МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им.Н.Исанова

Кыргызско-Российский славянский университет им.Б.Н.Ельцина

Диссертационный совет Д 05.15.512

На правах рукописи

УДК 626.823.6(575.2)(043.3)

Мамбетов Эрик Мунайтбасович

Совершенствование водомерных сооружений для учета воды во внутрихозяйственных каналах (на примере Чуйской долины)

Специальность: 05.23.07 – Гидротехническое строительство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:

д.т.н.

Бейшекеев К.К.

Бишкек 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ……..4
ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ОСНАЩЕННОСТИ ИХ ВОДОМЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ……...10
1.2. Общие сведения……..10
1.2. Характеристика внутрихозяйственных каналов……..17
1.2.1. Каналы в земляном русле……...17
1.2.2. Каналы в бетонной облицовке……...21
1.2.3. Лотковые каналы……22
1.3. Оснащенность внутрихозяйственных каналов водомерными сооружениями……23
Заключение по первой главе……24
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ И НОВЫХ ИХ КОНСТРУКЦИЙ……26
2.1. Основные требования водопользователей к водомерным устройствам...26
2.2. Анализ работы существующих водомерных сооружений……27
2.2.1. Водомеры типа «Фиксированное русло»……...……..……27
2.2.1.1. На каналах с земляным руслом…….……..27
2.2.1.2. На облицованных каналах…….……..36
2.2.1.3. На лотковых каналах…….……...38
2.2.2. Водомеры типа «Лотки»…….……43
2.2.3. Водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой»……47
2.2.4. Водомеры типа «С подпором»…….……..57
2.2.4.1. Водомер типа «Насадок»…….……58
2.2.4.2. Водомер с сужающим устройством……67
2.2.4.3. Водомер с диафрагмой…….……67
2.2.4..4. Водомер с диафрагмой и полкой……...68
2.3. О перспективности применения существующих водомеров для учета воды во внутрихозяйственных каналах……..……69
2.4. Усовершенствованные и новые конструкции водомерных сооружений..78
2.4.1. Уточненные требования, предъявляемые к водомерам…….……....78
2.4.2. Выбор типов водомеров для совершенствования их конструкций.…...81
2.4.3. Разработка усовершенствованных и новых конструкций сооружений.82
2.4.3.1. Водомеры типа «Насадок» для каналов с трапецеидальным поперечным сечением……...82
2.4.2.2. Водомер типа «Насадок» для каналов с прямоугольным поперечным сечением……...88
2.4.2.3. Водомеры типа «Водослив-насадок»……91
Заключение по второй главе…….……98
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ И НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ……...…..100

3.1. Задачи и методика исследований……100
3.2. К вопросу внедрения разработанных водомерных сооружений…….103
3.3. Теоретические разработки по определению пропускной способности водомера……111
3.4. Результаты исследований разработанных конструкций водомеров…...114
3.4.1. Сооружения типа «Насадок»……114
3.4.2. Сооружения типа «Водослив-насадок»……...122
Заключение по третьей главе……128
ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМПОНОВКЕ, КОНСТРУИРОВАНИЮ И ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ РАЗРАБОТАННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ …….....130
Заключение по четвертой главе……136
ВЫВОДЫ……..……...137
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ……140
Приложение 1. Патент на полезную модель КР №217……149
Приложение 2. Патент на полезную модель №220……..……...150
Приложение 3. АКТ проверки работы водомеров типов «Комбинированный водомер» и «Водомер-насадок»……151
Приложение 4. Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на распределителе Т-10 системы ВБЧК……..……..153
Приложение 5. Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на распределителе Р-4-2 системы ВБЧК……154
Приложение 6. Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на распределителе Р-4-3 системы ВБЧК……...155
Приложение 7. Акт внедрения водомерных сооружений типа «Водослив-насадок» на распределителях Р-4-2, Р-4-3, Труба-10 системы ВБЧК……156
Приложение 8. Акт внедрения водомерных сооружений типа «Прямоугольный насадок» на распределителях Р-1-1, Р-1-8, Р-2-6, Р-2-7, Р-2-8 системы ЗБЧК и на распределителях Р-21, Р-23, Р-25 системы ВБЧК……157
Приложение 9. Акт внедрения водомерного сооружения типа «Водослив-насадок» на распределителе Р-8 системы ЗБЧК……...158

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Водный комплекс Чуйской долины в КР имеет ирригационно-энергетическое и промышленное значения, обеспечивает подачу воды на орошение земель восьми районов Чуйской области и двух районов республики Казахстан. Кроме того вода подается и для нужд энергетики и промышленности, размещенные в Чуйской долине КР.

При таком большом и сложном по составу водном комплексе правильный учет водных ресурсов представляет важное государственное значение, тем более он особенно необходим при ныне действующем платном водопользовании. В Чуйской долине КР учет воды относится к категории важнейших организационно-технических мероприятий эксплуатационных служб гидромелиоративных систем.

Для учета воды все водные артерии, в том числе магистральные, межхозяйственные и внутрихозяйственные оросительные каналы оснащены теми или иными типами водомерных сооружений. Изучение опыта их эксплуатации показывает, что если водомеры на магистральных и межхозяйственных каналах функционируют в основном на должном уровне, то работа по учету воды на внутрихозяйственных каналах поставлена весьма слабо.

Общая протяженность внутрихозяйственных каналов в Чуйской долине составляет 5330,4км, количество построенных на них гидропостов 29шт, при этом эти водомеры не состоят на балансе государственных и общественных (АВП) организаций. Хотя эти гидропосты относятся к категории коммерческих, однако ни один из них не был представлен на госповерку. Причиной этому является ненадежная работа водомеров типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой», построенных на внутрихозяйственных сетях оросительных систем Чуйской области.

В связи с введением в республике платного водопользования, все имеющиеся на водных объектах Чуйской долины гидропосты (кроме балансовых) стали коммерческими, при помощи которых осуществляется

учет водных ресурсов при подаче воды вододателями водопотребителям. При таких условиях повышение точности водоучета путем совершенствования метрологических и эксплуатационных показателей гидропостов становится актуальной задачей.

Целью исследования является повышение точности измеряемых расходов воды во внутрихозяйственных каналах путем совершенствования конструкций и компоновок водомерных сооружений.

Основные задачи работы:

- сбор и обобщение материалов из литературных источников по вопросам разработки, проектирования, строительства и эксплуатации водомерных сооружений применительно к внутрихозяйственным оросительным каналам;

- обследование эксплуатационных показателей внутрихозяйственных каналов, с обращением особое внимание на их недостатки;

- изучение эксплуатационных показателей известных водомерных сооружений, с обращением внимание на режимы их работы;

- на основе анализа работ водомерных сооружений с подпорно-переменным режимом истечения совершенствование конструкций и компоновки водомерных сооружений для практического их использования на внутрихозяйственных каналах;

- создание экспериментальных объектов для разработанных водомерных сооружений и изучение их работы в подпорно-переменном режиме истечения;

- разработка рекомендаций по компоновке, конструированию и гидравлическому расчету водомерных сооружений, рекомендуемых к применению на внутрихозяйственных каналах оросительных систем в условиях подпорно-переменного режима истечения.

Методика исследований - комплексная, включающая натурные исследования водных объектов, обобщение материалов эксплуатации и научных разработок, отработка отдельных технических решений по

совершенствованию компоновок и конструкций сооружений на экспериментальных водных объектах, созданных путем реконструкции функционируемых, но не отвечающих предъявляемым к водомерам требованиям, сооружений. При проведении исследований, измерений и обработке полученных материалов применялись методы, изложенные в нормативных документах: МВИ 11-10; МВИ 12-10; МВИ 13-10; МВИ 06-90; ВТР-М-1-80 и ВТР-М-2-80.

Научная новизна работы:

- уточнены и разработаны требования к конструкциям водомерных сооружений на внутрихозяйственных каналах оросительных систем;
- разработаны новые и усовершенствованные конструкции и компоновки водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок»;
- на основе теоретических исследований обоснована пропускная способность разработанных водомерных сооружений;
- разработаны рекомендации по компоновке, конструированию и гидравлическому расчету новых и усовершенствованных водомерных сооружений.

Практическая значимость полученных результатов. Внедрение новых и усовершенствованных конструкций водомерных сооружений, с разработкой рекомендаций по их проектированию, строительству и эксплуатацию позволяет:

- осуществить учет воды во внутрихозяйственных оросительных каналах, с допустимой точностью измеряемых расходов воды в пределах 5%;
- внедрение методики расчета усовершенствованных конструкций водомерных сооружений, работающих в подпорно-переменном режимах истечения.

Экономическая значимость полученных результатов. Результаты исследований использованы:

- при создании (путем реконструкции существующих водомерных сооружений типов «Фиксированное русло», «Водослив с тонкой стенкой» и «Насадок») девяти экспериментальных сооружений типа «Прямоугольный насадок», из которых шестеро прошли метрологическую аттестацию и приняты в качестве рабочих средств для измерения расходов воды. Три гидропоста планируется предоставить к аттестации в 2017году, после подготовки их документаций и тщательной градуировки самих сооружений;

- при создании четырех экспериментальных сооружений типа «Водослив-насадок», один из которых аттестован, остальные – будут выставлены на госповерку в 2017году после их подготовки к этому мероприятию.

Внедрение результатов исследований осуществлено на внутрихозяйственных оросительных каналах Чуйской долины, причем все построенные водомеры продолжают функционировать нормально, обеспечивая учет водных ресурсов с допустимой погрешностью.

Экономическая эффективность от внедрения разработанных водомеров составляет около 20тыс.сом на одно сооружение, в зависимости от пропускных их способностей. Годовая экономическая эффективность для 13-ти экспериментальных сооружений, в среднем, составляет 260тыс.сом и что немаловажно – разработаны такие водомерные сооружения, при помощи которых можно осуществить учет воды во внутрихозяйственных оросительных каналах Чуйской долины КР с приемлемой погрешностью измеряемых расходов воды при наличии подпорного режима истечений.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- эксплуатационные показатели внутрихозяйственных оросительных каналов и водомерных сооружений на них;

- уточненные требования, предъявляемые к новым и усовершенствуемым водомерным сооружениям;

- теоретические разработки по определению пропускной способности разработанных водомерных сооружений;

- экспериментальные объекты и эксплуатационные показатели разработанных водомерных сооружений;

- новые и усовершенствованные конструкции водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок»;

- рекомендации по компоновке и конструированию новых и усовершенствованных конструкций водомерных сооружений.

Личный вклад соискателя. На основе анализа научных материалов автором сформулированы цели и задачи исследований, намечены основные пути их реализации. Автор самостоятельно участвовал в планировании и проведении натурных и теоретических исследований, совершенствовании конструкций сооружений, создании натурных их образцов и разработке рекомендаций по их компоновке и гидравлическому расчету рекомендуемых к внедрению сооружений.

