

**СЛУЖБА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

С. Сатаркулов, Э.М. Мамбетов, Д.К. Садыбакова

**КРАТКИЙ СБОРНИК РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ
РАБОТЫ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ
НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**Под редакцией С. Сатаркулова – изобретателя СССР,
Заслуженного изобретателя Киргизской ССР, профессора,
кандидата технических наук**

БИШКЕК 2023

УДК 631.6
ББК 40.62
С 21

С. Сатаркулов, Э.М. Мамбетов, Д.К. Садыбакова
С 21 Краткий сборник рекомендаций по улучшению работы водомерных сооружений на оросительных системах. -Б., 2023. - 48 с.

ISBN 978-9967-9445-4-1

В течение ряда десятилетий на оросительных системах нашей страны строились различные типы водомерных сооружений. В целях выявления перспективных их типов, проводились работы по изучению эксплуатационных их показателей. В результате было установлено, что к числу перспективных сооружений относятся водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой». Но оказалось, что у этих сооружений имелись ряд недостатков, над устранением которых трудились многие отечественные ученые и инженеры. Ими были разработаны различные рекомендации по улучшению работы этих сооружений, основные из которых приводятся в этой работе.

Кроме указанных типов водомеров, к перспективным отнесены также и новые типы сооружений, например, такие как «Прямоугольный насадок» и «Комбинированный водомер», по которым также были разработаны приведенные в этой работе рекомендации по их применению.

Предназначен для работников гидроучастков и отделений оросительных систем, проектировщиков и метрологов.

ISBN 978-9967-9445-4-1

УДК 631.6
ББК 40.62

@ Авторский коллектив, 2023

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

Учет водных ресурсов в аридной зоне, к категории которой относится территория нашей страны, имеет важное народнохозяйственное значение, ибо он позволяет правильно и экономно использовать их для достижения поставленной цели. Кроме того, вода стала товаром, в этом случае в учете воды заинтересованы и вододатели, и водопотребители, и, особенно, многотысячные дехкани. Применяемые в таких условиях водомерные сооружения должны отвечать не только технологическим, но и метрологическим требованиям. Но, как показало многолетнее изучение эксплуатационных их показателей, существующие водомерные сооружения нуждались в совершенствовании. В связи с этим, многие отечественные ученые и инженеры развернули работу по изучению условий функционирования водомерных сооружений на оросительных системах республики, одновременно совершенствуя их компоновки и конструкции. К ним можно отнести Артамонова К.Ф., Валентини Л.А., Бочкарева Я.В., Валентини К.Л., Сатаркулова С.С., которым самостоятельно и совместно с Акимжановым А., Бейшекеевым К.К., Маллаевым Х.М., Полотовым А.П., Чондиевым С.С., Кошматовым Б.Т., Батыковой А.Ж., Мамбетовым Э.М., Садыбаковой Д.К. и др. были выполнены весьма полезные работы по:

- изучению условий работы действующих сооружений и эксплуатационных показателей последних, с выявлением положительных и отрицательных их сторон;
- выявлению перспективных типов сооружений как, с точки зрения, технологических, так и метрологических показателей;
- совершенствованию компоновок и конструкций перспективных типов сооружений, с разработкой новых их типов;
- созданию экспериментальных образцов разработанных перспективных сооружений, с изучением гидравлических и метрологических их показателей в натуре;

- разработке рекомендаций по проектированию, строительству и эксплуатации перспективных сооружений;

- пропаганде новых разработок путем организации выездных семинаров на построенные экспериментальные объекты;

- публикации результатов исследований в научных изданиях и в виде руководства, и рекомендаций, с передачей их проектным организациям, всем РУВХ и ГУВХ, а также АВП.

Следует отметить, что на оросительных системах КР были построены многие типы водомерных сооружений, но из них к перспективным отнесены только водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водосливы с тонкой стенкой». Но оказалось, что у этих типов сооружений имелись ряд недостатков, над устранением которых трудились многие отечественные ученые и инженеры. В результате проведенных ими работ, были разработаны не только рекомендации по устранению недостатков существующих водомерных сооружений, но были созданы и новые их типы. Полученные результаты исследований с рекомендациями по проектированию, строительству и эксплуатации перспективных водомерных сооружений опубликованы во многих научных статьях, и, в некотором обобщенном виде, - в указанных в списке использованной литературы этой работы брошюрах и книгах.

Поскольку эти брошюры и книги выпускались в ограниченном количестве, то о них могли не знать заинтересованные в них специалисты и, в частности, работники гидротехнических участков и отделений оросительных систем. Данная работа ориентирована, в первую очередь, именно на них, так как совершенствованию учета воды путем внедрения новых технологий заинтересованы именно они.

В этой работе кратко приводятся основные рекомендации научных разработок, изложенные в указанных публикациях. Применение их в практических работах позволит улучшить условий эксплуатации водомерных сооружений, с одновременным повышением точности учета воды на них.

1. ВОДОМЕРНОЕ СООРУЖЕНИЕ ТИПА «ФИКСИРОВАННОЕ РУСЛО»

Данное водомерное сооружение, как известно [20, 21], состоит из измерительных участка и створа, успокоительного колодца и уровнемерной рейки. Строится оно:

- на каналах с земляным руслом и бетонированных водотоках трапецеидального и прямоугольного сечений – в соответствии с требованиями НД [20];

- на каналах параболического сечения – в соответствии с требованиями НД [21].

Сооружение может быть построено на каналах с земляным руслом и по проекту повторного применения [18].

Водоток данного водомера должен быть призматическим (форма и параметры поперечного сечения остаются по его длине постоянными), а режим течения воды в нем – равномерным. Внутренняя поверхность водотока выполняется гладкой, а при его эксплуатации – регулярно проводится очистка ее от прилипших к ней взвешенных наносов; погрешность измерения расходов воды на нем не превышает 5%. Ввод водомера в эксплуатацию осуществляется после его градуировки по методу «скорость-площадь» [20, 21].

Теоретическая пропускная способность водомера, предназначенного для строительства на водотоках с различными поперечными сечениями, определяется по формуле $Q = \omega C \sqrt{Ri}$ (1.1), а коэффициент Шези $C = \frac{1}{n} R^{0,2}$, (1.2), где ω – площадь живого сечения потока; i – уклон водотока (в пределах измерительного участка – постоянный); R – гидравлический радиус; n – коэффициент шероховатости, отражающий состояние (шероховатости) внутренней поверхности водотока в пределах измерительного участка водомера.

Следует отметить, что рассматриваемый водомер получил применение в нашей стране не только на магистральных и межхозяйственных каналах, но и на водотоках внутрихо-

зыйственного значения. При этом, как это было отмечено ранее, он функционирует как на каналах с земляным руслом, так и на бетонированных водотоках с различными поперечными сечениями.

Многолетнее изучение эксплуатационных показателей водомера данного типа показало, что он в целом отвечает требованиям НД [20, 21], но у него имелись недостатки, над устранением которых работали многие отечественные исследователи.

На основании проведенных ими работ, были разработаны рекомендации по устранению выявленных на сооружениях недостатков. Эти рекомендации – следующие.

При расчете пропускной способности водотока водомера с параболическим сечением коэффициент шероховатости в формуле (1.2) проектировщики принимают $n = 0,015$, а в НД [26] - $n = 0,016$.

Эти данные – ошибочные, поскольку они относятся не к исключительно гладкой бетонной поверхности, а к грубой кирпичной или каменной кладке (Приложение 2) [26].

Коэффициент шероховатости водотока водомеров на лотковых каналах детально изучен, результаты его подробно приведены в [14], из которой следует:

- для водотоков, построенных из новых секций лотков, $n = 0,010$;
- для водотоков с чистой внутренней поверхностью, эксплуатируемых в течение ряда десятилетий, $n = 0,011$.

Опираясь на результаты этих исследований можно объяснить тот факт, почему большинство действующих не только гидростов типа «Фиксированное русло», но и самих лотковых каналов работает не полным поперечным сечением (рис. 1.1). При этом верхняя основная часть лотка с большей площадью не принимает участие в пропуске воды по водотокам.

Так, общеизвестно, что шероховатость водотока уменьшает, в первую очередь, скорости потока и через нее – увеличивает его глубину. Следовательно, приняв в проектных разработках

коэффициент шероховатости лотковых водотоков, вместо $n = 0,010 - 0,011$, $n = 0,015 - 0,016$ проектировщики искусственно увеличивает глубины потока и, опираясь на них, назначают строительства водных объектов из высоких секций лотков. Это происходило на бумаге, а, в действительности, в натуре – эти построенные по проектам объекты работают с уменьшенными, причем соответствующими шероховатостям $n = 0,010 - 0,011$, глубинами воды. При этом фактические глубины потоков H_{max} в них составляют всего $(0,4 - 0,6)H_d$ [14].



Рис. 1.1. На фото видны следы прохождения максимальных расходов воды по каналу (а) и гидросту (б); глубины H_{max} в них не превышает $0,5H_d$.

Следует отметить, что такой подход решения вопроса приводит только к удорожанию и так дорогостоящих водных объектов, к категории которых относятся и лотковые каналы с водомерными сооружениями на них.

Установлено также, что коэффициент шероховатости водотоков водомеров трапецидального и прямоугольного поперечных сечений, при хорошей их бетонировке, может приниматься $n = 0,012$ [10].

Примечания:

- фактическое значение коэффициента n действующего водотока водомера может определяться по способу, приведенному в приложении 1;

- внутренняя поверхность водотока на измерительном участке регулярно должна очищаться от прилипших к ней ила и песка [20, 21];

- в приложениях 2а и 2б приведены гидравлические параметры потока в лотковых каналах, которые полезно могут быть использованы при определении пропускных способностей водомерных сооружений, построенных на указанных водотоках;

- как в нормативных документах [21, 26], так и в научной литературе отсутствуют рекомендации по назначению высоты лотковых каналов над максимальными уровнями воды в них. Учитывая важности этого вопроса с точки зрения экономики, нами проведены определенные работы по его изучению в натуральных условиях. На основании полученных материалов, в [14] опубликованы приведенные в следующей таблице предложения. Следует отметить, что эти предложения предварительные и должны уточняться в последующем при проведении дополнительных научно-исследовательских работ;

Таблица 1.1

Запас высоты лотка над H_{max}

Высота лотковых каналов, м	Состояние потоков в лотковых каналах			
	Спокойное		Бурное	
	Высота лотков над H_{max} , м	Максимальная глубина воды в водотоке, м	Высота лотков над H_{max} , м	Максимальная глубина воды в водотоке, м
0,40	0,05	0,35	0,10	0,30
0,60	0,10	0,50	0,10	0,50
0,80	0,10	0,70	0,15	0,65
1,00	0,15	0,85	0,20	0,80

- наконец, о выборе типоразмеров лотков при строительстве водотоков: в работе [14] отмечается следующее – «Практика выбора типоразмеров лотковых каналов указывает на то, что оптимальную их высоту (с точки зрения экономики) легче всего

было бы назначать в том случае, если, наравне с Лр-4, Лр-6 и Лр-8, выпускались и лотки Лр-5 и Лр-7. Лотки с такими высотами нашли бы, с нашей точки зрения, широкое применение при строительстве внутрихозяйственных лотковых оросительных каналов». Далее в этой работе – «Предприятия, выпускающие секции лотков, готовы изготовить Лр-5 и Лр-7, если будут заказы. Теперь слово за проектировщиками». Конечно, они должны решить данный вопрос.

Ниже приводятся рекомендации по самим водомерным сооружениям.

Успокоительный колодец водомера должен размещаться не в удалении от его измерительного участка, как это часто бывает, на расстоянии 2-5м, а рядом с ним (рис. 1.2), чем уменьшаться не только потери напора по длине соединительной трубки, но и улучшится очистка последней от наносов.

