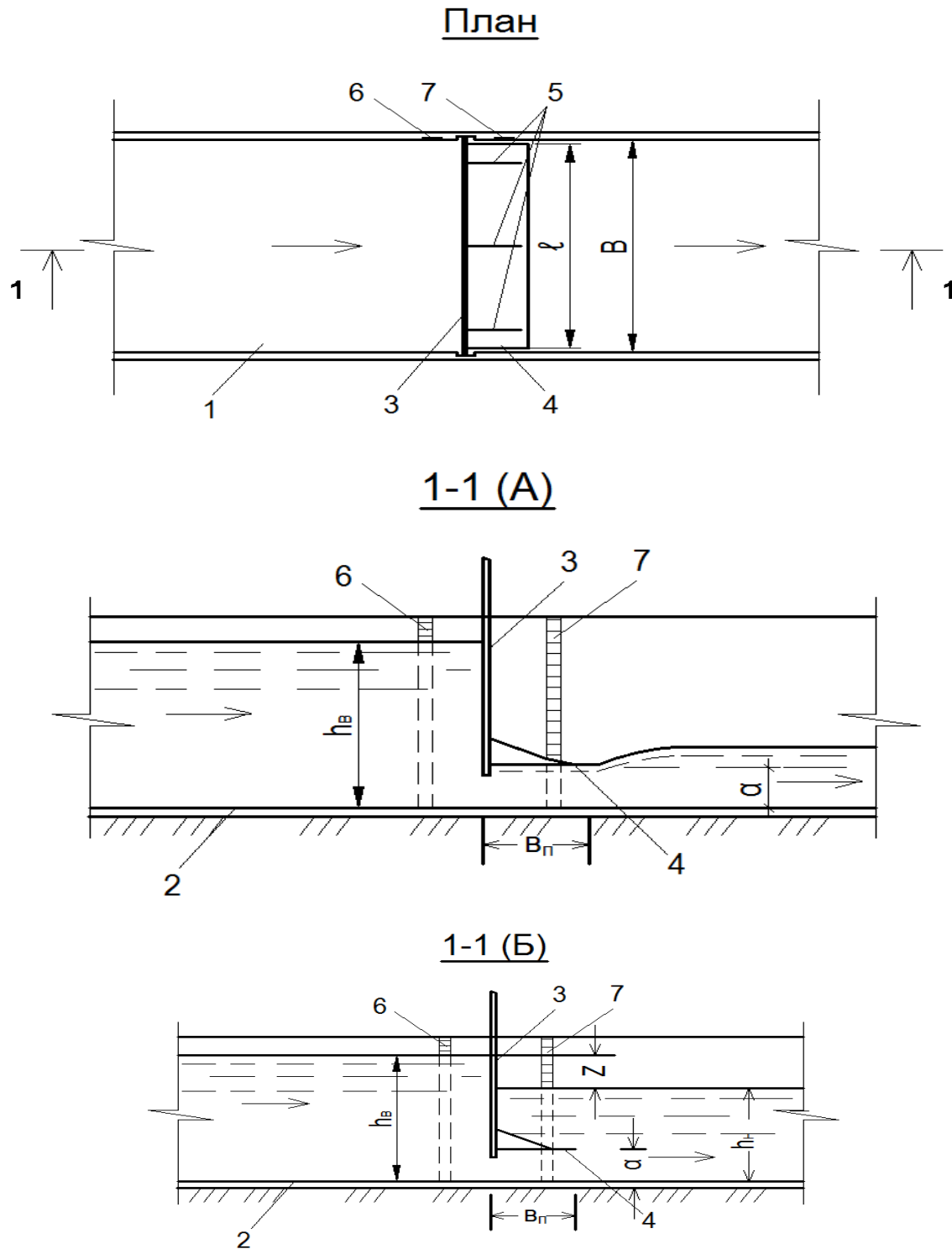


Рис. 9.26. Водомер типа «Насадок» с прямоугольным сечением.

Дальнейшее совершенствование конструкций водомеров привело к разработке сооружения, приведенного на рис. 9.26. (Патент №179 КГ. 2011 [98]).

Этот водомер содержит прямолинейный в плане измерительный участок 1, с прямолинейным продольным профилем его дна 2, щит 3, полки 4, косынки 5 и уровномерные рейки 6 и 7. При разработке этого водомера ставилась задача – разработка устройства, обеспечивающего работу сооружения как при свободном, так и при подтопленном режимах истечения водопропускного отверстия, а также создание условий для измерения расхода воды путем градуировки самого водомера. И эта задача была решена благодаря тому, что к щиту, установленному на канале с прямолинейным продольным профилем дна, с нижнего бьефа, несколько выше нижней его кромки прикреплена горизонтальная полка, перемещаемая вместе со щитом в вертикальной плоскости водомера [98].

Данное водомерное сооружение работает следующим образом.

В случае отсутствия подпора с нижнего бьефа, т.е. при свободном режиме истечения [разрез 1-1 (А)], щит опускается до того, пока водопропускное отверстие под полкой начинает работать полным сечением. После этого фиксируется уровень воды в верхнем бьефе водомерной рейкой 6 и измеряется действующий напор H , по которому впоследствии определяется расход воды по отградуированному графику $Q=f(H)$. При наличии подпорного режима истечения [разрез 1-1 (Б)], возникающего под влиянием водоподпорного сооружения, расположенного в нижнем бьефе, или из-за заиления и зарастания отводящего в земляном русле канала, приводится фиксация уровней воды в бьефах по рейкам 6 и 7, по показаниям которых определяется действующий напор Z и по нему – расход воды, используя в этом случае, отградуированный график $Q=f(Z)$.

Эффективность предложенного водомера будет заключаться в улучшении метрологических характеристик и условий эксплуатации такого сооружения, а также снижение стоимости строительства водомера, применив его на одном и том же объекте при возникновении на нем различных режимов истечения воды.

Водомер типа «Прямоугольный насадок» (рис.9.26) впервые был внедрен на Р-10 левый распределителя Р-10 ЗБЧК [139]. Этот отвод был оснащен водомером типа «Фиксированное русло» (рис.9.27), трасса отвода проходит почти параллельно горизонталям, к тому же он имеет обратный уклон. Также негативные условия затрудняли учет воды на гидропосту, к тому же он постоянно заиливался наносами. При такой ситуации, в целях улучшения учета воды, служба эксплуатации Сокулукского отделения ЧГБУВХ приняла решение щит в голове Р-10 левый использовать в качестве диафрагмы с закругленным нижним концом и горизонтальной полкой.

Решение было осуществлено в жизнь, водомер типа «Прямоугольный насадок» был отградуирован и он, вот уже в течение ряда десятилетий, используется в качестве средства для измерения расходов воды.

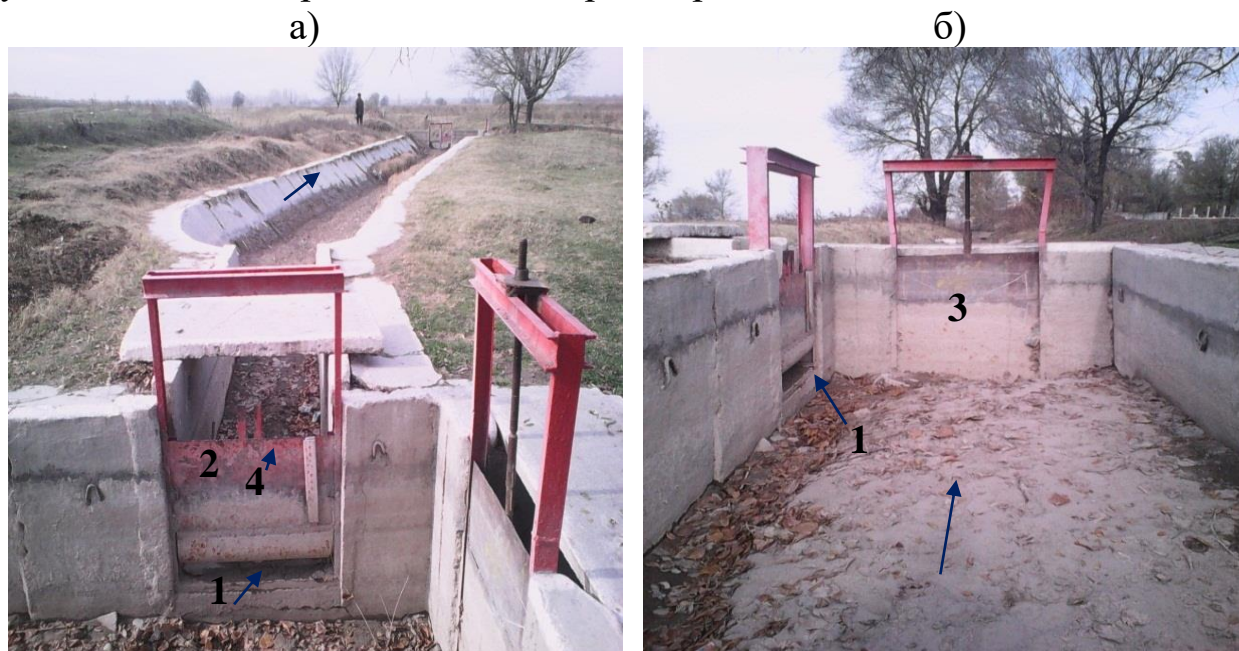


Рис.9.27. Водораспределительный узел на Р-10 ЗБЧК (вид с верхнего бьефа). а – отвод Р-10 левый; б – отвод Р-10 прямой. 1 – вход в прямоугольный насадок; 2 – щит в голове отвода Р-10 левый; 3 – щит в голове отвода Р-10 прямой; 4 – уровнемерная рейка.

Он аттестован, работает как при свободном, так и подтопленном режиме истечений. Конечно, трудно верится, что такой простой водомер типа «Прямоугольный насадок», заменив дорогостоящего гидропоста типа «Фиксированное русло», справляется с поставленной перед ним задачей. Да, справляется. Еще как.

Проверка работоспособности разработанного водомера (рис.9.26) приводилась также на сооружении, построенном на Р-12-12 ВБЧК. Существующий гидропост типа «Фиксированное русло» (рис.9.28а) работал в сложных режимах течения – в равномерном, с переходом в подпорный, причем переменного характера. Этому способствовали заиление и зарастание отводящего в земляном русле канала, а также наличие на нем в нижнем бьефе водораспределителя, создающего подпор при распределении воды между двумя отводами.

Для улучшения учета воды на Р-12-12 ВБЧК был построен водомер типа «Прямоугольный насадок» (рис.9.28б).

На построенном сооружении, отнесенном к категории экспериментального, верхняя часть диафрагмы изготовлена в виде плиты из железобетона, нижняя – из листового железа, при этом нижняя часть насадка:

- закреплена к верхней при помощи болтов;
- выполнена так, что ею регулировалась высота водопропускного отверстия напорного водовода – прямоугольного насадка.

а)

б)

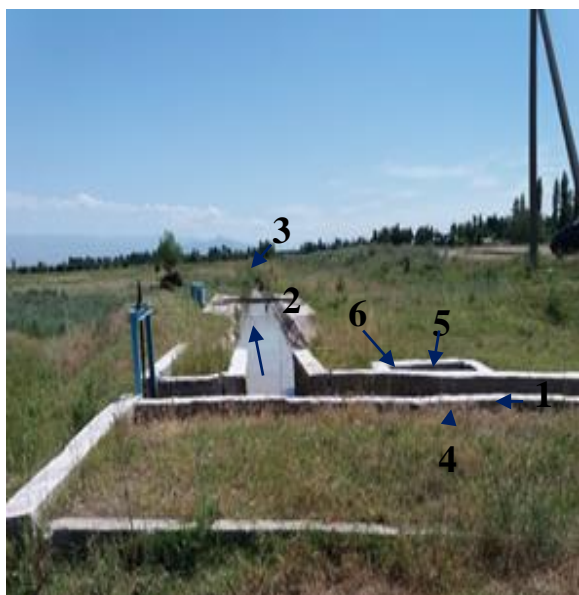


Рис. 9.28. Водомерные сооружения типов «Фиксированное русло» (а) и «Прямоугольный насадок» (б) на Р-12-12 системы ВБЧК.

1 – прямоугольный участок канала; 2 – гидрост типа «Фиксированное русло»; 3 – отводящий канал в земляном русле; 4 – измерительный створ; 5, 6 – уровнемерные колодцы; 7 – водомер типа «Прямоугольный насадок».

Такое конструктивное выполнение диафрагмы позволило изучить пропускную способность сооружения при различных открытиях (высотах) водопропускного отверстия насадка.

Результаты исследований – положительные, они опубликованы вместе с рекомендациями по его возведению в работах [135,154].

В 2003 году на этом сооружении побывали участники семинара – учебы (рис.9.29), которые, после детального ознакомления с работой прямоугольного насадка, пришли к заключению, что:

- данный водомер может использоваться в качестве средства для измерения расходов воды;
- есть целесообразность реконструкции ряда сооружений на водомер типа «Прямоугольный насадок» (эти заключения отражены в протоколе семинара - учебы).

Данное сооружение было отградуировано, аттестовано и принято в качестве средства для измерения расходов воды. К сожалению, оно проработало лишь несколько лет и вырвано трактором водопользователями, не заинтересованными в точности учета получаемой им воде.



Рис. 9.29. Участники (представители 10 отделений УМРК ЧД и Иссык-Атинского РУВХ) семинара-учебы на водомерном сооружении с прямоугольным насадком (1) на Р-12-12.

Водомерное сооружение, приведенное на рис.9.26, изготавливается из металла, так как все его составные части – рама, подъемные устройства, щит и другие – состоят из металла. Изготовленный из металла водомер – легче эксплуатируется, качество учета воды на нем – высокое. Однако, из-за дефицита металла, работники служб эксплуатации предпочитают такие сооружения, возводить из бетона. При такой ситуации задачей следующего совершенствования водомера было снижение металлоемкости в сравнении с предыдущим.

Поставленная задача решалась тем, что водомерное сооружение (рис.9.30) [193], содержащее канал с прямолинейным продольным профилем дна, диафрагмы, водомерные колодцы и рейки, горизонтальную перекрывающую полку, дополнительно оснащено размещенным в нижней части диафрагмы прямоугольным водопропускным отверстием, расположенными по бокам водотока в нижнем бьефе двумя вертикальными стенками с выполненными пазами в верхней их части, примыкающей к диафрагме, при этом горизонтальная перекрывающая полка выполнена Г-образной формы с возможностью перемещения в пазах по высоте между вертикальными стенками и диафрагмой.

Диафрагма и низкие боковые стенки возводятся из подручного материала – бетона, а уложенная Г-образная горизонтальная перекрывающая полка – может изготавливаться как из металла, так и из досок. Горизонтальная перекрывающая полка выполняется регулируемой по высоте, чем обеспечивается пропуск различных (от максимального и до минимального) расходов воды через напорное водопропускное отверстие водомера. При каждом положении полки пропускная способность сооружения будет от-

градуирована по методу «скорость-площадь», а расход воды определяется по формуле.

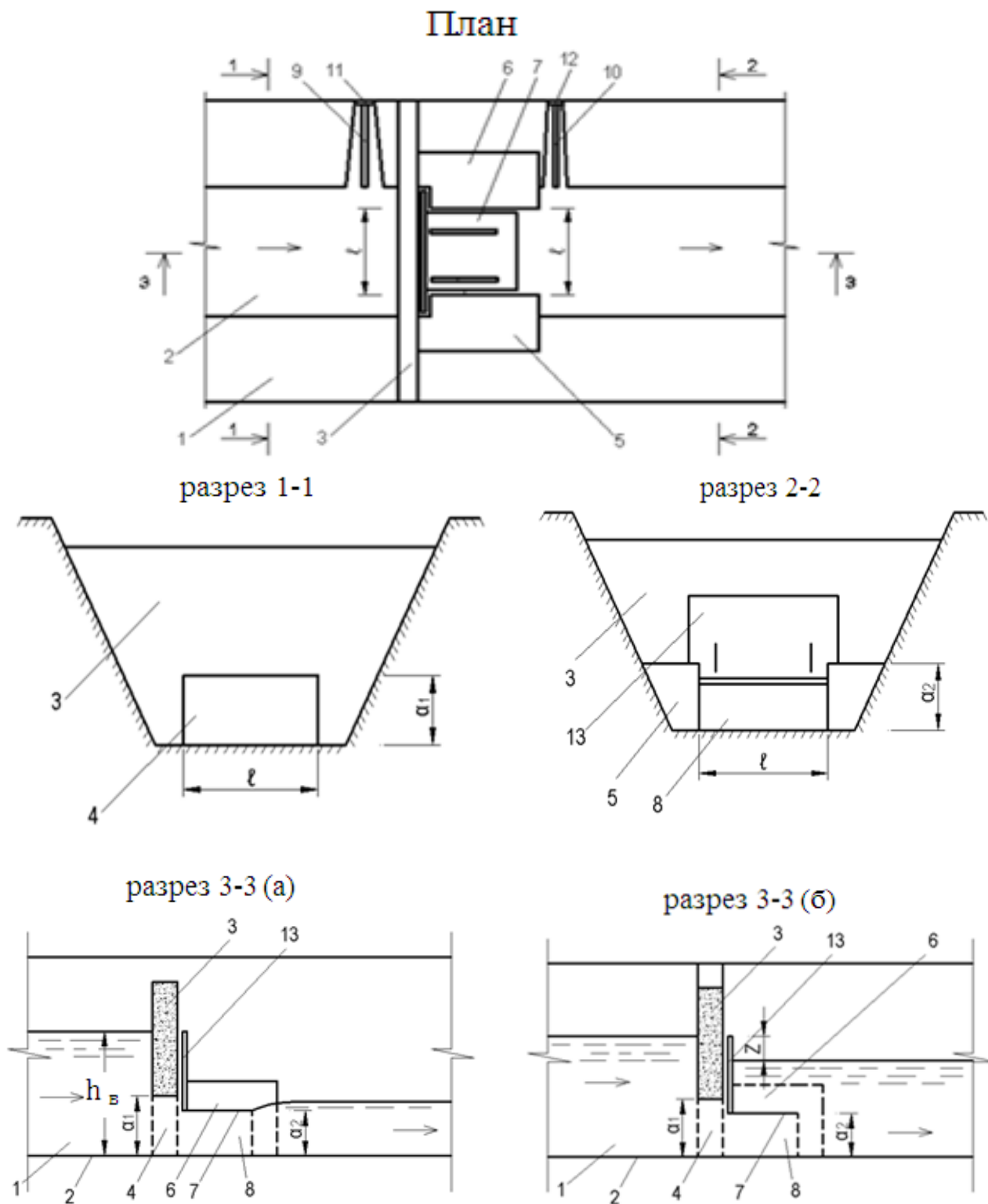


Рис. 9.30. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок».

При градуировке водомера измеряются действующие напоры: h - при свободном режиме истечения и Z - при подпорном режиме истечения. За-

тем строятся графики зависимостей $Q_{и} = f(h)$ и $Q_{и} = f(Z)$, по которым определяются расходы воды при измеренных напорах h и Z .

На рис. 9.30 (Патент №220 KG. 2020 [193]) приведено водомерное сооружение в плане, в разрезе 1-1 показан водомер с верхнего бьефа без воды, на в разрезе 2-2 показан водомер с нижнего бьефа без воды, на в разрезе 3-3 (а) показано при свободном режиме истечения водопропускного отверстия и в разрезе 3-3 (б) – при подпорном режиме истечения.

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане измерительный участок 1 с прямолинейным продольным профилем его дна 2, диафрагму 3 с прямоугольным водопропускным отверстием 4 в нижней ее части, двух низких стенок 5 и 6, размещенных по бокам водотока в нижнем бьефе, уложенной Г-образной полки 7, перемещаемой по высоте между стенками 5 и 6, при этом полкой 7 создается напорное и параллельноструйное течение воды в водотоке 8, успокоительные колодцы 9 и 10, а также уровнемерные рейки 11 и 12. При работе водомера – прекращение подачи воды в водопроводящий тракт 8 достигается перекрытием отверстия 4 вертикальной частью 13 полки 7.

Водомерное сооружение работает следующим образом.

При свободном режиме истечения (рис. 9.30. разрез 3-3 (а)) полка опускается до того, пока водопропускное отверстие под полкой начнет работать полным сечением. После этого фиксируется уровень воды в верхнем бьефе водомерной рейкой 11 и измеряется действующий напор h , по которому впоследствии определяется расход воды по отградуированному графику $Q_{и} = f(h)$. При наличии подпорного режима истечения [рис. 9.30. разрез 3-3 (б)], возникающего из-за заиления и зарастания отводящего в земляном русле канала, проводится фиксация уровней воды в бьефах по рейкам 11 и 12, по показаниям которых определяется действующий напор Z и по нему – расход воды, используя в этом случае отградуированный график $Q_{и} = f(Z)$.

На описанном водомере площадь водопропускного отверстия напорного водовода регулируется вертикальным сжатием потока путем поднятия или опускания Г-образной полки, которая обеспечит нормальную работу сооружения, создав напорный режим и параллельноструйное течение воды в водоводе.

Наравне с описанным водомером, могут быть применены и другие. В частности, на рис. 9.31. (вид с нижнего бьефа) приведены две компоновки водомера типа «Прямоугольный насадок», в соответствии с которыми водомеры изготавливаются только из одного строительного материала – бетона. При этом водопропускной водовод в первом случае (рис. 9.31 а) сужается вертикальным сжатием, а во втором (рис. 9.31. б) – боковым сжатием.

Водомеры на рис.9.31, также как на ранее приведенные, состоят из диафрагмы 1, напорного водовода 2 и регулирующих высоту напорного водовода элементов. На рис. 9.31а – боковые низкие стенки напорного водовода возводятся из железобетонных плит, толщиной 5см, а верх самого напорного водовода – выполняется в виде блока Г-образной формы. Ширина этого блока соответствует ширине горизонтальной полки, а высота – $H_2=(1,0-1,2)a_1$, где a_1 – высота водопропускного отверстия в начале напорного водовода.

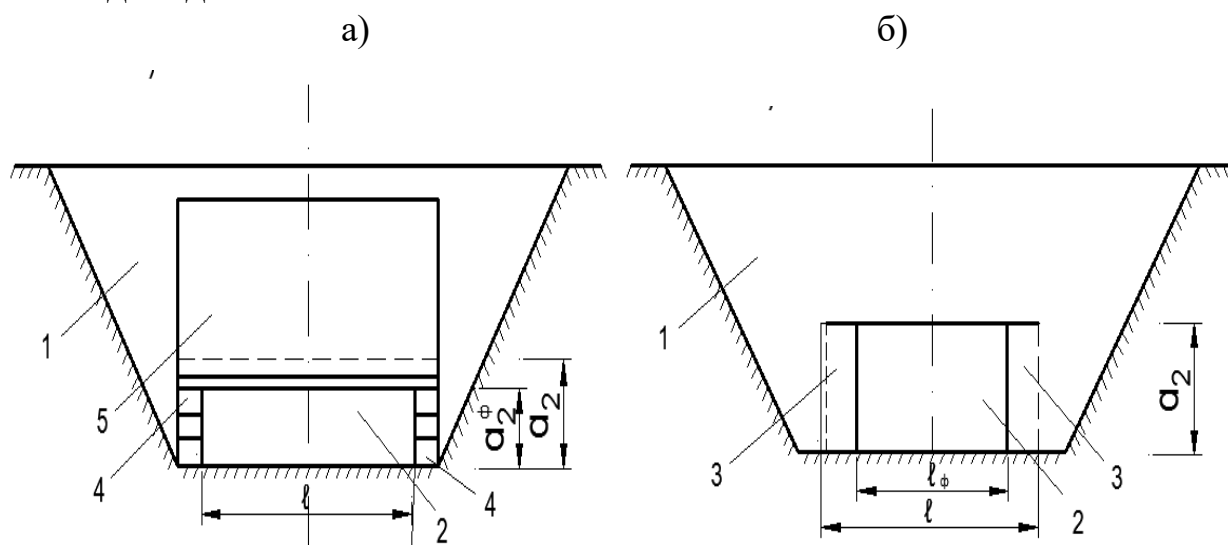


Рис. 9.31. Схемы вертикального (а) и горизонтального (б) сужения напорного водопропускного отверстия водомера (вид с нижнего бьефа).

1 – диафрагма; 2 – водопропускной водовод; 3 и 4 – блоки;
5 – Г-образный блок.

Регулирование высоты напорного водовода на этой компоновке осуществляется разборкой или сборкой плит, уложенных на низких боковых стенках напорного водовода. Так, при необходимости уменьшения высоты напорного водовода – убираются верхние плиты и на их оставшиеся – кладется верх водовода, то есть блок Г-образной формы.

При необходимости увеличения высоты напорного водовода – выполняется обратное действие.

На приведенной компоновке регулирование площадью водопропускного отверстия осуществляется вертикальным сжатием потока. Кроме вертикального сжатия, может применяться и горизонтальное сжатие – как это показано на рис. 9.31 б. На этой компоновке площадь сечения напорного водовода регулируется путем размещения по бокам напорного водовода двух блоков, размерами – длиной, соответствующей длине напорного водовода, высотой, соответствующей $a_1 = 0,10$ м и шириной 0,15-0,2м (допускается установление и одного блока).

Таблица 9.4.