Апробация результатов работы. Результаты исследований докладывались на следующих научно-технических и практических конференциях: Международной научно-практической конференции «Насирдин Исанов-видный государственный деятель Кыргызской Республики» посвященной к 70-летию со дня рождения государственного деятеля Н.И.Исанова (г.Бишкек, 2013г); Международной научно-практической конференции «Строительное образование и наука Кыргызстана: перспективы интеграции, инновации и партнерства» (г.Бишкек, 2014г); Международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути развития защиты населения и территорий об чрезвычайных ситуаций» (г.Бишкек, 2016г); 2-ом ГВП (глобальное водное партнерство) по инструментарию интегрированного городского водоснабжения и водоотведения в Центральной Азии (г.Алматы, 2016г); Международных межвузовских научно-практических конференциях-конкурсах научных докладов студентов и молодых ученых «Инновационные технологии и передовые решения» (г.Бишкек, 2013-2015гг).

Публикация: опубликовано 6 научных трудов, из них 2 статьи в зарубежных изданиях РИНЦ и получен 1 Патент Кыргызской Республики на полезную модель.

Структура и объем работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, приложений. Она изложена на 158 стр. компьютерного текста, включает 51 иллюстраций, 17 таблиц, 9 приложений, в списке использованной литературы 102 наименований.

ГЛАВА 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И ОСНАЩЕННОСТЬ ИХ ВОДОМЕРНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ

1.1. Общие сведения

В Чуйской долине Кыргызской Республики [36] на протяжении ряда десятилетий функционируют уникальный, имеющий огромное народно-хозяйственное значение, в то же время очень большой и сложный водный комплекс. Этот комплекс взаимодействует с девятью реками – Чу, Шамси, Иссык-Ата, Норус, Аламедин, Ала-Арча, Сокулук, Карабалта и Аспара. По системам этих рек осуществляются водозабор, транспортировка и подача воды на орошаемые земли Чуйской области Кыргызской Республики, Меркенского и Курдайского районов республики Казахстан. Кроме того, водные ресурсы Чуйской долины используются также для нужд энергетики (Каскад Аламединских ГЭС, ТЭЦ г.Бишкек) и промышленности (Кантский цементно-шиферный комбинат, Токмокский завод камнеобработки и др.), а также для полива зеленых насаждений г. Бишкек.

В состав этого водного комплекса входят Обводной Чуйский канал (ОЧК), Восточная ветка Большого Чуйского канала (ВБЧК), Южная ветка Большого Чуйского канала (ЮБЧК), Западная ветка Большого Чуйского канала (ЗБЧК), Распределитель Р-12, канал «Рассвет», объекты регулирования стока реки Аламедин, Ысык-Атинский подпитывающий канал, крупные речные водозаборные и водоочистные сооружения, множество водохранилищ и водонакопительных емкостей (БДР, БСР, пруды) и сетевых (водоподпорные, перегораживающие, водопроводные, водораспределительные, водомерные и др.) сооружений.

Следует отметить, что из всех перечисленных магистральных каналов только ЗБЧК имеет ирригационно-энергетическое и промышленное значения, остальные – ирригационные.

Таблица 1.1 - Технические показатели крупных водных объектов в Чуйской долине КР

Наименование показателей	Наименование каналов						
	ОЧК	ВБЧК	ЗБЧК	ЮБЧК	Р-12	«Рассвет»	Ысык-Атинский
1	2	3	4	5	6	7	8
Пропускная способность, $м^3/с$	60-70	50	61	57,5	16	4,5	25
Протяженность каналов, км	38,1	97	147,2	33,6	16,4	8,5	12,2
Сведения по облицовке каналов	Облицован	В земляном русле	В земляном русле	В земляном русле (часть облицована)	Облицован ж/б плитами	Облицован булыжным камнем и ж/б плитами	Облицован ж/б плитами
Скорость течения воды, м/с	6-8	1-2	1-2	1-3	1-3	1-3	6-8
Водозабор осуществляется из	Сброса Быстротока ГЭС и р. Чу	р.Чу	рр.Чу и Красной	Р-12	ВБЧК и р. Ысык-Ата	Р-12	р.Ысык-Ата

Продолжение таблицы 1.1

Наименование водозабора из источника	Регулятор со сбросом и плотина на р. Чу	Плотина на р.Чу	Плотина на р.Чу и Краснореченский гидроузел	Шлюз-регулятор	Шлюз-регулятор	Водовыпуск	Плотинный водозабор
Количество сооружений: шт. - сбросных - водоподпорных - перегораживающих - водовыпускных - водомерных - водопроводных	1 на р.Чу - - 8 10 -	1 на р.Ысык-Ата - 14 67 94 2 дюкера 4 селедука	1 на р.Ысык-Ата, 1 на р.Аламедин, 1 на р.Сокулук, 1 на р.Карабалта 6 - 121 143 7 дюкеров 2 акведука	2 5 - 24 28 17 дюкеров	1 на р.Кегеты, 1 на р.Ысык-Ата - - - 23 2 дюкера	- - - - 2 -	- - - 6 6 -

Основные технические показатели этого водохозяйственного комплекса приведены в следующей таблице 1.1. [36].

Назначение вышеуказанных магистральных каналов сводятся к следующему:

ОЧК – подача оросительной воды Кеминскому и Чуйскому районам КР и Курдайскому району Казахстана;

ЮБЧК – подача воды на орошение Ысык-Атинскому и Аламединскому районам, а также подпитка ЗБЧК через канал «Отводящий»;

«Рассвет» - подача воды из Р-12 в ВБЧК;

Ысык-Атинский подпитывающий канал – подача воды в Ысык-Атинский район и Р-12;

ВБЧК – подача воды пяти районам республики, в г. Бишкек и через канал «Отводящий» - в ЗБЧК;

ЗБЧК – подача воды шести районам республики и в г.Бишкек, а также двум районам Казахстана; подпитывается через канал «Отводящий» из ВБЧК и рек Аламедин, Ала-Арча и Сокулук.

Все вышеприведенные водные объекты находятся на балансе ЧГБУВХ и эксплуатируются работниками ОМК и В ЧД.

Что же касается межхозяйственных распределителей (каналов) из указанных магистралей и других источников орошения, то они находятся на балансе восьми районных управлений водного хозяйства (РУВХ) Чуйской области и характеризуются данными таблицы 1.2 [53].

Для полноты картины, в таблице 1.3 приводятся сведения по внутрихозяйственным каналам, размещенным в Чуйской долине КР [54].

Из сведений, приведенных в таблице 1.2, вытекает следующее:

- наличие орошаемых земель в Чуйской области 320,296тыс.га, в том числе в гос.системе – 272,094 и хоз.системе – 48,202;
- протяженность оросительных сетей (каналов) – 6978км, в том числе на балансе – 1646,5км;

Таблица 1.2 -Технические показатели оросительных систем Чуйской области на 01.01.2016г

Наименование РУВХ	Земельный площадь, тыс.га	Протяженность каналов, км	В том числе		В том числе, км			Гидрометрические посты, шт	
			Значение каналов	Протяжен-ность, км	В земляном русле	В бетонной облицовке	В лотках	Всего	На балансе
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кеминское	27,158	634,2 67,7	Межхоз Внутрихоз	67,7 566,5	- 496,8	50,2 137,7	- 69,7	48 10	38 -
Чуйское	32,890	313,6 111,6	Межхоз Внутрихоз	109,6 204,0	- 154,0	78,5 -	- 50,0	77 -	76 -
Ысык-Атинское	55,371	1095 134,3	Межхоз Внутрихоз	173,3 919,7	- 576,1	103,4 268,0	- 308,1	114 -	114 -
Аламединское	36,374	572,2 94,9	Межхоз Внутрихоз	92,4 478,5	- 197,2	53,9 59,3	- 223,3	93 5	79 -
Сокулукское	54,650	1399,7 244,9	Межхоз Внутрихоз	244,9 1153,6	- 866,1	105,8 38,0	- 279,1	223 6	166 -
Московское	42,459	880,7 226,7	Межхоз Внутрихоз	215,5 654,0	- 512,4	99,8 193,2	- 99,9	144 -	103 -

Продолжение таблицы 1.2

Жайылское	42,683	1034,7 181,08	Межхоз Внутрихоз	142,2 891,5	- 633,1	112,4 59,9	- 258,4	89 2	81 -
Панфиловское	28,711	587,6 125,0	Межхоз Внутрихоз	125,0 462,6	- 283,4	90,4 50,7	- 168,0	93 6	87 -
ЧГБУВХ	320,296	460,3 460,3	Межхоз Внутрихоз	453,3 -	- -	136,1 -	- -	398 -	398 -
Всего по области	320,296	6978,0 1646,5	Межхоз Внутрихоз	1623,9 5330,4	- 3719,1	830,5 806,8	- 1456,5	1279 29	1142 -

Примечание - в третьем столбце таблицы: в числителе - фактическая протяженность каналов, в знаменателе – протяженность каналов находящихся на балансе.

Таблица 1.3 - Технические показатели внутрихозяйственных систем, обслуживаемым АВП КР

Наименование района	Общая орошаемая площадь по району, га	Орошаемая площадь на балансе АВП, га	Протяженность каналов, км	В том числе, км			Количество гидропостов, шт
				В земляном русле	В бетонной облицовке	В лотках	
Кеминский	28717	20164	465,03	326,7	199,0	72,9	7
Чуйский	31352	5003	75,1	52,6	22,5	-	-
Ысык-Атинский	55348	45147	763,40	271,0	223,1	233,0	5
Аламудунский	36901	20234	369,9	160,6	243,9	171,0	5
Сокулукский	55129	30750	537,0	326,0	212,5	181,9	-
Московский	42100	27418	391,4	244,4	80,7	65,95	8
Жайылский	42683	34280	645,6	412,0	46,9	186,7	-
Панфиловский	28594	22492	355,9	207,5	45,04	90,7	5
Итого по области	320824	205488	3603,3	2000,8	1073,64	1002,15	30

- протяженность межхозяйственной сети – 1623,9км, в том числе облицованных каналов – 830,5км;
- протяженность постоянных внутрихозяйственных сетей – 5330,4км, в том числе каналов в земляном русле – 3719,1, облицованных каналов – 806,8 и лотковых сетей – 1456,5км;
- всего водомеров (гидрометрических постов) – 1279, в том числе на балансе ЧГБУВХ – 1142шт;
- количество водомеров на межхозяйственной сети – 1149 (на балансе – 1142шт);
- число водомеров на внутрихозяйственной сети – 30шт (на балансе – отсутствуют).