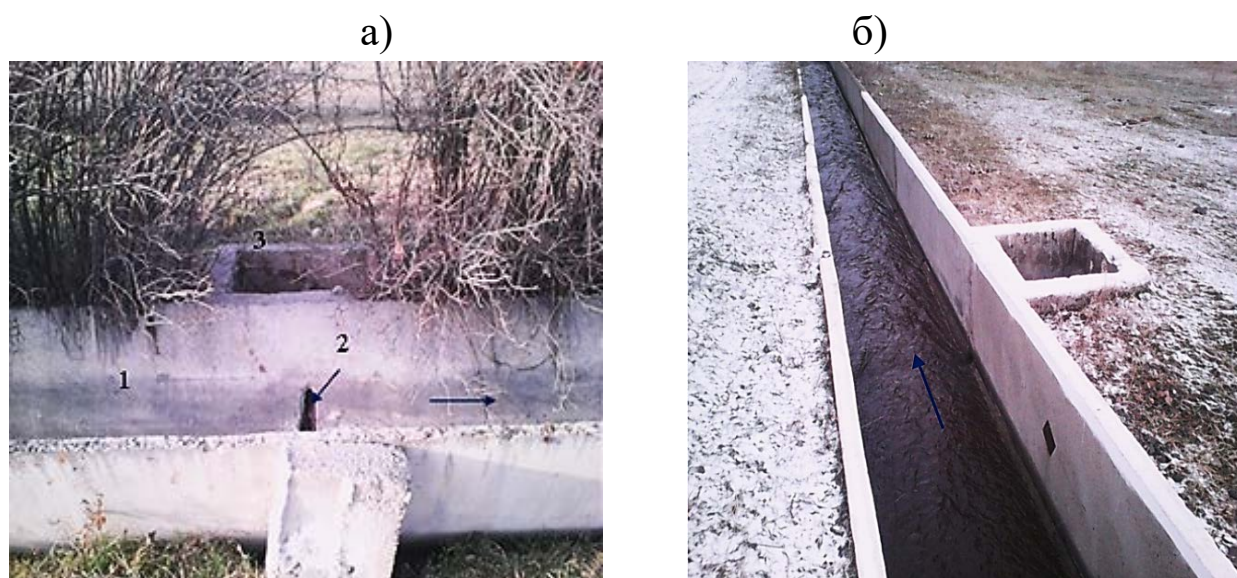


Рис. 1.2. Виды рационального размещения успокоительных колодцев рядом с водотоками водомеров. а – водомер «Жантай» с.р. Алаарча; б – водомер на с.р. Жыламыш.

Дно самого успокоительного колодца должно размещаться ниже дна водотока водомера на глубину порядка до 0,5м с тем, чтобы уменьшить частоту очистки его от наносов в период вегетации. Труба, соединяющая успокоительный колодец с водотоком водомера, должна размещаться на отметке дна последнего, а вход в трубу должен находиться в плоскости

внутренней поверхности водотока сооружения [13, 14]. Соединительную трубу рационально применять при скоростях потока $v \leq 1,0$ м/с, а при повышенных – необходимо переходить на щель (рис. 1.2), длиной $0,7H_{max}$, где H_{max} – максимальная глубина потока при максимальном расходе воды; ширина щели 5-7 см. При этом гидрометрам следует помнить, что измерение уровня воды в колодце осложнится при ее пульсации (она пульсирует тем сильнее, чем больше скорость потока в водотоке), в таком случае уровни воды снимаются «не менее пяти отсчетов по рейке и по ним определяется среднее их значение» [20] или могут применяться переносные запорные устройства, закрывающие отверстия [11, 12] (в последнем случае пульсация уровней воды в колодце прекращается).

Касаясь вопроса, связанного с поперечным сечением водотока на измерительном участке, можно отметить, что прямоугольное сечение выгодно отличается от трапецеидального и параболического сечений тем, что погонные расходы по ширине водотока – одинаковы, что позволяет измерить скорости потока при градуировке гидропоста только на одной вертикали – по теоретическим разработкам на вертикали, размещенной на расстоянии $l = (0,23 - 0,29)B$ от берега [10], где B – ширина прямоугольного водотока (средняя по живому сечению скорость потока приходится именно на эти ширины водотока); кроме того, прямоугольное сечение характеризуется большой пропускной способностью и учет воды на сооружениях с таким сечением осуществляется с высокой точностью.

Изложенные выше рекомендации касаются только самого водомера типа «Фиксированное русло». Но точность водоучета на нем зависит не только от него самого, сколько и от места его размещения. Изучение последнего вопроса показало, что работоспособность водомеров, в первую очередь, зависит от зональности размещения водотоков, на которых они строятся: если в предгорной зоне водомеры, построенные на водотоках с земляным руслом и проходящих поперек горизонталей, работают

вполне нормально, то сооружения, построенные в аналогичных же условиях в равнинной зоне, перестают функционировать вскоре же после ввода их в эксплуатацию [10, 12, 13]. Причина – подпоры переменного характера, возникаемые в результате интенсивного заиления наносами и зарастания растительностью отводящих в земляном русле каналов [9, 10 и др.]. По этой же причине перестают работать и водомеры в равнинной зоне (рис. 1.3), водотоки которых проходят параллельно горизонталям [9, 10, 12].



Рис. 1.3. Водовыпуск СХ-3 из канала КРВХ-1 Р-24 ЗБЧК.
1 – старший канал; 2 – щит;
3 – указано место установки гидропоста.



Рис. 1.4. Гидропост Р-15 на отводе из канала Савай с.р. Кара-Дарья.

Иначе говоря, водомеры рассматриваемого типа не могут быть использованы для учета воды в водотоках с земляным руслом в равнинной зоне, проходящих как вдоль, так и поперек горизонталей. Однако, они успешно могут быть применены в предгорной зоне, когда трассы водотоков проходят перпендикулярно к горизонталям; в этой же зоне они могут быть использованы и в случае, если их трассы проходят параллельно горизонталям (с частой очисткой русел от наносов и растительности).

Следует отметить, что из-за сложности учета воды на транзитных участках каналов с земляным руслом, водники страны стали строить водомеры типа «Фиксированное русло» в близости

к трубчатым водовыпускам (рис. 1.4 и 1.5), причем строились они без учета особенностей работы этих сетевых сооружений. В этом смысле в качестве примеров можно привести нижеописанные водомерные сооружения.

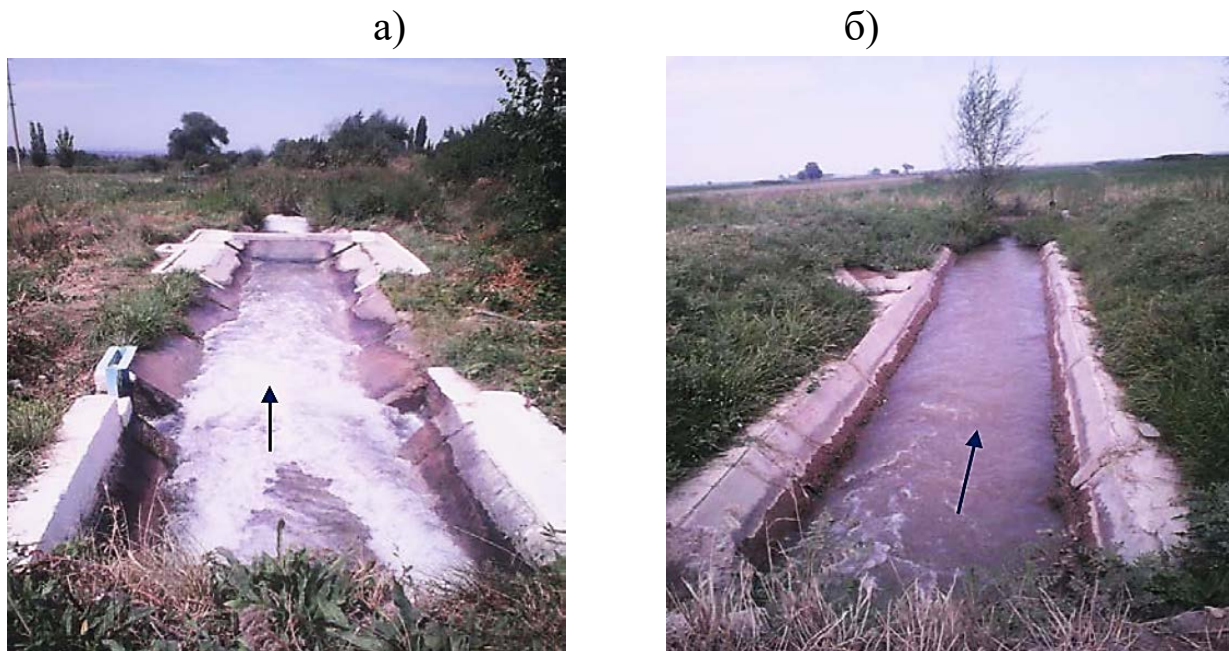


Рис. 1.5. Гидропосты типа «Фиксированное русло».
Чуйская долина.

Весьма тяжелым и, пожалуй, практически невозможным условием для учета воды является приведенный на рис. 1.4 гидропост, размещенный на выходе из трубчатого водовыпуска. Этот водомер построен без учета требований НД [20], зажат с двух сторон трубчатым водовыпуском и орошаемым полем, режим течения воды в нем подпорный, ввиду этого процесс его градуировки ослаблен. К сожалению, построенных таких сооружений множество – они имеются на отводах каналов им. Сапарбаева-2, ЗБЧК, Араван-Акбуринского канала и др. Учет воды на всех построенных на таких водомерах осуществляется только «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования (учет воды в таких условиях можно осуществить водомером типа «Прямоугольный насадок», описываемый в третьем разделе работы).

На рис. 1.5а приведен другой водомер типа «Фиксированное русло», размещенный в некотором удалении от трубчатого

водовыпуска. На этой фотографии видно, что при выходе потока из трубы в начальной части канала образуются соударения струй, прыжки и косые волны, которые, по мере дальнейшего продвижения, осложняют образованию параллельноструйного и тем самым равномерного режима течения воды; эти нежелательные гидравлические явления противоречат требованиям НД [20] и не позволяют принять данного водомера в качестве средства для измерения расходов воды.

К сожалению, на оросительных системах страны такие водные объекты встречаются очень часто. Чтобы избежать аналогичных случаев, надо было бы в начале изучить гидравлику потока по длине водотока и на нем выбрать подходящий для учета воды измерительный участок и оснастить его средствами измерения уровней и расходов воды или наладить гидравлику потока при выходе его из трубчатого водовыпуска, путем строительства малогабаритного гасительного и струенаправляющего устройства.

К числу основных недостатков гидропостов, построенных в головной части водотоков, относится и то, что после них бетонное русло переходит в земляное, чем создается благоприятное условие для возникновения подпора с нижнего их бьефа (рис. 1.5б); при этом подпоры появляются не только в обычных, но и в лотковых каналах [14]. Причина – заиление наносами и зарастание растительностью отводящих в земляном русле каналов. От них эти водотоки очищаются, но не регулярно. Вследствие этого гидропосты в большей части работают в подпоре, тем самым повышая погрешностей измеряемых расходов воды. Принятию водомера на рис. 1.5б в качестве средства для измерения расходов воды осложняет и то, что на нем, кроме подпора, имеется свал потока на один (левый) берег, нарушая тем самым и равномерность течения потока по ширине водотока.

Естественно, необходимость учета воды на этих и аналогичных им других водомерах вынудить их реконструкции, при которой, как один из возможных вариантов, следует рассмотреть замену трапецеидального водотока на прямоугольного,

с устройством в его конце (на стыке между бетонным и земляным водотоками) перепада, высотой порядка 0,5м. Этого можно достигнуть путем уменьшения уклона водотока, так как его трасса проходит перпендикулярно к горизонталям. Следует отметить, что положительный опыт применения такого решения – имеется.



Рис. 1.6. Гидропост трапецеидального сечения на лотковом канале.

Наконец, ниже приводится пример применения трапецеидального гидропоста на лотковом канале параболического сечения. Да, именно так.

На рис. 1.6 приведен гидропост Белек, построенный на лотковом канале Белек-1 с.р. Алаарча. Канал построен из лотков Лр-60, с уклоном 0,007. Гидропост имеет трапецеидальное сечение, $b = 0,6\text{м}$, $m = 1$, длина измерительного участка 5,5м.