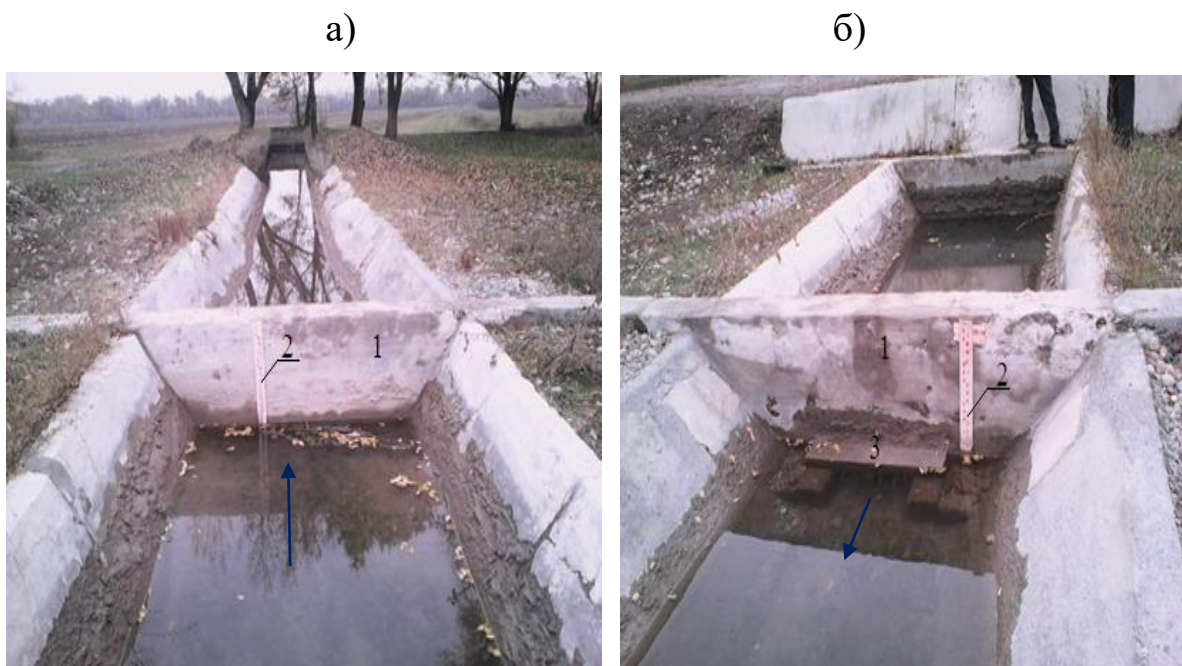
Технические характеристики водомеров

| Оросительная система | Распределитель | Параметры Канала | | | Ранее построенные водомеры типа | | | | | Ныне действующие водомеры типа | | | | | |
|----------------------|----------------|------------------|-----|-------------------------|---------------------------------|---------|-----------|---------------------|------|--------------------------------|---------|--------------------|---------|---------|---------|
| | | b_k , м | m | Q , м ³ /с | Водосливы | | | Фиксированное русло | КНСБ | «Прямоугольный насадок» | | «Водослив-насадок» | | | |
| | | | | | b_B , м | P , м | h_B , м | | | l , м | a , м | b_B , м | P , м | l , м | a , м |
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| ВБЧК | Р-21 | 1,0 | 1,0 | 0,220-1,070 | 0,70 | 0,45 | 1,0 | - | - | 0,80 | 0,40 | - | - | - | - |
| ВБЧК | Р-23 | 1,5 | 1,0 | 0,140-0,410 | 1,5 | 0,76 | 0,79 | - | - | 0,70 | 0,40 | - | - | - | - |
| ВБЧК | Р-25 | 1,5 | 1,0 | 0,140-0,410 | 1,5 | 0,70 | 0,70 | - | - | 0,70 | 0,40 | - | - | - | - |
| ВБЧК | Р-4-2 | 1,0 | 0 | 0,100-0,400 | 1,0 | 0,23 | 0,70 | - | - | - | - | 0,77 | 0,60 | 1,0 | 0,13 |
| ВБЧК | Р-4-3 | 1,1 | 0 | 0,150-0,350 | 0,70 | 0,50 | 0,80 | - | - | - | - | 0,77 | 0,63 | 1,0 | 0,13 |
| ВБЧК | Т-10 | 1,1 | 0 | 0,100-0,200 | - | - | - | - | - | - | - | 0,76 | 0,50 | 1,0 | 0,10 |
| ЗБЧК | Р-8 | 1,37 | 1,0 | 0,015-0,180 | 0,73 | 0,31 | 0,50 | - | - | - | - | 1,0 | 0,63 | 1,0 | 0,10 |
| ЗБЧК | Р-20-3 | 1,0 | 1,0 | 0,050-0,200 | - | - | - | + | - | 1,0 | 0,40 | - | - | - | - |
| ЗБЧК | Р-1-1 | 1,6 | 1,0 | 0,050-0,200 | 1,00 | 0,35 | 0,30 | - | - | 0,85 | 0,20 | - | - | - | - |
| ЗБЧК | Р-1-8 | 1,0 | 1,0 | 0,050-0,250 | - | - | - | + | - | 0,80 | 0,20 | - | - | - | - |
| ЗБЧК | Р-2-6 | 0,8 | 1,0 | 0,100-0,185 | - | - | - | - | + | 0,60 | 0,20 | - | - | - | - |
| ЗБЧК | Р-2-7 | 0,8 | 1,0 | 0,100-0,200 | - | - | - | - | + | 0,60 | 0,20 | - | - | - | - |
| ЗБЧК | Р-2-8 | 1,5 | 1,0 | 0,200-0,500 | - | - | - | - | + | 1,20 | 0,20 | - | - | - | - |

Приведенные на рис. 9.31а и б водомеры, также, как и на рис. 9.26. и 9.27, подлежат к индивидуальной градуировке.



*Рис. 9.32. Водомер типа «Прямоугольный насадок» на Р-20-3 ЗБЧК.
а – идет строительство; б – водомер в работе.*



*Рис.9.33. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок»
на распределителе Р-2-6 системы ЗБЧК.
а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа.
1 – диафрагма; 2 – рейка; 3 – верх насадки.*

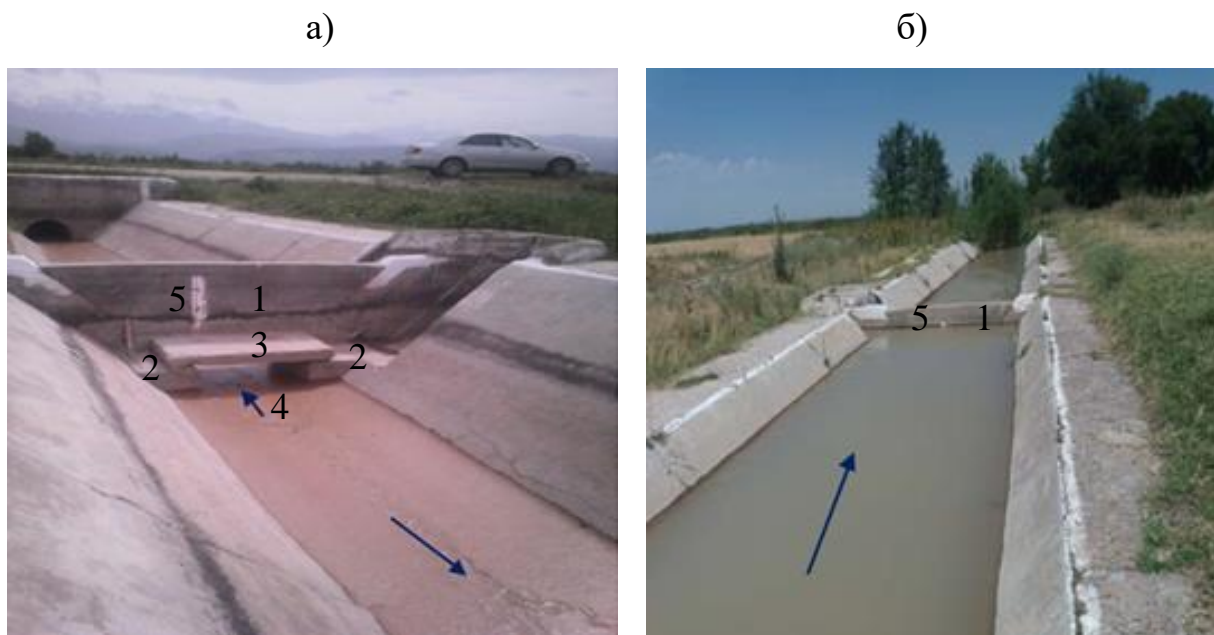


Рис.9.34. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на Р-21 ВБЧК. а, б – виды с нижнего и верхнего бьефов. 1 – диафрагма; 2 – низкие ныряющие стенки; 3 – плита перекрытия; 4 – водопропускное отверстие; 5 – рейка.

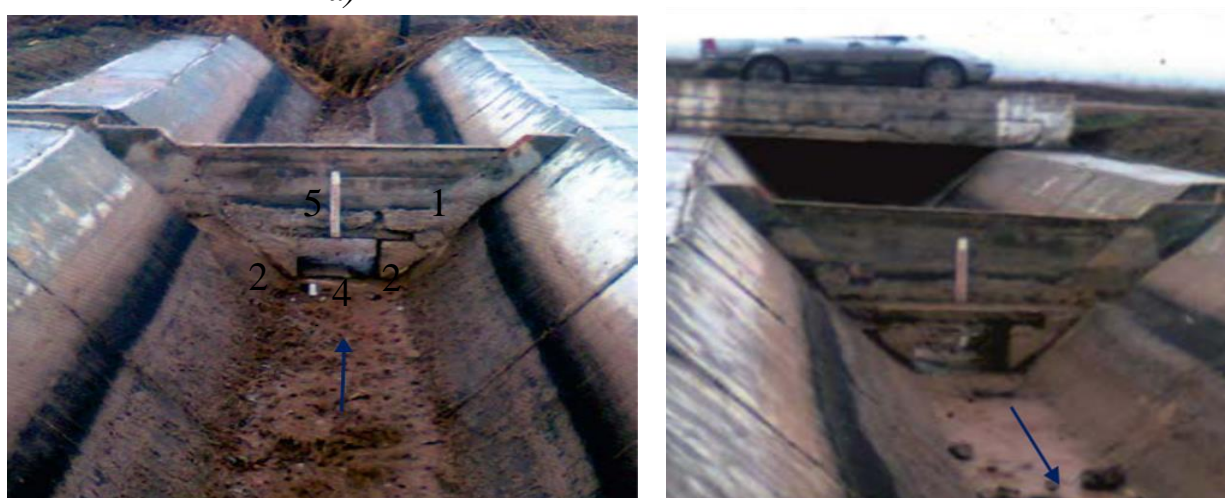


Рис.9.35. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на Р-23 ВБЧК. а, б – виды с нижнего и верхнего бьефов. 1 – диафрагма; 2 – низкие ныряющие стенки; 3 – плита перекрытия; 4 – водопропускное отверстие; 5, б – рейка.

В процессе проведения работ службой эксплуатации с нашим участием были построены 9 водомерных сооружений типа «Прямоугольный насадок», с приведенными в таблице 9.4 техническими характеристиками. В процессе ввода в эксплуатацию изучались эксплуатационные их показатели, проводилась их градуировка; полученные материалы служили осно-

вой для их аттестации и принятием построенных сооружений в качестве средств для учета воды.

Фотографии некоторых водомерных сооружений, применяемых в качестве средств для учета воды, приведены на рис.9.32 – 9.35.

Основные результаты исследований и рекомендации по их компоновке и конструированию, а также гидравлическому расчету пропускных способностей сооружений опубликованы в работах [197, 204, 205].

9.5. Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок»

Следует отметить, что научно-исследовательские работы по разработке конструкций и компоновок водомерных сооружений на достигнутом не остановились.

Задачей следующего совершенствования была разработка комбинированного водомерного сооружения, обеспечивающего измерение расходов воды как при свободном, так и подтопленном режимах истечения воды.

Поставленная задача решена тем, что водомерное сооружение, содержащее прямолинейный в плане участок канала с прямолинейным продольным профилем дна, регулируемый вертикальный щит, нижняя часть которого выполнена в виде горизонтальной полки и уровневые рейки, дополнительно содержит установленное на щите подъемное устройство с винтовым подъемником, в верхней части щита предусмотрен прямоугольный водослив, при этом уровневые рейки размещены в уровневых колодцах, причем колодец в верхнем бьефе соединен с каналом посредством трубы, а в нижнем бьефе между колодцем и каналом имеется щель.

Предлагаемое водомерное сооружение иллюстрируется чертежом, где на рис.9.36 (Патент №217 KG. 2016 [194]) приведено водомерное сооружение в плане; в разрезе 1-1 показан щит с водосливом с верхнего бьефа без воды; в разрезе 2-2(а) показана работа сооружения при пропуске воды из-под горизонтальной полки при свободном режиме истечения воды; на в разрезе 2-2(б) - при подтопленном режиме истечения воды; на в разрезе 2-2(в) показана работа водослива при свободном режиме истечения воды.

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане измерительный участок 1 на канале с прямолинейным продольным профилем его дна 2, регулируемый вертикальный щит 3, полностью перекрывающий канал и состоящий из верхней и нижней частей, в верхней части которого имеется водослив 4 прямоугольного сечения, а нижняя часть выполнена в виде горизонтальной полки 5, в верхнем и нижнем бьефах участка 1 установлены уровневые колодцы 6 и 7, имеющие соответственно уровневые рейки 8 и 9 для определения действующих напоров h , Z и по ним – расход воды, в верхнем бьефе уровневый колодец 6 соединен с

каналом трубой 10, а в нижнем бьефе между равномерным колодцем 7 и каналом имеется щель 11. При поднятии вертикального щита 3 между дном 2 и горизонтальной полкой 5 образуется водопропускное отверстие 12 для пропуска воды. Для поднятия и опускания щита 3 предусмотрено подъемное устройство с винтовым подъемником 13. Равномерные колодцы 6 и 7, в которых размещены равномерные рейки 8 и 9, предназначены для стабилизации уровней воды.

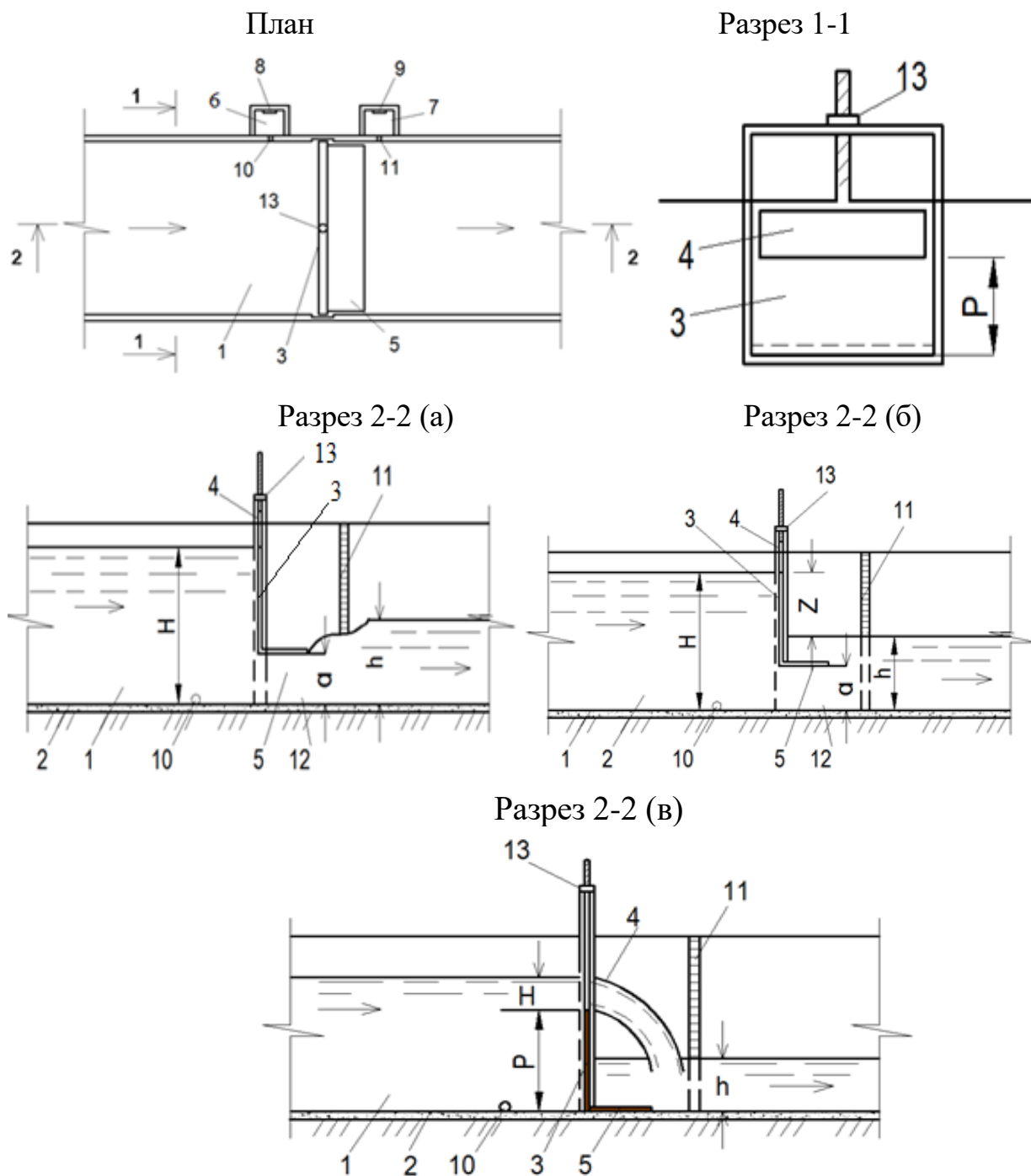


Рис.9.36. Схема комбинированного водомера типа «Водослив-прямоугольный насадок» применительно к водотокам прямоугольного сечения.

Прямоугольный водослив 4 выполнен в соответствии рис.9.36 с требованиями нормативных документов.

Регулируемый вертикальный щит 3 обеспечивает пропуск различных расходов воды через напорное водопропускное отверстие 12 сооружения. Пропускная способность водомерного сооружения определяется:

- при пропуске воды через водослив 4 – по приведенным в нормативных документах формулам;

- при прохождении воды под горизонтальной полкой 5 – по формуле - площадь, умноженная на скорость потока при выходе его из насадка.

Водомерное сооружение типа «Насадок» работает следующим образом. Высота водопропускного отверстия 12 устанавливается на величину $a_{min} = 1,5D$ (где D – диаметр лопастного винта вертушки). Затем осуществляется запуск воды. Если водоток начинает работать в напорном режиме, то проводятся работы по измерению расходов воды для градуировки сооружения. При градуировке сооружение может работать в двух режимах:

- при свободном режиме истечения воды (разрез 2-2 (а)) - фиксируется уровень воды в верхнем бьефе уровнемерной рейкой 8 и измеряется действующий напор h , по которому впоследствии определяется расход воды по отградуированному графику $Q=f(h)$;

- при подпорном режиме истечения воды (разрез 2-2 (б)) проводится фиксация уровней воды в обоих бьефах по уровнемерным рейкам 8 и 9, по показаниям которых определяется действующий напор Z и по нему – расход воды, используя в этом случае отградуированный график $Q=f(Z)$.

Если в водотоке при $a_{min} = 1,5D$ наблюдается не напорный режим истечения воды, то щит 3 опускается на дно 2 участка 1 канала и в нижний бьеф вода подается через водослив 4 (разрез 2-2 (в)). В этом случае измеряется напор воды над водосливом 4, по которому впоследствии определяется расход воды по составленному расчетным путем графику $Q=f(h)$. Этот график может использоваться и при пропуске по водосливу 4 повышенных расходов воды.

Предлагаемое водомерное сооружение является устройством с улучшенными метрологическими характеристиками и позволяющее осуществлять учет воды при всех режимах истечения воды, пропускаемой через данное сооружение.

Схема размещения водомера типа «Водослив-прямоугольный насадок» на рис.9.36 показана применительно к водотокам с прямоугольным поперечным сечением. Применительно к каналам с трапецеидальным поперечным сечением она может быть такая, которая показана на рис.9.37. Здесь водомер состоит из подводящего 1 и отводящего 2 участков водотока, щита 3, пазов 4, горизонтальной полки 5, низких затопленных стенок 6,

напорного водовода 7. Кроме того, сооружение оснащается уровнемерными рейками и подъемными устройствами.

Благодаря боковых низких затопляемых стенок 6, напорному водоводу 7 придается прямоугольное поперечное сечение, что, совместно с горизонтальной полкой 5, создает параллельноструйное течение воды в самом водоводе 7.

Здесь, также как приведенном на рис.9.36 сооружении, предусмотрен прямоугольный водослив.

Основные элементы сооружений, приведенных на рисунках 9.36 и 9.37, изготавливаются из металла.

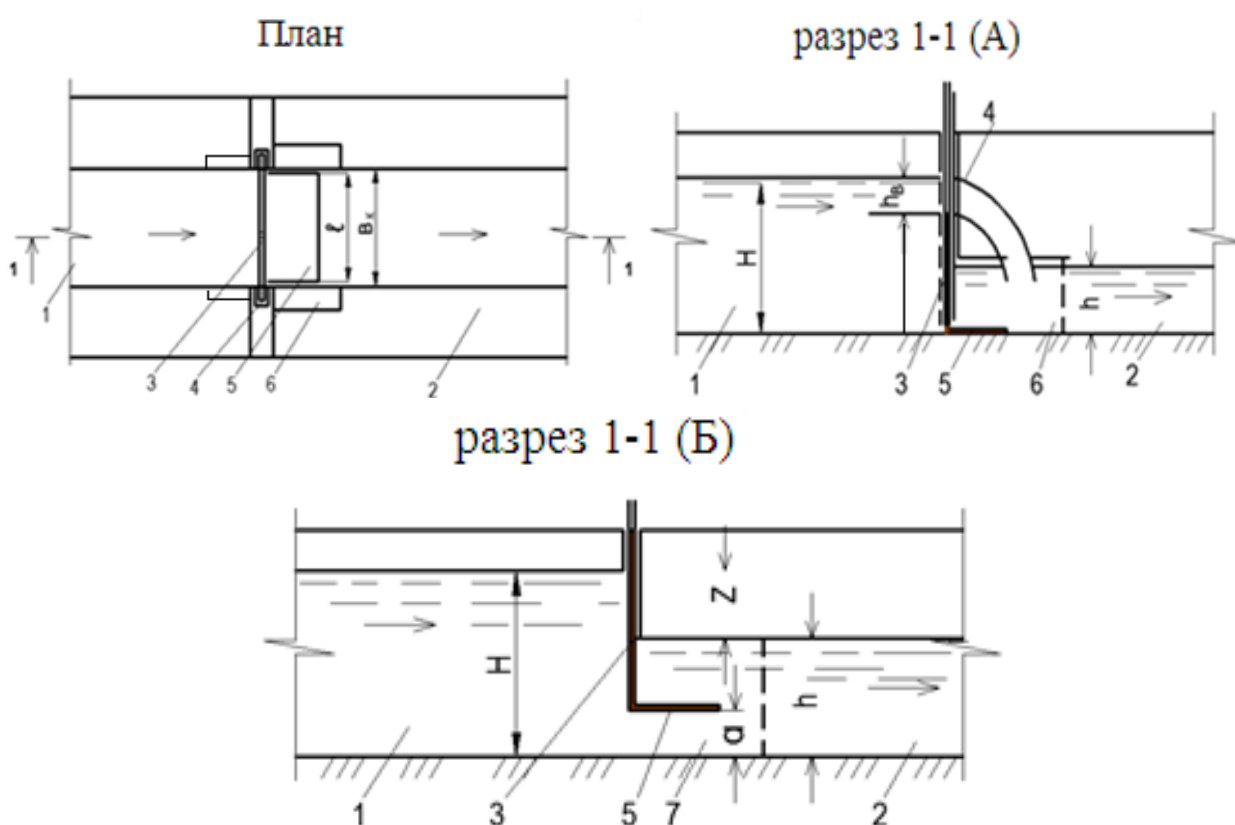
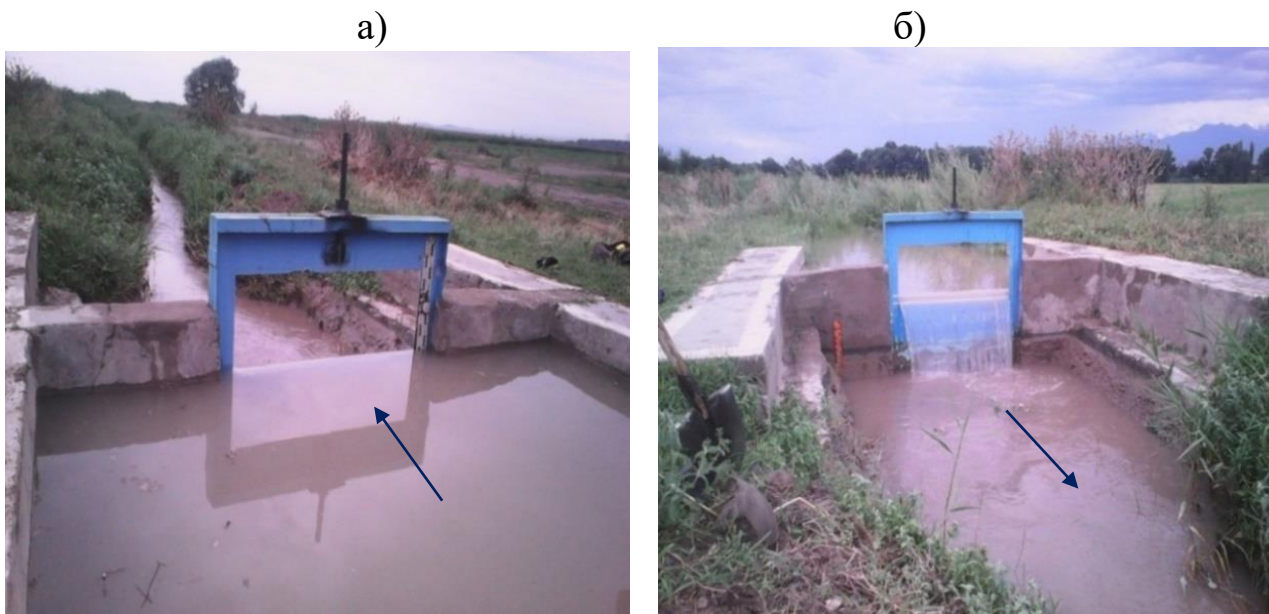


Рис.9.37. Водомер типа «Водослив-прямоугольный насадок» применительно к водотокам трапецидального сечения.