Из сведений, приведенных в таблице 1.3, следует, что:
- орошаемые земли, находящиеся на балансе Ассоциации водопользователей (АВП), составляют 205,488тыс.га;
- протяженность внутрихозяйственных каналов – 3603км, в том числе каналов в земляном русле – 2001, облицованных каналов – 1074 и лотковых каналов – 1002км;
- количество водомеров на внутрихозяйственной сети – 30шт.

Указанные водные объекты на внутрихозяйственной сети обслуживаются работникам АВП, их число в Чуйской долине – 102шт, в том числе в Кеминском районе - 10, Чуйском - 5, Ысык-Атинском - 17, Аламединском - 12, Сокулукском - 19, Московском - 10, Жайылском - 14 и Панфиловском - 15.

1.2. Характеристика внутрихозяйственных каналов

1.2.1. Каналы в земляном русле

Протяженность каналов в земляном русле только по АВП составляет более 2000км. Но их в Чуйской долине значительно больше, так как есть множество внутрихозяйственных каналов в земляном русле, не числящиеся

на балансе АВП, но по которым вода подается водопользователям, минуя АВП. В такие водотоки вода подается непосредственно и из источников орошения (рек), из магистральных и межхозяйственных каналов, из БДР и БСР, находящихся на балансе ЧГБУВХ и районных управлений водного хозяйства (РУВХ) КР.

Трассы внутрихозяйственных каналов в земляном русле в предгорной и равнинной зонах прокладываются как поперек горизонталей, так и вдоль них. При этом при строительстве в той или иной зоне эти каналы возводятся по форме трапецеидального поперечного сечениям, при этом пропускная их способность (расход) определяется по формуле

$$Q = wC\sqrt{Ri} \qquad (1.1)$$

где $w = (b + mH)H$ – площадь живого сечения потока; b – ширина канала по дну; m – откос; H – глубина воды; i – уклон водотока.

В (1.1) C – коэффициент Шези, определяется по формуле

$$C = \frac{1}{n}R^{y} \qquad (1.2)$$

где n – коэффициент шероховатости, принимаемый из состояния ложа водотоков по справочным данным [56];

$y = \frac{1}{5}$ – показатель степени;

$R = \frac{w}{\chi}$ – гидравлический радиус;

$\chi = b + 2H\sqrt{1 + m^2}$ – смоченный периметр.

Параметры ныне действующих внутрихозяйственных каналов в земляном русле могут быть охарактеризованы следующим образом: ширина по дну $b = 0{,}4 - 1{,}0$м, откосы $m = 1 - 1{,}5$, строительная высота $H_{стр} = 0{,}3 - 0{,}6$м, уклоны $i \leq 0{,}001$.

Максимальная пропускная способность каналов меняется в широких пределах и составляет от 0,3 и до 1,0м^3/с, иногда превышая и эту величину. Параметр кинетичности потока – число Фруда $F_r \leq 0{,}5$.

Как правило, построенные каналы (до пуска воды) имеют правильную форму не только по периметру поперечного сечения, но и вдоль по длине. Однако, с пуском воды начинает меняться вся картина, конечно, в худшую сторону:

- на каналах, построенных в предгорной зоне поперек горизонталей, начинают смываться галечниково-песчаные грунты, обнажаются лежачие под этими грунтами булыжники, смываются грунты и с откосов, водотоки теряют свою форму, изменяются гидравлические параметры и самих потоков;
- на каналах, построенных вдоль горизонталей, происходят осаждение (уплотнение) грунтов не только по периметру водотоков, но и по их длине, наблюдается смыв грунта с одного участка и отложение его на другом участке, изменяются параметры водотоков и потоков воды, протекающих по ним, что, в конечном счете, отрицательно скажется на пропускную способность каналов с земляным руслом.

В процессе эксплуатации (со временем):

- на каналах, построенных в предгорной зоне поперек горизонталей, происходит естественная отмостка их дна булыжниками и камнями, возрастают коэффициенты шероховатости ($n > 0{,}03$) [55], русло канала становится устойчивым и практически не деформируемым;
- каналы, построенные вдоль горизонталей, изменяются до неузнаваемости: в предгорной зоне – водотоки зарастают травами и заиливаются песком и илом настолько, что, из-за резкого уменьшения площади поперечного сечения самого канала и увеличения коэффициенты шероховатости ложа русла, осложняется подача воды водопотребителям; такая же сложная ситуация создается и в равнинной зоне, где каналы заиливаются илом и зарастают камышом, причем зарастают практически в первый же год эксплуатации водного объекта.

К чему может привести зарастание канала только камышом показано на следующем примере.

а)

б)

Рис.1.1 Вододелитель на КРВХ-1 распределителя Р-24 системы ЗБЧК: а) вид на вододелитель с верхнего бьефа; б) вид на отвод с верхнего бьефа. 1 – межхозяйственный канал; 2 – плоский щит; 3 – вход во внутрихозяйственный канал СХ-2; 4 – начало внутрихозяйственного канала СХ-2; 5 – рама без щита

Внутрихозяйственный канал СХ-2 (рис.1.1) является левым отводом межхозяйственного канала КРВХ-1 распределителя Р-24 системы ЗБЧК.

Параметры канала: $b = 1{,}0$м; откосы – 1,5; уклон – 0,002. Гидравлический расчет пропускной способности канала проводились при $n = 0{,}023$ (земляные каналы, находящиеся в условиях содержания и ремонта выше средних) и $n = 0{,}04$ (каналы исключительно в плохих условиях – заросли камыша, густые корни и др.[56]). Результаты расчета приведены на рис.1.2, из которого следует, что увеличение коэффициента шероховатости приводит не только к уменьшению скорости потока (рис.1.2а), но и расхода воды (рис.1.2б), при этом, заиление канала наносами приводит к дальнейшему ухудшению указанных параметров водного потока.

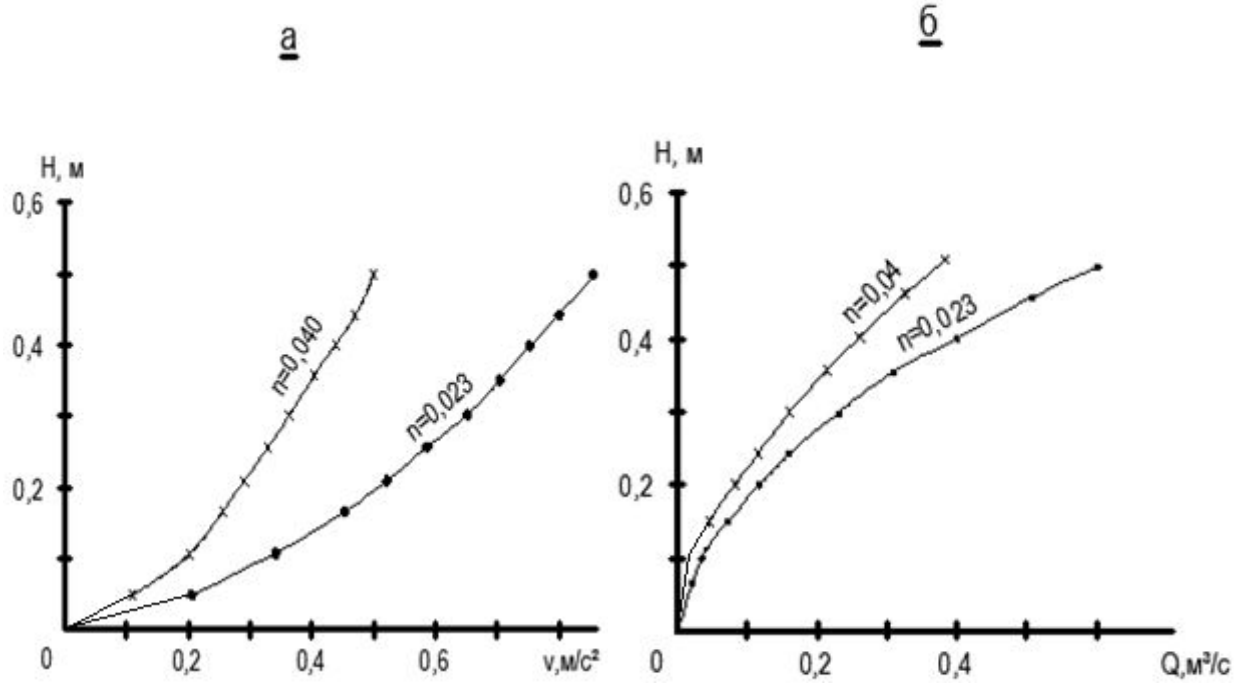


Рис.1.2 Графики зависимости а) $v - f(H)$ и б) $Q - f(H)$ отвода СХ-2 из канала КРВХ-1 Р-24 ЗБЧК

Изложенные особенности внутрихозяйственных каналов в земляном русле должны учитываться при размещении на них водомеров для учета воды при подаче ее водопотребителям.

1.2.2. Каналы в бетонной облицовке

Протяженность каналов в бетонной облицовке только в АВП КР составляет более одной тыс.га км; но они имеются не только на балансе АВП, но и на балансе РУВХ и Айыл Өкмөтү. Поперечное сечение каналов –

трапецеидальное, редко – прямоугольное. Облицовка – монолитный бетон, облицуются и железобетонными плитами.

Параметры каналов: $b = 0{,}5 - 1{,}0$м; $H_{стр} = 0{,}6 - 1{,}2$м; $m = 0 - 1$; пропускная способность – $Q = 0{,}5 - 1{,}5$м^3/с; скорости течения воды $v = 0{,}3 - 3$м/с и более; режимы течения воды – разные, то есть в отдельных каналах $F_r < 1$ (режимы течения – спокойные, в других $F_r > 1$(бурное течение), где параметр кинетичности потока (число Фруда) $F_r = \frac{v^2}{gh}$ (h и v– глубина и скорость потока).

Пропускная способность водотоков определяется по формуле (1.1), при этом коэффициент шероховатости в формуле (1.2) назначается в следующих пределах [43]:

- облицовка бетонная, хорошо отделенная – $n = 0{,}012 - 0{,}014$;
- облицовка бетонная, грубо отделенная – $n = 0{,}015 - 0{,}017$.

Обследование эксплуатационных показателей каналов, имеющих бетонную облицовку, показывает, что из-за плохой заделки стыков между плитами и недостаточного уплотнения грунта под последними, водотоки с плитами часто подвергаются деформации, чем каналы в монолитном бетоне.

В целом внутрихозяйственные каналы в бетонной облицовке работают нормально, этим облегчается оснащение их средствами учета воды.

1.2.3. Лотковые каналы

Лотковые каналы, получившие широкое распространение в Чуйской долине, характеризуются следующими данными:

- их протяженность только на балансе АВП составляет порядка 1-ой тыс.км, но они имеются и на балансах РУВХ и Айыл Өкмөтү;
- пропускная способность лотков (максимальные расходы) составляет 0,5 - 0,8 редко превышая 1,0м^3/с;
- высота лотков – 0,4-1,0м;
- уклоны – 0,001-0,04, иногда достигают 0,06;

- глубина потоков – 0,2-0,6м;

- скорости течения воды 0,5-5м/с;

- режимы течения воды спокойные $F_r < 1$ и бурные $F_r > 1$, иногда достигает до 5.