Недостатки данного гидропоста:

- внезапное расширение водотока в начальной части гидропоста и резкое сужение его в конечной части; они затрудняют формированию равномерного режима течения воды в пределах измерительного участка, так как расширение – создало веерообразное растекание потока, нарушив тем самым параллельноструйное течение воды, а сужение – подпорный режим течения, который усиливается с увеличением расхода воды в лотковом водотоке;

- из-за расширения ширины водотока, в последнем формируются малые глубины потока (менее 0,3м), при которых резко затрудняется градуировка гидропоста.

Эти негативные показатели описанного гидропоста указывают о нецелесообразности строительства таких сооружений на лотковых водотоках параболического сечения.

Следует отметить, что во вновь разработанном НД [26] разрешается определение расходов воды в лотковых каналах расчетным путем, применив формулы (1.1) и (1.2); в этом случае значения коэффициента шероховатости должны быть приняты по ранее приведенным рекомендациям или определены в натуре по способу, описанному в приложении 1. Еще: расходы воды в лотковых каналах могут быть определены и при помощи показаний водосливов с тонкой стенкой, описанных во втором разделе работы; по показаниям водосливов могут быть отградуированы и сами водомеры типа «Фиксированное русло».

2. ВОДОМЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ТИПА «ВОДОСЛИВЫ С ТОНКОЙ СТЕНКОЙ»

2.1. Виды водосливов и их расчетные формулы

По формам поперечного сечения применяются следующие виды водосливов - треугольный, трапецеидальный, прямоугольный и параболический; строятся они в соответствии с требованиями НД [22] как на каналах с земляным руслом, так и с бетонированной облицовкой, и имеющих, в основном, трапецеидальное сечение. Режим течения воды на них – свободный, погрешность измерения расходов воды не превышает 2%.

Расчетные формулы по определению их пропускной способности следующие. Для водослива:

а) треугольного

$$Q = 1,365h^{2,5} \quad (2.1)$$

в) параболического

$$Q = 1,22h^2 \quad (2.3)$$

б) трапецеидального ($\alpha = 14^\circ$)

$$Q = 1,86bh^{3,2} \quad (2.2)$$

г)прямоугольного

$$Q = 2,953C_0bh^{3/2} \quad (2.4),$$

здесь $C_0 = \alpha + \alpha' \frac{h}{p}$ – коэффициент расхода, h - напор воды,

b – ширина водослива по дну, p - высота порога водослива.

Следует отметить, что водомеры с водосливами применяются без индивидуальной градуировки, что относится к положительным их качествам. Кроме того, они применяются не только как рабочие средства измерения, но могут применяться и в качестве образцовых

средств для аттестации и поверки других водомерных устройств [15], например, типа «Фиксированное русло» [20, 21]. Водомеры с водосливами широко применяются на водотоках внутрихозяйственного значения, они применяются и на межхозяйственных каналах. При этом их строительство осуществляется, в основном, в соответствии с проектом повторного применения [19].

Эксплуатационные показатели данного типа водомеров также изучены, основные результаты проведенных работ опубликованы в различных изданиях, в которых приведены и рекомендации по устранению выявленных на них недостатков.

Одна из них касается к тому, что их не следует строить на водотоках с земляным руслом, трасса которых проходит не только параллельно горизонталям, но и перпендикулярно по причине, происходящей, например, на водомере типа «Фиксированное русло» - появление подпора из-за заиления и зарастания отводящих от сооружений водотоков. Изложенное относится, в первую очередь, к сооружениям равнинной зоны. Сооружения, построенные в предгорной зоне поперек горизонталям, работают вполне нормально, а те, которые построены параллельно горизонталям – часто подвергаются подпорам, чем осложняется их эксплуатация.

Другие рекомендации направлены на устранение недостатков, обнаруженных при изучении эксплуатационных показателей самих сооружений. К ним относятся ниже приведенные технические решения, рекомендованные к их применению.

2.2. Переносный водослив

Для учета воды во временных и участковых оросителях был разработан переносной водослив прямоугольного сечения (рис. 2.1) [10], который продолжает находить широкое применение.

Он подробно описан в работах [10, 14 и др.], инструкция по его эксплуатации приведена в [10]; измеряемые им расходы воды – 6-200л/с. Он известен широкому населению дехкан, работников АВП и РУВХ. Его конструкция простая, поэтому может изготавливаться в мастерских обычного типа. На вновь изготовленных водо-



Рис. 2.1. Переносные водосливы в работе.

сливах расходные шкалы (пьезометр и др.) могут быть заменены на рейку со стороны верхнего бьефа, закрепив ее так, чтобы ее ноль соответствовало отметке порога водослива. Вместо прямоугольного водослива может быть использован и трапецеидальный, но минимальная высота его порога – 30см, при которой может произойти в верхнем бьефе перелив воды через верх оросителей.

2.3. Затворы – водомеры с нерегулируемой и регулируемой высотой порога водослива

Водомеры с водосливами, также как гидропосты типа «Фиксированное русло», чаще всего строятся в головной части водотоков и, в частности, за трубчатыми водовыпусками (рис. 2.2 и 2.3) и открытыми регуляторами.

Они строятся, в основном, по проекту повторного применения [19], в котором водослив жестко закреплен в бетон. Изучение эксплуатационных показателей таких сооружений показывает, что верхний их бьеф заиливается наносами (рис. 2.2), в результате там образуется песчано-гравелистое русло с перепадом в створе размещения самого водослива. Чтобы этого избежать, в конструкции водомера предусмотрено наносопромывное отверстие под порогом водослива (рис. 2.3) с размерами 20x20 и 30x30см.



Рис. 2.2. Водомер с водосливом (1); 2 – отвод в земляном русле.



Рис. 2.3. Водомер с водосливом и наносопромывным отверстием.

Следует отметить, что этот метод промыва наносов оказался практически не эффективным, в силу чего служба эксплуатации чистку верхнего бьефа проводит вручную. Мало этого, в период вегетации наносопромывные отверстия часто оставляются открытыми, в результате появляются неучтенные расходы воды (порядка $0,070-0,130\text{ м}^3/\text{с}$ в зависимости от количества и размеров наносопромывных отверстий) при подаче ее водопользователям [10].

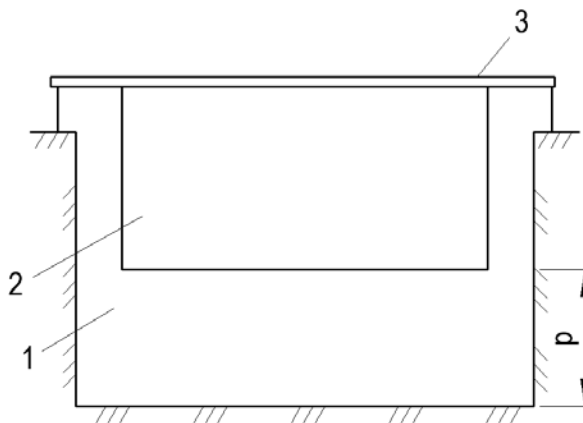


Рис. 2.4. Съёмный водослив.

Для эффективного использования промыва наносов из верхнего бьефа водомера предложено заменить обычный стационарно устанавливаемый водослив на: - съемный (рис. 2.4), который состоит из щитка 1, водослива 2, ручки из арматуры 3 и может перемещаться по пазам, предусмотренным в стенках или боковых устоях сооружения;

предназначен он к применению на водотоках с малыми пропускными способностями;

- затвор-водомер (рис. 2.5а), который состоит из плоского затвора 1, в верхней части которого имеется вырез в виде прямоугольного водослива 2 и подъемного устройства 3. Принцип работы этих

водосливов – простой: в приподнятом их положении – осуществляется промыв наносов, в опущенном их состоянии – замер расходов воды.

Предложенные водомеры работают при свободном режиме течения воды. Но, как быть, если появляются подпоры с нижнего бьефа?

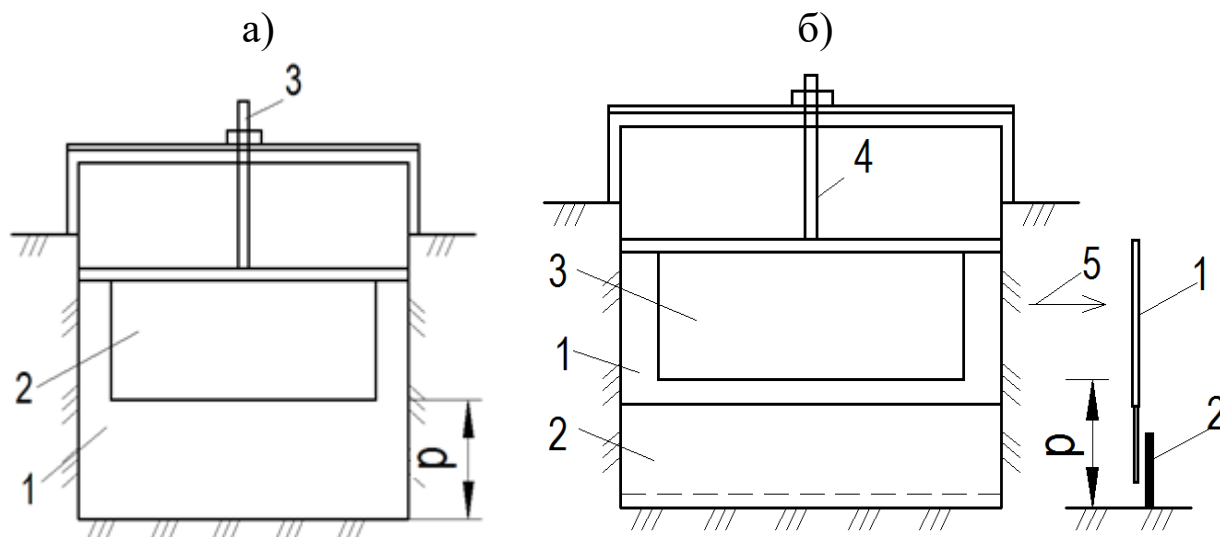


Рис. 2.5. Схемы затвора-водомера с нерегулируемой (а) и регулируемой (б) высотой порога водослива.

Для этого случая разработан водомер на рис. 2.5б, за затвором-водомером которого предусмотрен щиток 2. Он выполняется подвижным, при этом его ширина принимается равной не менее $(0,8-0,90)p$; где p – высота порога водослива. Именно этот щиток позволяет избежать подпора воды из нижнего бьефа сооружения, так как при нем затвор-водомер может подниматься на необходимую оптимальную высоту порога водослива. Таким образом, на последнем сооружении имеются условия и для наращивания высоты порога водослива (во избежание подпора воды), и для промыва наносов (в этом случае щиток 2 временно крепится с болтами к затвору 1).

Где могут быть применены разработанные съемные водосливы и затворы-водомеры?

Рекомендуется их применять как при реконструкции существующих водомеров с водосливами, так и при строительстве новых водомерных сооружений. Они могут быть применены и на

бетонированных водотоках, и водотоках с земляным руслом; затворы-водомеры могут быть использованы и для учета воды непосредственно на водораспределительных сооружениях.

Следует отметить, что на оросительных системах Чуйской долины построен ряд сооружений по схеме на рис. 2.5а, эффективность работы которых отражена в последующих разделах этой работы.

Затвор-водомер по рис.2.5а выгодно строить еще и на уступе перепада (рис. 2.6), где 1 – уступ перепада, 2 – колодец-гаситель. На этом уступе перепада может быть размещен прямоугольный (рис. 2.6а) или трапецеидальный (рис. 2.6б) водослив.