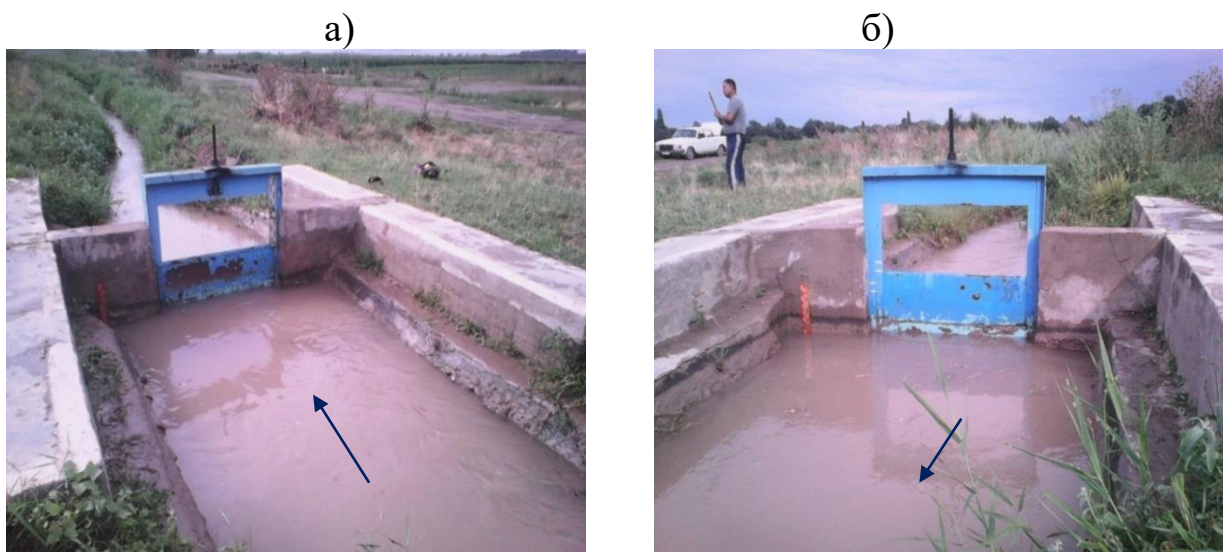
Сооружение типа «Водослив-прямоугольный насадок» впервые был построен на распределителе Р-8 системы ЗБЧК.

Здесь ранее был водослив Иванова, который в начале работал нормально, а потом, в процессе заиления и зарастания в земляном русле отводящего канала, стал подтапливаться со стороны нижнего бьефа.

Для улучшения водоучета, на Р-8 системы ЗБЧК был построен в качестве экспериментального объекта водомер типа «Водослив-прямоугольный насадок» (рис.9.38 и 9.39), который в верхней части состоит из водослива прямоугольного сечения и в нижней – из насадки.



*Рис.9.38. Водомер типа «Водослив-прямоугольный насадок» на Р-8 системы ЗБЧК (замер воды осуществляется водосливом).
а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа.*



*Рис. 9.39. Водомер типа «Водослив-прямоугольный насадок» на Р-8 системы ЗБЧК (замер воды осуществляется насадком).
а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа.*

Пропускная способность прямоугольного водослива определялась по формуле при следующих исходных данных: ширина водослива $b_{\text{в}}=1,0\text{м}$; высота порога $P = 0,63\text{м}$ и высота водослива $h_{\text{в}} = 0,40\text{м}$. Щит опущен до дна канала. Прямоугольный насадок был отградуирован.

Работоспособность данного водомерного сооружения детально изучалась многими, в том числе работниками Иссык-Атинского РУВХ, ОМК

и В, ЧГБУВХ. 26.07.2014 года был организован выездной семинар, на котором приняли участие:

- главные инженера, начальники ОВП и главные метрологи всех РУВХ Чуйской области;

- ответственные работники ОМК и В и ЧГБУВХ.

Всего участников (рис.9.40) было свыше 20чел., которыми проверялась работоспособность данного комбинированного водомерного сооружения.



Рис.9.40. Участники выездного семинара на сооружении Р-8 системы ЗБЧК. а, в – обсуждается увиденное; б, г – проводится смотр объекта. (Замер воды осуществляется при помощи водомера типа «Прямоугольный насадок»).

В результате детальной проверки и всестороннего анализа увиденного и полученных результатов, участники семинара пришли к выводам (они отражены в составленном им акте):

а) одобряем новые средства – комбинированный водомер и водомер-диафрагму, (имеется в виду насадок), ориентированные на применение не только при подпорном, но и свободном режимах истечения;

б) считаем полезным широкого их применения там, где они могут быть приняты по условиям их работы;

в) считаем, что в целях и учета воды, и ее регулирования – в качестве диафрагмы (имеется в виду насадок) целесообразно использовать плоский щит;

г) рекомендуем металлоконструкции водомеров изготавливать в ЧГБУВХ централизованно, что положительно скажется на качестве выполняемых работ.

(В конце Акта имеются более 20 подписей).

В настоящее время построены еще три водомера типа «Водослив-прямоугольный насадок» на отводах Р-4-2, Р-4-3 и Т-10 системы ВБЧК, технические их характеристики приведены в таблице 9.4., а их фотографии на рисунках 9.41, 9.42 и 9.43.

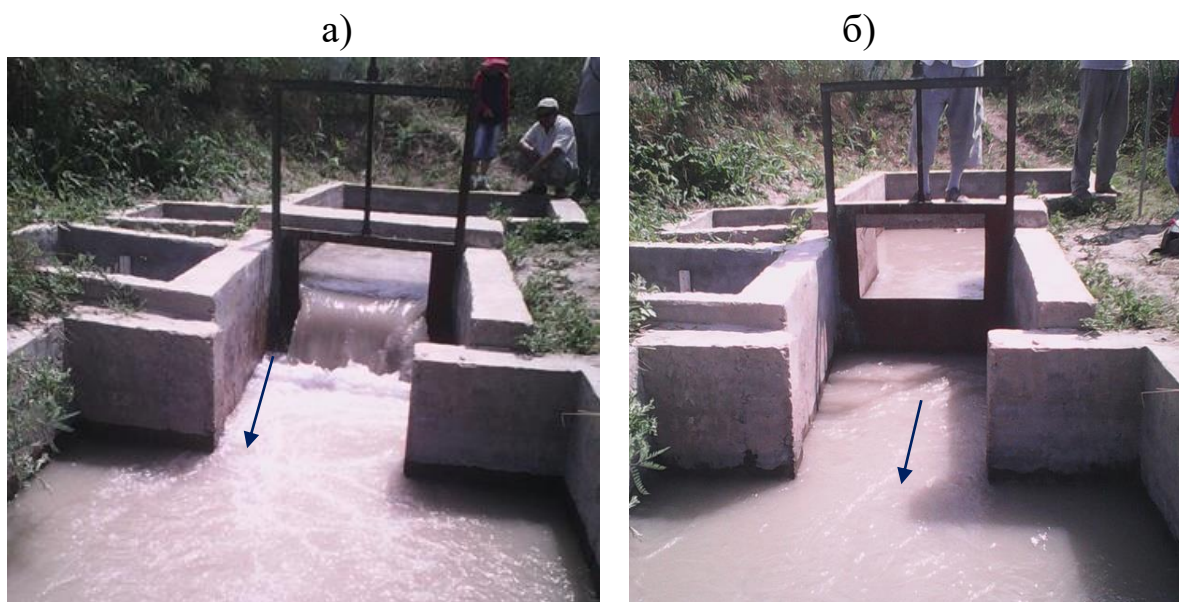


Рис.9.41. Водомерное сооружение типа «Водослив-прямоугольный насадок» на распределителе Т-10 системы ВБЧК. Водомерное сооружение в работе: а – замер расходов воды осуществляется на прямоугольном водосливе (вид с нижнего бьефа); б – замер расходов воды осуществляется насадком (вид с нижнего бьефа).

На этих сооружениях проведены работы по устранению допущенных при их строительстве недостатков, по определению технических характеристик водомеров и оформлению паспортов на сооружения. Кроме того, были проведены работы по предварительному изучению эксплуатацион-

ных показателей сооружений. Основные работы по градуировке самих сооружений проводились работниками службы эксплуатации.

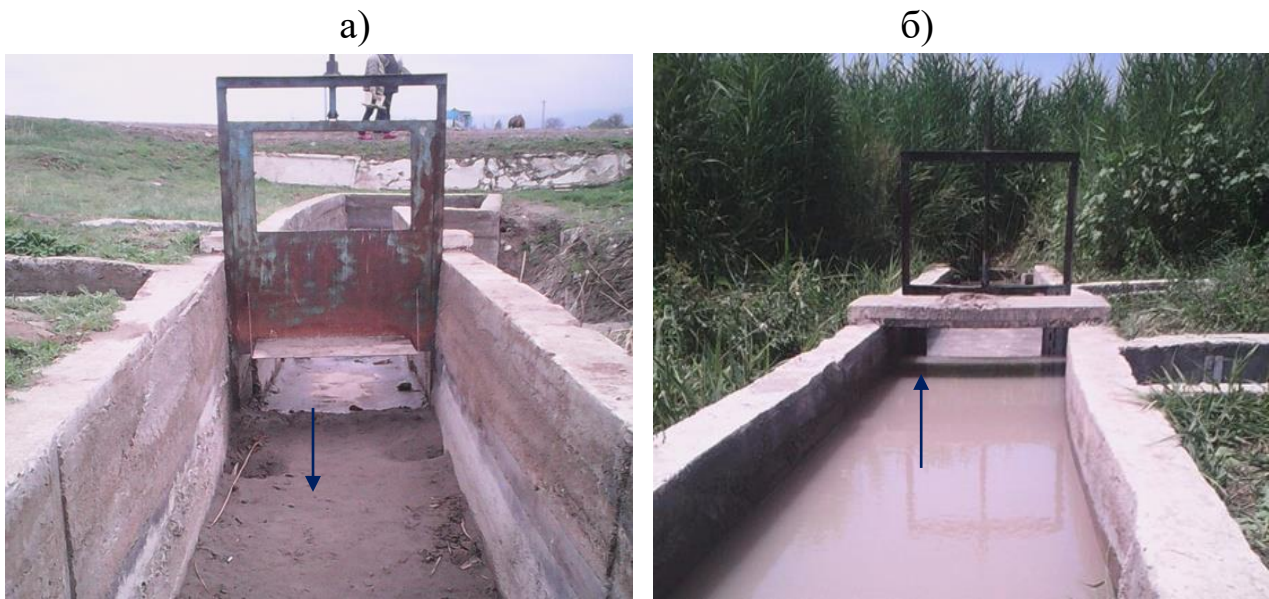


Рис.9.42. Водомерное сооружение типа «Водослив-прямоугольный насадок» на Р-4-2 системы ВБЧК. Водомерное сооружение без воды (а - вид с нижнего бьефа); водомерное сооружение в работе – замер воды осуществляется прямоугольным водосливом (б - вид с верхнего бьефа).

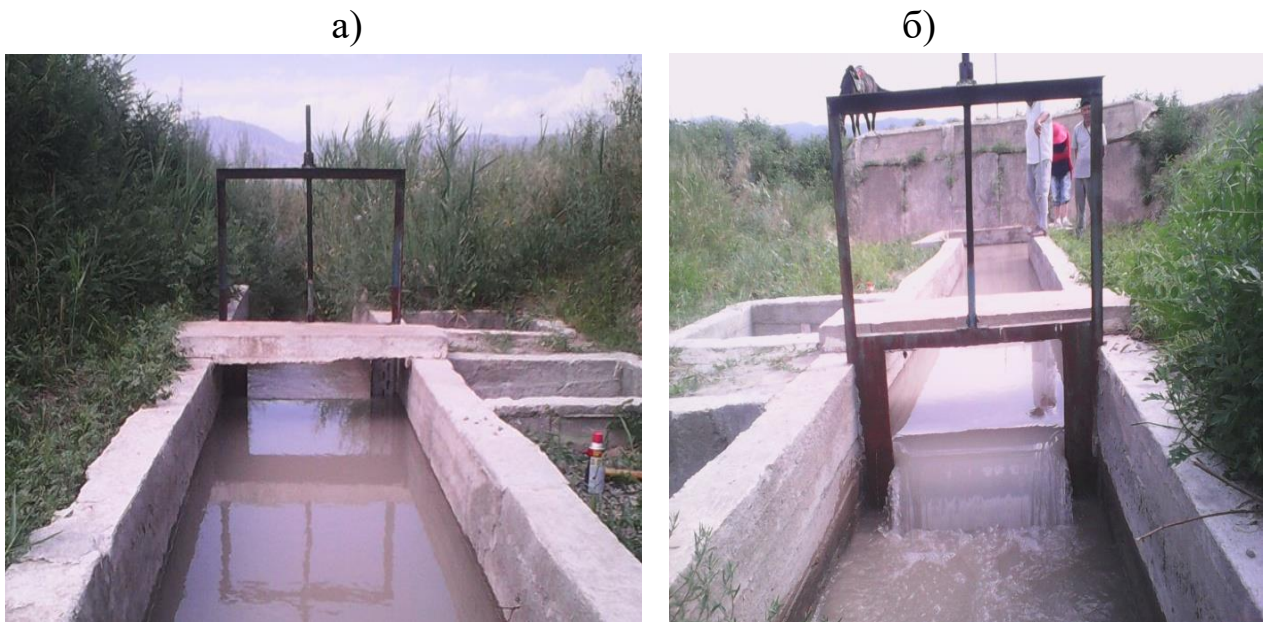


Рис.9.43. Водомерное сооружение типа «Водослив-прямоугольный насадок» на Р-4-3 системы ВБЧК. Водомерное сооружение в работе – замер расходов воды осуществляется прямоугольным водосливом. а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа.

9.6. Водомерное сооружение типа «Насадок-водослив» с регулируемой высотой порога

Водомеры, приведенные на рис.9.36 и 9.37, полнее отвечают предъявляемым к ним требованиям и стали применяться на внутрихозяйственных оросительных каналах Чуйской долины КР. Однако, в процессе эксплуатации построенных сооружений обнаружился следующий его недостаток – высота порогов водосливов оказалась недостаточной для регулирования уровней воды в верхнем бьефе и режима истечения воды через водослив в нижнем бьефе сооружений.

Задачей следующего совершенствования заключалась в разработке устройства, обеспечивающего регулирование уровней воды перед водомером и режима истечения воды через водослив в нижнем бьефе сооружения.

Поставленная задача решалась тем, что водомерное сооружение, содержащее прямолинейный в плане участок канала с прямолинейным продольным профилем дна, регулируемый вертикальный затвор с винтовым подъемником в верхней части которого предусмотрен прямоугольный водослив, горизонтальную полку, уровнемерные колодцы, соединенные с каналом посредством трубы и щели, уровнемерные рейки, согласно совершенствования, водомер за затвором дополнительно оснащен вертикальным щитом высотой $h_{щ} = 0,9P$ (где P – высота порога прямоугольного водослива), при этом несколько выше нижней кромки этого щита прикреплена горизонтальная полка.

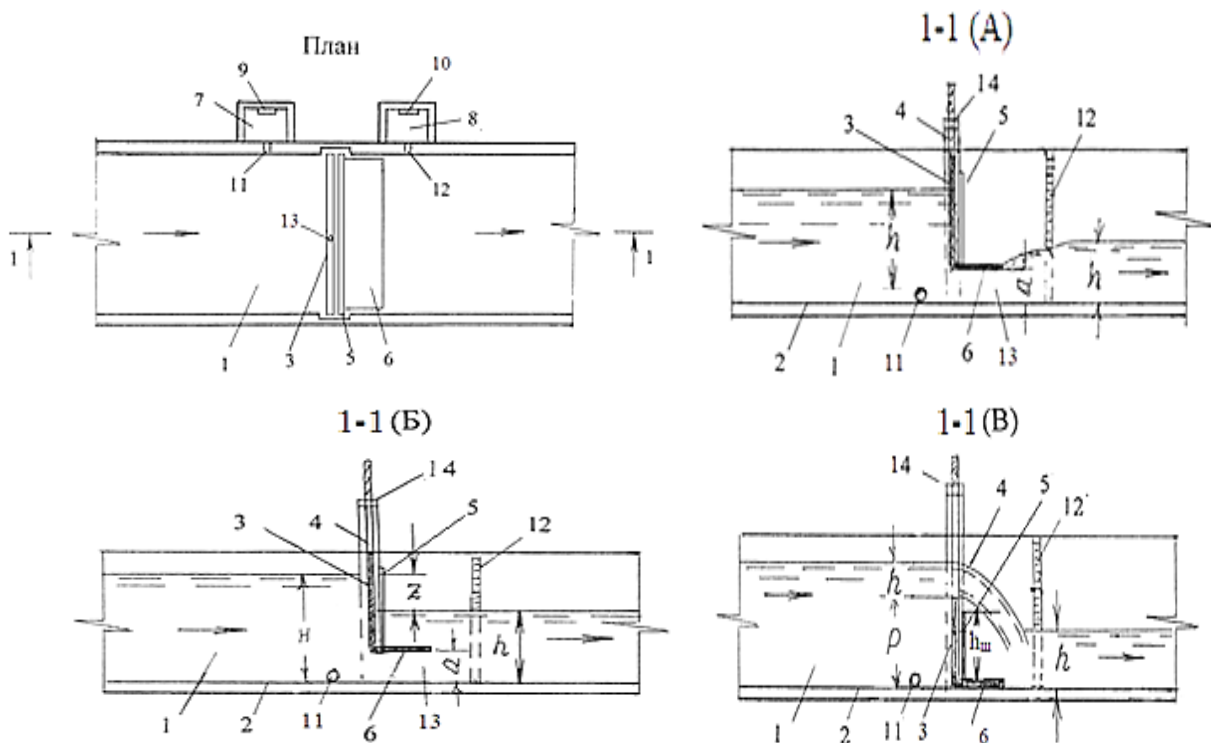


Рис.9.44. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок-водослив» с регулируемой высотой порога.

Данное водомерное сооружение (Патент №244 КГ. 2018 [210]) иллюстрируется чертежами, где на рис.9.44 приведено водомерное сооружение в плане; в разрезе 1-1(А) - показана работа сооружения при пропуске воды из-под щита с горизонтальной полкой при свободном режиме истечения воды; в разрезе 1-1(Б) - при подтопленном режиме истечения воды и в разрезе 1-1(В) - показана работа водослива при свободном режиме истечения воды.

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане измерительный участок 1 на канале с прямолинейным продольным профилем его дна 2, регулируемый вертикальный затвор 3, в верхней части которого имеется водослив 4 прямоугольного сечения, за затвором 3 размещен регулируемый вертикальный щит 5, нижняя часть которого выполнена в виде горизонтальной полки 6, в верхнем и нижнем бьефах участка 1 канала установлены уровнемерные колодцы 7 и 8, имеющие соответственно уровнемерные рейки 9 и 10 для определения действующих напоров H , Z и по ним – расход воды, в верхнем бьефе уровнемерный колодец 7 соединен с каналом трубой 11, а в нижнем бьефе между уровнемерным колодцем 8 и каналом имеется щель 12.

Щит 5 предназначен для установки порога водослива 4 на оптимальную высоту, при поднятии его совместно вертикальным затвором 3 между дном 2 и горизонтальной полкой 6 образуется водопропускное отверстие 13 для пропуска воды; для поднятия и опускания затвора 3 предусмотрено подъемное устройство с винтовым подъемником 14. При необходимости поднятия щита 5 (для пропуска воды под полкой 6), последний при помощи двух болтов крепится к затвору 3.

Уровнемерные колодцы 7 и 8, в которых размещены уровнемерные рейки 9 и 10, предназначены для стабилизации уровней воды.

Прямоугольный водослив 4 выполнен в соответствии с требованиями нормативных документов МИ 2122-90 и МВИ 12-10.

Регулируемый вертикальный затвор 3 обеспечивает пропуск различных расходов воды как через водопропускное отверстие прямоугольного водослива 4, так и через напорное водопропускное отверстие 13 сооружения.

Пропускная способность водомерного сооружения определяется:

- при пропуске воды через водослив 4 – по приведенным в МИ 2122-90 и МВИ 12-10 формулам;

- при прохождении воды под горизонтальной полкой 6 – по формуле площадь, умноженной на скорости потока, вытекающего из насадка.

При градуировке сооружения (она осуществляется при каждом открытии щита 5) измеряются действующие напоры: h – при свободном режиме истечения воды [разрез 1-1(А)] и Z – при подпорном режиме истече-

ния воды [разрез 1-1(Б)]. Затем строятся графики зависимостей $Q = f(h)$ и $Q = f(Z)$, по которым определяются расходы воды при замеренных напорах h и Z .

Малые (близкие к минимальным показателям) расходы воды (они подаются в тех случаях, когда высота водопропускного отверстия 13 не превышает диаметра лопастного винта вертушки) измеряются при помощи водослива 4 [разрез 1-1(В)], который не подвергается индивидуальной градуировке и его пропускная способность устанавливается расчетом по их расходным формулам, далее по данным расчета строится график зависимости $Q = f(h)$, по которому и определяются расходы воды при замеренных величинах H .

Расходы воды через водослив 4 измеряются при наличии на нем свободного режима истечения воды [разрез 1-1(В)]. При наличии подпорного режима истечения воды – снимаются болты крепления щита 5 к затвору 3 и осуществляется подъем затвора 3 до получения оптимальной высоты порога водослива 4, при которой установится свободный режим истечения воды. При подъеме щита 3 сброс воды из-под него не происходит, так как водопропускное отверстие 13 перекрыто щитом 5.

Водомерное сооружение работает следующим образом. Высота водопропускного отверстия 13 устанавливается на величину $a_{min} = 1,5D$ (D – диаметр лопастного винта вертушки). Затем осуществляется запуск воды. Если водоток 13 начинает работать в напорном режиме, то проводятся работы по градуировке сооружения. При градуировке само сооружение может работать в двух режимах:

- при свободном режиме истечения воды [разрез 1-1(А)] – фиксируется в верхнем бьефе уровнемерной рейкой 9 и измеряется действующий напор h , по которому впоследствии определяется расход воды по отградуированному графику $Q = f(h)$;

- при подпорном режиме истечения воды [разрез 1-1(Б)] – проводится фиксация уровней воды в обоих бьефах по уровнемерным рейкам 9 и 10, по показаниям которых определяется действующий напор Z и по нему – расход воды, используя в этом случае отградуированный график $Q = f(Z)$.

Если в водотоке 13 при $a_{min} = 1,5D$ наблюдается напорный режим истечения воды, то снимаются болты крепления щита к затвору 3 и щит 5 опускается на дно 2 участка 1 канала и в нижний бьеф вода подается через водослив 4 [разрез 1-1(В)]. В случае свободного режима истечения измеряется напор воды над водосливом 4, по которому впоследствии определяется расход воды по составленному расчетным путем графику $Q = f(h)$. Этот график может использоваться и при пропуске по водосливу 4 повышенных расходов воды. В случае подтопленного режима истечения – поднимается порог водослива 4 путем поднятия затвора 3 до уровня, пока не

установится свободный режим истечения воды через водослив. После этого проводятся выше указанные замеры по определению расходов воды.

Предлагаемое водомерное сооружение является устройством с улучшенными эксплуатационно-метрологическими характеристиками и позволяющее осуществить учет воды при всех режимах истечения воды, пропускаемой через данное сооружение.

Водомеры типа «Водослив-прямоугольный насадок» могут быть изготовлены и из бетона. Для этого предлагается сооружение, приведенное на рис.9.45.

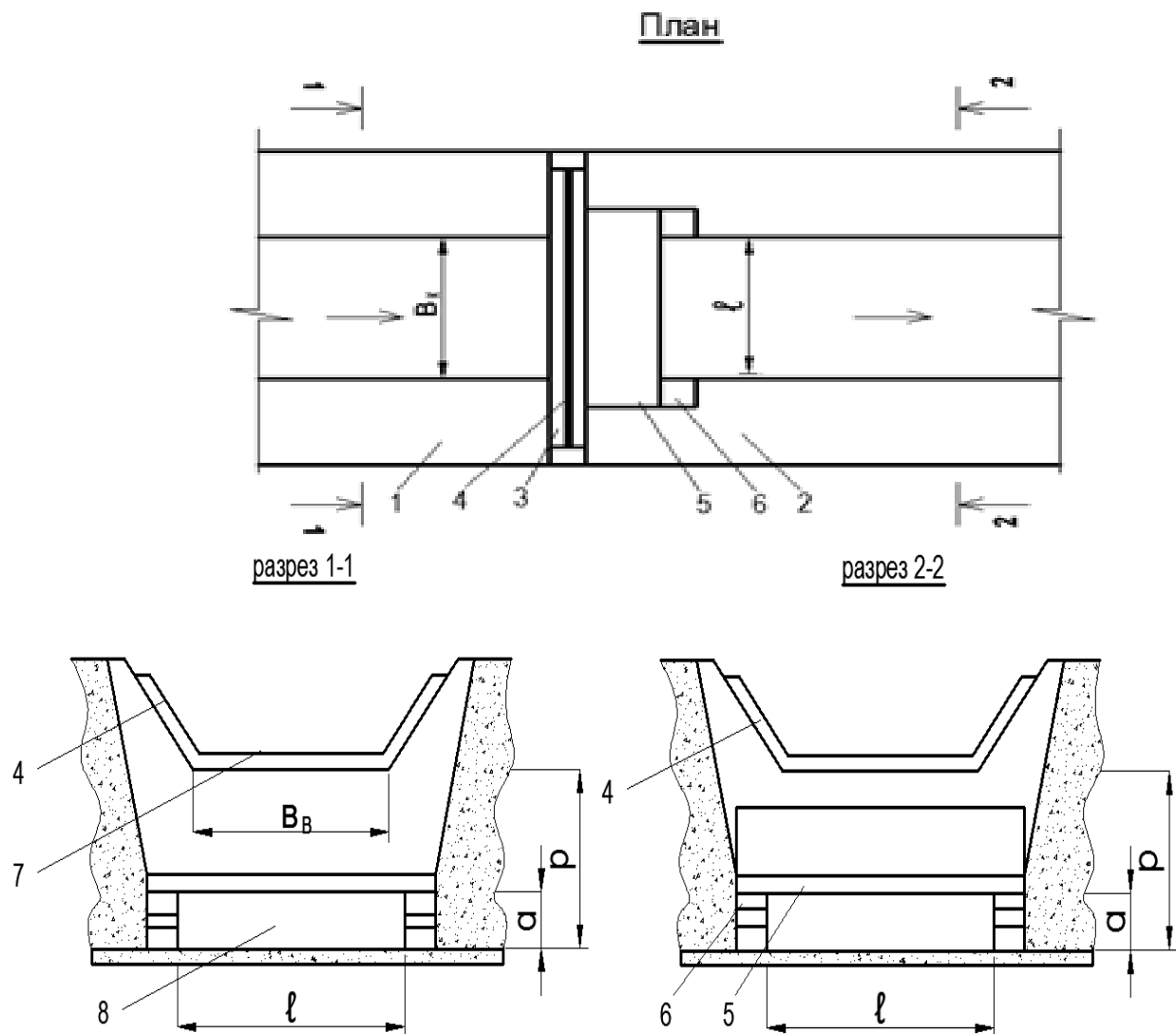


Рис.9.45. Схема комбинированного водомера типа «Водослив-насадок» применительно к водотоку трапецидального сечения (изготавливается только из бетона).