Пропускная способность лотковых каналов определяется по формуле (1.1), а коэффициент Шези – по формуле 1.2. В указанных формулах:

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

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

H – глубина потока в лотке; $P = 0{,}20$ и $0{,}35$м - параметры параболы;

$R = \frac{w}{\chi}$ – гидравлический радиус, χ – смоченный периметр, равный

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

при этом лотки глубиной 0,4-0,8м имеют параметр параболы $P = 0{,}2$м, лотки глубиной 1м и более – $P = 0{,}35$м.

Коэффициент шероховатости лотков в формуле (1.2) $n = 0{,}011 - 0{,}015$ [43]. Однако, учитывая несовершенство монтажных работ и заделки стыков между секциями лотков, коэффициент шероховатости принимается равным $n = 0{,}014 - 0{,}015$.

Обследование эксплуатационных показателей лотковых каналов свидетельствует о том, что в целом эти оросительные водотоки работают нормально и этим может быть облегчено условие учета воды, протекающей по ним.

1.3. Оснащенность внутрихозяйственных каналов водомерными сооружениями

Для учета воды оросительные системы Чуйской долины армированы водомерными сооружениями (гидропостами), общее количество которых составляет 1279, в том числе на межхозяйственной сети – 1149 и внутрихозяйственной – 30шт. При этом если все гидропосты на

межхозяйственной сети находятся на балансе госучреждений, то гидропосты на внутрихозяйственной сети – их на балансе нет, нет их и в составе аттестованных водомерных сооружений.

Изучение учета воды на внутрихозяйственной сети показало, что если в головной ее части учет воды ведется на гидропостах межхозяйственной сети, то этот учет при подаче воды водопользователям (дехканам) из самой сети ведется в основном «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Внутрихозяйственные каналы Чуйской долины отличаются многочисленностью и характеризуются низкой пропускной способностью (0,1-1,0м^3/с), с малыми строительными параметрами – $b = 0{,}4 - 1{,}0$м и $H_{стр}$=0,4-1,0м функционируют в земляном русле, бетонной облицовке и лотках; имеют трапецеидальное, прямоугольное и параболическое поперечное сечения.

2. Внутрихозяйственные каналы возведены как в предгорной, так и равнинной зонах, при этом:

- водотоки с земляным руслом, проложенные вдоль горизонталей, подвержены сильному заилению (песком, илом) наносами и интенсивному зарастанию (камышом и др.) растительностью, чем осложняется не только учет воды, но и эксплуатация самих каналов;
- водотоки с земляным руслом, проложенным поперек горизонталей в предгорной зоне, имеют устойчивое русло (в виду образования естественной отмостки), что благоприятно отразится на размещение на таких каналов водомеров для учета воды;
- каналы с бетонной облицовкой и лотки, несмотря на различные режимы (спокойный, бурный) их работы, работают нормально, что немаловажно для организации водоучета на них.

3. Кроме вышеизложенных, также следует отметить то, что во внутрихозяйственных каналах наблюдается широкий диапазон измеряемых уровней воды, скоростей течения потока и расходов воды, что должно учитываться при оснащении таких водотоков водомерными сооружениями.

4. Количество гидропостов на внутрихозяйственной сети составляет всего 30шт, которые не состоят на балансе и не представлены к первичной государственной поверке (аттестации), что указывает на ненадежной их работе.

ГЛАВА 2. АНАЛИЗ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ И РАЗРАБОТКА НОВЫХ ИХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1. Основные требования водопользователей к водомерным устройствам

К известным до настоящего времени водомерным сооружениям было уделено много внимание как у зарубежных, так и отечественных ученых и инженеров. К их числу входят Артамонов К.Ф. [1], Абдрасулов И.А. [31], Атаманова А.В., Бочкарев Я.В. [6], Билик О.А. и Валентини Л.А. [5,7], Бутырин М.В. [47], Киенчук А.Ф. [8], Бейшекеев К.К. [4], Батыкова А.Ж. [2], Железняков Г.В. [19], Кошматов Б.Т. [25], Лавров Н.П., Полотов А.П. [35], Сатаркулов С.С. [41-44], Филипов Е.Г. [46], Хамадов И.Б. [47], Ярцев В.Н. [52] и другие. Благодаря работам этих и других исследователей, к настоящему времени разработано множество водомерных устройств (они и оценка им подробно приводятся в последующих подразделах работы), предназначенных к строительству на магистральных и особенно на межхозяйственных оросительных каналах. Эти же водомеры могут быть применены и на внутрихозяйственных каналах, только с уменьшенными параметрами.

Для повышения точности учета воды на эти водомерные устройства предъявляются различные и, в то же время, самые жесткие требования (они приводятся в последующих подразделах работы), только при выполнении которых построенные сооружения допускаются к применению в качестве средств для измерения расходов воды. Но в составе этих требований отсутствуют, к сожалению, интересы простых сотни- и сотни тысяч покупателей воды - дехкан, которые, при принятии воды от вододателей (БУВХ, РУВХ и АВП), постоянно требуют доказательств о поданном им расходе воды. Их не интересуют расчеты пропускной способности водомеров теоретическим путем, их не интересуют рекомендации нормативных и

других официальных источников по определению пропускной способности сооружений. Их интересует лишь одно – доказательство того, что вода подается точь в точь по их заявкам. Их интересуют инструментальные замеры, проводимые только в присутствии самих дехкан. При этом такая работа должна проводиться в начале вегетации при градуировке водомерных установок с отражением ее результатов на графиках пропускной способности сооружений.

Исходя из изложенного, основное требование водопользователей (в частности, дехкан) можно будет сформулировать следующим образом – применяемые на внутрихозяйственных оросительных каналах водомеры должны быть подвергаемые к градуировке с применением средств измерения уровней и скоростей течения воды. При этом методика градуировки должна быть простой и понятной этим водопользователям, дехканам.

2.2. Анализ работы существующих водомерных сооружений

2.2.1. Водомеры типа «Фиксированное русло»

2.2.1.1. На каналах с земляным руслом

В состав рассматриваемого водомера (рис.2.1) входят измерительный участок 3, измерительный створ 4, успокоительный колодец 5, уровнемерная рейка 6, соединительная труба 7 с отсекателем 8 на конце. При правильном проведении измерительных работ учет водных ресурсов на этом водомере осуществляется с погрешностью не более ± 5%.

Применение данного гидропоста, по данным нормативных документов [15,18], ограничивается следующими диапазонами измерения параметров потока воды:

расход воды – от 0,2 до 500м^3/с;

скорость потока – от 0,2 до 3,5м^3/с;

глубина воды – от 0,2 до 6м;

режим течения – равномерный, без подпоров.

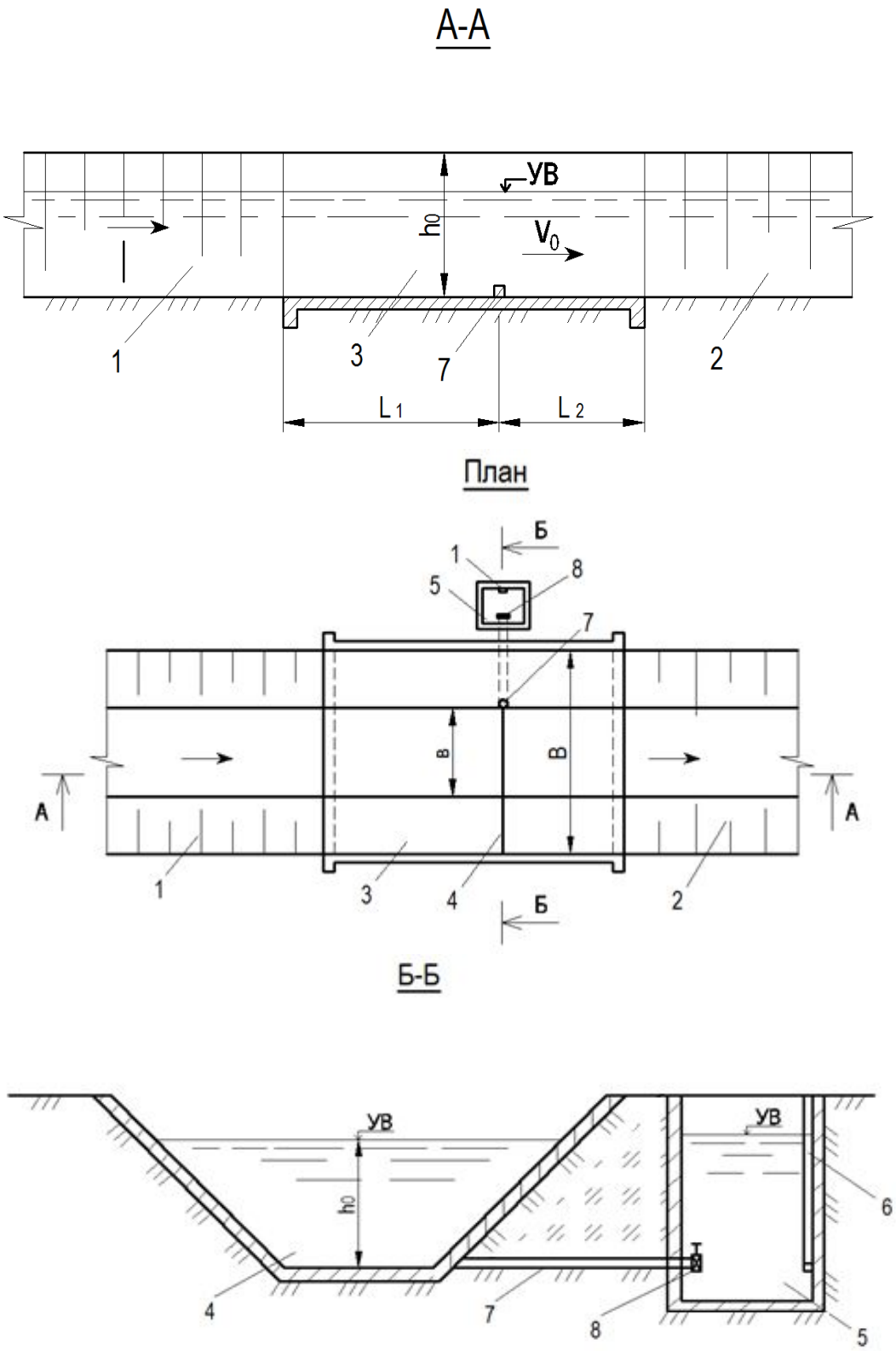


Рис. 2.1 Схема водомера типа «Фиксированное русло».
1 и 2 – подводящий и отводящий каналы; 3 – измерительный участок; 4 – измерительный створ; 5 – успокоительный колодец; 6 – уровнемерная рейка; 7 – соединительная (водопроводящая) труба; 8 – отсекатель

Из этих требований, к числу наиболее ответственных следует отнести равномерность режима течения воды, ибо практически ею и определяется

возможность применения сооружений в качестве средств для измерения расходов воды. К требованию равномерности следует добавить параллельноструйности потока и то, что данное сооружение должно быть отградуировано при помощи существующих средств измерения уровней и скоростей течения воды.