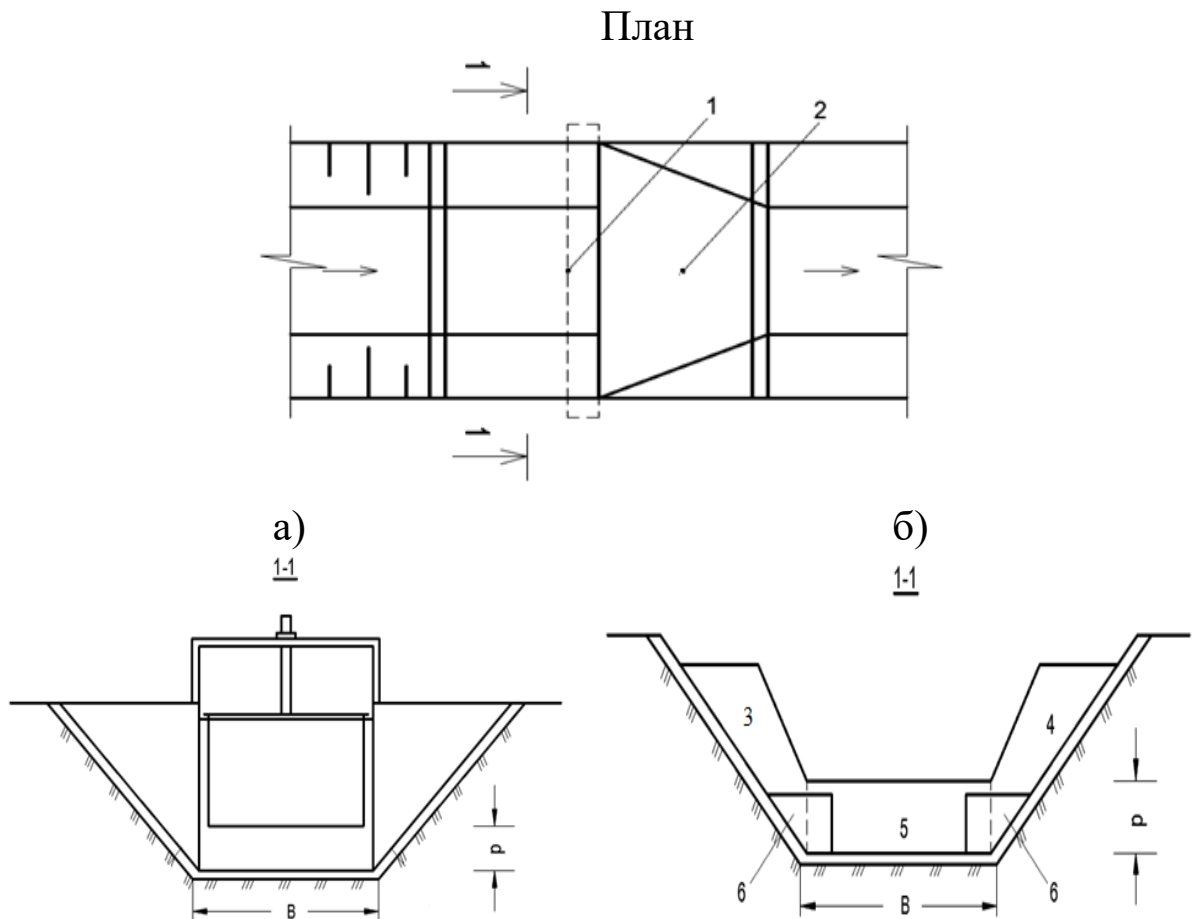


Рис. 2.6. Водомеры применительно к уступам перепада.

Минимальная высота порога прямоугольного водослива $P_{min} = 100\text{мм}$, то же трапецеидального 300мм.

Трапецеидальный водослив (рис. 2.6б) состоит из трех частей – двух (3 и 4) боковых и одной (5) донной, при этом для промыва наносов из верхнего бьефа последняя (5) – выполняется съемной

(обратно вставляется в пазы между двумя пластинками 6, прикрепленными с обеих сторон к боковым стенкам водослива).

Промыв наносов осуществиться поднятием затвора (при прямоугольном водосливе) или донной части (5) трапецеидального водослива на определенную высоту, после промыва – они опустятся на свои первоначальные положения.

Далее. Рационально применять разработанные затворы-водомеры и вообще – водосливы и на водотоках с прямоугольным сечением, если как-таковые являются отводами водовыпускных – и водораспределительных сооружений. В качестве примера можно привести отвод «Садовый» МК «Туш» (рис. 2.7а), на котором для учета воды применялись и водослив, и параболический лоток-водомер типа «Фиксированное русло», но они не работали из-за существенно ощутимого подпора со стороны нижнего бьефа, вследствие чего учет воды долгое время велся «на глаз». По предложенной рекомендации на водотоке с прямоугольным сечением был построен обычный прямоугольный водослив без боковых сжатий (рис. 2.7б), которым пользуются и ныне.

а)



б)



Рис. 2.7. Отвод «Садовый» (а) МК «Туш» и прямоугольный водослив (б) без боковых сжатий.

Такой же обычный прямоугольный водослив без боковых сжатий построен и на прямоугольном отводе водораспределителя канала Орто-Алыш МК «Туш» (если стоимость замененных

объектов составляет несколько десятков тыс.сомов, то стоимость водосливов не превышает 2-3 тыс.сом).

Конечно, было-бы хорошо, если они были построены в металле, как затвор-водомер с регулируемой высотой порога водослива (рис. 2.5б). Тогда они выполняли бы функции и регулирования водоподачи, и учета воды (в этом случае отпала бы необходимость в оснащении головной части отводов затворами для регулирования водоподачи в указанные каналы).

Далее: известно, что в нашей стране все шире – и шире продолжают применяться лотковые каналы параболического сечения и стали измерять расходы воды в них водомером типа «Фиксированное русло». Но этот водомер, по НД [21], может применяться только после его градуировки. Но способ градуировки водомера, приведенный в НД [21], оказался сложным и практически не пригодным [10, 14]. В такой ситуации специалисты вынуждены были определять пропускных способностей сооружений по формуле (1.1), то есть гидравлическим расчетом. Этому способствовало, как это было отмечено ранее, появление нового НД [26], в котором расход воды рекомендуется определить обычным гидравлическим расчетом. Этот подход, в принципе, правильный, только в этом случае коэффициент шероховатости следует принимать $n = 0,010$ – для новых сооружений и $n = 0,011$ – для эксплуатируемых в течение ряда лет гидростов. Но не следует забывать, что такой подход определения пропускной способности водомеров на лотковых каналах не одобряется дехканами и они требуют, чтобы в их присутствии были отградуированы те или иные сооружения, по показателям которых подается им вода и осуществляют плату за использованную воду.

Следует отметить, что эта задача – решаемая и ее можно решить применением водосливов с тонкой стенкой. До последнего времени водосливы на лотковых каналах не применялись. В целях осуществления эту идею в жизнь, была разработана компоновка водосливов применительно к лотковому водотоку [14] и, в соответствии с нею, были изготовлены четыре опытного их образца

– треугольный, трапецеидальный, прямоугольный и параболический водосливы, при этом проверка работоспособности этих водомеров осуществлялась на действующих лотковых каналах (рис. 2.8) [14]. Разработанные водомеры с водосливами могут строиться стационарно, но лучше - если они будут изготовлены переносными.

Водомеры с водосливами могут использоваться на лотковых водотоках, с одной стороны, как самостоятельные средства для измерения расходов воды и, с другой, – водослив считается образцовым средством [15], поэтому по его показаниям можно отградуировать построенные на лотковых каналах водомеры типа «Фиксированное русло». Такая работа нами проводилась, результаты – положительные.

а)



б)



Рис. 2.8. Переносные водосливы трапецеидального (а) и параболического (б) сечений в работе (лотки работают не полным сечением).

Далее: как это было отмечено ранее, в условиях равнинной зоны водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водосливы с тонкой стенкой» не могут быть использованы в качестве средств для водоучета в водотоках с земляным руслом, так как в этом случае со стороны отводящих водотоков появляются подпоры, резко ухудшающие режимы их работы. По этой же причине они редко пользуются и на водотоках предгорной зоны, трассы которых проходят параллельно горизонталям. В связи с изложенным может

возникать закономерный вопрос – что, в указанные водотоки вода будет подаваться без ее учета?

Конечно, следует ее учитывать и в этом поможет водомер с водосливом, включающий в свой состав колодца-гасителя и размещенный в головной части указанных водотоков с земляным руслом (рис. 2.9).

При лабораторных исследованиях, как известно, для учета воды очень часто используются баки, оснащенные водосливами.

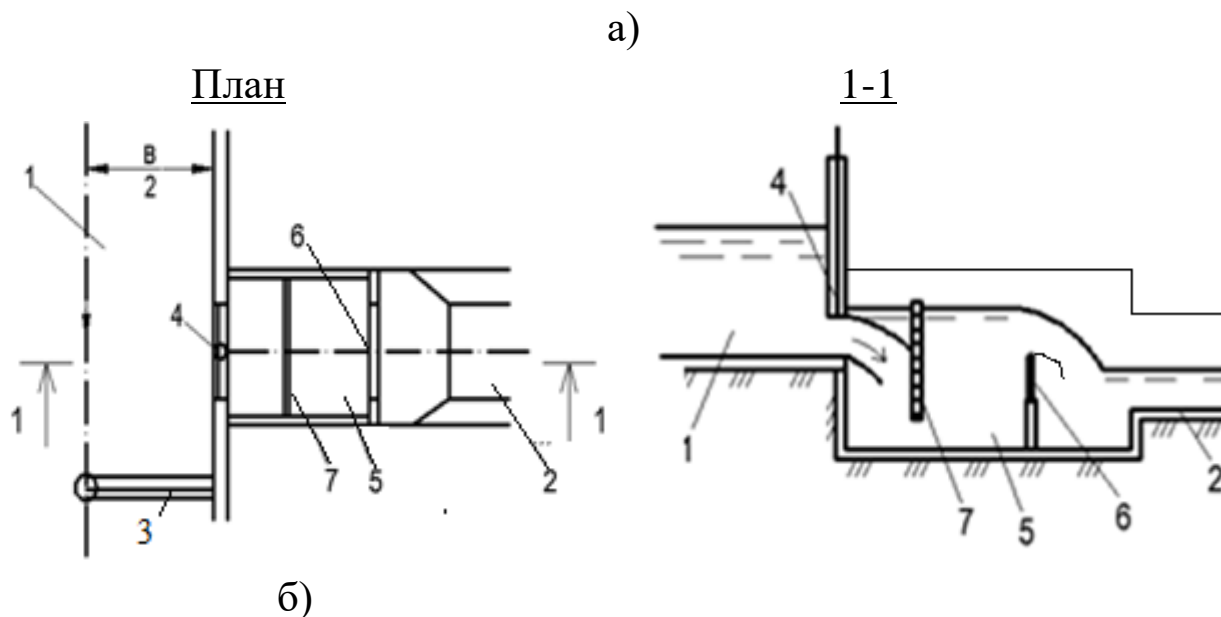


Рис. 2.9. Водомер с водосливом и колодцем-гасителем. 1 – канал; 2 – отвод; 3 и 4 – затворы; 5 – колодец-гаситель; 6 – водослив; 7 – сквозная стенка.

Такое решение можно распространить и на водотоки, применив, например, приведенную на рис. 2.9а компоновку. Сквозная стенка 7 расщепляет поток на отдельные части, одновременно осуществив и гашение кинетической энергии потока. Данный водомер – малогабаритен (длина, ширина и глубина колодца-

гасителя соответственно не более 3х2,5х0,5м), его стенки выполняются вертикальными, что способствует ускоренному гашению кинетической энергии потока. На сооружениях на рис. 2.9б должны быть восстановлены трапецеидальные водосливы.

Рис. 2.9 указывает на то, что водомер сопряжен с основным водотоком, из которого вода подается непосредственно в отвод. Этим ускоряется учет воды и упрощается эксплуатация сооружения. Если такое решение является эффективным, то почему не придать функции и учета, и регулирования водоподдачи одному и тому же, например, водораспределительному сооружению. Ведь, в этом случае, не придется строить специальное водомерное сооружение.

Следует отметить, что это возможно, придав его затвору и функцию регулирования, и функцию водоучета, используя для этого приведенные на рис. 2.5 затворы-водомеры. Надо отметить, что в натуре имеются такие сооружения, одно из которых приведено на рис. 2.10.



Рис. 2.10. Затвор-водомер на Р-7-13 прямо АМК.