Данное сооружение состоит из подводящего 1 и отводящего 2 участков канала, бетонной диафрагмы 3, узкой металлической полосы 4, плиты 5, боковых низких стенок 6, водослива 7 и напорного водовода 8.

Металлическая полоса 4, шириной 100мм, включена в состав устройства для придания водосливу острой кромки.

Кроме указанных элементов, водомер должен оснащаться уровнемерными рейками. На данном сооружении высота водовода регулируется при помощи блоков 6:

– при необходимости уменьшения величины \underline{a} – убирается верхние блоки и плита 5 кладется на нижние блоки;

- при необходимости увеличения величины \underline{a} - проводится обратное действие;

- при работе водослива – водопроводящий тракт 8 перекрывается Г – образной плитой 6.

Пропускная способность водослива определяется по приведенной в нормативных документах формулой, а водомер типа «Прямоугольный насадок» - градуируется по методу «скорость-площадь».

9.7. Парциальное водомерное сооружение

Следует отметить, что парциальный метод интересен тем, что с его помощью можно расширит диапазоны измерения расходов воды в открытых водотоках. Например, в [196] отмечается, что парциальный метод «в условиях работы ирригационных каналов (при больших их размерах) имеет много преимуществ перед методом непосредственного замера расхода воды всего потока: водомер может быть компактным, счетчик может иметь более простые устройства и т.д.». Кроме того, небольшой отводимый (парциальный) расход измеряется точнее при помощи существующих средств, что по праву относится к преимуществам данного метода.

Идея по использованию парциального метода для измерения расходов воды в водотоках вообще-то известна. Однако, не была разработана подходящая компоновка водомера с использованием этого метода. В целях восполнения этого пробела и была разработана приведенная на рис.9.46 (Положительное решение ВНИИГПЭ на выдачу патента на заявку №4673405(10)007905 СССР.[89]) компоновка, в соответствии с которой водомерное сооружение содержит устройство 1, установленное в водотоке 2 на расстоянии 0,2-0,3 его ширины от берега и выполненное в виде вертикально установленного ковша, входное отверстие которого обращено навстречу потоку.

На дне водоприёмного устройства 1 выполнено входное отверстие 4, размещенное вблизи задней стенки. Ниже дна водоприемного устройства 1 размещен трубопровод 5, полость которого сообщена с помощью водоприёмного устройства 1, посредством выходного отверстия 4 и с полостью измерительной емкости 6, оснащенной водосливом. Измерительная ем-

кость 6 сообщена посредством второго трубопровода 7 с водотоком 2 ниже сооружения.

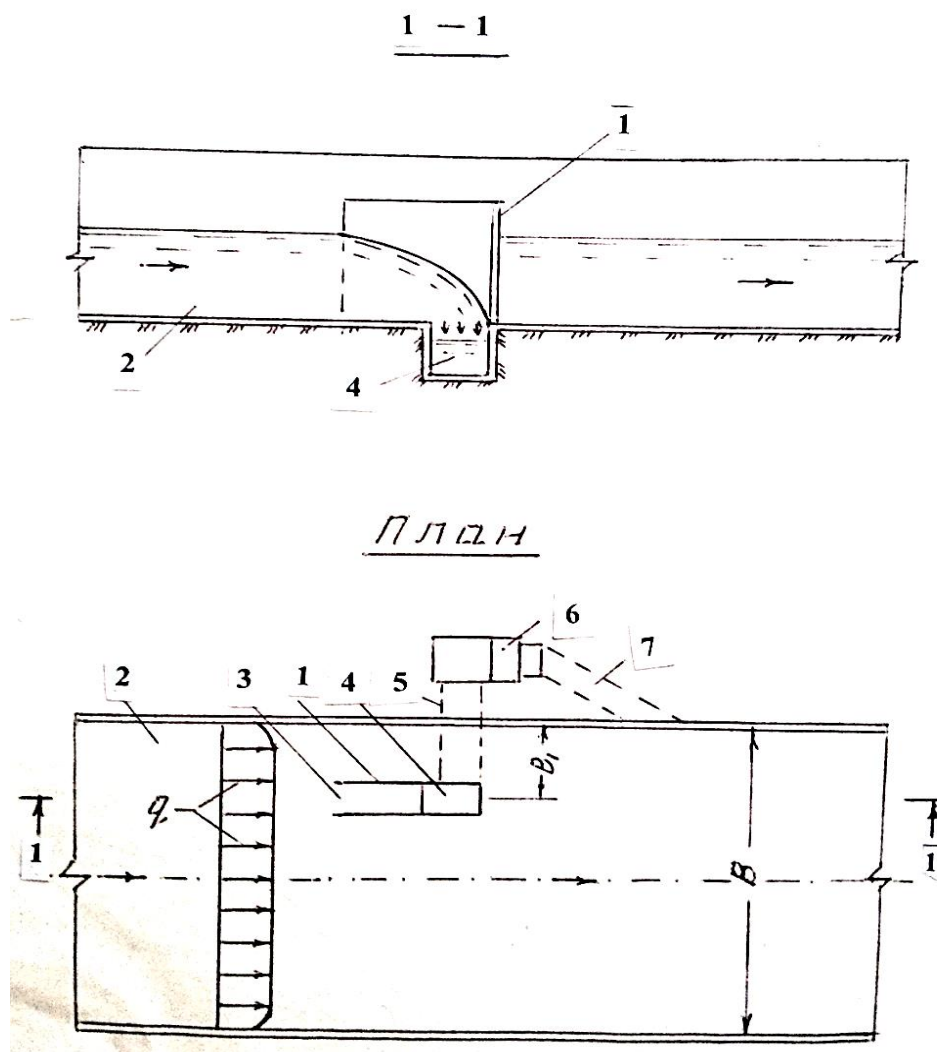


Рис.9.46. Парциальное водомерное сооружение.

Устройство работает следующим образом: поток воды из водотока 2 через щель 3 поступает в водоприемник 1, из которого при помощи трубопровода 5 подается в измерительную емкость 6, откуда, после измерения ее расхода, она по второму трубопроводу сбрасывается обратно в водоток 2. Расходы измеряются при помощи известных водомерных устройств и, в частности, водосливов различных видов.

Режим работы водоприемных и водоподводящих элементов сооружения – проточный, чем устраняется заилиние их наносами. Не заиливается и основной водоток, так как водоприемный оголовок 2 и водоотводящая труба 4 не создают подпор.

Описанное водомерное сооружение, с нашей точки зрения, может найти применение на каналах с прямоугольным сечением как с бурным, так и спокойным режимами течения воды.

Усовершенствованные конструкции парциального водомера и рекомендации по их компоновке и гидравлическому расчету подробно приведены в [139, 155]. Поэтому, здесь на них не останавливаясь, кратко можно привести результаты попыток по внедрению разработанных компоновок парциального водомерного сооружения.

Впервые попытки по созданию экспериментальных образцов парциального водомера были сделаны в Узбекской ССР на каналах Хандам ($12,5 \text{ м}^3/\text{с}$) и Янги ($4 \text{ м}^3/\text{с}$) с.р. Чирчик [169].

Но, в связи с развалом СССР, работы по строительству этих водомеров были приостановлены.

Организации-разработчики: ВНИИКА мелиорация (руководитель и ответ.исполнитель - С.С.Сатаркулов, ответ.исполнитель -А.А.Акимжанов), проектная группа ТОПУВХ и ТрестПаркент водстрой ТКВХ Уз ССР; организация-заказчик – Госкомводхоз Уз ССР.

Эффективность применения парциального водомера заключается:

- в снижении трудоемкости при проведении измерительных работ по определению расходов воды;
- в непрерывном проведении измерительных работ.

9.8. Компоновки водомерных сооружений

9.8.1. Постановка вопроса

Анализ работы существующих, усовершенствованных и новых конструкций водомеров свидетельствуют о том, что в условиях оросительных систем Республики учет воды должен осуществляться сооружениями следующих типов:

- фиксированное русло;
- водосливы с тонкой стенкой – и регулируемой или не регулируемой высотой порогов;
- прямоугольный насадок;
- комбинированное сооружение, состоящее из водослива и прямоугольного насадка.

Применив эти типы водомеров, можно решить все вопросы учета воды успешно, при этом какими трудными они не были. Однако, многое зависит от того, где, что и как установить. Иначе говоря, от места установки водомеров и выбора типа водомера для установки на это место. При этом, места установки бывают на каналах, в составе водовыпускных и водораспределительных сооружений. Каналы бывают в земляном русле, в облицовках; течение воды в них бывает спокойным или бурным; сами каналы имеют различные поперечные сечения. Сооружения отличаются также разнообразием. При таких условиях правильный выбор типов водомерных

сооружений с учетом особенностей места их установки имеет важное практическое значение не только для учета воды, но и для экономической их эффективности. Ниже, с учетом изложенного, даются некоторые рекомендации по применению того или другого типов водомеров на различных водных объектах оросительных систем.

9.8.2. Размещение водомеров в головной части каналов [197]

Опыт эксплуатации водомерных сооружений, построенных на транзитных участках внутрихозяйственных оросительных каналов с земляным руслом, показывает, что они работают в очень сложных условиях и это связано с тем, что:

- отводящие от сооружений каналы интенсивно заиливаются наносами (илом, песком) и зарастают растительностью (камышом, разными травами);
- заиление и зарастание отводящих в земляном русле каналов вызывают подпоры, причем переменного характера;
- заиливаются наносами и сами сооружения, причем очистка их от наносов не дает желаемого эффекта.

Под влиянием указанных факторов требуемые режимы течения воды на сооружениях (равномерный – на водомерах типа «Фиксированное русло» и свободный – на водомерах типа «Водосливы с тонкой стенкой») нарушаются, что, в конечном счете, приводит к отказу от дальнейшего применения весьма важных для учета воды и очень дорогостоящих при строительстве водомерных сооружений. В республике такие сооружения часто встречаются не только в равнинной зоне, но и в предгорной – на каналах, построенных вдоль горизонталей.

Возникает закономерный вопрос – можно ли вести учет воды во внутрихозяйственных оросительных каналах с земляным руслом, если можно, то каким образом?

Естественно, учет воды должен вестись. При этом для учета воды - на транзитной части внутрихозяйственных каналов с земляным руслом можно применять водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» (рис.9.26). Но, все же, водомерные сооружения рационально разместить в головной части внутрихозяйственных каналов с земляным руслом, практически примкнув их к самим водовыпускным сооружениям.

При этом из числа существующих и разработанных новых водомеров в головной части внутрихозяйственных каналов с земляным руслом могут найти выше перечисленные типы сооружений.

Возможность применения водомера типа «Фиксированное русло» показана на рис.9.47а, на котором: 1 и 2 – старший и отводящий каналы; 3 и 4

– затворы водораспределителя на старшем и отводящем каналах; 5 – колодец; 6 – секция лотка параболического сечения; 7 – уравнивающий колодец с уравнивающей рейкой; 8 – вход в трубу, соединяющую лоток с колодцем. Колодец 5 предназначен для гашения кинетической энергии потока при выходе его из-под затвора 4 и, тем самым, обеспечения плавного входа воды в лоток. Параметры колодца 5: длина 1,2-1,5м, ширина соответствует ширине лотка по верху, глубина (ниже дна лотка) – 0,5-0,7м.

Лоток 6 – призматический, имеет параболическое сечение, уклон $i \leq 0,0005$ (это позволит создать в конце лотка перепад, что положительно скажется на работе водомера), измерительный створ размещается на расстоянии 1,5м от конца лотка, режим течения воды – равномерный, без подпора.

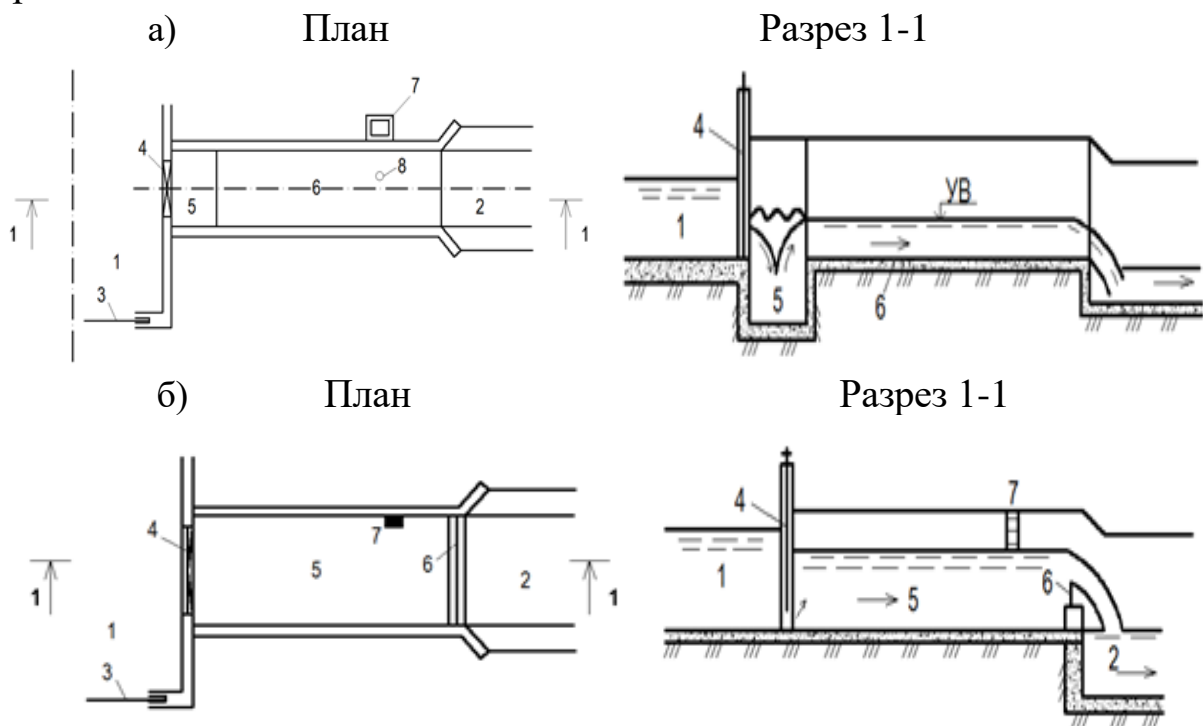


Рис.9.47. Размещение водомеров типов «Фиксированное русло» (а) и «Водослив с тонкой стенкой» (б).

Примеры применения водомера – сооружения такого типа успешно функционируют на Р-22 правый восток и Р-22 левый запад ЮБЧК, а также на Р-20-2 ЗБЧК.

Возможность применения водомера типа «Водослив с тонкой стенкой» показана на рис.9.47б, на котором: 1 и 2 – старший и отводящий каналы; 3 и 4 – затворы водораспределителя на старшем и отводящем каналах; 5 – водоток прямоугольного сечения, длиной не менее $3b$ (где b – ширина водотока); 6 – водослив с тонкой стенкой, 7 – уравнивающий колодец с уравнивающей рейкой; На рис.9.47б водослив – фиксирован. Однако он может выполняться съемным (для промыва наносов из верхнего бьефа) и

регулируемым порога по высоте (для избежания подпора со стороны нижнего бьефа); водослив выполняется прямоугольного поперечного сечения, его ширина соответствует ширине водотока 5, чем устраняются боковые сжатия потока. Уклон водотока $i = 0$ (это позволит создать в конце водотока перепад, что положительно скажется на работе водомера).

Примеры применения водомера – сооружения такого типа успешно применяются на Р-13, Р-13-2, Р-16, Р-18, Р-6, Р-19-1, Р-20, Р-24, Р-26, Р-26-1, Р-26-2, Р-27, Р-28, Р-31 системы ВБЧК, Р-12 системы ЮБЧК, Р-5, Р-19, Р-21 системы ЗБЧК.

Возможность применения водомера типа «Водослив с тонкой стенкой» показана также и на рис.9.48а, на котором: 1 и 2 – старший и отводящий каналы; 3 и 4 – затворы водораспределителя на старшем и отводящем каналах; 5 – колодец; 6 – гасительная в нижней части сквозная стенка; 7 – водослив с тонкой стенкой; 8 – уравнивающая рейка. Параметры колодца: ширина $b_k = (1,3 - 1,5)b_0$ (где b_0 – ширина водопропускного отверстия под затвором 4), длина $l_1 = b_k$, $l_2 = (1,3 - 1,5)b_k$ и глубина $h_k = 0,5 - 0,7$ м. применяется водослив прямоугольного поперечного сечения, без боковых сжатий, его ширина $b_b = b_k$ и высота порога $p = h_k + h_{тс}$ (где $h_{тс}$ – высота тонкой стенки водослива).

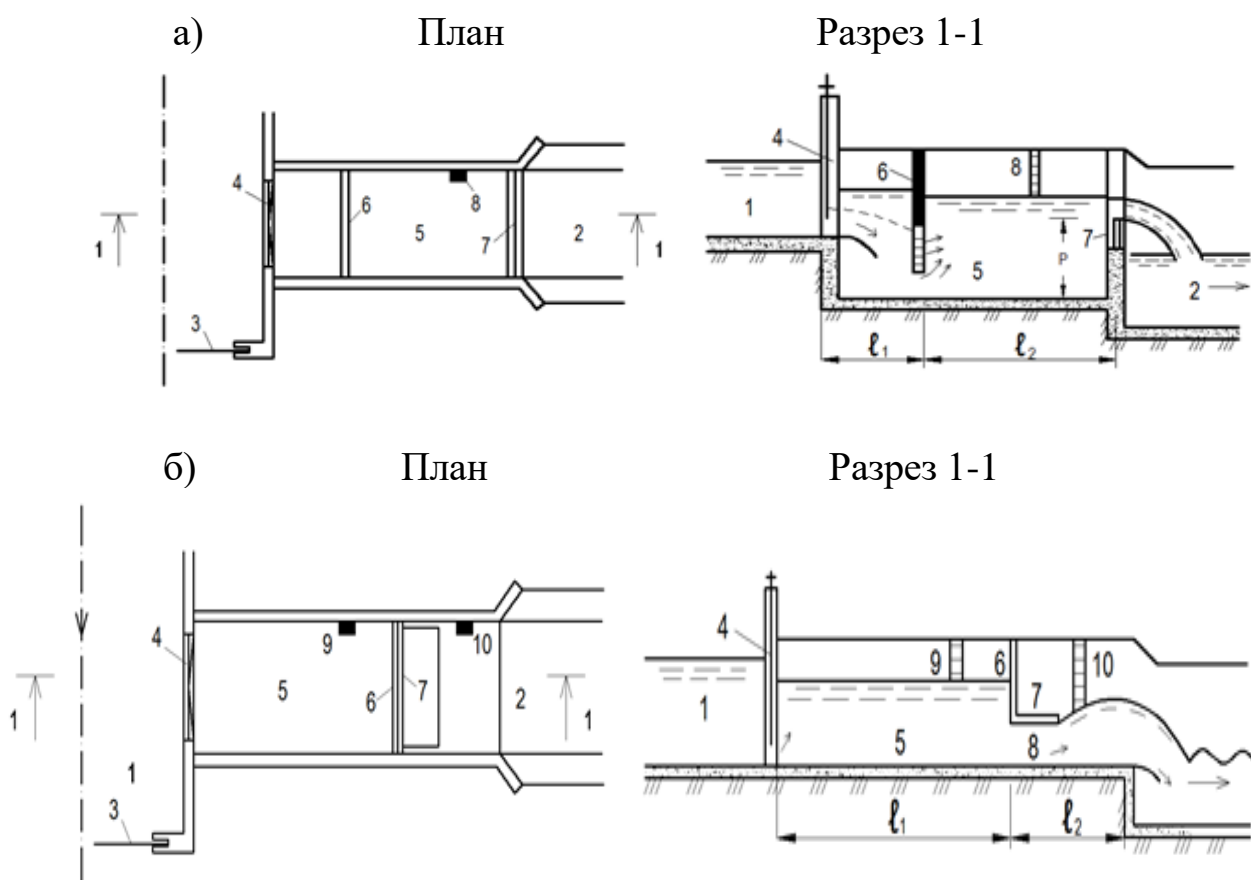


Рис.9.48. Размещение водомеров типов «Водослив с тонкой стенкой» (а) и «Прямоугольный насадок» (б).

Вертикальная стенка 6 предназначена для гашения кинетической энергии потока при выходе его из-под затвора 4, при этом гашению способствует и расщепление потока на отдельные струи.

Примеры применения водомера – сооружения такого типа применяются при проведении научно-исследовательских работ на лабораторных установках (русловых моделях, лотках и др.); они имеются и на Р-9 ЗБЧК.

Возможность применения водомера типа «Прямоугольный насадок» показана на рис.9.48б, на котором: 1 и 2 – старший и отводящий каналы; 3 и 4 – затворы водораспределителя на старшем и отводящем каналах; 5 – водоток прямоугольного поперечного сечения; 6 и 7 – элементы прямоугольного насадка; 8 – напорный водовод; 9 и 10 – уравнивающие рейки. Уклон прямоугольного водовода $i = 0$, что позволяет создать в конце водовода перепад. Прямоугольный насадок работает при свободном и подтопленном режимах, при которых его пропускная способность устанавливается градуировкой методом «скорость-площадь». Параметры прямоугольного водовода: ширина $b = (1,3 - 1,5)b_0$ (где b_0 – ширина водопропускного отверстия под затвором 4), длина $l_1 = (1,5 - 2,0)b$ и $l_2 = b$. Для регулирования высоты водовода 8 (это необходимо для образования напорного режима течения воды в насадке) L-образной щит выполняется подвижным по вертикали. Другие рекомендации по конструированию и компоновке водомера, а также гидравлическому расчету его пропускной способности приведены в работах [98,197].

Примеры применения водомера: экспериментальные сооружения такого типа функционируют на Р-1-1, Р-1-8, Р-2-1, Р-2-6, Р-2-7, Р-2-8 системы ЗБЧК, Р-21, Р-23, Р-25 системы ВБЧК.

Выше приведены четыре возможные варианты размещения водомеров типов «Фиксированное русло», «Водослив с тонкой стенкой», «Водослив с колодцем гасителем» и «Прямоугольный насадок» в головной части внутрихозяйственных оросительных каналов с земляным руслом, то есть сразу за затворами водораспределительных сооружений. Это позволит, с нашей точки зрения, повысить точности учета воды, сократить время на регулирование водоподдачи водопотребителям, облегчить условия работы эксплуатационного персонала – регулировщика; не маловажное значение имеет и то, что водомерные сооружения, построенные в головной части каналов с земляным руслом, становятся значительно дешевле, чем те, которые функционируют на транзитных участках каналов.

9.8.3. Водовыпускно-водомерные сооружения

Как известно, применяемые на внутрихозяйственных оросительных каналах водомерные сооружения могут быть регулирующим расходы воды

и не регулирующим. В первом случае водомеры в своем составе имеют устройств (затворов), при помощи которых не только осуществляется учет воды, но и регулирование ее расхода. Во втором случае осуществляется только учет воды.

К числу водомеров, не регулирующих расходы воды, относятся сооружения, применяемые на транзитных участках каналов и те, которые размещаются в головной части водотоков и функционируют самостоятельно, вне работы водопропускных сооружений.

Что же касается регулирующих, то на таких сооружениях одновременно осуществляются и учет воды, и регулирование подачи воды.

Как это отмечено в [139], при нерегулирующих водомерах на водовыпусках осуществляется только регулирование подачи воды, а учет воды ведется на специальных водомерных сооружениях. К недостатку такого решения относится устройство двух самостоятельных сооружений, что, естественно, не экономично и эксплуатация их сложна.

Поэтому, как это следует из нижеприведенных материалов, в условиях каналов со спокойным режимом течения воды и распределение, и учет воды целесообразно осуществлять на одном и том же сооружении – на открытом регуляторе, снабженном и элементами регулирования, и элементами учета воды. К таким элементам, по всей вероятности, могут быть отнесены затворы самих водовыпускных сооружений или точнее – плоские их щиты [139]. В качестве такого средства в [198] рекомендовано использование плоского щита в головной части водовыпуска или точнее – водопропускное отверстие из-под него. В работе [53] приведен водомер, в диафрагме которого имеется водопропускное отверстие, а в [1] предлагается сооружение, на затворе которого смонтирован щиток для регулирования подачи расходов воды в отвод. Все эти разработки интересны, поскольку были сделаны первые смелые попытки по использованию плоских затворов водораспределительных сооружений не только как регуляторов расхода, но и учета воды.

Но, к сожалению, предложенные идеи не получили последующего развития.