Состояние потока на водомере определяется путем принятие положения о том, что этот водомер – тот же канал и его пропускная способность при равномерном режиме определяется обычным расчетом, то есть по формуле (1.1). Иначе говоря, задаваясь значениями Н, и, при известных параметрах сооружения (*b; m; i; n*), определяется его пропускная способность (Q_p) гидравлическим расчетом. Затем строится график зависимости $Q_p=f(H)$, который и соответствует равномерному режиму течения воды по сооружению.

При наличии графика $Q_p=f(H)$, фактический режим течения воды на водомерах устанавливается путем сравнения этого графика с отградуированным графиком сооружения – $Q_u=f(H)$, построенным на основании данных измерений. Совпадение графиков будет указывать на наличие равномерного режима течения, а расхождение – на его отсутствие, что является следствием отрицательного влияния каких-то факторов на пропускную способность водомера.

Для обеспечения равномерного режима течения, к измерительному участку 3 водомера на рис.2.1 предъявляются следующие требования [15,18]:

а) измерительный участок сооружения должен быть прямолинейным, с постоянной формой поперечного сечения, при этом его длина, в зависимости от ширины водотока по верху (В), назначается в соответствии с данными таблицы 2.1;

б) измерительный участок должен быть удален от гидротехнических сооружений и других источников, образующих сбойное течение воды на расстояние, исключающее появление в створе измерений волны возмущений и составляющее не менее 10В;

в) уклон дна измерительного участка должен быть постоянным и более 0,001, ибо при i<0,001 может появиться подпорно-переменный режим истечения из-за деформации (заиление, зарастание) отводящих участков канала;

г) измерительный участок должен быть облицован бетоном.

д) отложение наносов на измерительном участке не допускается.

Таблица 2.1 – Определение длины измерительного участка в зависимости от расходов воды и ширины водотока

Наименование показателей	При скорости потока, м/с	При расходах воды (max), $м^3/с$				
		0,2-5,0	5-10	10-25	25-100	>100
Минимальная допустимая длина измерительного участка	< 2	(6-8)B	(4-6)B	(3-5)B	(2-3)B	Не менее 1,5B
	> 2	(9-2)B	(6-9)B	(4,5-7,5)B	(3-4,5)B	Не менее 2,25B

Ниже приводятся отдельные примеры из опыта эксплуатации водомеров типа «Фиксированное русло», построенных на внутрихозяйственных каналах оросительных систем Чуйской долины.

При этом эти водомеры построены по типовому проекту [12], разработанному, в свою очередь, в соответствии с требованиями нормативного документа [18].

Касаясь учета воды во внутрихозяйственных каналах с земляным руслом, в [7] отмечается, что «… здесь учет воды становится проблематичным, и вот почему – во избежание размывов водотоков, каналы строятся почти параллельно горизонталям, ввиду чего они имеют малые уклоны (0,001-0,005) и, следовательно, малые скорости течения воды. При этих скоростях потока происходит интенсивное отложение наносов и

зарастание каналов растительностью (в равнинной зоне – камышом), что неблагоприятно отражается на работе водомерных сооружений – появляются подпоры переменного характера, чем нарушается режимы работ водомеров и, благодаря именно таким нежелательным изменениям, такие сооружения перестают использоваться в качестве рабочих средств для измерения расходов воды».

Для обоснования изложенного, ниже приводится пример по использованию водомера типа «Фиксированное русло» на канале КРВХ-2 Р-24 системы ЗБЧК.

Этот гидропост (рис.2.2) построен в головной части канала и имеет параметры: ширина по дну 0,7м, откосы полуторные, уклон 0,003, облицован бетоном.

Рис 2.2 Водомер типа «Фиксированное русло» (оно расположено за плоским щитом) на канале КРВХ-2 Р-24 системы канала ЗБЧК

Отводящий канал проходит в земляном русле, заилен взвешенными наносами, зарос камышом.

Чтобы проверить влияние последних факторов не только на параметры потока в измерительном створе гидропоста, но и на его пропускную способность, проведен следующий гидравлический расчет.

Гидравлический расчет проведен по формуле (1.1) при следующих значениях коэффициента шероховатости [43,56]:

- n=0,015 – поверхность ложа гидропоста бетонная, хорошо отделанная;
- n=0,023 – земляные каналы, находящиеся в условиях содержания и ремонта выше средних;
- n=0,040 – каналы в исключительно плохих условиях (заросли камыши, густые корни и т.д.).

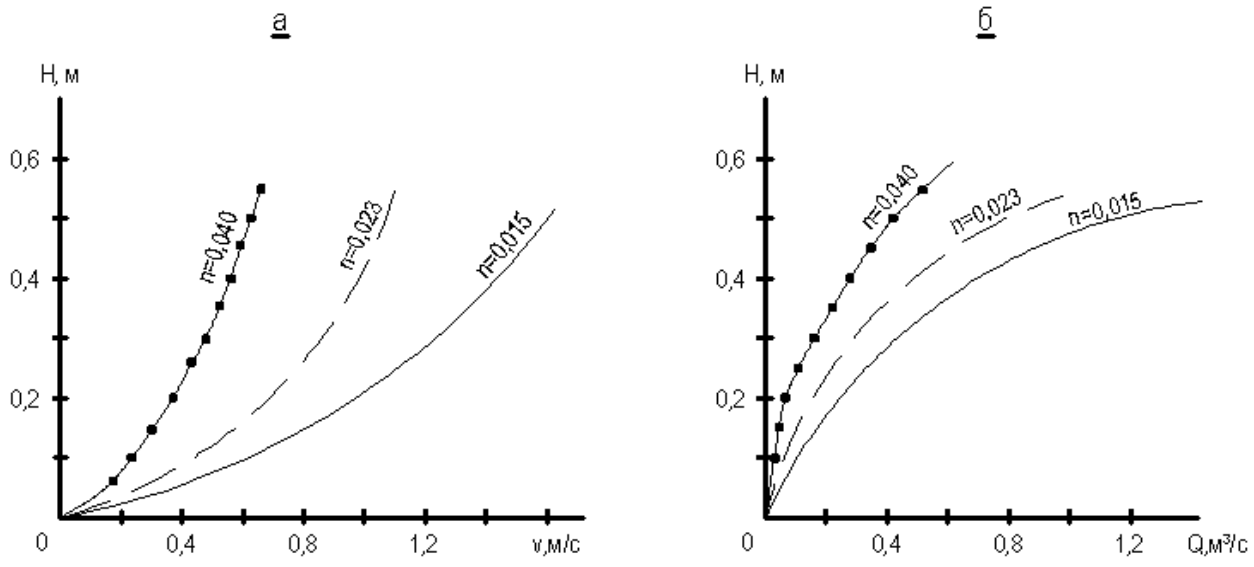


Рис 2.3 Графики зависимостей а) v=f(H) и б) Q=f(H) гидропоста на канале КРВХ-2 Р-24 системы ЗБЧК

Данные гидравлического расчета приведены на рис. 2.3 в виде графиков зависимостей v=f(H) и Q=f(H), которые свидетельствуют о том, что с увеличением коэффициента шероховатости отводящего (от гидропоста) канала уменьшаются не только скорости течения воды (графики на рис. 2.3а) на водомерном сооружении, но и его пропускная способность (графики на рис. 2.3б).

И, наоборот, при одних и тех же расходах воды увеличение коэффициента шероховатости отводящего канала приводит к увеличению глубины воды на гидропосту (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Изменение глубины воды под влиянием шероховатости канала

Расходы воды, $м^3/с$	Глубины воды при равномерном режиме течения, м			Отношение глубин	
	H_1	H_2	H_3		
	при шероховатостях каналов			$\frac{H_2}{H_1}$	$\frac{H_3}{H_1}$
	n=0,015	n=0,023	n=0,040		
0,2	0,19	0,25	0,33	1,32	1,74
0,3	0,25	0,31	0,40	1,24	1,60
0,4	0,29	0,36	0,47	1,24	1,62
0,5	0,33	0,41	0,53	1,24	1,61
0,6	0,36	0,44	0,58	1,22	1,61

Увеличение глубины воды в отводящем канале отрицательно сказывается на работе водомерного сооружения – свободный режим истечения переходит в подтопленный (причем переменного режима истечения) и, как следствие этого, перестают его (гидропосты) применять в качестве средства для измерения расходов воды, что и произошло с водомером на канале КРВХ-2 Р-24 системы ЗБЧК.

Трудности применения водомеров на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом усугубляется еще и тем, что в виду малой скорости течения воды эти водотоки заиливаются наносами, с одной стороны, увеличивая шероховатость самих каналов и, с другой, уменьшая их пропускную способность. Все это отрицательно сказывается на работе водомеров, так как они заиливаются наносами (рис. 2.2) (по рассказам службы эксплуатации – очистка гидропоста от наносов и растительности проводится два раза в вегетации, но от этого эксплуатационные показатели водомера не улучшаются).

Иначе говоря, опыт эксплуатации водомеров свидетельствует о том, что очистка самих гидропостов от наносов и растительности не дает

желаемого эффекта, так как в этом случае сохраняется подпор, возникаемый за счет заиление и зарастание отводящих в земляном русле каналов.