Ниже этого водораспределителя функционировал гидропост типа «Фиксированное русло», который перестал работать. Поэтому, для учета воды обычный затвор этого водораспределителя был реконструирован на затвор-водомер по схеме на рис. 2.5а. Этим затвором-водомером измеряются и транзитные, и отводимые [по разнице двух замеренных (до и после забора воды) расходов] расходы воды. В результате упростились процессы учета и управления

водным ресурсом, отпала необходимость в восстановлении дорогостоящего водоизмерительного объекта.

Учет воды на водовыпускно- и водораспределительных сооружениях широко должен осуществляться именно этим видом водомера – затвором-водосливом.

Водомеры, построенные с регулируемой высотой порога водосливов, и затворы-водомеры подлежат к применению, так как применительно к ним разработан и утвержден нормативный документ [23].

3. ВОДОМЕРНОЕ СООРУЖЕНИЕ ТИПА «ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ НАСАДОК»

Как это вытекает из выше приведенных материалов исследований, подпоры воды, возникаемые в нижнем бьефе водомеров, резко ухудшают их работу, а дальнейшее их усиление – приводит к отказу от использования этих дорогостоящих сооружений в качестве средств для учета воды.

При этом подпоры возникают на обоих типах водомеров (и на «Фиксированное русло» и на «Водосливах с тонкой стенкой»), построенных на водотоках с земляным руслом как в равнинной зоне, так и в предгорной – с трассами параллельными горизонталям. В связи с изложенным, перед специалистами всегда стояли одни и те же вопросы – можно ли вообще осуществить учет воды в условиях подпоров, если можно, то каким образом?

Для учета воды при подпорном режиме истечения разработан очень простой водомер типа «Прямоугольный насадок» (рис. 3.1а) [10, 13], состоящий из обычного плоского затвора 1, горизонтальной полки 2, прикрепленной к нижней кромке затвора со стороны нижнего бьефа сооружения и двух-трех косынок, предусмотренных для обеспечения жесткости полки при ее работе.

Кроме этого, водомер оснащается уровнемерными рейками и винтовым подъемником с ручным приводом. Параметры полки: ее длина должна соответствовать ширине водопропускного отверстия

под затвором, а ширина - $b_n = (300 - 500\text{мм})$; сама полка выполняется на 20-30мм короче, чем ширина канала b_k и этим обеспечивается свободное ее перемещение между вертикальными стенками водотока.

Полка со стенками водотока образует прямоугольную короткую трубу, поэтому, по аналогии с конусным насадком, разработанный водомер назван прямоугольным насадком. Этот насадок будет работать в напорном режиме, что достигается сжатием потока полкой в вертикальной плоскости. Течение воды в конечной части насадка – параллельноструйное, что позволяет замерить его скорость при определении пропускной способности сооружения.

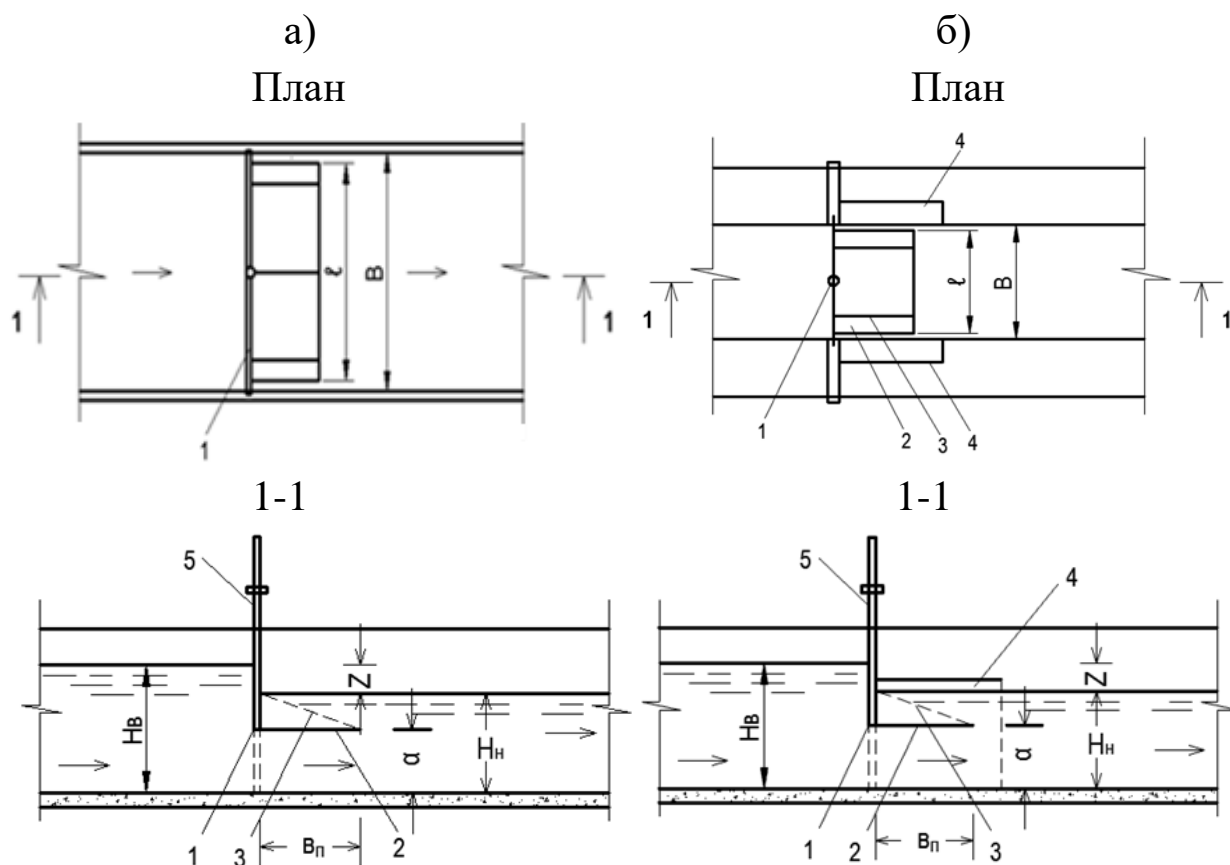


Рис. 3.1. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» применительно к водотокам прямоугольного (а) и трапецидального (б) сечений.

На рис. 3.1а приведен водомер для водотока с прямоугольным сечением, а рис. 3.1б – для трапецидальным, при этом последний отличается от предыдущего только тем, что для придания водо-

пропускному отверстию прямоугольное сечение на нем предусмотрены два однотипные боковые стенки 4 и 5. Длина этих стенок $L_c = (2 - 3)b_n$, высота $H_c = (1,3 - 1,5)\alpha_{max}$, где α_{max} – максимальная высота водопропускного отверстия насадка. Параметры самой полки такие же, как на рис. 3.1а.

Прямоугольный насадок градуируется по методу «скорость-площадь», а расход воды определяется по формуле

$$Q = \omega v, \quad (3.1)$$

где $\omega = la$ – площадь водопропускного отверстия в конце насадка; v – скорость потока при выходе из насадка (измеряется скоростным прибором); l, a – соответственно длина и высота водопропускного отверстия; теоретически $v = \sqrt{2gZ}$, где Z – разность уровней воды в бьефах сооружения.

Прямоугольный насадок впервые был внедрен на отводе Р-10 левый водораспределителя на Р-10 ЗБЧК (рис. 3.2а). Ранее этот отвод был оснащен водомером типа «Фиксированное русло» (на фото длинный водоток трапецеидального сечения), от которого, из-за сильного подпора, вынуждены были отказаться.

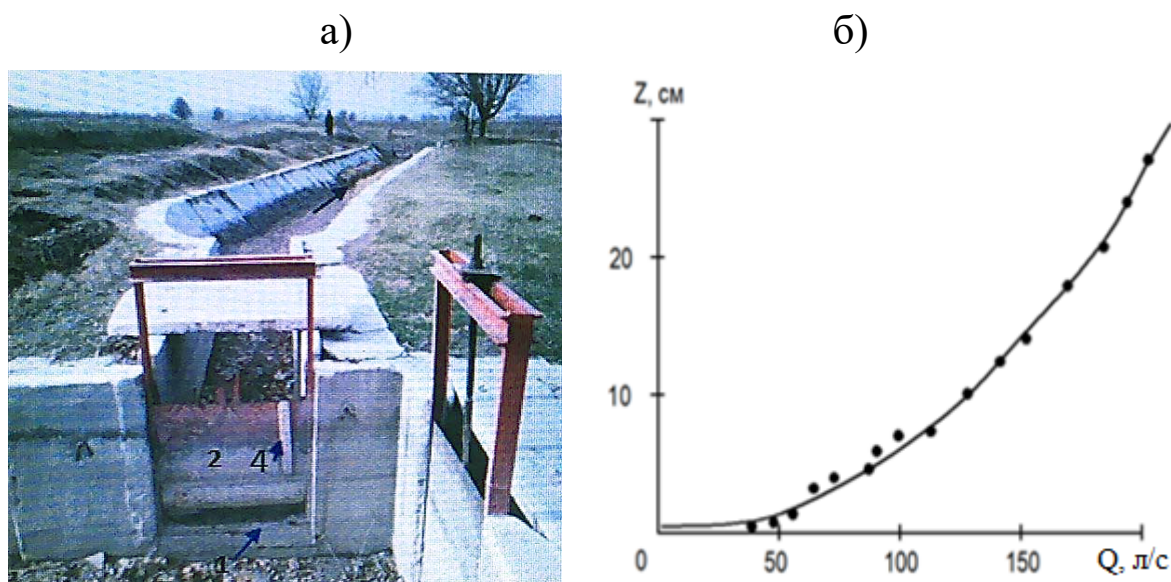


Рис. 3.2. Отвод Р-10 левый (а) водораспределителя на Р-10 ЗБЧК и пропускная способность водомера типа «Прямоугольный насадок» (б).

Для учета воды было принято решение использовать прямоугольный насадок, приварив к нижней задней кромке затвора

полку шириной 300мм. Сам затвор был приварен к раме при высоте водопропускного отверстия $a = 0,10\text{м}$. Регулирование подачи воды в отвод осуществлялось затвором в голове Р-10 прямой.

Этот водомер типа «Прямоугольный насадок» был отградуирован, его пропускная способность в виде графика зависимости $Q = f(Z)$ приведена на рис. 3.2б. Данный водомер функционирует нормально, показывая в течение ряда десятилетий свою простоту как при эксплуатации, так и при учете водных ресурсов (здесь получилось так: приваренная к щиту полка, стоимостью менее 2-х тыс.сом, заменила неработающего сооружения типа «Фиксированное русло» стоимостью нескольких десятков тыс.сомов и стала средством водоучета).

Следует отметить, что на оросительных системах ЧГУВХ имеются десяток таких водомеров (Приложение 4), но, к сожалению, они построены не в металле (не нашлись средства на изготовление затворов-водомеров в металле), а в железобетонных блоках (рис. 3.3), при этом предложенным сооружением были заменены водосливы и водомеры типа «Фиксированное русло», оказавшиеся в подпоре, а также КНСБ (Приложение 4).