Дальнейшие работы, проведенные для совмещения функций регулирования и учета воды на одном и том же сооружении, показали, что [139]:

- частично должна быть изменена сама компоновка водовыпуска;
- плоский затвор, устанавливаемый по линии фронта отвода, должен быть убран из состава сооружения;
- затворы, предназначенные к применению для регулирования расхода и учета воды, должны резко отличаться от обычного плоского затвора;

- такие усовершенствованные затворы должны размещаться не по линии фронта отвода, а вглубь него на расстоянии $l \leq 2b$, где b – ширина отвода;

- на затворах, используемых при возведении водомеров, должны быть созданы условия для их градуировки, к которым прежде всего относится наличие параллельноструйного течения воды; кроме того должны быть подходы к сооружениям также для их градуировки.

Разработки, проведенные с учетом указанных условий, показали следующие результаты [88,139,193,204]:

а) отводы водовыпусков должны иметь прямоугольное поперечное сечение (для устранения боковых сжатий измерительных устройств – водосливов и др.) и могут быть короткими - $l \leq 2b$, где b – ширина отвода;

б) обычный плоский затвор, устанавливаемый по линии фронта отвода, должен быть заменен на другие усовершенствованные и новые виды регулирующих расход и учитывающих водные ресурсы устройства:

- на плоский щит, в верхней части которого имеется водопропускное отверстие в виде водослива прямоугольного поперечного сечения;

- на плоский щит, в верхней части которого имеется прямоугольный водослив, с регулируемой высотой порога; при этом регулирование высоты порога водослива достигается за счет узкого щитка, предусмотренного за водосливом, или за счет наращивания порога водослива полоской металлического листа определенной ширине;

- на плоский щит, с прикрепленной к нижней части горизонтальной полкой (этот тип водомера назван «Прямоугольным насадком»);

- на плоский щит, в верхней части которого имеется прямоугольный водослив, а в нижней – горизонтальная полка (этот водомер назван комбинированным водомером типа «Водослив – прямоугольный насадок»);

- на плоский щит с прямоугольным в верхней части водосливом и регулируемой высотой его порога, а также оснащенный в нижней части щитком с горизонтальной полкой (этот комбинированный водомер – разновидность сооружения типа «Водослив – прямоугольный насадок»).

Эти усовершенствованные и новые конструкции щитов во взаимодействии с затвором на водораспределителе на старшем канале (рис 9.49), на наш взгляд, могут обеспечить и регулирование подачи воды, и ее учета на одном и том же сооружении. Так, в случае:

- на рис.9.49А 1-1 (а) высота водослива 4 назначается так, чтобы при сбросе всей воды по старшему каналу 1, вода не переливалась через водослив 4; при этом подача воды в отвод 2 осуществляется созданием подпора в верхнем бьефе при помощи затвора 3, а учет воды производится прямоугольным водосливом 4 без боковых сжатий;

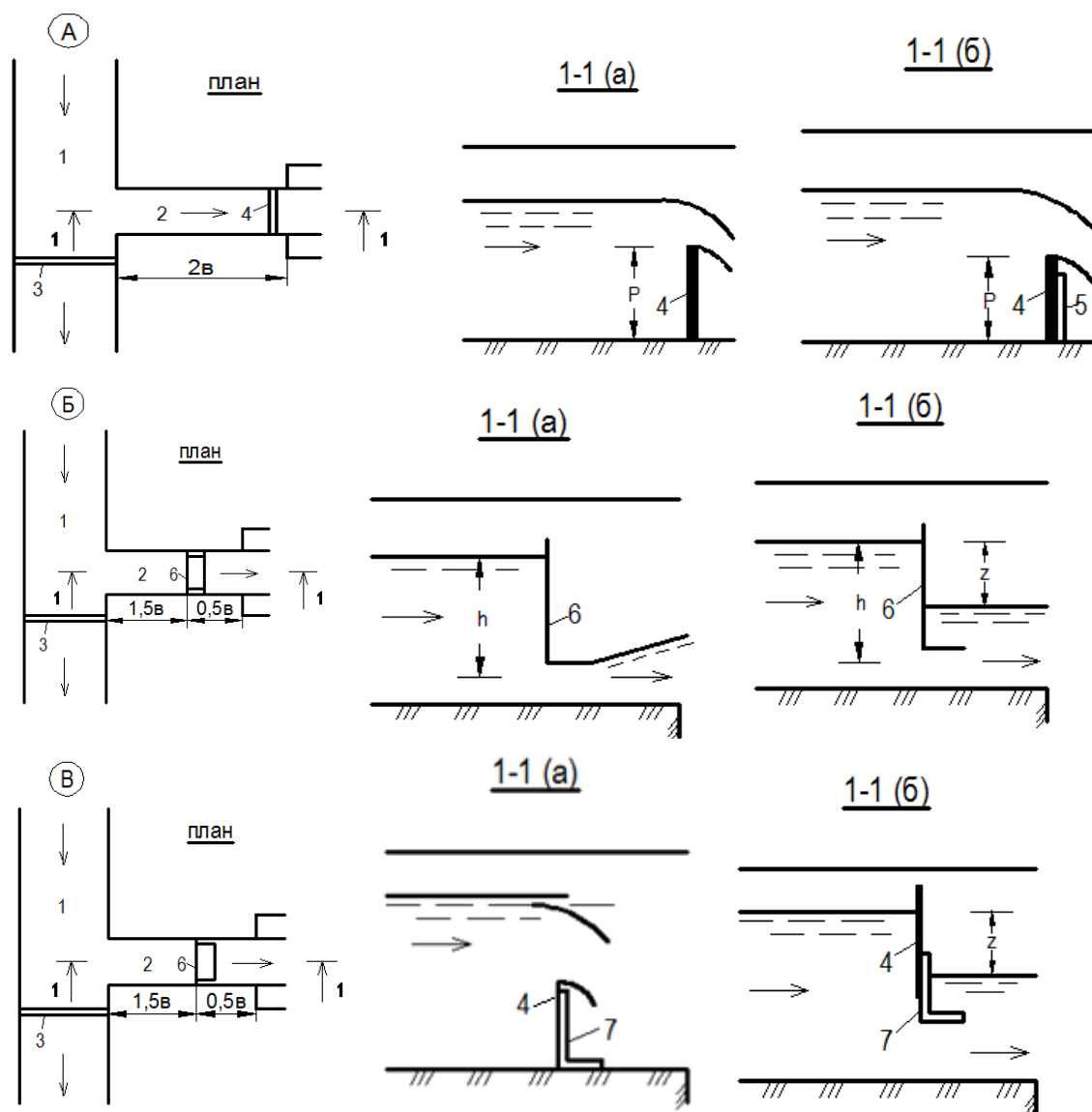


Рис.9.49. Схемы размещения усовершенствованных и новых щитовых устройств на отводах водораспределительных сооружений.

1 – старший канал; 2 – отвод; 3 – затвор; 4 – водослив; 5 – щит;
 б – затвор с полкой; 7 – щит с полкой.

- на рис.9.49А 1-1 (б) и регулирование расхода, и учет воды осуществляется самим водосливом, с регулируемой высотой его порога;

- на рис. 9.49Б и регулирование, и измерение расхода воды осуществляется самим плоским щитом б, при этом режим течения воды в самом насадке – напорный, струи в нем – параллельноструйные; эти условия позволяют применять водомер после его градуировки; при этом данный водомер может работать как при свободном (рис.9.49Б 1-1 (а)), так и подпорном (рис. 9.49Б 1-1 (б)) режимах истечения;

- на рис. 9.49В приведено комбинированное водомерное сооружение, оно уникальное; на нем водослив 4 применяется при свободном режиме ис-

течения, прямоугольный насадок – как при свободном, так и при подтопленном режимах истечения; уникальность сооружения заключается в том, что через водослив можно отградуировать пропускную способность водомера типа «Прямоугольный насадок».

На рис.9.49 показаны возможности размещения усовершенствованных и новых щитовых устройств на отводах водораспределителей, при этом благодаря именно их осуществляются и регулирование расхода, и учет водных ресурсов при подаче их водопотребителям.

На рис.9.50 приведены схемы размещения усовершенствованных и новых щитовых устройств на старшем канале, при этом обычный плоский затвор в головной части отвода остается в составе водораспределительного сооружения.

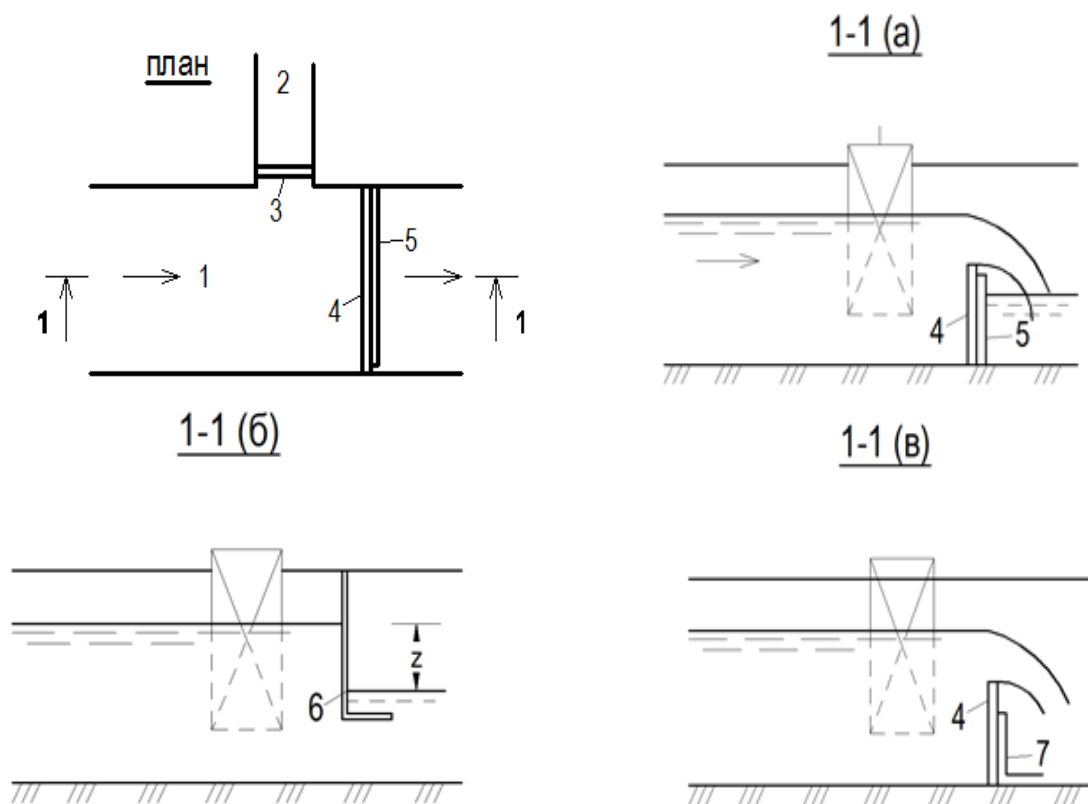


Рис.9.50. Схемы размещения усовершенствованных и новых щитовых устройств на старшем канале водораспределительных сооружений.

*1 – старший канал; 2 – отвод; 3 – затвор; 4 – водослив; 5 – щит;
6 – затвор с полкой; 7 – щит с полкой.*

При таком размещении щитовых водомеров осуществляется измерение расхода воды в старшем канале при закрытом затворе на отводе, затем подается вода в отвод и одновременно проводится учет оставшейся в старшем канале воды; в этом случае расход воды в отводе определяется как разность двух замеренных расходов воды, протекающих по старшему кана-

лу (в качестве примера можно привести водомерное сооружение на Р-7-13 прямо системы АМК, его фото приведена в этой работе на рис. 9.51).

В заключение можно отметить, что совмещение функций регулирования расхода и учета воды на одном сооружении представляет важное практическое значение, так как:

- это выгодно с экономической точки зрения, ибо отпадает необходимость в строительстве второго дорогостоящего водомерного сооружения;
- этим упрощается эксплуатация сооружения, ибо и распределение, и учет воды осуществляется на одном и том же водном объекте;
- этим повышаются метрологические показатели водомерных сооружений, так как усовершенствованные и новые щитовые водомеры применяются в основном после их тщательной градуировки.

9.8.4. Примеры компоновки водовыпускно-водомерных сооружений

Как известно водораспределители в виде открытых регуляторов имеют простую конструкцию и обеспечивают распределение воды между отводящими каналами, благодаря чему они нашли широкое применение на оросительных системах республики. Однако, эти регуляторы имеют ряд недостатков, основным из которых является отсутствие возможности учета расхода воды на них. Поэтому на регуляторах осуществляется только распределение воды, а учет воды осуществляется на специальных водомерных сооружениях, установленных на отводящих каналах.

Устройство двух сооружений (регулятора и водомера) на каждом отводящем канале – неэкономично и эксплуатация их сложна.

Поэтому, в условиях каналов со спокойным режимом течения, и распределение, и учет воды целесообразно осуществлять на одном сетевом сооружении – на открытом регуляторе, снабженного и элементами регулирования подачи воды, и элементами ее учета. К таким элементам, по всей вероятности, могут быть отнесены затворы самих водораспределителей или точнее – плоские их щиты.

Чтобы использовать затворы этих водораспределителей в качестве водомеров, их следует реконструировать, причем реконструировать так, чтобы без каких-нибудь сомнений можно было бы применять их в качестве средств для измерения расходов воды. При этом такие затворы должны продолжать выполнять и свою первоначальную функцию – создавая подпоры, распределять расходы воды между отводами.

К настоящему времени применительно к водораспределительным сооружениям, возводимым на каналах со спокойным режимом течения, разработано несколько конструкций затворов-водомеров, которые успешно

могут применяться на практике в качестве средств для измерения расходов воды. Это:

- водомер типа «Затвор-водослив» с нерегулируемой высотой порога водослива (рис.9.18б);
- водомер типа «Затвор-водослив» с регулируемой высотой порога водослива (рис.9.18в);
- водомер типа «Затвор-прямоугольный насадок» (рис.9.26);
- водомер типа «Водослив – прямоугольный насадок» с нерегулируемой высотой порога водослива (рис.9.36);
- водомер типа «Водослив – прямоугольный насадок», с регулируемой высотой порога водослива (рис.9.44).

Эти водомеры в той или иной степени описаны в предыдущих разделах настоящей работы. Поэтому ниже приводятся только примеры их применения на примере компоновок нескольких водораспределительных сооружений, построенных на каналах со спокойным режимом течения воды.

Пример, когда на самом водораспределительном сооружении можно осуществить учет водных ресурсов путем использования для этого его обыкновенного плоского щита. На Р-7-13 прямо Атбашинского магистрального канала не работало средство для учета воды. Водомер типа «Фиксированное русло», построенный на Р-7-13 прямо, полностью был разрушен. Поэтому учет воды на этом водоводе осуществлялся «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

Для учета воды, подаваемой в Р-7-13 прямо, было рекомендовано использовать плоский затвор водораспределителя в головной части канала, придав ему две функции – водоподпорного сооружения (нижняя часть щита) и водомерного сооружения в виде водослива с прямоугольным поперечным сечением (верхняя часть щита).



Рис.9.51. Водомерное сооружение на Р-7-13 прямо системы АМК.

При этом учет воды, подаваемой в Р-7-13 прямо, должен был осуществляться при закрытом водопропускном отверстии (в этом случае щит должен был занимать нижнее положение). При необходимости сброса воды (зимнее время) и промыва наносов в нижний бьеф сооружения – щит должен был занять верхнее положение. Регулировка щита – водослива должна была осуществляться ручным (винтовым) подъемником.

Реконструкция плоского щита на щит-водослив с нерегулируемой высотой порога была осуществлена работниками Аламудунского РУВХ в мае 2010 года, который приведен на рис. 9.51. Параметры щита: ширина 1300мм и высота 550мм, водослив с тонкой стенкой имеет прямоугольное сечение, с шириной 1200мм, высотой 600мм и высотой порога 550мм.

Водомер с прямоугольным водосливом не подлежит индивидуальной градуировке. Поэтому его пропускная способность определена по приведенной в нормативных документах формуле. Был построен график зависимости $Q = f(h)$ и по нему была заполнена рабочая таблица, данные которой были приняты за основу при подаче воды в Р-7-13. Этот щит-водослив был аттестован и принят в качестве средства для измерения расходов воды.

Он успешно проработал до 2016 года, а в двух тысяч шестнадцатом году был вырван злоумышленниками, чтобы не проводился учет воды. В настоящее время установлен плоский щит и учет подаваемой в Р-7-13 воды снова ведется «на глаз».

Что же касается отвода из Р-7-13, то в его головной части отсутствовал затвор. Трасса данного отвода проходит параллельно горизонталям, поэтому, чтобы осуществить замеры расходов воды при подпорном режиме было предложено установить плоский щит с прямоугольным насадком. Однако, к сожалению, такой щит не был установлен.

Другой пример. На этом примере водомер построен по принципу – «чем он ближе к регулятору, тем лучше». На рис.9.52 показан отвод «Садовый» из канала «Туш» с.р.Ала-Арча. Отвод имеет малый уклон, для учета воды построен водослив 4, который разрушен; сделана попытка учета воды на одной секции лотка 3, но, из-за подпорных явлений, осуществить учет воды не удалось. В связи с этим, на протяжении ряда лет учет воды велся «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

Для совершенствования учета воды было предложено устройство водослива без бокового сжатия в створе 1-1 (рис.9.53), при этом был построен водослив прямоугольного сечения, с постоянным порогом, высотой 0,5м (рис.9.55).



*Рис.9.52. Отвод «Садовый» из канала «Туш» с.р. Ала-Арча.
1 – затвор; 2 – прямоугольный водовод; 3 – параболический лоток;
4 – гидрост (водослив); 5 – регулятор. 1-1-створ размещения нового
прямоугольного водослива.*



Рис.9.53. Обсуждается вопрос о выборе измерительного створа.

Учет воды на протяжении 2019 года велся на этом водосливе, отзывы службы эксплуатации о работе этого водослива – положительные. Водослив работает без подпора, регулирование водоподачи в отвод, из-за близ-

кого размещения средства водоучета к водораспределителю, улучшилось. Такое размещение водослива также положительно скажется и на снижении стоимости строительства такого водного объекта.



Рис.9.54. Водослив построен. Идет процесс оснащения водомера уровнемерной рейкой (вид с верхнего бьефа).



Рис.9.55. Водослив в работе (вид с нижнего бьефа).

Следующий пример. Он аналогичен предыдущему. На отводе Орто-Альш (рис.9.56), имеющий прямоугольное сечение, построен гидрост типа «Фиксированное русло». Трасса этого водовода проходит параллельно горизонталям, поэтому имеет малый уклон. За гидростом 2 размещен во-

дораспределитель 3. Благодаря таким условиям отвод заливается наносами 4; заливается наносами (толщиной до 20см) и сам гидрост. Все это приводило к тому, что учет воды проводился в основном «на глаз».



*Рис.9.56. Отвод Орто-Альши из канала «Туш» с.р.Ала-Арча.
1 – гидрост типа «Фиксированное русло»; 2 – водораспределитель;
3 – наносы; 4 и 5 – затворы.*



*Рис.9.57. Отвод Орто-Альши из канала «Туш» с.р.Ала-Арча.
1 – затвор; 2 – водослив без бокового сжатия.
1 – затвор; 2 – водослив без бокового сжатия.*

Для улучшения учета воды было предложено отказаться от водомера типа «Фиксированное русло» и, вместо него, построить водослив, приблизив его максимально ближе к водораспределительному сооружению. Высота порога построенного водослива (рис.9.55) составляет 0,50м, порог – не регулируемый. Водослив работает без подпора и, что еще интересного – щит 1 оказался не нужным, так как регулирование расходов воды между отводами осуществлялось только одним затвором, размещенным в голове транзитного канала.

Еще один пример, когда водомер размещается в головной части отводящего канала. Отвод Р-2-1 из ЗБЧК, на нем ранее был построен трапециевидный водослив, режим течения которого постоянно был подтопленным. Из-за этого, учет воды в данном отводе велся только «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования. Для учета воды в этом отводе было предложено водослив заменить на водомер типа «Насадок», которое было принято службой эксплуатации. По выданным чертежам была изготовлена диафрагма с прямоугольным отверстием в нижней ее части, от которого в нижнем бьефе отходит сам насадок.

а)



б)



Рис.9.58. Строительство водомера типа «Насадок» на Р-2-1 ЗБЧК.

а – осуществляется установка диафрагмы на месте;

б – проводится градуировка построенного водомера.

Изготовленная диафрагма была установлена на место водослива (рис.9.58а). После ее закрепления к стенкам отвода и установки элементов прямоугольного насадка, водомер типа «Насадок» был отградуирован (рис.9.58б). Результаты градуировки были оформлены в виде координатной (рабочей) таблицы, в соответствии с которой осуществляется подача воды

водопотребителям. Данный водомер работает в подтопленном режиме истечения, он аттестован и принят в качестве средства для измерения расходов воды.

9.9. Водомерные сооружения на параболических лотковых каналах

В последнее десятилетие, в связи с введением в республике платного водопользования, стали осуществлять учет воды и в параболических лотковых каналах. При этом для учета воды применяется в основном водомерное сооружение типа «Фиксированное русло». Если этот тип водомера детально был изучен применительно к каналам трапецеидального и прямоугольного поперечных сечений, то применительно к лотковому каналу параболического сечения он практически оказался не изученным. В связи с этим, в последние 3-4 года пришлось уделять внимание и учету воды в лотковых каналах. В процессе проведения исследований, были выдвинуты некоторые идеи и разработаны конструкции сооружений, новизна некоторых из них подтверждена патентам КР. Ниже приводятся некоторые результаты этих исследований.

9.9.1. Сооружение типа «Фиксированное русло»

Для учета воды, как обычно выбираются прямолинейные участки лотковых каналов [71, 215] и при замеренных их уклонах определяется пропускная способность водотоков по формуле

$$Q = wC\sqrt{Ri}, \quad (9.1)$$

где Q – расход воды; $R = \frac{w}{\chi}$ – гидравлический радиус; w – площадь живого сечения потока; χ – смоченный периметр; C – коэффициент Шези, определяемый по формуле

$$C = \frac{1}{n} R^{0,2} \quad (9.2)$$

где n – коэффициент шероховатости, окружающий состояние (шероховатости) внутренней поверхности параболических лотковых каналов.

Здесь, при учете воды, возникают трудности, связанные с определением величины коэффициента шероховатости лотковых каналов на выбранных их участках. Следует отметить, что изучению коэффициента шероховатости параболических лотковых каналов уделялось мало внимания, а те рекомендации, которые имеются в научных изданиях, не дают приемлемых результатов.

Так, например:

- институтом «Средазгипроводхлопок» в 1967 году разработаны номограммы для гидравлического расчета пропускной способности лотковых каналов при $n=0,011$; $0,013$ и $0,015$ [139];

- в работе [216] приводятся коэффициенты шероховатости лотковых каналов в Голодной степи порядка от $0,012$ до $0,018$.

В этих приведенных примерах не приводятся состояния внутренней поверхности лотковых каналов, чем осложняется использование выданных в этих изданиях рекомендаций в практических работах. Имеется нормативный документ [215], в котором приводится следующее положение – «Рекомендуемая величина коэффициента шероховатости стенок параболического лотка $n=0,016$ » (здесь также не указывается состояние внутренней поверхности лотков), далее – значение «коэффициента шероховатости стенок n определяется по таблице (она приведена в приложении 1) ... достаточно ориентировочно» [215].

Недостатком приведенного является то, что в указанной таблице отсутствуют сведения по шероховатости n для самого лоткового канала параболического сечения. Кроме того, значение шероховатости n должно определяться не «достаточно ориентировочно», а достаточно точно.

Наиболее близким решением является способ, предложенный Ш.С. Бобохидзе [217], по которому значение шероховатости рекомендуется определять из формулы (9.2) как

$$n = \frac{R^{0,2}}{C}, \quad (9.3)$$

а коэффициент Шези из формулы (9.1) как

$$C = \frac{Q}{w\sqrt{Ri}}, \quad (9.4)$$

Свои исследования автор способа проводил на действующих лотковых каналах Телетской и других оросительных системах Грузии, имеющих большие уклоны; расход воды измерялся с помощью трапецеидального водослива. Полученные данные оформлены в виде графика $n = f(H)$, из которого следует, что при глубинах наполнения $H=10-70$ см значения шероховатости составляют $n=0,010-0,015$. Кроме того имеется большой разброс опытных точек, который, по мнению автора исследований, вызван «... разным качеством устройства стыков между лотками». Исходя из полученных результатов, автором исследований рекомендовано «... для применения в гидравлических расчетах $n=0,013-0,014$ ».

К недостатку данного способа относится то, что на его основе автору не удалось установить связь между шероховатостью лоткового канала и гидравлическими параметрами водного потока, благодаря этому были предложены рекомендованные выше значения n , хотя основная масса опытных точек на графике лежала в пределах $n=0,010-0,013$.

При рассмотрении коэффициента шероховатости лотковых каналов, с нашей точки зрения, следует исходить из следующих двух положений:

- когда на внутренней поверхности лотковых каналов имеются дефекты (трещины, нарушение стыков между секциями лотков и др.) или появляются моховые, наносные и другие покрытия.

В приведенных положениях – в первом случае внутренняя поверхность лотковых каналов – весьма гладкая и коэффициент шероховатости будет иметь малое значение, а во втором – наоборот, поверхность водотоков – шероховатая и коэффициент \underline{n} будет иметь повышенное значение. И еще: если в первом случае величина \underline{n} для всех участков лотков с чистой поверхностью будет одна и та же, то во втором – она изменчива, что должно учитываться при проведении практических работ по определению пропускной способности лотковых каналов.

Как в первом, так и во втором случаях стоит один и тот же вопрос – как определить величину коэффициента шероховатости лотковых каналов?