а)

б)

Рис.2.4 Вододелители на внутрихозяйственных каналах СХ-1 (а) и СХ-3 (б) распределитель Р-24 системы ЗБЧК. 1 – межхозяйственный канал; 2 – щит; 3 – вход во внутрихозяйственный канал; 4 – щит; 5 – начало внутрихозяйственных каналов (на которых в удалении 35-40м от головного регулятора размещены водомеры типа «Фиксированное русло», которые заилены илом и засорены камышом)

а

б

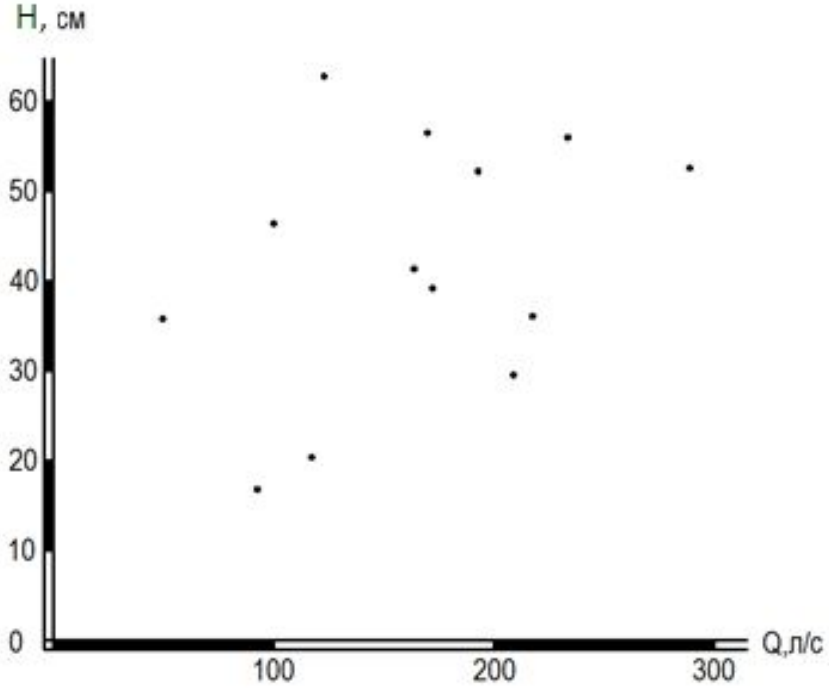


Рис 2.5 Водомер типа «Фиксированное русло» на Р-24-2 системы ЗБЧК (а) и график пропускной его способности от Н (б)

На транзитной части внутрихозяйственных каналов СХ-1 и СХ-2 распределителя Р-24 системы ЗБЧК также построены водомеры типа

«Фиксированное русло» и они, также как на канале КРВХ-2, вышли из строя из-за заиление наносами и зарастания камышом (на рис.2.4а и 2.4б показано начало этих внутрихозяйственных каналов).

Приводится еще один водомер, на котором заиление наносами и зарастание растительностью отводящего в земляном русле канала приводят к сильному разбросу точек измерения расходов воды. При такой ситуации, из-за трудности замеров воды при малых скоростях ее течения (менее 0,2м/с), расход воды определяется в основном на глаз, что недопустимо в условиях платном водопользования.

Этот водомер (рис 2.5а) построен на распределителе Р-24-2 системы ЗБЧК, b=0,7м; m=1; в техническом паспорте указывается, что сооружение не соответствует нормативным требованиям. Приведенный в техническом паспорте график зависимости $Q_u=f(H)$ показан на рис 2.5б, из которого следует сильный разброс точек измеренных расходов воды и отсутствие какой-нибудь связи между Q и H. В техническом паспорте указывается также, что отводящий канал в земляном русле «сильно заилен» и водомер работает «на подпоре».

Разброс точек на рис 2.5б, указывает на весьма плохую работу водомера, вследствие чего учет воды осуществляется в основном «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

2.2.1.2. На облицованных каналах

Требования, предъявляемые к водомеру типа «Фиксированное русло» и предназначенные к строительству на каналах с бетонной облицовкой, те же, что приведено в подразделе 2.2.1.1. Однако, в рассматриваемом случае водотоки имеют бетонную облицовку. Поэтому при организации учета воды на таких каналах остается:

- выбрать прямолинейный в плане участок;
- снабдить его уровнемерным колодцем, соединив последнего с каналом при помощи соединительной трубы (при $v < 1$м/с) или щели (при $v > 1$м/с);

- определить пропускную способности водомера гидравлическим расчетом и построить график зависимости $Q_р - f(H)$;

- отградуировать водомер и измеренные расходы (Q_u) нанести на график $Q_р - f(H)$.

Совпадение точек измерений с графиком $Q_р = f(H)$ будет указывать на то, что режим течения на водомере – равномерный, поэтому он может быть использован в качестве средства для измерения расходов воды.

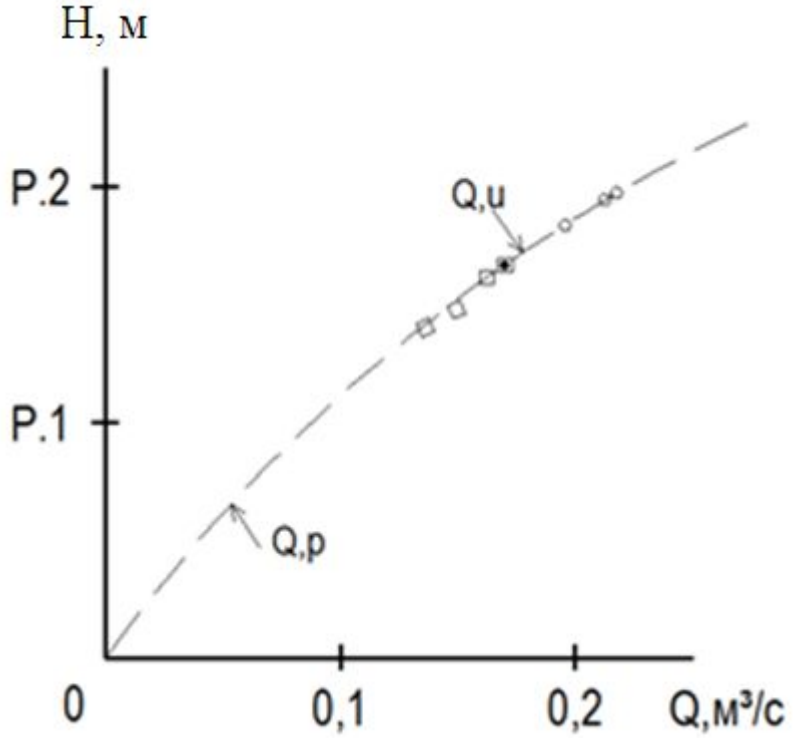


Рис.2.6 Пропускная способность водомера «Токмок» на одном из распределителях ВБЧК

В порядке подтверждения изложенного, приводится водомер «Токмок», функционируемый на одном из распределителях ВБЧК. Водомер типа «Фиксированное русло» построен в 1988году, сечение – прямоугольное, уклон 0,0027.

Данные пропускной способности по Q_p и Q_u приведены на рис.2.6, из которого вытекает хорошее совпадение измеренных расходов с расчетными. Режим течения воды на сооружении – равномерный. Поэтому данное

сооружение используется в качестве рабочего средства при учете воды при подаче ее водопотребителям.

2.2.1.3. На лотковых каналах

В соответствии с [17,21], измерение расходов воды в лотках параболического сечения приводится по методу «скорость-площадь», при этом при соблюдений предъявляемых к водомерам условий – относительная погрешность измерений не превышает ±4%. В состав основных требований входят:

- расход воды – от 0,01 до 2,00м^3/с;
- скорость потока – от 0,05 до 2,00 м/с;
- глубина воды - более 0,05м;
- режим потока – равномерный, без подпоров;
- отклонение направления отдельных струй водного потока относительно продольной оси лотка не должно превышать 15º.

Кроме указанных условий, для соблюдения равномерного режима истечения к измерительному участку предъявляются следующие требования:

- измерительный участок должен быть прямолинейным в плане на расстоянии не менее двух секций лотка до и после измерительного створа;
- в пределах измерительного участка должен быть обеспечен постоянный уклон дна, причем меньше критического;
- измерительный участок должен быть удален от сетевых (водовыпускных, поворотных и др.) сооружений и других источников возмущения водного потока на расстояние не менее двух секций лотка от них;
- измерительный участок должен быть чистым от наносов и других сорных образований.

Все требования, предъявляемые к водомерам на лотковых каналах, легко выполнимы. Поэтому в Чуйской долине учет воды непосредственно в лотковых каналах продолжает находить широкое применение.

а)

б)

Рис. 2.7 Водомер типа «Фиксированное русло» на лотковом канале «Жантай» с.р. Ала-Арча. а) общий вид с верхнего бьефа; б) вид сбоку. 1 – лоток; 2 – щель; 3 – уровнемерный колодец

Как правила, после выбора измерительного участка в соответствии с рекомендациями в [43]:

- выбирается измерительный створ;

- строится успокоительный колодец, который соединяется с лотковым каналом при помощи трубы (при $v < 1м/с$) или щелью (при $v > 1м/с$);

- определяется уклон лотка в пределах измерительного участка;

- проводится гидравлический расчет пропускной способности водомера;

- строится график зависимости $Q_р - f(H)$, который принимается за основу при учете воды в лотковых каналах.

Следует отметить, что методика измерения расходов воды, изложенная в [17,21], очень сложная и выполнение работы по ее рекомендациям – весьма трудная. Поэтому при выполнении измерительных работ служба эксплуатации ограничивается измерением скорости потока только по оси лотка, что делается только для контроля.

Другое отклонение от требований нормативных документов [17,21] – учет воды ведется в лотках не только при спокойном (F_r<1), но и бурном (F_r>1) режимах истечения. Этому способствует равномерный режим и параллельноструйное течение воды в лотках с большими уклонами.

В качестве подтверждения последнего положения, ниже приводится следующий пример. На лотковом канале «Жантай» с.р. Ала-Арча функционирует водомер типа «Фиксированное русло» (рис.2.7), сам отвод построен из лотков ЛР-80, с уклоном 0,03. Максимальная пропускная способность 1,4м^3/с, при котором скорость превышает 4м/с, число Фруда F_r>3. На этом сооружении уровнемерный колодец соединен с лотком не при помощи трубки, а щели длиной на 2/3 высоты лотка (рис.2.7а).

Изучение эксплуатационных показателей сооружения показало, что режим течения воды на нем равномерный, уровень воды в колодце соответствует уровню воды в лотке. Данное сооружение используется в качестве средства для учета воды. Использование водомера типа

«Фиксированное русло» на лотковом канале показано и на рис.2.8, где щель выполнена по всей высоте лотка.

а)

б)

Рис. 2.8 Водомер типа «Фиксированное русло» на распределителе из МК «Туш» с.р. Ала-Арча. а) вид с верхнего бьефа; б) вид сбоку.
1 – лоток; 2 – щель; 3 – уровнемерный колодец

Следует отметить, что иногда встречаются случаи, когда на лотках параболического сечения строятся водомеры типов «Фиксированное русло» с трапецеидальным поперечным сечением (рис.2.9) и «Лоток» (рис.2.10).

Рис. 2.9 Водомер типа «Фиксированное русло» трапецеидального поперечного сечения на лотковом канале Белек с.р. Ала-Арча

Рис. 2.10 Водомер типа «Лоток» Вентури на лотковом канале параболического сечения

К сожалению, такие решения приводят только к осложнению водоучета, так как:

- в первом случае (рис.2.9) – резко ухудшается гидравлика потока – из-за резкого расширения (на входе) и сужения (на выходе) потока - в пределах водомера образуются косоструйные течения и подпоры, нарушающие режим равномерного и параллельноструйного течения воды;

- во втором (рис.2.10) – резко снижается пропускная способность лоткового канала и, самое главное, как это вытекает из следующего подраздела работы – водомеры типа «Лоток» не подвержены к градуировке, что относится к их недостаткам.

