

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

**ЛОТКОВЫЕ КАНАЛЫ
И
СООРУЖЕНИЯ НА НИХ**

Бишкек – 2022

УДК 654
ББК 258.5
Л 25

Рецензенты:

д.т.н., проф., Г.И. Логинов (КРСУ им. Б.Н.Ельцина),
к.т.н., с.н.с., А.Ж. Атаканов (КыргНИИ ирригации),
к.т.н., доцент., Р.С. Бекбоева (КНАУ им. К.Скрябина),
к.т.н., доцент., Б.О. Аскаралиев (КНАУ им. К.Скрябина).

Данная работа одобрена решением Ученого совета Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова (протокол №4 от 24 ноября 2021 года) и рекомендована к публикации в открытой печати.

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

Л 25 Лотковые каналы и сооружения на них / – Б.: «Калем» БУ,
2022. – 188 с.

ISBN 978-466-45-452-2

В книге описываются технические и эксплуатационные характеристики параболических лотковых оросительных каналов, построенных в Кыргызской Республике; на основе изучения коэффициента шероховатости этих водотоков, в ней даются рекомендации по определению фактической их пропускной способности водных потоков.

Рассмотрены также сетевые сооружения и, в частности, водомерные, водовыпускные, подпитывающие, поворотные, гасительные и уловительные сооружения.

Приведенные по параболическим лотковым каналам и сетевым сооружениям рекомендации могут заинтересовать проектировщиков, строителей и эксплуатационников, работающих в отрасли водного хозяйства.

Предназначена для гидротехников, гидрометров, мелиораторов.

ISBN 978-466-45-452-2

УДК 654

ББК 258.5

© Авторский коллектив., 2022



Посвящается светлой памяти Зулпуева Мейраждина Зулпуевича – инженера-гидротехника, талантливого организатора производственных работ по строительству и эксплуатации водных объектов, внесшего неоценимый вклад в развитие водного и сельского хозяйства в стране.

Мейраждин Зулпуевич родился в 1941 году в с. Кок-Джар Ноокатского района. Здесь же окончив школу, в 1960 году поступает в Московский гидромелиоративный институт, после успешного его окончания он был направлен в Киргизию. В республике свою производственную деятельность начал в Ошской области, где в течение ряда лет трудился от рядового инженера до начальников Дирекции по строительству водохозяйственных объектов и Управления группами каналов Найманского водохранилища.

На этих работах он показал себя высокообразованным инженером, инициативным и ответственным специалистом, прекрасным организатором работ. Заметив изложенное, вышестоящие руководители страны направляли Мейраждина Зулпуевича на различные ответственные работы, вот послужной их список: заместитель начальника и начальник Ошского УОС, Первый заместитель Министра мелиорации и водного хозяйства, Первый Секретарь Ляйлякского райкома партии; управляющий Ошским отделением объединенной дирекции «Киргизсовхозводстрой»; управляющий трестом «Ошмелиоводстрой»; начальник «Киргизводстроя»; после распада СССР – министр мелиорации и водного хозяйства; вице-премьер министр КР; председатель Совета Директоров ОАО «Кыргызсуудолбоор» и др.

Трудовая деятельность Мейраждина Зулпуевича была направлена в основном на развитие водного хозяйства страны. Под его руководством и активном его участии в республике построено множество водных объектов – водохранилища, ирригационные каналы и гидротехнические сооружения, позволившие ввести в эксплуатацию десятки тысяч гектаров новых орошаемых земель; кроме того, обеспечены сохранность и устойчивая работа действующих оросительных систем страны.

За большой вклад в развитие водного и сельского хозяйства Мейраждин Зулпуевич награжден двумя орденами «Трудового Красного Знамени», медалью «За доблестный труд» и другими наградами; неоднократно избирался депутатом Ошского областного Кеңеша; членом Ошского обкома партии, был депутатом Верховного Совета Киргизской ССР 10 и 11 созывов. В системе водного и сельского хозяйства среди коллег и друзей, Мейраждин Зулпуевич пользовался огромным уважением и заслуженным авторитетом.

Мейраждин Зулпуевич, жаткан жериңиз жайлуу, топурагыңыз торко болсун.

Коллеги

ВВЕДЕНИЕ

В условиях аридной зоны, к которой относится территория нашей республики, важное значение приобретает рациональное использование водных ресурсов страны. Они являются материальными ценностями, а потому требуют бережного к ним отношения, без потерь и рационального их использования. Указанные задачи не могут быть решены без улучшения технического состояния существующих оросительных каналов и построенных на них сетевых гидротехнических сооружений.

Улучшение технического состояния оросительных каналов направлено, как известно, на повышение коэффициента полезного действия водотоков и улучшение эксплуатационных их показателей, содержав каналы чистыми от наносов и растительности, что, несомненно, положительно скажется и на пропускную способность водотоков, и на своевременной доставке воды водопотребителям. Именно для достижения этих целей построены и строятся лотковые оросительные каналы параболического сечения, при этом эти лотковые каналы строятся, как правило, при сложных топографических и геологических условиях; на участках, где трассам каналов залегают фильтрующие и просадочные грунты; на участках, с насыпными грунтами и на участках с густорастущим камышом территориях, а также на косогорных участках, которые подвергаются оползневым явлениям.

В республике лотковые каналы начали применять примерно с 1970 года; в настоящее время общая протяженность этих водотоков, построенных в течение полувека, составляют порядка 3000 км.

Вместе с лотковыми каналами, на них строились и строятся и сетевые сооружения, к числу которых можно отнести водораспределительные, водовыпускные, водомерные, поворотные и другие гидротехнические сооружения.

Если в начальный период темпы применения лотковых каналов и сетевых сооружений на них были замедленными, то в настоящее

время, в связи с реконструкцией существующих и строительством новых оросительных систем, - они резко усилились.

При такой ситуации знание положительных и негативных сторон действующих водных объектов и рекомендаций по устранению их недостатков имеет важное практическое значение; кроме того знание того, что нового имеется в литературных источниках, которого можно было бы внедрить в производство путем включения его в проектные разработки, имеет существенное значение. Изложенное важно тем, что именно таким путем, с одной стороны, можно будет внедрять в производство интересные технические решения, и, с другой, совершенствовать техническое состояние лотковых каналов оросительных систем, с одновременным улучшением эксплуатационных их показателей.

Выше приведенные положения в той или иной степени рассмотрены в данной книге, которая, по мере накопления новых материалов исследований, может быть переиздана.

1. О ЛОТКОВЫХ КАНАЛАХ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ

1.1. Технические характеристики лотков

На орошаемых территориях предгорно-равнинной зоны нашей страны, также как и в бывших республиках Советского Союза [1], широко строились и продолжают строиться лотковые оросительные каналы параболического сечения. Они возведены и продолжают возводиться из секций лотков, с параметрами по ГОСТ 21509-76 [21]. Сам лоток с буквенными обозначениями его параметров приведены на рис. 1.1, а значения этих параметров – в таблице 1.1.

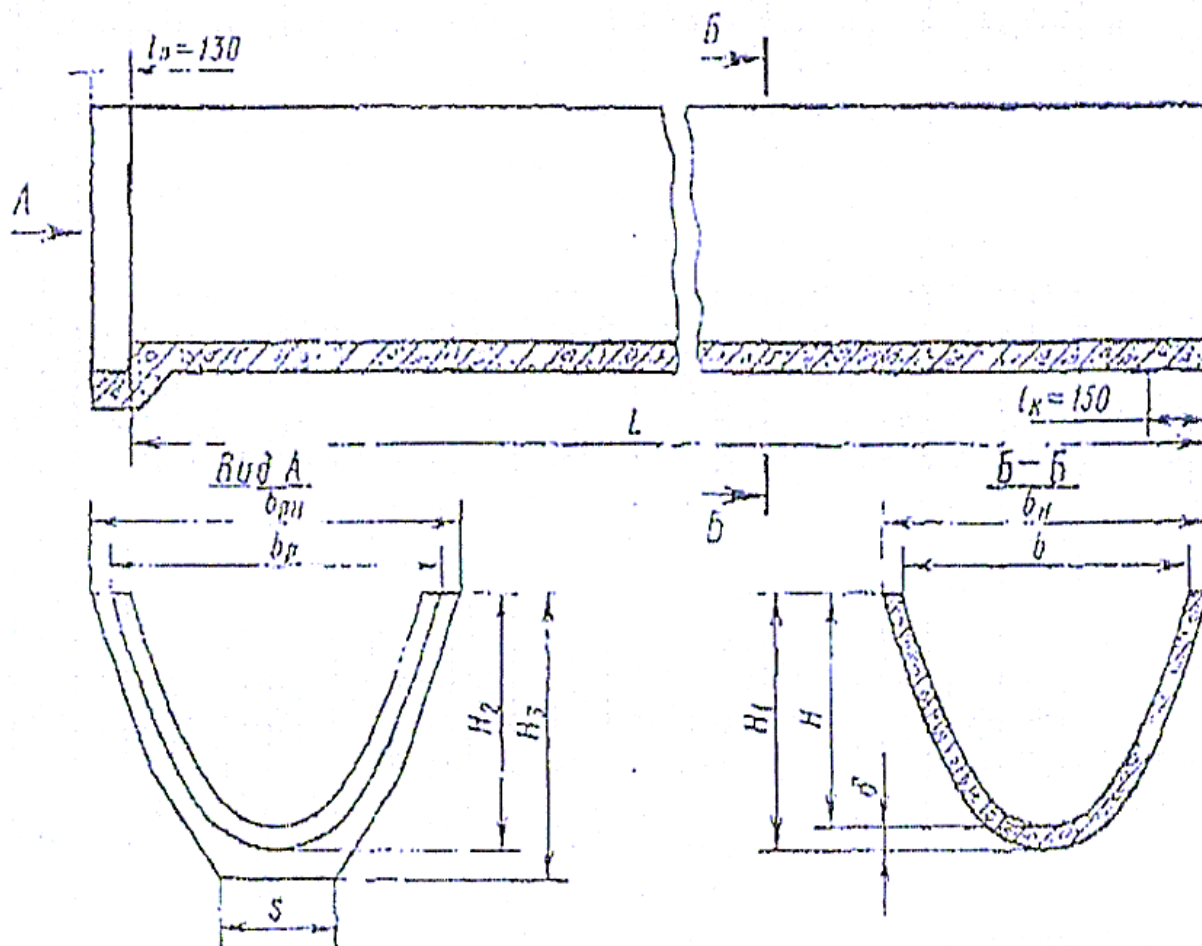


Рис. 1.1. Схема лотка с буквенным обозначением его параметров [21].

По условиям применимости железобетонные лотки подразделяются, как это показано в таблице 1.1, на следующие типы:

Лр – лотки, сооружаемые на сваях, стоечных опорах и плитах;

Лр_г – лотки, укладываемые в грунт.

Таблица 1.1

Параметры параболического лотка

Марка лотка	Код ОКП	Основные параметры, мм										Расход материала		Справочная масса, т
		L	H	H ₁	H ₂	H ₃	b	b _H	b _p	b _{PH}	δ	S	Бетон, м ³	
Лр-4	58 5821	400	450	465	540	800	908	940	1058	50		0,430	26,89	1,08
	0401												14,99	
Лр-4	58 5821	600	650	665	755	980	1084	1114	1228	50	400	0,568	33,95	1,42
	0394												23,43	
Лр-6	58 5821	800	860	875	965	1132	1240	1270	1396	60		0,767	42,65	1,92
	0395												33,15	
Лр-8	58 5821	1000	1075	1090	1210	1674	1804	1834	1994	75	700	1,320	68,62	3,31
	0403												61,04	
Лр-8	58 5821	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	33,15	1,92
	0396												33,15	
Лр-10	58 5821	1000	1075	1090	1210	1674	1804	1834	1994	75	700	1,320	68,62	3,31
	0393												61,04	
Лр-10	58 5821	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	5980	33,15	1,92
	0397												33,15	

Изготовленные лотки должны удовлетворять требованиям по прочности и морозостойкости бетона, по маркам сталей арматурных изделий и защите их от коррозии и др. Лотки должны быть водонепроницаемыми и выдерживать гидростатические испытания при нагружении расчетной эксплуатационной нагрузки (например, при заполнении водой до верха стенок лотка – рис. 1.2).

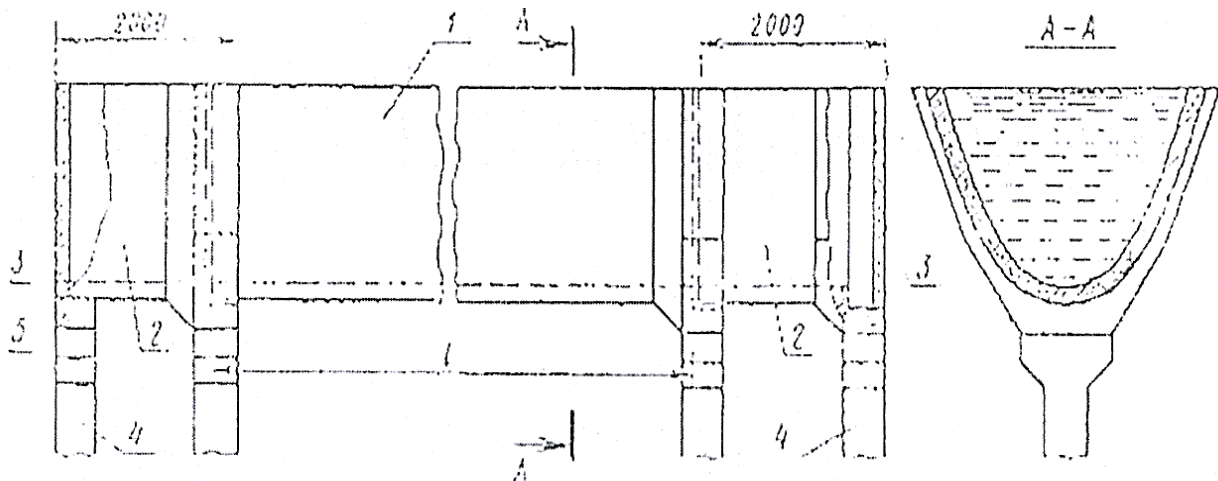


Рис. 1.2. Схема установки для гидростатических испытаний лотка на его водонепроницаемость [21]. 1 – испытуемый лоток; 2 – укороченный лоток (2 шт.); 3 – заглушки; 4 – опоры лотков; 5 – прокладка.

Лотки изготавливаются в соответствии с ГОСТ 21509-76 по рабочим чертежам типовых конструкций серии 3.820.1-34с/85. Кроме указанных нормативных документов имеются и другие, например, на заполнители бетона – ГОСТ 10178-76, на сварные арматурные и закладные изделия – ГОСТ 10922-75, на приемку и маркировку лотков – ГОСТ 13015.1-81, на транспортировку и хранение лотков – ГОСТ 13015.4-84 и другие.

Долговечность и надежная работа лотковых оросительных каналов, естественно, зависят от изготовления, транспортировки и складывания лотков в соответствии с выше приведенными нормативными документами.

Наравне с изложенными данными, ниже приведенные сведения о лотках имеют особо важное значение для пропускных способностей параболических лотковых каналов. Эти сведения следующие:

во-первых, изготовленные лотки имеют призматическое русло, то есть форма и параметры поперечного сечения лотков остаются постоянными по их длине;

во-вторых, внутренняя поверхность лотков выполняется весьма гладкой. Так, по ГОСТу 21509-76: «На внутренней поверхности раструба и на наружной поверхности конца лотка в зоне расположения уплотняющих материалов не допускаются наплывы и около бетона, а также раковины диаметром более 3 мм и глубиной более 2 мм. Число раковин на площади 0,01 м² (100x100 мм) на любом участке указанной зоны поверхности должно быть не более трех. Остальная бетонная поверхность лотка должна быть категории А6 по ГОСТ 13015.0-83». Далее: «На поверхности лотков не допускаются трещины, за исключением местных усадочных трещин шириной не более 0,1 мм на наружной поверхности раструба и технического пролива в шельге лотка».

Для обеспечения такой гладкости внутренней поверхности лотков, в соответствии с ГОСТ 21509-76, «Лотки следует изготавливать с применением термоцитов – пригрузов», а также с применением особой конструкции металлической опалубки, с использованием высокого тепла (горячего пара) при обработке особенно внутренней поверхности железобетонного раструбного лотка.

Железобетонные раструбные лотки параболического сечения изготавливаются на заводах или специализированных предприятиях, при этом лотки поставляются потребителям в комплекте с уплотняющими материалами для герметизации стыковых соединений: жгуты из резины круглого сечения по ГОСТ 6467-79 или резиновые пористые прокладки по ГОСТ 19177-81. При этом при правильной герметизации стыковых соединений обеспечивается призматичность водотока при строительстве параболических лотковых каналов.

1.2. Краткая характеристика лотковых каналов

Ныне действующие в республике лотковые оросительные каналы построены в основном для:

- устранения потери воды на фильтрацию;

- предотвращения заболачивания и вторичного засоления земель в равнинной зоне, где путем строительства дренажей освоены земельные массивы для использования их в качестве орошаемого земледелия;

- обеспечения подачи орошаемую воду через трассы каналов, проложенные через густорастущие камышом территории земельных массивов;

- осуществления подачи воды водопотребителям чистой от наносов (песка, гравия) живительной влаги, что положительно сказывается на бесперебойную работу систем техники полива (дождевания, капельного и подземного орошения);

- ускорения ввода в эксплуатацию каналов оросительных систем путем применения при строительстве строительной техники;

- улучшения условий труда, предполагаемого при эксплуатации построенных лотковых оросительных каналов.

Общая протяженность параболических лотковых каналов, построенных в республике по состоянию на 01.01.2019 года составляет 2910 км, в том числе по областям: Баткенской – 411, Ошской – 202, Джалал-Абадской – 325, Нарынской – 250, Иссык-Кульской – 329, Таласской – 259 и Чуйской – 1134 км. Эти каналы относятся к числу внутрихозяйственных и находятся на балансе АВП.

Еще имеются и межхозяйственные лотковые каналы, состоящие на балансе государственных учреждений.

В республике лотковые оросительные каналы построены и строятся из лотков с параметрами, приведенными в следующей таблице 1.2.

Таблица 1.2

Марки и параметры лотков

Марки лотков	Лр-4 Лр _г -4	Лр-6 Лр _г -6	Лр-8 Лр _г -8	Лр-10 Лр _г -10
Высота лотков, м	0,40	0,60	0,80	1,00
Параметр параболы, м	0,20			0,35
Длина лотков, м	6,0			

Лотковые оросительные каналы строились и строятся как в предгорной, так и равнинной зонах, и в пределах этих зон – они строились и строятся как вдоль, так и поперек горизонталей.

В зависимости от рельефных условий, лотки сооружаются на стоечных опорах или укладываются на плитах; при этом в большей части они возвышаются над землей на 0,5-1,0 м, а иногда достигают и 2,0 м лотковые каналы проходят и в выемке.

1.3. Эксплуатационные показатели лотковых каналов

Изучение эксплуатационных показателей лотковых каналов, функционируемых на оросительных системах республики, свидетельствует о том, что их состояние зависит от того, насколько качественно изготовлены сами лотки и оборудования к ним, насколько добросовестно выполнены строительно-монтажные работы и насколько бережно содержатся эти каналы при длительной их эксплуатации.

Лотки и оборудования к ним, в целом, изготавливаются качественно, но иногда встречаются не качественно изготовленные седла, из-за чего лотки на них лежат неплотно, что, в свою очередь, негативно отражается на заделку стыков между секциями лотков.

При монтаже лотков часто не соблюдается проектное расстояние между секциями лотков, принимаемое из условия удлинения лотков (под влиянием температурных режимов) порядка 2 см; вместе этого, оно достигает часто до 5 см. Кроме того, редко, но встречаются участки каналов с переломом дна с большого на меньший, чем нарушается гидравлический режим потока (рис. 1.3) и ухудшается пропускная способность самих водотоков. Иногда лотки укладываются с небольшими перекосами.

Все эти моменты, допускаемые при изготовлении лотков и их монтаже могут осложнять работу каналов при их эксплуатации.

На всех обследованных водных объектах стыки между секциями лотков работают в целом нормально, не нарушая при этом гидравлику протекаемых по таким лотковым каналам потоков. Но, тем не менее, некоторые исследователи считают [7], что из всех не-

достатков, выявленных при обследовании лотковых ирригационных каналов Грузии, к основному из них относятся именно стыки между секциями лотков, что при плохой их заделке – в канале появляются нежелательные гидравлические явления – брызги, косые волны и другие. С этим мнением, естественно, следует согласиться и, в связи с этим, основное внимание проектировщиков и строителей должно быть направлено именно на качественной заделке стыков между секциями лотков. При правильной герметизации стыковых соединений, как это было отмечено ранее, обеспечивается и призматичность водотока.



Рис. 1.3. Изменение гидравлических элементов потока в лотковом канале Токбай вызвано переломом его уклона.

Обследование эксплуатационных показателей лотковых каналов республики показало, что при выполнении стыков между секциями лотков по схемам, приведенным на рис. 1.4, эти водотоки работают нормально, потоки по ним протекают без образования нежелательных гидравлических явлений.

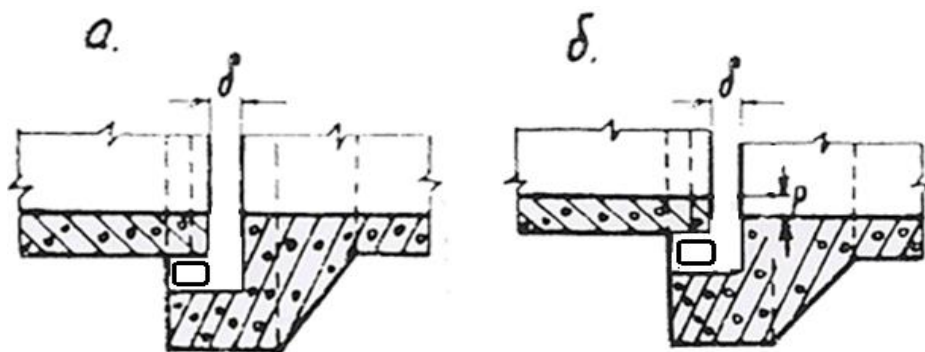


Рис. 1.4. Схемы по заделке стыков между секциями лотков.

Иначе говоря, чтобы стыки между секциями лотков не повлияли негативно на пропускную способность лотковых каналов, как это рекомендуется в [66, 70],:

- конструкции стыков и монтаж лотков должны обеспечить качественную стыковку секций лотка, характеризуемую установкой их по одной внутренней плоскости (рис. 1.4а) или установкой последующей секции лотков на 2,0-3,0 см ниже предыдущей (рис. 1.4б);

- поверхность материалов (битум, цементный раствор и др.), заполнивших стыки (и такие случаи могут быть), доводилась до гладкости, близкой к гладкости внутренней поверхности лотков.

Как известно, лотки изготавливаются в заводских условиях и в металлических опалубках, а потому они имеют весьма гладкую внутреннюю поверхность. Эта гладкость, как показало изучение эксплуатационных показателей лотковых каналов в нашей республике [66, 70], сохраняется на многие и многие десятилетия.

В качестве примера такие лотковые каналы приведены на рис. 1.5. Поверхности лотковых каналов на рис. 1.5а,б весьма гладкие, благодаря этому и нормально выполненным стыкам потоки в них протекают без нарушения гидравлических их режимов истечения. В лотковом канале на рис. 1.5в имеется незначительное нарушение стыков между секциями лотков, благодаря чему за стыками появляются еле заметные косые волны и брызги воды.

В любом случае стыки между секциями лотков должны выполняться качественно, а если все-таки обнаруживаются какие-то отклонения от проектных решений, то они относятся к строительным недостаткам и должны быть устранены.

а)



б)



в)

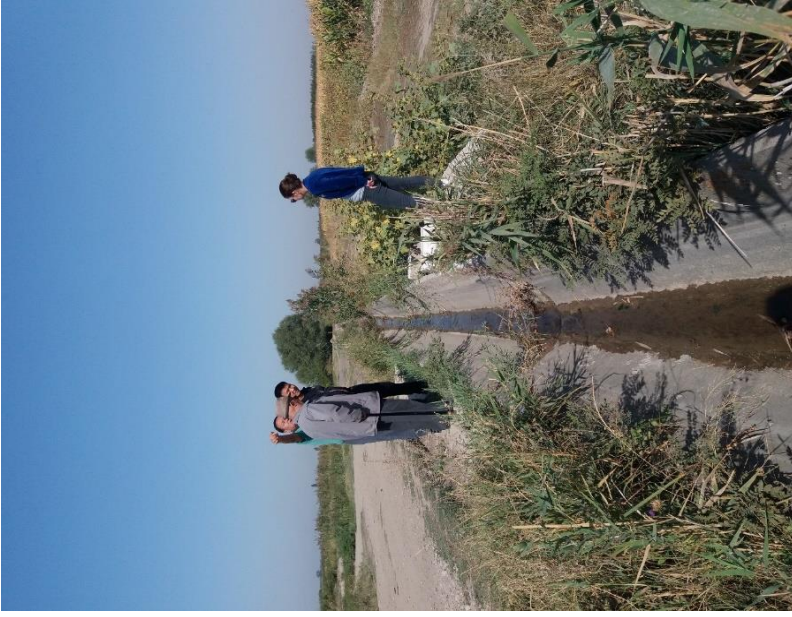


Рис. 1.5. Параболические лотковые каналы в работе.

При обследовании эксплуатационных показателей лотковых каналов республики также было выявлено, что нежелательных гидравлических явлений [106];

- нет в лотковых каналах, течение воды в которых – спокойное, то есть при скоростях $v \leq 1,0$ м/с;

- они могут появиться в лотковых каналах, течение воды в которых бурное (при $v > 1,0$ м/с) и чем больше скорость потока, тем заметнее негативное влияние некачественной заделки стыков между секциями лотков на режим течения воды в лотковых каналах.

Отсюда вывод: при строительстве лотковых оросительных каналов особое внимание должно быть обращено на заделке стыков между секциями лотков на водотоках с бурным и сверхбурным режимами течения воды.

1.4. Пропускная способность лотковых каналов

1.4.1. Расчетные формулы

Лотковые оросительные каналы параболического сечения, при правильном их строительстве, относятся к категории призматических русел, равномерное течение воды в них характеризуется постоянством по их длине. Поэтому пропускная способность такого водотока при равномерном режиме течения воды определяется по формуле:

$$Q = \omega c \sqrt{Ri}, \quad (1.1)$$

а значение коэффициента Шези – по формуле

$$c = \frac{1}{n} \cdot R^{0.2}, \quad (1.2)$$

В указанных формулах:

$\omega = \frac{2}{3} BH$ – площадь живого сечения потока;

$B = 2\sqrt{2p_n H}$ – ширина по урезу воды;

H – глубина воды в лотке;

$R = \frac{\omega}{\chi}$ - гидравлический радиус;

χ - смоченный периметр, определяемый по формуле

$$\chi = p_{\Pi} \left[\sqrt{\frac{2p_{\Pi}}{H}} + \left(1 + \frac{2p_{\Pi}}{H}\right) + \ln \left(\sqrt{\frac{2p_{\Pi}}{H}} + \sqrt{1 + \frac{2p_{\Pi}}{H}} \right) \right], \quad (1.3)$$

при этом лотки высотой 0,4-0,8 м имеют параметр параболы $p_{\Pi}=0,20$ м, а лотки высотой 1,0 м и более – $p_{\Pi}=0,35$ м.

В формулах (1.1) и (1.2):

i - гидравлический уклон, равный (в случае равномерного движения) уклону дна лоткового канала;

n – коэффициент шероховатости, отражающий состояние (шероховатости) внутренней поверхности лотковых каналов.

1.4.2. Существующие рекомендации по определению коэффициента шероховатости лотковых каналов

Следует отметить, что определение пропускной способности лотковых оросительных каналов параболического сечения затруднено и оно связано с недостаточной изученностью коэффициента шероховатости n самих водотоков. Это отмечено и в работе [7]: «Коэффициент шероховатости для разных видов водоводов и русл изучен достаточно хорошо. Но, поскольку, лотковые каналы начали применять недавно, единого мнения о значении коэффициента шероховатости для них не выработано». При этом, несмотря на широкое применение лотковых каналов, обоснованных рекомендаций по определению значений коэффициента n в формуле (1.2) нет. В [7] приводятся результаты исследования коэффициента шероховатости, проведенного в натуральных условиях «На Телетской и других оросительных системах Грузии». При этом значение коэффициента n при проведении исследований определялось из формулы (1.2), как

$$n = \frac{R^{0.2}}{C}, \quad (1.4)$$

а значение самого коэффициента C из формулы (1), как:

$$C = \frac{Q}{\omega \sqrt{Ri}} \quad (1.5)$$

Исследования проводились «На лотках с большими уклонами (к сожалению, значения i не приводятся)» [7], при этом в расчетах за основу принимались уклоны водной поверхности. Расходы воды из-

мерялись трапецеидальным водосливом. Полученные результаты оформлены в виде графика $n = f(H)$ и представлены на следующем рисунке.

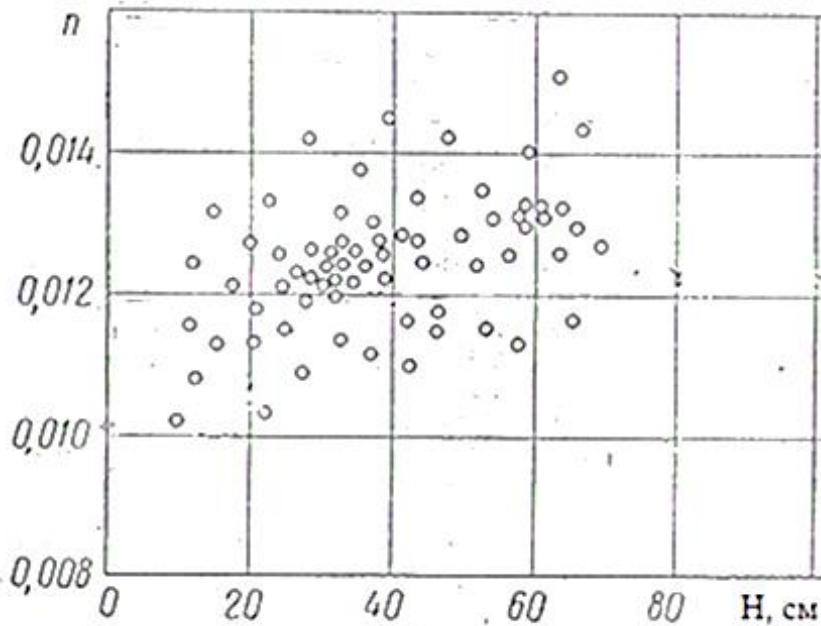


Рис.1.6. Зависимость $n = f(H)$ для эксплуатируемых в Грузии лотковых каналов параболического сечения [7].

Данные этого рисунка свидетельствуют о ниже следующем:

- при глубинах потока $H=10-70$ см значения коэффициента шероховатости составляют $n = 0,010 - 0,015$;
- имеется большой разброс опытных точек, который, по мнению автора исследований, вызван «Разным качеством устройства стыков между лотками» [7].

Исходя из полученных результатов, автором исследований рекомендовано – «Для применения в гидравлических расчетах... $n = 0,013 - 0,014$ », при этом им не было принято во внимание то, что на графике $n = f(H)$ (рис. 1.6) основная масса опытных точек лежит в пределах $n = 0,010 - 0,013$.

К недостаткам в исследованиях Бобохидзе Ш.С. относится и то, что им не проанализированы причины разброса точек определения значений коэффициента шероховатости лоткового канала вообще и по глубине потока, в частности. Правда, в своей работе Бобохидзе Ш.С. отмечает, что «Исследованные параболические лотковые каналы имели большие уклоны и были периодического

действия, из-за чего моховое покрытие отсутствовало и коэффициент шероховатости n в зависимости от глубины изменялся слабо» [7]. Иначе говоря, Бобохидзе Ш.С. проводил свои исследования на лотковых каналах, чистых от моховых покрытий, то есть на водотоках с весьма чистой и гладкой внутренней поверхностью. Поэтому разброс точек, по мнению автора исследований, связан, как это было отмечено выше, «Разным качеством устройства стыков между лотками»».

Если значения коэффициента шероховатости для лотковых каналов Грузии варьируется в пределах от 0,01 до 0,015 [7], то для лотковых каналов Голодной степи – от 0,0118 до 0,0189 (таблица 1.3) [1].

Таблица 1.3

Величины коэффициента шероховатости лотков-каналов
в Голодной степи

Название лотковых распределителей и хозяйств	Глубина лотка, см	Уклон дна Лотка	Средняя глубина наполнения, см	Коэффициент шероховатости
По исследованиям ВНИИГиМа				
6-У-27	60	0,00070	39	0,0183
6-У-44	60	0,00228	39	0,175
ЮР-16-6	80	0,00051	53	0,0167
ЮР-17-14	80	0,00055	56	0,0140
По исследованиям Средазгипроводхлопка				
Совхоз №6	100	0,00081	77	0,0138
	80	0,00051	66	0,0132
	60	0,00046	51	0,0130
Совхоз №26	100	0,00765	63	0,0118
	80	0,00072	52	0,0149
	60	0,00105	42	0,0142

При этом исследования коэффициента шероховатости на лотковых каналах Голодной степи велись институтами ВНИИГиМ (Москва) и Средазгипроводхлопок (Ташкент). Полученные им результаты (табл.1.3) свидетельствуют о том, что значения коэффициента шероховатости в исследованиях ВНИИГиМ составляет от 0,0140 и до 0,0183, тогда как в исследованиях Средазгипроводхлопка – от 0,0118 и до 0,0149, то есть существенно

меньше, чем в исследованиях ВНИИГиМ. Чем это объяснить весьма трудно, так как, с одной стороны, не приводятся методы определения коэффициента шероховатости i , с другой, в работе [1] не дается характеристика внутренней поверхности лотковых каналов.

Не зная характеристики внутренней поверхности лотковых каналов, невозможно использовать приведенные в таблице 1.3 значения коэффициента шероховатости в практических целях – для определения пропускной способности лотковых каналов.

В Техническом Отделе института «Средазгипроводхлопок» (Ташкент) были разработаны номограммы по определению пропускной способности лотковых каналов параболического сечения [91].

Всего разработано 6 номограмм при следующих исходных данных:

Лр-4÷Лр-8	$P_n=0.20м$	$i = 0.0001 - 0.03$	$n = 0.011$
- -	- -	- -	$n = 0.013$
- -	- -	- -	$n = 0.015$
Лр-9÷Лр-10	$P_n=0.35м$	$i = 0.0004 - 0.04$	$n = 0.011$
- -	- -	- -	$n = 0.013$
- -	- -	- -	$n = 0.015$

Одна из этих номограмм приведена на рис. 1.7, остальные – в приложениях 1а,б,в,г,д; из них следует то, что пропускная способность лотковых каналов поставлена в зависимости от i , n и H , при этом по номограммам можно определить и скорости потока.

Эти номограммы просты и позволяют легко и быстро определить расходы воды. Однако, в проведенной работе не приводятся сведения о состоянии внутренней поверхности лотковых каналов, то есть не дается характеристика внутренней поверхности лотковых каналов, когда задается то или иное значение коэффициента шероховатости водотоков. Этим осложняется применение разработанных номограмм в практических работах.

Но, все же, эти номограммы могут быть использованы – если будут установлены значения коэффициента шероховатости лотковых каналов. Однако, как показал их анализ [77], они имеют огра-

ниченные применение, что должно учитываться при практическом их использовании. Изложенное объясняется тем, что:

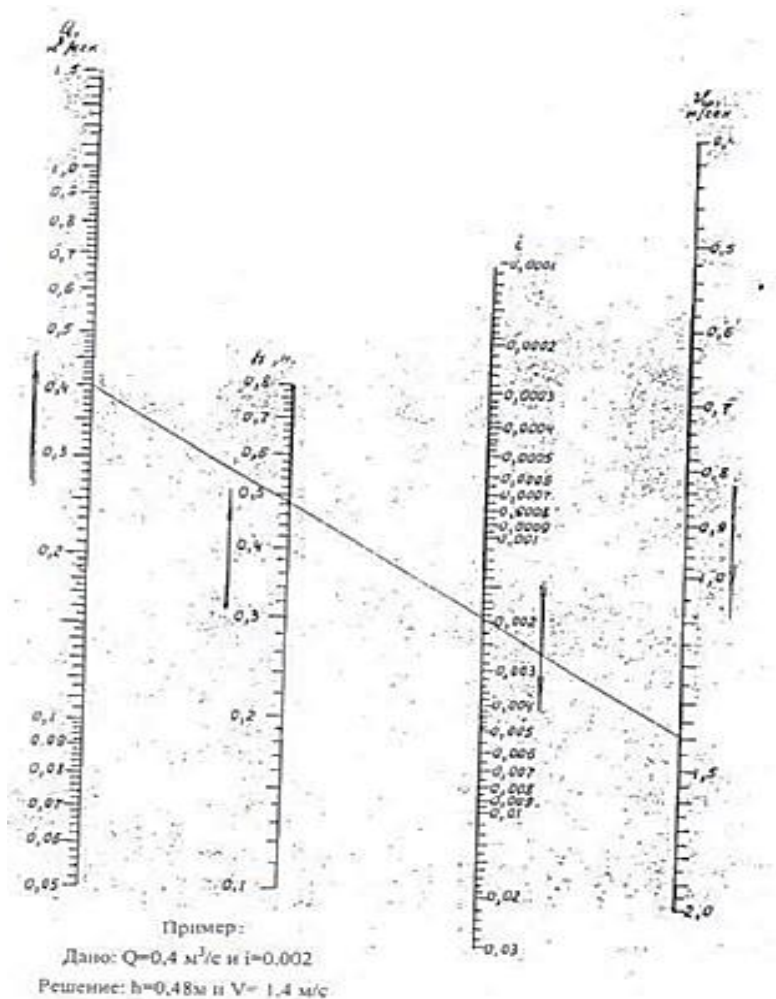


Рис.1.7. Номограмма для гидравлического расчета лотков параболического сечения глубиной 0,4-0,8 м при $n=0,011$.

- номограмма для лотков с $p = 0,20\text{м}$ разработаны для уклонов только до 0,03, тогда как уклоны водотоков достигают до 0,05 и более;

- номограмма для лотков с $p = 0,35\text{м}$, разработанные при коэффициентах $n = 0,013$ и $n = 0,0013$, приведены только для уклонов водотоков до 0,04, тогда как на действующих водотоках они превышают 0,05;

- номограмма для лотков с $p = 0,35\text{м}$ и $n = 0,015$ разработаны для уклонов до 0,1, однако на графике водотоки с такими уклонами могут и не встречаться.

К разработанным номограммам присущи и другие недостатки, к числу которых может быть отнесена невозможность определения расходов воды, например, по номограмме:

- при $p = 0,20\text{м}$ и $n = 0,013$ – при $i = 0,0001$ и $H \leq 0,38\text{м}$, так как на шкале расходов воды такие условия не были предусмотрены;

- при $p = 0,20\text{м}$ и $n = 0,013$ – при $i = 0,03$ и $H \geq 0,5\text{м}$, так как на шкале расходов не показаны расходы для таких условий;

- при $p = 0,35\text{м}$ и $n = 0,013$ – при $i = 0,018$ и $H \leq 0,1\text{м}$, так как на шкале расходов отсутствуют расходы для этих условий.

Имеются и другие недостатки. Поэтому эти моменты должны быть учтены при определении расходов воды по номограммам. Например, не были разработаны номограммы для коэффициентов шероховатости $n = 0,012$ и $0,014$, а также для уклонов водотоков более $0,03$ (при $p = 0,20\text{м}$) и $0,04$ (при $p = 0,35\text{м}$).

Кроме изложенных, в [91] рекомендуется расчеты приводить с поправками, если фактическое значение коэффициента шероховатости n_ϕ будет отличаться от принятой в номограммах величины n_H . При этом такую поправку для наполнения рекомендуется осуществить по формуле:

$$H_p = H_H \sqrt{\frac{n_\phi}{n_H}}, \quad (1.6)$$

где H_H – глубина воды в лотке, соответствующая n_H , для которого составлена номограмма;

H_p – глубина воды, соответствующая фактическому коэффициенту шероховатости n_ϕ .

Если $n_\phi = 0,013$ и $n_H = 0,015$, то из (1.6) имеем

$$H_p = H_H \sqrt{\frac{0,013}{0,015}} = 0,93H_H,$$

а при $n_\phi = 0,015$ и $n_H = 0,011$,

$$H_p = H_H \sqrt{\frac{0,015}{0,011}} = 1,17H_H.$$

Из этих расчетов видно, что глубины H_p и H_H будут отличаться друг от друга, и поэтому, с нашей точки зрения, рассмотренные но-

мограммы могут быть применены только в предварительных расчетах. Иначе говоря, при проектировании лотковых каналов пропускные их способности должны определяться только гидравлическим расчетом.

Но такой расчет будет осложняться, как это было установлено ранее тем, что в формуле (1.2) фигурирует коэффициент шероховатости, величину которого для лотковых каналов следует еще изучать. Однако, следует отметить, что в нашей республике применительно к лотковому каналу имеется нормативный документ [12], в котором, без соответствующего обоснования, отмечается – «Рекомендуемая величина коэффициента шероховатости стенок параболического лотка $n=0,016$ ». Ведь, нормативный документ есть нормативный документ, его рекомендации должны приниматься, как правила, за основу при проектировании, строительстве и эксплуатации водных объектов. Однако, что делать, если предложенное в нормативном документе – ошибочное, причем весьма-весьма грубо?

Итак, если в работе [7] величину коэффициента шероховатости лотковых каналов рекомендует принимать как $n = 0,013 - 0,014$, то в нормативном документе [12] – как $n = 0,016$; этим, как видно, расширена область варьирования значениями коэффициента шероховатости n от 0,013 до 0,016. Каким рекомендациям верить и на какие значения коэффициента шероховатости лотковых каналов следует ориентироваться?

Следует отметить, что здесь остается неизвестным и то, что какими значениями коэффициента n отражается то или иное состояние внутренней поверхности (шероховатости) лоткового канала параболического сечения. Такая неопределенность в конечном счете негативно скажется на определение пропускной способности не только действующих, но и проектируемых лотковых каналов.

Появление в работе такой неопределенности можно показать на следующих типичных примерах (таблица 1.4), в которых пропускная способность лотковых каналов рассчитана гидравлическим способом при следующих исходных данных:

- Лр-6, $i=0,0003$, $n=0,011$ и $0,016$;
- Лр-6, $i=0,003$, $n=0,011$ и $0,016$;
- Лр-6, $i=0,03$, $n=0,011$ и $0,016$.

Лотки Лр-6 широко применяются у нас в стране. Принятые уклоны лотковых каналов – типичные, они широко встречаются на оросительных системах, построенных в предгорной и равнинной зонах. Коэффициент шероховатости, равный $n=0,011$, характеризуется, как это вытекает из нижеприведенных материалов исследований, приближенный к реальной чистой поверхности лотковых каналов. Что же касается коэффициента шероховатости $n=0,016$, то он рекомендован нормативным документом [12], поэтому он принят нами таким, каким он приведен в указанном руководящем документе.

Данные таблицы 1.4, полученные при $h_1=h_2$ и разных n , свидетельствуют о нижеследующем:

- скорость потока по лоткам при шероховатости $n=0,011$ почти в 1,5 раза больше, чем скорость течения воды при $n=0,016$;
- параметры кинетичности потока при $n=0,011$ более чем в два раза превышает параметров кинетичности потока при $n=0,016$;
- пропускная способность лоткового канала при $n=0,011$ почти в 1,5 раза превышает пропускную способность водотока при $n=0,016$.

Из этих приведенных результатов особо следует остановиться на последнем, то есть на пропускной способности лоткового канала при двух значениях коэффициента шероховатости – $n=0,011$ и $n=0,016$.