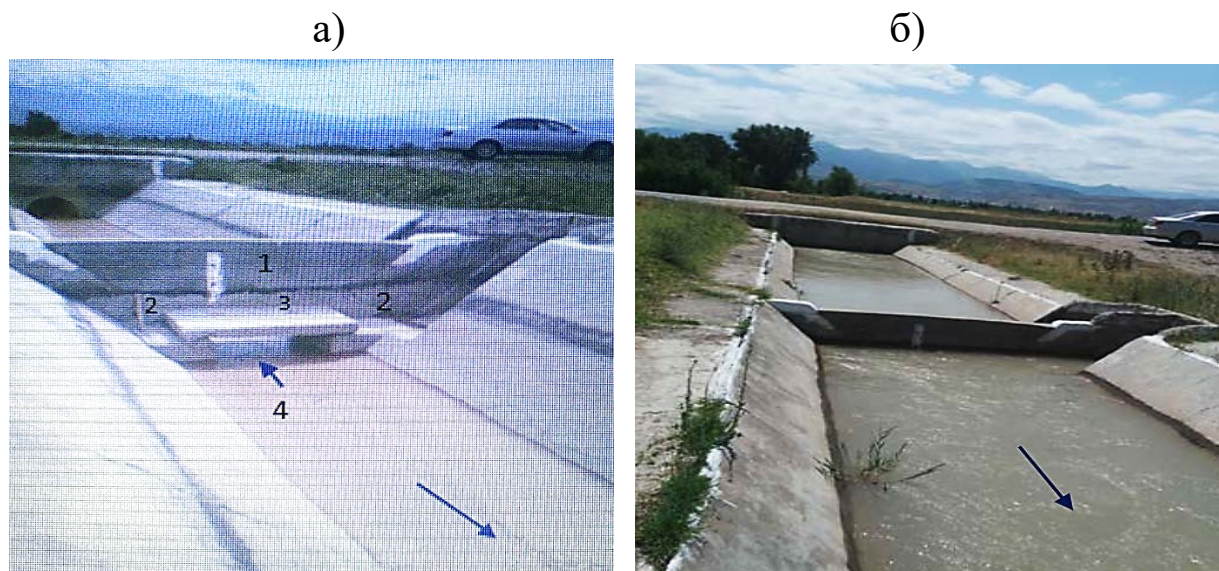


Рис. 3.3. Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на Р-21 ВБЧК. а, б – виды с нижнего бьефа. 1 – диафрагма; 2 – боковые стенки, придающие насадку прямоугольное сечение; 3 – плита перекрытия; 4 – прямоугольное водопропускное отверстие.

Параметры водопропускного отверстия были рассчитаны на пропуск максимального расхода воды, но при необходимости их уменьшения – осуществляется боковое сжатие отверстия при помощи предусмотренных для этого случая бетонных блоков. Такие водомеры функционируют на Р-21, Р-23, Р-25 ВБЧК и других водных объектах (Приложение 4), помогая, несмотря на сложности их эксплуатации, осуществить учет водных ресурсов.

В настоящем на реконструкцию водных объектов выделяются средства, в связи с этим можно надеяться, что ЧГУВХ воспользуется этим и заменит на действующих водомерах типа «Прямоугольные насадки» (Приложение 4) бетонные блочные прямоугольные насадки на металлические, то есть на затворы-водомеры. Этим упростится не только их эксплуатация, но и повысится точность измеряемых расходов воды.

Водомер типа «Прямоугольный насадок» по праву отнесен к перспективным сооружениям [13], так как он может широко применяться для учета воды на оросительных системах как равнинной, так и предгорной зоны; также может строиться как на транзитной части водотоков, так и в составе сетевых и, в частности, водораспределительных и водовыпускных сооружений; в составе с другим типом водомеров, он может создать совершенно новые и, тем более, универсальные сооружения, при помощи которых одним сооружением можно будет измерять расходы воды как при свободном, так и подтопленном режимах его работы.

Водомер типа «Прямоугольный насадок» успешно может заменить водомеры, приведенные на рис. 1.4 и 2.3. Таких сооружений, как это было отмечено ранее, много и учет воды на них можно наладить путем их реконструкции, заменив их на водомеры типа «Прямоугольный насадок».

Сооружения, построенные по выше приведенным конструкциям и компоновкам, подлежат к применению, так как применительно к водомерам насадкам разработан и утвержден нормативный документ [24].

4. КОМБИНИРОВАННЫЙ ВОДОМЕР ТИПА «ВОДОСЛИВ-НАСАДОК»

Задачей дальнейшего совершенствования учета воды была разработка комбинированного водомерного сооружения, обеспечивающего измерение расходов воды как при свободном, так и подтопленном режимах истечения воды. Следует отметить, что такое сооружение было разработано, схематическая его конструкция приведена на рис. 4.1. Этот водомер состоит из плоского затвора 1, в верхней части которого предусмотрен прямоугольный водослив 2, а нижняя его часть выполнена в виде прямоугольного насадка – предусмотрена горизонтальная полка 3. Кроме того, оно оснащено подъемным устройством 4 с винтовым подъемником, водомер оснащается и уровнемерными рейками в его бьефах.

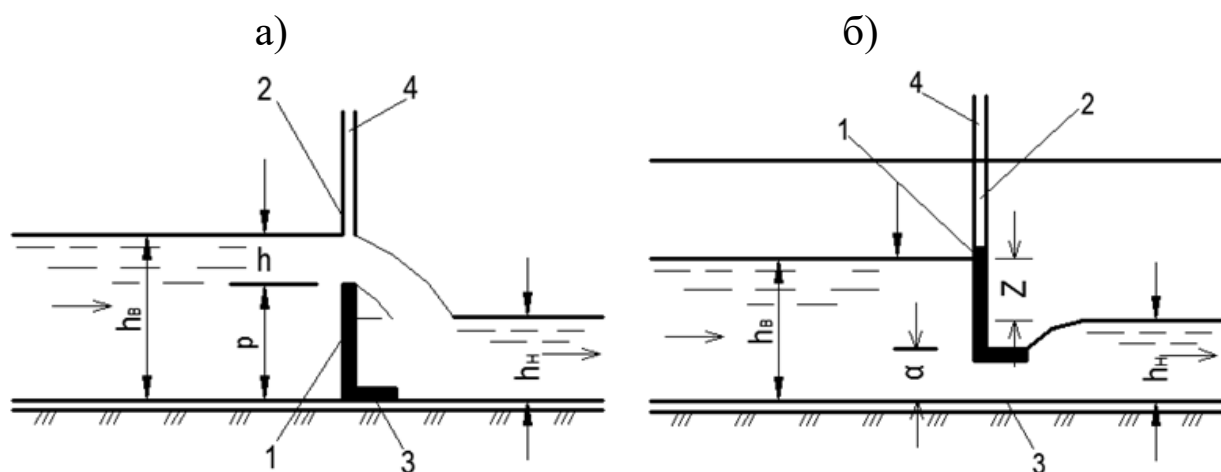


Рис. 4.1. Схема комбинированного водомерного сооружения.

На рис. 4.1 представлен продольные профили комбинированного водомера типа «Водослив-насадок», при этом водослив выполнен по схеме на рис. 2.3а, то есть нерегулируемый по высоте. Параметры водомера типа «Прямоугольный насадок» назначаются по приведенным в разделе 3 рекомендациям.

На рис. 4.1 приведено одно сооружение, но на нем два водомера, работающие при свободном (водослив) и подтопленном (насадок) режимах истечения, при этом на рис. 4.1а – показана работа водомера с водосливом, а на рис. 4.1б – работа водомера с прямоугольным насадком. Важно отметить, что комбинированный

водомер – универсальный и потому может найти широкое применение не только на оросительных системах внутрихозяйственного значения, но и на межхозяйственных водотоках.

Экспериментальное сооружение типа «Комбинированный водомер» впервые было построено на Р-8 системы ЗБЧК (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Водомер типа «Водослив-насадок» на Р-8 ЗБЧК в работе водослива (а) и насадка (б).

Здесь ранее был водослив, который в начале работал нормально, а потом, в процессе заиления и зарастания в земляном русле отвода, стал подтапливаться с нижнего бьефа. Поэтому, для улучшения водоучета в этом оросителе, водомер с водосливом был заменен на водомер типа водослив-насадок с данными: ширина водослива 1,0м; высота порога 0,63м и самого водослива 0,40м; его пропускная способность приведена в следующей таблице.

Таблица 4.1

Пропускная способность водослива на Р-8 ЗБЧК

Напор, Н, м	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
Расход, Q, м ³ /с	0,019	0,053	0,102	0,157	0,220	0,289	0,365

Пропускная способность насадка определялась при ширине водопропускного отверстия 1,0м и высоте 0,10м. градуировка водомера осуществлялась по методу «скорость-площадь», результаты приведены в следующей таблице.

Таблица 4.2

Результаты замеров расходов воды на водомере типа
«Прямоугольный насадок» Р-8 ЗБЧК

Напор, Z, м	Площадь водопрпускного отверстия, ω , м ²	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход, $Q_{и}$, м ³ /с
		измеренная $v_{и}$	расчетная по формуле $v_p = \sqrt{2gZ}$,	
0,03	0,10	0,75	0,77	0,076
0,06	0,10	1,06	1,09	0,107
0,08	0,10	1,21	1,25	0,124
0,10	0,10	1,36	1,40	0,137
0,15	0,10	1,67	1,71	0,169

Работа данного сооружения изучалась многими, в том числе работниками Иссык-Атинского РУВХ, ОМКиВ, ЧГУВХ. 26.07.2014г был организован выездной семинар на котором приняли участие:

- главные инженера, начальники ОВП и главные метрологи всех РУВХ Чуйской области;

- ответственные работники ОМКиВ и ЧГУВХ.

Всего участников было свыше 20чел., которые, после всестороннего анализа увиденного и полученных результатов, пришли к следующим выводам (они отражены в составленном им акте) [13]:

- а) одобряем новые средства – комбинированный водомер и водомер-диафрагма (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;

- в) рекомендуем металлоконструкции водомеров изготавливать в ЧГУВХ централизованно, что положительно скажется на качестве выполняемых работ.

Впоследствии были построены еще три водомера типа «Водослив-насадок» на Р-4-2, Р-4-3 и Т-10 ВБЧК, один из которых приведен на рис. 4.3.

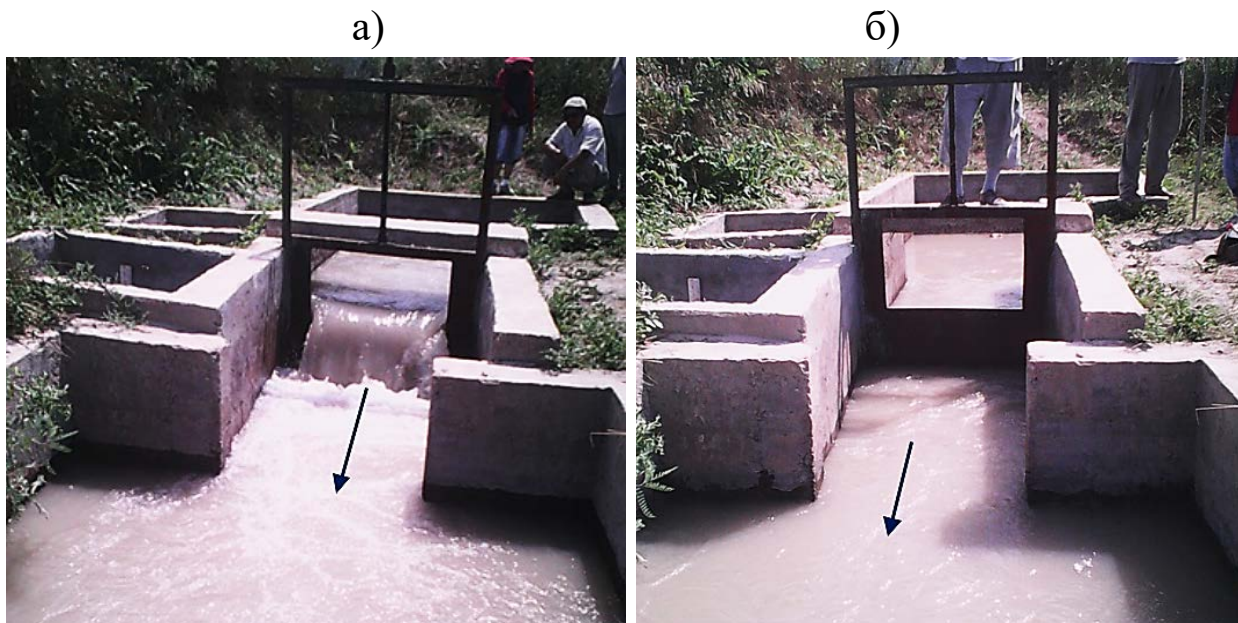


Рис. 4.3. Комбинированный водомер типа «Водослив-насадок» на Т-10 ВБЧК в работе водослива (а) и насадка (б).

Комбинированный водомер является весьма интересным решением, ибо на одном и том же сооружении можно осуществить:

- измерение расходов воды как при свободном (при помощи водослива), так и подтопленном (при помощи прямоугольного насадка) режимах истечения;

- градуировку водомера типа «Прямоугольный насадок» показаниями водослива с тонкой стенкой.