Разработанный для ответа на этот вопрос предлагаемый способ заключается в следующем [212, 319]:

- проводится гидравлический расчет пропускной способности лоткового канала при известных его параметрах и нескольких заданных значениях коэффициента шероховатости;

- строятся графики зависимости скорости потока от наполнения лоткового канала водой при всех заданных значениях шероховатости лотка;

- на эти графики наносятся точки измеренных на осевой вертикали скоростей потока и по расположению этих точек на каком-то графике с заданной шероховатостью определяется фактическая величина коэффициента \underline{n} ;

- установленная величина коэффициента n будет принята за основу при определении фактической пропускной способности водотока.

Практическое применение предложенного способа показано на данных, приведенных на рис. 9.59, на котором даны сведения по лотковому каналу распределителя Р-11-1 системы ЗБЧК, имеющему следующие параметры – Лр-80 и $i = 0,0007$; на поверхности водотока имеется тонкий слой мха.

Пропускная способность этого канала определена по формуле (9.1) при следующих заданных значениях коэффициента $n=0,010; 0,011; 0,012; 0,013; 0,014; 0,015$ и $0,016$, так как эти цифры фигурируют в выше приведенных литературных источниках. По результатам гидравлического расчета построены графики $v = f(H)$ (рис. 9.59а) и на них нанесены точки измеренных в лотке скоростей потока. Как это вытекает из рис. 9.59а, точки измеренных скоростей лежат на графике 2, соответствующего шероховатости $n=0,012$. Приняв данную величину n за истинную, по формуле (9.1) опреде-

лена фактическая пропускная способность распределителя Р-11-1 системы ЗБЧК, показанная графически на рис. 9.59б. Указанное значение $n=0,012$ получено для случая, когда поверхность лоткового канала покрыта тонким слоем мха.

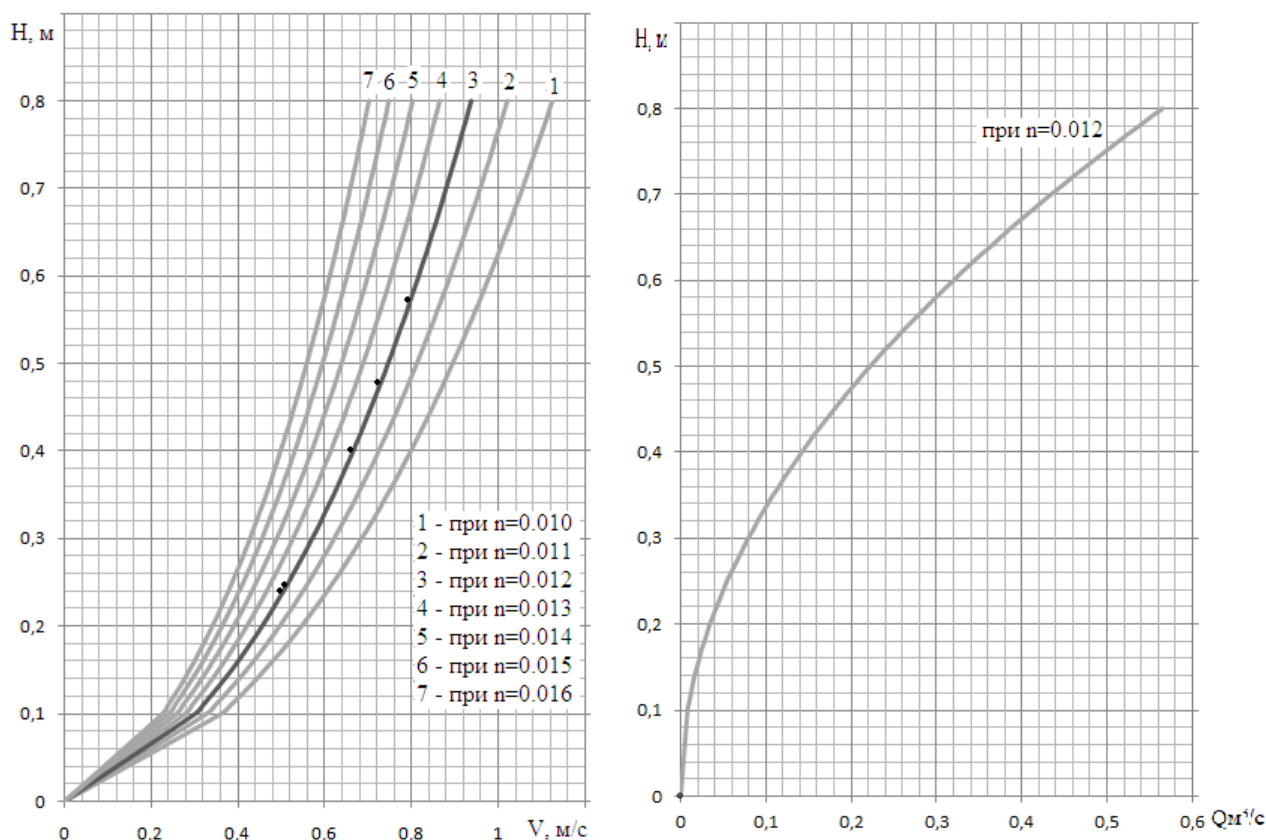


Рис. 9.59. Графики зависимостей $v = f(H)$ (а) и $Q = f(H)$ (б) распределителя Р-11-1 системы ЗБЧК.

Следует отметить, что по предложенному способу определены величины коэффициента шероховатости измерительных участков лотковых каналов на ряде других водомерных сооружений, полученные результаты характеризуются следующими данными [212 214]:

- значения коэффициента шероховатости лотковых каналов с гладкой и чистой поверхностью составляют $n=0,010-0,011$;

- если на поверхности лотковых каналов имеются тонкий слой мха или илистых отложений, то коэффициент шероховатости повышается.

Отсюда следует, что коэффициент шероховатости измерительных участков водомерных сооружений типа «фиксированное русло» на лотковых каналах должен приниматься равным $n=0,010-0,011$, но не более $n=0,011$, так как поверхность лотков на их участках не только гладкая, но содержать и в чистоте.

Применение предложенного способа определения коэффициента шероховатости позволит связать его с гидравлическими параметрами водного потока и точнее определить пропускную способность лоткового канала па-

параболического сечения. Экономическая эффективность применения этого способа характеризуется не только качественным учетом водных ресурсов страны (что немало-важно при платном водопользовании), но и сниженной стоимости строительства самих лотковых каналов. Так, на проектной стадии путем уточнения пропускной способности запроектированных лотковых каналов Ак-Тектир и Терек-Талаа в Ошской области (их пропускная способность вначале была определена при коэффициенте шероховатости $n=0,015$, а при уточнении – коэффициента шероховатости был принят $n=0,011$) лотки Лр—60 были заменены на Лр-40, чем стоимость строительства объектов снижена на 130тыс.сом [318].

9.9.2. Сооружение типа «Водосливы с тонкой стенкой»

Наравне с водомером типа «Фиксированное русло», учет воды в лотковых каналах может вестись и с водосливами с тонкой, так как большинство построенных водотоков работает неполным сечением: если наполнение лотков водой H_{max} сравнить с их высотой H_l , то соотношение $\frac{H_{max}}{H_l}$ составляет 0,40-0,60. Такое положение создает благоприятные условия для применения водосливов с тонкой стенкой при учете воды в лотковых каналах.

Водосливы с тонкой стенкой, к сожалению, до последнего времени не применялись для учета воды в лотковых каналах. Для осуществления этой идеи на практику нами [206] проводилась научно-исследовательская работа, с задачей – разработка сооружения, обеспечивающего учет воды в лотковых каналах параболического сечения с высокой точностью без проведения градуированных работ.

Поставленная задача решена тем, что водомерное сооружение для лотковых каналов параболического сечения, состоящее из прямолинейных в плане участков подводящего и отводящего лоткового канала, измерительного участка и уровнемерной рейки, отличающееся тем, что диафрагма и водослив с тонкой стенкой параболического сечения установлены в стыке между двумя секциями лотков, пьезометра, размещенного вертикально на нижней стенке водослива с тонкой стенкой и соединенного с трубкой в верхнем бьефе, рейки, предусмотренной для определения величины напора воды над водосливом и в нижнем бьефе – короткого сопрягающего водовода с наклоном вниз по течению дном, предусмотренного для плавного сопряжения сооружения с отводящим лотковым каналом, причем уровнемерная рейка установлена на диафрагме вертикально рядом с пьезометром, где ее «ноль» соответствует отметке порога водослива с тонкой стенкой.

На рис. 9.60 (Патент №257 КГ) [220] приведено водомерное сооружение с тонким водосливом.

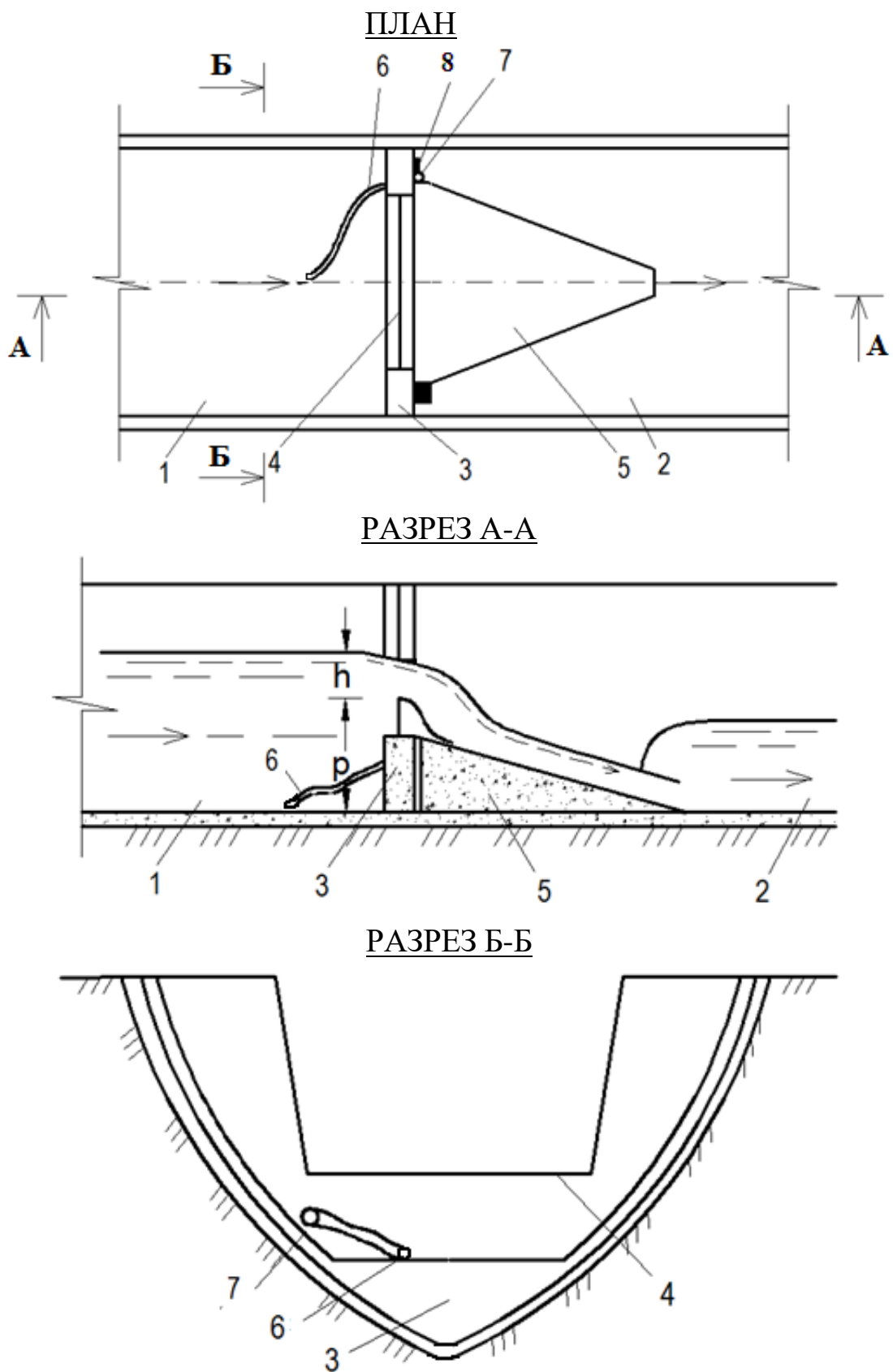


Рис. 9.60. Водомерное сооружение с тонким водосливом.

Водомерное сооружение для учета в лотковых каналах параболического сечения содержит прямолинейный в плане участка подводящего 1 и отводящего 2 лоткового канала, диафрагму 3 с водосливом 4 с тонкой стенкой в верхней части, короткого сопрягающего водовода 5, трубки 6, пьезометра 7 и уровнемерной рейки 8. В начальной части толщина короткого сопрягающего водовода выполнена на уровне диафрагмы 3.

Водомерное сооружение для учета воды в лотковых каналах параболического сечения работает следующим образом. При пуске воды – она начинает наполняться в верхнем бьефе и по мере наполнения – она начинает переливаться через водослив с тонкой стенкой. Когда поступающая вода переливается через водослив с тонкой стенкой, по пьезометру определяется величина напора h и по его значению по формуле определяется пропускная способность водослива с тонкой стенкой. Короткий сопрягающий водовод, имея наклонную вниз по течению уклон, обеспечивает плавное сопряжение с отводящим лотковым каналом. Уровнемерная рейка установлена в диафрагме вертикально рядом с пьезометром, где ее «ноль» соответствует отметке порога водослива с тонкой стенкой.

Длина напорной трубки в верхнем составляет $l = (3 - 4)h$, где h – напор воды над водосливом с тонкой стенкой. Угол наклона короткого сопрягающего водовода в нижнем бьефе и его длина зависит от высоты порога, причем величина угла может приниматься в пределах 35-40 градусов.

Режим работы водосливов всех видов – свободный, сами водосливы – стандартизованы, поэтому пропускная их способность определяется гидравлическим расчетом, без проведения индивидуальной градуировки.

Эффективность предложенного водомера будет заключаться в обеспечении учета воды в лотковых каналах параболического сечения с высокой точностью без проведения градуировочных работ.

Для изучения возможности применения всех видов (прямоугольного, трапецеидального, треугольного и параболического) водосливов для учета воды в лотковых каналах, были изготовлены опытные их образцы, при этом они были переносными, что позволило устанавливать их на различных участках разных лотковых каналов параболического сечения.

Проведенные исследования показали, [206, 207, 318], что:

- в принципе всеми видами водосливов можно замерять расходы воды в лотковых каналах;

- водослив параболического сечения оказался мало изученным, в связи с этим основное внимание уделялось на изучение его пропускной способности.

Пропускную способность водослива параболического сечения рекомендуют определять по формуле [321, 323]:

$$Q = \mu \sqrt{2g} \sqrt{P_{\Pi}} h^2 \quad (9.5)$$

где Q – расход воды; μ - коэффициент расхода; P_n – параметр параболы; h - напор воды над водосливом.

Анализ результатов разработок, посвященных изучению коэффициента расхода параболического водослива, показывает на слабую его изученность, при этом при рассмотрении данного вопроса многие исследователи [7, 10 и др.] ссылаются на разработки Ф. Грива [324], исследовавшего параболические водосливы с их параметрами $P_n=0,25-5$ см при напорах $h=3-60$ см. Проведенные лабораторные опыты указали на достаточную устойчивость коэффициента расхода и его величина в условиях проведенных исследований составила порядка $\mu=0,625$. Этот результат известен многим, но использование его в практических работах продолжает оставаться неизвестным.

В работе [222] отмечается, что «Параболический водослив с вырезом по параболе второй степенихарактеризуется устойчивостью коэффициента расхода», при этом «коэффициент расхода μ зависит от очертаний водослива, определяемого параметром P_n , и находится путем тарирования». Этот путь, то есть определение величины коэффициента расхода параболического водослива путем его градуировки является весьма полезным. Этот путь использован нами при определении величины коэффициента расхода из формулы (9.5). При этом градуировка водослива параболического сечения осуществлялась на основе данных «образцового средства измерения расходов воды» [183] – трапецеидального водослива Чиполетти. градуировка параболического водослива проводилась на канале Подпитка (рис. 9.61а).

Исследования, проведенные при градуировке параболического водослива, свидетельствуют о нижеследующем [206, 207, 218]:

- скорость потока в верхнем бьефе составляют менее 0,5 м/с, что, по приведенному в [225] сведению, положительно скажется на точности измеряемую расходов воды;

- параметры кинетичности потока в подводящем канале (число Фруда) составляет менее $F_r \leq 0,10$;

- режим течения воды через водослива – свободный (рис. 9.61а);

- значения коэффициента расхода параболического водослива, определенные из формулы (9.5) как:

$$\mu = \frac{Q}{\sqrt{2g\sqrt{P_n}h^2}} = \frac{Q}{1,98h^2}, \quad (9.6)$$

изменяются в пределах от 0,602 до 0,624 и в среднем составляет 0,613. При этом коэффициент расхода не зависит от напора воды над водосливом и остается постоянным при всех значениях h .

Такое положение позволяет упростить расчетную формулу (9.5), представив ее в следующем виде:

$$Q = 0,61\sqrt{2} * 9,81\sqrt{0,20h^2} = 1,22h^2, \text{ то есть как } Q = 1,22h^2 \quad (9.7)$$

Проведенные работы указали на возможность применения параболических водосливов с тонкой стенкой, наравне с водосливами других поперечных сечений, в качестве средств для учета воды в водотоках с параболическим поперечным сечением.

а)



б)



в)



г)



Рис. 9.61. Водомерные сооружения с тонкими водосливами на лотковых каналах. а, б, в, г – водосливы соответственно треугольного, трапецидального, прямоугольного и параболического поперечных сечений.

9.9.3. Водомерное сооружение типа «Насадок»

Изучение эксплуатационных показателей лотковых каналов, построенных в нашей республике, показывает, что в этих водотоках, наравне с равномерным режимом течения воды, возникают подпорные и подпорно-переменные режимы истечения, под влиянием которых, как это отмечено в подразделе 9.4, уменьшается пропускная способность

водомерных сооружений, ухудшаются метрологические и эксплуатационные показатели последних.

При этом подпорные режимы возникают на участках когда:

- большие уклоны водотоков меняются на малые;
- лотковые каналы переходят в земляные (последние заиливаются наносами и зарастают растительностью, чем создаются подпоры) водотоки;
- водоподпорные сооружения размещаются в нижнем бьефе поблизости к водомерным сооружениям.

Размещение водомерных сооружений типа «Фиксированное русло» на таких участках является не эффективным, так как из-за большой погрешности измеряемых расходов воды, они не выставляются на метрологическую их аттестацию.

На участках с подпорно-переменным режимом истечения могут применяться водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой», но их применение ограничивается режимом истечения воды через них – он должен быть свободным.

Следует отметить, что имеются водомерные сооружения которые могут применяться на лотковых каналах при наличии в них подпорных режимов истечения. но Они применяться только после их усовершенствований с учетом особенностей их работы в лотковых каналах.

Так, известно водомерное сооружение [81], состоящее из приставки (или сужающего устройства) с обтекаемой формой поверхности, очерчиваемой по радиусу закругления R , двух отверстий для отбора статических давлений потоков в верхнем и нижнем бьефах, двух емкостей в верхней части приставки типа успокоительных колодцев и установленных в них уровнемерных реек.

Данное водомерное сооружение работает при подтопленном режиме истечения. К недостаткам этого сооружения относятся неправильная форма водотока под приставкой и отсутствие параллельноструйных течений воды в измерительном створе. Эти недостатки не позволяют осуществить градуировку водомера, без которой сооружение не допускается к применению в качестве средства для измерения расходов воды.

Известно водомерное сооружение (КГ №220, У, кл.Е02В 7/26, 2014) [193], принятое за прототип и состоящее из канала с прямолинейным продольным профилем дна, диафрагмы, водомерных колодцев, реек, прямоугольного водопропускного отверстия в нижней части диафрагмы, вертикальных стенок, размещенных по бокам водотока в нижнем бьефе, пазов в верхней части боковых стен, примыкающей к диафрагме горизонтальной по форме Г-образной перекрывающей водоток полки, выполненной с возможностью перемещения ее по высоте между вертикальными стенками и диафрагмой.

Данное водомерное сооружение работает как при свободном, так и подтопленном режимах истечения водопропускного отверстия.

Однако, оно не может применяться на оросительных лотковых каналах без его совершенствования с учетом того, что эти водотоки в поперечном сечении имеют параболическую форму.

Задачей дальнейшей работы является совершенствование принятого прототипа водомерного сооружения применительно к оросительным лотковым каналам параболического сечения.

Поставленная задача решается тем, что водомерное сооружение, содержащее канал с прямолинейным продольным профилем дна, диафрагму с прямоугольным водопропускным отверстием в нижней ее части, водоток с двумя вертикальными стенками и пазами верхней их части, примыкающей к диафрагме Г-образную полку, с возможностью перемещения по высоте между вертикальными стенками и диафрагмой, водомерную рейку, дополнительно оснащено измерительным участком с дном, превышающим дно лоткового канала на определенную высоту, прямоугольным водопропускным отверстием в средней части диафрагмы, с верхнего бьефа – примыкающим к водопропускному отверстию диафрагмы коротким открытием прямоугольным водоводом, в нижнем бьефе – наклонным дном, соединяющим напорный водовод с лотковым каналом параболического сечения.

Дно сооружения на измерительном участке приподнято на определенную высоту (P) для того, чтобы в средней по высоте части лотка образовать водоток с прямоугольным поперечным сечением. В связи с этим, прямоугольное водопропускное отверстие в диафрагме также размещено в средней по высоте ее части. Короткий открытый прямоугольный водовод, размещенный в верхнем бьефе, предусмотрен для устранения донного и бокового сжатий потока при входе его в напорный водовод. В нижнем бьефе напорный водовод соединен с отводящим лотковым каналом при помощи наклонного дна, с помощью которого устраняется выплескивание воды через борта лотка и брызги, возникаемые при падении потока с уступа сооружения.

Горизонтальная перекрывающая полка выполняется регулируемой по высоте, чем обеспечивается пропуск различных (от максимального и до минимального) расходов воды через напорный водопропускной водоток водомера. При каждом положении полки пропускная способность сооружения будет отградуирована по методу «скорость-площадь», а расход воды определяется по формуле

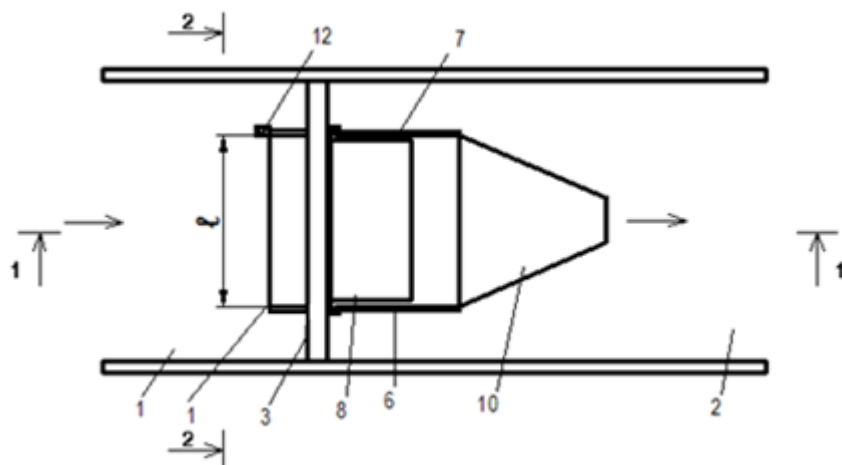
$$Q = W \cdot V, \quad (9.8)$$

где $W = l \cdot a$ – площадь водопропускного отверстия в конце напорного водовода;

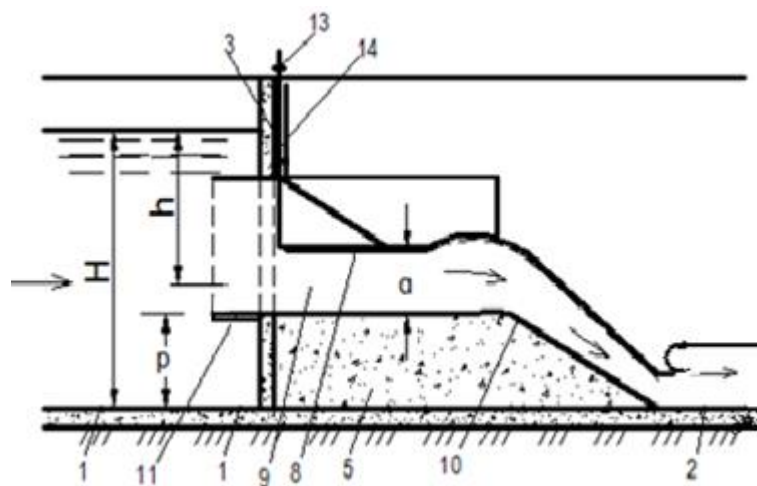
$l \cdot a$ - длина и высота водопропускного отверстия;

V – скорость потока при выходе из отверстия напорного водовода.

ПЛАН



РАЗРЕЗ 1-1



РАЗРЕЗ 2-2

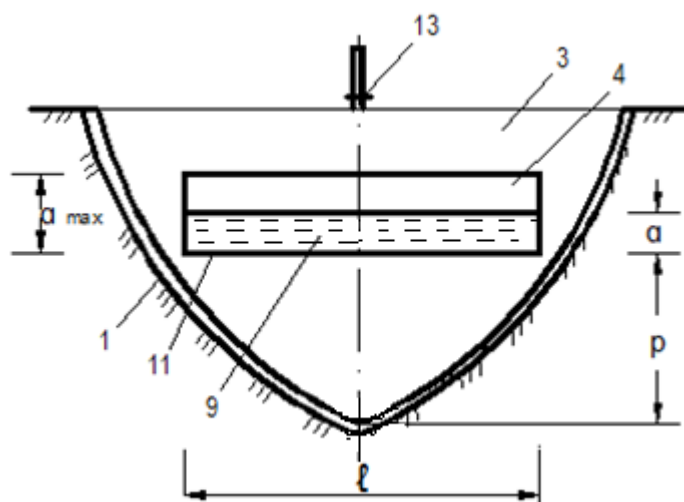


Рис. 9.62. Водомерное сооружение с прямоугольным насадком на лотковом канале.