Дело в том, что, приняв, исходя из рекомендации нормативного документа [12], коэффициент шероховатости равным $n=0,016$, можно подсчитать пропускную способность лоткового канала при этой шероховатости. Но полученный результат этого расчета не будет отражать фактическую пропускную способность водотока, которая в 1,5 раза больше и она (пропускная способность) соответствует гидравлическому расчету, произведенному при коэффициенте шероховатости $n=0,011$. Иначе говоря, при гидравлическом расчете пропускной способности лоткового канала не следует ориентироваться

Таблица 1.4

Результаты гидравлического расчета пропускной способности лотковых каналов

Исходные данные		Результаты гидравлического расчета при										Отношение			
		n ₁ =0.011					n ₂ =0.016								
Лр	Уклон, i	h ₁ , м	v ₁ , м/с	Fr ₁	Q ₁ , м ³ /с	h ₂ , м	v ₂ , м/с	Fr ₂	Q ₂ , м ³ /с	h ₁ / h ₂	v ₁ / v ₂	Fr ₁ / Fr ₂	Q ₁ / Q ₂		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Лр-6	0,0003	0,10	0,22	0,047	0,006	0,10	0,148	0,022	0,004	1,0	1,486	2,14	1,5		
		0,20	0,33	0,054	0,025	0,20	0,223	0,025	0,017	1,0	1,48	2,16	1,47		
		0,30	0,41	0,056	0,056	0,30	0,28	0,027	0,039	1,0	1,464	2,07	1,44		
		0,40	0,48	0,057	0,101	0,40	0,326	0,027	0,070	1,0	1,472	2,11	1,44		
Лр-6	0,003	0,50	0,53	0,058	0,159	0,50	0,366	0,027	0,109	1,0	1,448	2,15	1,46		
		0,10	0,679	0,47	0,018	0,10	0,467	0,222	0,012	1,0	1,454	2,12	1,5		
		0,20	1,027	0,538	0,077	0,20	0,706	0,254	0,053	1,0	1,455	2,12	1,45		
		0,30	1,288	0,564	0,178	0,30	0,886	0,266	0,123	1,0	1,454	2,12	1,45		
Лр-6	0,03	0,40	1,501	0,576	0,320	0,40	1,032	0,271	0,220	1,0	1,454	2,13	1,45		
		0,50	1,683	0,577	0,502	0,50	1,157	0,273	0,345	1,0	1,455	2,11	1,46		
		0,10	2,148	4,703	0,057	0,10	1,477	2,223	0,039	1,0	1,454	2,12	1,46		
		0,20	3,248	5,378	0,243	0,20	2,233	2,542	0,168	1,0	1,455	2,12	1,45		
Лр-6	0,03	0,30	4,073	5,637	0,564	0,30	2,8	2,665	0,388	1,0	1,455	2,12	1,45		
		0,40	4,747	5,742	1,013	0,40	3,263	2,714	0,696	1,0	1,455	2,12	1,46		
		0,50	5,321	5,773	1,587	0,50	3,659	2,729	1,091	1,0	1,454	2,12	1,45		

на рекомендации нормативного документа [12] по принятию коэффициента шероховатости $n=0,016$, а следует ориентироваться на уточненные его значения, полученные на основе обширных материалов научно-исследовательских работ, проведенных специально в натуре - на действующих лотковых оросительных каналах Чуйской долины. Такие исследования, как это вытекает из выше приведенных сведений, практически не проводились, а результаты исследований Бобохидзе Ш.С. оказались не применимыми для практического их использования, из-за их не обоснованности.

1.4.3. Рекомендуемые способы по определению коэффициента шероховатости лотковых каналов

При описанной в предыдущем разделе ситуации были правы те специалисты, которые были склонны при расчетах пропускной способности лотковых оросительных каналов рекомендовать или принимать значения коэффициента шероховатости для бетонированных каналов, так как для них они оказались достаточно хорошо изученными. В связи с этим следует отметить, что в первой половине прошлого столетия многие советские ученые и инженеры уделяли много внимания на изучение коэффициентов шероховатости каналов и других водотоков. Благодаря их напряженного труда, были определены значения коэффициента шероховатости каналов и других водотоков в зависимости от состояния их поверхности. Полученные результаты и рекомендованные ими к применению значения коэффициента шероховатости водотоков приведены в таблице 1.5.

Как это известно [21], внутренняя поверхность железобетонных лотков по ГОСТ 21509-79 должна быть весьма гладкой и при изготовлении их в заводских условиях – это условие, как правило, соблюдается. Следовательно, изготовленные лотки имеют гладкую внутреннюю поверхность.

Теперь, для предварительного определения коэффициента шероховатости лотковых каналов на основе данных таблицы 1.5, переищем некоторые из них, исходя из схожести поверхности облицовок бетонных каналов с поверхностью лотковых водотоков:

Таблица 1.5

Коэффициенты шероховатости водотоков

Источники	Характеристика поверхности водотоков	Коэффициент шероховатости
[31,87]	1.Исключительно гладкие поверхности. Поверхности, покрытые эмалью или глазурью.....	0,009
	2. Весьма тщательно строганные и хорошо пригнанные доски.	0,010
	3. Лучшая цементная штукатурка. Чистые (новые) гончарные, чугунные и железные хорошо уложенные и соединенные трубы.....	0,011
	4. Водопроводные трубы в нормальных условиях, без заметной инкрустации. Весьма хорошая бронировка.	0,012
	5. Бетонировка каналов в средних условиях..	0,014
[95]	Цементная штукатурка по ровной поверхности, выполненная:	
	- с железнением.....	0,012
	- без железнения.....	0,014
	Бетонная облицовка, выполненная:	
- в металлической опалубке.....	0,012	
- в деревянной опалубке.....	0,015	
[88]	Наиболее гладкие поверхности, с весьма тщательной отделкой откосов и дна, с хорошо устроенными швами:	
	- лучшие условия.....	0,011
	- средние условия.....	0,012
	- хорошие условия.....	0,013

- исключительно гладкие поверхности. Поверхности, покрытые эмалью или глазурью – $n=0.009$;

- лучшая штукатурка из чистого бетона - $n=0.010$;

- лучшая цементная штукатурка - $n=0.011$;

- наиболее гладкие поверхности, с весьма тщательной отделкой откосов и дна, с хорошо устроенными швами при лучших условиях - $n=0.011$ и средних условиях - $n=0.012$;

- весьма хорошая бетонировка - $n=0.012$;

- цементная штукатурка по ровной поверхности, выполненная с железнением - $n=0.012$;

- бетонная облицовка, выполненная в металлической опалубке
- $n=0.012$.

Опираясь на эти данные и исходя из состояния внутренних поверхностей лотковых каналов, можно при определении их пропускной способности предварительно порекомендовать (с последующим уточнением):

- для лотковых каналов, построенных из новых секций лотков - $n=0.010$;

- для лотковых каналов с чистой внутренней поверхностью, построенных и эксплуатируемых в течение ряда десятилетий - $n=0.011$.

К изложенным следует добавить и следующее: если в таблице 1.5 приводятся значения коэффициента шероховатости разных водотоков, рекомендованные различными авторами, то в приложениях 2 и 3 приводятся обобщенные значения n водотоков, освещенные в справочнике по водохозяйственному строительству [10], и нормативном документе по учету воды в лотковых оросительных каналах [12].

Положения, приведенные в указанных приложениях, не противоречат ранее приведенным рекомендациям по определению коэффициента шероховатости разных водотоков и, в том числе, коэффициента шероховатости бетонированных каналов.

В заключение следует отметить, что при проведении гидравлических расчетов пропускной способности лотковых каналов весьма важно правильно выбрать величину коэффициента шероховатости n , ибо:

- принятое $n=0,016$, рекомендованное, к сожалению, нормативным документом [12], является, с одной стороны, ошибочным и, с другой, - его в приложении 2, - как – такового нет;

- завышение его значения приводит к необоснованным запасам пропускной способности водотока и удорожанию его строительства;

- занижение его значения, наоборот, может создать трудные условия для пропуска расчетных (максимальных) расходов воды;

- выше приведенные рекомендации по назначению значения коэффициента шероховатости лотковых каналов, предложенные на основе анализа существующих положений по определению коэффициента шероховатости других водотоков, предварительные и они подлежат к подтверждению по результатам собственных исследований.

В связи с изложенными, в задачу наших исследований входила – разработка способа, обеспечивающего установление связи между гидравлическими параметрами водного потока и шероховатостью лоткового канала, что позволит точнее определить пропускную способность самого водотока параболического сечения. Если точнее, то при помощи этого способа нужно было определить величину коэффициента шероховатости водотока на измерительном его участке. Такой способ был разработан [72], в соответствии с рекомендациями которого:

- 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;

- далее осуществляется измерение скоростей потока при помощи средств, а именно – гидровертушкой ГР-21М (диаметр винта 120 мм) или микровертушкой (диаметр винта 30 мм); замеры могут осуществляться и гидрометрической трубкой «Зама» (диаметр трубки 14мм) [49, 77, 84]. При этом в зависимости от наполнения водотоков измерение скоростей можно осуществить на осевой вертикали потоков либо в одной (на глубине 0,4м от дна водотоков) или 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 ζ ;

- установленная величина коэффициента n будет принята за основу при определении фактической пропускной способности лоткового канала.

После установления значения шероховатости n по месту размещения точек измеренных скоростей на графиках $Q = f(H)$, определяется фактическая пропускная способность лоткового канала гидравлическим расчетом по формулам (1.1) и (1.2).

При предложенном способе значение коэффициента шероховатости определяется для каждого водотока в отдельности, что положительно скажется на объективности установленной расчетом его пропускной способности.



Рис. 1.8. Водомерное сооружение типа «фиксированное русло» на Р-11-1 системы ЗБК.

Практическое применение предложенного способа показано на данных, приведенных на рис. 1.8 и 1.9, на которых даны сведения по водотоку на лотковом канале Р-11-1 системы ЗБЧК (рис. 1.8), имеющему следующие параметры: $L_p=80$ и $i=0.0007$; на поверхности водотока имеется тонкий слой мха. Пропускная способность этого канала определена по выше приведенным формулам 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 источниках. По результатам гидравлического расчета построены графики $v = f(H)$ (рис. 1.9) и на них нанесены точки измеренных в лотке скоростей потока. Как это вытекает из рис. 1.9, точки измеренных скоростей лежат на графике 3, соответствующего шероховатости $n=0,012$.

Приняв данную величину n за истинную, по формуле (1.1) гидравлическим расчетом определена фактическая пропускная способность водомера на Р-11-1 системы ЗБЧК, показанная графически на рис. 1.9.

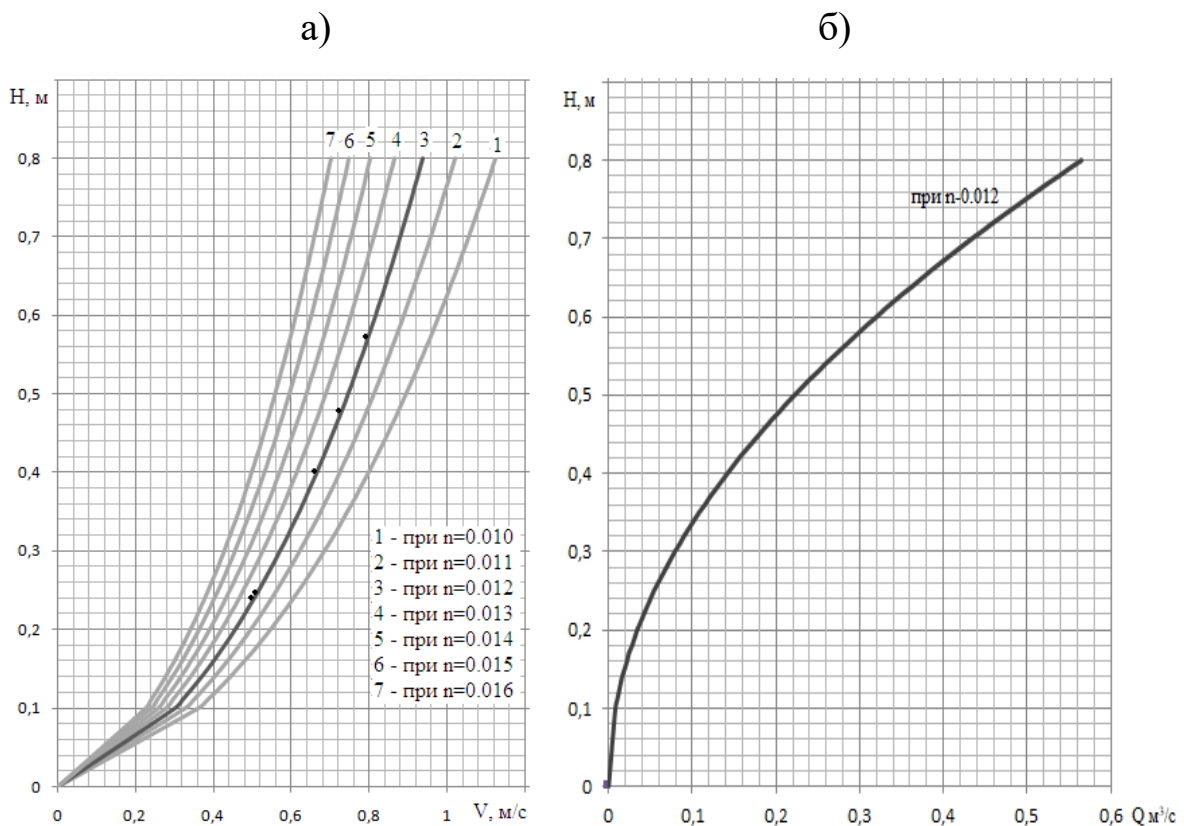


Рис. 1.9. Графики зависимостей $v = f(H)$ (а) и $Q = f(H)$ (б) водомера на Р-11-1 системы ЗБЧК при свободном режиме истечения.

Приведенные расчеты показали, что при уклоне $i = 0.0007$ шероховатости $n = 0.012$ и наполнениях $H=0,10-0,70$ м скорости течения воды составили $v = 0,30 - 0,88$ м/с, числа Фруда $F_r = 0.09 - 0.11$ и расходы воды $Q = 0.008 - 0.434$ м³/сек.

На данном примере коэффициент шероховатости оказался чуть завышенным ($n = 0.012$), чем ожидаемые ($n = 0,010 - 0.011$), что объясняется мутностью воды - наблюдается прилипание ила на стенки лотка и наличием на них тонкого слоя мха.

Как следует из этого примера, применение предложенного способа определения коэффициента шероховатости позволит связать его с гидравлическими параметрами водного (скоростью) потока и точнее определить пропускную способность водомерного сооружения гидравлическим расчетом.

Предложенный способ определения величины коэффициента шероховатости был применен и на распределителе Р-1-5 Новый из ЗБЧК (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на Р-1-5 Новый ЗБЧК.

Распределитель Р-1-5 Новый из ЗБЧК построен из секций лотков высотой 0,60м; уклон измерительного участка на лотковом канале $i = 0.0063$; внутренняя поверхность лотков – чистая и гладкая.

В соответствии с рекомендациями указанного выше способа определения величины коэффициента шероховатости параболических лотковых каналов:

- определена пропускная способность водомера по формуле (1.1) при следующих заданных значениях коэффициента шероховатости $n = 0,010; 0,011; 0,012; 0,013; 0,014; 0,015$ и $0,016$;

- по результатам гидравлического расчета построены графики зависимости скоростей потока от его глубины, то есть графики $v = f(H)$ (рис. 1.11);

- на эти графики нанесены точки измеренных на осевой вертикали скоростей потока.

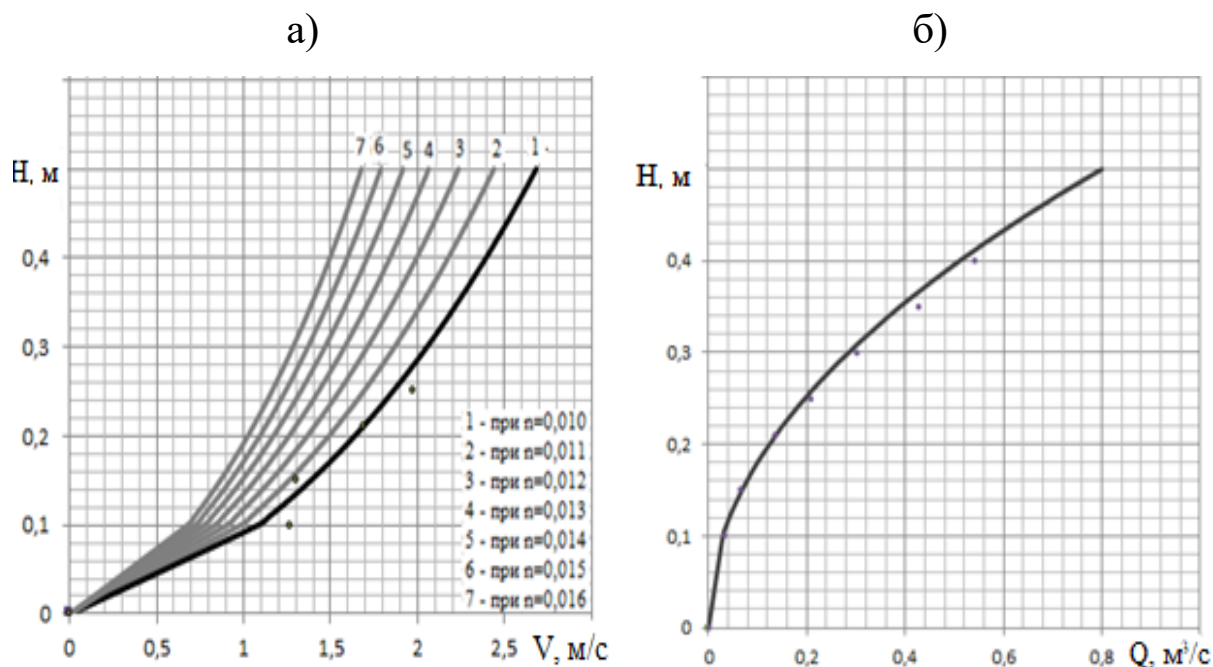


Рис. 1.11. Графики зависимостей $v = f(H)$ (а) и $Q = f(H)$ (б) водомерного сооружения на Р-1-5 Новый системы ЗБЧК при $n=0,010$.

Из данных рис. 1.11а следует, что точки измеренных скоростей лежат на графике 1, соответствующего коэффициенту шероховатости $n=0,010$. Следовательно, величина коэффициента шероховатости измерительного участка на лотковом канале Р-1-5 Новый из ЗБЧК составит $0,010$. Приняв данное значение $n=0,010$ за истинное, по формуле (1.1) определена фактическая пропускная способность водомера на Р-1-5 Новый из ЗБЧК гидравлическим расчетом. Данные этого расчета графически приведены на рис. 1.11б, на который

нанесены и точки измеренных расходов воды, которые хорошо согласуются с данными гидравлического расчета.

Другие примеры по определению величины коэффициента шероховатости лотковых каналов предложенным способом приведены в разделе этой работы при рассмотрении водомерных сооружений типа «фиксированное русло».

Итак, практическое применение предложенного нового (подана заявка в Кыргызпатент) способа определения величина коэффициента шероховатости лоткового канала показано на двух водных объектах, на которых:

- внутренняя поверхность лоткового канала Р-1-5 Новой системы ЗБЧК чистая и ее состояние соответствует практически приданной при изготовлении лотков в заводских условиях шероховатости, поэтому величина коэффициента $n=0,010$;

- на внутренней поверхности лоткового канала Р-11-1 системы ЗБЧК имелись незначительные моховые и иловые покрытия, из-за этого величина коэффициента шероховатости лоткового канала увеличилась и составила $n=0,012$.

Иначе говоря, при чистой и гладкой внутренней поверхности лотковых каналов – коэффициент шероховатости будет иметь малое значение, а при моховых и наносных покрытиях поверхности – несколько повышенное значение. На основании изложенного можно сделать следующие выводы, имеющие чисто практическое значение:

- величина коэффициента шероховатости для всех лотковых каналов с гладкой и чистой внутренней поверхностью будет одинакова и составлять порядка $n=0,010-0,011$;

- при наличии моховых нарастаний и наносных прилипаний – коэффициент шероховатости будет изменчивым и составлять $0,012$ и более.

Эти результаты хорошо согласуются с коэффициентами шероховатости бетонных каналов и различных водопроводных труб (таблица 1.5), но не значением $n=0,016$, рекомендованным в нормативном, к сожалению, документе [12].

Изложенное должно учитываться при проведении практических работ по определению пропускной способности лотковых каналов.

1.5. Гидравлические параметры потоков в лотковых каналах

В республике, как это было отмечено ранее, лотковые каналы строятся в различных рельефных условиях, в различных (предгорно-равнинной) зонах, вдоль и поперек горизонталей, на орошаемых территориях, с различными площадями и т.д. Все это отражается на уклоны каналов и параметры лотков и через них – на гидравлические характеристики потоков в лотковых каналах – на глубине потока, на скорости течения воды, на состоянии потока – спокойное, критическое, бурное или сверхбурное и на расходы воды. Следует отметить, что все это имеет место на лотковых каналах республики и в общих чертах могут быть характеризованы следующими данными:

- на территории республики применяются оба марки параболических лотков – L_p и L_{p1} ;

- применяются лотки высотой 0,4; 0,6 и 0,8 м с параметрами параболы $P_{п}=0,20$ м и высотой 1,0 м с $P_{п}=0,35$ м;

- пропускные способности (максимальные) лотковых каналов составляют порядка 0,05-0,70 м³/с, редко достигая 1,0 м³/с;

- лотковые каналы имеют самые различные уклоны, и они находятся в пределах 0,0003-0,050, иногда достигая 0,070;

- глубины воды (максимальные) изменяются в широких пределах и составляют порядка 0,20-0,50 м, редко достигая 0,6 м;

- скорости течения воды (максимальные) изменяются в широких пределах и составляют порядка 0,10-5,0 м/с, редко достигая до 8,0 м/с;

- параметры кинетичности потоков, выражаемые числом Фруда ($F_r = \frac{v^2}{gH}$, где v – скорость потока, м/с; g – ускорение силы тяжести, м²/с и H – глубина потока, м), также изменяются в широких пределах и составляют порядка 0,01-5,0, достигая иногда до 7,0, указывая

тем самым на то, что течение воды в лотковых каналах бывает спокойным ($F_r < 1,0$), бурным ($F_r = 1,0 - 3,0$) и сверхбурным ($F_r > 3,0$).

Выше приведенные сведения в той или иной степени подтверждаются данными таблицы 1.6, в которой приведены параметры лотков, из которых построены каналы, параметры самих каналов и гидравлические характеристики потоков, протекающих по ним.

Несмотря на то, что в нормативном документе [12] коэффициент шероховатости рекомендован принимать $n=0,016$, проектировщики несколько занизили его значение, приняв $n=0,015$. Честь и хвала им, но оно все равно, сильно завышенное.

В таблице 1.6, при гидравлическом расчете пропускной способности лотковых каналов, коэффициент шероховатости принят как $n=0,015$ (как в проектах) и $n=0,010$ (как в действительности должен быть). При этом расчет произведен на пропуск максимальных расходов воды, то есть $Q_{\max}=\text{const}$ при разных коэффициентах шероховатости лотковых каналов.

Из данных этой таблицы следует, что максимальные расходы воды пропускаются при $n=0,010$ с меньшими глубинами воды, повышенными скоростями течения и параметрами кинетичности потоков. Такие положения должны учитываться при выборе высоты секций лотков, из которых будут построены сами лотковые каналы.

Следует отметить, что опираясь на данные таблицы 1.6, можно будет указать на то, что большинство лотковых каналов, функционируемых в республике, работает не полным сечением, то есть максимальные глубины потоков H_{\max} , при которых пропускаются максимальные расходы воды, составляют порядка половины высоты ($H_{\text{л}}$) лотков, то есть $H_{\max} \leq (0,4-0,6)H_{\text{л}}$.

Изложенное может подтверждаться данными рис. 1.12 и 1.13, на которых следы прохождения максимальных расходов воды не превышают середины лотков.

Таблица 1.6

Основные параметры лотковых каналов и потоков в них [106]

№ п/ п	Наименование			Исходные (проект.) данные				Расчетные параметры потока					
	объекта	канала и его длина, км	гидропоста	Лр	i	H _{max} , м	Q _{max} , м ³ /с	при шерех. n	H _{max} , м	V _{max} , м/с	F _r	Q _{max} , м ³ /с	$\frac{Q_{max}}{H_{Л}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	р.Зергер	Козу уулу 0,435	-	Лр-8	0,0009	0,49	0,200	0,015	0,50	0,68	0,093	0,202	0,63
2	р.Зергер	Козу уулу 4,54	-	Лр-6	0,0124	0,22	0,150	0,015	0,23	1,66	1,22	0,154	0,38
3	р.Ак-Тектир	Терек-Талаа 2,605	-	Лр-8	0,0048	0,53	0,540	0,015	0,52	1,59	0,497	0,503	0,65
4	р.Ак-Тектир	Терек-Талаа 1,035	-	Лр-6	0,034	0,26	0,360	0,015	0,27	3,00	3,4	0,355	0,45
5	р.Тугель-Сай	Айдарбек (новый) 4,572	Р-6-10	Лр-6	0,0087	0,30	0,240	0,015	0,31	1,64	0,88	0,238	0,52
6	р.Чолпон-Ата	Кара-Ой 0,919	Канал №3	Лр-8	0,002	0,69	0,600	0,015	0,70	1,19	0,21	0,587	0,88
7	р.Чолпон-Ата	Кара-Ой 1,7	Канал Ул-1	Лр-6	0,059	0,27	0,500	0,015	0,28	4,03	5,93	0,504	0,47
8	р.Чолпон-Ата	Кара-Ой 1,7	Канал Ул-1	Лр-6	0,095	0,24	0,500	0,015	0,25	4,81	9,43	0,507	0,42
								0,010	0,21	6,54	20,8	0,531	0,35



Рис. 1.12. На фото видны следы прохождения максимального расхода воды. При этом $H \approx \frac{1}{2} H_{л}$



Рис. 1.13. Несмотря на частичное прилипание ила на поверхности канала, глубина воды в нем $H \leq \frac{1}{2} H_{л}$.

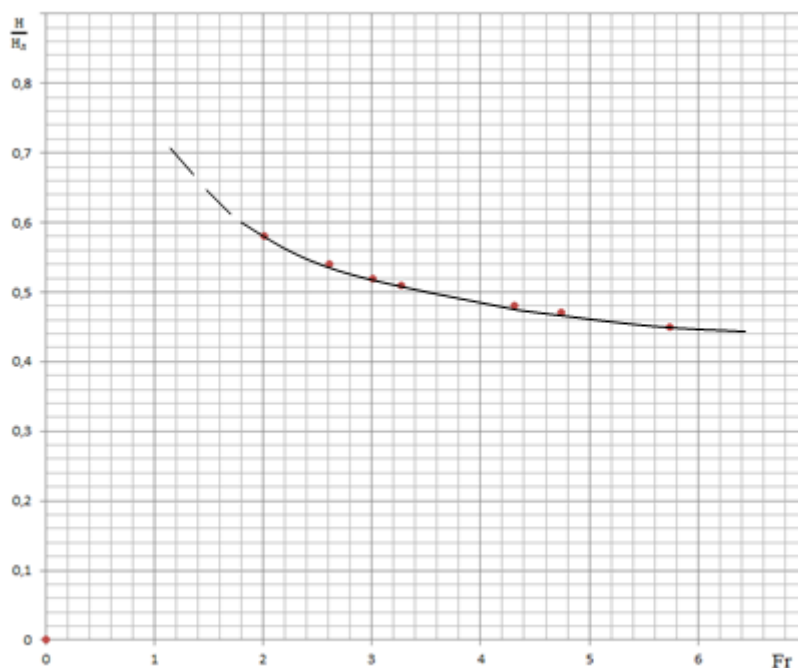


Рис. 1.14. График зависимости $\frac{H}{H_d} = f(F_r)$ при $n = 0,010$.

В качестве доказательства изложенного, на рис. 1.14 приведен график зависимости $\frac{H_{max}}{H_d} = f(F_r)$ при $n = 0,010$, где F_r – параметр кинетичности потока, именуемый еще числом Фруда.

Данные этого графика свидетельствуют о том, что:

- соотношение $\frac{H}{H_d}$ составляет менее 0,6, или (если точнее) 0,45-0,58:

- соотношение $\frac{H}{H_d}$ уменьшается с увеличением параметра кинетичности потока или, точнее, бурности потока (это вызвано увеличением уклона лоткового канала).

Иначе говоря, все изученные нами лотковые каналы работают не полным сечением. Возникает закономерный вопрос – чем это вызвано? Оно вызвано тем, что при проектировании лотковых каналов проектировщики при определении их пропускной способности коэффициент шероховатости принимают завышенным, приняв его равным $n=0,015$. Это – расчетное значение n . Фактический коэффициент шероховатости лотковых каналов будет значительно меньше ($n=0,010$), чем и будет вызвано уменьшение глубины пото-

ков в водотоках и, соответственно, уменьшение соотношения $\frac{H_{max}}{H_L}$ с увеличением параметра кинетичности (бурности) потока.

Следует отметить, что к настоящему времени еще не установлено то, какая высота лотков должна быть над максимальным уровнем воды в лотковых каналах.

Поскольку к настоящему времени таких рекомендаций нет, то нами для предварительной ориентации и обсуждения приводятся приведенные в следующей таблице положения, которые должны уточняться в последующем при проектировании, строительстве и эксплуатации лотковых каналов.

Высота лотков над максимальными уровнями воды зависит, по всей вероятности, в основном от скоростных режимов течения воды в самих каналах.

Таблица 1.7

Максимально допустимое наполнение лоткового канала

Высота лотка, м	Высота лотка над максимальной глубиной потока в лотке, м	Максимальная глубина потока, Н, м	Площадь поперечного сечения, ω , м ²	Ширина по урезу воды в лотке, м
1	2	3	4	5
Режим течения потока – спокойный				
0,40	0,05	0,35	0,175	0,75
0,60	0,10	0,50	0,298	0,89
0,80	0,10	0,70	0,494	1,06
1,00	0,15	0,85	0,870	1,54
Режим течения потока – бурный				
0,40	0,10	0,30	0,139	0,69
0,60	0,10	0,50	0,394	1,18
0,80	0,15	0,65	0,585	1,35
1,00	0,20	0,80	0,800	1,50

ВЫВОДЫ

Для лотков параболического сечения, по которым строятся лотковые оросительные каналы, имеется ГОСТ 21509-76, в соответствии с которым, лотки изготавливаются на заводах или специализированных предприятиях. Параметры лотков: длина 6,0м и высота – 0,4; 0,6; 0,8 и 1,0м.

Построенные в республике лотковые оросительные каналы имеют, в основном, внутривладельческое и редко – межхозяйственное значения; построены они и в равнинной, и в предгорной зонах как вдоль горизонталей, так и поперек них. Параметры потоков в лотковых каналах: $Q=0,050-1,0\text{м}^3/\text{с}$; $H=0,15-0,5\text{м}$; $v_{\text{max}}=0,1-5,0\text{м}/\text{с}$ и выше; параметры кинетичности потока $F_r=0,01-5,0$; $i=0,0003-0,050$ и более. Иначе говоря, в лотковых каналах наблюдается широкий диапазон измеряемых уровней воды, скоростей течения, параметров кинетичности потока и расходов воды.

Изучение эксплуатационных показателей параболических лотковых каналов свидетельствует о том, что при качественном строительстве и надежной эксплуатации – эти водотоки десятилетиями работают нормально, обеспечивая непрерывную водоподачу без ее потерь.

Изучение пропускной способности лотковых каналов показало следующие результаты:

- она до сих пор остается практически мало изученным и это связано с неопределенностью приняты значений коэффициента шероховатости лотковых каналов;

- коэффициент шероховатости на изученных лотковых каналах (в Грузии и Узбекистане) составляет порядка $0,010-0,019$, что, естественно, не согласуется с коэффициентами шероховатости обычных бетонированных каналов (табл.1.5 и приложения 2 и 3);

- к сожалению, авторы исследований, изучавшие коэффициенты шероховатости на лотковых каналах Грузии и Голодной степи, не дают характеристику внутренней поверхности лотковых каналов; кроме того, не приводят методику исследований. Благодаря изложенным, полученные ими результаты продолжают оставаться не понятными и не использованными;

- продолжают оставаться не использованными и номограммы (рис 1.7 и приложения 1а,б,в,г,д) по определению пропускной способности лотковых каналов, разработанные в институте Средазгипроводхлопок. Причина та же – отсутствуют характеристики внутренней поверхности лотковых каналов;

- применительно к лотковым каналам в нашей республике разработан нормативный документ [12], в котором без соответствующего обоснования дается рекомендация следующего характера – «Рекомендуемая величина коэффициента шероховатости стенок параболического лотка $n=0,016$ ». Это, с нашей точки зрения, грубая ошибка, она резко удорожает строительства водохозяйственного объекта и необоснованно снижает пропускную способность лотковых каналов;

- анализ существующих разработок, проведенный нами, указывает на то, что коэффициент шероховатости относительно к бетонированным каналам и другим водотокам применительно к лотковым каналам при чистой внутренней их поверхности может составить порядка 0,010-0,011. Это положение подтверждено нашими исследованиями, так как, как это было установлено,:

а) для лотковых каналов, построенных из новых лотков, коэффициент шероховатости составляет $n=0,010$;

б) для лотковых каналов с чистой внутренней поверхностью, построенных и эксплуатируемых на протяжении ряда десятилетий – $n=0,010-0,012$, причем $n=0,012$ установлено для случая прилипания ила на стенке лотка и наличия на них тонкого слоя мха (рис.1.8).

Установлено также, что:

- построенные в республике лотковые оросительные каналы работают не полным сечением, на то указывает соотношение $\frac{H_{max}}{H_{л}}$, которое составляет менее 0,60 (рис. 1.14);

- нет рекомендаций по принятию высоты лотков над максимальными глубинами потоков в лотковых каналах. Предложенные нами рекомендации (таблица 1.7) предварительные и могут быть приняты после детального их обсуждения.

Наконец, в таблице 1.8 приведены сведения, указывающие на то, что при правильном принятии величины коэффициента шероховатости лотковых каналов – несколько запроектированные водные объекты могут подешеветь.

Таблица 1.8

СТОИМОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ С ЛОТКОВЫМИ КАНАЛАМИ

№ п/п	Наименование		Длина канала, км	Кол-во секций лотка, шт	Параметры канала и потока				Лр		Стоимость секции лоток, тыс.сом	Стоимость канала, тыс.сом	Бюджет эконом лено, тыс.сом	Приме чание
	объекта	канала			i	n	H _{max} , М	Q _{max} , м ³ /с	по проекту	по рекомен дации				
1	р.Зергер	Козу уулу	0,435	73	0,009	0,015	0,50	0,202	Лр-8	-	11,200	817,6	49,9	
2	р.Зергер	Козу уулу	4,54	757	0,0124	0,015	0,23	0,154	Лр-6	-	10,517	7961,4	1539,0	
3	Ак-Тектир	Терек- Талаа	2,605	434	0,0048	0,010	0,14	0,156	-	Лр-4	8,484	6422,4	296,4	
4	Ак-Тектир	Терек- Талаа	1,035	173	0,034	0,015	0,27	0,355	Лр-6	-	10,517	1819,4	351,7	
5	р.Тугель- Сай	Айдарбек (новый)	4,572	762	0,0087	0,010	0,23	0,380	-	Лр-4	8,484	1467,7	1549,2	
6	р.Чолпон- Ата	Кара-Ой	0,919	153	0,002	0,015	0,31	0,238	Лр-6	-	10,517	8014,0	311,5	
7	р.Чолпон- Ата	Кара-Ой	1,7	283	0,095	0,010	0,26	0,249	-	Лр-4	8,484	1298,1	575,34	
									Лр-8	-	10,517	1609,6		
									-	Лр-4	8,484	1298,1		
									Лр-6	-	10,517	2976,32		
									-	Лр-4	8,484	2400,98		

Иначе говоря, в этой таблице показана экономическая эффективность, полученная от правильного назначения величины коэффициента шероховатости на отдельных водных объектах Республики.

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 типов Лр-5 и Лр-7. Лотки с такими высотами нашли бы с нашей точки зрения, широкое применение при строительстве внутрихозяйственных лотковых оросительных каналов.

Предприятия, выпускающие секции лотков, готовы изготовить Лр-5 и Лр-7, если будут заказы. Теперь слово за проектировщиками.

2. ВОДОМЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

2.1. Постановка вопроса

Следует отметить, что первоначально лотковые каналы стали строиться только для транзита воды и доставки ее водопользователям. Но, с того времени, когда вода стала товаром, специалисты стали задумываться об учете воды в этих водотоках. В основном только в последние десятилетия прошлого века появились некоторые разработки, осторожно рекомендовавшие провести учет воды тем или иным путем.

К числу первых разработок относится водомерное сооружение типа «фиксированное русло», на котором замеры расходов воды осуществляется методом «скорость-площадь» [29]. Однако, как это отмечено в нормативном документе [29], применение этого метода может осуществляться «... в тех случаях, когда применение других методов невозможно или нецелесообразно».

В последующем появились и другие рекомендации по учету воды в лотковых каналах, а именно:

- приставка института Средазгипроводхозхлопок [42];
- щелевой водослив ВНИИКАМС [8, 9];
- лоток Вентури [11].

Ниже, в краткой форме, приводится анализ применимости существующих водомерных сооружений для учета воды в лотковых оросительных каналах.

2.2. Водомерные сооружения, основанные на «других методах» учета воды

Следует отметить, что сооружения, основанные на «других методах», имеются и они подробно описаны в нормативном документе МВИ 06-90 [42], действующего и в настоящее время.

К ним относятся водомеры типа приставок Средазгипроводхлопок (рис. 2.1) и щелевой водослив ВНИИКАМС (рис. 2.2), на которых определение расхода воды осуществляется косвенным методом, в зависимости от результатов измерений уровней воды в бьефах сооружений. При этом приставки Средазгипроводхлопок работают при затопленном режиме истечения, а водослив ВНИИКАМС – свободном.

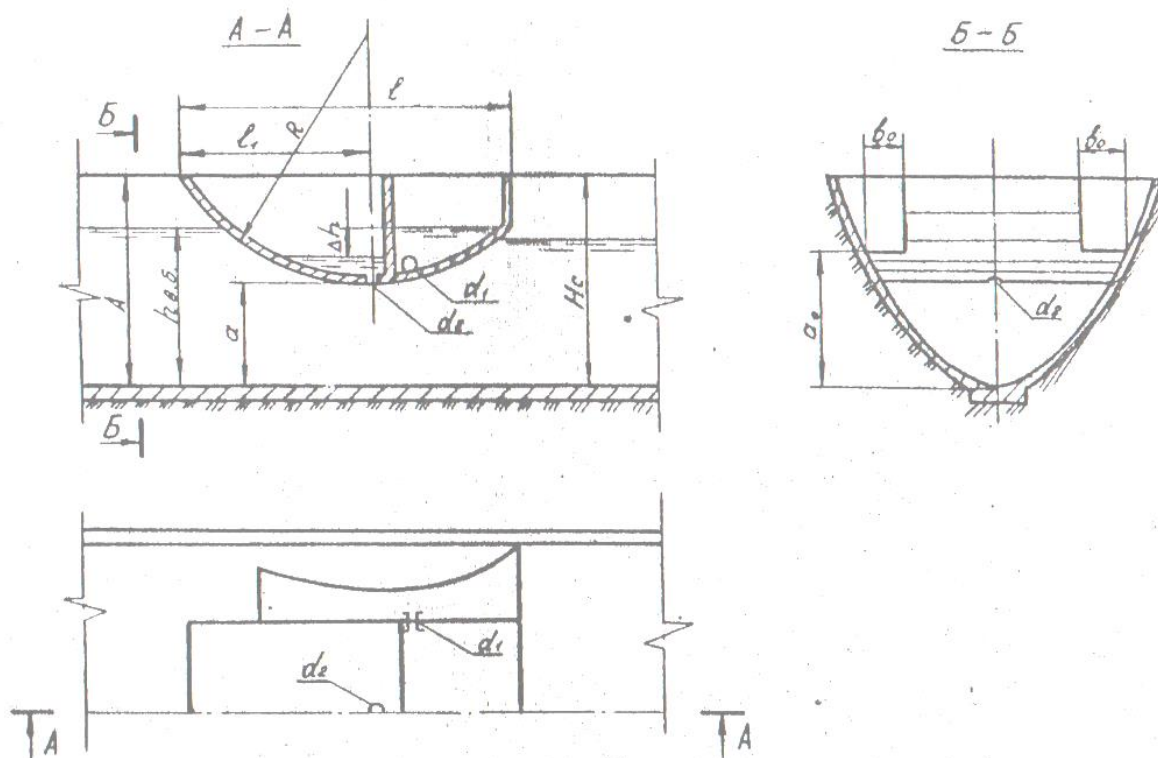


Рис. 2.1. Схема установки сужающего устройства конструкции института «Средазгипроводхлопок» на параболическом лотке. 1,2 – равномерные колодцы; 3 – вертикальная стена; 4,5 – отверстия; 6- водомерная или гидрометрическая приставка.

Водомер на рис. 2.1 рекомендуется применять на прямолинейных участках каналов, выполненных из железобетонных лотков параболического сечения глубиной 0,40; 0,60; 0,80 м по ГОСТ 21509-79, при следующих условиях:

- режим потока перед приставкой должен соответствовать числам Фруда не более 0,25;
- допускаемые диапазоны измеренных уровней воды - $\Delta H_{\max} \leq 0,4\text{м}$ и $\Delta H_{\min} \geq 0,03\text{м}$.

К конструкции приставок предъявлены различные требования, при выполнении которых водомер может работать нормально. Кроме этого, в МВИ 06-90 [42] приводятся рекомендации по определению параметров приставки.

Расчетное уравнение для определения расхода воды приставки Средазгипроводхлопок имеет вид

$$Q = 3,592 \omega \sqrt{\Delta h}, \quad (2.1)$$

где ω – площадь живого сечения, равная

$$\omega = 1,886 a^{1,5} P_{\phi}, \quad (2.2)$$

a – высота водопропускного отверстия в сжатом сечении;

P_{ϕ} – фокусный параметр параболического лоткового канала, равный для принятых параметров стандартных лотков – 0,20;

Δh – разность уровней воды в верхнем и нижнем бьефах приставки.

Судить о работе рассматриваемой приставки пока не удастся, так как в Киргизии нет ни одного построенного даже экспериментального сооружения и причиной тому, очевидно, стали малые габариты лотковых каналов (высотой 0,4-0,8м) и отсутствие целесообразности создания в них подпорного режима истечения воды.

Что же касается щелевого водослива параболического сечения ВНИИКАМС (рис. 2.2), то он работает в свободном режиме истечения воды, рекомендует устанавливать его в стыках между двумя секциями лотков, глубиной от 0,40 до 1,00 м. Участки канала,

на которых устанавливаются щелевые водосливы, должны быть прямолинейными, с горизонтальным дном.

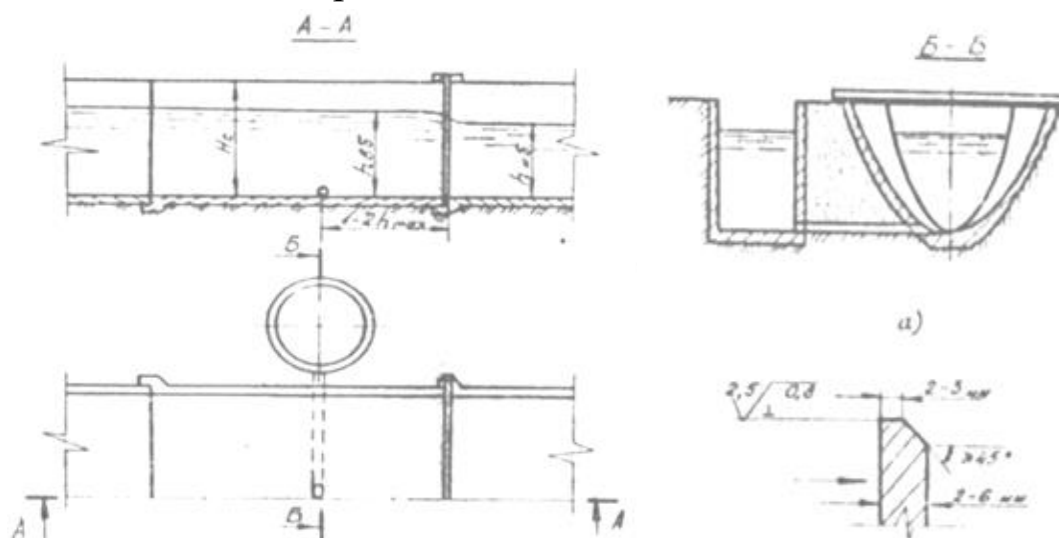


Рис. 2.2. Схема установки устройства ВНИИКАМС в лотковом канале.
а – форма кромки сужающего устройства.

Применение щелевого водослива ограничено следующими условиями:

- режим течения воды в верхнем бьефе спокойный, с числом Фруда менее 0,45;
- допустимый диапазон измеряемых уровней воды – от 0,10 м и до $(H_c - 0,05)$ м, где H_c - высота лотка;
- соотношение глубин воды в бьефах при работе щелевого водослива должна быть не более 0,85.