2.2.2. Водомеры типа «Лотки»

Рекомендованные к применению водомеры типа «Лотки» приведены на рис. 2.11., с предельными их применимости [16,33,37]:

- допустимые значения ширины горловины – b=0,10-3,0м;

- допустимые значения напора H=0,1-2,0м;

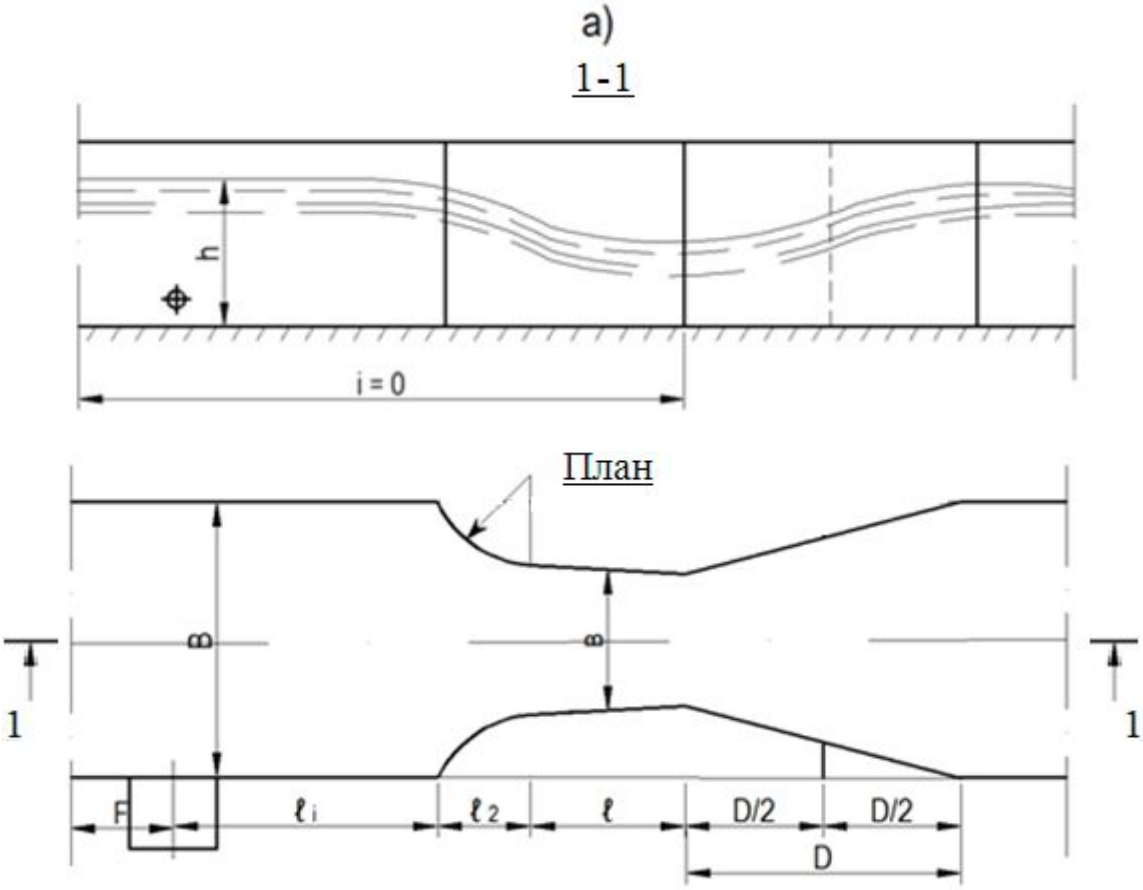
- максимальное значение параметра кинетичности потока в подводящем канале (число Фруда) $F_r \leq 0,6$;

- «…лотки должны использоваться только в режиме свободного (незатопленного) истечения жидкости …» [37], то есть водомеры должны функционировать без подпоров со стороны нижнего бьефа.

К изложенным следует добавить, что в нормативном документе [37] отмечено следующее: «Положения настоящей методики обеспечивают возможность применения стандартных лотков без индивидуальной градуировки». Иначе говоря, пропускная способность водомеров типа «Лотки» определяется гидравлическим расчетом без индивидуальной градуировки.

Расход воды через лоток Вентури (рис.2.11) определяется по формуле

$$Q - 1,705 C_v C_D b H^{3/2} \qquad (2.1)$$



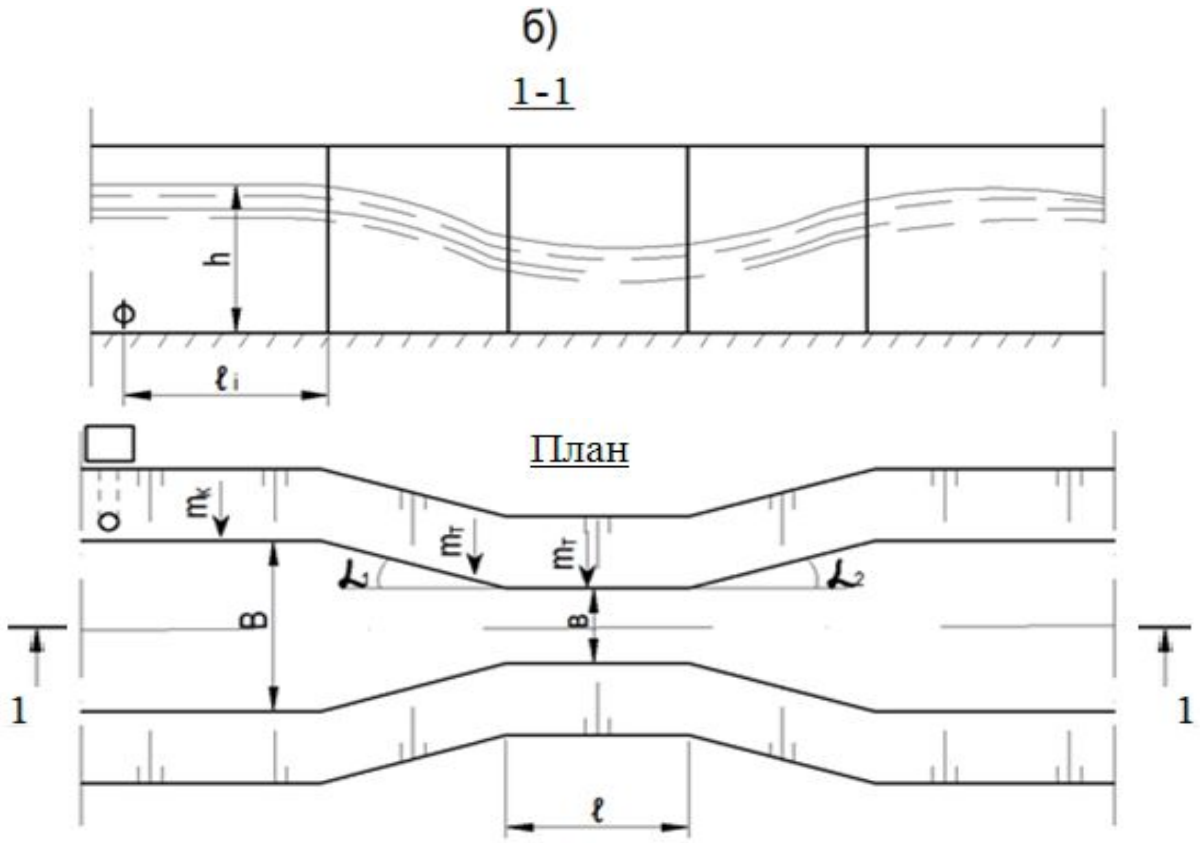


Рис. 2.11 Водомеры типа «Лоток».

а) Лоток Вентури; б) Лоток критической глубины

где C_v– коэффициент, учитывающий влияние скорости в подводящем канале (принимается согласно табл.4 в [37]);

Н– глубина воды в верхнем бьефе;

C_D– коэффициент расхода, определяемый по формуле

$$C_D = \left(1 - 0{,}006\frac{l}{b}\right)\left(1 - 0{,}003\frac{l}{H}\right)^{3/2}, \qquad (2.2)$$

где l – длина горловины лотка (вдоль по оси водотока).

В Киргизии опытные образцы водомеров типа «Лотки» были построены в 50-ые годы прошлого столетия, в то время в Чуйской долине было построено всего несколько штук (один из них показан на рис.2.12). Но впоследствии по неизвестной причине от водомеров типа «Лотки» отказались. Эти водомеры не применяются и в настоящее время.

Рис. 2.12 Водомер типа «Лоток» Вентури на отводе канала «Джеламыш» с.р. «Джеламыш»

В принципе рассматриваемые водомеры могли бы применяться для учета воды на внутрихозяйственных каналах в предгорной зоне. Но их не применяют лишь потому, что они, из-за сложной гидравлики потока на них (отсутствует параллельноструйное течение воды), не подлежат к градуировке.

Еще один водомер типа «Лоток» - водомер, приведенный на рис.2.13, состоит из сужающегося лотка, с горизонтальным дном, закачивающимся перепадом. Он относится к категории стандартных [33], поэтому применяется без проведения индивидуальной градуировки.