При градуировке водомера измеряются действующий напор h , затем строится график зависимости $Q = f(h)$, по которому определяются расходы воды при замеренных значениях h .

На рис. 9.62 приведено водомерное сооружение в плане, разрезе 1-1 показан водомер по продольной его оси при свободном режиме истечения и разрезе 2-2 - показаны в поперечном разрезе лотковый канал параболического сечения и диафрагма с прямоугольным водопропускным отверстием.

Водомерное сооружение содержит прямолинейное в плане участка подводящего 1 и отводящего 2 канала, диафрагму 3 с прямоугольным водопропускным отверстием 4, горизонтальный измерительный участок 5 с дном, превышающем дна лоткового канала на определенную высоту (P – высота порога измерительного участка), двух однотипных низких стенок 6 и 7, размещенных по бокам водотока в пределах измерительного участка, уложенной Г-образной полки 8, перемещаемой по высоте между стенками 6 и 7, при этом полкой 8 создается напорное и параллельноструйное течение воды в водотоке 9, водовод с наклонным дном 10, соединяющий дна напорного водовода 9 с отводящим лотковым каналом 2, короткий открытый прямоугольный водовод 11 с параметрами, соответствующим размерам прямоугольного напорного водовода 9, уровнемерную рейку 12, подъемное устройство 13 с ручным приводом.

Короткий безнапорный прямоугольный водовод 11 предусмотрен для устранения донного и боковых сжатий потока при входе его в водоприемное отверстие 4, что положительно скажется на увеличении пропускной способности сооружения.

Водомерное сооружение работает как при свободном режиме, так и подпорном режимах истечения, при этом регулирование подачи воды в напорный водоток 9 достигается регулированием перекрытия отверстия 4 вертикальной частью 14 полки 8.

При работе сооружения полка (разрез 1-1) опускается до того, пока водопропускное отверстие 9 под полкой 8 не начнет работать полным сечением. После этого, фиксируется уровень воды в верхнем бьефе водомерной рейкой 12 и измеряется действующий напор h , по которому, в последствии, определяется расход воды по отградуированному графику $Q = f(h)$.

Данное водомерное сооружение может быть применимо на лотковых каналах с высокими стенками, то есть на лотках Лр-80 и Лр-100.

Эффективность предложенного устройства будет заключаться в повышении точности учета воды в лотковых каналах параболического сечения путем его градуировки.

10. Уловительные сооружения

В связи с освоением новых земель и переустройством существующих оросительных систем в горно-предгорной зоне, в нашей республике построено множество быстротечных каналов, которые, в большинстве случаев, имеют уклоны 0,01-0,05 и более. Благодаря этому, при относительно небольших глубинах (0,2-0,5 м), скорости течения воды в них составляют порядка 2-7 м/с и более.

Все быстротечные каналы облицованы монолитным бетоном, редко – железобетонными плитами. В виду плохой работы водозаборных сооружений, в такие каналы попадают наносы (в том числе и камни), в силу чего происходит истирание и разрушение облицовки каналов.

Мало этого, быстротечные каналы очень опасны для жизни случайно попавших в них живых душ (к сожалению, такое иногда бывает), поскольку при проектировании и строительстве этих каналов не предусматриваются защитные их меры.

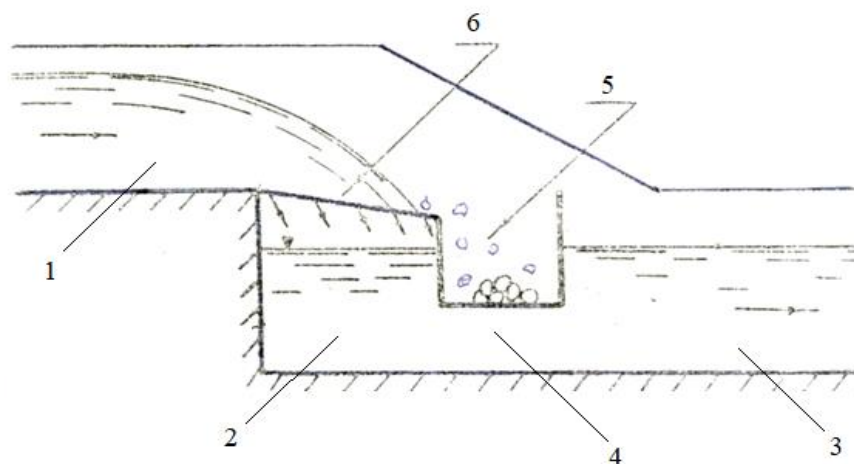


Рис.10.1. Улавливающее сооружение. 1,3 – подводящие и отводящие каналы; 2- водоприемная галерея; 4- водопропускное отверстие; 5- наносоперехватывающая камера; 6 – решетка вибрационного действия.

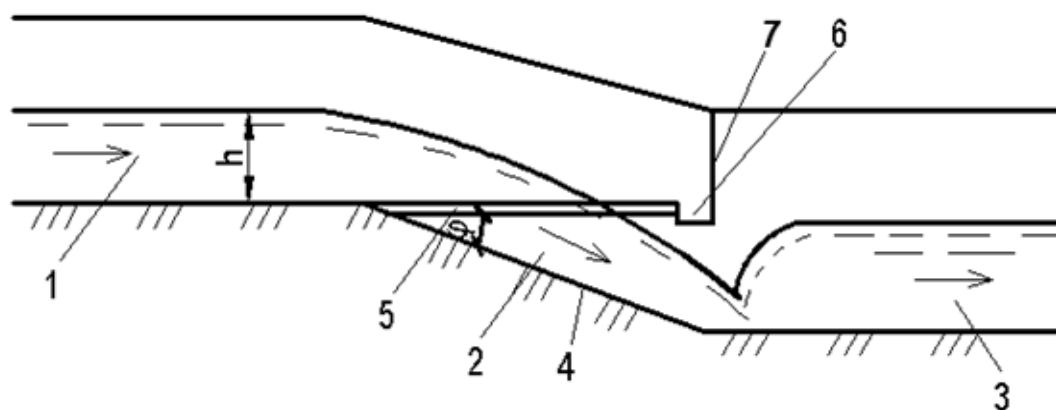


Рис.10.2. Улавливающее сооружение.

Считая, что в условиях быстротечных каналов донные водовыпуски (но без отвода воды) могут служить в качестве возможных защитных мер, на рис.10.1 и 10.2 приводятся две их конструкции, причем конструкция на рис.10.2 является, с нашей точки зрения, более приемлемой, т.к. она имеет повышенную пропускную способность и является экологически выгодной. Обе эти конструкции обеспечат удаления живых душ и камней из наносоперехватывающей камеры без прекращения водоподачи водопотребителям. Кроме того, они не опасны и для жизни, так как случайно попавшие в быстротечные каналы живые души потоком воды выносятся на оголенную от воды часть виброрешетки.

Улавливающее сооружение на рис.10.2 (Патент №223 KG. 2016 [197]) содержит подводящий 1 и отводящий 3 каналы, водоприемную галерею 2, выполненную продольной и с наклонным по течению дном 4, водоприемную галерею 2, перекрытую водозахватной виброрешеткой 5 и решетчатой камерой 6 в виде мостика с перилом 7. Уклон водозаборной виброрешетки 5 соответствует уклону дна 4 подводящего канала 1.

Улавливающее сооружение работает следующим образом. Живые души, крупные камни и сор, попавшие в быстротечные каналы, при подходе к уловительному сооружению бурным потоком выносятся на концевую часть водозахватной виброрешетки 5, а сама вода, проходя через просветы водозахватной виброрешетки 5, поступает в водоприемную галерею 2 и оттуда – в отводящий канал 3. Узкая решетчатая камера 6 в виде мостика с перилом 7 обеспечивает снятие живых душ, крупных камней и сора, оказывающихся на оголенной части водозахватной виброрешетки 5.

Эффективность данного уловительного сооружения заключается в спасении жизни живых душ, улавливании крупных камней и сора, в упрощении конструкции улавливающего сооружения при строительстве его на быстротечных каналах.

11. Система подготовки и подачи животноводческих стоков (ширин суу) в оросительную сеть

В 1994 году по договору №145 с ГКНТ Кыргызской Республики была начата работа, с задачей – разработка компоновки и конструкции устройства для подготовки и подачи животноводческого стока (ширин суу) в открытую оросительную сеть, обеспечивающие непрерывную и дозированную подачу мочевины в поливную воду. Сроки разработки 1994-1995 гг. В 1994 году были выполнены следующие работы: разработаны требования, предъявляемые к устройству, собраны материалы по существующим разработкам и проведен их анализ, разработаны сами устройства и написан про-

межуточный отчет. Однако, из-за прекращения финансирования, работа осталась не завершённой.

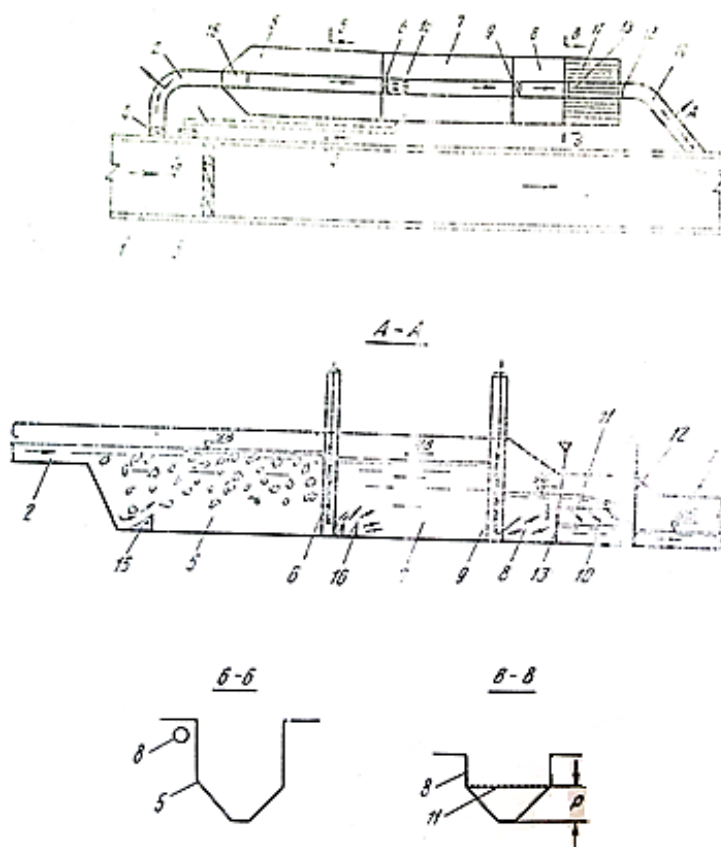


Рис. 11.1. Система подготовки и подачи животноводческих стоков в оросительную сеть.

1-канал; 2-отвод; 3-регулятор; 4, 6, 8, 11-затворы; 5-емкость; 7-накопитель; 9-сброс; 10-труба; 12-трмплин; 13-щипы.

Разработаны два устройства, одно из которых (рис.11.1) признано новым [21]. Имея в виду, что эти устройства могут заинтересовать сельхозпроизводителей, ниже они приведены так, как они описаны в [21].

На рис.11.1. (Авторское свидетельство №1759270 СССР. 1990 [21]) изображена система подготовки и подачи животноводческих стоков в оросительную сеть.

Система размещается на берегу оросительного канала 1 и параллельно с ним. В целях подачи воды в отвод 2 при прохождении по водотоку минимальных расходов, на основном канале 1 предусмотрен открытый регулятор 3. В целях регулирования подачи воды в отвод 2, последний оснащен затвором 4.

Оросительный канал 1 является источником подачи воды.

Система снабжена установкой для предварительного замачивания стоков, которая выполнена в виде емкости 5, сообщенной посредством зат-

вора 6 с накопителем 7 и с источником подачи воды. К накопителям 7 примыкает жижеборник 8, сообщенный с накопителем посредством затвора 9.

Фильтрующее приспособление выполнено в виде коробчатой камеры 10, расположенной на выходе жижеборника 8, имеющий верхнее решетчатое перекрытие 11, примыкающей к запорному элементу 12 одной из своих сторон и сообщенной с ним своей полостью. Коробчатая камера 10 снабжена затвором 13, который установлен на обращенной к затвору 9 накопителя 7 стенке. Накопитель 7 посредством трубопровода 14 сообщен с источником подачи воды – каналом 1.

Система снабжена средством перемешивания стоков, которое размещено на входном участке емкости 5 на ее дне и выполнено в виде порога с трамплином 15.

Средство дробления твердой фракции расположено на входном участке жижеборника 8 и выполнено в виде набора шипов 16, установленных в придонной зоне жижеборника 9.

Боковые стенки емкости 5, накопителя 7 и жижеборника 8 выполнены с составным поперечным сечением, которое в нижней части выполнено в виде трапеции, а в верхней – в виде прямоугольника.

Откосы емкостей с трапецидальным сечением выбираются из расчета обеспечения сползания крупных фракций навоза с наклонных поверхностей (откосов) сооружения.

Камера 10 размещена в концевой части жижеборника 8 для того, чтобы разбить оставшиеся неразрыхленными комки навоза, что достигается благодаря набеганию их на наружную стенку камеры 10 – затвор 13, а также отделить твердую фракцию навоза от жидкой, что достигается задержкой крупных его фракций на решетке с последующим ручным или механическим удалением.

Жижеборник 8 в пределах камеры 10 имеет прямоугольное поперечное сечение, что дает возможность увеличить площадь решетчатого перекрытия 11.

Накопитель 7 сообщен с каналом 1 посредством трубопровода 17, который перекрыт затвором 18.

Жидкая фракция отводится в канал 1 посредством сброса 19 ниже открытого регулятора 3.

Система работает следующим образом.

До подачи в нее воды ее затворы занимают нижнее положение, т.е. закрыты. В это время осуществляется загрузка емкости 5 навозом. После этого открывается затвор 4 и вода по отводу 2 из канала 1 поступает в емкость 5. После наполнения этой емкости подача воды в нее прекращается, начинается процесс замочки навоза. После достижения соответствующей кондиции (замочки), навоз вместе с водой подается из емкости 5 в накопи-

тель 7, для чего открывается затвор 6. Истечение осуществляется из под затвора 6, в результате чего поступающий в накопитель 7 поток имеет бурный режим. В накопителе 7 имеет место бурление потока, которое, совместно с шипами 16, размельчают мокрый навоз. По мере выравнивания уровней жидкости в емкость 5 и накопителе 7, затвор 6 закрывается, осуществляется дозагрузка емкости 5 навозом и подача в нее воды для замочки новой порции навоза. По мере наполнения емкости 5 подача воды в нее прекращается.

Навозная жижа в накопителе 7 разбавляется водой, направляемой из канала 1 по трубопроводу 17. В процессе разбавления происходит дополнительное размельчение мокрого навоза. По мере наполнения накопителя 7 подача воды в нее прекращается, что достигается закрытием затвора 18.

Стоки готовы для подачи в оросительную сеть.

Для этого открывается затвор 9, при этом обеспечивается истечение из-под затвора, благодаря чему вытекающий поток имеет бурный режим. Этот поток с твердыми фракциями навоза, набегает на затвор 13, чем обеспечивается размельчение оставшихся неразрыхленными комков навоза. Уровень навозной жижи в жижесборнике 8 увеличивается и, по мере превышения уровня плоскости решетчатого перекрытия 11, жидкая фракция поступает в камеру 10. Твердая составляющая навоза задерживается на перекрытии 11, причем она здесь может постепенно накапливаться. Накопление твердой составляющей навоза на перекрытии 11 не сказывается отрицательно на его работе, т.е. она сама будет работать как фильтр, легко пропуская жидкую фракцию.

Жидкая фракция, попавшая в камеру 10, подается через сброс 19 в канал 1, при этом поступление жидкой фракции регулируется посредством запорного элемента 12. Подача жидкой фракции в оросительную сеть продолжается до тех пор, пока накопитель 7 не опорожнится от навозной жижи. После этого закрывается затвор 9 и снова осуществляется наполнение накопителя 7, для чего открывается затвор 6.

Такой цикл – непрерывный, этим можно обеспечить и непрерывную подачу мочевины в оросительную сеть.

В системе размельчение крупных фракций навоза начинается в емкости 5 и завершается в жижесборнике 8, при этом для размельчения используются как энергия самой воды, так и воздействие шипов и стенки.

На рис.11.2 (Патент №35 KG. 1994 [21]) приведена упрощенная схема системы подготовки и подача животноводческих стоков в оросительную сеть.

Стоки готовы для подачи в оросительную сеть.

Для этого открывается затвор 9, при этом обеспечивается истечение из-под затвора, благодаря чему вытекающий поток имеет бурный режим.

Этот поток с твердыми фракциями навоза, набегает на затвор 13, чем обеспечивается размельчение оставшихся неразрыхленными комков навоза. Уровень навозной жижи в жижесборнике 8 увеличивается и, по мере превышения уровня плоскости решетчатого перекрытия 11, жидкая фракция поступает в камеру 10. Твердая составляющая навоза задерживается на перекрытии 11, причем она здесь может постепенно накапливаться. Накопление твердой составляющей навоза на перекрытии 11 не сказывается отрицательно на его работе, т.е. она сама будет работать как фильтр, легко пропуская жидкую фракцию.

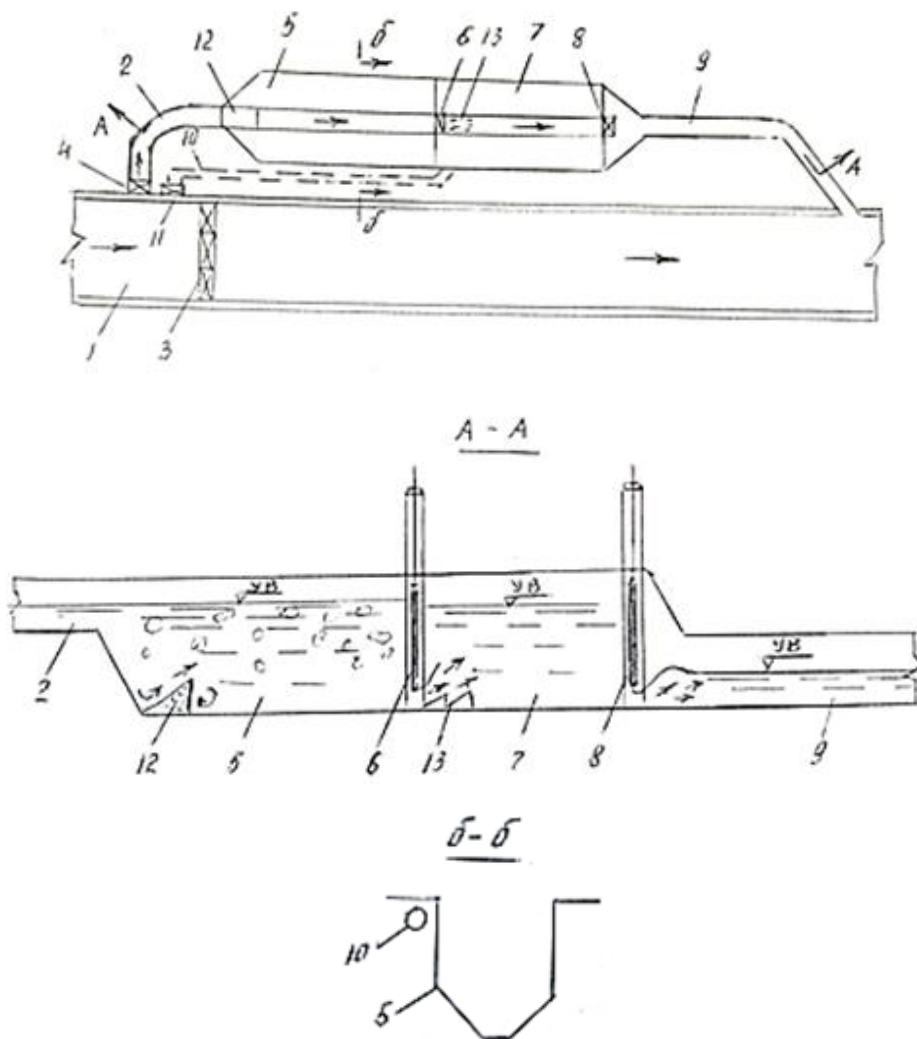


Рис.11.2. Упрощенная схема системы подготовки и подачи животноводческих стоков в оросительную сеть.

1-канал; 2-отвод; 3-регулятор; 4, 6, 8, 11-затворы; 5-емкость;
7-накопитель; 9-сброс; 10-труба; 12-трмплин; 13-щипы.

Жидкая фракция, попавшая в камеру 10, подается через сброс 19 в канал 1, при этом поступление жидкой фракции регулируется посредством запорного элемента 12. Подача жидкой фракции в оросительную сеть продолжается до тех пор, пока накопитель 7 не опорожнится от навозной жи-

жи. После этого закрывается затвор 9 и снова осуществляется наполнение накопителя 7, для чего открывается затвор 6.

Такой цикл – непрерывный, этим можно обеспечить и непрерывную подачу мочевины в оросительную сеть.

В системе размельчение крупных фракций навоза начинается в емкости 5 и завершается в жижесборнике 8, при этом для размельчения используются как энергия самой воды, так и воздействие шипов и стенки.

На рис.11.2 (Патент №35 KG. 1994 [22]) приведена упрощенная схема системы подготовки и подачи животноводческих стоков в оросительную сеть.

12. Гидрометрическая трубка «ЗАМА»

Гидрометрическая трубка «ЗАМА» предназначена для измерения скоростей течения воды в натуральных условиях. Прибор является усовершенствованным вариантом гидрометрической трубки «Пито» и при усовершенствовании были получены следующие три патента:

- предварительный патент №290 KG. 1997 [93];
- предварительный патент №473 KG. 2000 [94];
- патент №1355 KG. 2010 [97].

Сам прибор (рис.12.1) включает горизонтальные динамическую 1 и статическую 2 трубки (датчик), вертикальные водоподъемные трубки 3 и 4, пьезометры 9 и 10, метрическую шкалу 11, щит 8, зарядное устройство 5 с краником 6 на отводящей трубке 7. На подходе к пьезометрам 9 и 10 установлен отсекающий 13, позволяющий одновременно перекрывать или открывать отверстия труб прибора перед пьезометрами (конструкция и привод отсекающего на рис. не показаны).

Гидрометрическая трубка работает следующим образом. После ввода датчика в поток и крепления прибора к гидрометрическому мостику (последний не показан на чертеже) осуществляется выкачивание воздуха через трубку 5 из вертикальных трубок 3 и 4, тем самым в последних создается частичный вакуум. В результате в вертикальные трубки 3 и 4 поступает вода из водотока 12.

После того, как уровни воды в трубках 3 и 4 займут положение в пределах пьезометров 9 и 10, дальнейшее поднятие уровней воды в трубках (пьезометрах) прекращается путем перекрытия трубки 5 краном 6. В этом случае уровни воды в пьезометрах под действием пульсации потока в водотоке 12 пульсируют, затрудняя их измерение.

Для стабилизации уровней воды в пьезометрах изолируется поступление воды в них из ниже размещенных трубок путем одновременного перекрытия их отверстий отсекающим 13. В этом случае уровни воды в пьезо-

метрах стабилизируются (успокаиваются), показывая разницу Δh в пьезометрах, по которой и определяется скорость течения воды.

а)

б)

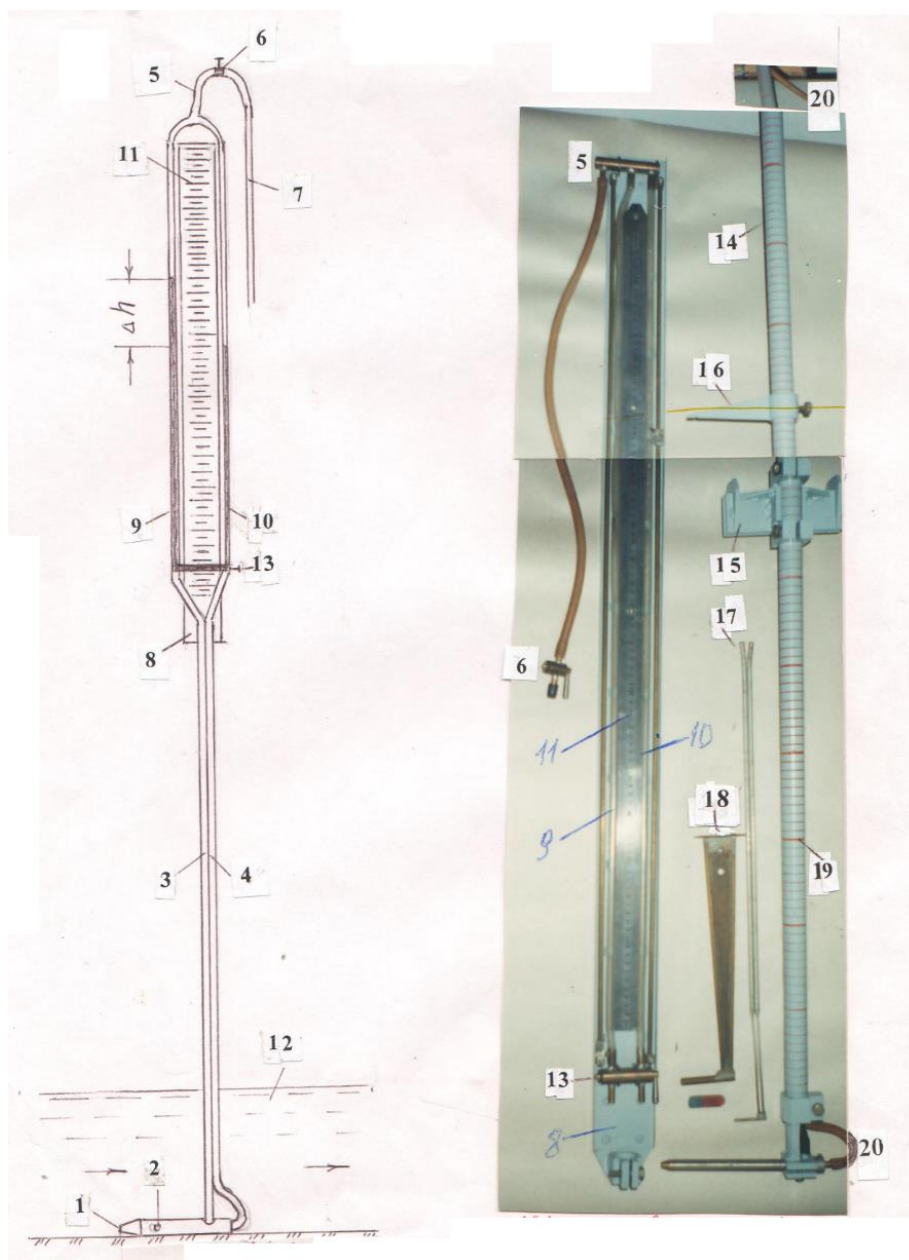


Рис.12.1. Гидрометрическая трубка «ЗАМА»

1 и 2 – входы в динамическую и статическую трубки; 3 и 4 – трубки для динамической и статического напоров; 5 и 7 – воздухоотводные трубки; 6 – кран; 8 – щит; 9 и 10 – пьезометры для измерения динамического и статического напоров; 11 – метрическая линейка; 12 – поток воды; 13 – фиксатор; 14 – штанга; 15 – устройство для крепления ГМТ «ЗАМА» к гидрометрическому мосту; 16 – указатель; 17 – гидрометрическая трубка Пито; 18 – гидрометрическая трубка отдела гидравлики и гидро-сооружений ВНИИКАМС; 19 – метрическая шкала на штанге; 20 – резиновая трубка.