Расчётное уравнения для определения пропускной способности щелевого водослива имеет вид.

$$Q = 6,681 C h^2 \sqrt{P}, \quad (2.3)$$

где C - для стандартных лотковых каналов $P=0,20$ м коэффициент расхода определяется по формуле

$$C = 1,189 (0,343 + 0,00064/h) \quad (2.4)$$

и для лотковых каналов с $P=0,35$ м

$$C = 1,189 (0,343 + 0,00214/h) \quad (2.5)$$

Рассматриваемый водомер, хотя он и назван щелевым водосливом, не имеет ничего общего с водосливами с тонкой стенкой – нет у него порога как у обычных водосливов, у него имеются только сужающие лотковый канал боковые стенки,

выполненные в виде параболы. Но тем не менее он был детально изучен и в 90-годы прошлого столетия около одной десятки объектов с щелевыми водосливами были построены, просуществовавших, к сожалению, недолго.

Причиной тому послужило, возможно, наличие на измерительном участке уклона, вместо предусмотренного горизонтального дна. Это могло создать неприемлемые для нормальной работы водомера гидравлические режимы истечения воды.

Следует отметить, что и сужающее устройство конструкции института «Средазгипроводхлопок» (рис. 2.1), и сужающее устройство ВНИИКАМС (рис. 2.2) не подлежат к градуировке, так как на них отсутствует необходимое для этого условие – параллельноструйное течение воды. Без такого течения, как известно из [29], сооружения не могут быть отградуированы и применены в качестве рабочих средств для измерения расходов воды.

Наравне с рассмотренными типами водомерных сооружений, в последнее время в качестве экспериментов на лотковых каналах параболического сечения стали размещать водомеры типа лоток Вентури (рис. 2.3). Построенных на лотковых каналах сооружений всего два (фото одного из них показан на рис. 2.3б).

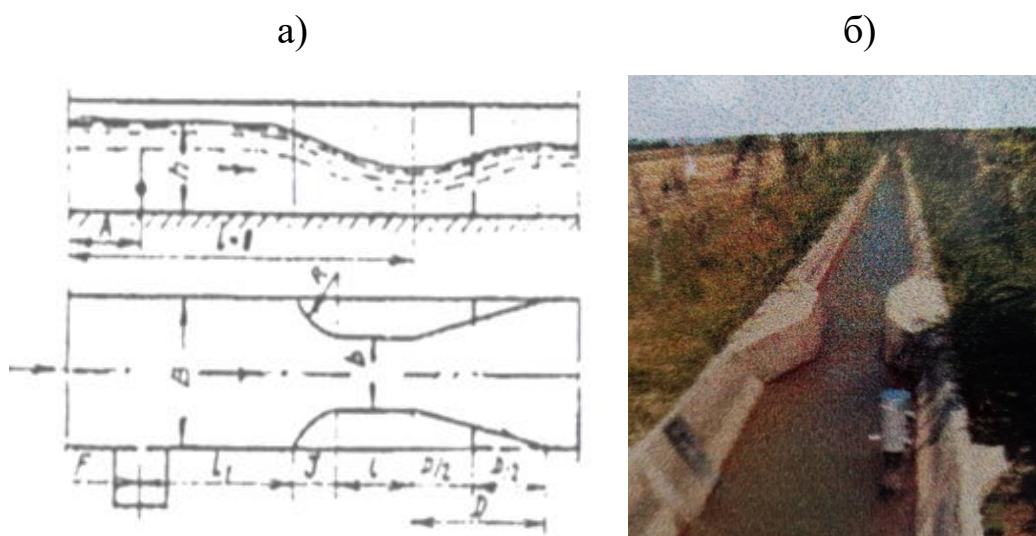


Рис. 2.3. Водомерные сооружения типа «Лоток Вентури». а - схема лотка; б - водомерное сооружение, построенное на лотковом канале.

Пропускная способность лотка Вентури определяется по формуле:

$$Q = 1,705C_9C_Dbh^{3/2}, \quad (2.6)$$

где C_D - коэффициент расхода; C_9 - коэффициент, учитывающий влияние скорости подхода. При этом значения коэффициентов C_D и C_9 принимаются из таблиц, приведенных в [11, 60].

На рис. 2.3: b - ширина горловины, которая имеет прямоугольное поперечное сечение, h - напор.

Следует отметить, что размещение лотка Вентури на лоток параболического сечения, на наш взгляд, не решает проблему, так как в этом случае резко снижается пропускная способность самого лоткового канала и, это главное, на лотке не проводится градуировочные работы, что относится к его недостаткам. Причиной тому – отсутствие на нем параллельноструйного течения воды.

Таким образом, анализ применимости выше приведенных средств измерения расходов воды показал, что ни одно из-них не подходит к применению на лотковом канале параболического сечения, а их применение – отрицательно скажется на гидравлические и эксплуатационные показатели самих лотковых каналов.

2.3. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло»

При СССР, чтобы узаконить применение водомера типа «Фиксированное русло» на параболическом лотковом канале, был разработан и утвержден нормативный документ [29], которым пользовались во многих Союзных республиках Советского Союза. Но, в связи с развалом СССР, каждая республика, в том числе и Кыргызская, вынуждена была переработать указанный документ и принять новый, в результате в нашей стране появился другой документ – МВИ 13-10 [12].

В соответствии с указанными нормативными документами [12, 29], для учета воды в лотковых каналах параболического сечения можно применять водомеры типа «Фиксированное русло», на

которых измерение расходов воды осуществляется по методу «скорость-площадь». При этом соблюдение предъявляемых к таким сооружениям требований относительно погрешности измерений расходов воды не превышает $\pm 4\%$ [29]. В состав основных условий применимости водомеров типа «Фиксированное русло» на лотковых каналах параболического сечения входят элементы водного потока и сооружения, приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Условия применимости водомеров типа «Фиксированное русло» на лотковых каналах параболического сечения

Наименование элементов потока воды	Единица измерения	Шифры нормативного документа	
		МВИ 33-475559-09-91 [29]	МВИ 13-10 [12]
Расход	м ³ /с	0,01-2,00	-
Скорость	м/с	0,05-2,00	< 2 и > 2
Глубина	м	Более 0,05	-
Режим потока	-	Равномерный, без подпора	Равномерный
Косоструйность отдельных струй относительно продольной оси канала	градус	>15	<15
Длина прямолинейного подводящего и отводящего участков лоткового канала от измерительного створа при $v > 2\text{ м/с}$	м	Не менее 2-х секций лотка	Не менее 2-х секций лотка

В соответствии с положениями, приведенными в этой таблице, и условиями, отраженными в нормативном документе [29], применимость метода «скорость-площадь» ограничена следующими требованиями:

- замеры расходов воды должны осуществляться в пределах 0,01 до 2,0 м³/с;
- скорости течения воды в лотковых каналах должны быть в пределах от 0,05 до 2,0 м/с;
- глубина воды в водотоках должно быть более 0,05м;

- режим течения воды должен быть равномерным, без каких-нибудь подпорных явлений с нижнего бьефа.

Для обеспечения равномерного движения течения воды к измерительному участку лоткового канала предъявлены следующие требования:

- он должен быть прямолинейным на расстоянии не менее 2-х секций до и после измерительного створа;

- в пределах измерительного участка должен соблюдаться постоянный уклон дна, по значению меньше критического (то есть режим течения должен быть спокойным);

- измерительный участок должен быть удален от источников возмущения водного потока (поворотных, вододелительных и других сетевых сооружений) на расстояние не менее 2-х секций лотков;

- в пределах измерительного участка должны отсутствовать визуально различимые дефекты внутренних поверхностей лотка;

- торцы смежных секций лотков не должны выступать относительно внутренних поверхностей лотка более, чем на 0,01м;

- он должен быть чистым от наносов, растительности и бытового мусора;

- имеются предъявленные и другие требования.

В соответствии с новым нормативным документом [12]:

- водомеры могут применяться и при бурных потоках ($v > 2\text{ м/с}$), то есть существенно расширены пределы их применимости;

- если по первому нормативному документу не допускается заиление сооружений наносами, то по МВИ 13-10 – допускается – если толщина заиления не более 2% от нормативной глубины потока.

Поскольку нормативный документ МВИ 13-10 – новый, то, естественно, следует взять его рекомендации за основу и водомеры типа «скорость-площадь» следует использовать не только для учета воды в лотковых каналах со спокойным режимом течения ($F_r < 1$),

но и бурным ($F_r > 1$). При этом течение воды в водотоках должно быть равномерным и параллельноструйным.

Все эти требования – объективные и выполнимы, в соответствии с которыми анализируются эксплуатационные показатели возведенных на лотковых каналах водомерных сооружений типа «Фиксированное русло».

При соблюдении выше перечисленных требований, водомеры типа «Фиксированное русло» подвергаются к градуировке [29] и по ее положительным результатам допускаются к применению в качестве средств для учета воды.

Без градуировки водомеры к применению не допускаются. Однако, при градуировке появляются неразрешимые сложности, которые заключаются, в соответствии с требованиями нормативного документа [29], в необходимости градуировки сооружений детальным способом, при котором:

- скорости по глубине на каждой вертикали (рис. 2.4) измеряются не менее, чем в пяти точках;

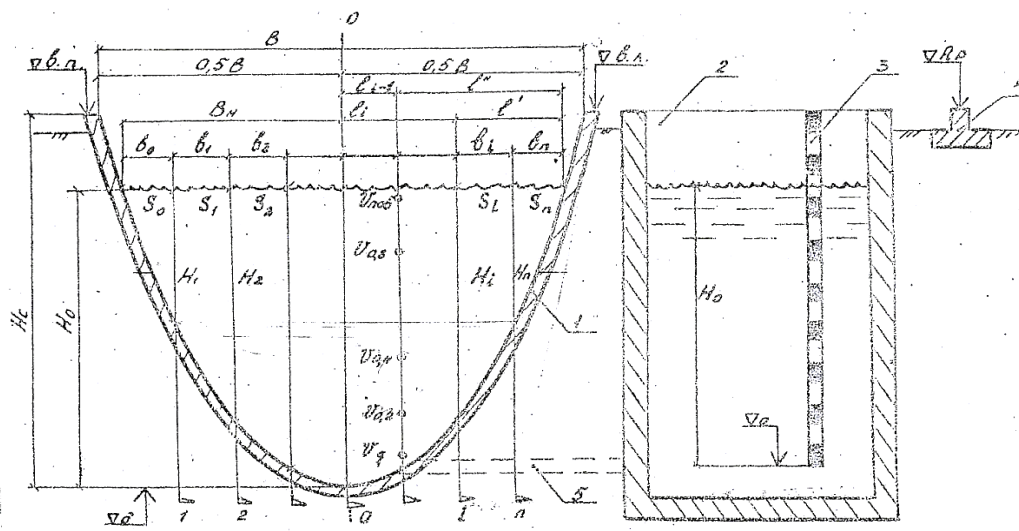


Рис. 2.4. Схема измерения и расчета расхода воды методом «скорость-площадь» в параболическом лотковом канале. 1- лоток; 2- успокоительный колодец; 3- средство измерения уровня воды; 4- репер; 5- соединительная труба.

- число вертикалей по ширине сооружения должно быть нечетным и составлять:

при $H=(0,6-1,0)H_{\max}$ – не менее пяти;

при $H=(0,15-0,6)H_{\max}$ – не менее трех;

при $H=(0,05-0,15)H_{\max}$ – измерение на одной вертикали.

- центральная скоростная вертикаль назначается по оси лотка;
- расстояние между смежными скоростными вертикалями рекомендуется принимать одинаковыми;

- положения крайних скоростных вертикалей рекомендуют назначить, исходя из допускаемого минимального расстояния от датчика скоростного прибора до стенки лотка, не менее 0,03м при максимальном уровне воды;

- количество точек установки датчика скоростного прибора на каждой вертикали и координаты его расположения согласно рекомендациям таблицы 2.2.

Таблица 2.2

Условия установки датчика скоростного прибора по глубине потока

Глубина потока на вертикали H , м	Допускаемое количество точек установки датчика скоростного прибора на вертикали, шт.	Координаты установки датчика скоростного прибора на вертикали при отсчете от дна лотка
Менее 0,10	1	0,40H
От 0,10 до 0,20	2	0,40H; (0,03-0,05)м от поверхности потока
От 0,20 до 0,50	3	0,20H; 0,40H; 0,80H
От 0,50 до 0,90	5	(0,03-0,05)м от дна; 0,20H; 0,40H; 0,80H; (0,03-0,05)м от поверхности потока

При организации учета воды в лотковых каналах параболического сечения:

- выбирается измерительный участок;
- устанавливается измерительный створ;
- строится успокоительный колодец, который соединяется с лотковым каналом при помощи трубки (при $v < 1\text{ м/с}$) и щелью (при $v > 1\text{ м/с}$);
- определяется уклон лотка в пределах измерительного участка;
- проводится гидравлический расчет пропускной способности водомера;

- строится график зависимости $Q_p = f(H)$, который принимается за основу при учете воды в лотковых каналах [12].

Схема действующего такого водомерного сооружения приведена на рис. 2.5, состоящего из прямоугольного в плане измерительного участка 1, измерительного створа 2, трубы 4, соединяющей лоток 1 с успокоительным колодцем 3, уровнемерной рейки 5. Труба 4 применяется при скоростях потока $v \leq 1.0\text{м/с}$, а при $v > 1.0\text{м/с}$ – используется щель. Диаметр трубы $\Phi_T \geq 50\text{мм}$, ширина щели – более 50мм, ее длина – $\frac{2}{3}H_{max}$, где H_{max} – максимальная глубина потока.

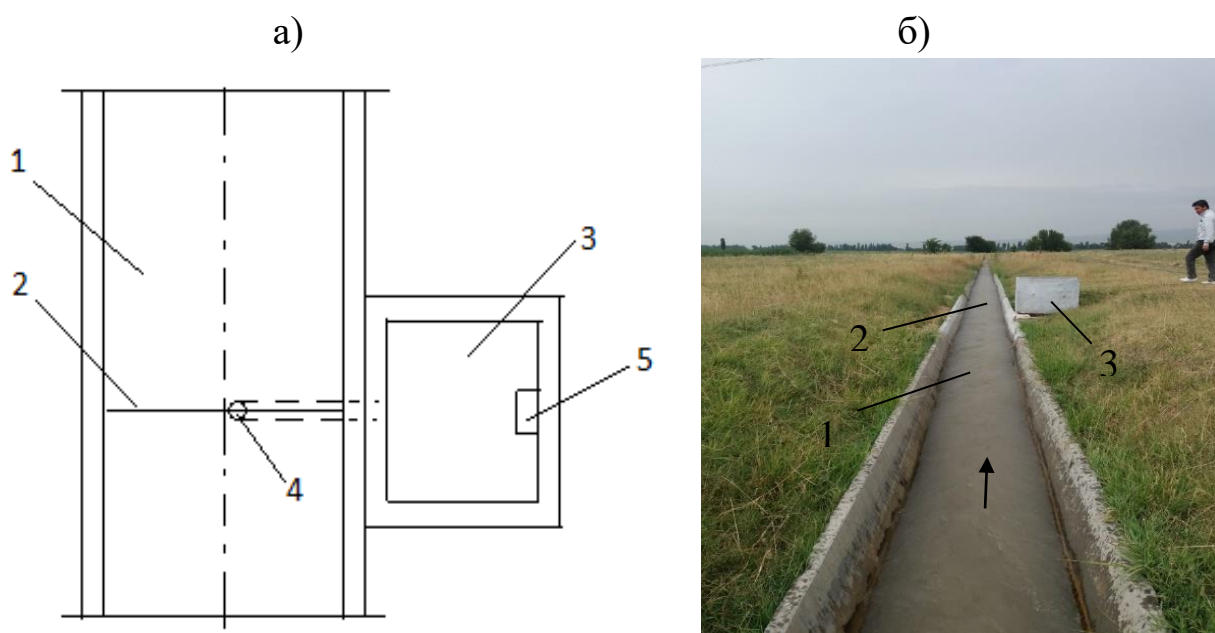


Рис. 2.5. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на параболическом лотковом канале. а – схема водомера; б – водомер на Р-1-5 Новый системы ЗБЧК (вид с верхнего бьефа).

Размеры успокоительного колодца: в плане имеет квадратную форму с размерами $1,2 \times 1,2\text{м}$, высота $H_{с.к} = (1,2 - 1,3)H_{л}$, где $H_{с.к}$ – высота успокоительного колодца, $H_{л}$ – высота лотка.

Следует отметить, что все требования, предъявляемые к данному водомеру, выполнимы. За исключением основного, как это было отмечено ранее, - градуировки водомера детальным способом, при котором скорости по глубине потока на каждой вертикали измеряются не менее, чем в пяти точках и то при максимальном наполнении – от 0,50 до 0,90м. Как свидетельствуют данные, в

республике лотков с такими наполнениями практически нет, а если есть, то такие глубины образуются при пропуске по каналам только максимальных расходов воды. При других расходах, меньших чем эти расходы, градуировка водомера не может осуществляться, так как 1 и 2-х точечные измерения не опишут реальную картину распределения скоростей по глубине потока.

Мало этого, H_{\max} установится только в середине лотка – на центральной вертикали. На других скоростных вертикалях $H < H_{\max}$, поэтому вопрос о замере скоростей на них вообще не ставится. Эксперименты по градуировке гидропостов, проведенные работниками службы эксплуатации (с нашим участием) на лотковых каналах Чуйской долины, свидетельствуют о том, что:

- замеры скоростей могут быть проведены только на центральной скоростной вертикали и, поскольку наполнения здесь составляют около 0,20-0,50м, то, в зависимости от размеров датчиков скоростных приборов, то они осуществляются в одной или максимум в двух точках;

- замеры скоростей на других вертикалях не могут проводиться по причине, с одной стороны, резкого уменьшения глубины потока и, с другой, трудности установки штанги на крутых откосах лотка;

- замеры следует проводить со скоростными приборами с малым диаметром датчиков, которых в республике практически нет.

В такой ситуации специалисты вынуждены определить пропускную способность лотковых каналов по формуле (1.1), без проведения необходимой работы по градуировке водомерных сооружений. Этому способствовало издание и нового нормативного документа [12], в котором расход воды рекомендуется, как это выше неоднократно указывалось, определять гидравлическим расчетом по формуле (1.1) при известных параметрах лотковых каналов, с принятием величины коэффициента шероховатости, равной $n=0.016$ [12]. Принятие такой величины, как это отмечалось ранее, является глубоко ошибочным.

Такой подход определения пропускной способности водомера не одобряется водопользователями и они требуют в их присутствии

осуществить замеры скоростей (пусть хотя бы в одной точке – по середине лотка) потока и расход воды определить по формуле:

$$Q = \omega \cdot \vartheta = \frac{2}{3} BH \cdot \vartheta. \quad (2.7)$$

Считаем, что это лучше, чем определять расходы воды по формуле (1.1) при коэффициенте шероховатости $n=0,016$. Но, это - временное явление и учет воды по методу «скорость-площадь» на лотковых каналах должен усовершенствоваться.

При таких сложных обстоятельствах, водники начали строить на лотковых каналах водомерные сооружения типа «Фиксированное русло», с трапецидальным поперечным сечением. Вот примеры такого строительства.

На рис. 2.6а приведен гидропост Белек, построенный на лотковом канале Белек-1 с.р. Ала-Арча. Канал построен из лотков Лр-60 с уклоном 0,007. Гидропост имеет трапецидальное сечение, $b=0,6\text{м}$; $m=1$. Длина измерительного участка 5,5м.

Недостатки данного сооружения:

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

- из-за расширения ширины водотока, в последнем формируются малые глубины потока (менее 0,30м), при которых резко затрудняется градуировка сооружения.

Второй пример. Гидропост №35 на Р-15 ниже БДР с.к. ВБЧК (рис. 2.6б), сам канал построен из лотков Лр-60, а гидропост имеет трапецидальное поперечное сечение, $H=0,05-0,30\text{м}$; $V=0,30-0,50\text{м/с}$, расходы $Q=0,100-0,330\text{м}^3/\text{с}$. Отводящий из гидропоста канал проходит в земляном русле и зарастает камышом. В процессе такого зарастания появляется подпор переменного характера, который

затрудняет применение гидропоста в качестве рабочего средства для измерения расхода воды.



Рис. 2.6а. Гидропост на канале Белек-1 с.р.Ала-Арча
(сечение трапецеидальное)

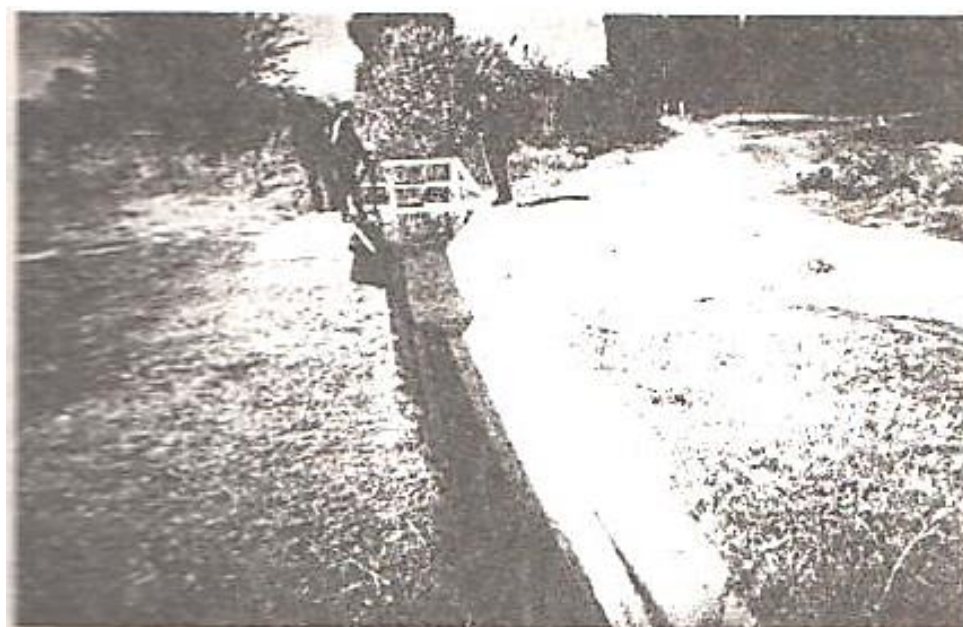


Рис. 2.6б. Гидропост №35 на Р-15 ниже БДР система ВБЧК
(сечение трапецеидальное).

Негативные показатели описанных гидростов указывают о нецелесообразности строительства таких сооружений на лотковых каналах параболического сечения, так как:

- лотковые каналы характеризуются малыми пропускными способностями и при переходе воды в канал трапецеидального сечения – резко снижаются глубины потока, затрудняя тем самым градуировку сооружения;

- на самом измерительном участке с трапецеидальным сечением резко ухудшается гидравлика самого потока из-за резкого расширения (на входа) и сужения (на выходе) потока, ибо из-за них образуются косоструйные течения и подпоры, нарушающие режимы равномерного и параллельноструйного течения воды.

Несмотря на изложенные обстоятельства, в республике массово строились и продолжают строить лотковые каналы, при этом они имеют не только как внутривладельческое, но и межхозяйственное значения. Опыт эксплуатации таких каналов указывает на то, что кроме технического их обслуживания, появляется необходимость и учета расходов воды, протекающих по ним. В связи с этим, как в прошлом, так и в настоящем, стремятся осуществить учет воды вести непосредственно в самих лотковых каналах, применив при этом метод «скорость-площадь». Это, с нашей точки зрения, является правильным решением, так как водомер типа «Фиксированное русло» применительно к лотковым каналам является подходящим, простым, дешевым и весьма перспективным. Но, как это вытекает из выше приведенных материалов исследований, данный тип водомера нуждается в серьезных исследованиях, не только в вопросах изучения коэффициента шероховатости водотоков, но и в вопросах конструирования и компоновки самих водомерных сооружений.

2.4. Совершенствование существующих и разработка новых водомерных сооружений

2.4.1 Выбор типов водомерных сооружений к их разработке

Как это следует из выше приведенных сведений, применительно к лотковым каналам параболического сечения были

разработаны следующие специальные водомерные сооружения: приставка института «Средазгипроводхлопок» и сужающее устройство ВНИИКАМС; стали экспериментировать применение лотка Вентури и водомера типа «Фиксированное русло», разработанного применительно к каналам трапецеидального и поперечного сечений [77]. Однако, как показывает практика применения перечисленных водомерных сооружений в натуре, они не дали желаемого результата, в связи с чем эти сооружения не нашли дальнейшего практического применения.

Учет воды в лотковых оросительных каналах параболического сечения при помощи водомера типа «Фиксированное русло», имеющего тоже параболическое сечение, заслуживает внимание. Однако, в этом случае, как это было отмечено ранее, резко осложняется градуировка сооружения или, точнее, невозможно осуществлять градуировку водомера по методу, рекомендованному в официальном нормативном документе [29]. В другом нормативном документе [12] пропускную способность водомера рекомендуется определять гидравлическим расчетом, то есть учет воды вести без градуировки сооружения. Следует отметить, что это тоже своего рода решения вопроса. Но его применение затруднятся, как известно, из-за сложности определения фактической величины коэффициента шероховатости, соответствующей каждому из конкретных водомерных сооружений.

С нашей точки зрения, все-таки использование прямолинейных участков лотковых каналов параболического сечения в качестве водомеров типа «Фиксированное русло», с определением расходов воды методом «скорость-площадь» имеет важное практическое значение, ибо:

- во-первых, водомеры такого типа полностью отвечают всем требованиям, приведенным в нормативном документе [29];
- во-вторых, разработав новую методику градуировки сооружений или, точнее, определения коэффициента шероховатости лотковых каналов на их измерительных участках можно легко решить вопрос учета воды в таких водотоках.

При решении задач по градуировке сооружений и определению величины коэффициента их шероховатости, водомеры типа «Фиксированное русло» с определением расходов воды по методу «скорость-площадь» могут оказаться одними из массово применяемых сооружений не только на лотковых каналах со спокойным режимом течения воды, но и бурным.

Как это было показано ранее, в действующих лотковых каналах соотношение $\frac{H_{max}}{H_d}$ составляет в основном менее 0,6; а это в свою очередь, свидетельствует о том, что верхняя половина строительной высоты лотков практически не принимает участие в транспортировке воды по лотковому каналу. С нашей точки зрения, весьма будет полезным – если превышение стенок лотков над максимальной глубиной потоков воды включить в работу для учета воды, например, применив для этого водосливы с тонкой стенкой [11, 60]. В этом случае уровень воды в верхнем бьефе поднимется до определенной высоты, но вода не должна переливаться через стенки лотков. Если это решение окажется жизнеспособным, то учет воды в лотковых каналах существенно облегчится, так как рекомендуемые к применению для этой цели водосливы с тонкой стенкой просты по конструкции, удобны в эксплуатации, стандартизованы; поэтому применяются без проведения специальных градуировочных работ; пропускная способность определяется гидравлическим расчетом по специальным формулам, наиболее точны – погрешности измерения расходов воды не превышает 2%. В силу указанных преимуществ водосливы с тонкой стенкой нашли широкое применение на оросительных каналах с земляным руслом, построенных в горно-предгорной зоне республики [2, 6, 13, 36 и др].

Еще: в республике при заборе воды из магистральных и межхозяйственных каналов, подача ее часто осуществляется в короткие внутрихозяйственные лотковые каналы (рис. 1.8), из которых она поступает в каналы с земляным руслом. В процессе заиления наносами и зарастания последних растениями, в этих лотковых каналах появляются подпоры с переменным режимом

истечения. При устройстве на таких водотоках водомерных сооружений, в их нижних бьефах возникают подпорные явления, негативно влияющие на учете водных ресурсов.

Применительно к таким объектам, как известно [42], имеется водомер типа «Конусный насадок», который, к сожалению, в республике не нашел практического применения.

Вместе него, разработан водомер типа «Прямоугольный насадок» [36, 46 и др.], обеспечивающий измерение расходов воды как в свободном, так и подпорном режимах истечения; при этом на нем измерение расходов воды осуществляется по методу «скорость-площадь».

Описанные три типа водомеров, а именно «Фиксированное русло», «Водосливы с тонкой стенкой» и «Прямоугольный насадок» могут найти применение на лотковых каналах в случае их совершенствования, с учетом специфических особенностей самих каналов параболического сечения. Ниже, в такой последовательности и приводятся материалы исследований усовершенствованных и новых водомерных сооружений.

2.4.2. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло»

Подробные требования, предъявленные в соответствии с нормативными документами [12, 29] к водомерным сооружениям типа «Фиксированное русло» на параболических лотковых каналах (рис. 2.5), приведены в таблице 2.1.

Ниже приводятся основные из них:

- режим потока в пределах измерительного участка водомера должен быть равномерным, без подпора с нижнего бьефа;
- в пределах измерительного участка должны отсутствовать визуально различимые дефекты внутренних поверхностей лотка;
- измерительный участок водомера должен быть чистым от наносов, растительности и другого мусора;

При соблюдении этих требований водомер типа «Фиксированное русло» может быть допущен к применению для учета воды, но при соблюдении еще одного условия – он должен

быть отградуирован. Однако, как это было отмечено ранее, градуировка сооружений по приведенной на рис. 2.4 схеме практически не возможно. В силу этого, нами был предложен новый способ определения коэффициента шероховатости лотковых каналов, при установленной в натуре величине которого легко можно определить фактическую пропускную способность водомерных сооружений. Этот способ, как это известно, был применен при определении пропускных способностей сооружений, построенных на лотковых каналах Р-11-1 (рис. 1.8) и Р-1-5 Новый системы (рис. 1.10) ЗБЧК. На этих сооружениях предложенный способ дал положительные результаты.

Применение этого способа было продолжено и на других водомерных сооружениях, результаты которого приводится ниже.



Рис. 2.7. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на канале Подпитка №2 ЗБЧК.

Сущность предложенного способа поясняется также данными, приведенными на рис. 2.7 и 2.8, на которых даны сведения по водомеру №118 на лотковом канале Подпитка №2 системы ЗБЧК. параметры сооружения – Лр-80, $i=0,011$, $H=0,10-0,4$, $Q=0.050-0.500$ м³/с. Имеется береговой успокоительный колодец, который соединен с лотковым каналом при помощи щели – шириной 7 см. Сам гидропост находится в хорошем состоянии.

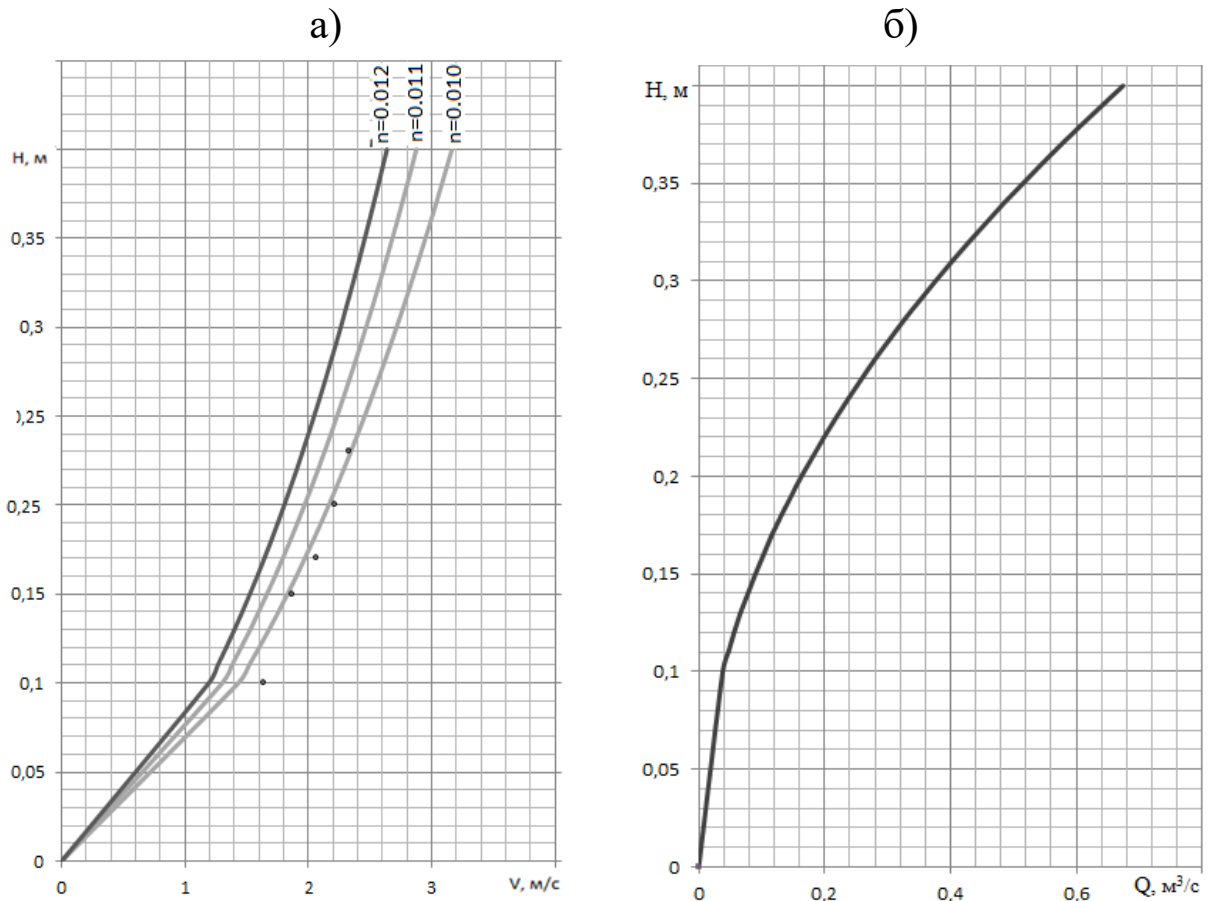


Рис. 2.8. Графики зависимостей $\vartheta = f(H)$ (а) и $Q = f(H)$ (б), водомерного сооружения на канале «Подпитка №2» ЗБЧК.

Пропускная способность сооружения определена по формуле (1.2) при следующих заданных значениях коэффициента шероховатости: $n=0,010$; $0,011$; $0,012$; $0,013$; $0,014$; $0,015$; и $0,016$, так как эти цифры фигурируют в использованных нами литературных источниках, приведенных в первой главе работы. По результатам гидравлического расчета построены графики зависимости $\vartheta = f(H)$ (рис. 2.8а) и на эти графики нанесены точки измеренных в лотке скоростей потока. Как это вытекает из данных рис. 2.8а, точки

измеренных скоростей лежат на графике 1, соответствующем шероховатости $n=0,010$. Приняв данное значение $n=0,010$ за истинное, по формуле (1.2) определена фактическая пропускная способность рассматриваемого сооружения гидравлическим расчетом. Данные этого гидравлического расчета приведены на рис. 2.8б, на который нанесены и точки измеренных расходов воды. Пропускная способность рассматриваемого сооружения в виде рабочей таблицы приведена в таблице 2.3, на основании которой осуществляется водоподача потребителям.

Таблица 2.3

Рабочая таблица по подаче воды по водомеру на канале
«Подпитка 2» ЗБЧК

Десятые метра	Сотые метра									
	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0										
0,1	0,038	0,047	0,056	0,066	0,078	0,09	0,103	0,116	0,131	0,147
0,2	0,163	0,181	0,199	0,218	0,238	0,259	0,28	0,303	0,326	0,351
0,3	0,376	0,402	0,429	0,457	0,485	0,515	0,545	0,576	0,608	0,641
0,4	0,674									

Опираясь на проведенные результаты исследований, можно отметить, что применение предложенного способа определения коэффициента шероховатости позволит связать его с гидравлическими параметрами водного потока и точнее определить пропускную способность водомеров на лотковых каналах параболического сечения.

Следует отметить, что по разработанному способу определены и величины коэффициента шероховатости измерительных участков водомеров на ряде других водомерных сооружений, результаты проведенной всей работы приведены в таблице 2.4.

Данные этой таблицы свидетельствуют, о том, что:

- значения коэффициента шероховатости лотковых каналов с чистой и гладкой поверхностью составляют 0,010-0,011;
- если на поверхности лотковых каналов имеются тонкий слой мха или илистые отложения, то коэффициент шероховатости повышается и составляет порядка 0,012.

Таблица 2.4

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

Наименование канала	Параметры канала		Характеристика внутренней поверхности сооружений	Коэффициент шероховатости
	$H_{л}$	i		
Р-11-1, ЗБЧК (рис 2.4)	0,80	0,0007	На поверхности лотков имеется тонкий слой мха	0,012
Р-1-5 Новый, ЗБЧК (рис 2.6)	0,60	0,0063	Поверхность чистая и гладкая	0,010
Подпитка №2, ЗБЧК (рис 2.8)	0,80	0,011	Поверхность чистая	0,010
Подпитка №1, ЗБЧК (рис 2.10)	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 (рис 2.11)	0,80	0,030	Поверхность чуть шероховатая	0,012
Правый Восток, ЮБЧК (рис 2.13)	0,80	0,002	Поверхность чистая	0,011
Левый Запад, ЮБЧК (рис 2.12)	0,80	0,002	Поверхность чистая	0,011

Реальность полученных данных может быть подтверждена данными следующей таблицы.

Таблица 2.5

Коэффициенты шероховатости бетонированных каналов и других ВОДОТОКОВ

Источник	Характеристика внутренней поверхности водотока	Значение коэффициента шероховатости
[87, 31А]	Исключительно гладкие поверхности, поверхности покрытые эмалью.	0,009
[31А, 87]	Отличная штукатурка из чистого цемента.	0,010
[31А,87]	Чистые гончарные, чугунные и железные трубы, хорошо уложенные и соединенные.	0,011
[88]	Наиболее гладкие поверхности облицованных бетоном каналов, встречаемые на практике, с весьма тщательной отделкой откосов и дна, с хорошо устроенными швами.	0,011

По условиям применимости водомера типа «Фиксированное русло» [12, 29], измерительный участок сооружения должен быть чистым от наносов, растительности и другого мусора. Если как таковые появляются, то они должны быть удалены. При чистой внутренней поверхности водотока на измерительном участке, коэффициент его шероховатости составляет 0,010 - 0,011, что должно быть принято во внимание при гидравлическом расчете пропускной способности водомера типа «Фиксированное русло».

Ниже, на рис. 2.9-2.11 приведены фотографии водомерных сооружений типа «Фиксированное русло», указанных в таблице 2.4.

Здесь следует констатировать тот факт, что полученные значения коэффициента шероховатости, равные $n=0,010-0,011$, противоречит рекомендациям нормативного документа [12], в котором, как известно, без необходимого обоснования отмечается, что «Рекомендуемая величина коэффициента шероховатости стенок параболического лотка $n=0,016$ ».

В связи с этим, возникает закономерный вопрос: как устранить это противоречие? Ответ на этот вопрос должен быть таким: переработкой нормативного документа.

а)



б)



Рис. 2.9. Водомер типа «Фиксированное русло» на лотковом канале «Жантай» системы реки Ала-Арча. а – общий вид с верхнего бьефа; б – вид сбоку. 1 – лоток; 2 – щель; 3 – уровнемерный колодец.



Рис. 2.10. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на канале «Левый Запад», ЮБЧК.



Рис. 2.11. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на канале «Правый Восток» ЮБЧК. Стрелкой указано место размещения успокоительного колодца.



Рис. 2.12. Водомерное сооружение типа «Фиксированное русло» на канале Подпитка №1 ЗБЧК.

Следует отметить, что при разработке нормативного документа [12] было допущено ряд принципиальных ошибок, к которым относится то, что:

- якобы нормативный документ [12] разработан впервые. Нет, такой нормативный документ был разработан еще при СССР и утвержден в 1991 году под названием «Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические». Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь». МВИ 33-475555-09-91. 1991 [29];

- в разработанном «Новом» документе [12] под названием «Водоучет на открытых системах водопользования». Методика выполнения измерений расходов воды в параболических лотках методом «уклон-площадь» МВИ 13-10. 2010:

а) предлагается вместо известного метода «скорость-площадь», новый метод под названием «уклон-площадь», но при этом не дается пояснение как пользоваться этим методом;

б) при этом в «Новом» методе не соблюдается размерность расхода воды – м³/с. Так, если при методе «скорость-площадь» размерность расхода была понятна, то при «Новом» методе - размерность расхода получается «уклон-площадь», то есть м²;

в) в «Новом» документе без соответствующего обоснования ошибочно рекомендуется коэффициент шероховатости лотковых каналов $n = 0,016$.

Если в первом документе [29] измерительный участок сооружения должен был быть чистым от наносов, то во втором, так называемом «Новом» документе, допускается заиление водомерного сооружения наносами «толщиной заиления не более 2% от нормативной глубины потока».

Если понимать под «нормативной» глубины как расчетной, то получается, что при глубине потока в лотковом канале:

$H=0,30$ м толщина заиления лотка наносами составит $t=0,6$ см;

$H=0,50$ м толщина заиления $t=1,0$ см;

$H=0,60$ м толщина заиления $t=1,2$ см.

Иначе говоря, разрешается водомерным сооружениям типа «Фиксированное русло» заиливаться наносами, при этом чем больше глубина потока, тем больше толщина заиления наносами.

К чему может принести такой «допуск к заилению наносами» - это следующее:

- к изменчивому изменению коэффициента шероховатости измерительных участков сооружений;

- к частому проведению измерительных работ по определению подаваемых расходов воды потребителям;

- к резкому снижению точности измеряемых расходов воды;

- наконец, к ухудшению эксплуатационных показателей самих сооружений, так как уход за ним будет ослаблен.

Кроме указанных недостатков, в «Новом» нормативном документе [12] имеются и другие погрешности.

2.4.3. Водомерные сооружения типа «Водосливы с тонкой стенкой»

Наравне с водомерами типа «Фиксированное русло», учет воды в условиях лоткового канала может вестись, с нашей точки зрения, и другим путем – водосливами с тонкой стенкой, так как большинство лотковых каналов, как показывает изучение эксплуатационных их показателей, работает неполным сечением. Так, если наполнения лотковых каналов водой – H сравнить с их высотой – $H_{\text{л}}$, то соотношение $\frac{H}{H_{\text{л}}}$ составляет порядка от 0,4 до 0,6. При этом водой заполняется только узкая нижняя часть лоткового канала, а верхняя, более широкая часть, – пустая. Именно эту часть канала можно будет использовать при оснащении его водомерами типа «Водосливы с тонкой стенкой».

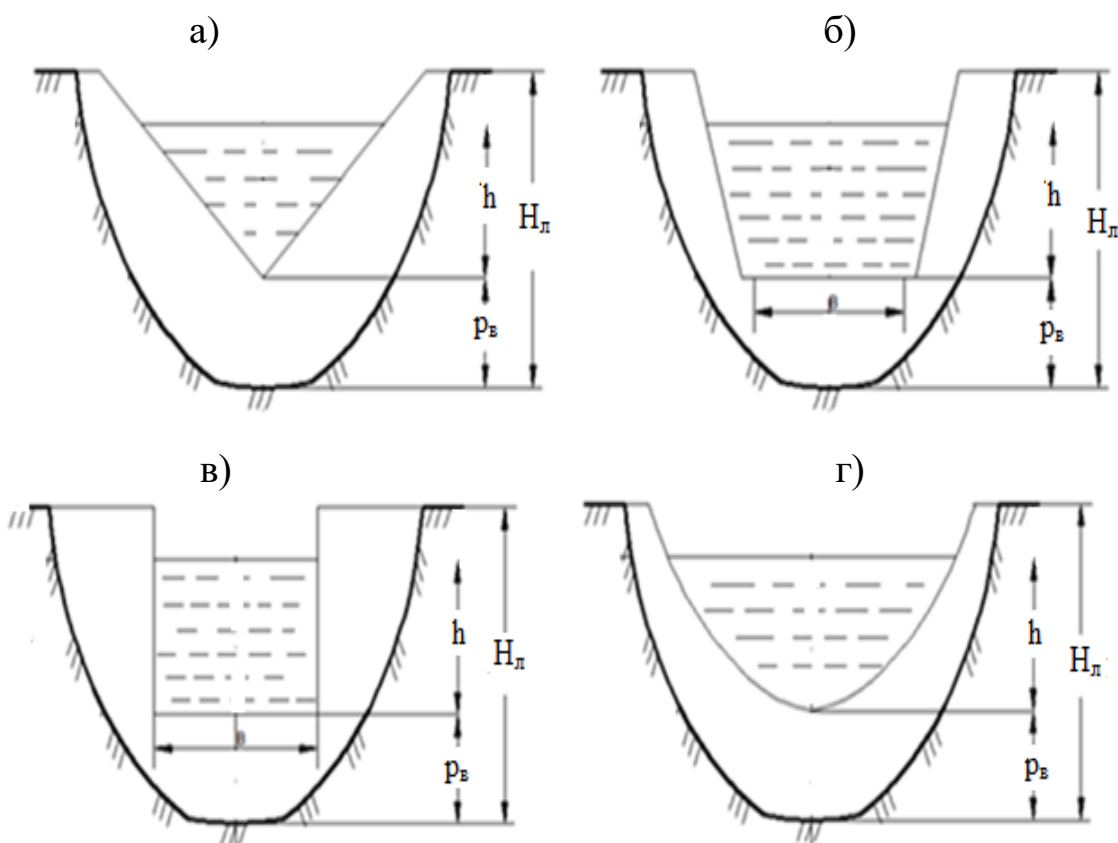


Рис.2.13. Разновидности водосливов с тонкой стенкой:
а,б,в,г – соответственно треугольный, трапецидальный ($\alpha = 14^\circ$),
прямоугольный и параболический водосливы.