Данный тип водомера может широко применяться как на транзитной части водотока (рис. 4.2), так и в головной его части (рис. 4.3), а также непосредственно на водораспределительных и водовыпускных сооружениях, на которых заменив обычные плоские затворы на затворы «Водослив-насадок». Надо полагать, что на таких водных объектах улучшится не только учет воды, но и можно ожидать большой экономичный эффект, с одновременным улучшением условий их эксплуатации.

Комбинированные водомеры, построенные по выше приведенным рекомендациям, подлежат к применению, так как они отвечают требованиям нормативных документов [22, 23, 24].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Многолетнее изучение эксплуатационных показателей водомерных сооружений, построенных на оросительных системах страны, позволило выявить их недостатки и определить перспективных их типов, к числу которых вошли водомеры с «Фиксированным руслом» и «Водосливы с тонкой стенкой».

2. Усилие отечественных исследователей, направленное на устранение недостатков перспективных водомеров, позволило:

- разработать новый способ определения коэффициента шероховатости водотоков и, на его основе, уточнить коэффициент шероховатости лотковых каналов и измерительных участков водомеров на них;

- подтвердить о возможности определения пропускной способности водомеров типа «Фиксированное русло» на лотковых каналах теоретическим (гидравлическим) расчетом в случае, если принятыми коэффициентами шероховатости правильно отражается состояние внутренней поверхности измерительных их участков;

- разработать переносные водосливы применительно к малым водотокам с земляным руслом и лотковым каналам и, в известной мере, внедрить их в производство; эти водосливы могут применяться на лотковых каналах как самостоятельные средства для измерения расходов воды и как образцовый водомер, с помощью которого можно будет отградуировать сооружения типа «Фиксированное русло»;

- совершенствовать конструкции и компоновки водомерного сооружения типа «Водосливы с тонкой стенкой», в результате появились возможности осуществить учеты воды без подпоров и очистку от наносов производить их промывом;

- разработать ряд усовершенствованных и новых компоновок и конструкций водомерных сооружений, подтвержденных

авторскими свидетельствами СССР и патентами КР; при этом предложенные водомеры позволяют провести замеры расходов воды как при свободном, так и подпорном режимах истечения;

- проверить работоспособности разработанных водомеров на экспериментальных их образцах в натуре;

- разработать обоснованные рекомендации по применению, проектированию, строительству и эксплуатации улучшенных и новых водомерных сооружений, с публикацией их в разных изданиях (основные из них в краткой форме приведены и в этой работе;

- показать о нецелесообразности строительства водомеров типов «Фиксированное русло» и «Водосливы с тонкой стенкой» (в первоначальном их виде) на водотоках с земляным руслом, трассы которых в равнинной зоне проходят и параллельно, и перпендикулярно к горизонталям, а в предгорной зоне с параллельным горизонталям (указывается на их нежелательность из-за сложности в эксплуатации);

- поднять вопросы о необходимости решения задач, связанных с назначением высоты лоткового канала над максимальным уровнем воды в нем и изготовлением секций лотков Лр-5 и Лр-7.

Надо отметить, что применение отмеченных выше рекомендаций позволит наладить учет воды на оросительных системах страны на должном уровне.

**НОВЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ
КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ**

Предложенный способ [14] позволяет обеспечить установление связи между гидравлическими параметрами водного потока и шероховатости гидропоста типа «Фиксированное русло», функционирующего на лотковом канале параболического сечения, и точнее определить его пропускную способность. В соответствии с рекомендациями этого способа:

- проводится гидравлический расчет пропускной способности гидропоста при известных его параметрах и нескольких заданных значениях коэффициента шероховатости;

- строятся графики зависимости скорости потока от наполнения водотока водой при всех заданных значениях коэффициента шероховатости;

- далее осуществляется измерение скоростей потока по вертикали на его осевой линии либо в одной точке (на глубине $0,4H$ от дна), либо в двух-трех точках;

- 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 шероховатости водотока;

- установленная величина коэффициента шероховатости будет принята за основу при определении фактической пропускной способности водотока гидропоста.

Пример в качестве применения этого способа: гидропост №118 на лотковом канале Подпитка №2 системы ЗБЧК, параметры сооружения потока – Лр-80; $i = 0,011$; $H = 0,10 - 0,40$; $Q = 0,05 - 0,50 \text{ м}^3/\text{с}$. Колодец соединен с водотоком при помощи щели, шириной 7см. Сам гидропост в хорошем состоянии, внутренняя поверхность водотока – чистая.

Пропускная способность гидропоста определена по формуле (1.1) при следующих заданных значениях коэффициента

шероховатости $n = 0,010; 0,011$ и $0,012$. По результатам гидравлического расчета построены графики зависимостей $v = f(H)$ (см. рис. 1а) и на эти графики нанесены точки измеренных в водотоке скоростей потока.

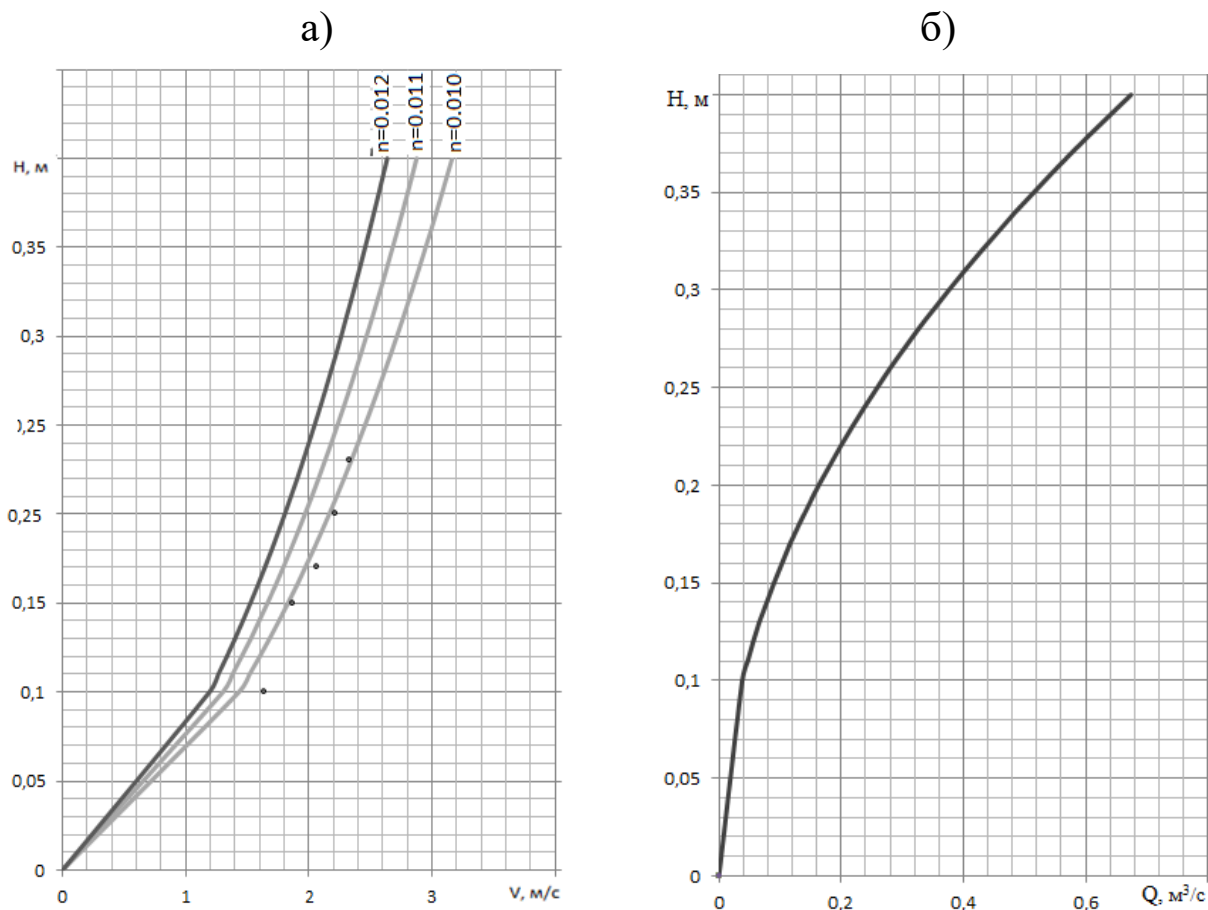


Рис. 1. Графики зависимостей $v = f(H)$ (а) и $Q = f(H)$ (б), водомерного сооружения на канале «Подпитка №2» ЗБЧК.

Как это видно из рис. 1а, точки измеренных скоростей лежат на графике 1, соответствующем шероховатости $n = 0,010$. При этом значении n , определена пропускная способность гидропоста гидравлическим расчетом, графически она показана на рис. 1б.

Следует отметить, что по предложенному способу определены и величины коэффициента шероховатости измерительных участков водомеров на ряде других сооружений, результаты проведенной работы приведены в следующей таблице 1.

Данные этой таблицы свидетельствует о том, что:

- значения коэффициента шероховатости измерительных участков на лотковых каналах с чистой и гладкой внутренней поверхностью составляет $n = 0,010 - 0,011$;

Таблица 1

Коэффициенты шероховатости водомеров типа «Фиксированное русло» на разных лотковых каналах [14]

Наименование канала	Параметры канала		Характеристика внутренней поверхности сооружений	Коэффициент шероховатости
	H_L	i		
Р-11-1, ЗБЧК	0,80	0,0007	На поверхности лотков имеется тонкий слой мха	0,012
Р-1-5 Новый, ЗБЧК	0,60	0,0063	Поверхность чистая и гладкая	0,010
Подпитка №2, ЗБЧК	0,80	0,011	Поверхность чистая	0,010
Подпитка №1, ЗБЧК	1,00	0,0025	Поверхность чистая	0,011
Х-1, канал Жантай с.р. Ала-Арча	0,60	0,0028	На поверхности имеется тонкий слой илистых отложений	0,012
Х-2, канал Жантай с.р. Ала-Арча	0,80	0,030	Поверхность чуть шероховатая	0,012
Правый Восток, ЮБЧК	0,80	0,002	Поверхность чистая	0,011
Левый Запад, ЮБЧК	0,80	0,002	Поверхность чистая	0,011

- если на внутренней поверхности измерительного участка имеются тонкий слой мха или илистые отложения, то коэффициент шероховатости повышается и составляет порядка $n = 0,012$.