После замеров уровней воды в пьезометрах отсекается 13 отрывается и происходит изменение уровней воды в пьезометрах.

Все элементы гидрометрической трубки «ЗАМА» закреплены к вертушечной штанге, а последняя специальным устройством крепится к гидромосту, чем обеспечивается устойчивость установки прибора.

Приведенная погрешность измерения скорости 2,5%, что согласуется с требованием нормативного документа [111].

Метрологические и технико-экономические показатели гидрометрической трубки «ЗАМА» подробно приведены в [139]. Данный прибор имеет ряд преимуществ перед известной гидрометрической вертушкой. Так, к настоящему времени единственным прибором, которым можно будет замерить скоростей в пределах 0,10 – 5,0 м/с и более является гидрометрическая трубка «ЗАМА», так как гидровертушкой замеряется скорости только менее 3,0 м/с. Других приборов, приемлемых в производстве, нет. У гидрометрической трубки «ЗАМА» имеются и другие преимущества, они подробно описаны в [139] и известны предполагаемым в республике широким ее пользователям (в том числе работникам АВП). В свое время были изготовлены 25 опытных образцов прибора, которые переданы во все БУВХ ДВХ.



Рис.12.2. Представители ДВХ и БУВХ областей КР на гидропосте «Покровский». Главный инженер ЧБУВХ Х.М.Маллаев (21.10.99) рассказывает о гидрометрической трубке «ЗАМА», разработанной для применения при градуировке водомерных сооружений на внутрихозяйственных и межхозяйственных каналах.



Рис.12.3. Градуировка гидропостов на каналах с.р. Аламедин при помощи гидрометрической трубке «ЗАМА».

К недостаткам всех гидрометрических трубок, как известно, относится сложность измерения уровней воды в пьезометрах из-за непрерывной их пульсации, что приводит определенным к погрешностям при измерении скоростей течения воды в водотоках. Этот недостаток относится и к гидрометрической трубке «ЗАМА» (Предварительный патент KG №473, С 1 кл. G 01 P 5/14, 5/16, 2001) [94] при этом к ее недостаткам относится наличие на ней двух отсекателей (в их качестве использованы краники), одновременно и одинаково выполнять ими действие (по открытию ими перекрытию отверстий двух труб) часто не удается и еще из-за ненадежной работы самих отсекателей (краников) в пьезометры проникают воздушные пузырьки, внося погрешности в измеряемых скоростей потока и затрудняя работу с прибором.

Задачей дальнейшей работы является снижение погрешности измерения скорости потока гидрометрической трубки путем повышения точности измерения уровня воды в ее пьезометрах и упрощение эксплуатации прибора.

Поставленная задача решается за счет того, что в гидрометрической трубке, содержащей горизонтальные и вертикальные динамическую и статическую трубки, пьезометры и зарядное устройство, согласно **изобретению**, вертикальные динамическая и статическая трубки соединены с пьезометрами с помощью трубчатых переходов с установленным над ними отсекателем с зажимным устройством.

Такое выполнение прибора позволяет осуществить измерение скорости течения воды при стабилизированных уровнях воды в пьезометрах, что повышает точность измерения и упрощает эксплуатацию прибора.

Изобретение поясняется чертежами: на рис. 12.4 представлена принципиальная схема гидрометрической трубки с отсекателем, размещенным в пределах трубчатых переходов; в разрезе 1-1 – схема отсекателя с зажимным устройством в плане; в Б-Б – зажимное устройство вид впереди.

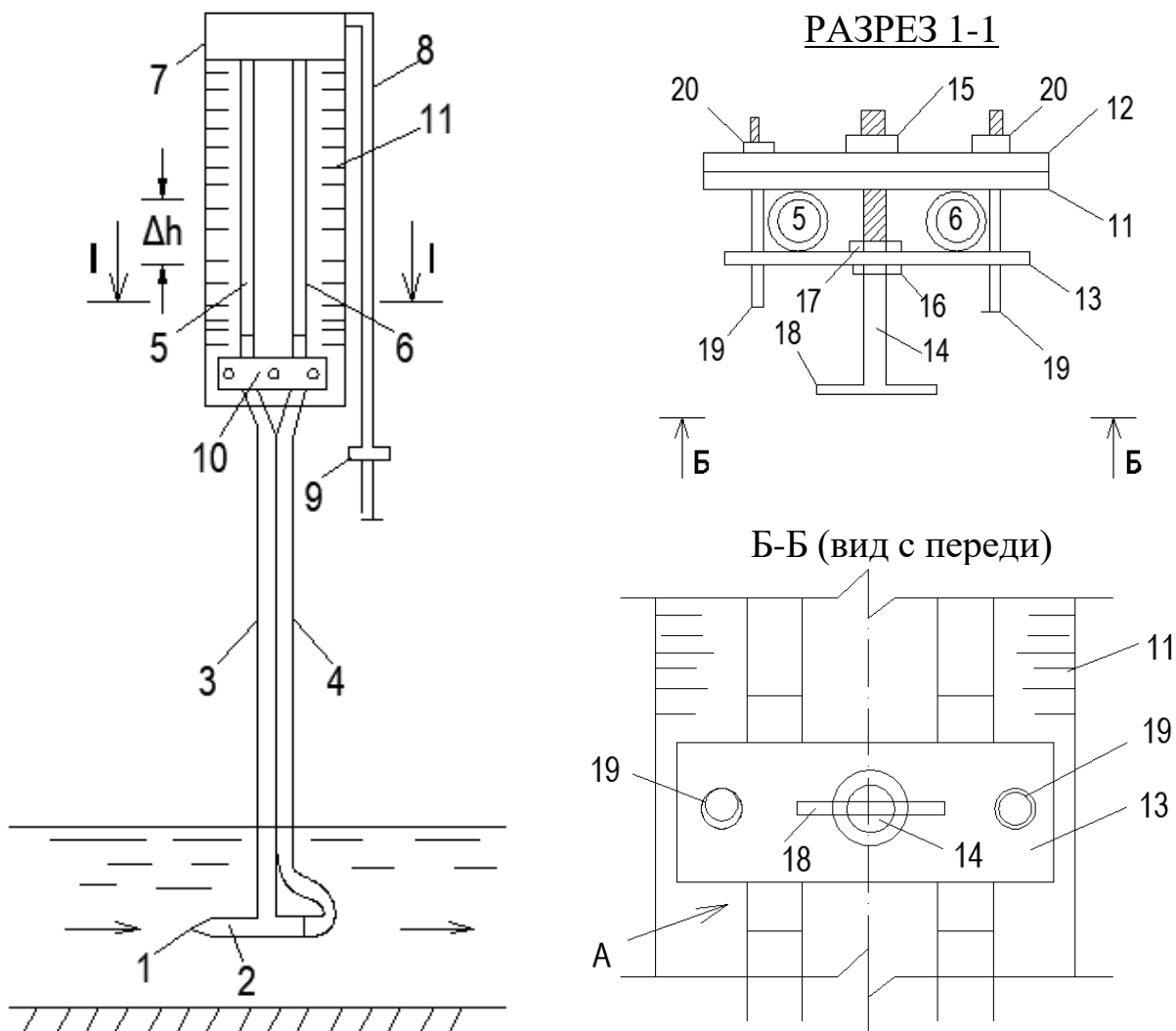


Рис. 12.4. Гидрометрическая трубка «ЗАМА» с отсекателем.

Гидрометрическая трубка «ЗАМА» включает горизонтальные динамическую 1 и статическую трубки 2, вертикальные водоподъемные трубки 3 и 4, пьезометры 5 и 6, зарядное устройство 7 с краником 9 на отводящей трубке 8. На трубчатых переходах размещен отсекателем 10 с зажимным устройством. Пьезометры 5 и 6, отсекателем 10, зарядное устройство 7 и метрическая шкала 11 крепятся к щиту 12. К этому же щиту крепятся (сваркой) гайки 15 и 20. Основным элементом отсекателя является болт 14, на котором имеются пластика 13 и ограничивающее ее перемещения по

длине болта 14 имеется ручка 18, с помощью которой сам болт 14 привинчивается в гайку 15. Кроме указанных элементов, в состав отсекаателя с зажимным устройством входят направляющие пластину 13 штыри 19, одним концом привинчиваемые в гайки 20.

Гидрометрическая трубка работает следующим образом.

После ввода горизонтальных трубок 1 и 2 в водоток осуществляется выкачивание воздуха через зарядное устройство 7 из трубок 3,4,5 и 6, создавая, тем самым, в последних частичный вакуум. В результате в указанные трубки поступает вода из водотока. После того, как уровни воды в вертикальных трубках прибора займут положение в средней части пьезометров, дальнейшее поднятие уровней воды с этих пьезометров прекращается путем перекрытия трубки 8 краником 9.

В этом положении прибор считается подготовленным для проведения измерений.

Для стабилизации уровней воды в пьезометрах прекращается поступление воды в них из ниже размещенных трубок 3 и 4 путем одновременного сжатия двух трубок на участке А Б-Б при помощи пластинки 13 путем привинчивания болта 14 в гайку 15. При этом сжатие осуществляется до тех пор, пока уровни воды в пьезометрах не стабилизируются, показывая разницу в Δh , по которой определяется скорость потока по формуле

$$v = \eta \sqrt{2g\Delta h}, \quad (12.1)$$

где η – коэффициент, определяемый при градуировке прибора;

g – ускорение силы тяжести.

После замеров уровней воды в пьезометрах, отсекаатель с зажимным устройством или точнее – пластины 13 отводится назад, путем отвинчивания болта 14, а перед последующими замерами вновь осуществляется сжатие трубок на участке А пластиной 13 путем привинчивания болта 14. В процессе измерения скорости течения воды при помощи отсекаателя 10 с зажимным устройством добиваются стабилизации уровней воды в пьезометрах, что повышает точность измерения скорости потока гидрометрической трубкой.

Эффективность гидрометрической трубки с отсекаателем и зажимным устройством заключается в повышении точности измерения уровней воды в пьезометрах путем их стабилизации на время проведения замера, в упрощении эксплуатации, так как при неп пульсирующих уровнях воды в пьезометрах легко снимаются их показатели.

Наравне с изложенными предложениями по стабилизации уровней воды в пьезометрах, можно пробовать снимать показаний пьезометров и на фото и с него определять положение уровней воды в этих пьезометрах. Этот путь, по-видимому, будет представлять практический интерес, по-

скольку в этом случае упрощается сам технологический процесс по изменению уровней воды в пьезометрах.

13. Устройство, дозирующее подачу наносов на русловые модели

До последнего времени при исследовании русловых процессов на моделях смесь наносов в поток вводилась вручную; подобная практика помимо отвлечения рабочей силы, приводит к неточностям дозирования наносов и отсутствию пунктуальности их подачи на модель.

Указанные недостатки были ликвидированы, когда был разработан и применен автодозатор (рис.13.1), кратко описанный ниже.

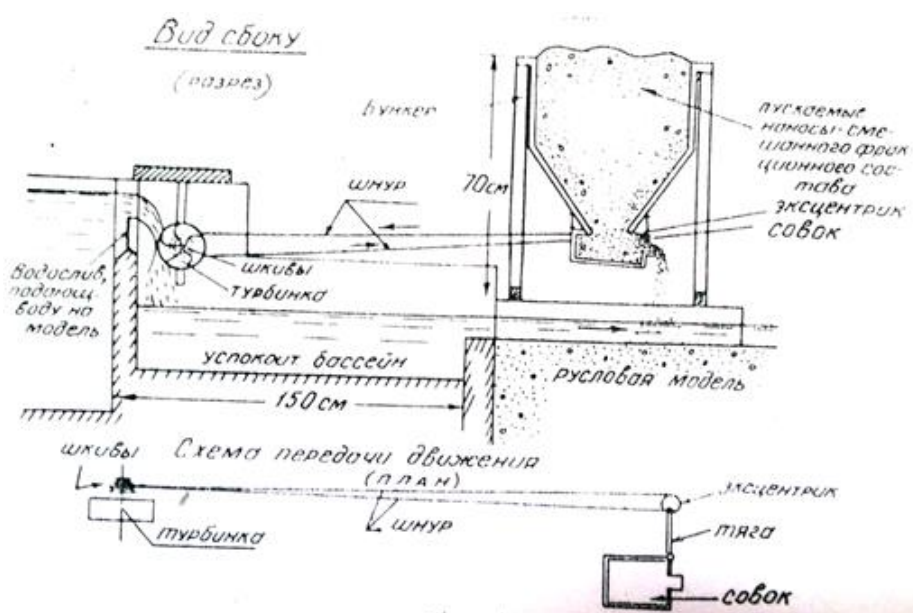


Рис.13.1.

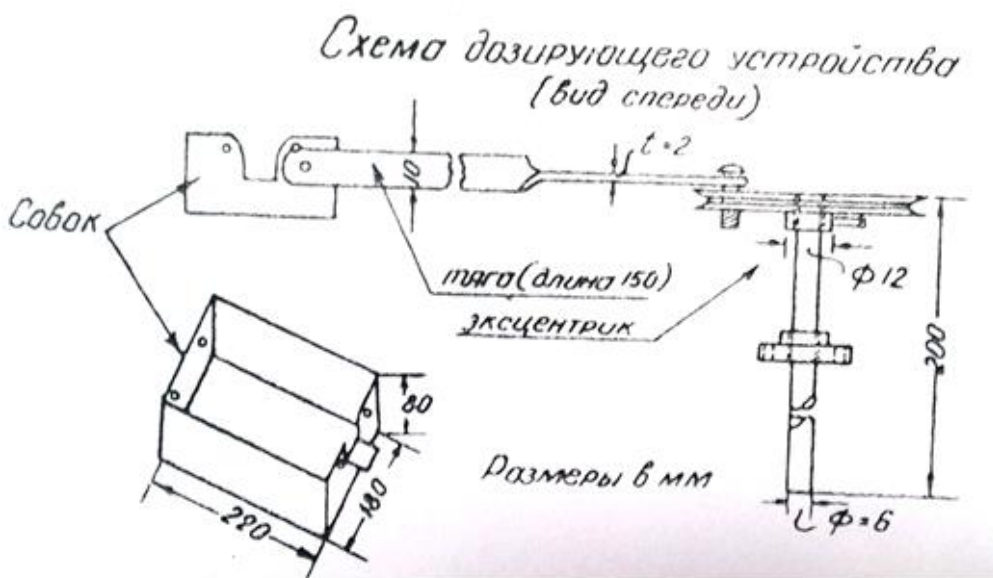


Рис.13.2.

Автодозатор состоит из водяного движка (турбинки), установленного за водосливом, подающим воду на модель, бункера и дозирующего устройства (рис.13.1). Турбинка представляет собой обычное водяное лопастое колесо, приводящее во вращение систему шкивов различного диаметра. Этими шкивами представляется возможность регулировать число оборотов собственно дозирующего устройства (помимо регулировки числа оборотов самой турбины, достигаемого большей или меньшей степенью ввода ее лопастей в струю, падающую с ребра водослива).

Передача вращения от турбинки к дозирующему устройству осуществляется с помощью шнура.

Конструкция бункера понятна из рис.13.1.

Примененное в лабораторной практике дозирующее устройство основано на степени вибрации совка и смеси, поступающей в него из бункера под собственным весом.

Детали механизма вибрирующего совка и его размеры показаны на рис.13.2. Регулирование подачи наносов в поток в данной конструкции, кроме маневрирования степенью вибрации совка, достигаемой вышеописанным способ, осуществляется также наклоном совка и его носка.

При испытании и длительном использовании данной конструкции дозатора установлено достаточно точное нормирование подачи смеси на модель в количествах от нескольких килограммов до 300 кг в час.

Конструкция дозатора проста, само устройство выполнимо в мастерских обычного типа.

Коэффициенты шероховатости русел каналов и лотков [215]

| № | Состояние поверхностей русел | n |
|----|--|---------------|
| 1 | Исключительно гладкие поверхности; поверхности, покрытые эмалью или глазурью. | 0,009 |
| 2 | Весьма тщательно отстроганные доски, хорошо пригнанные. Лучшая штукатурка из чистого цемента. | 0,010 |
| 3 | Лучшая цементная штукатурка. Хорошо отстроганные доски. | 0,011 |
| 4 | Нестроганные доски, хорошо пригнанные. Весьма хорошая бетонировка. | 0,012 |
| 5 | Тесовая кладка в лучших условиях, хорошая кирпичная кладка. | 0,013 |
| 6 | Бетонировка каналов в средних условиях. | 0,014 |
| 7 | Средняя кирпичная кладка, облицовка из тесаного камня в средних условиях. | 0,015 |
| 8 | Хорошая бутовая кладка, старая (расстроенная) кирпичная кладка; сравнительно грубая бетонировка. | 0,017 |
| 9 | Каналы, покрытые толстым, устойчивым илистым слоем; каналы в плотном лессе и в плотном мелком гравии. | 0,018 |
| 10 | Средняя (вполне удовлетворительная) бутовая кладка; булыжная мостовая. Каналы, весьма чисто высеченные в скале. | 0,020 |
| 11 | Каналы в плотной глине. Каналы в лессе, гравии, русла, затянутые сплошной (местами прерываемой) глинистой пленкой. Большие земляные каналы, находящиеся в условиях содержания и ремонта выше средних | 0,0225 |
| 12 | Хорошая сухая кладка. Большие земляные каналы в средних условиях содержания и ремонта и малые – в хороших условиях. | 0,025 |
| 13 | Земляные каналы, большие – в условиях содержания и ремонта ниже средней нормы; малые – в средних условиях | 0,0275 |
| 14 | Земляные каналы в сравнительно плохих условиях (например, местами с водорослями, булыжником или гравием по дну); заметно заросшие травой; с местными обвалами откосов и пр. | 0,030 |
| 15 | Каналы, находящиеся в весьма плохих условиях (с неправильным профилем; заметно засоренные камнями и водорослями и пр). | 0,035 |
| 16 | Каналы в исключительно плохих условиях (значительные промоины и обвалы; заросли камыша; густые корни, крупные камни по руслу и пр). | 0,040 и более |

Коэффициент шероховатости водотоков [223]

| Род стенки | n |
|--|-------|
| Поверхности, покрытые эмалью или глазурью. Весьма тщательно остроганные доски, хорошо пригнанные | 0,009 |
| Строганные доски. Штукатурка из чистого цемента | 0,010 |
| Цементная штукатурка (1/3 песка). Чистые (новые) гончарные, чугунные и железные трубы, хорошо уложенные и соединенные | 0,011 |
| Нестроганные доски, хорошо пригнанные. Водопроводные трубы в нормальных условиях, без заметной инкрустации; весьма чистые водосточные трубы; весьма хорошая бетонировка | 0,012 |
| Тесовая кладка; весьма хорошая кирпичная кладка. Водосточные трубы в нормальных условиях; несколько загрязненные водопроводные трубы. Нестроганные доски, не вполне тщательно пригнанные | 0,013 |
| Загрязненные трубы (водопроводные и водосточные); кирпичная кладка; бетонировка канала в средних условиях | 0,014 |
| Грубая кирпичная кладка; каменная кладка (не тесовая) с чистой отделкой поверхности, при ровном постелистом камне. Чрезвычайно загрязненные водостоки. Брезент по деревянным рейкам | 0,015 |
| Обыкновенная бутовая кладка в удовлетворительном состоянии; старая (расстроенная) кирпичная кладка; сравнительно грубая бетонировка. Гладкая, весьма хорошо разработанная скала | 0,017 |
| Каналы, покрытые толстым устойчивым илистым слоем; каналы в плотном лесе и в плотном мелком гравии, затянутые сплошной илистой пленкой (однако в безукоризненном состоянии) | 0,018 |

Показатели внедрения результатов НИР на примере 1985 года

| Шифры работ и их наименование | Где внедрены разработки | Количественный показатель внедренных разработок | Годовой экономический эффект от внедрения (тыс.руб) | План, по которому внедрялись разработки |
|---|---|---|---|---|
| ГВ-03-16/83 Водовыпуск-стабилизатор расхода для лотковых каналов | Колхоз «1 мая» | 165 | 33,83 | ГлавКиргиз Водстроя |
| | Иссык-Кульский район «50 лет СССР» Тюпский район | 469 | 100,33 | ГлавКиргиз Водстроя |
| 0.04.02.02.01.Д4 Опытно-производственное внедрение водовыпуска с отражателем | Канал Чечей Кеминский район | 3 | 15,12 | Вне плана |
| Опытно-производственное внедрение поворотного сооружения двухъярусного типа | Канал Чечей Кеминский район | 1 | 7,3 | Вне плана |
| ГВ-03-16/83 Водовыпуск стабилизатор расхода с наклонным дном | Трест ЧуйВод-Строй | 27 | 54,58 | ГлавКиргиз Водстроя |
| ГВ/2В-03-017. Поворотное сооружение по АС № 1167269 СССР | Московское УОС | 7 | 19,0 | Вне плана |
| Промышленное освоение сборных блоков ВС и ДВС (3 год выпуска) | ЖБИ КГВХ | 800 | 46,7 | ГлавКиргиз Водстроя |

Примечание: Аналогичные показатели внедрения результатов научно-исследовательских работ приводились ежегодно в годовых отчетах за период с 1975 по 1990гг.

Показатели внедрения результатов НИР на примере некоторых сооружений

| Наименование внедренных разработок | Новизна разработок | Количественные показатели внедренных разработок | Эффективность внедренных разработок |
|---|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. Рабочие водовыпуски Кировского водохранилища р.Талас | Авторское свидетельство СССР № 300793 | 2 | Работают нормально, обеспечивая в течение 45 лет пропуск заданных расходов воды. |
| 2. Водовыпуск-стабилизатор расхода | Авторское свидетельство СССР № 502082 | на 1982г – 70 сооружений | Экономическая эффективность – 200 тыс.руб. |
| 3. Водовыпуск с отражателем и щелевой водовыпуск | Авторское свидетельство СССР № 1028769, Положительное решение по заявке СССР №3459314/29-05 | на 1989г – 40 сооружений | Экономическая эффективность – 120 тыс.руб. |
| 4. Поворотные сооружения на быстротечных каналах | Авторские свидетельства СССР № 1167269, № 918391 | на 1988г – 15 сооружений | Экономическая эффективность – 19 тыс.руб. |
| 5. Подпитывающие сооружения | Усовершенствованные их конструкции и компоновки | на 1980г – 15 сооружений | Построение сооружения обеспечивают плавное соединение бурных потоков. |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|-------------------------|---|
| 6. Переносной водослив Сатаркулова | Патент КГ №141 | более 200 шт. | Ими измеряются расходы воды в участковых и временных орошителях, что важно для дехкан. |
| 7. Затвор-водомер | Авторское свидетельство СССР №326284, Положительное решение по заявке №4935684/15 (040588) | на 1993г – 2 сооружения | Экономическая эффективность – 20 тыс. сом. |
| 8. Водомеры с регулируемыми по высоте порогами | Авторское свидетельство № 1735715 | на 1992г – 7 объектов | Высота порога водослива регулируется во избежание подпора со стороны нижнего бьефа, чем улучшается качества учета воды. |
| 9. Водомер типа «Диаграмма» | Патент КГ № 129 | 2 | Экономическая эффективность – 50 тыс. сом. |
| 10. Водомерное сооружение | Предварительный патент КГ № 476 | 1 | Экономическая эффективность – 25 тыс. сом. |
| 11. Водомер типа «Прямоугольный насадок» | Патенты КГ № 179, №220 | 10 | Экономическая эффективность – 250 тыс. сом. |
| 12. Комбинированный водомер типа «Водослив-насадок» | Патент КГ № 217 | 4 | Экономическая эффективность – 100 тыс. сом. |
| 13. Гидрометрическая трубка «ЗА-МА» | Патенты КГ №№ 290, 483 и 1355 | 25 | Измеряется скорости потока при 3,0 м/с и более, чего нельзя замерять гидровертушкой. |

Продолжение Приложения 4

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--|--------------------------------|---|
| 14. Новый способ определения коэффициента шероховатости лотковых каналов | Патент КГ №257 | Лотковый канал длиной 384 м | Экономическая эффективность – 130 тыс. сом. |
| 15. Государственная метрологическая аттестация и проверка водомерных сооружений на оросительных системах КР | Они проводились в течение почти 20 лет по заказам Облводхозов КР | По 120-150 сооружений ежегодно | Улучшались качества учета воды при подаче ее водопользователям. |