Как известно [77, 96], самыми простыми и удобными в эксплуатации средствами измерения расходов воды являются

водосливы с тонкой стенкой, на которых учет воды проводится с погрешностью $\pm 2\%$ [11, 60]; они стандартизованы, поэтому применяются по результатам гидравлического расчета, что также относится к положительным их качествам.

К разновидностям водослива с тонкой стенкой относятся следующие его виды – треугольный (рис. 2.13а), трапецеидальный с углами $\alpha = 14^\circ$ (рис. 2.13б), и $\alpha = 45^\circ$, прямоугольный (рис. 2.13в) и параболический (рис. 2.13г) водосливы. Все эти виды (кроме параболического) стандартизованы и применяются без индивидуальной градуировки.

Что касается водослива с параболическим сечением, то его характеризуют положительным [10], но подтверждающих это результатов исследований нет.

В таблице 2.6 приведены основные показатели применимости пяти видов водослива с тонкой стенкой, при соблюдении которых измерение расхода воды осуществляется достаточно высокой точностью. Эти условия должны соблюдаться и при оснащении им лоткового канала параболического сечения.

Следует отметить, что водосливы с тонкой стенкой (рис. 2.14) широко применяются не только при проведении научно-исследовательских работ в лабораториях, но и в натуральных условиях – для измерения расходов воды в открытых водотоках и особенно на внутрихозяйственных каналах оросительных систем республики [2, 53, 77].

При этом треугольные водосливы Томсона ($\alpha = 90^\circ$) применяются в основном для проведения научно-исследовательских работ в лабораторных условиях, трапецеидальные водосливы Чиполетти ($\alpha = 14^\circ$) и Иванова ($\alpha = 45^\circ$) – применяются на каналах с трапецеидальным сечением, прямоугольные водосливы Базена ($\alpha = 90^\circ$) – на водотоках с прямоугольным сечением. Последние годы, в связи с разработкой новых водомерных сооружений, прямоугольные водосливы стали применяться и на каналах с трапецеидальным и прямоугольным сечениями [2, 36].

Таблица 2.6

Основные показатели применимости разных видов водослива с тонкой стенкой

п/п	Наименование показателей	Виды водосливов с тонкой стенкой				Параболический
		Треугольный	Трапецеидальный		Прямоугольный	
			$\alpha=14^0$	$\alpha=45^0$		
	Условия применимости по: - расходу, м ³ /с - напору, м - кинетичности потока - режим течения воды через водослив - ширина порога, м - высота порога, м	$\leq 0,5$ 0,05-0,40 $\leq 0,45$ свободный	$\leq 5,0$ 0,05-1,0 $\leq 0,45$ свободный	$\leq 14,0$ 0,05-1,0 $\leq 0,45$ свободный	$\leq 3,0$ 0,03-1,0 $\leq 0,50$ свободный	- - - свободный
	Дополнительные граничные условия по соотношениям $\frac{h}{P}$ $\frac{B}{V-b}$	- 0,0-2,0 0,1-1,0	0,25-3,0 $\geq 0,30$	0,25-3,0 $\geq 0,30$	0,15-3,0 $\geq 0,10$	- - -
	Расчетные формулы водосливов, м ³ /с	$Q = 1.365h^{2.5}$	$Q = 1.86h^{3/2}$	$Q = 1.86C_fbh^{3/2}$	$Q = 2.953C_0bh^{3/2}$	$Q = MH^2$
	Условные обозначения; Q – расход воды; h – напор воды над водосливом; $F_r = \frac{v^2}{gh}$ - параметр кинетичности (бурности) потока; v – скорость воды в верхнем бьефе; B- ширина водотока; b – ширина водослива; P – высота порога водослива; $C_f = (b + h)/(b + 0.25)h$ - коэффициент формы; $C_0 = \alpha + \alpha' \frac{h}{P}$ – коэффициент расхода; α, α' - поправочные множители, определяемые в зависимости от $\frac{b}{B}$ по приведенной в таблице; $M = 0.2768\sqrt{P_{II}}$ - параметры параболы.					

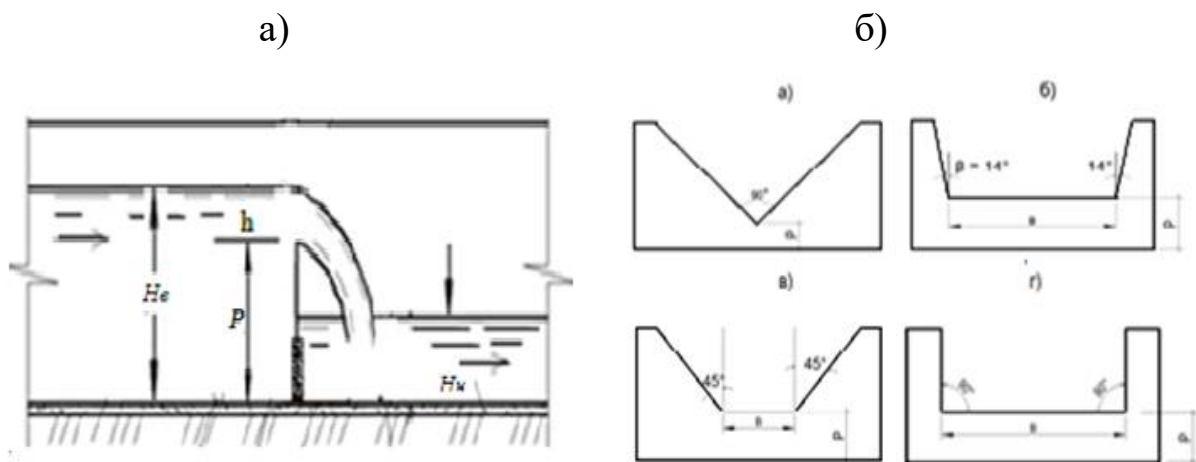


Рис. 2.14. Продольный разрез водомерного сооружения типа «Водослив с тонкой стенкой» (а) и разновидности самих водосливов, с основными их параметрами (б).

Для всех видов водосливов с тонкой стенкой имеются расчетные формулы для определения пропускных их способностей, которые принимаются за основу при проектировании, строительстве и эксплуатации водомерных сооружений с водосливами. Однако, следует констатировать тот факт, что при выборе вида водосливов не уделяется должное внимание на пропускные их способности, что может относиться к недостаткам при подходе к оснащению водомерных сооружений водосливами. Изложенное объясняется, возможно, отсутствием разработок, по оценке пропускных способностей различных видов водосливов.

Для восполнения указанного пробела ниже приводятся результаты такого анализа [63]. При проведении этой работы были приняты следующие одинаковые для всех водосливов исходные условия: ширина водосливов по дну $b=1,0\text{м}$ и высота порога водосливов (рис. 2.13) $p_b=0,30\text{м}$.

Задача выполняемой работы – при одинаковых «живых площадях» потоков на различных видах водосливов определить значения напоров воды над водосливами и пропускные их способности при этих напорах. Для решения этой задачи на основании расчетных данных были построены графики зависимостей $\omega=f(h)$ и $Q=f(h)$ (где ω – площадь «живого сечения»

потока на водосливах; Q – расход воды; h – напор воды над водосливами), по данным которых решалась поставленная задача.

Пропускные способности водосливов рассчитывались по следующим формулам [11, 60]:

- для водослива Иванова

$$Q = 1.86 \cdot C_f \cdot b \cdot h^{3/2}, \quad (2.8)$$

где C_f – коэффициент формы, его величина определяется по формуле:

$$C_f = (b + h)/(b + 0.25h) \quad (2.9)$$

- для водослива Чиполетти

$$Q = 1.86 \cdot b \cdot h^{3/2}, \quad (2.10)$$

- для водослива Базена

$$Q = 2.953 \cdot C_0 \cdot b \cdot h^{3/2}, \quad (2.11)$$

где C_0 – коэффициент расхода, определяется по формуле:

$$C_0 = a + a' \cdot \frac{h}{p_b}, \quad (2.12)$$

где a, a' – поправочные множители, при $\frac{b}{B} = 1,0$ (где B – ширина подводящего водотока) $a = 0,602$ и $a' = 0,075$;

p_b – высота порога (рис. 2.14).

Итоговые результаты гидравлического расчета пропускных способностей водосливов различного вида приведены в таблице 2.9, графически в виде графиков $\omega=f(h)$ (рис. 2.15а) и $\omega=f(Q)$ (рис. 2.15б) на рис. 2.15.

Данные таблицы и графиков свидетельствуют о нижеследующем:

- при значениях напора $h \lesssim 0,15\text{м}$ (при них площадь «живого сечения» потоков составляет $\omega \lesssim 0,15\text{м}^2$) расходы воды на водосливах различного вида совпадают или мало отличаются друг от друга и составляют порядка $0,100\text{м}^3/\text{с}$;

- с дальнейшим увеличением напоров (более $0,15\text{м}$) и уменьшением углов водосливов пропускные способности последних начинают различаться, при этом такое отличие пропускных

способностей начинает (напоров) сильно выявляться при последующих увеличениях уровней воды перед водосливами;

Таблица 2.7

Результаты расчета пропускных способностей водосливов различного вида

Площадь "живого сечения" потока над водосливами ω , м ²	Наименование водосливов с тонкой стенкой					
	Иванова		Чиполетти		Базена	
	Напор Н, м	Расход Q, м ³ /с	Напор Н, м	Расход Q, м ³ /с	Напор Н, м	Расход Q, м ³ /с
1	6	7	4	5	8	9
0,01	0,01	0,005	0,01	0,005	0,01	0,002
0,02	0,02	0,007	0,02	0,007	0,02	0,006
0,03	0,03	0,012	0,03	0,011	0,03	0,011
0,04	0,04	0,015	0,04	0,015	0,04	0,015
0,05	0,05	0,020	0,05	0,021	0,05	0,020
0,10	0,09	0,052	0,10	0,059	0,10	0,068
0,15	0,13	0,095	0,14	0,108	0,15	0,119
0,20	0,17	0,144	0,19	0,166	0,20	0,182
0,25	0,21	0,205	0,24	0,233	0,25	0,251
0,30	0,24	0,266	0,28	0,306	0,30	0,321
0,35	0,28	0,327	0,33	0,385	0,35	0,422
0,40	0,31	0,386	0,37	0,471	0,40	0,531
0,45	0,34	0,452	0,41	0,561	0,45	0,642
0,50	0,37	0,525	0,45	0,658	0,50	0,751

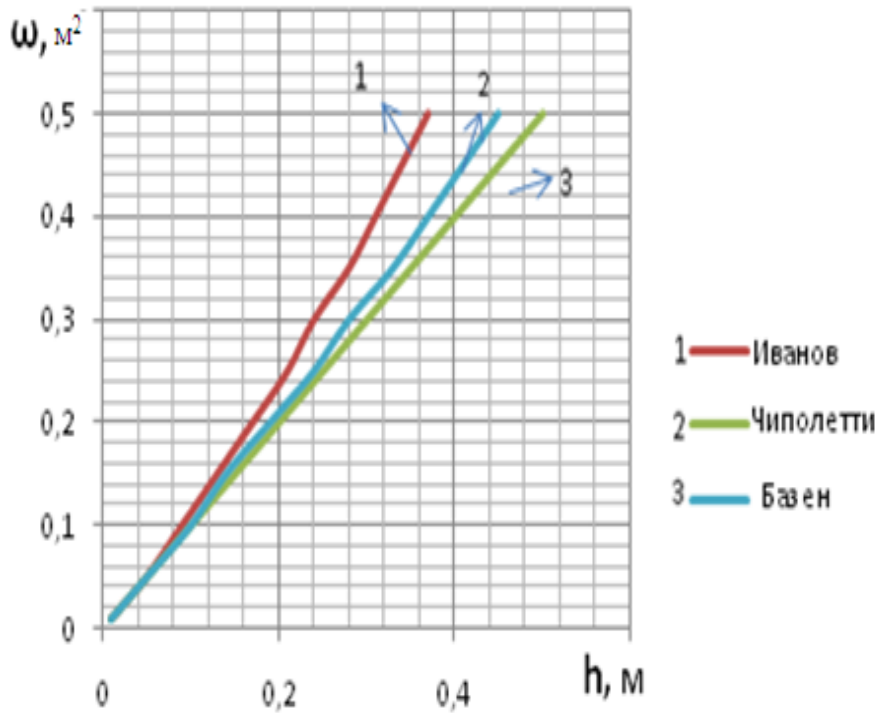
- при напорах $h \geq 0,15$ м пропускная способность водослива Чиполетти больше, чем у водослива Иванова, а пропускная способность водослива Базена больше, чем у водослива Чиполетти (такие результаты получены несмотря на то, что «живая площадь» потоков над всеми видами водосливов, как это вытекает из таблицы 2.7, принималась одинаковой).

Изложенные результаты гидравлического расчета по оценке пропускных способностей различных видов водосливов должны быть приняты во внимание при проектировании, строительстве и эксплуатации водомеров с тонкими водосливами.

Следует отметить, что в таблице 2.6 приведены основные показатели применимости пяти видов водосливов с тонкой стенкой, при соблюдении которых измерение расхода воды может осуществляться с высокой точностью. Эти условия должны

соблюдаться и при оснащении ими лотковых каналов параболического поперечного сечения.

а)



б)

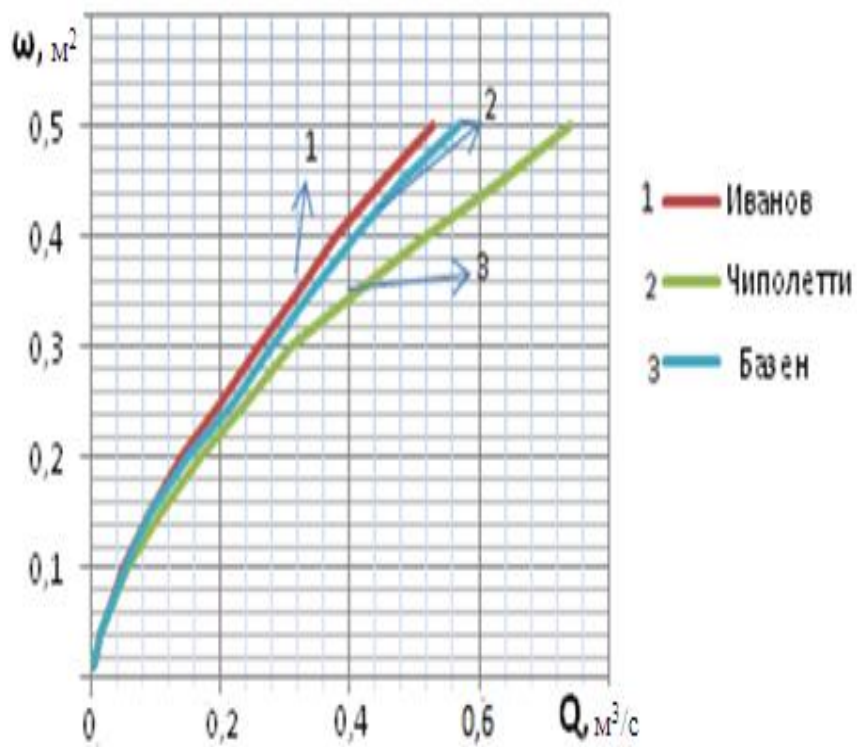


Рис. 2.15. Графики зависимостей $\omega = f(h)$ (а) и $\omega = f(Q)$ (б) для водосливов различного вида.

Из этих условий, самым главным является работа водосливов со свободным режимом истечения воды, при наличии которого водомеры такого типа допускаются к применению их в качестве рабочих средств для измерения расходов воды. Вторым и не менее важным условием является применение водосливов с тонкой стенкой при спокойных режимах течения воды, при которых скорость подхода потока воды к сооружению не превышала 0,5 м/с [90].

Но при соблюдении последнего условия параметр кинетичности потока, выражаемый через число Фруда, не должен превышать $F_r \leq 0.45$ (таблица 2.6).

Следует отметить, что водомеры типа «Водосливы с тонкой стенкой» не применялись для учета воды в условиях лотковых каналов параболического сечения. Поэтому, при применении их на лотковых каналах, существующие конструкции водосливов могут измениться с учетом специфических особенностей самих водотоков. В таких случаях задачей нашей работы является совершенствование водомера типа «Водосливы с тонкой стенкой», с тем, чтобы учет воды в лотковых каналах параболического сечения осуществлять с высокой точностью без проведения градуировочных работ.

Поставленная задача решалась тем, что водомерное сооружение для лотковых каналов параболического сечения, состоящее из прямолинейных в плане подводящего и отводящего участков канала, измерительного створа и уровнемерной рейки, согласно технических решений, разработанное устройство состоит из водослива с тонкой стенкой любого поперечного (трапецеидального, прямоугольного и др.) сечения, устанавливаемого в стыке между двумя секциями лотков, пьезометра, размещенного вертикально на нижнюю стенку водослива и соединенного с трубкой в верхнем бьефе, предусмотренной для определения величины напора воды над водосливом, и в нижнем бьефе – короткого с наклоном вниз по течению дном водотока, предусмотренного для плавного сопряжения сооружения с отводящим каналом; уровнемерная рейка

крепится вертикально рядом с пьезометром, ее «ноль» соответствует отметке порога дна водослива. Длина напорной трубки в верхнем составляет $l=(3-4)h$, где h – напор воды над водосливом. Угол наклона короткого водовода в нижнем бьефе и его длина зависит от высоты порога, причем величина угла α может приниматься в пределах 35-40 градусов.

Режим работы водосливов всех видов – свободный, сами водосливы – стандартизованы, поэтому пропускная способность определяется гидравлическим расчетом, без проведения индивидуальной градуировки.

На рис. 2.16а приведено разработанное водомерное сооружение в плане, на рис. 2.16б – в разрезе 1-1 показан водомер по продольной его оси и на рис. 2.16в – в разрезе 2-2 с верхнего бьефа показан водослив в поперечном разрезе.

Водомерное сооружение содержит прямолинейный в плане участок подводящего 1 и отводящего 2 лоткового канала, диафрагму 3 с тонким водосливом 4 в верхней части, короткого сопрягающего водовода 5, трубки 6, пьезометра 7 и уровнемерной рейки 8. В начальной части толщина водовода 5 выполняется на уровне диафрагмы 3.

Водомерное сооружение работает следующим образом. При пуске воды – она начинает наполняться в верхнем бьефе и по мере наполнения – она переливается через водослив, по пьезометру определяется величина напора h и по его значению по формуле определяется пропускная способность водослива с тонкой стенкой. Короткий водовод, имея наклонную вниз по течению уклон, обеспечивает плавное сопряжение потока с отводящим лотковым каналом.

Эффективность предложенного водомера будет заключаться в обеспечении учета воды в лотковых каналах параболического сечения с высокой точностью без проведения градуировочных работ.

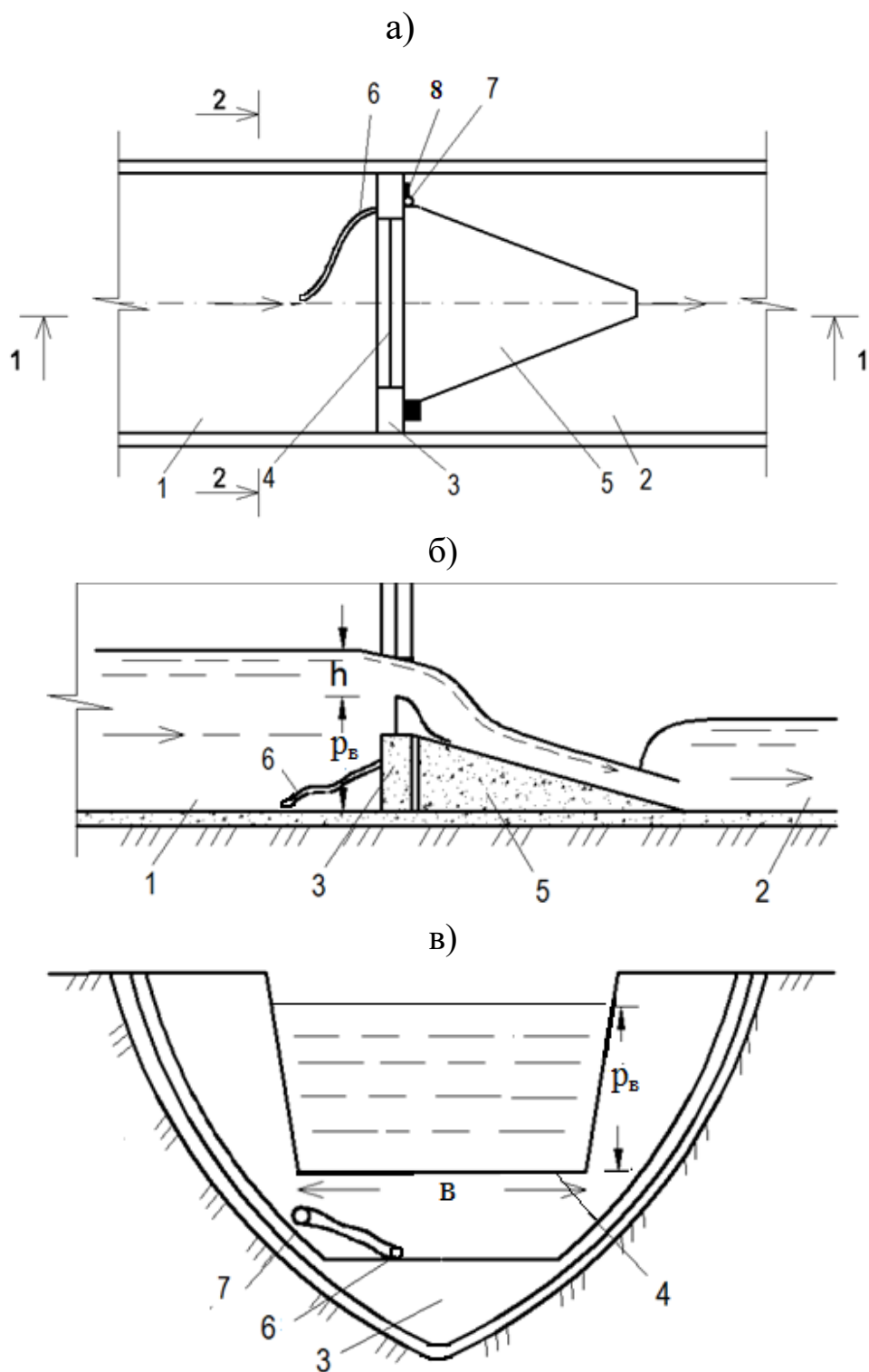


Рис. 2.16. Водомерное сооружение типа «Водослив с тонкой стенкой» применительно к параболическим лотковым каналам.

Водомерное сооружение на рис. 2.16 признано новым [15], на нем применяется водослив с тонкой стенкой; при этом форма поперечного сечения водослива может быть любая. Если судить по данным рис. 2.15, то лучше всего следует применить прямоугольный водослив, так как он обладает повышенной пропускной

способность. Можно принять и водослив Чиполетти, так как его пропускная способность больше, чем у водослива Иванова. Однако имеется еще один водослив – это водослив параболического сечения, который, по-видимому, лучше впишется в лотковые каналы параболического сечения, чем остальные водосливы.

Как это следует из данных таблицы 2.6:

- все эти водосливы должны работать только при свободном режиме истечения;

- режим течения воды в лотковых каналах, на которых устанавливаются водосливы с тонкой стенкой, должен быть спокойным, то есть параметр кинетичности потока, выражаемый числом Фруда и определяемый по формуле $F_r = \frac{v^2}{gH}$ (где v – скорость потока, H – глубина воды, g – ускорение силы тяжести), не должен превышать 0,45-0,50;

- минимальная высота порога треугольного и прямоугольного водосливов – 0,10 м, трапецеидального – 0,30 м;

- минимальная ширина прямоугольного водослива – 0,10 м, трапецеидального – 0,25 м.

К изложенным следует добавить и следующее:

- треугольный, трапецеидальный и прямоугольный водосливы стандартизованы [11, 60], поэтому они применяются без индивидуальной градуировки, при этом их пропускная способность определяется по приведенным в нормативных документах расчетным формулам;

- погрешность измерения расходов воды на указанных водосливах с тонкой стенкой составляет $\pm 2\%$, то есть точность измерения расходов воды на этих водосливах – высокая;

- для водослива Чиполетти применительно к водотокам с земляным руслом разработан рабочий проект для повторного применения под названием «Водомерные сооружения для точек выдела в хозяйства»;

- водосливы с тонкой стенкой имеют простую конструкцию и легко изготавливаются в мастерских обычного типа;

- рассматриваемые водосливы весьма удобны в эксплуатации, так как расходы воды определяются только по замеренным значениям напора воды над водосливами.

Указанные выше положительные показатели водосливов с тонкой стенкой и наличие на них нормативных документов по проектированию, строительству, эксплуатации и первичной госповерке (аттестации) позволили широко их применять для учета воды не только во внутрихозяйственных оросительных каналах республики, но и в оросительных каналах межхозяйственного значения.

Здесь следует отметить то, что изложенное касается только треугольного, трапецеидального и прямоугольного водосливов. Что же касается водослива параболического поперечного сечения, то, к сожалению, он остался практически не рассмотренным, хотя, как это известно, в первой половине прошлого столетия многие советские ученые и инженеры большое внимание уделяли также и на это средство измерения расходов воды. Ниже, для подтверждения изложенного, в краткой форме приводятся полученные ими основные результаты исследований. Так, например, в [90] отмечается, что «по форме водопропускного отверстия водосливы могут быть прямоугольными, треугольными, трапецеидальными, параболическими, круговыми и другими». Такое же мнение приводится и в таких научных изданиях и справочниках, как [10, 44, 31, 88]. Кроме этого, в [10] отмечается, что «Параболический водослив является простым и точным расходомером и может применяться при измерении расходов различной величины в узких лотках» или, как это указывается в [90], - для измерения расходов воды «в небольших водотоках», то есть в лотковых каналах параболического сечения.

Поскольку разработки для треугольного, трапецеидального и прямоугольного водосливов приведены ранее, ниже остановимся на разработках по определению пропускной способности только параболического сечения.

В своей работе Р.Р.Чугаев [99] пишет, что «существуют эмпирические формулы и для водосливов параболических, круговых», но их не приводит.

По А.В.Караушеву [31]: параболический водослив с вырезом по параболе второй степени $x^2 = 2r_{\text{п}}y$ характеризуется устойчивостью коэффициента расхода и простой расчетной формулой.

$$Q = kh^2, \quad (2.13)$$

где k – коэффициент расхода, который «.....зависит от очертаний водослива, определяемого параметрами параболы $r_{\text{п}}$, и находится путем тарирования».

Параболические водосливы как средства измерения расходов воды упоминаются и в следующих работах [13, 90]. Они упоминаются и в работе [88]. М.А.Мостков [44] для водослива, очерченного по квадратичной параболе с параметром

$$r_{\text{п}} = \frac{B^2}{8H}, \quad (2.14)$$

пропускную способность водослива рекомендует определить по формуле

$$Q = mh^2 \quad (2.15)$$

при этом коэффициент расхода

$$m = 0,293r_{\text{п}}^{0,488}, \quad (2.16)$$

при разных r значения m приводятся в следующей таблице.

Таблица 2.8

Зависимость коэффициента расхода от параметра параболы

$r_{\text{п}}$, см	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
m	0,26	0,29	0,36	0,41	0,46	0,50	0,54	0,57	0,66	0,6

Кроме указанных расчетных формул, во многих литературных источниках [10, 32 и др.] приводится и ниже приведенная формула:

$$Q = \mu h^2 \quad (2.17)$$

при этом

$$\mu = 2,768\sqrt{r} \quad (2.18)$$

В формулах (2.13), (2.15), (2.16), (2.17) и (2.18) - k и μ – принято считать – как коэффициент расхода водослива параболического сечения, который, как это вытекает из структуры самих приведенных формул, зависит только от параметра параболы.

В нашей республике большей частью применяются лотки, высотой 0,40, 0,60 и 0,80, параметр параболы у которых $r_{п}=0,20$ м. При этом значении $r_{п}$ уточним коэффициент расхода по выше приведенным формулам.

Таблица 2.9

Значения коэффициента расхода параболического водослива

Формула	(2.9)	(2.12)	(2.14)
Коэффициент расхода, м	$k=0,20$	$m=0,134$	$\mu=1,238$

Анализ сведений, приведенных в таблицах 2.8 и 2.9, свидетельствуют о том, что:

- коэффициент расхода параболического водослива зависит только от очертания самого водослива, определяемого параметром параболы $r_{п}$; при этом его значения при заданном $r_{п}=0,20$ м составляет: по формуле (2.9) - $k = 0,20$ м; по формуле (2.12) - $m = 1,238$ м. Иначе говоря, результаты разнятся;

- полученные результаты по коэффициенту расхода не соответствует реальности, так как $m = 0,134$ м характеризует весьма низкую пропускную способность водослива, а коэффициент расхода $\mu = 1,238$ м, то есть $\mu > 1_{м}$ - - в природе не бывает.

К общим недостаткам выше приведенных формул по определению коэффициента расхода параболического водослива следует отметить то, что этот коэффициент имеет линейную размерность – сантиметр или метр, тогда как коэффициент расхода всех аналогичных параболическому водосливу других водосливов (треугольного, трапецеидального, прямоугольного поперечных сечений) являются безразмерными. Следовательно, по аналогии им коэффициент расхода параболического водослива должен быть так же безразмерным.

В целях устранения выше перечисленных недостатков в середине прошлого столетия в СССР работы по определению пропускной способности параболического водослива были продолжены. В результате появились следующие расчетные формулы [10, 32 и др.].

$$Q = \mu \sqrt{2g} \sqrt{r_{\text{п}}} h^2 \quad (2.19)$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \mu h^2 \sqrt{2gr_{\text{п}}} \quad (2.20)$$

При учете того, что в нашей стране большей частью применяется лотки, высотой 0,40, 0,60 и 0,80 м, с параметром параболы $r=0,20$ м, формула (2.19) будет иметь вид:

$$Q = 1,981 \mu h^2 \quad (2.21)$$

и формула (2.20):

$$Q = 1,555 \mu h^2 \quad (2.22)$$

Эти формулы приводятся без решений, при этом в них приводится коэффициент расхода μ параболического водослива, не имеющей линейную размерность. Кроме того, в указанных формулах значения коэффициента расхода не даются, следовательно, они должны быть установлены, например, путем градуировки самих параболических водосливов.

Коэффициент расхода μ в формулах водосливов с тонкой стенкой, как известно [90], содержит двух множителей – коэффициента скорости φ и коэффициента сжатия ε и выражается формулой $\mu = \varphi \cdot \varepsilon$. Учет этих положений при изучении пропускной способности водосливов с параболическим поперечным сечением имеет важное практическое значение, с точки зрения повышения точности измеряемых расходов воды. В этом плане формулы (2.19) и (2.20) имеют неоспоримое преимущество перед формулами (2.13), (2.16) и (2.18). Но, к сожалению, коэффициент расхода в формулах (2.19) и (2.20) остаются не изученными, благодаря чему эти формулы продолжают оставаться не использованными в практических работах – при определении пропускной способности параболических водосливов.

Следует особо отметить, что как в нашей стране, так и зарубежом, серьезных исследований по изучению коэффициента расхода параболического водослива не проводились. Рассматривая данный вопрос, многие исследователи приводили, как пример, результаты, полученные Гриве [96]. По рекомендации последнего, расход воды определялся по формуле (2.17), а коэффициент расхода – по формуле (2.18), при которой μ превышает 1 (таблица 2.9), что в действительности не бывает.

В отечественных и зарубежных научных изданиях отсутствуют сведения о практическом применении параболического водослива с тонкой стенкой, хотя в некоторых работах, как это было отмечено выше, он оценивается как точное средство для измерения расходов воды. Нет однозначного ответа и по определению его пропускной способности. Учитывая изложенное, ниже приводятся результаты наших исследований по определению пропускной способности параболического водослива. Для изучения этого вопроса в натуральных условиях, то есть на действующих лотковых каналах параболического сечения были изготовлены в металле экспериментальные образцы двух водосливов с тонкой стенкой, а именно:

- трапецеидальный водослив Чиполетти (рис. 2.13б), с высотой порога $p=0,30$ м и шириной водослива $b=0,50$ м;
- параболический водослив (рис. 2.13г), с параметрами параболы $p_n=0,20$ м и высотой порога $p_b=0,30$ м.

Высота стенок на обоих водосливах – 0,5 м. При этом значения высоты порога водосливов приняты не произвольно, а в соответствии с рекомендациями нормативных документов [11, 60]. Единственное, что следует отметить здесь – это то, что по параболическому водосливу отсутствуют рекомендации по назначению высоты его порога. Однако, по форме поперечного сечения, этот водослив напоминает водослив Чиполетти. Опираясь на это, высота порога параболического водослива была принята как $p_b=0,30$ м, что соответствует минимально допустимой высоте порога трапецеидального водослива.

Изготовленные в металле водосливы не были предназначены к стационарной их установке, а были переносными. Благодаря этому, в зависимости от изучаемых задач, изготовленные водосливы устанавливались не только на те или иные участки одного и того же водотока, но и на различные объекты – параболические лотковые каналы. При этом сами водосливы устанавливались на стыках между двумя смежными секциями лотков.

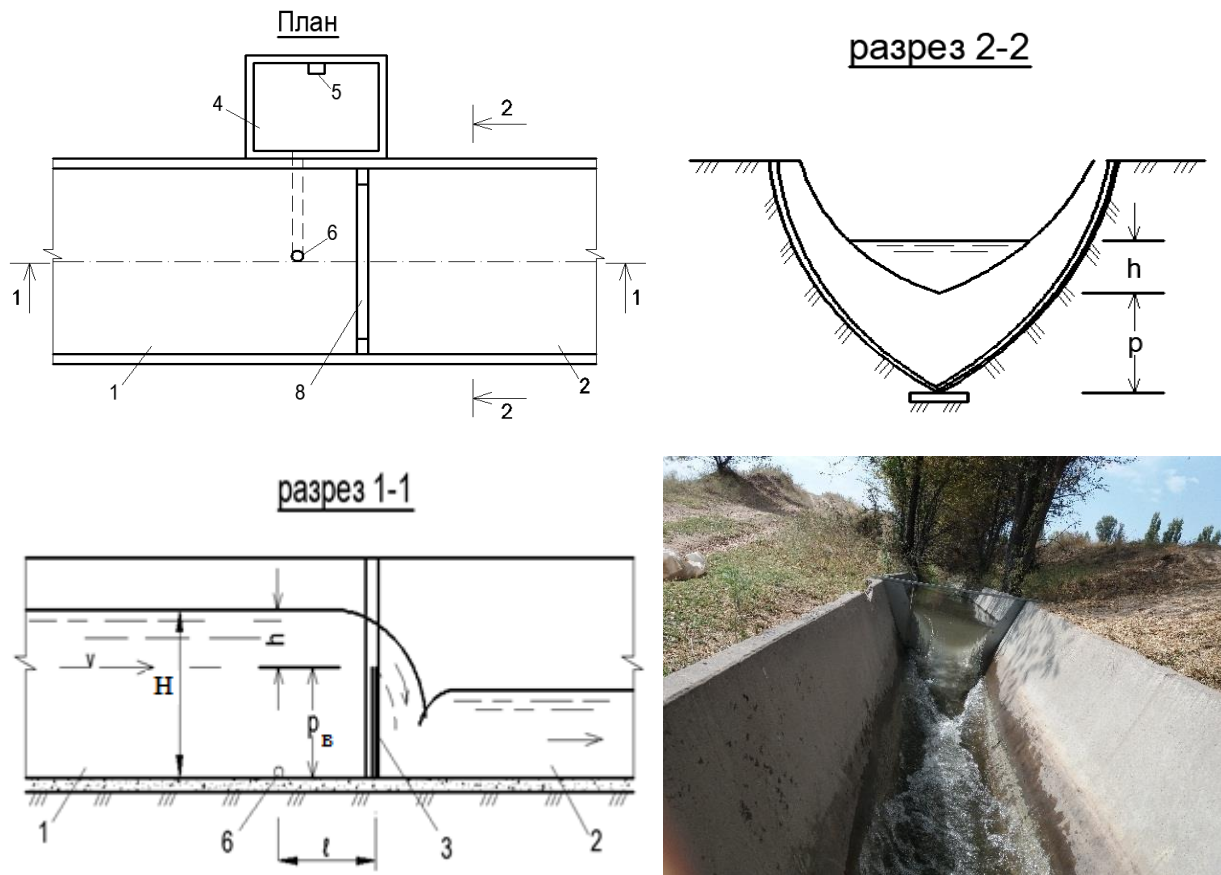


Рис. 2.17. Схема водомерного сооружения типа параболический водослив с тонкой стенкой на параболическом лотковом канале.

1 и 2 – подводящий и отводящий участки водотока; 3 – параболический водослив; 4 – успокоительный колодец; 5 – уровнемерная рейка; 6 – соединительная трубка. 7 – фото действующего водомера на водотоке Подпитка - 1 системы ЗБЧК (вид с нижнего бьефа).

Изготовление водосливов переносными позволило нам создавать множество объектов, на которых изучались и продолжают изучаться эксплуатационные показатели двух водосливов – Чиполетти и параболического водослива при установке их на лотковых каналах параболического сечения (рис. 2.17). При этом

сами водосливы были изготовлены по конструкции (рис. 2.16), описанной в патенте Кыргызской Республики [15]. В соответствии с этой конструкцией (рис. 2.16), все элементы водосливов (сами водосливы, пьезометры, уровнемерные устройства и др.) размещались в самих водотоках.

Размещение водосливов в лотках проводилось в соответствии с требованиями нормативных документов [11, 60], при этом изучение их работы осуществлялось на лотковых каналах с параметрами параболы $p_{II}=0,20$ и $0,35$ м. При проведении исследований основное внимание уделялось на гидравлику водосливов и, в том числе, на режимы течения воды через водосливы, на распространение кривой подпора в верхнем бьефе, на условия истечения воды в нижнем бьефе и на другие гидравлические процессы. При установке водосливов, расстояния между ними составляли 36-48м.

Следует отметить, что в изученных нами литературных источниках [11, 36 и др.] постоянно отмечается, что параболический водослив характеризуется устойчивостью коэффициента расхода и его величина должна находиться путем градуировки самого водослива. Этот путь, то есть определение величины коэффициента расхода параболического водослива путем его градуировки, конечно, правильный и он выбран нами за основу в наших исследованиях. При этом градуировка водослива в наших работах осуществлялась на основе данных «Образцового средства измерения расходов воды» [96] – трапецеидального водослива Чиполетти, нашедшего в нашей стране широкое применение для измерения расходов воды в каналах не только внутрихозяйственного, но и межхозяйственного значений.

Исследования проводились на каналах Подпитка 1, Подпитка 2 и Р-1-5 Новой оросительной системы ЗБЧК и на отводах Правый-восток и Левый-запад распределителя Р-22 оросительной системы ЮБЧК.

При проведении исследований:

- на водосливе Чиполетти измерялись напоры h и по их значениям определялись расходы воды по следующей формуле:

$$Q = 1.86bh^{3/2}, \quad (2.23)$$

где b – ширина водослива, равная 0,5 м;

- на параболическом водосливе (рис. 2.17) замерялись значения напора h , при каждом значении напора расход воды принимался таким, каким был на трапецеидальном водосливе Чиполетти и при замеренных h и Q , коэффициент расхода параболического водослива определялся из формулы (2.19) как

$$\mu = \frac{Q}{\sqrt{2g}\sqrt{\rho}h^2} \quad (2.24)$$

а)



б)



Рис. 2.18. Водослив Чиполетти на лотковом канале Подпитка 2 в работе, а, б – соответственно вид с верхнего и нижнего бьефов.

или, что тоже, из формулы (2.21) как (при параметре параболы $p=0,20$ м)

$$\mu = \frac{q}{1,981h^2} \quad (2.25)$$

Следует отметить, что формула (2.19) рекомендуется к применению многими исследователями [10, 31 и др.].

Работа водослива Чиполетти, установленного на одном из параболических лотковых каналов, показана на рис. 2.19, а параболического водослива – на рис. 2.20, 2.21 и 2.22.

а)



б)



Рис. 2.19. Параболический водослив на лотковом канале Подпитка 2 в работе. а, б – соответственно вид с верхнего и нижнего бьефов.

а)



б)



Рис. 2.20. Параболический водослив на лотковом канале Подпитка 1 в работе. а, б – соответственно вид с верхнего и нижнего бьефов.

а)



б)



Рис. 2.21. Параболический водослив на лотковом канале Р-1-5 Новый в работе. а, б – соответственно вид с верхнего и нижнего бьефов.

Полученные результаты были обработаны, количественные их показатели, полученные при градуировке параболического водослива, приведены в таблице 2.10 и графически – на рис. 2.22.

Таблица 2.10

Результаты градуировки параболического водослива на водных объектах оросительной системы Западной ветки Большого Чуйского канала

Канал	Гидропост и его параметры			Пропускная способность параболического водослива		
	Номер	Высота водовода, м	Уклон водовода	Напор h, м	Расход Q, м ³ /с	Коэффициент расхода μ
Подпитка 1	11а	1,00	0,0035	0,25	0,078	0,624
				0,28	0,100	0,610
				0,30	0,110	0,620
				0,33	0,130	0,602
				0,35	0,148	0,609
Подпитка 2	11б	0,80	0,011	0,24	0,070	0,614
				0,23	0,063	0,606
				0,13	0,020	0,606
Р-1-5 Новый	12а	0,60	0,0063	0,11	0,015	0,625
				0,37	0,168	0,620
				0,40	0,193	0,609

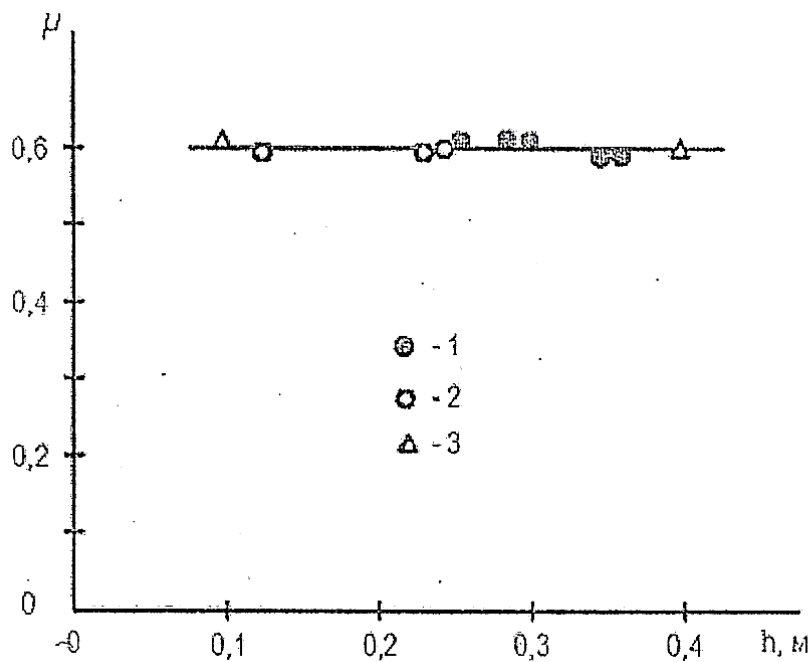


Рис. 2.22. График зависимости коэффициента расхода параболического водослива от напора воды. 1 – на Подпитке -1; 2 – на Подпитке -2; 3 – на Р-1-5 Новый.

Приведенные на рис. 2.22 и в таблице 2.10 результаты исследований получены при следующих условиях.