Надо еще раз отметить, что, в соответствии с НД [21], внутренняя поверхность измерительного участка водомера всегда должна быть чистой, а если имеются на ней какие-то отложения, то она должна быть очищена от них.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

КОЭФФИЦИЕНТЫ ШЕРОХОВАТОСТИ РУСЕЛ КАНАЛОВ И ЛОТКОВ [26]

№	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

ПРИЛОЖЕНИЕ 3а

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКА В ЛОТКОВЫХ
КАНАЛАХ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ**

(Лр-40, Лр-60 и Лр-80) ПРИ R=0,20м

H, м	B, м	ω, м²	χ, м	R, м
0,10	0,40	0,027	0,459	0,058
0,11	0,42	0,031	0,487	0,063
0,12	0,44	0,035	0,514	0,068
0,13	0,46	0,040	0,541	0,073
0,14	0,47	0,044	0,568	0,078
0,15	0,49	0,049	0,594	0,083
0,16	0,51	0,054	0,619	0,087
0,17	0,52	0,059	0,645	0,092
0,18	0,54	0,064	0,670	0,096
0,19	0,55	0,070	0,695	0,101
0,20	0,57	0,075	0,719	0,105
0,21	0,58	0,081	0,744	0,109
0,22	0,59	0,087	0,768	0,113
0,23	0,61	0,093	0,792	0,117
0,24	0,62	0,099	0,816	0,122
0,25	0,63	0,105	0,839	0,126
0,26	0,64	0,112	0,863	0,130
0,27	0,66	0,118	0,886	0,133
0,28	0,67	0,125	0,910	0,137
0,29	0,68	0,132	0,933	0,141
0,30	0,69	0,139	0,956	0,145
0,31	0,70	0,146	0,979	0,149
0,32	0,72	0,153	1,002	0,152
0,33	0,73	0,160	1,025	0,156
0,34	0,74	0,167	1,048	0,160
0,35	0,75	0,175	1,071	0,163
0,36	0,76	0,182	1,093	0,167
0,37	0,77	0,190	1,116	0,170
0,38	0,78	0,198	1,138	0,174
0,39	0,79	0,205	1,161	0,177
0,40	0,80	0,213	1,183	0,180
0,41	0,81	0,221	1,205	0,184
0,42	0,82	0,230	1,228	0,187
0,43	0,83	0,238	1,250	0,190
0,44	0,84	0,246	1,272	0,193
0,45	0,85	0,255	1,294	0,197
0,46	0,86	0,263	1,316	0,200
0,47	0,87	0,272	1,338	0,203
0,48	0,88	0,280	1,360	0,206

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 3а

H, м	B, м	ω , м ²	χ , м	R, м
0,49	0,89	0,289	1,382	0,209
0,50	0,89	0,298	1,404	0,212
0,51	0,90	0,307	1,426	0,215
0,52	0,91	0,316	1,448	0,218
0,53	0,92	0,325	1,470	0,221
0,54	0,93	0,335	1,492	0,224
0,55	0,94	0,344	1,513	0,227
0,56	0,95	0,353	1,535	0,230
0,57	0,95	0,363	1,557	0,233
0,58	0,96	0,372	1,579	0,236
0,59	0,97	0,382	1,600	0,239
0,60	0,98	0,392	1,622	0,242
0,61	0,99	0,402	1,643	0,244
0,62	1,00	0,412	1,665	0,247
0,63	1,00	0,422	1,687	0,250
0,64	1,01	0,432	1,708	0,253
0,65	1,02	0,442	1,730	0,256
0,66	1,03	0,452	1,751	0,258
0,67	1,04	0,462	1,772	0,261
0,68	1,04	0,473	1,794	0,264
0,69	1,05	0,483	1,815	0,266
0,70	1,06	0,494	1,837	0,269

ПРИЛОЖЕНИЕ 3б

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКА В ЛОТКОВЫХ КАНАЛАХ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ (Лр-100) ПРИ P=0,35м

H, м	B, м	ω , м ²	χ , м	R, м
0,10	0,53	0,035	0,576	0,061
0,11	0,55	0,041	0,609	0,067
0,12	0,58	0,046	0,640	0,072
0,13	0,60	0,052	0,671	0,078
0,14	0,63	0,058	0,702	0,083
0,15	0,65	0,065	0,731	0,089
0,16	0,67	0,071	0,761	0,094
0,17	0,69	0,078	0,789	0,099
0,18	0,71	0,085	0,818	0,104
0,19	0,73	0,092	0,845	0,109
0,20	0,75	0,100	0,873	0,114
0,21	0,77	0,107	0,900	0,119
0,22	0,78	0,115	0,927	0,124

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 36

H, м	B, м	ω , м ²	χ , м	R, м
0,23	0,80	0,123	0,954	0,129
0,24	0,82	0,131	0,980	0,134
0,25	0,84	0,139	1,006	0,139
0,26	0,85	0,148	1,032	0,143
0,27	0,87	0,157	1,058	0,148
0,28	0,89	0,165	1,084	0,153
0,29	0,90	0,174	1,109	0,157
0,30	0,92	0,183	1,134	0,162
0,31	0,93	0,193	1,160	0,166
0,32	0,95	0,202	1,184	0,170
0,33	0,96	0,211	1,209	0,175
0,34	0,98	0,221	1,234	0,179
0,35	0,99	0,231	1,258	0,184
0,36	1,00	0,241	1,283	0,188
0,37	1,02	0,251	1,307	0,192
0,38	1,03	0,261	1,331	0,196
0,39	1,04	0,272	1,356	0,200
0,40	1,06	0,282	1,380	0,205
0,41	1,07	0,293	1,404	0,209
0,42	1,08	0,304	1,427	0,213
0,43	1,10	0,315	1,451	0,217
0,44	1,11	0,326	1,475	0,221
0,45	1,12	0,337	1,498	0,225
0,46	1,13	0,348	1,522	0,229
0,47	1,15	0,359	1,545	0,233
0,48	1,16	0,371	1,569	0,236
0,49	1,17	0,383	1,592	0,240
0,50	1,18	0,394	1,615	0,244
0,51	1,19	0,406	1,639	0,248
0,52	1,21	0,418	1,662	0,252
0,53	1,22	0,430	1,685	0,255
0,54	1,23	0,443	1,708	0,259
0,55	1,24	0,455	1,731	0,263
0,56	1,25	0,467	1,754	0,267
0,57	1,26	0,480	1,777	0,270
0,58	1,27	0,493	1,800	0,274
0,59	1,29	0,506	1,822	0,277
0,60	1,30	0,518	1,845	0,281
0,61	1,31	0,531	1,868	0,285
0,62	1,32	0,545	1,891	0,288
0,63	1,33	0,558	1,913	0,292
0,64	1,34	0,571	1,936	0,295
0,65	1,35	0,585	1,958	0,299

ПРОДОЛЖЕНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ 36

Н, м	В, м	ω , м ²	χ , м	R, м
0,66	1,36	0,598	1,981	0,302
0,67	1,37	0,612	2,003	0,305
0,68	1,38	0,626	2,026	0,309
0,69	1,39	0,639	2,048	0,312
0,70	1,40	0,653	2,071	0,316
0,71	1,41	0,667	2,093	0,319
0,72	1,42	0,682	2,115	0,322
0,73	1,43	0,696	2,137	0,326
0,74	1,44	0,710	2,160	0,329
0,75	1,45	0,725	2,182	0,332
0,76	1,46	0,74	2,20	0,34
0,77	1,47	0,75	2,23	0,34
0,78	1,48	0,77	2,25	0,34
0,79	1,49	0,78	2,27	0,34
0,80	1,50	0,80	2,29	0,35
0,81	1,51	0,81	2,31	0,35
0,82	1,52	0,83	2,34	0,35
0,83	1,52	0,84	2,36	0,36
0,84	1,53	0,86	2,38	0,36
0,85	1,54	0,87	2,40	0,36
0,86	1,55	0,89	2,42	0,37
0,87	1,56	0,91	2,45	0,37
0,88	1,57	0,92	2,47	0,37
0,89	1,58	0,94	2,49	0,38
0,90	1,59	0,95	2,51	0,38

Примечание: при известных H , B , ω , χ и R легко можно определить пропускную способность лотковых каналов параболического сечения по формулам (1.1) и (1.2).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ [13]

Оросительная система	Распределитель	Параметры канала			Ранее построенные водомеры типа						Ныне действующие водомеры типа					
		$b_k, м$	m	$Q, м^3/с$	Водосливы			Фик-сированное 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	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
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	1,0	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	1,0	0,100-0,200	-	-	-	+	-	-	-	0,76	0,50	1,0	0,10	
ЗБЧК	Р-8	137	1,0	0,015-0,180	0,73	0,31	0,50	-	-	-	-	1,0	0,63	1,0	1,0	
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	1,0	1,0	0,200-0,500	-	-	-	-	+	1,20	0,20	-	-	-	-	

Примечание: для улучшения условий эксплуатации сооружений и повышения точности учета воды на них бетонные блочные насадки должны быть заменены на затворы с прямоугольными насадками.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ

1. Артамонов К.Ф., Сатаркулов С.С. Затвор-водомер для открытых регуляторов. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехники), вып 26. Фрунзе, 1972.
2. Билик О.А., Валентини Л.А. Эксплуатационные предприятия водного хозяйства в условиях экономической реформы. Фрунзе, 1971.
3. Бобохидзе Ш.С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах. М., 1973.
4. Бочкарев Я.В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных системах. М., 1973.
5. Валентини К.Л. Водомерное устройство для лотковых каналов. Журн. «Гидротехника и мелиорация» №5, 1975.
6. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем. Авторы: Бутырин М.В., Киенчук А.Ф., Краснов В.Б. и др.; под редакцией А.Ф. Киенчука. «Колос». М., 1982, С.144.
7. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. Водомерные сооружения и пути улучшения их работы. Бишкек, 2000. С. 95.
8. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К. Маллаев Х.М. Руководство по эксплуатации водомерных сооружений. Бишкек, 2002.
9. Кошматов Б.Т., Бейшекеев К.К., Полотов А.П., Сатаркулов С.С. Водомерные сооружения для подпорно-переменных режимов истечения. Под редакцией Сатаркулова С.С. Бишкек, 2003. С. 78.
10. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М., Кошматов Б.Т., Полотов А.П., Акимжанов А., Батыкова А.Ж. Водомерные сооружения для каналов и лотков. Бишкек, 2005. С. 260.
11. Рекомендации по учету воды в каналах и лотках (для гидрометров оросительных систем). Авторы: Кошматов Б.Т., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М., Полотов А.П., Сатаркулов С.С. Под редакцией Сатаркулова С.С. Бишкек, 2007. С. 119.
12. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Кошматов Б.Т., Батыкова А.Ж., Полотов А.П., Акимжанов А., Маллаев Х.М. Водомерные сооружения для открытых оросительных систем. Под общей редакцией Сатаркулова С.С. Бишкек, 2014. С. 260.
13. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Водомерные сооружения для учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах. Бишкек, 2018. С. 208.
14. Мамбетов Э.М., Сатаркулов С.С., Садыбакова Д.К. Лотковые каналы и сооружения на них. Бишкек, 2022. С. 187.

15. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений. Гидрометеиздат. 1990. С. 288.

16. Хамадов И.Б., Бутырин М.В. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации. М., «Колос», 1975.

17. Ярцев В.Н. Эксплуатационная гидрометрия. М., 1961.

II. ПРОЕКТЫ ПОВТОРНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

18. Водомерные сооружения для точек выдела в хозяйства. «Фиксированное русло». Рабочий проект для повторного применения. 1992.

19. Проект повторного применения. Водомерные сооружения для точек выдела в хозяйства (1 очередь). Водосливы с тонкой стенкой (Чиполетти). 1992.

III. НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ

20. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расходов воды методом «скорость-площадь». МВИ 05-90. Минводхоз СССР, 1990.

21. Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь». МВИ 33-475555-09-91. «Водстрой» СССР, 1991.

22. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. МИ 2122-90. Казань, 1990.

23. Методика выполнения измерений расхода и количества воды при помощи водосливов с тонкой стенкой и регулируемой высотой порога для специальных условий применения. МВИ 4755559-13-93 (дополнение к МИ 2122-90). Бишкек, 1993.

24. Методика выполнения измерений расхода и количества воды с помощью специальных сужающих устройств мелиоративного назначения. МВИ 06-90. Минводхоз СССР.

25. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды при помощи стандартных водосливов и лотков. МВИ 12-10.

26. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды в параболических лотках методом «уклон-площадь». МВИ 13-10.

СОДЕРЖАНИЕ

Постановка вопроса.....	3
1. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло».....	5
2. Водомерные сооружения типа «Водосливы с тонкой стенкой»..	15
2.1. Виды водосливов и их расчетные формулы.....	15
2.2. Переносной водослив.....	16
2.3. Затворы – водомеры с нерегулируемой и регулируемой высотой порога водослива.....	17
3. Водомерные сооружения типа «Прямоугольный насадок».....	26
4. Комбинированный водомер типа «Водослив-насадок».....	31
Заключение.....	35
Приложение 1. Новый способ определения величины коэффициента шероховатости лотковых каналов.....	37
Приложение 2. Коэффициент шероховатости русел каналов и лотков.....	40
Приложение 3а. Гидравлические параметры потока в лотковых каналах параболического сечения (Лр-40, Лр-60 и Лр-80) при P=0,20м.....	41
Приложение 3б. Гидравлические параметры потока в лотковых каналах параболического сечения (Лр-100) при P=0,35м	42
Приложение 4. Технические характеристики водомерных сооружений.....	45
Использованная литература.....	46