Гидравлические характеристики потока в верхнем бьефе параболического водослива характеризуются данными следующей таблицы.

Таблица 2.11

Гидравлика потока в верхнем бьефе параболического водослива

Канал	Гидропост и его параметры			Параметры потока				
	Номер	Высота водовода м	Уклон водовода	H=h+p м	Q, м ³ /с	ω , м ²	V, м/с	F_r
Подпитка 1	11а	1,00	0,0035	0,55	0,078	0,455	0,171	0,005
				0,58	0,100	0,493	0,203	0,007
				0,60	0,110	0,518	0,212	0,008
				0,63	0,130	0,558	0,233	0,009
				0,65	0,148	0,585	0,253	0,01
Подпитка 2	11б	0,80	0,011	0,54	0,070	0,335	0,209	0,008
				0,53	0,063	0,325	0,194	0,007
				0,43	0,020	0,238	0,084	0,002
Р-1-5 Новый	12а	0,60	0,0063	0,41	0,015	0,221	0,068	0,001
				0,67	0,168	0,462	0,363	0,02
				0,70	0,193	0,494	0,391	0,022

Данные этой таблицы свидетельствуют о том, что:

- скорости потока в верхнем бьефе не превышают 0,5м/с, что, по приведенному в [90] сведению, положительно скажется на точности измеряемых расходов воды;

- параметр кинетичности потока в подводящем канале не превышает допустимого его значения - $F_r \leq 0,45$;

- режим течения воды через водослив – свободный (рис. 2.19, 2.20 и 2.22).

Значения коэффициента расхода параболического водослива, подсчитанные по формулам (2.20) или (2.21) приведены в таблице 2.10, из которой следует, что:

- они находятся в пределах от 0,602 до 0,624 и в среднем составляет 0,613;

- коэффициент расхода не зависит от напора воды над водосливом и остается постоянным при всех значениях h (рис. 2.22).

Данный результат получен на основании исследований, приведенных в натурных условиях на действующих параболических лотковых каналах. Поэтому считаем, что он объективный и может применяться в практических расчетах по определению пропускной способности параболического водослива с параметром параболы $r_{\text{п}}=0,20$ м. Тем более, что этот результат подтверждается с результатами исследований Грече [96], весьма кратко приведенными в следующем авторитетном издании: в [10] приводится формула (2.15) и далее пишется: «где μ - коэффициент расхода. При $r_{\text{п}}=0,25$ -5см и $h=3\div 60$ с $\mu=0,625$ и является достаточно устойчивым». Далее: «Параболический водослив является простым и точным расходомером и может применяться при измерении расходов различной величины в узких лотках».

Такая рекомендация приводится и в других авторитетных изданиях [36, 78 и др.].

При коэффициенте расхода параболического водослива при $r_{\text{п}}=0,20$ м $\mu=0,613$, формула (2.19) или, точнее, формула (2.21) окончательно будет иметь вид:

$$Q = 1.981\mu h^2 = 1.981 \cdot 0.613h^2 = 1.214h^2$$

или

$$Q = 1.214h^2 \quad (2.26)$$

Данная формула рекомендуется нами для практического применения при определении пропускной способности параболического водослива на лотковых каналах оросительных систем.

2.4.4. Водомерное сооружение типа «Насадок»

В гидрометрии подпорный и подпорно-переменный режимы течения воды (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 частом перерегулировании и измерении расходов воды при водораспределении.

Опыт эксплуатации водомерных сооружений, построенных на лотковых оросительных каналах республики, свидетельствует о том, что подпорные режимы возникают на:

- водомерных сооружениях, когда ниже них лотковые каналы переходят на водотоки с земляным руслом;

- водомерных сооружениях, когда они размещены выше водораспределительных сооружений на незначительном от них расстоянии.

Причинами возникновения подпорных режимов истечения на указанных сооружениях являются:

- в первом случае – заиливание и зарастание отводящих от сооружений каналов в земляном русле;

- во-втором – подпоры, возникаемые при перераспределении расходов воды на водораспределительных сооружениях, размещенных в нижнем бьефе водомеров.

Следует отметить, что благодаря этим подпорам, некоторые действующие водомерные сооружения в Чуйской долине признаны негодными к использованию в качестве средств для измерения расходов воды. К ним относятся водомеры типа «Фиксированное русло». Если они и используются, то на них проводятся частые работы по измерению расходов воды. К таким сооружениям относятся водомер типа «Фиксированное русло» на лотковом оросительном канале Р-11-1 ЗБЧК. Этот распределитель, как это известно (рис. 1.8) имеет следующие параметры: $L_p=80$; $i=0,0007$ и коэффициент шероховатости $n=0,012$. Данный распределитель – короткий и заканчивается тем, что лотковый канал переходит в водоток с земляным руслом.

Пропускная способность данного водомера при чистом отводящем водотоке с земляным руслом приведена на рис. 1.9, который соответствует равномерному режиму течения воды. Но, к сожалению, водоток с земляным руслом, быстро заиливается

наносами и зарастает растительностью, создавая тем самым подпоры, причем подпоры переменного характера. При такой ситуации учет воды осуществляется частными замерами расходов воды, что подтверждается данными рис. 2.23 на котором:

- имеется много точек, чем подтверждается частые замеры расходов воды;

- имеется разброс точек, что свидетельствует от изменчивости подпорно-переменных режимов течения воды.

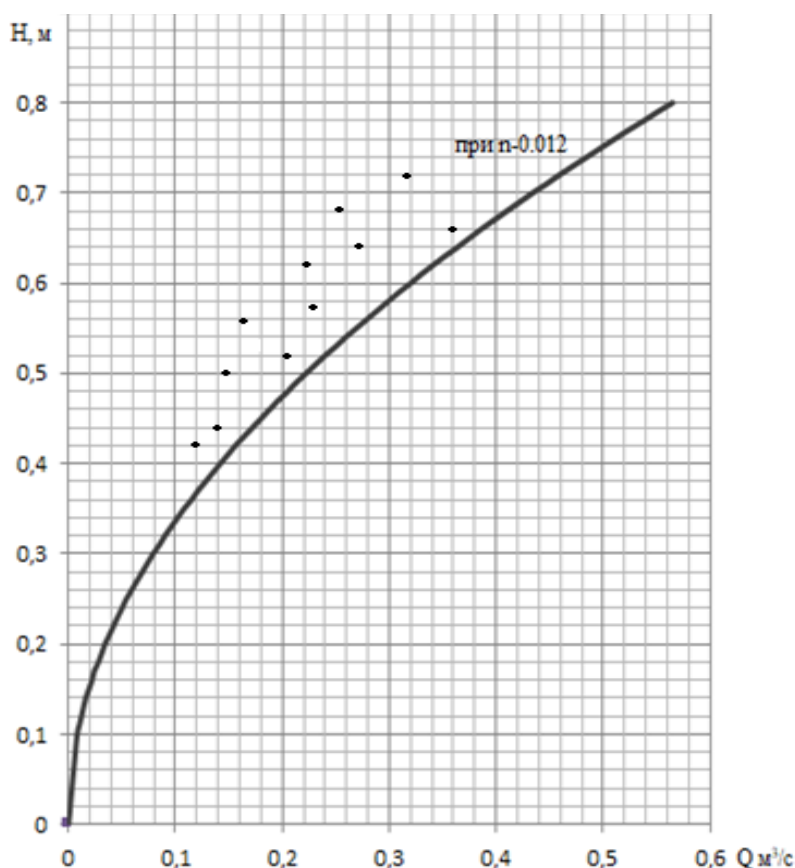


Рис. 2.23. График зависимости $Q=f(H)$ водомера на Р-11-1 системы ЗБЧК: 1 – при свободном режиме истечения; точки - при подтопленном различной степени режиме истечения.

Учет воды на этом распределителе можно наладить путем очистки отводящего от лоткового канала водотока в земляным руслом от наносов и растительности, но это носит лишь сезонный характер. Однако, это не говорит о том, что в условиях подпоров не могут вестись работы по учету водных ресурсов республики.

В республиках бывшего Союза было разработано множество конструкций и компоновок водомерных сооружений, направленных

для их использования при строительстве водомеров в зонах возможного возникновения подпорных явлений. Наиболее приемлемым из них к лотковым каналам являются конусные насадки [42], которые, к сожалению, из-за косоструйности потока при выходе его из водопропускного отверстия, не подвергаются к градуировке, чем осложняется определение пропускной их способности.

В связи с изложенным, задачей исследований было то, что опираясь на имеющиеся конструкции и компоновки, водомерных сооружений, разработать усовершенствованное или новое средство для учета воды, которое отвечало бы следующим требованиям:

- течение потока при выходе воды из водопропускного отверстия должно быть параллельноструйным;
- погонные расходы по длине водопропускного отверстия должны быть одинаковыми.

При соблюдении этих условий, водомерное сооружение может быть отградуированным по методу «скорость-площадь» и принято в качестве рабочего средства для измерения расходов воды.

Выше приведенным требованиям, с нашей точки зрения, отвечает не конусный насадок, а прямоугольный, который и сам имеет прямоугольное сечение, благодаря которому течение потока в нем будет прямолинейным, а погонные расходы по длине прямоугольного насадка – одинаковыми.

Применение прямоугольного насадка применительно к лотковому оросительному каналу отражено в [14] (Патент №251 КГ 2018 [14]), а результаты теоретического расчета пропускной способности сооружения – в [36, 37 и др.].

Задачей разработки является разработка сооружения, обеспечивающего измерение расходов воды в лотковых каналах параболического сечения.

Поставленная задача решается тем, что водомерное сооружение, содержащее подводящий и отводящий участки канала, измерительный участок, диафрагму с прямоугольным водопропускным отверстием в нижней ее части, Г-образную полку,

с возможностью ее перемещения по высоте между вертикальными стенками прямоугольным водотоком, параметры которого соответствуют параметрам напорного водотока, причем уровневая рейка установлена на коротком водотоке, а дно измерительного участка расположено выше дна лоткового канала параболического сечения на высоту порога измерительного участка, при этом конец измерительного участка выполнен с наклонным дном, соединяющим дно напорного водотока с отводящим участком лоткового канала.

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.

Γ -образная полка выполнена регулируемой по высоте, чем обеспечивается пропуск различных (от максимального и до минимального) расходов воды через напорный водопропускной водоток водомера. При каждом положении Γ -образной полки пропускная способность сооружения будет отградуирована по методу «скорость-площадь», а расход воды определяется по формуле

$$Q = W \cdot V,$$

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.

При градуировке водомера измеряются действующий напор h , затем строится график зависимости $Q = f(h)$, по которому определяются расходы воды при замеренных значениях h .

Водомерное сооружение будет работать только при свободном режиме истечения воды.

На рис. 2.24а приведено водомерное сооружение в плане, на рис. 2.24б – водомер по продольной его оси при свободном режиме истечения воды, разрез 1-1; на рис. 2.24в – поперечный разрез лоткового канала параболического сечения и диафрагма с прямоугольным водопропускным отверстием, разрез 2-2.

Водомерное сооружение содержит прямолинейное в плане подводящий 1 и отводящий 2 участки лоткового канала, диафрагму 3 с прямоугольным водопропускным отверстием 4, горизонтальный измерительный участок 5, дно которого расположено выше дна лоткового канала параболического сечения на определенную высоту (P – высота порога измерительного участка), две однотипные низкие стенки 6 и 7, размещенные по бокам водотока 8 в пределах измерительного участка 5, Г-образную полку 9, установленную с возможностью перемещения по высоте между стенками 6 и 7. Конец измерительного участка выполнен с наклонным дном 10, которое соединяет дно напорного водотока 8 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 открытый прямоугольный водоток 11 предусмотрен для устранения донного и боковых сжатий потока при входе его в прямоугольное водопропускное отверстие 4, что положительно влияет на увеличение пропускной способности сооружения.

Водомерное сооружение работает только при свободном режиме истечения, при этом регулирование подачи воды в напорный водоток 8 достигается регулированием перекрытия водопропускного отверстия 4 вертикальной частью 14 Г-образной полки 9.

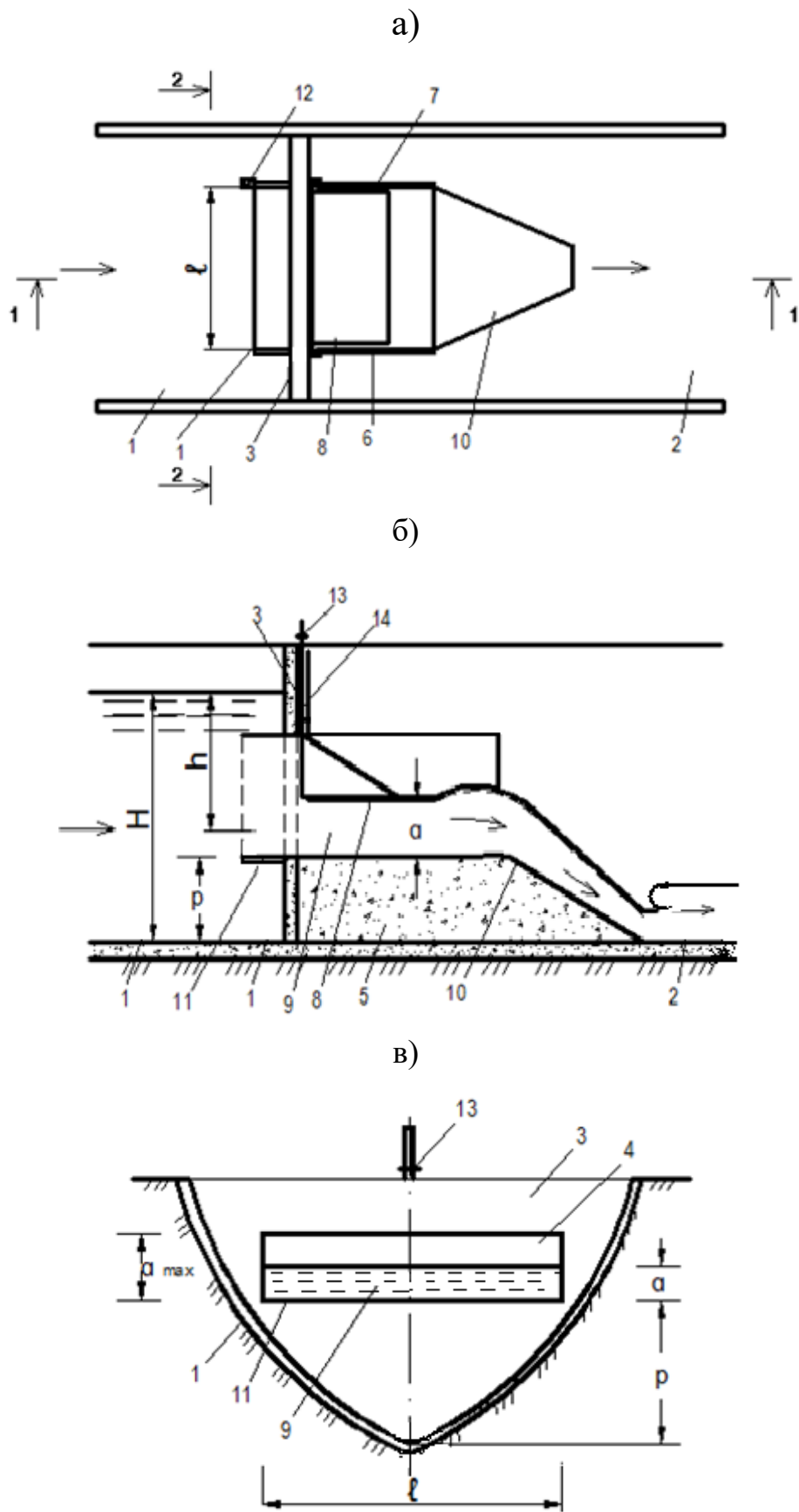


Рис. 2.24. Водомерное сооружение типа «Насадок», разработанное применительно к лотковому каналу.
 а – план; б – разрез по оси лотка; в - поперечное сечение.

При работе сооружения Г-образная полка (рис. 2.24б, разрез 1-1) опускается до того, пока водопропускное отверстие 4 под Г-образной полкой 9 начнет работать полным сечением. При этом Г-образной полкой 9 создается напорное и параллельноструйное течение воды в водотоке 8. После этого, фиксируется уровень воды в верхнем бьефе водомерной рейкой 12 и измеряется действующий напор h , по которому, в дальнейшем определяется расход воды по отградуированному графику $Q = f(h)$.

Эффективность предложенного сооружения заключается в повышении точности учета воды в лотковых каналах параболического сечения путем его градуировки.

Следует отметить, что разработанное сооружение (рис. 2.24) будет работать как при свободном, так и подпорном (если такой режим появится) режимах истечения.

Данное сооружение пока не прошло испытание в условиях лотковых каналов, но оно прошло детальное испытание в условиях каналов с трапецеидальным и прямоугольным поперечными сечениями и широко внедряется на отводах ВБЧК и ЗБЧК, на которых построены водомерные сооружения типов «Конусный насадок» и «Водосливы с тонкой стенкой».

2.5. Рекомендации по компоновке, конструированию и гидравлическому расчету пропускной способности водомерных сооружений

2.5.1. Водомер типа «Фиксированное русло»

Этот водомер (рис. 2.4) состоит из прямолинейного в плане измерительного участка, измерительного створа, трубы, соединяющей лоток с успокоительным колодцем и уровнемерной рейкой. В качестве средства для измерения расходов воды, он применяется и на лотковых каналах со спокойным ($v \leq 1,0$ м/с), и на каналах с бурным ($v = 1,0-5,0$ м/с и более) режимами течения воды.

Условия применимости этого водомера приведены в таблице 2.1 и, дополнительно, в разделе 2.4.2 этой работы.

Из приведенных к этому водомеру требований следует, что в пределах измерительного участка режим течения воды должен быть равномерным и косоструйность отдельных струй относительно продольной оси лотка не должна превышать 15° . Для достижения этих условий:

- измерительный участок водомера в плане должен выполняться прямолинейным;

- в пределах измерительного участка водомера уклон его дна должен быть постоянным;

- измерительный участок должен быть удален от источников возмущения потока (плохо работающих сетевых сооружений) на расстояние не менее 2-х секций лотков;

- измерительный участок водомера должен быть чистым от наносов и другого мусора.

Эти требования, конечно, правильные. Но они недостаточны для достижения поставленной цели – правильного учета воды. Для повышения точности измеряемых расходов воды, с нашей точки зрения, необходимо еще:

- успокоительные колодцы должны размещаться как можно ближе к каналам или, если точнее, рядом с ним с тем, чтобы устранить потери напора по длине соединительной трубки и создать необходимые условия для регулярной очистки последней от песка и взвешенных наносов;

- дно успокоительных колодцев следует размещать на 0,3-0,4 м ниже дна лотковых каналов;

- рекомендуемые параметры успокоительных колодцев: в плане квадратной формы с размерами сторон 1,0x1,0 м, с высотами (с учетом высот углублений колодцев) – для Лр 40 $H_k=0,8$ м; для Лр 60 – 1,0 м; для Лр 80 – 1,2 м и для Лр 100 – 1,3 м; где H_k – высота колодца;

- соединение успокоительных колодцев с каналами должно осуществляться при помощи труб (диаметром 50 мм и более), и при помощи щелей (длиной $\frac{2}{3} H_{max}$, где H_{max} – максимальная глубина

воды и шириной 50 мм и более при этом чем больше скорость, тем шире щель, когда режим течения воды в водотоках – бурный ($v > 1,0\text{м/с}$);

- соединительные трубы должны размещаться так, как это показано на рис. 2.5, но не так, как это показано на рис. 2.25. Иначе говоря, фронтальная часть труб должна быть совмещена с внутренней поверхностью лотковых каналов. Что же касается щелей, то они должны выполняться по конструкции, приведенной на рис. 2.26.



Рис. 2.25. Неправильное размещение соединительной трубы отрицательно скажется на пропускную способность водомера (не только нарушается режим течения воды в водотоке, но, наравне с ним, резко повышается и погрешность измерения расходов воды).

Следует отметить, что на правильно выбранном измерительном участке пропускная способность водомера может определяться по формуле (1.1), с принятием коэффициента шероховатости в формуле Шези (1.2) равным не $n = 0,016$, как это предлагается в нормативном документе, а равным в пределах $n = 0,010 - 0,011$. В случае необходимости в проверке этих значений, можно провести

работу по предложенному нами способу по определению коэффициента шероховатости лотковых каналов. При этом, данный способ может применяться не только при определении коэффициента шероховатости водомеров на лотковых оросительных каналах, но и, как это отмечалось в разделе 1.4.3, самих каналов параболического сечения.

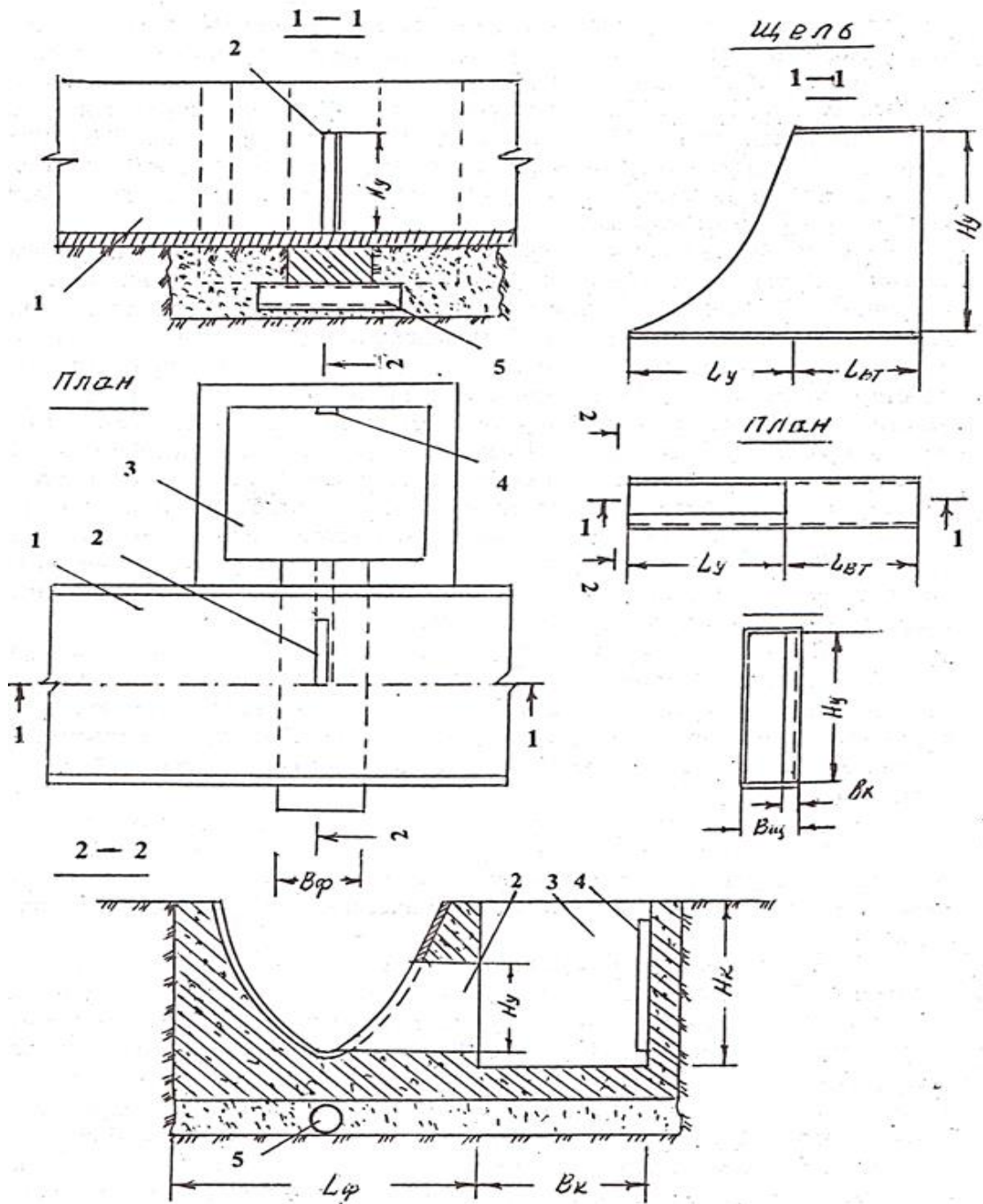


Рис. 2.26. Конструкция гидропоста типа «фиксированное русло», построенного на отводе X-2 канала Жантай с.р. Алаарча.

1 – лоток; 2 – щель; 3 – колодец; 4 – рейка.

2.5.2. Водомер типа «Водослив с тонкой стенкой»

Нами впервые предложено то, что, наравне с водомером типа «фиксированное русло», расходы воды в лотковых каналах можно измерять и с водосливами с тонкой стенкой. Для применения таких водосливов в условиях параболических лотков была разработана компоновка водомера (рис. 2.16), признанная новой [15]. Эта компоновка, на наш взгляд, ляжет в основу при внедрении водосливов на лотковых каналах.

На лотковых каналах могут внедряться водосливы всех типов, а именно – треугольного, трапецеидального с углом наклона $\beta=14^\circ$, прямоугольного и параболического поперечных сечений.

Следует особо отметить, что все виды водосливов до настоящего времени не применялись на параболических лотковых каналах, нет опыта их размещения на этих водотоках, нет рекомендаций по креплению водосливов при установке их на каналах с параболическим сечением.

Следует особо отметить, что все виды водосливов до настоящего времени не применялись на параболических лотковых каналах, нет опыта их размещения на этих водотоках, нет рекомендаций по креплению водосливов при установке их на каналах с параболическим сечением.

Учитывая изложенное, и в целях отработки вопросов, связанных с размещением и креплением водосливов на параболических лотковых каналах, нами в 2018 году были изготовлены в металле четыре вида водосливов, а именно – треугольный водослив с высотой порога $p_{\Pi} = 0,30\text{м}$; трапецеидальный водослив Чиполетти с высотой порога $p_{\Pi} = 0,30\text{м}$; прямоугольный водослив с высотой порога $p_{\Pi} = 0,30\text{м}$ (рис. 2.27) и параболический водослив с высотой порога $p_{\Pi} = 0,30\text{м}$. Эти значения высоты порога водосливов приняты не произвольно, а в соответствии с рекомендациями нормативных документов [11, 60]. Единственное, что хотелось отметить здесь – это то, что по параболическому водосливу отсутствуют рекомендации по

назначению высоты его порога. Однако, по форме поперечного сечения этот водослив напоминает водослива Чиполетти. Опираясь на это, высота порога параболического водослива принята как $p_{\Pi} = 0,30\text{м}$, что соответствует минимально допустимой высоте порога трапецеидального водосливов.

Изготовленные в металле водосливы не были предназначены к стационарной их установке, а были переносными. Благодаря этому, в зависимости от изучаемых задач, изготовленные водосливы устанавливались не только на те или иные участки одного и того же водотока, но и на различные водные объекты – параболические лотковые каналы. При этом сами водосливы устанавливались на стыках между двумя смежными секциями лотков.

Изготовление водосливов переносными позволило нам создавать множество экспериментальных объектов, на которых изучались и продолжают изучаться эксплуатационные показатели треугольного, трапецеидального, прямоугольного и параболического водосливов при установке их в лотковых каналах параболического сечения (рис. 2.18-2.21). При этом сами водосливы были изготовлены по конструкции на (рис. 2.16), описанной в патенте Кыргызской Республики [18], в соответствии с которой все их элементы (водослив, уровнемерные устройства и др) размещались в самом водотоке.

Размещение всех водосливов (в том числе параболического сечения с параметром параболы $p_{\Pi} = 0,20\text{м}$) проводилось в соответствии с требованиями нормативных документов [11, 60], при этом изучение их работы осуществлялось на лотковых каналах с параметрами параболы $p_{\Pi} = 0,20$ и $0,35\text{м}$. При проведении исследований основное внимание уделялось на гидравлику водосливов и, в том числе, на режимы течения воды через водосливы, на распространение кривой подпора в верхнем бьефе и на другие вопросы. Приведенные работы свидетельствуют о том, что в принципе все рассмотренные водосливы (кроме водослива Иванова, предназначенного для пропуска максимальных расходов воды) могут быть применены в качестве средств для учета воды в

параболических лотковых каналах. На этих каналах имеются все условия для размещения на них принятых к рассмотрению водосливов с тонкой стенкой.

а)



б)



Рис. 2.27. Прямоугольный водослив на лотковом канале Подпитка-2 системы ЗБЧК. а, б – соответственно воды с нижнего и верхнего бьефов.

Ниже рассмотрены вопросы, связанные с размещением только параболического водослива с тонкой стенкой, так как:

- на другие виды водосливов имеются нормативные документы [11, 60], в соответствии с рекомендациями которых они успешно могут быть размещены и на параболические лотковые каналы;

- вопросы размещения параболического водослива на водотоки вообще и, в частности, на параболические лотковые каналы практически оставались не рассмотренными.

Изготовленный в металле переносной водослив параболического сечения имеет: высоту порога $p = 0,30\text{м}$ и параметр параболы $p_{\text{п}} = 0,20\text{м}$. К числу основных условий применимости данного водослива входили: свободное (без подпора) течение воды через него и спокойный режим течения воды в водотоке.

Полученные материалы исследований [38, 74 и др.] позволяют дать следующие рекомендации по размещению параболического водослива на параболические лотковые каналы:

- участок лоткового канала, предназначенный для выполнения измерений расходов воды, должен быть прямолинейным в плане на расстоянии не менее двух секций до измерительного створа, длина прямолинейного отводящего лоткового канала – не лимитируется;

- измерительный створ может размещаться как на стыке между смежными секциями двух лотков, так и на другой части лотка;

- водомер должен оборудоваться береговым успокоительным колодцем для размещения в нем средств измерения уровней воды;

- соединение успокоительного колодца с лотковым каналом должно осуществляться посредством трубы диаметром порядка $0,05\text{м}$;

- входная (обращенная к верхнему бьефу) плоскость водослива должна устанавливаться перпендикулярно к осевой плоскости подводящего участка лоткового канала;

- плоскость водосливного щита должна быть строго вертикальной;

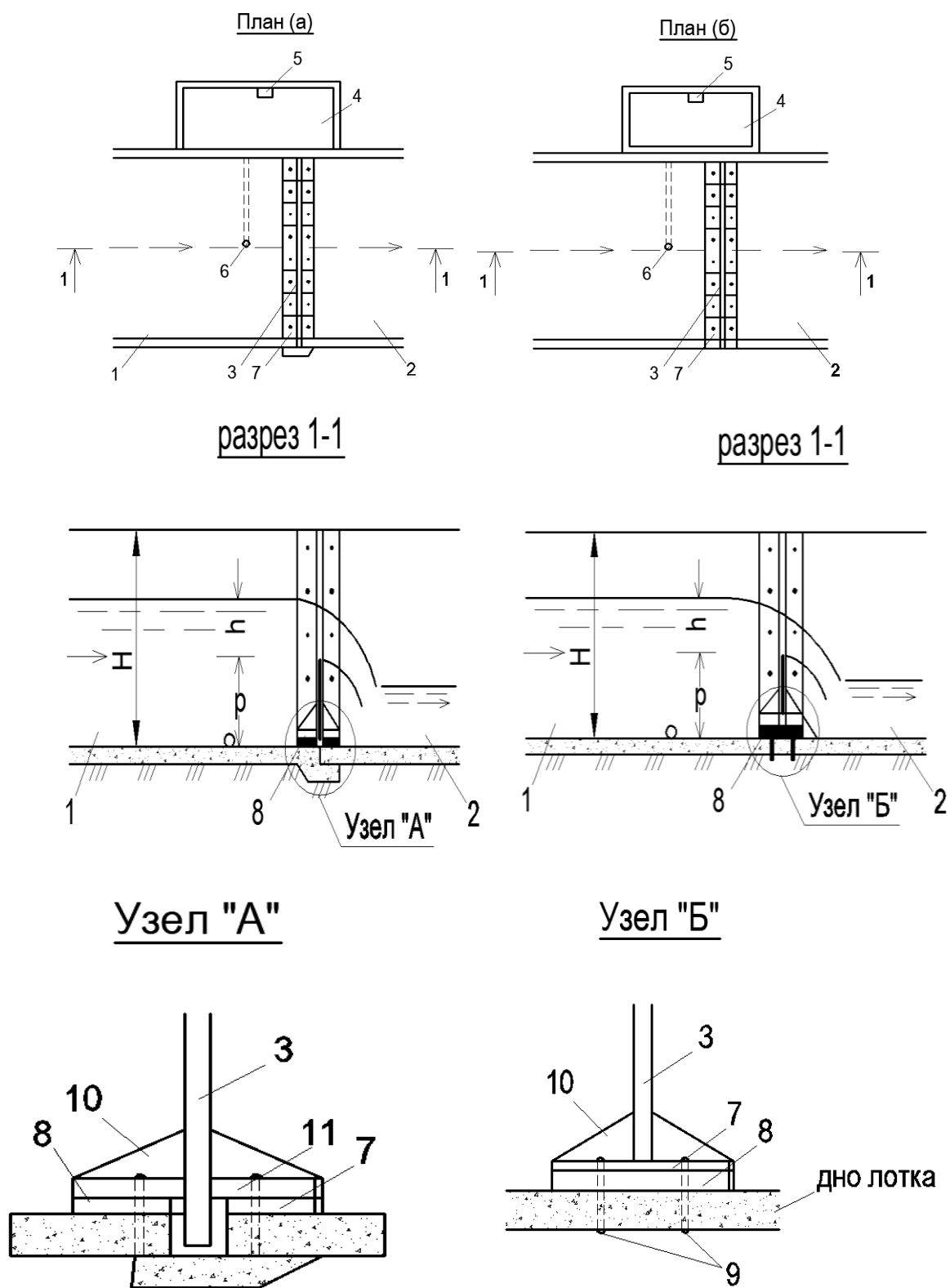


Рис. 2.28. Схемы крепления водослива на стыке между смежными лотками (а) и на самом лотке (б).

1, 2 – подводящий и отводящий участки лоткового канала; 3 – водослив;
 4 – успокоительный колодец; 5 – уровневая рейка; 6 – соединительная трубка; 7 – листовое железо; 8 – резиновая прокладка; 9 – болтовые крепления; 10 – косынки; 11 – шуруповое крепление.

- водомер должен оснащаться уровнемерной рейкой, «ноль» отметки на которой будет соответствовать отметке порога водослива;

- на измерительном участке должен устанавливаться топографический репер для контроля привязки шкалы уровнемера к условной отметке дна водотока.

Параболический водослив с тонкой стенкой устанавливается, также как и другие виды водосливов, стационарно, в этом случае полезно могут быть использованы технические решения приведенные на рис. 2.28. На этом рисунке водослив устанавливается либо на стыке между двумя смежными лотками (рис. 2.28а) или непосредственно на самом лотке (рис. 2.28б). В обоих случаях к основанию (подошве) водослива привариваются узкий (шириной порядка 250-300мм) железный лист, по краям которого предусмотрены отверстия для болтовых соединений с лотком. Для придания жесткости к водосливу, предусмотрены ряд косынок.

Могут быть приняты и другие решения. В любом случае применение бетона при установке водослива в лотке не допускается, так как это негативно может отразиться на пропускную способность водомера.

Наконец, пропускные способности всех водосливов определяются расчетным формулам, изложенным во второй главе работы.

2.5.3. Водомер типа «Насадок»

Данный водомер (рис. 2.24) разработан для применения в том случае, когда на водомере типа «фиксированное русло» возникает подпоры переменного режима течения воды. При применении его в таких условиях, он может работать:

- в свободном режиме, при котором пропускная способность водомера определяется по формуле

$$Q = la\sqrt{2gH} \quad (2.23)$$

- и подпорном режиме течения воды, при котором пропускная способность сооружения определяется по формуле

$$Q = la\sqrt{2gZ} \quad (2.24)$$

Где l и a – длина и высота водопропускного отверстия, м;

H и Z – напоры при свободном и подтопленном режимах истечения, м.

Пропускные способности водомера определяются не только теоретически, но устанавливаются и путем градуировки его по методу «скорость-площадь», при этом скорости потока измеряется при выходе его из прямоугольного водопропускного отверстия. Данный водомер находится на стадии изучения. Однако, можем отметить, что одна из его разновидность, разработанная для каналов других сечений, продолжает находить практическое применение [36, 74].

2.6. О погрешностях измерения расходов воды

Работы, проводимые на водомерных сооружениях, заканчиваются определением погрешности измеряемых расходов воды, при этом погрешность измерения не должна превышать 5%.

Относительная среднеквадратичная погрешность измерения расхода воды методом «скорость-площадь» определяется для каналов с параболическим поперечным сечением [12, 29]

$$\delta_Q = [-(\delta_v^2 + \delta_c^2 + \delta_\beta^2 + \delta_h^2 + \delta_p^2 + \delta_\Delta^2 + \delta_q^2)]^{0,5}, \quad (2.25)$$

где β – метрологический параметр, характеризующий равномерность распределения воды по длине измерительного створа, определяемый по формуле

$$\beta = n \frac{\sum_1^n q_x^2}{\sum_1^n q_x} \quad (2.26)$$

где n – число отсеков между вертикалями;

q_x - элементарный расход между соседними вертикалями.

Значение погрешности δ_q принимаются по данным следующей таблицы.

Таблица 2.12

Количество точек установки скоростного прибора на вертикали, шт.	1	2	3	4	5
Предел систематической погрешности δ_q , %	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0

Поскольку при градуировке сооружений применяются 5-ти и более точечный способ установки датчика скоростного прибора на вертикаль, то значение погрешности δ_q принимается равным единице.

Погрешности измерения расходов воды при помощи водосливов с тонкой стенкой определяются по формуле [11]

$$\delta_Q = K_t [\delta_c^2 + \delta_\beta^2 + \delta_\alpha^2 (n\delta h)^2 + (n\delta\Delta)^2]^{0,5}, \quad (2.27)$$

Приведенная погрешность измерения расхода воды на водомерах типа «прямоугольный насадок» определяется по формуле [42]

$$\delta_Q = K [\delta_c^2 + \delta_w^2 + (n\delta h)^2 + \delta_v^2]^{0,5}, \quad (2.28)$$

Обозначение частных погрешностей и допускаемые их значения при измерении расходов воды приведены ниже.

Таблица 2.13

Обозначения частных погрешностей	Характеристика частных погрешностей	Минимально допустимые значения частных погрешностей, %
δ_Q	Относительная среднеквадратичная погрешность измерения расхода	5,0
δ_v	Относительная погрешность средства измерения скорости	1,5
δ_c	Основная погрешность средства измерения времени	0,1
δ_β	Основная погрешность средства измерения линейных параметров	0,1
δ_h	Основная погрешность средства измерения глубины потока	1,0
δ_Δ	Основная погрешность привязки геодезических отметок	0,2-0,5
δ_q	Погрешность, вызванная отклонениями фактического распределения скорости потока на вертикалях от вычисленной	Принимается по данным таблицы

δ_w	Относительная погрешность построения градуировочной характеристики средства измерения расхода воды	2,0
------------	--	-----

ВЫВОДЫ

1. Из всех водомерных сооружений, разработанных применительно к параболическим лотковым каналам, приемлемым к применению является лишь водомер типа «Фиксированное русло», осуществляющий учет воды по методу «скорость-площадь». К его применению способствует и то, что он простой и на него имеются утвержденные госорганами нормативные документы. Однако, его применение ограничено трудностью определения его же пропускной способностью, так как в формуле Шези (1.2) имеется коэффициент шероховатости и нет конкретных рекомендаций по принятию его значений; если имеются, то они противоречивые и ошибочные.

2. Для определения значение коэффициента шероховатости конкретного водомера типа «Фиксированное русло» нами предложен новый способ, при помощи которого устанавливается связь между гидравлическими параметрами водного потока и шероховатостью внутренней поверхности лоткового канала.

Определение величины коэффициента шероховатости водомеров типа «Фиксированное русло» с использованием предложенного способа дало положительные результаты (таблица 2.4), так как:

- водомеры с чистой и гладкой поверхностью имеют коэффициент шероховатости 0,010-0,011;

- водомеры с тонким слоем илистых отложений или мха коэффициент шероховатости составляет 0,012.

3. Наравне с водомером типа «Фиксированное русло», для учета воды в лотковых каналах нами предложены водосливы с тонкой стенкой. Такое предложение выносится впервые и для размещения водосливов на лотковые каналы разработана компоновка водомера, приведенная на рис. 2.16, причем она

признана новой, относится ко всем типам водосливов с тонкой стенкой.

В металле были изготовлены трапецидальный водослив Чиполетти и параболический водослив с параметром $p_{\text{п}}=0,20$ м. Они легко устанавливались в стыках между секциями лотков и показывали положительные результаты.

4. При помощи трапецидального водослива Чиполетти был отградуирован параболический водослив, коэффициент расхода которого составил 0,613. С учетом этого коэффициента была уточнена формула (2.22), рекомендуемая нами для практического применения при определении пропускной способности параболического водослива при установке его на лотковых каналах оросительных систем.

5. Применительно к лотковым каналам предложен водомер типа «Насадок» (рис. 2.24), который может применяться как при свободном, так и подпорном режимах течения воды. В настоящее время он находится на стадии изучения.

6. Из трех приведенных типов водомеров, в настоящее время к широкому внедрению рекомендуются водомеры типов «фиксированное русло», «водосливы с тонкой стенкой», так как, с одной стороны, при применении – они дали положительные результаты и, во-вторых, на них имеются разрешающие к применению нормативные документы [11, 12].

При этом водомеры типов:

- «фиксированное русло» - должны размещаться на транзитных участках каналов с тем, чтобы обеспечить условие по созданию равномерного режима течения воды на измерительных участках сооружений;

- «водосливы с тонкой стенкой» - могут размещаться как на транзитных участках каналов, так и на участках, размещенных поблизости к водораспределительным сооружениям. Так, например, секции лотковых каналов, показанных на рис. 2.29а,б, могут быть оснащены водосливами с тонкой стенкой.

Такие отводы можно оснастить водосливом любого поперечного сечения, разместив его в конце лотка и закрепив показанным на рис. 2.28 способом.

а)



б)



Рис. 2.29. Отводы из параболических лотковых каналов (таких отводов встречается очень много).

3. ВОДОВЫПУСКИ ИЗ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

3.1. Требования к водовыпускным сооружениям

Как это было отмечено ранее, в республике лотковые каналы строились и строятся как в предгорной, так и в равнинной зонах – они строились и строятся как вдоль, так и поперек горизонталей. Благодаря этим, лотковые каналы имеют разные пропускные способности, разные уклоны и наполнения, скорости течения воды в них – разные; отличаются они и по параметрам кинетически протекаемых по ним потоков. Иначе говоря, в республике лотковые каналы имеют широкий диапазон применимости, что, естественно, положительно сказывается на доставке оросительной воды водопотребителям.

Однако, такое положение может вызвать затруднение при оснащении самих каналов сетевыми и, в частности, водовыпускными сооружениями. Чтобы такое затруднение не возникало у водовыпускных сооружений при их эксплуатации, они должны быть построены с учетом условий их работы на конкретных местностях.

Эти условия оказывают существенное влияние на конструкции и компоновки самих сооружений, что должно учитываться при проектировании и строительстве водовыпусков. В связи с этим, к водовыпускным сооружениям, предназначенным к строительству на лотковых оросительных каналах, могут быть предъявлены, с нашей точки зрения, следующие требования:

- они должны обеспечить подачу воды в отводы при различных колебаниях уровней к расходов воды в старшем канале;
- эти водовыпуски не должны вызвать резких негативных изменений гидравлических элементов потока как в пределах самих сооружений, так и в начальной части транзитных каналов;
- они должны быть простыми по конструкции и в эксплуатации, а также позволить провести очистку их при занесении наносами и забивке плавниками;

- они должны допускать возможность их производства индустриальным методом;

- было бы хорошо, что на этих сооружениях, с распределением расходов воды, как-то осуществлялся и учет воды;

- могут быть и другие требования, которые должны быть учтены при конструировании и компоновке водовыпускных сооружений и размещении их на лотковых оросительных каналах.

Ниже приводятся водовыпуски в той или иной мере разработанные с учетом этих требований.

3.2. Траншейные водовыпуски с клапанными затворами

В бытности Союза, для забора воды из лотковых каналов институтом «Гипроводхоз» (Москва) был разработан типовой проект в соответствии с которым водовыпуск состоял из траншеи и трубчатых отводов, оснащенных во входе клапанными затворами. При этом водовыпуски имели следующие параметры: ширина траншеи – 0,7-1,1м; длина – 1,0-1,6м; диаметры отводящих труб – 279-368мм; глубина траншеи составляла более 1,0м.

В нашей республике траншейные водовыпуски по этому типовому проекту строились массово – ими оснащались и каналы со спокойным, и каналы с бурным, и каналы со сверхбурным режимами течения воды.

Следует отметить, что не учет особенностей режимов течения воды в лотковых каналах приводил к различным и, порою, к нежелательным негативным последствиям. Так, изучение эксплуатационных показателей построенных в республике траншейных выпусков показало, что [68]:

- работа этих сооружений характеризуется положительно только на лотковых каналах со спокойным режимом течения воды (при скоростях менее 1,0м/с), так как в этом случае вода практически полностью поступает в траншею и этим обеспечивается подача необходимого количества воды в отводящие (трубчатые) водотоки;

- при размещении водораспределителей на лотковых каналах с бурным и сверхбурным режимами течения воды (при скоростях 1,0-

3,0м/с и более) в пределах этих сооружений появляются ряд нежелательных гидравлических явлений (рис. 3.1) как, например, фонтаны водного потока в конце сооружений, выбросы потока за борта водотоков, сбойные течения воды транзитных каналах и др, что является результатом набегания бурного потока на низовую стенку траншеи водоприемника;

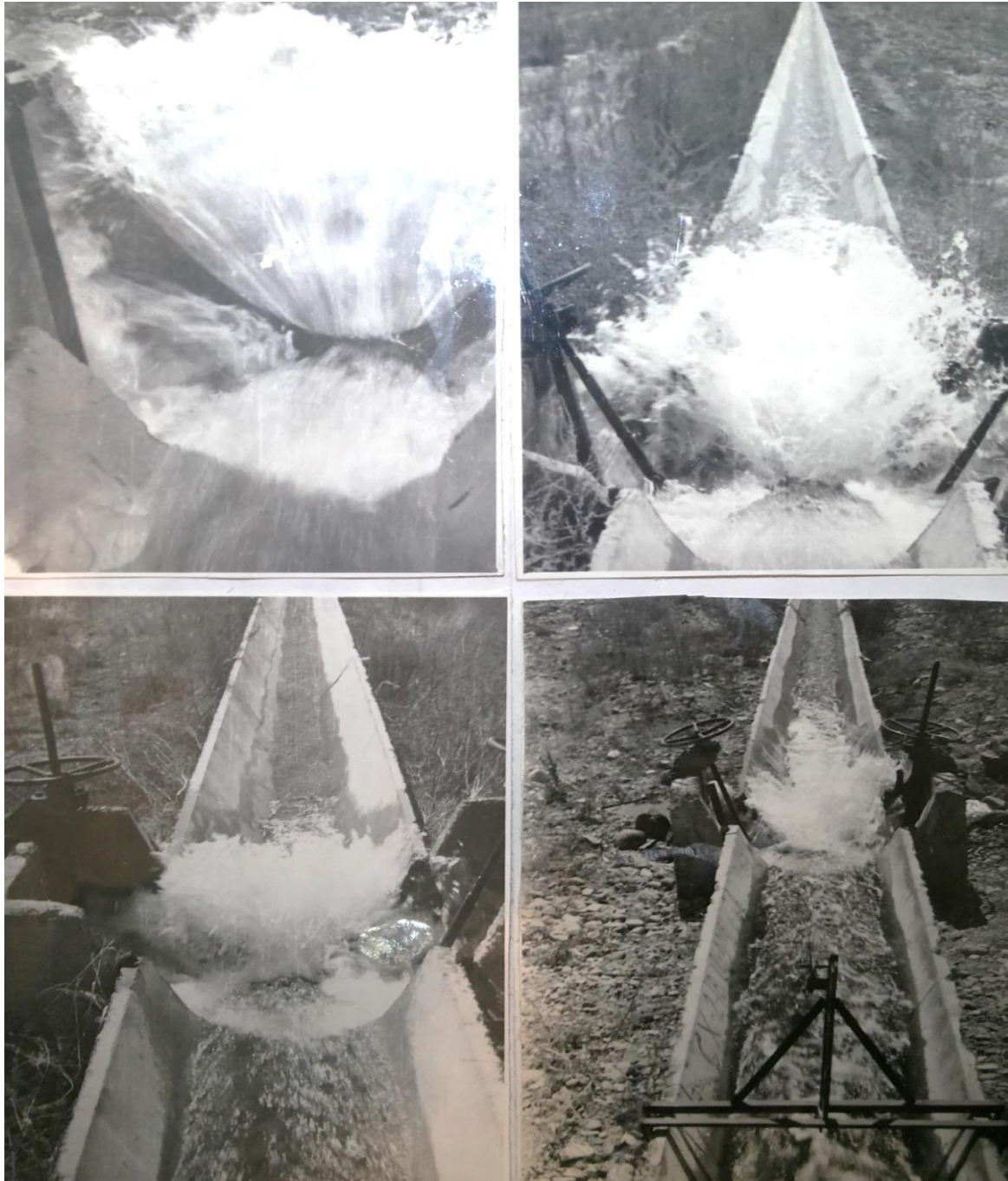


Рис. 3.1. Особенности работы водовыпусков, построенных на лотковых каналах с бурным и сверхбурным режимами течения воды.

- самым опасным при траншейных водовыпусках является то, что при бурных и сверхбурных потоках эти сооружения не обеспечивают подачу воды в отводы в требуемом количестве, так как основная ее масса проскакивает через водовыпуски, не попадая в траншею водоприемников. В таких случаях для забора воды из лотковых каналов в самих водотоках устраивают временные запруды (рис. 3.2) приводящие к большим потерям воды из-за образования выбросов воды через борта сооружений.

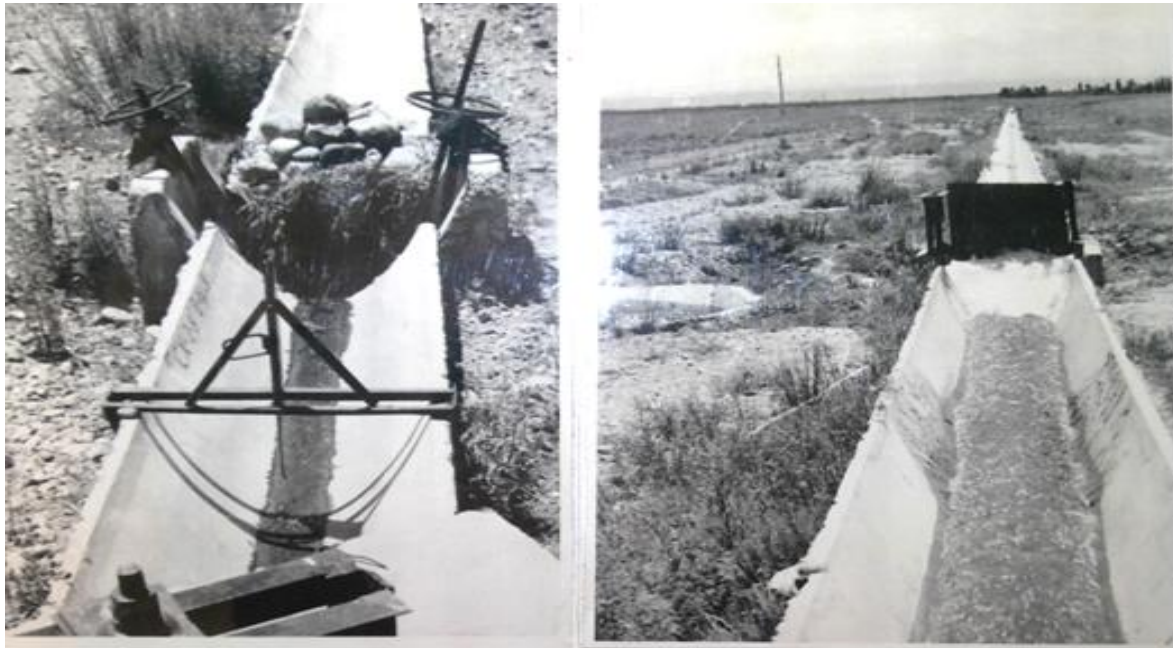


Рис. 3.2. Временные запруды, устраиваемые на быстротечных лотковых каналах.

Полученные результаты исследований по изучению эксплуатационных показателей траншейных водовыпусков показали, что рассматриваемые водовыпуски в первоначальном виде (то есть по типовому проекту) могут применяться только на лотковых каналах со спокойным режимом течения воды, то есть при скоростях потока в основном менее 1,0м/с (таких сооружений – много, эксплуатационные их показатели – характеризуются положительно [68]).

Полученный результат – понятен. Но что нужно делать с теми водовыпусками, построенными на каналах с бурным и сверхбурным режимами течения воды. Ведь, они были построены по тем же типовым проектам. В 1970-1975 и последующие годы – их

запроектировали много, в те же годы их и строили; построенные водовыпуски вместе самими же лотковыми каналами были сданы в эксплуатацию. И что же дальше?

А дальше то, что показано на рис. 3.1, на котором показана работа действующих водовыпусков, и на рис. 3.2, на котором с помощью запрудов осуществляется подача воды в отводящие трубы.

Такая же ситуация имело место и на лотковых оросительных каналах ($i \geq 0,03$) родного села С.И. Ибраимова, когда весной 1975 года один из ГИПов института «Киргизгипрозем», обратился к С.С. Сатаркулову с просьбой помочь наладить работу водовыпусков на указанном объекте.

С.С. Сатаркуловым были предложены решения: во входе в транзитный канал установить козырек и, второе, удлинить саму траншею.

ГИПом института «Киргизгипропроводхоз» был одобрен первый вариант, эффективность козырька была проведена на лабораторной установке, были изготовлены опытные образцы и они были установлены на водные объекты.

Проверка работу водовыпусков с козырьками на указанном объекте дала положительные результаты – резко увеличилось количество забираемых расходов воды (работали два дождевального аппарата, плюс вода шла еще на сброс).

Водовыпуск с козырьком (рис. 3.3) был признан новым (Авторское свидетельство №522304 СССР. 1976 [16]), который состоит из тех же элементов, имеющих в первоначальной его конструкции, и отличается от нее только тем, что в низовой 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.

Как это было отмечено ранее, первое испытание данного водовыпуска было осуществлено на лотковой оросительной сети родного села С.И. Ибраимова. Оно показало, что такое незначительное изменение в конструкции траншейного водовыпуска

резко улучшило его работу (рис. 3.4) устранило фонтанирование потока над сооружением и выплескивание воды за борта колодца; достигнут нормальный вход потока в транзитный канал, резко увеличилась и пропускная способность отводящих трубчатых водотоков. В последствии действующие и плохо работающие на указанной оросительной сети водовыпуски были оснащены козырьками, наладив тем самым их работу.

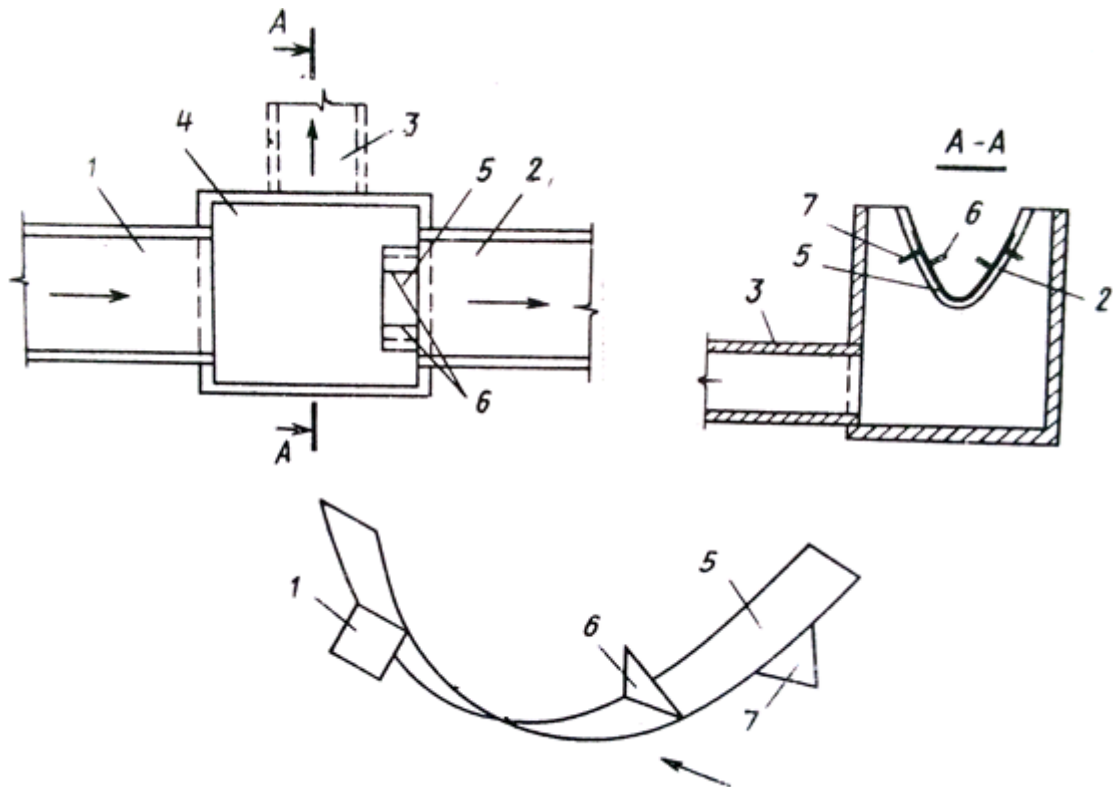


Рис. 3.3. Схема траншейного водораспределителя с козырьком:
1 и 2 – подводящий и отводящий каналы; 3 – отвод; 4 – траншея;
5 – козырек; 6 и 7 – струенаправляющие пластины.

Кроме того, в последствии водовыпуски с козырьками 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 [71].

Можем полагать, что построенные в республике по типовому проекту водовыпуски функционируют и ныне, что на них забор воды осуществляется при помощи временных запрудных устройств

(рис. 3.2). Если в действительности имеются как – таковые, то для улучшения гидравлику потоков в пределах самих сооружений и упрощения условий забора воды из быстротечных лотковых каналов – такие водовыпуски должны быть оснащены козырьками, так, как это показано на рис. 3.3 и рис. 3.4. Это простое устройство, изготавливаемое из металлического листа толщиной 2-3 мм, резко улучшит и условий отбора воды, и гидравлику потока на самих водовыпускных сооружениях.

Козырек сам по себе имеет простую конструкцию дешевой и легко может изготавливаться в мастерских обычного типа. В процессе внедрения сооружений с козырьком, с последнего пластин 6 была убрана.

Благодаря козырьку, область применимости водовыпусков траншейного типа значительно расширилась, так они стали применяться не только на лотковых каналах со спокойным режимом течения воды, но бурным и сверхбурным.

На основании полученных материалов исследований можно сделать следующие выводы:

- построенные по типовому проекту траншейные водовыпуски работоспособны и могут продолжать применяться на лотковых оросительных каналах со спокойным режимом течения воды или, точнее, при скоростях менее 1,0 м/с;

- водовыпуски, построенные на лотковых оросительных каналах со скоростью течения воды более 1,0 м/с, должны оснащаться козырьками, чем улучшаться условие их работы.

У траншейных водовыпусков, построенных по типовым проектам, имеется еще один серьезный недостаток, который связан с клапанными затворами. Как показали исследования, при попадании в траншею булыжников и плавающих предметов эти затворы практически выходят из строя: ими не закрываются водопропускные отверстия сооружений, отламываются узлы крепления винтовых подъемников к стенам водовыпусков, сами подъемники выходят из строя. Из-за этих и других причин, осложняется процесс регулирования водоподдачи в отводящие трубчатые водотоки.

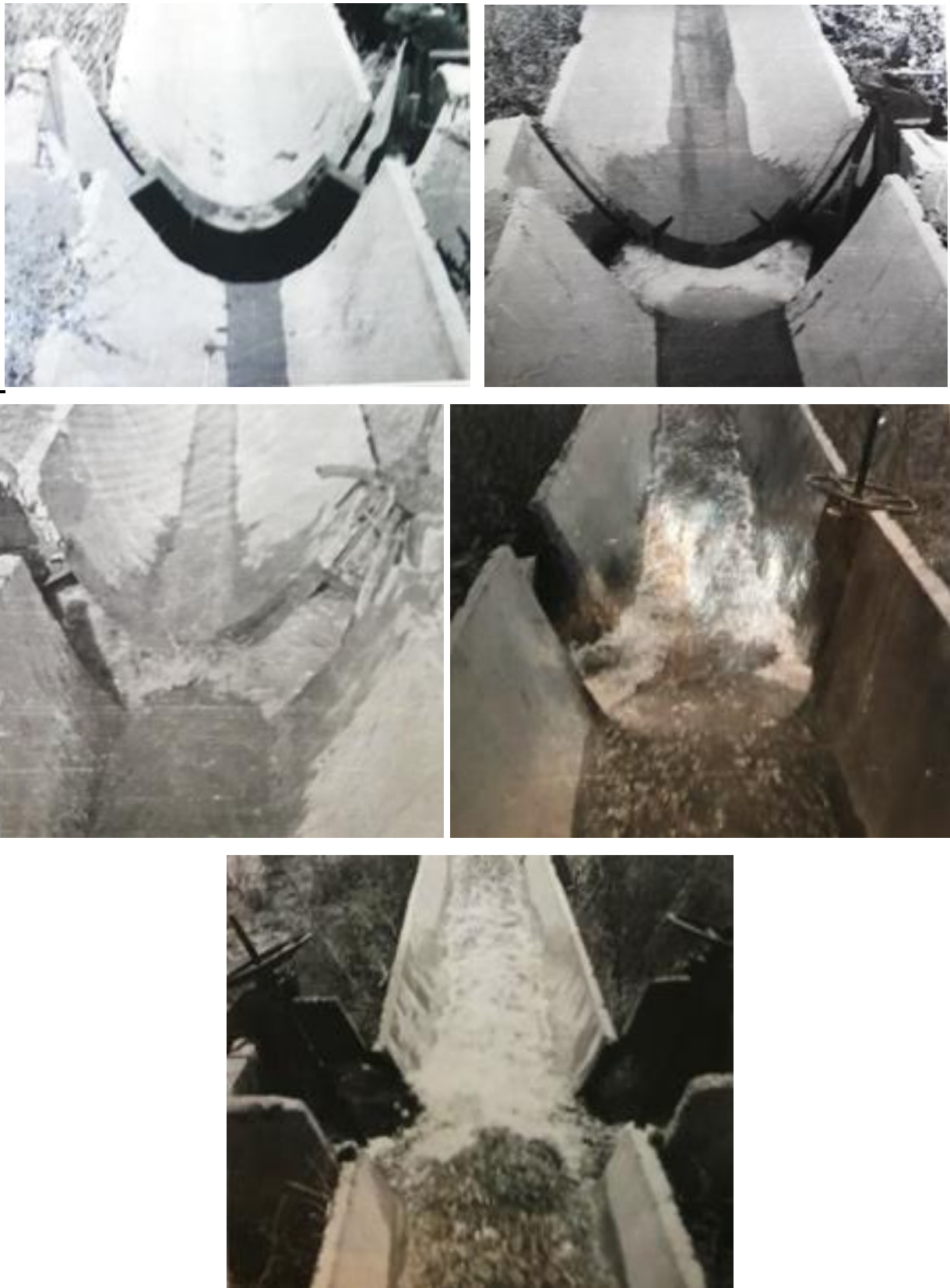


Рис. 3.4. Водовыпуски с козырьками и гидравлические режимы их работы.

Для обеспечения регулярной водоподачи из лотковых каналов в отводы проводятся частые работы по:

- очистке траншеи от булыжников и плавающих предметов;
- налаживание работы клапанных затворов.

Из всех текущих ремонтных работ, самым тяжелым, пожалуй, является восстановление вышедших из строя узлов крепления винтовых подъемников к стенкам водовыпусков. Как показала практика, эти узлы не восстанавливаются, а если восстановить, то практически сразу же разрушаются. Из-за этих трудностей, регулирование водоподдачи в трубчатые отводы осуществляется в большинстве случаев при помощи мешков с песком. Этому способствует и то, что водовыпуски часто оголяются от металла для его реализации с личной наживой.

Регулирование водоподдачи клапанными затворами должно осуществляться при чистых (от камней и плавающих предметов) водоприемных траншеях. Если этого не будет, то клапанные затворы траншейных водовыпусков лучше всего заменить на обычные плоские щиты.

3.3. Удлиненные траншейные водовыпуски с плоскими затворами

К недостаткам траншейных водовыпусков, построенных по типовым проектам, известно, относятся то, что:

- длина траншеи принимается без учета скоростей потока не подходе их к сооружениям, благодаря чему при больших скоростях течения воды – в пределах водовыпусков и в головной части транзитных каналов возникает ряд нежелательных гидравлических явлений (рис. 3.3), негативно влияющих на эксплуатационные их показатели;

- клапанные их затворы часто выходят из строя, осложняя тем самым процесс регулирования водоподдачи в трубчатые отводящие водотоки;

- траншеи выполняются весьма глубокими, чем осложняется очистка их от попавших в них наносов, плавника и других – даже предметов хозяйственного назначения.

Первый из этих недостатков был устранен применением козырька (рис. 3.3), но этим не были улучшены эксплуатационные

показатели водовыпусков полностью, так как два последних недостатка остались в силе. Надо было устранить и их.

При такой ситуации, в целях совершенствования конструкций траншейных водовыпусков, научно-исследовательские работы были продолжены, причем они проводились по договору с институтом «Киргизгипроводхоз».

На основе приведенных исследований были предложены [104]:

- водоприемную траншею выполнить более длинной, и менее глубокой, причем длина траншеи должна определяться по методике, учитывающей скоростных характеристик потока на подходе к сооружениям;

- клапанные затворы сооружений заменить на плоские щиты.

Испытание предложенного совершенствования проводилось на лабораторной установке, были разработаны рекомендации по конструированию, компоновке и гидравлическому расчету усовершенствованного траншейного водовыпуска. Полученные результаты отражены в научном отчете [104].

Такое совершенствование было одобрено заказчиком и принято им к внедрению. Действительно, этот траншейный водовыпуск (рис. 3.5) внедрялся, внедряется и будет внедряться и в будущем. Это объясняется тем, что он простой, удобный в эксплуатации и надежный в работе.

При этом он должен находить применение как на каналах со спокойным режимом течения воды, так и на бурных, причем на сверхбурных – во избежание нежелательных гидравлических явлений, водовыпуски могут быть оснащены дополнительно и козырьками.

Иначе говоря, в будущем лотковые оросительные каналы должны оснащаться только усовершенствованными траншейными водовыпусками с плоскими затворами.

а)



б)



в)

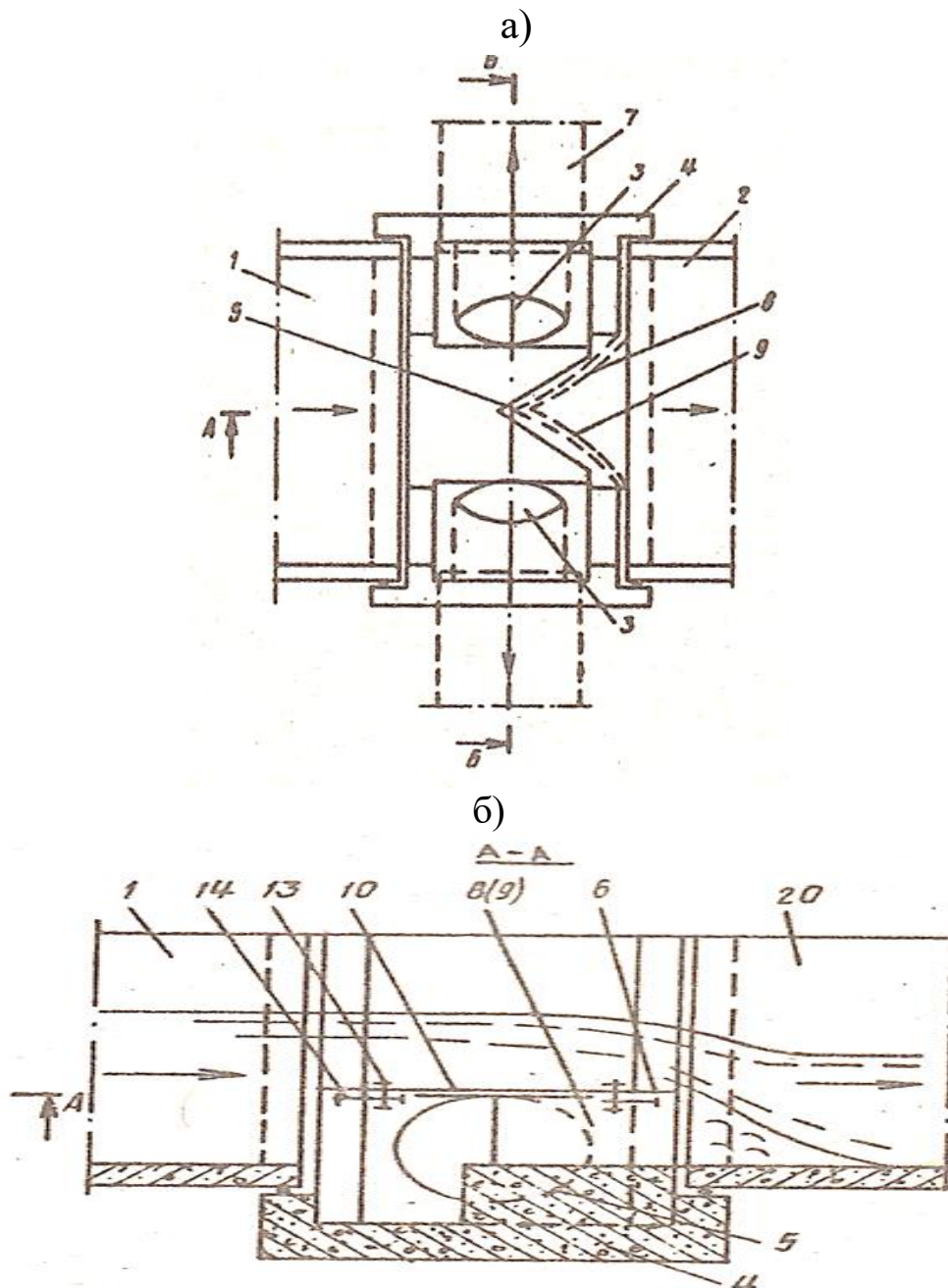


Рис. 3.5. Удлиненные траншейные водовыпуски с плоскими щитами перед трубчатым отводами воды.

3.4. Водовыпуск с донной галереей

Наконец, еще об одном усовершенствовании. Водовыпуски траншейного типа в какой-то мере имеют низкую пропускную способность, кроме того, имеются определенные трудности при их эксплуатации (например, при очистке траншеи от влекомых наносов) и расходуются ощутимые затраты на их строительстве. Все это требовало продолжения поисковой работы, и они привели к необходимости разработки более совершенной их конструкции (Авторское свидетельство №1025787. СССР. 1983 [107]).

Цель изобретения – повышение надежности работы.



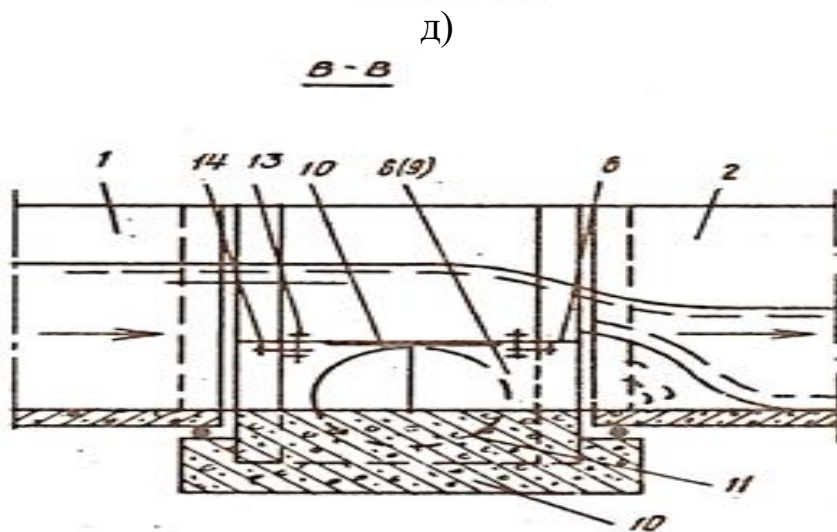
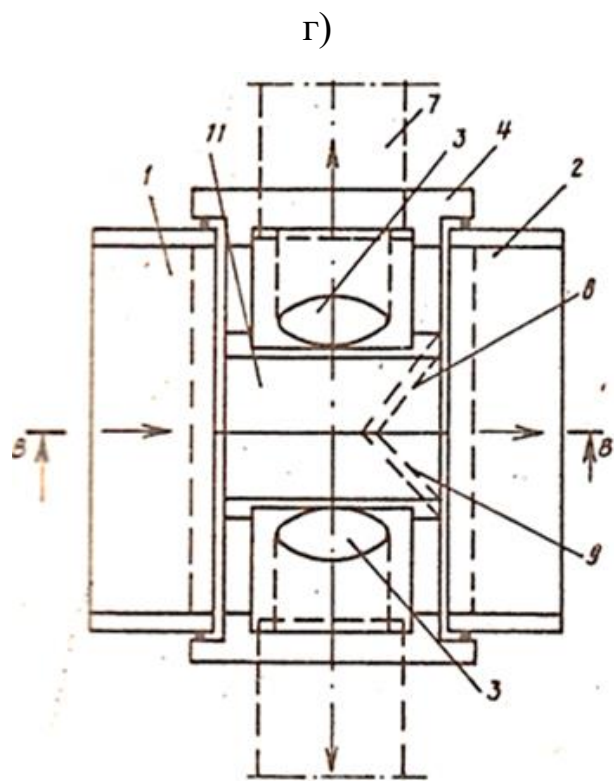
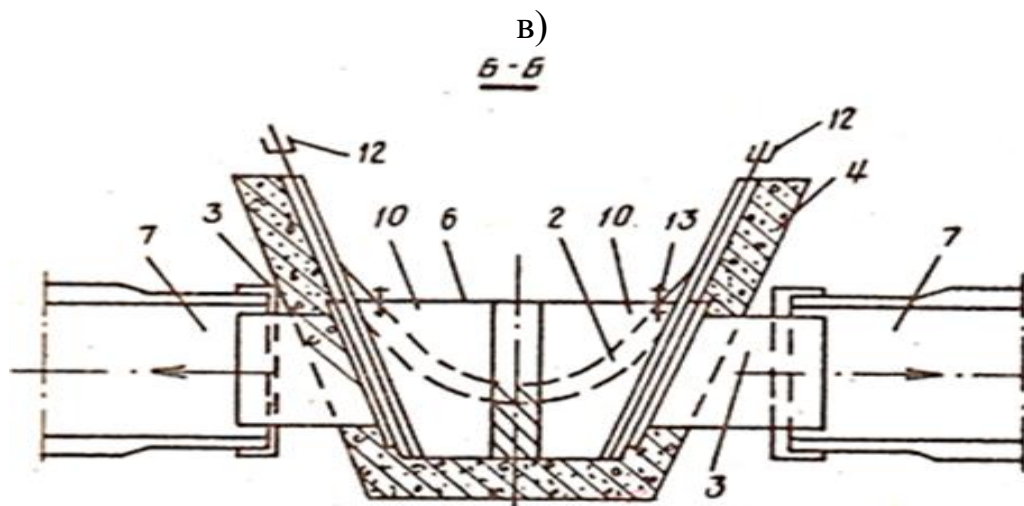


Рис. 3.6. Вододелитель для лотковых каналов.

Поставленная цель достигается тем, что колодец имеет выступ, расположенный на дне у задней его стенки, причем выступ в плане имеет форму делителя потока, а верхняя его грань находится на уровне дна транзитного канала.

Кроме того, направляющая пластина имеет на нижней плоскости продольные бортики.

На рис. 3.6а изображен предлагаемый вододелитель, вид в плане; направляющая пластина снята; на рис. 3.6б – разрез А-А на рис. 3.6а; на рис. 3.6в – разрез Б-Б на рис. 3.6а; на рис. 3.6г – вариант выполнения вододелителя с двухскатным дном колодца, вид сверху; на рис. 3.6д – разрез В-В на рис. 3.6г.

Вододелитель состоит из подводящего 1 и транзитного 2 каналов, отводящих труб 3 выполненных под углом, за подлицо боковыми стенками колодца 4. На дне колодца 4 выполнен призматический выступ 5 у расположенной задней стенки колодца 4, обращенной к подводящему каналу 1. Верхняя грань выступа 5 находится на уровне дна транзитного канала 2. Над трубами 3 установлена направляющая пластина 6, а трубы 3 соединены с отводами 7. Пластина 6 снабжена делителем потока, выполненным в виде криволинейных стенок 8 и 9, и продольными бортиками 10. Дно 11 колодца 4 может иметь двухскатный профиль (рис 3.6г и 3.6д). Оголовки труб 3 снабжены затворками 12.

Направляющая пластина 6 со стенками 8 и 9 и бортиками 10 выполнена съемной для замены на другие типоразмеры и крепится от сдвига ее потоком в боковых стенках колодца 4 при помощи металлических ограничителей-кронштейнов 13, через пластины 14 с отверстиями диаметрально отверстием пластины 6.

Вододелитель работает следующим образом.

Поток, поступающий по подводящему каналу 1, делится направляющей пластиной 6 на две части. Верхний поток проходит над пластиной 6 и поступает в транзитный канал 2, а нижний поток делится в плане стенками 8 и 9 делителя потока воды и выступом 5 на два потока, которые поступают в трубы 3.



Рис. 3.7. Новые блоки ВС и ДВС для вододелителей лотковых каналах
(на Ленинском полигоне Кен-Булунского ЖБИ).

При этом в колодце 4 наблюдается безударный гидравлический режим потоков. При изменении глубины потока в подводящем канале 1 сопротивление потоку делителя и выступом 5 также изменяется, что способствует стабилизации расхода воды в

отводящих трубах 3. Выполнение предлагаемого устройства позволяет повысить надежность его работы.

Проведенные исследования показали, что пропускная способность нового сооружения на 30-50% больше, чем с другим водораспределителем [71, 19]. Кроме того, исследования позволили определить типоразмеры сооружения, в соответствии с которыми впоследствии были разработаны конструкции сборных блоков для индустриального их изготовления (рис. 3.7) [20].

ВЫВОДЫ

В дальнейшем водовыпуски не следует строить по типовым проектам Союзного «Гипроводхоза», а возводить их по усовершенствованным их конструкциям, приведенным на рис. 3.5 и рис. 3.6. Построенные по типовым проектам водовыпуски могут продолжаться применяться на каналах со спокойным режимом течения воды – без козырьков, а с бурными потоками – с козырьками.

Разработанные на усовершенствованные конструкции водовыпусков рекомендации по конструированию и гидравлическому их расчету получили отражения в научных отчетах, а также в публикациях [19, 20, 67, 68 и др].

Учет воды на разработанных сооружениях может вестись путем размещения в головной части транзитных лотковых каналов водомера типа «фиксированное русло», на котором вначале измеряется общий расход Q , затем, после подачи воды в трубчатый отвод, - транзитный расход Q_T ; в этом случае расход воды в отводе составит $Q_0 = Q - Q_T$. Расходы воды в отводах, при известных Q , могут измеряться и переносными водосливами [48].

Наконец, последнее: приведенные выше траншейные водовыпуски были разработаны в 1975-1985 гг, с тех пор прошло много времени. За последние десятилетия по разным проектам строятся множества лотковых оросительных каналов и водовыпускных сооружений на них. Водовыпуски строятся по различным конструкциям и компоновкам. Было бы хорошо провести

специальные научные работы по изучению эксплуатационных показателей вновь построенных водовыпускных сооружений, и, на основе анализа их работы, – рекомендовать какие конструкции можно было бы продолжать внедрять в производство.

4. ПОДПИТЫВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

4.1. Постановка вопроса

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

Эти каналы относятся к категории малых оросительных водотоков, высота их стенок составляет 40; 60; 80 и 100 см; наполнение воды в них не превышает $(0,4 - 0,6)H_{л}$, где $H_{л}$ – 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 их подпитка, причем она проводится простым сбросом воды сверху (рис. 4.1) или подачей воды сбоку (рис. 4.2 и 4.3). Естественно, такие подпитки вызывают нежелательные гидравлические явления в подпитываемых каналах, ухудшая одновременно и пропускные их способности.

При появлении необходимости в подпитке, к подпитывающим сооружениям могут быть предъявлены, следующие требования [25, 26, 81]:

- обеспечение слияния потоков без образования сбойных течений в транзитном канале и переливания воды через борта как водотока, так и самого сооружения;

- соединение потоков без значительного гашения кинетической энергии воды, протекающей в подпитываемом канале;



Рис. 4.1. Подпитывающее сооружение на оросительной системе р.Исфара.

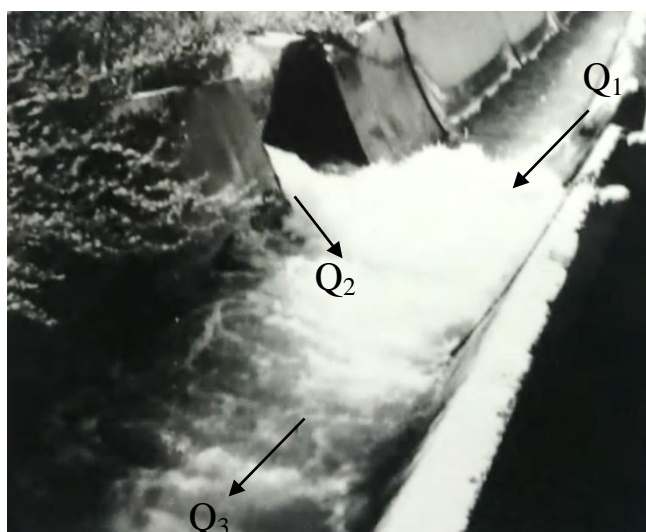


Рис. 4.2. Подпитывающее сооружение на лотковой сети системы р.Ала-Арча.



Рис. 4.3. Подпитывающее сооружение на лотковом канале Фрунзенского рыбхоза (в настоящее время этот канал не используется по своему назначению). 1 – подпитываемый лотковый канал; 2 – подпитывающий водоток прямоугольного поперечного сечения; 3 – колодец-гаситель.

- сооружения должны быть конструктивно простыми, дешевыми и удобными в эксплуатации.

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

4.2. Подпитывающие сооружения

При появлении в этом необходимости, подпитка лотковых каналов из других аналогичных водотоков осуществлялась как это отмечалось ранее, простым сбросом воды сверху лотков и боковым слиянием потоков.

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.

Плавное соединение потоков в каналах параболического сечения, как это рекомендовано в [81], можно осуществить с помощью компоновок подпитывающих сооружений, приведенных на рис. 4.4.

Эти сооружения состоят из подпитывающего канала 1, оканчивающего колодцем-гасителем 2, который через донное водопропускное отверстие 3 (рис. 4.4а,б,в,г) или водопроводящие трубы (рис. 4.4е, 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. 4.4в,ж) или диафрагма (рис. 4.4г,з).

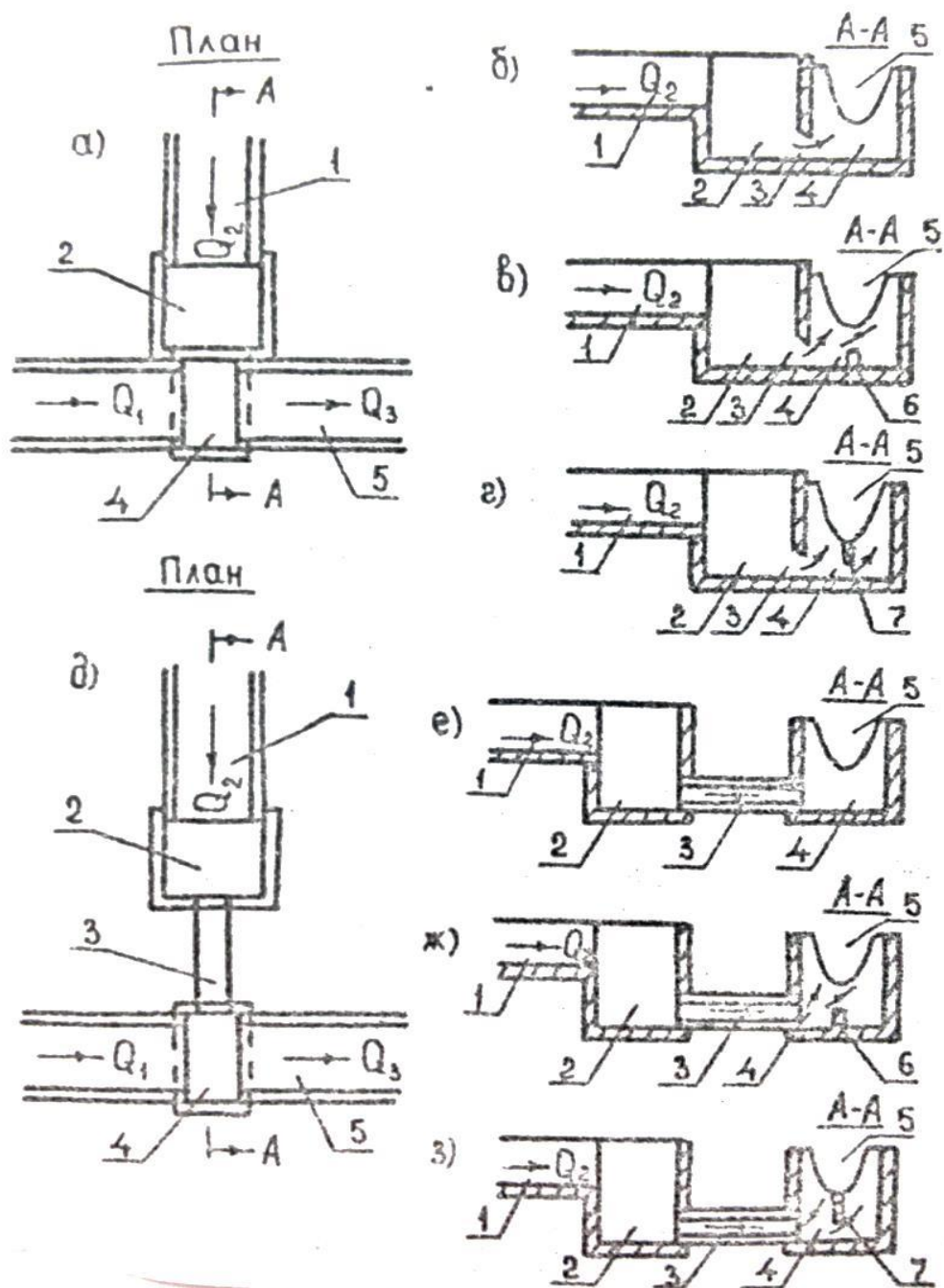


Рис. 4.4. Подпитывающие сооружения для соединения потоков в быстротечных лотковых каналах.

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

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. 4.4а,б,в,г) или водопроводящей

трубы (рис. 4.4д,е,ж,з) поступает в соединительный колодец 4. В последнем происходит слияние потоков.

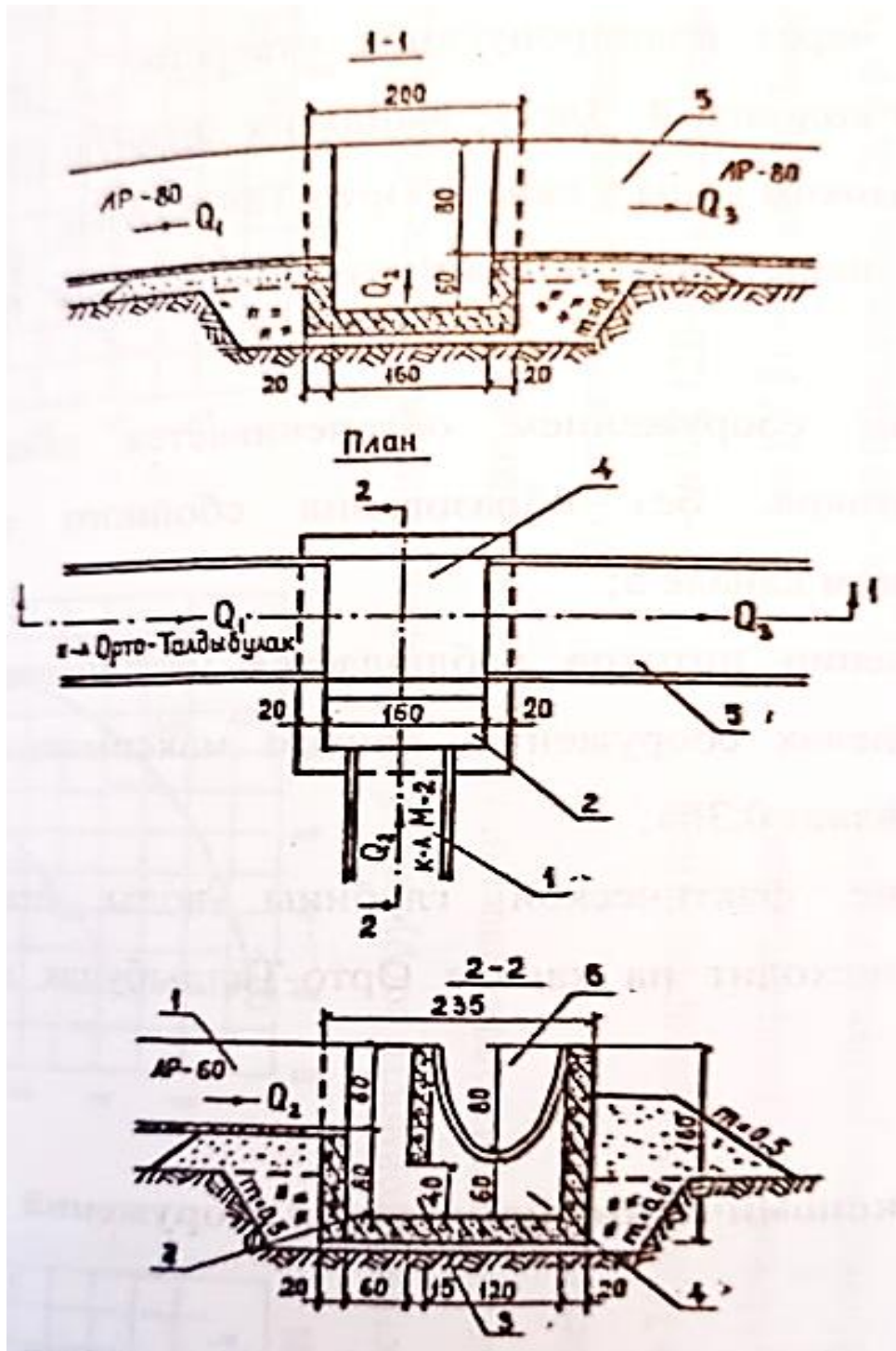


Рис. 4.5. Подпитывающее сооружение на канале Орто-Талдыбулак.

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 и 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 [26]. Ниже приводятся эксплуатационные показатели одного сооружения, подтверждаемые работой других [26].

Сооружение на канале Орто-Талдыбулак (рис. 4.5) системы реки Орто-Талдыбулак построено по компоновке, показанной на рис. 4.4а,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 [25, 26, 81], 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.

Работа данного подпитывающего сооружения оценивается положительно.

Условия работы приведенного на рис. 4.3 подпитывающего сооружения будут улучшены, если оно будет реконструировано по одной из схем на рис. 4.4, то есть предусмотрев второй колодез-гаситель в конце подпитывающего канала.

На разработанные сооружения имеются рекомендации по их проектированию, получившие отражения в [80, 81] и вошедшие в [105], которые полезно могут быть использованы в практических работах.

Следует отметить, что и подпитываемые, и подпитывающие лотковые каналы имеют различные режимы течения воды, отличаются они и по параметрам, и по пропускным способностям. Всем этим, естественно, определяется то многообразие лотковых каналов, для каждого из которых, возможно, может быть разработана конструкция подпитывающего сооружения, обеспечивающего соединение потоков без образования сбойных течений и других нежелательных гидравлических явлений.

Что же касается учета воды на разработанных сооружениях, то он может вестись путем размещения водомерных сооружений в конце подпитывающих каналов и в головной части транзитных подпитываемых лотковых каналов.

5. ПОВОРОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

5.1. Постановка вопроса

В связи с освоением новых земель и переустройством существующих оросительных систем, построенных в горно-предгорной зоне, в республике построено множество лотковых оросительных каналов, с различными режимами течения воды – от спокойного до бурного и сверхбурного. Такие режимы течения воды в каналах накладывает определенный отпечаток на конструкции сетевых, в том числе 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 оснащаются множеством поворотных сооружений. При этом установлено, что на оросительных системах республики практическое применение получили повороты «по дуге круга» или «по заданному радиусу закругления». Однако, если такие повороты пригодны к каналам со спокойным режимом течения воды (со скоростью менее 1,0 м/с), то они не пригодны к каналам с бурным и сверхбурным режимами течения воды.

Еще: в условиях горно-предгорной зоны республики, где массивы орошения имеют самую разнообразную (в том числе неправильную) конфигурацию, повороты каналов с бурным режимом течения, с нашей точки зрения, рационально осуществлять и по ломанной в плане линии, что придает земельным массивам необходимую форму, повышает коэффициент земельного использования. Однако, на практике, поворот канала по этому принципу не получили должного развития, что объясняется отсутствием требуемых конструкций, обеспечивающих проток воды без сбойного течения и пропуск заданных расходов воды без снижения пропускных способностей самих сооружений.

Изложенное объясняется, по всей вероятности, тем, что разработка поворотных сооружений для лотковых оросительных каналов до настоящего времени не стоял так остро, как сейчас.

В настоящее время, когда стали строить множество лотковых оросительных каналов, по тем или иным причинам, стали строить и поворотные сооружения, большинства которых работают не так, как этого не хотелось бы. Они не отвечают предъявленным к ним требованиям, и тем самым осложняют эксплуатацию лотковых оросительных каналов, на которых они сами построили. Эти требования, с нашей точки зрения, следующие:

а) обеспечение поворота потока с различными степенями бурности без:

- выплескивания воды через борта вогнутого и выпуклого берегов сооружения;

- образования сбойного течения воды как на самом сооружении, так и в отводящем канале;

- снижения пропускной способности самого сооружения;

б) осуществление поворота потока под различными углами и, в том числе, под углом 90° ;

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

г) обеспечение экономичности и простоты конструкции, удобства в эксплуатации, надежность в работе.

Следует отметить, что эти требования применительно к поворотным сооружениям на лотковых оросительных каналах сформулированы впервые и они могут быть уточнены в процессе проведения специальных научно-исследовательских работ.

5.2. Сооружения на каналах со спокойным режимом течения воды

Как это отмечалось ранее, на лотковых оросительных каналах республики получили к применению повороты «по дуге круга». Обследование работы таких сооружений показывает, что применение этих сооружений оправдывается только на каналах со спокойным режимом течения воды, то есть при скоростях, не превышающих 1,0 м/с. При таких скоростях поворот потока

осуществляется плавно, пропускная способность водотоков заметно не уменьшается.

При этом радиус закругления поворота на таких сооружениях должен быть достаточно большим.

5.3. Сооружения на каналах с бурным режимом течения воды

Не думая о последствиях, повороты «по дуге круга» стали применять и на лотковых оросительных каналах с большими уклонами, сопровождаемыми с большими скоростями течения воды. При этом на таких сооружениях с повышенными скоростями течения воды появляются те негативные гидравлические явления (рис. 5.1), 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.



Рис. 5.1. Поворотные сооружения «по дуге круга» на каналах с бурным режимом течения воды.

Иначе говоря, к недостаткам таких сооружений относятся сбойные течения воды как в пределах поворотов (рис. 5.1), так и в отводящих от них 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 строительства поворотов по ломанной в плане линии (рис. 5.2-5.4), с размещением дна подводящей и отводящей секции лотковых каналов на одной отметке. При этом такой поворот осуществляли при помощи колодцеобразного в плане монолитного сооружения без углубленного дна, то есть его дно соответствовало отметкам дна подводящей и отводящей секций лотков.

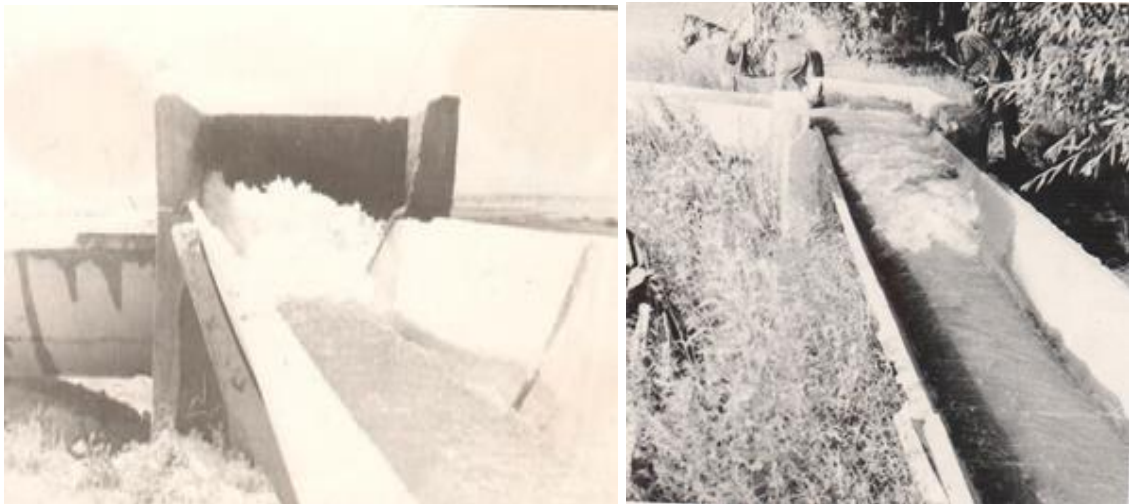


Рис. 5.2. Ломанные в плане поворотные сооружения на быстротечных лотковых каналах.

Режим течения потоков на этих сооружениях свидетельствует о том, что принятая при проектировании данных сооружений конструкция не отвечает предъявляемым к ней требованиям, а потому в дальнейшем она не должна применяться в проектных разработках.



Рис. 5.3. Ломанные в плане поворотные сооружения на быстротечных лотковых каналах.

На этих сооружениях и, в частности, в пределах колодцеобразного в плане элементов, 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, работники службы эксплуатации вынуждены были перекрывать их лотками (рис. 5.3) или плитами. Однако, эти действия не приводили к восстановлению пропускной способности лотковых каналов на их поворотах.



Рис. 5.4. Поворотное сооружение на одном из водотоков Фрунзенского рыбхоза. 1 – подводящий водоток прямоугольного сечения; 2 – колодцеобразный элемент сооружения; 3 – отводящий лотковый канал.

В принципе на быстротечных лотковых каналах повороты могут быть выполнены и по дуге круга, и по ломаной в плане линии. При осуществлении как первого, так и второго поворотов, с нашей точки зрения, придется применять перепады с колодцами-гасителями, при помощи которых осуществляются гашение кинетической энергии подводящего (бурного) потока и подача

успокоившегося потока в отводящие каналы, в том числе в каналы с поворотами.

Предложенные на рис. 5.5 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.

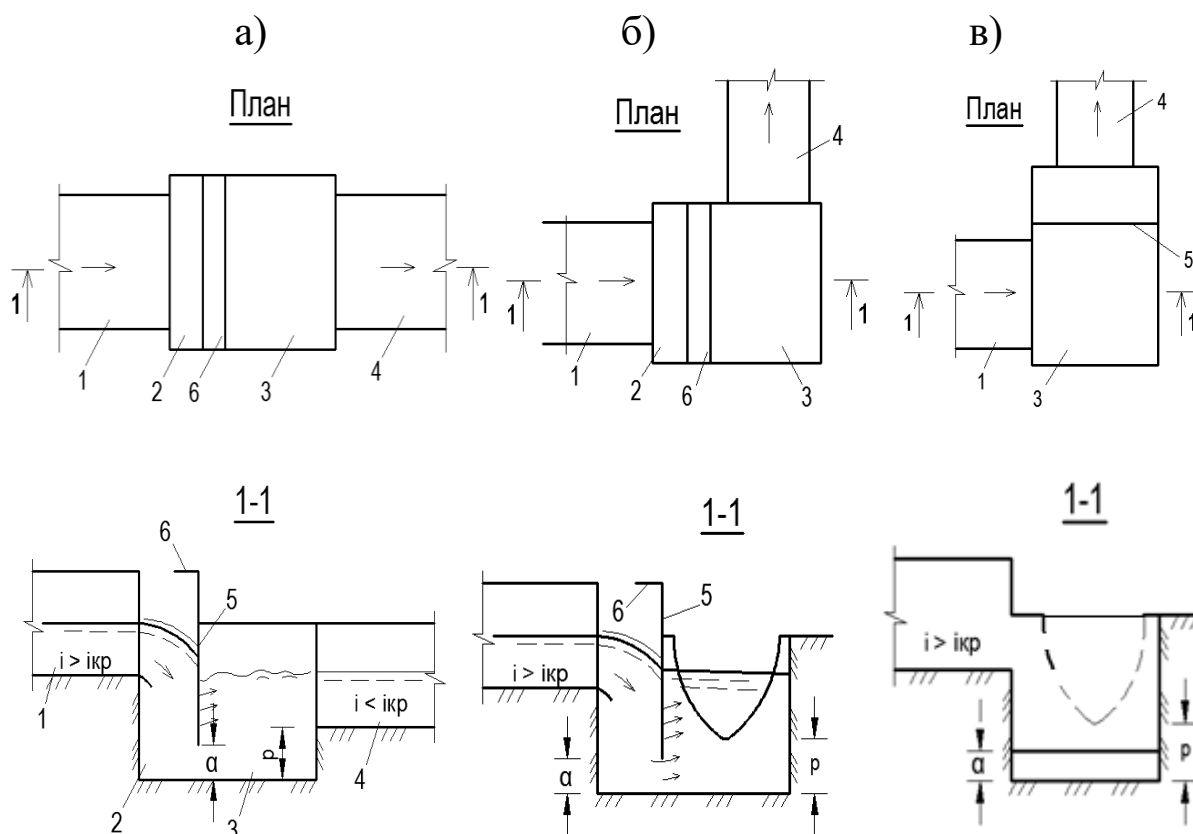


Рис. 5.5. Схемы поворотных сооружений на лотковых каналах. 1 – канал с бурным режимом течения воды ($i > i_{кр}$); 2 - перепад; 3 – колодец-гаситель; 4 – канал со спокойным режимом течения воды ($i < i_{кр}$); 5 – водоотбойная стенка; 6 – козырек.

На рис. 5.5а – поворот будет осуществляться по радиусу закругления (по кривой), при этом началом кривой может служить как конец колодца-гасителя, так и 1-2 секций лотка, установленного

за ним. В любом случае режим течения воды в отводящем лотковом канале будет спокойным ($i < i_{кр}$), что позволит без опасения осуществлять такие повороты и пропускать расчетные расходы воды. Схема на рис. 5.5б и 5.5в предназначены для поворота потока на угол 90° , на них, благодаря перепаду и колодца-гасителя, режим течения воды в отводящих каналах устанавливается спокойным ($i < i_{кр}$).

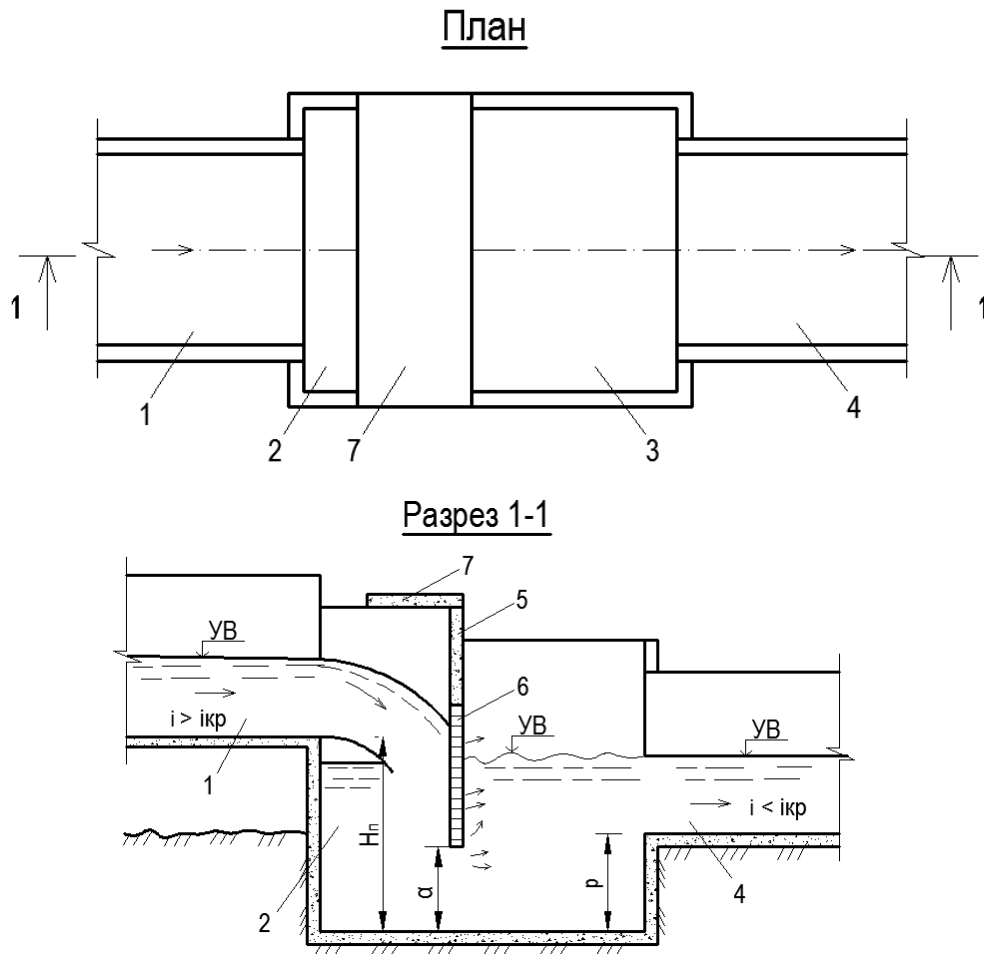


Рис. 5.6. Схема применения колодца-гасителя для гашения кинетической энергии потока в лотковом канале (на этом сооружении поворот потока осуществляется по радиусу закругления). 1 – канал с бурным режимом течения воды; 2 – перепад; 3- колодец-гаситель; 4 – канал со спокойным режимом течения воды; 5 – струеотбойная стенка; 6 – сквозная часть стенки; 7 – козырек.

На рис. 5.6 приведена более детализированная схема поворотного сооружения, предназначенного для поворота потока по радиусу закругления, то есть, по кривой.

Следует отметить, что предложенные на рис. 5.5 и 5.6 схемы поворотных сооружений устранят выплескивание воды из колодца - гасителя и отводящего канала, обеспечат плавный отток воды. По этим схемам поворот лоткового канала можно осуществить и по радиусу закругления, а по схемам на рис. 5.5б и 5.5в – по ломанной в плане 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 и 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. 5.7 (Авторское свидетельство №546674 СССР. 1974 [55]) компоновка, состоящая из подводящего лотка 1, опорной плиты 4, крышек 5 и 6. 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.

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.

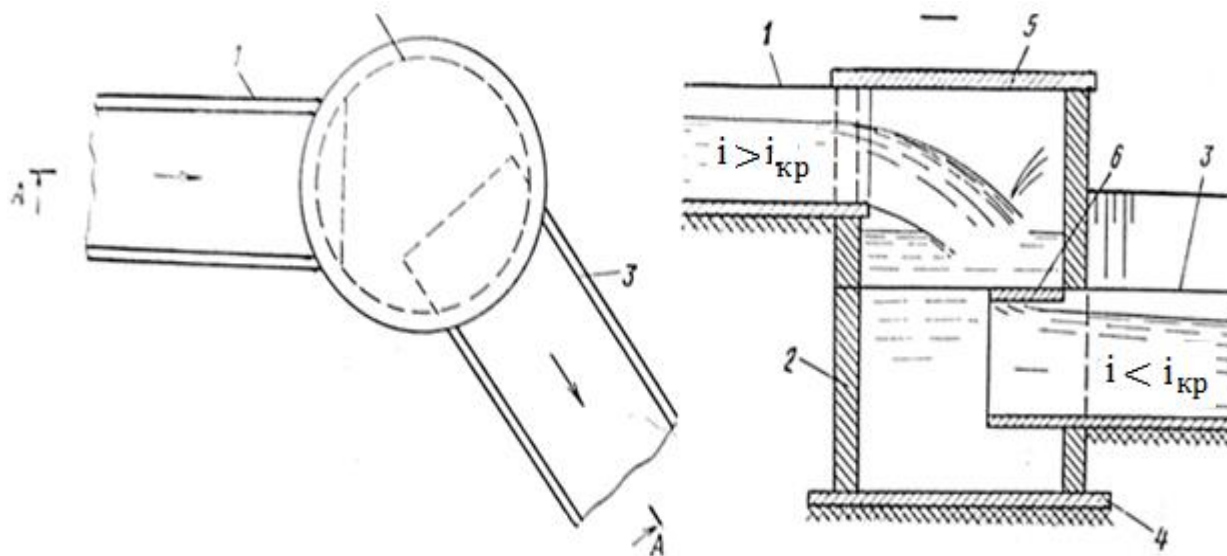


Рис. 5.7. Унифицированное поворотное сооружение для лотковых каналов с бурным режимом течения воды.

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

Выше приведенные конструкции поворотных сооружений рекомендуются к применению, естественно, на вновь строящихся быстротечных лотковых каналах.

Если поворотные сооружения по радиусу закругления уже функционируют и на них имеются сбойное течение, как это

показало на рис. 5.1, то что с такими сооружениями делать, как устранить сбойное течение на них, как повысить пропускную способность лотковых на их поворотах. При этом все это должно быть выполнено, естественно, без реконструкции действующих сооружений. Следует отметить, что решение этой задачи вообще-то трудно выполнимо, но, все-таки, необходимо попытаться ее каким-то образом решить, ибо решение этого вопроса облегчит задачу эксплуатационной службы по подаче поливной воды многочисленным водопотребителям-дехканам. Учитывая важность решения этой задачи, мы попытались решить ее опять таки при помощи гасительного устройства – не стационарного, устраиваемой на участке канала перед поворотом. При помощи такого гасительного устройства гасится кинетическая энергия (скорость) подводящего к гасителю потока и непосредственно на поворотное сооружение поступает поток воды с минимальной скоростью, при которой на поворотах его сбойность должен быть устранена. Иначе говоря, гасительное устройство гасит кинетическую энергию подводящего потока практически полностью и на поворотное сооружение воды с минимальной скоростью.

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

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

Верхняя кромка щитка 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 водобойную диафрагму, зависит от высоты водобойного щитка (чем выше он, тем длиннее подпор) и уклона водотока (чем меньше уклон, тем длиннее подпор и наоборот). Высота водобойного щитка 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 работ.

Длина козырька соответствует $0,95 b$, где b – ширина по урезу воды, а ширина самого козырька - $b_k = 300$ мм. Козырек приварен к верхней кромке щитка, при этом щиток устанавливается на стыке между двумя секциями лотков.

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 3×50 мм. Решетка крепится к стенкам водотока на уровне высоты водоотбойного щитка, причем она выполняется съемной при необходимости ее ремонта.

На рис. 5.8 приведено устройство для гашения кинетической энергии потока как в плане, так и в разрезе 1-1.

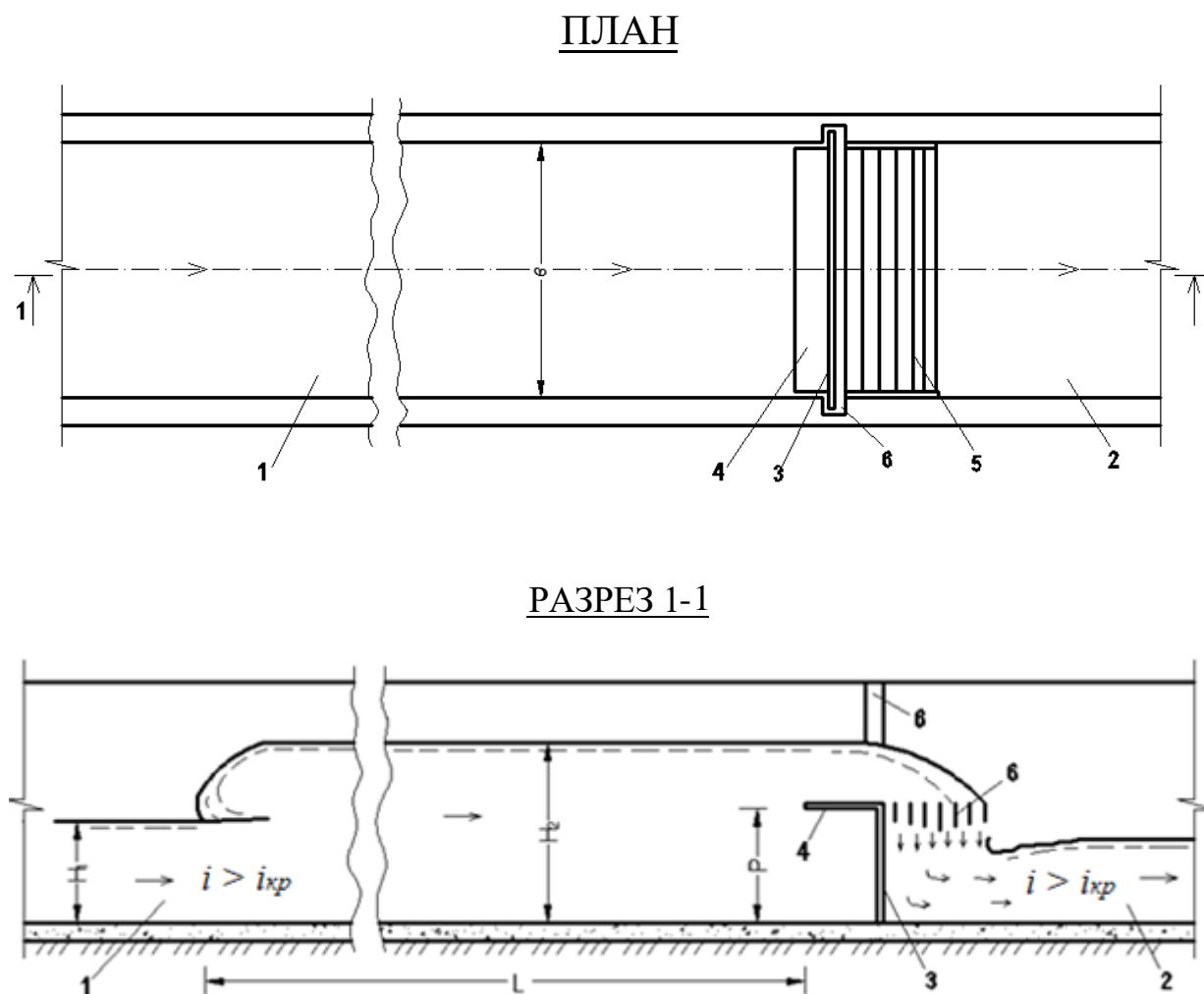


Рис. 5.8. Устройство для гашения кинетической энергии потока непосредственно в самом лотковом канале.

Устройство для гашения кинетической энергии потока содержит прямолинейных в плане участков подводящего 1 и отводящего 2 быстротечного водотока, сбойный водоотбойный щиток 3, 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, набегае

водобойный щиток 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 потоки 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 пропуска воды через водозахватную решетку. При отложении твердых составляющих (наносов) потока в верхнем бьефе, они промываются при поднятом щитке 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. При этом на криволинейный участок водотока вода поступает с минимальной скоростью, при которой не будет сбойность потока – применение этого устройство увеличит и пропускную способность водотока.

В заключение можно отметить, что:

- повороты «по дуге круга» можно осуществить только на лотковых оросительных каналах со спокойным режимом течения воды или, точнее, при скоростях менее 1,0 м/с, при этом радиус закругления должен быть большим;

- повороты «по дуге круга» категорически запрещается строить на лотковых каналах с бурным режимом течения воды, то есть при скоростях более 1,0-3,0 м/с и более;

- на лотковых каналах с бурным режимом течения можно и нужно строить поворотные сооружения, используя при этом гасительные устройства – колодцы-гасители с перепадами. На этих устройствах бурный поток на подходе к ним погасит свою кинетическую энергию и при поступлении в отводящие водотоки – примет спокойный режим, создав тем самым благоприятные

условия для поворота потока в любой заданный угол как «по дуге круга», так и «по ломанной в плане линии».

Сбойность течения воды в лотковом канале на его участке «по дуге круга» может быть устранена применением гасительного устройства на рис. 5.8, установив его на стыке между двумя секциями лотков в начале поворота. Применение этого устройства позволит увеличить пропускную способность лоткового канала на его участках с поворотами «по дуге круга».

6. УЛОВИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

В связи с освоением новых земель и переустройством существующих оросительных систем в горно-предгорной зоне, в республике построены и продолжают строиться множества быстротечных лотковых каналов параболического сечения, которые, в большинстве случаев, имеют уклоны 0,01-0,05 и более. Благодаря этому, при относительно небольших глубинах ($H_{max} = 0,20 - 0,50$ м) скорости течения воды в них составляют порядка $v_{max} = 2 - 5$ м/с и более. Такие параметры потоков наблюдаются как в лотковых каналах, трассы которых проходят по окраинам сел, так и в лотковых каналах, трассы которых проложены параллельно трассам автомобильных дорог. Иначе говоря, они доступны к широкому населению и, в первую очередь, детям. Эти каналы очень опасны для жизни случайно попавших в них живых душ (к сожалению, такое часто происходит), поскольку, при проектировании и строительстве этих каналов не предусматриваются защитные их меры. Далее: балуясь, дети бросают камни в эти лотковые каналы, которыми осложняется содержание дорогостоящих водных объектов на должном уровне. Несмотря на такие опасности, в настоящем ничего не делается для защиты живых душ и улавливания камней и других сор, оказавшихся в быстротечных лотковых каналах. Возможно, это объясняется отсутствием устройств к их применению.

Но, ведь, на быстротечных каналах строятся же траншейные водовыпуски, описанные в разделе 3 настоящей книги. Их можно было бы использовать и в качестве уловительных сооружений, но это, почему то, не делается. Чтобы использовать траншейные водовыпуски в качестве уловительных сооружений следует эти траншеи закрыть грубыми водозахватными решетками и осуществлять отбор расходов воды из лотковых каналов. В этом случае живые души, камни и другие соры задерживаются на водозахватной решетке, откуда они впоследствии удаляются.

Если по какой-то причине траншейные водовыпуски не удается использовать в качестве улавливающих сооружений, то может быть применено ниже приведенное устройство. При его разработке преследовалась задача – повышение надежности работы улавливающего сооружения за счет совершенствования его конструкций для безопасного спасения живых душ и улавливания камней и других сор, попавших в быстротечные лотковые каналы.

Поставленная задача решается тем, что в уловительном сооружении, включающем подводящий и транзитный лотковые каналы, колодец-гаситель и козырек, водоприемная траншея примыкает к колодцу-гасителю и разделена от него водоотбойной стенкой, в нижней части которой предусмотрены горизонтальная полка и отверстие для пропуска воды из колодца-гасителя в водоприемную траншею, при этом оба эти элемента сооружения на уровне дна подводящего канала перекрыты опрокидывающими в ширину верхнего бьефа решетками.

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

способность отверстие сооружения. Длина полки принимается равной $(0,3 - 0,4)l$.

Длина водоприемной траншеи принимается равной $\frac{2}{3}l$, где l – длина колодца-гасителя. 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 подводящего 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 (м);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести;

Z – разность уровней воды в колодце-гасителя 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 опрокинувающимися 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.

На рис. 6.1а приведено разработанное уловительное сооружение в плане, на рис. 6.1б – в продольном разрезе по оси лоткового канала.

Уловительное сооружение содержит быстротечный подводящий 1 и транзитный 2 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.

Уловительное сооружение работает следующим образом.

Живые души, камни и другие соры, попавшие в быстротечный лотковый канал, при подходе к уловительному сооружению выносятся бурным потоком на концевую часть водозахватной решетки 7, а сама вода, проходя через просветы этой решетки, поступает в колодец-гаситель 3, откуда – 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.

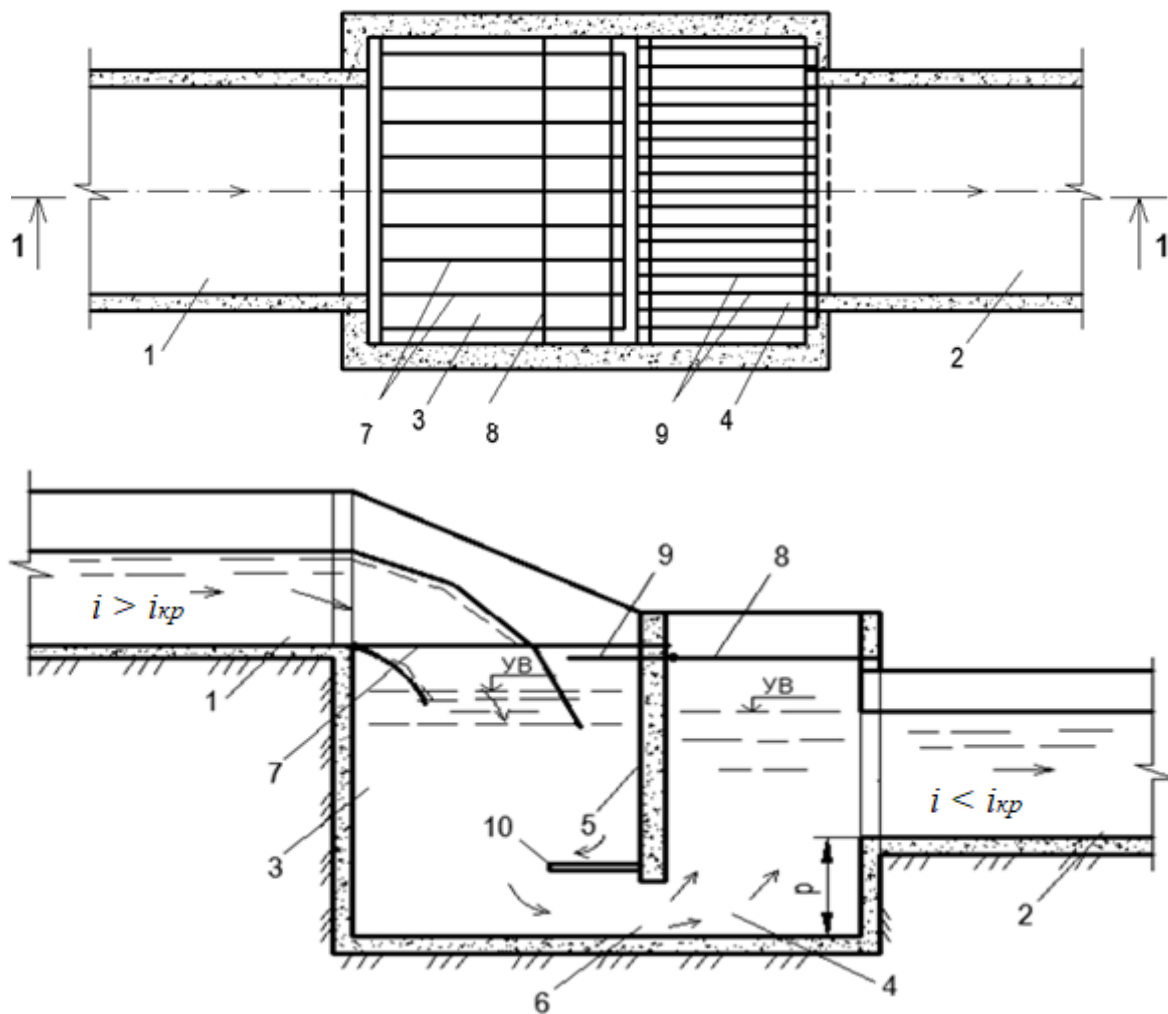


Рис. 6.1. Уловительное сооружение.

а – в плане; б – в продольном разрезе по оси лоткового канала.

Эффективность уловительного сооружения заключается в спасении живых душ, улавливании камней и других сор, в повышении надежности работы улавливающего сооружения при строительстве его на быстротечных лотковых каналах параболического сечения.

Изложенные и аналогичные им другие сооружения должны быть применены в качестве уловительных сооружений на быстротечных параболических лотковых каналах.

7. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ

С нашей точки зрения, имеются следующие возможные пути снижения стоимости строительства параболических лотковых каналов.

Путь 1. Как это отмечалось ранее, коэффициент шероховатости лотковых каналов следует принимать $n = 0,010 - 0,011$, а не $n = 0,016$ – как это рекомендуется в нормативном документе МВИ 13-10; принятие $n = 0,010 - 0,011$ позволит, с одной стороны, увеличить пропускную способность лотковых каналов и, с другой, - увеличение пропускной способности водотоков сопровождается уменьшением глубины потока, на основе которой (глубины потока), как известно, назначается высота лотковых каналов. Иначе говоря, чем меньше глубина потока, тем меньше высота лотковых каналов. Какой эффект дает замена коэффициента шероховатости с $n = 0,016$ на $n = 0,010 - 0,011$ показан в таблице 1.8.

Путь 2. В призматическом параболическом лотковом канале его высота определяется как

$$H_{\text{л}} = H_0 + H_3,$$

где H_0 – глубина потока воды при равномерном режиме истечения, с учетом его скоростного напора;

H_3 – высота лотка над уровнем воды, предварительно можно определить по данным таблицы 1.7.

Казалось бы все просто, произведи гидравлический расчет, определи глубину потока H_0 и по какому-то нормативному документу, разработанному применительно к параболическому лотковому каналу (пока его нет), прими величину H_3 ; просуммировав значений H_0 и H_3 , получи высоту лоткового канала H_d . В действительности, все это – не так-то просто. Здесь основная сложность заключается в том, что в настоящее время при строительстве применяются лотки только следующих типоразмеров: Лр-40 (стоимостью одной секции – 9660сом), Лр-60 (стоимостью 12170сом), Лр-80 (стоимостью 16170сом) и Лр-100 (стоимостью 26600сом), а такие необходимые на практике секции лотков, каковыми являются Лр-50 (примерная стоимость 10915сом), Лр-70 (примерная стоимость 14170сом) и Лр-90 (примерная стоимость 21385сом), специализированными заводами и предприятиями в Кыргызстане не изготавливаются по причине отсутствия на них заказов. Представители изготовителей лотков заявляют, что они могут изготовить такие типоразмеры лотков, каковыми являются Лр-50, Лр-70 и Лр-90, но на них не поступают заявки. Иначе говоря, они не предусматриваются в проектных разработках проектных организаций.

К чему может привести отсутствие указанных типоразмеров лотков? Естественно, к удорожанию строительства параболических лотковых каналов.

Изложенное поясним на примерах:

- при наполнении лоткового канала водой $H_0 = 40$ см можно было бы построить лотковый канал Лр-50 (примерной стоимостью 10915сом), но, из-за отсутствия таких секций, проектировщики в своих разработках предусматривают строительства водотока из Лр-60 (стоимостью секций 12170сом);

- при наполнении $H_0 = 0,55$ м лотковый канал можно было бы построить из секций Лр-70 (примерная стоимость 14170сом), но в проектных разработках рекомендуется секции Лр-80 (стоимость 16170сом).

Такие действия проектировщиков на конкретных запроектированных объектах показаны, в таблице 1.8.

Получается так: основными заказчиками типоразмеров секций лотков выступают проектировщики и именно они определяют из каких типоразмеров секций лотков будут построены те или иные лотковые каналы. Изготовители лотков, как там утверждают, в состоянии изготовить любые секции параболических лотковых каналов. Лишь бы на них были заказы, а заказчиками являются, оказываются, проектировщики.

Следует отметить, наличие таких секций лотков, каковыми являются Лр-50, Лр-70 и Лр-90, только удешевить строительства дорогостоящих водных объектов, каковыми являются, как известно, параболические лотковые каналы.

Путь 3. В нашей стране в практических целях почему-то не используются перепады с колодцами гасителями, с помощью которых, как это показано выше, можно было бы решить многие и, в том числе, проблемные вопросы. Эти перепады-колодцы, при правильном их применении, могут обеспечить и забор воды из лотковых каналов, и поворот водотока на любой заданный угол, и подпитку водой из одного водотока в другой и т.д.

Применением таких перепадов-колодцев можно создать в лотковых каналах любые режимы истечения, в том числе из спокойного в спокойный режимы. Да-да, именно, из спокойного в спокойный режимы. Для обоснования изложенного, приведем следующий пример.

Для подачи воды на орошаемые земли с. Токбай Сокулукского района построен лотковый канал из Лр-60. Трасса этого канала проложена на возвышенности, превышающей орошаемую территорию на 1,0-1,5м. Подача воды из этого лоткового канала в правый отвод осуществляется при помощи водораспределителя-тройника, оснащенного плоскими затворами. Правый отвод длиной 1800м построен из секций лотков Лр-60, при этом течение воды в нем – спокойное. Чтобы добиться такого режима истечения, в пределах орошаемой территории лотки возведены в начальной части

– на плитах и далее – на стоечных опорах (рис. 7.1). Благодаря таким техническим решениям, лотковый канал возвышается над поверхностью земли на 0,5-1,0м, иногда превышая 1,5м.

Такое возведение правого лоткового канала вызвало ряд негативных последствий, к которым можно отнести то, что:

- трубчатые водовыпуски траншейного типа (рис. 7.2) выполнялись глубокими (рис. 7.3), чем была вызвана затрата большого объема строительных материалов на их строительства;

а)



б)



Рис. 7.1. Правый отвод лоткового канала Токбай. а, б – в начальной и средней частях.



Рис. 7.2. Водовыпуск траншейного типа.

а)

б)



Рис. 7.3. Водовыпуски траншейного типа.

- затворы этих водовыпусков имеют большие габариты (особенно по высоте) металлоемкие и тяжелые; поэтому регулировать водоподачу с такими затворами очень сложно, тем более если их рама возвышается над землей на высоте 2 и более метров.

Возникает закономерный вопрос: чем было вызвано такое возведение правого лоткового отвода канала Токбай?

Ответ будет, очевидно, однозначно таким: из-за боязни возникновения нежелательных гидравлических явлений, как на водовыпусках, показанных на рис. 3.1, так и на поворотных сооружениях, приведенных на рис. 5.1 и 5.2. Такие нежелательные гидравлические явления появляются там, когда сетевые сооружения возводятся на каналах с бурным режимами течения воды, то есть на водотоках с большими уклонами дна.

Как это отмечалось ранее, режим течения воды в правом лотковом канале спокойный, что достигнуто возведением его на стоечных опорах. Благодаря такому решению, указанные сетевые сооружения работают если так выразиться – без нежелательных гидравлических явлений, но, как это было отмечено ранее, объект стал дорогим и сложным в эксплуатации.

На рассматриваемом водном объекте лучшим решением было бы то, если дно правого лоткового отвода опустить на оптимальную отметку, сохранив одновременно и его уклоны, и спокойный режим течения воды в нем.

В этом случае лотки возводились бы не на стоечных опорах, а на плитах (стоимостью 750сом), при этом замена только дорогостоящих стоечных опор (порядка 300 шт) на опорные плиты не только удешевила бы данный водный объект, но упростила бы его эксплуатацию.

Дно лоткового канала можно было бы опустить на оптимальную отметку, построив, например, на начальном участке водотока всего – на всего один перепад-колодец по приведенным на рис. 5.5а, 5.6 и 5.7 конструкциям. Эти перепады-колодцы просты по конструкции и, с нашей точки зрения, жизнеспособны.

В любом случае при применении перепадов-колодцев, они должны быть возведены правильно, причем их следует строить по конструкциям и компоновкам, разработанным применительно к тому или иному сетевому сооружению и рекомендованным к применению именно применительно к нему.

Применение перепадов-колодцев на параболических лотковых каналах позволит решить многие до сих пор не решенные задачи, экономический эффект, получаемый от его применения, будет ощутимым.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Общая протяженность лотковых каналов параболического сечения, построенных в нашей республике, составляет более 3000 км; построены они из лотков Лр-40, Лр-60, Лр-80 с параметрами параболы $p_{\text{п}}=0,20$ м и Лр-100 с $p_{\text{п}}=0,35$ м. Построены они как в предгорной, так и равнинной зонах, как вдоль, так и поперек горизонталей. Параметры потоков при уклонах каналов $i = 0,0003 - 0,050$ характеризуются так: $Q = 0,05 - 1,0$ м³/с; $H = 0,15 - 0,5$ м; $V = 0,1 - 5,0$ м/с; параметры кинетичности потока $F_r = 0,01 - 5,0$.

При качественном строительстве и правильной эксплуатации, эти каналы функционируют нормально, обеспечивая непрерывную водоподачу без ее технических потерь.

Пропускная способность лотковых каналов определяется по формуле Шези, но, при ее определении возникает трудность, которая связана с коэффициентом их шероховатости. Частичное изучение он получил на лотковых каналах в Грузии и Голодной степи Узбекистана, установленные там его значения составляли $n = 0,010 - 0,019$, что не согласуется с коэффициентами шероховатости бетонных каналов (табл. 1.5). Кроме того, они приводятся без увязки с состоянием внутренней поверхности лотковых каналов, чем осложняется применение их в практических работах.

Предложенный нами новый способ определения коэффициента шероховатости позволил установить, что:

- коэффициент шероховатости лотковых каналов, при чистой и гладкой внутренней поверхностью, составляет $n = 0,009 - 0,011$ и в среднем $n = 0,010$;

- при поверхностях, заросших мхом или загрязненных илом, коэффициент шероховатости изменяется в сторону увеличения, составляя $n = 0,012$ и более.

Полученные данные хорошо согласуются с коэффициентами шероховатости бетонных каналов, гончарных и стальных труб (табл. 1.5).

2. Проведенные исследования показали, что учет воды на лотковых оросительных каналах находится только на начальной стадии, при этом разработанные применительно к этим водотокам водомерные сооружения типов приставка «Средазгипроводхлопка», щелевой водослив ВНИИКАМС и лоток Вентури по тем или иным причинам оказались не эффективными. Из имеющихся разработок к перспективному относится только водомер типа «фиксированное русло», на котором учет воды осуществляется по методу «скорость-площадь». Однако, его трудно отградуировать по рекомендованному в нормативном документе [29] способу. Поэтому, в другом нормативном документе [12] пропускная способность водомера рекомендуется определять расчетом, приняв $n = 0,016$, что является грубой ошибкой, ибо, как показали наши исследования – коэффициент шероховатости лотковых каналов при гладких и чистых внутренних поверхностях составляет $n = 0,009 - 0,011$ и в среднем $n = 0,010$. Поскольку у водомеров типа «фиксированное русло» соблюдаются эти условия, то и коэффициент шероховатости должен приниматься $n = 0,010$.

Водомер типа «фиксированное русло» является весьма перспективным сооружением и должен найти широкие применения при учете воды в лотковых каналах.

Наравне с гидростом типа «фиксированное русло», нами впервые для учета воды в лотковых каналах предложены водосливы с тонкой стенкой, при этом могут быть использованы все их разновидности – треугольные, трапецеидальные с углом наклона

$\beta = 14^\circ$, прямоугольные и параболические водосливы. Этому способствует то, что почти все действующие лотковые каналы работают неполным наполнением ($H \leq 0,5H_{л}$, где $H_{л}$ – высота лотка).

Для размещения водосливов на лотковые каналы была разработана компоновка сооружения (рис. 2.16), признанная новой[15].

Водосливы могут выполняться переносными или стационарными, в последнем случае водомеры могут оснащаться успокоительными колодцами и уровнемерными рейками.

Недостаточно была изучена пропускная способность параболического водослива. Нам, благодаря его градуировки при помощи трапецеидального водослива с $\beta = 14^\circ$, удалось определить ее коэффициент расхода и рекомендовать уточненную формулу для расчета пропускной способности параболического водослива.

Разработан новый тип водомера для лотковых каналов – прямоугольный насадок (рис. 2.24), при помощи которого замеры расходов воды могут осуществляться как при свободном, так и при подтопленном режимах течения воды.

3. Построенные по типовому проекту «Гипроводхоза» (Москва) траншейные водовыпуски работают нормально, только при спокойном режиме течения воды, при бурном – их следует оснастить козырьками.

В последующем от них следует отказаться и строительства водовыпусков осуществлять только по удлиненной траншее (рис. 3.5), оснастив их при бурном режиме потока-козырьками.

Что же касается водовыпусков с донной галереей (рис. 3.6), то по ним пока нет сведений по эксплуатационным их показателям.

4. Соединение бурного потока с бурным должно осуществляться только при помощи колодцев-гасителей (рис. 4.4), создающих необходимые условия для соединения потоков без образования сбойных течений и других нежелательных гидравлических явлений.

5. В отношении поворотных сооружений на лотковых оросительных каналах следует отметить, что:

- повороты «по дуге круга» можно применять только на водотоках со спокойным режимом течения воды, ($v \leq 1,0$ м/с), при этом радиус закругления должен быть достаточно большим;

- повороты «по дуге круга» категорически запрещается применять на водотоках с бурным режимом течения воды ($v > 1 - 3 \frac{м}{с}$ и более); при необходимости возведения таких поворотов на таких водотоках – следует использовать гасительное устройство типа колодец-гаситель, разместив его в начале поворота. С помощью этого устройства гасится бурный поток в подводящем водотоке, чем создается благоприятное условие для поворота потока «по дуге круга»;

- наравне с поворотами «по дуге круга», следует широко строить повороты «по ломанной в плане линии»;

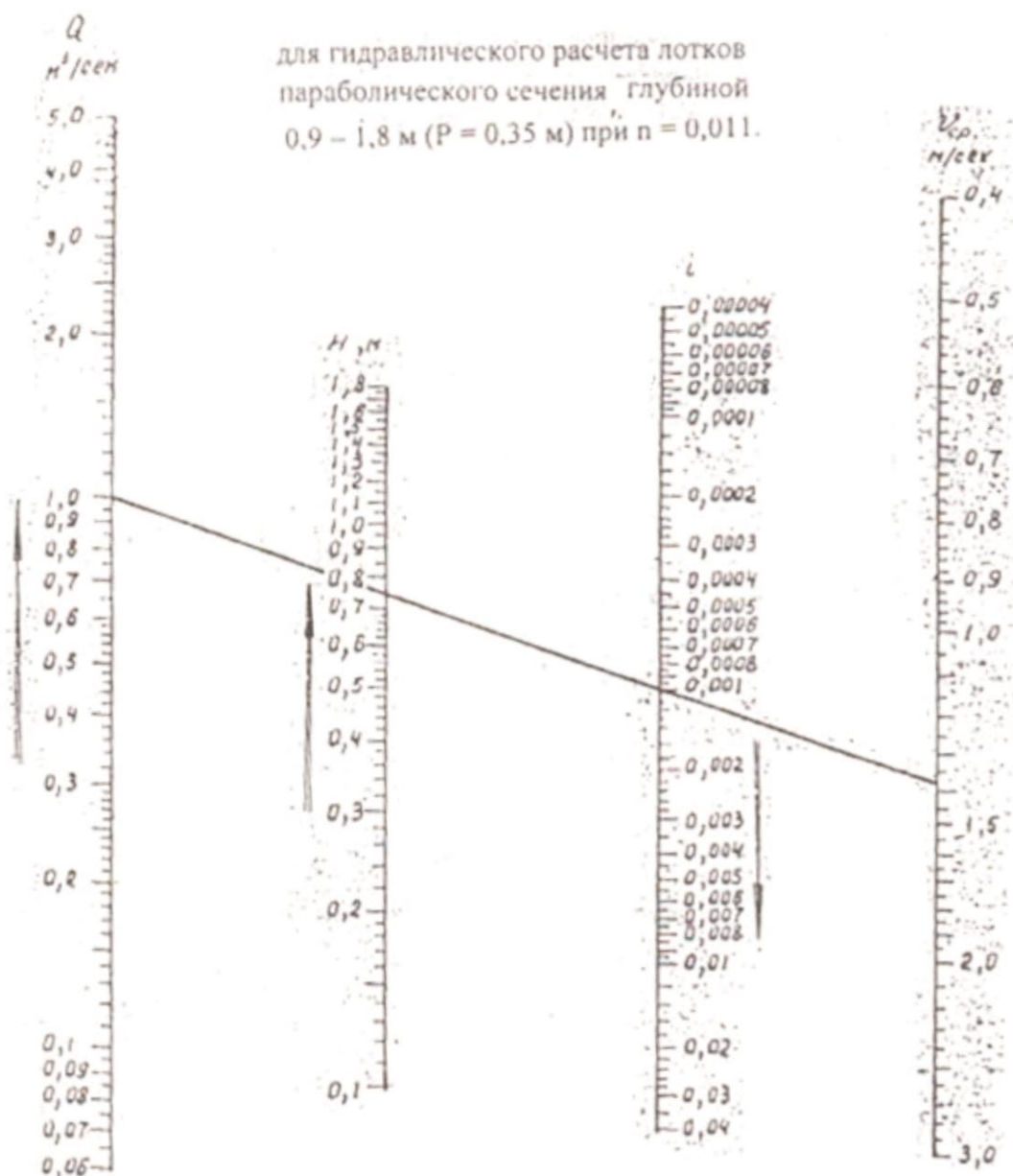
- предложенные конструкции поворотных сооружений и аналогичные им другие обеспечат осуществить повороты и «по дуге круга» и «по линии в плане линии».

6. Там, где нужно, следует строить уловительные сооружения, приняв за основу предложенные нами или аналогичные им другие решения.

7. Такие сетевые сооружения как водовыпуски, подпитывающие и поворотные сооружения, построенные на лотковых каналах, в последнее время, мало изучены, в связи с чем было бы хорошо им посвятить серьезные научно-исследовательские работы.

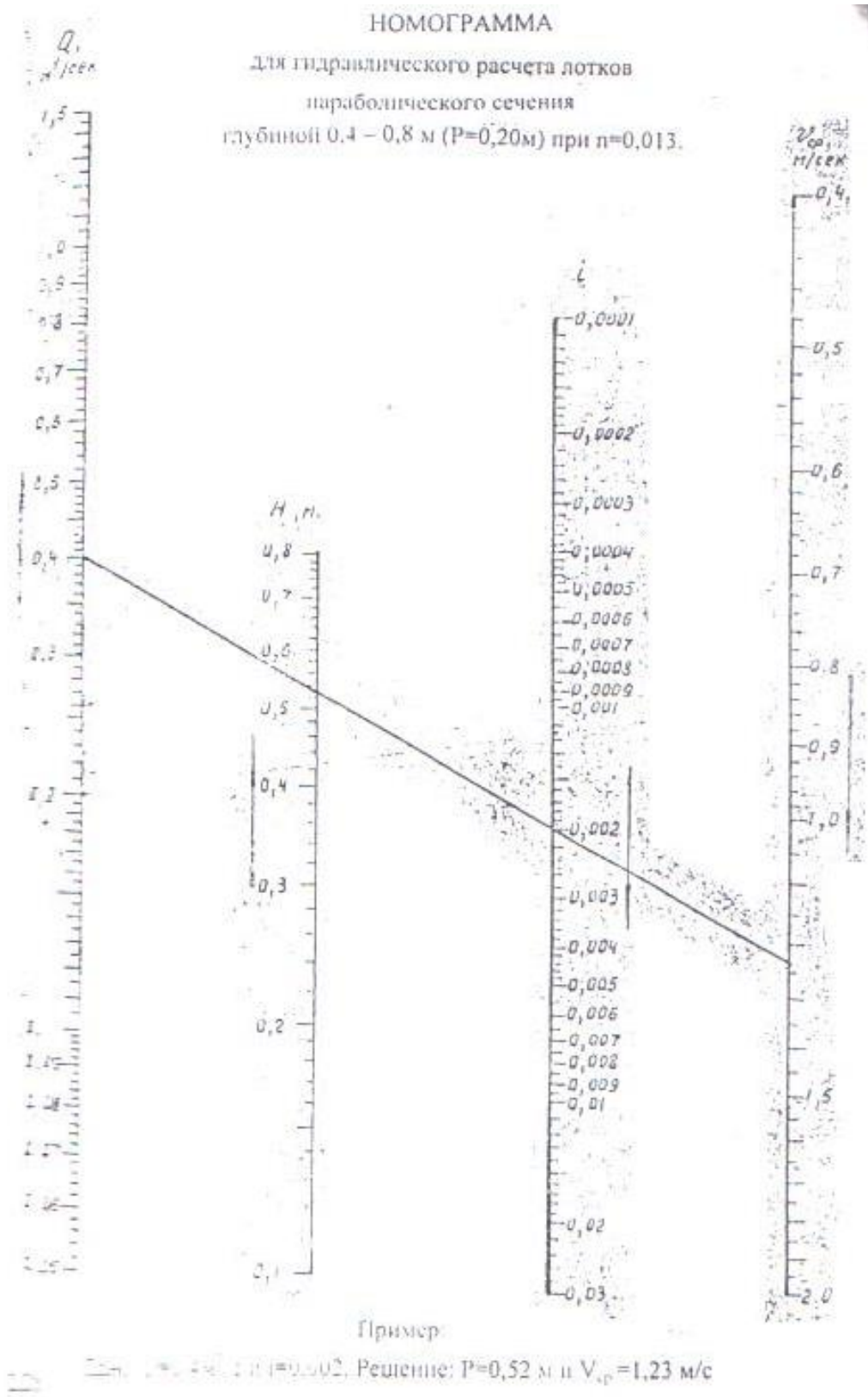
НОМОГРАММА

для гидравлического расчета лотков
 параболического сечения глубиной
 0,9 – 1,8 м ($P = 0,35$ м) при $n = 0,011$.



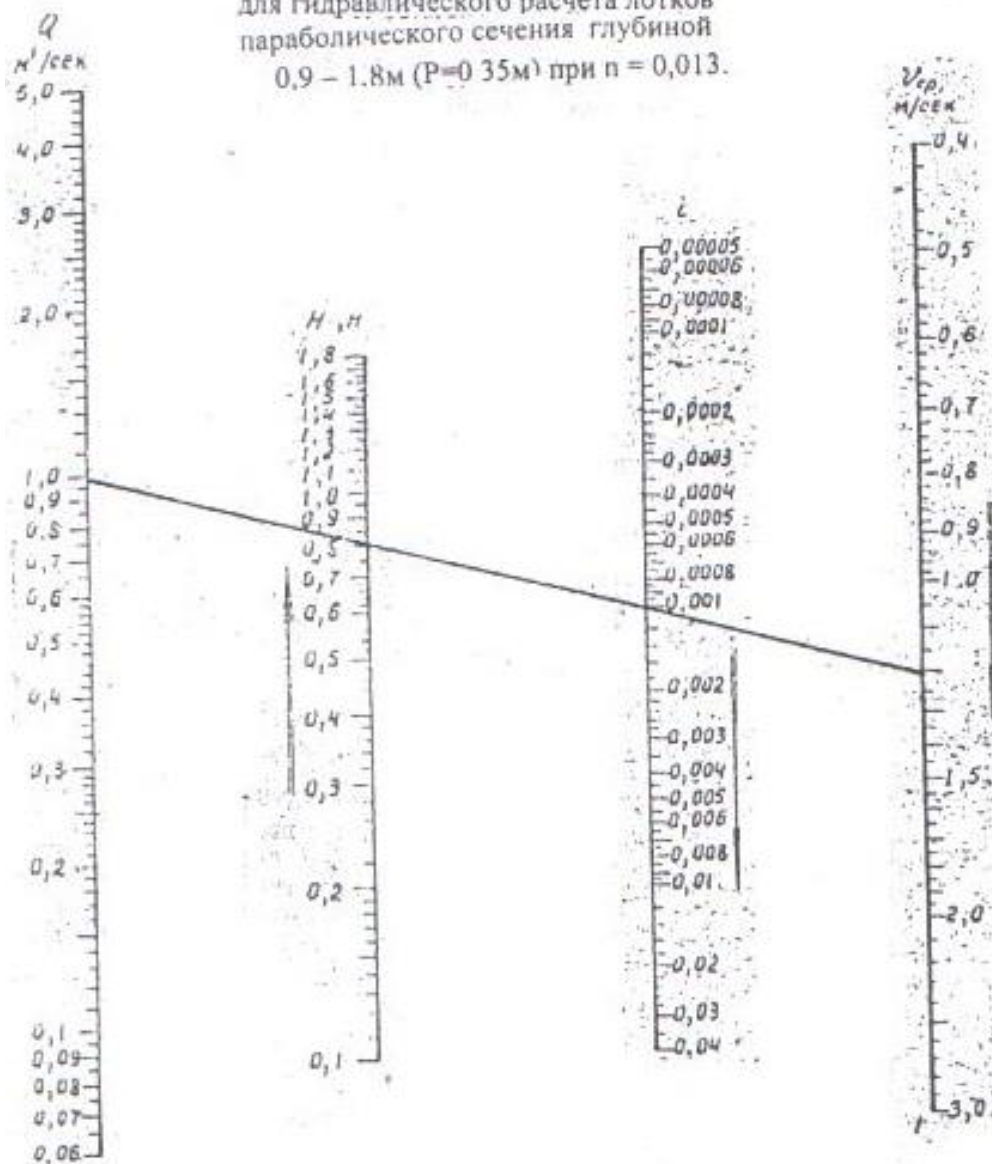
Пример:

Дано: $Q=1,0 m^3/c$ и $i = 0,001$. Решение: $H = 0,75$ м и $V_{cp} = 1,38$ м/с.



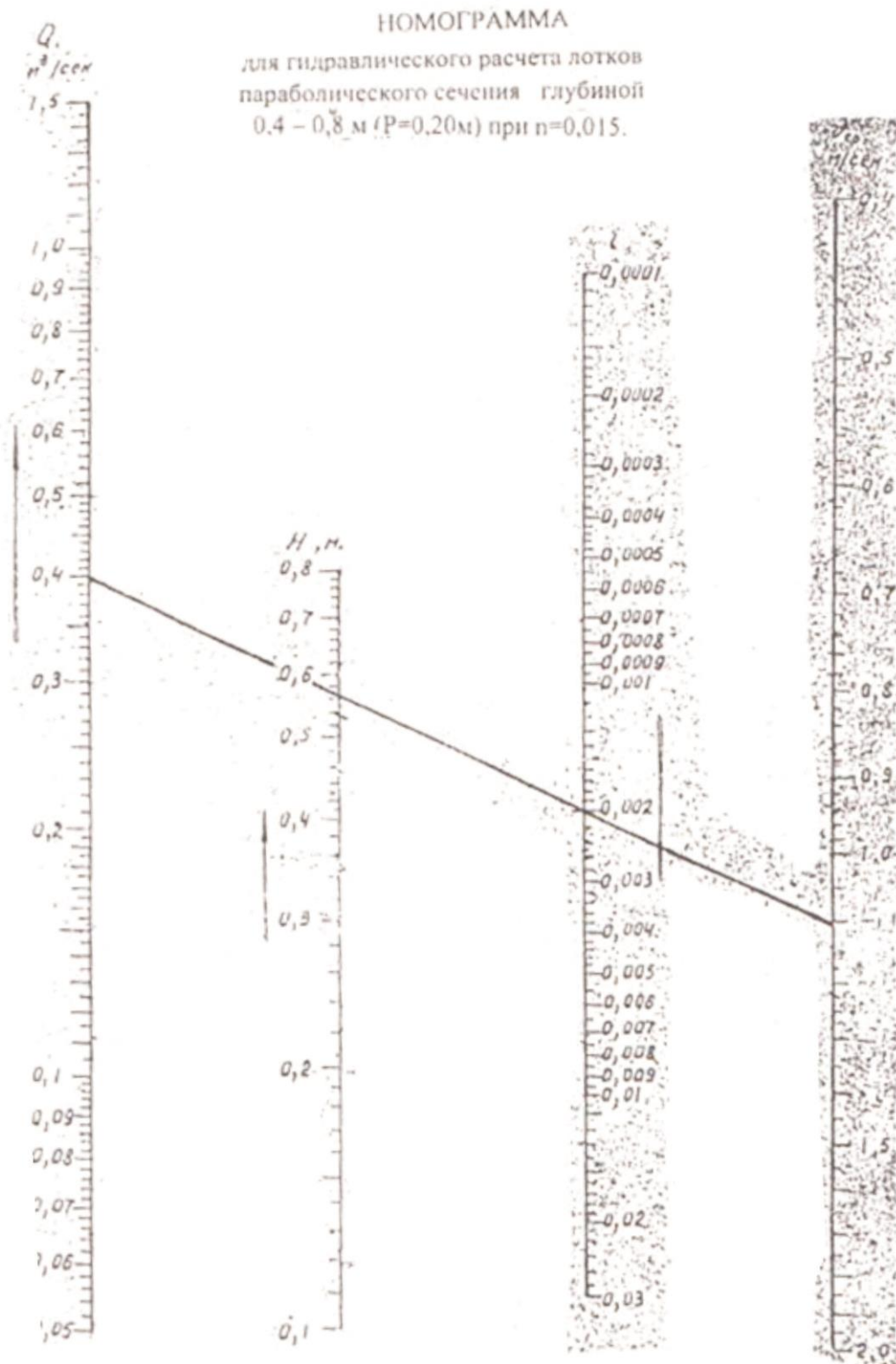
НОМОГРАММА

для гидравлического расчета лотков
 параболического сечения глубиной
 0,9 – 1,8 м ($R=0,35$ м) при $n = 0,013$.



Пример:

Дано: $Q=1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и $i = 0,001$. Решение: $H = 0,82 \text{ м}$ и $V_{cp} = 1,21 \text{ м/с}$.

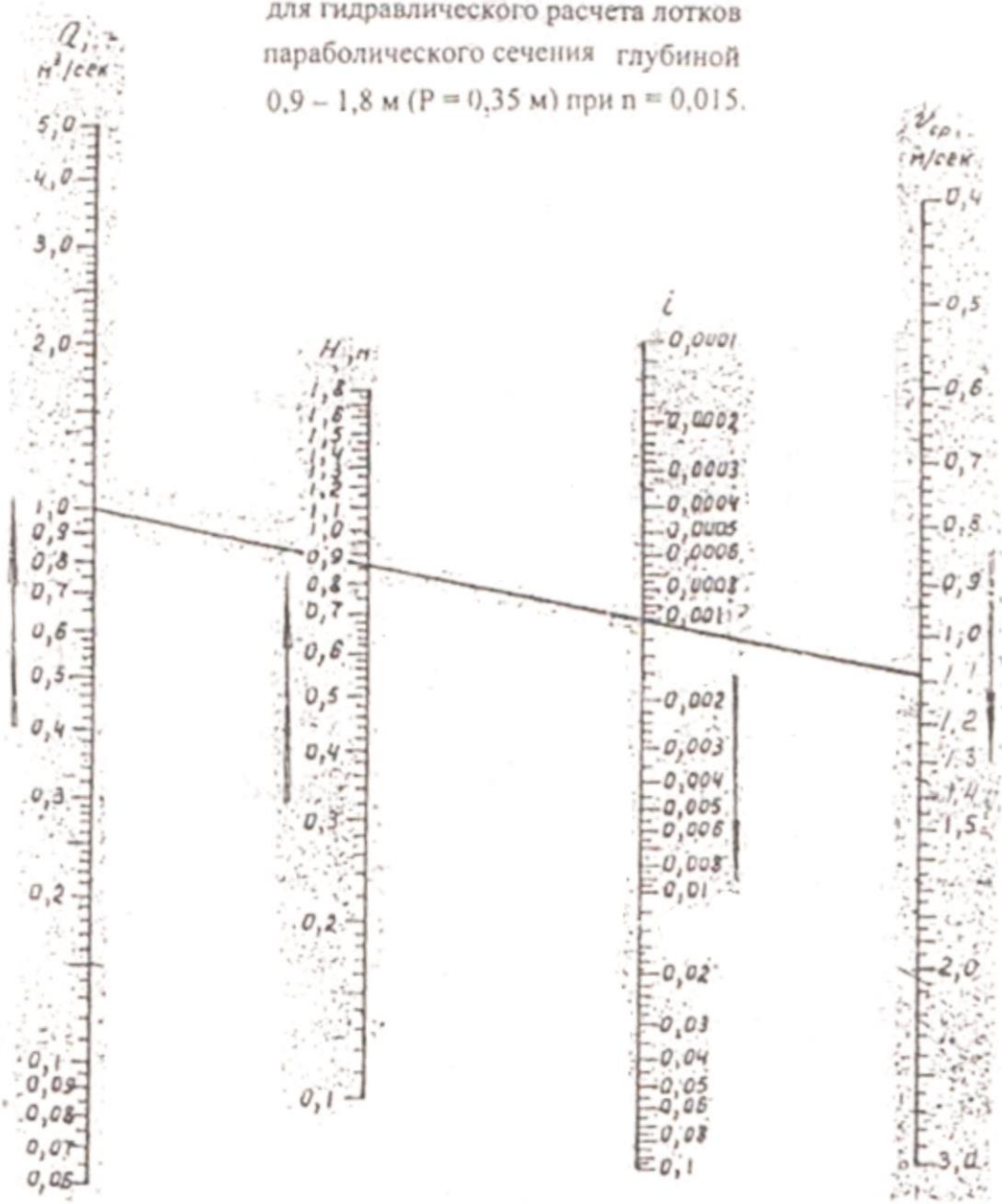


Пример:

Дано: $Q=0,4 \text{ м}^3/\text{с}$ и $i=0,002$. Решение: $H=0,57 \text{ м}$ и $V_{\text{ср}}=1,11 \text{ м}/\text{с}$

НОМОГРАММА

для гидравлического расчета лотков
 параболического сечения глубиной
 0,9 – 1,8 м ($P = 0,35$ м) при $n = 0,015$.



Пример:

Дано: $Q = 10 \text{ м}^3/\text{с}$ и $i = 0,001$ Решение: $H = 0,87 \text{ м}$ и $V_{cp} = 1,08 \text{ м}/\text{с}$

Коэффициент шероховатости водотоков [10]

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 лессе и в плотном мелком гравии, затянутые сплошной илистой пленкой (однако в безукоризненном состоянии).....	0,018

Коэффициенты шероховатости русел каналов и лотков [12]

№	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

Гидравлические параметры потока в лотковых каналах параболического сечения (Лр-40; Лр-60 и Лр-80) при $R=0,20\text{м}$

Н, м	В, м	$\omega, \text{м}^2$	$\chi, \text{м}$	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
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

Продолжение приложения 4

$H, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^2$	$\chi, \text{ м}$	$R, \text{ м}$
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

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).

Гидравлические параметры потока в лотковых каналах параболического сечения (Лр-100) при $P=0,35\text{м}$

Н, м	В, м	$\omega, \text{м}^2$	$\chi, \text{м}$	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
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

Продолжение приложения 5

$H, \text{ м}$	$B, \text{ м}$	$\omega, \text{ м}^2$	$\chi, \text{ м}$	$R, \text{ м}$
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
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).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Н.В., Шамрай В.М. Необходимые итоги принятия лотков-каналов. Журнал «Гидротехника и мелиорация». 1966г. №5.
2. Батыкова А.Ж. Совершенствование конструкций водомеров типа «Водосливы с тонкой стенкой» для каналов мелиоративных систем. Автореферат кандидатской диссертации. Бишкек. 2011г. С. 23.
3. Бейшекеев К.К. Совершенствование водомерных и водораспределительных сооружений на каналах-быстротоках оросительных систем горно-предгорной зоны. Автореферат докторской диссертации. Бишкек. 2012г. С. 42.
4. К.К. Бейшекеев, Э.М. Мамбетов, Д.К. Садыбакова. Водомерные сооружения для размещения их в головной части внутрихозяйственных оросительных каналов с земляным руслом [Текст]. Вестник «Градостроительство и архитектура». Пенза, 2019г.
5. Билик О.А., Валентини Л.А. Эксплуатационные предприятия водного хозяйства в условиях экономической реформы. Фрунзе. 1971г.
6. Бочкарев Я.В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных систем. М. Агропромиздат. 1987г.
7. Бобохидзе Ш.С. Гидравлическая автоматизация водораспределения на оросительных системах. Москва. 1973г.
8. Валентини К.Л. Технологическое обследование и результаты исследования новых водомерных устройств для внутрихозяйственной сети предгорной зоны орошения. Автореферат кандидатской диссертации. Фрунзе. 1977г. С. 25.
9. Валентини К.Л. Водомерное устройство для лотковых каналов. Журнал «Гидротехника и мелиорация» №5. 1975г.
10. Вильнер Я.М., Ковалев Я.Т., Некрасов Б.Б. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Минск. 1976г. С. 416.

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

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

13. Водомерные устройства для гидромелиоративных систем. Бутырин М.В., Киенчук А.Ф., Краснов В.Б. и др.; под ред. А.Ф.Киенчука «Колос». М. 1982г. С.144.

14. Водомерное сооружение. Патент №252 КГ. Авторы: Сатаркулов С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Бюл. №10. 2018г.

15. Водомерное сооружение. Патент №244 КГ. Авторы: Сатаркулов С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Бюл. №6. 2018г.

16. Водораспределитель для лотковых каналов. АС №522304. Авторы: Сатаркулов С.С., Голубенко М.И., Калинин Б.И. Бюл. №27. 1976г.

17. Водораспределитель для лотковых каналов. АС №10257887. Авторы: Голубенко М.И., Липатов Н.И., Сатаркулов С.С. и др.; Бюл. №24. 1983г.

18. Гачечилидзе Г.А. Глубина потока и эпюры распределения скоростей в створе незатопленного уступа. Труды ГрузНИИГ и М. Тбилиси. Вып. 22. 1963г.

19. Голубенко М.И. О совершенствовании конструкций водовыпусков на лотковой оросительной сети в горно-предгорной зоне. Сб. «Автоматизированные системы водораспределения полива и мелиоративного контроля». Фрунзе. 1984г.

20. Голубенко М.И. Внедрение новых блоков-водовыпусков типа ВС и ДВС. Сб. «Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции». Автоматизация оросительных систем. Фрунзе. 1988г.

21. ГОСТ 21509-76 Лотки железобетонные оросительных систем. Технические условия. Госстандарт СССР.

22. Железняков Г.В. Гидрометрия. М., 1964г.

23. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. «Высшая школа». М. 1981г.

24. Иванов И.В. Некоторые результаты полевых исследований лотковых каналов. Сб. «Вопросы водного хозяйства (гидротехника)». Вып. 30. Фрунзе. 1974г.

25. Идрисов С.И., Сатаркулов С.С. К вопросу соединения потоков в быстротечных каналах. Сб. «Техническое совершенствование оросительных систем и улучшение их эксплуатации». Фрунзе. 1974г.

26. Идрисов С.И. Исследование сооружений для соединения потоков в каналах оросительных систем горно-предгорной зоны (на примере Киргизской ССР). Кандидатская диссертация. Научный руководитель: Сатаркулов С.С. Фрунзе. 1979г.

27. Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения (для гидрометров оросительных систем). Часть 1. Л. 1965г.

28. Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения (для гидрометров оросительных систем). Часть 2. Тарирование гидротехнических сооружений на оросительных каналах. Гидрометеиздат. Л. 1966г. С. 52.

29. Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь» МВИ 33-475555-09-91. 1991г. С. 34.

30. Карасев И.В., Васильев А.В., Субботина Б.С. Гидрометрия. Л. 1991г.

31А. Караушев А.В. Речная гидравлика. Ленинград. 1969г. С. 414.

31Б. Караушев А.В. Распределение скоростей и коэффициент турбулентного обмена по вертикали. Труды ГГМ. Вып. 2(56).

32. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. М. 1972г. С. 313.

33. Кошматов Б.Т. Совершенствование конструкций водомерных сооружений на мелиоративных системах. Автореферат

кандидатской диссертации. Научный консультант: Сатаркулов С.С. Бишкек. 2010г. С. 21.

34. Константинов А.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. М. 1987г.

35. Лучшева А.Р. Практическая гидрометрия. М.1972г.

36. Мамбетов Э.М. Совершенствование водомерных сооружений для учета воды во внутрихозяйственных каналах (на примере Чуйской долины). Автореферат кандидатской диссертации. Научный консультант. Сатаркулов С.С. Бишкек. 2017г.

37. Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. К вопросу определения пропускной способности прямоугольного насадка со свободным истечением. Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». Бишкек, 2018. Вып. №2.

38. Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Об одном пути учета воды в лотковых каналах параболического сечения. Вестник КГУСТА. Бишкек. 2017г. Вып. 3.

39. Э.М. Мамбетов., Д.К. Садыбакова. К вопросу учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах с земляным руслом [Текст]/ Вестник КГУСТА. Бишкек. 2015г. Вып. 2(48).

40. Мамбетов Э.М. К вопросу определения пропускной способности расходомера типа «Водослив-диафрагма». Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». ISSN 1694-7649. 3/2016г.

41. Мамбетов Э.М. Эксплуатационные показатели водомера типа «Водослив-насадок». Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». ISSN 1694-7649. 10/2016г.

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

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

44. Мостков М.А. Гидравлический справочник. М.; 1954г. С. 532.
45. Назаров М.И. Мощенные каналы. Фрунзе. 1958г. С. 105.
46. Патент №179 КР. Водомерное сооружение. Автор: Сатаркулов С. Бюл. №11. 2014г.
47. Патент №141 КР. Водомерное сооружение. Авторы: Сатаркулов С., Кошматов Б.Т., Абдрасулов И.А., Батыкова А.Ж. Бюл. №9. 2015г.
48. Патент №141 КГ. Переносной водослив Сатаркулова. Автор: Сатаркулов С. Бюл. №5. 2012г.
49. Патент №1355 КР. Гидрометрическая трубка «ЗАМА». Автор: Сатаркулов С.С. Бюл. №4. 2011г.
50. Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика основы гидрологии. М. 1927г.
51. Предварительный патент №290. Гидрометрическая трубка. Авторы: Сатаркулов С.С., Сатаркулова З.С. Бюл. №24. 1998г.
52. Предварительный патент №473 КР. Гидрометрическая трубка «ЗАМА». Автор: Сатаркулов С.С. Бюл. №8. 2011г.
53. Полотов А.П. О водомерных сооружениях водохозяйственного комплекса Чуйского БУВХ и путях улучшения их работы. Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И.Скрябина. №3(22). 2011г. Бишкек.
54. Проектирование водомерных сооружений и выбор средств измерения расхода и стока воды на гидромелиоративных системах. Пособие к СНиП 2.06.03-85. «Мелиоративные системы и сооружения» М. 1989г.
55. Поворотное сооружение для лотковых каналов. Авторское свидетельство №546674 СССР. Авторы: Сатаркулов С.С., Суматохин В.И., Андреев П.И. Бюл. №6. 1977г.
56. Расход воды в напорных трубопроводах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь». М. ГОСТ 8.439-81. С. 48.
57. Расулов У.Р. Измеритель скорости воды. Сб. «Водные ресурсы центральной Азии». Алматы. 2002г.

58. Расулов У.Р. Усовершенствованная гидрометрическая трубка – новое средство водоучета. Сб. «Экологическое устойчивое и передовые подходы к управлению водными ресурсами в бассейне Аральского моря». Алматы – Ташкент. 2003г.

59. Руководство по обработке результатов измерений параметров учета воды на оросительных, осушительных и обводнительных системах. ВТР-М-2-80. ММ и ВХ СССР. 1980г. С. 70.

60. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. МИ 2122-90. Казань. 1990г. С. 73.

61. Руководство по проведению градуировки и поверки средств измерения расхода воды в открытых каналах методом «скорость-площадь». ВТР-М-1-80. ММ и ВХ СССР. 1980г. С. 56.

62. Рекомендации по учету воды в каналах и лотках (для гидрометров оросительных систем. Группа авторов, под общей редакцией Сатаркулова С.С. Бишкек. 2007г. С. 119.

63. Садыбакова Д.К. К вопросу оценки пропускных способностей водосливов с тонкой стенкой. Вестник КГУСТА. Бишкек, 2017г. Вып. 2(56).

64. Садыбакова Д.К. О коэффициенте шероховатости лоткового канала параболического сечения. Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». Бишкек, 2017г. Вып. №9.

65. Садыбакова Д.К. К вопросу применимости водомера типа «фиксированное русло» на параболических лотковых каналах. Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». Бишкек. 2019г.

66. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. О коэффициентах шероховатости лотковых каналов. Статья в сб. «Вопросы гидравлики, технологии и автоматизации гидротехнических сооружений». Фрунзе. 1975г. С. 68.

67. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. Усовершенствование водораспределителя траншейного типа на лотковом канале. Сб.

«Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. №40. Фрунзе. 1977г.

68. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. Эксплуатационные показатели траншейных вододелителей, построенных на быстротечных лотковых каналах Киргизии. Сб. «Вопросы комплексной автоматизации мелиоративных систем». Фрунзе. 1976г.

69. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. Стоимостные показатели водовыпусков для лотковых каналов с бурным режимом течения потока. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 40. Фрунзе. 1977г.

70. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. Некоторые рекомендации по проектированию быстротечных лотковых каналов. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 40. Фрунзе. 1977г.

71. Сатаркулов С.С., Голубенко М.И. Совершенствуются водораспределители. Журн. «Сельское хозяйство Киргизии». №1. 1977г.

72. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Способ определения величины коэффициента шероховатости параболических лотковых каналов. Вестник «Актуальные вопросы образования и науки». – Архангельск. 2019г.

73. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. К вопросу применения параболических водосливов для учета воды в лотковых каналах. Вестник «Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований». Пенза. 2019г.

74. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К. Водомерные сооружения для учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах. Учебник. Бишкек. 2018г.

75. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М. Характеристика внутрихозяйственных оросительных каналов и водомерных сооружений на них. Вестник КРСУ. ISSN 16-94-500X. Том 16. №9. 2019г. С. 132.

76. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К. Гидротехнические сооружения оросительных систем горно-предгорной зоны. Бишкек. 2004г.

77. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К. и др. Водомерные сооружения для каналов и лотков. Бишкек. 2005г. С. 260.

78. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. О роли успокоительного колодца на гидростаях типа «Фиксированное русло». Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 2. Бишкек. 2004г.

79. 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. Бишкек. 2014г. С. 260.

80. Сатаркулов С.С., Идрисов С.И. Подпитывающие сооружения для быстротечных лотковых каналов. Республиканская научно-техническая конференция по вопросам технологии и автоматизации гидромелиоративных систем. Тезисы конференции. 24-25 ноября. Фрунзе. 1977г.

81. Сатаркулов С.С., Идрисов С.И. К вопросу соединения потоков в быстротечных лотковых каналах. Сб. «Вопросы водного хозяйства (гидротехника). Вып. 40. Фрунзе. 1977г.

82. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К. Поворотные сооружения для лотковых каналов. Журн. «Сельское хозяйство Киргизии». №3. Фрунзе. 1982г.

83. Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М. Совершенствование гидрометрической трубки для применения в натуральных условиях. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 1. Бишкек. 2002г.

84. Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М. К вопросу применения гидрометрической трубки в натуральных условиях. Журнал «Мелиорация и водное хозяйство». 2000г.

85. Сатаркулов С.С. Вододелитель с шахтным колодцем. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 40. Фрунзе. 1977г.

86. Степанов В.М., Овчаренко И.Х., Игнатенко С.И. Основы гидротехники и гидрологии. М. 1977г.

87. Справочник по гидравлике. М. 1955г. С. 828.

88. Справочник по гидравлическим расчетам. Под редакцией Киселева П.Г. Москва. 1974г. С. 313.
89. Справочник мелиоратора. М. 1976г.
90. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора. Сельхозгиз. М. 1955г. С. 498.
91. Средазгипроводхлопок. Технический отдел «Информационный листок». №(4)5. Декабрь. 1967г.
92. Талмаза В.Ф., Федоров В.И. Бетонные облицовки оросительных каналов в горно-предгорной зоне. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 26. Фрунзе. 1972г.
93. Талмаза В.Ф. О распределении скоростей потока по вертикали. Сб. «Вопросы водного хозяйства и гидрохимии». Вып. 1. Фрунзе. 1964 г.
94. Талмаза В.Ф., Романенко Г.Н. Распределение осредненных скоростей в бурных потоках. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 26. Фрунзе. 1972г.
95. Технические указания по проектированию каналов оросительных систем. ММСХ СССР. 1955г.
96. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений. Л. Гидрометеиздат. 1990г. С. 288.
97. Хамадов И.Б., Бутырин М.В. Эксплуатационная гидрометрия в ирригации. М., «Колос». 1975г.
98. Чертоусов М.Д. Гидравлика (специальный курс). М. Л. 1952. С. 640.
99. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л. Энергоиздат. 1982. С. 671.
100. Ярцев В.Н. Эксплуатационная гидрометрия. М. Сельхозиздат. 1961г.
101. Агабабов Э.А., Цамалашвили М.В. Сооружения на лотковых каналах при уклонах больше критических. Журн. «Гидротехника и мелиорация». №4. 1962г.
102. Микалян В.Г. Трубчатый водовыпуск для каналов-лотков с большими уклонами. Журн. «Механизация и электрификация горного земледелия и животноводства». Фрунзе. №2. 1963г.

103. Руруа Г.Б. Вододелительные устройства оросительных систем Грузии в условиях бурного течения. Кандидатская диссертация. Тбилиси. 1956г.

104. Научно-технический отчет по теме «Исследование работы усовершенствованного траншейного водовыпуска лоткового канала». Руководитель лаб. С.С. Сатаркулов, отв. исп. С.И. Идрисов.

105. Методические указания по проектированию водовыпуска-стабилизатора расхода и сооружений по соединению потоков на каналах с уклоном больше критического. РДМУ Кирг. ССР. 33-81. Составители: Андреев П.И., Идрисов С.И., под научным руководством Артамонова К.Ф. и Сатаркулова С.С. Фрунзе. 1983г.

106. Садыбакова Д.К. Совершенствование водомерных сооружений для учета воды в лотковых каналах параболического сечения. Кандидатская диссертация. Научный консультант. Сатаркулов С.С. Бишкек. 2021г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
1. О ЛОТКОВЫХ КАНАЛАХ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ	6
1.1. Технические характеристики лотков.....	6
1.2. Краткая характеристика лотковых каналов	9
1.3. Эксплуатационные показатели лотковых каналов.....	11
1.4. Пропускная способность лотковых каналов.....	15
1.4.1. Расчетная формула.....	15
1.4.2. Существующие рекомендации по определению коэффициента шероховатости лотковых каналов.....	16
1.4.3. Рекомендуемые способы по определению коэффициента шероховатости лотковых каналов.....	25
1.5. Гидравлические параметры потоков в лотковых каналах.....	34
Выводы	39
2. ВОДОМЕРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	43
2.1. Постановка вопроса	43
2.2. Водомерные сооружения, основанные на «других методах» учета воды	44
2.3. Водомерное сооружение типа «фиксированное русло».....	48
2.4. Совершенствование существующих и разработка новых водомерных сооружений.....	57
2.4.1. Выбор типов водомерных сооружений к их разработке	57
2.4.2. Водомерное сооружение типа «фиксированное русло».....	60
2.4.3. Водомерное сооружение типа «водосливы с тонкой стенкой»	69
2.4.4. Водомерное сооружение типа «насадок».....	93
2.5. Рекомендации по компоновке, конструированию и гидравлическому расчету пропускной способности водомерных сооружений.....	100
2.5.1. Водомер типа «фиксированное русло»	100
2.5.2. Водомер типа «водослив с тонкой стенкой»	104
2.5.3. Водомер типа «насадок»	109
2.6. О погрешностях измерения расходов воды	110

Выводы	111
3. ВОДОВЫПУСК ИЗ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ	115
3.1. Постановка вопроса	115
3.2. Траншейные водовыпуски с клапанными затворами	116
3.3. Удлиненные траншейные водовыпуски с плоскими затворами	123
3.4. Водовыпуск с донной галереей	126
Выводы	130
4. ПОДПИТЫВАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ.....	131
4.1. Постановка вопроса	131
4.2. Подпитывающие сооружения.....	133
5. ПОВОРОТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	138
5.1. Постановка вопроса	138
5.2. Сооружения на каналах со спокойным режимом течения воды.....	139
5.3. Сооружения на каналах с бурным режимом течения воды	140
6. УЛОВИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ	151
7. ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАРАБОЛИЧЕСКИХ ЛОТКОВЫХ КАНАЛОВ	155
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ	161
Приложение 1а	165
Приложение 1б	166
Приложение 1в	167
Приложение 1г.....	168
Приложение 1д	169
Приложение 2	170
Приложение 3	171
Приложение 4	172
Приложение 5	174
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	176

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

**ЛОТКОВЫЕ КАНАЛЫ
И
СООРУЖЕНИЯ НА НИХ**

Тех. редактор *Кучкачова Ж.З.*

Подписано к печати 20.01.2022г. Формат бумаги 60x84¹/₁₆.

Бумага офс. Печать офс. Объем 11,75 п.л. Тираж 80 экз.

Отпечатано в ОсОО ИД «Калем», г.Бишкек, ул. Курчатова, 69

т. 49-19-36, E-mail: kalem14@mail.ru