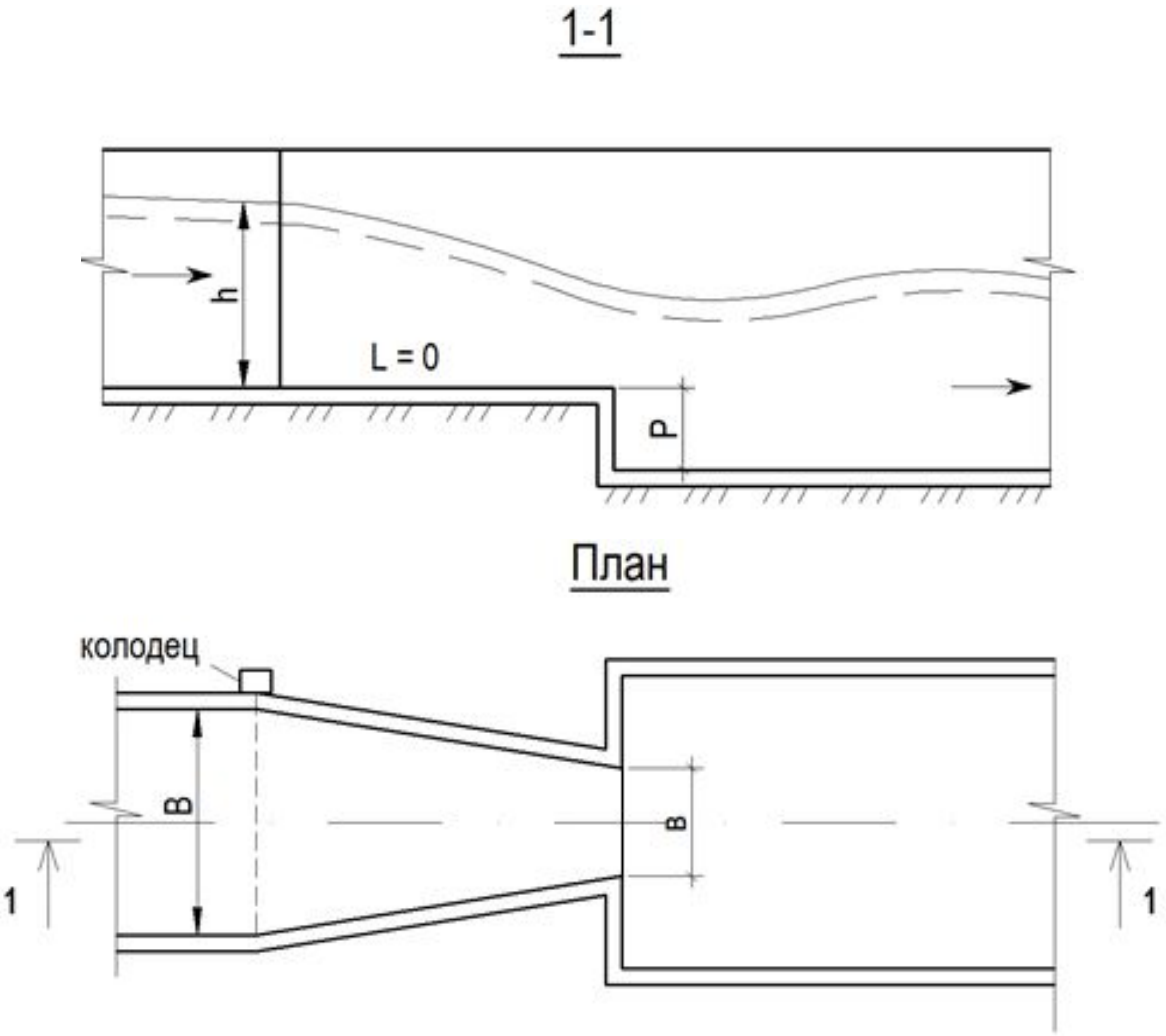


Рис. 2.13 Схема водомера типа «Лоток» конструкции САНИИРИ

Условия применимости водомера:

- режим истечения потока по водомеру – свободный;

- максимальное значение кинетичности потока в подводящем канале - $F_r \leq 0{,}60$;

- допустимое значение ширины горловины лотка – $b_{min} = 0{,}20$м и $b_{max} = 1{,}0$м;

- допустимое значение напоров $h = 0{,}1 - 1{,}0$м.

Размеры лотка определяются:

- ширина входа $B = 1{,}7b$, длина лотка $l = 2b$ и высота стенки лотка $H_{стр} = (1{,}5 - 2{,}0)b$ или $H_{стр} = h_{max} - h_з$;

где $h_з$– запас стенок над уровнем воды, равный 0,15-0,20м;

- высота порога $P \geq 0{,}5h_{max}$;

- створ измерения уровня (напора) совпадает с передней входной гранью лотка.

Пропускная способность водомера определяется по формуле

$$Q = Cb\sqrt{2gh^{3/2}}, \quad (2.3)$$

где $C - 0{,}5 - 0{,}109/(6{,}26h + 1)$ – коэффициент расхода.

Пропускная способность может определяться и по следующей упрощенной формуле

$$Q = 2{,}14bh^{1{,}55} \quad (2.4)$$

Следует отметить, что лоток САНИИРИ, хотя он компактный и простой в исполнении, не получил применение в Чуйской долине по причинам образования на нем косоструйных в плане течений и кривой спада по вертикали на уступе перепада. Кроме того, при протекании малых расходов воды сужение потока на лотке не наблюдается. Все это (то есть плохая гидравлика) отрицательно скажется на точности измеряемых расходов воды.

2.2.3. Водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой»

На внутрихозяйственных каналах, также как и на межхозяйственных водотоках Чуйской долины, применяются водосливы Чиполетти и Иванова, имеющие трапецеидальное поперечное сечение и отличающиеся величиной угла β (рис.2.14).

Строятся водосливы по типовому проекту [34] и, в соответствии с нормативными документами [16,33,37], к ним предъявляются следующее основное требование – режим работы этих водомеров должен быть свободным, при котором уровень воды в нижнем бьефе должен находиться ниже отметки порога самого водослива. Дополнительные условия применимости водослив приведены в следующей таблице 2.3.

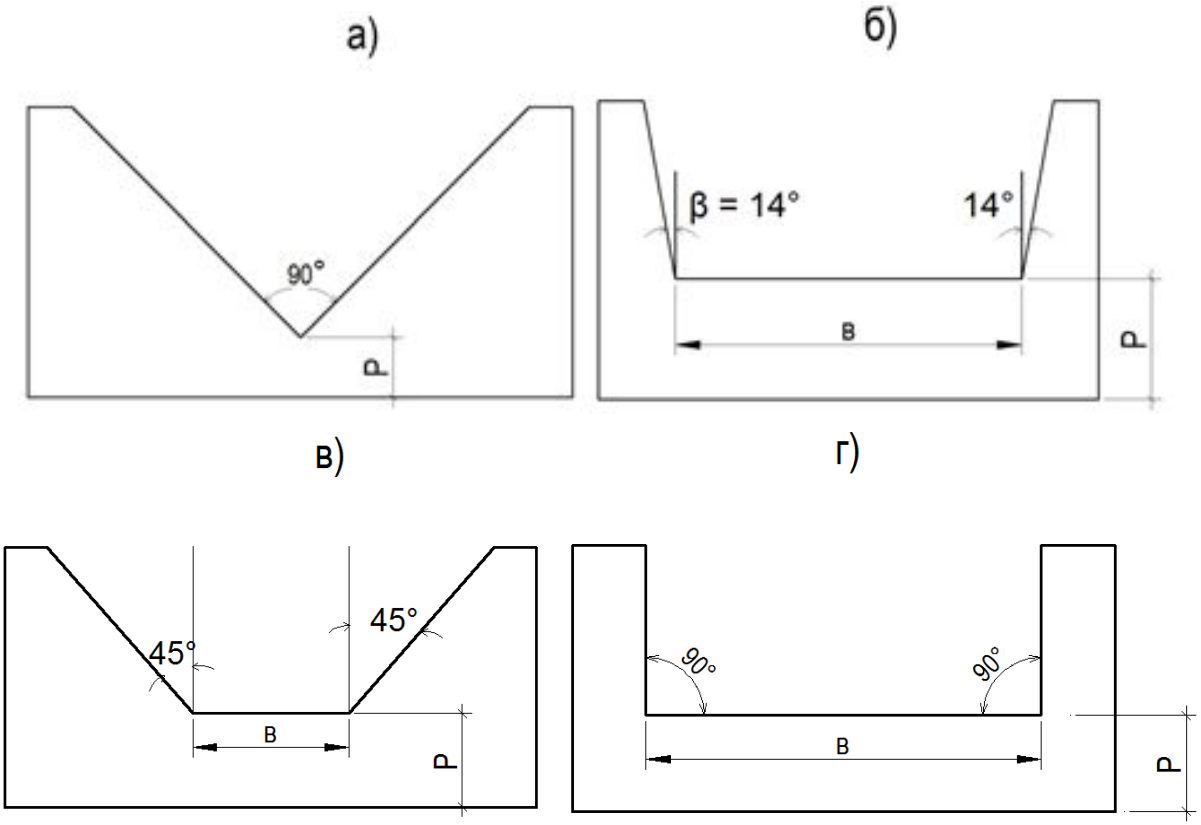


Рис. 2.14 Разновидности водосливов с тонкой стенкой. а) водослив Томсона; б) водослив Чиполетти; в) водослив Иванова; г) водослив Базена

Кроме того, к водосливам ставятся также и следующие условия по водосливам трапецеидального сечения:

ширина водослива по дну $b \leq 3{,}0$м;

максимальный напор воды над порогом водослива h_{max}=*(0,10-0,35)b*;

соотношение $(B - b)/2 \geq 0{,}2$.

Расчетные формулы для определения расхода воды:

для водолива Чиполетти

$$Q = 1{,}86bh^{3/2} \tag{2.5}$$

для водослива Иванова

$$Q = 1{,}86C_f bh^{3/2} \tag{2.6}$$

где C_f – коэффициент формы, его величина определяется по формуле

$$C_f = (b + h)/(b + 0{,}25h) \tag{2.7}$$

Таблица 2.3 - Пределы применимости водосливов с тонкой стенкой

Сечение водослива	Допустимые значения напора, м		Допустимые значения ширины порога, м		Минимальная высота порога P, м	Максимальное значение параметра кинетичности потока в подводящем канале
	h_{min}	h_{max}	b_{min}	b_{max}		
Треугольное	0,05	0,40	-	-	0,10	0,45
Трапецеидальное	0,05	1,00	0,25	3,00	0,30	0,45
Прямоугольное	0,03	1,00	0,15	3,00	0,10	0,50

Прямоугольные водосливы бывают без бокового сжатия ($b=B$) и с ним ($b<B$). К этим водомерам дополнительно предъявляются следующие условия:

при отсутствии бокового сжатия

$\frac{h}{p} \leq 1{,}5;\ \ b \geq 0{,}2$м;

при наличии бокового сжатия

$\frac{h}{p} < 2{,}5;\ \ h > 0{,}15;\ \ (B - b)/2 > 0{,}1$м

Расчетная формула по определению пропускной способности сооружения с прямоугольным водосливом

$$Q = 2{,}953 C_0 b h^{3/2} \qquad (2.8)$$

где C_0 коэффициент расхода, определяемый по формуле

$$C_0 = a + a^1 h/p \qquad (2.9)$$

где a, a^1– поправочные множители, определяемые в зависимости от b/B по данным следующей таблицы 2.4.

Эти коэффициенты могут быть определены и по формулам [2]:

$$a = 0.0089\left(\frac{b}{B}\right)^2 + 0.005\left(\frac{b}{B}\right) + 0.5869$$

(2.10)

$$a' = 0.1234\left(\frac{b}{B}\right)^2 - 0.0506\left(\frac{b}{B}\right) + 0.0062 \qquad (2.11)$$

Прямоугольные водосливы без бокового сжатия должны работать с воздухом под струей, для чего уровень воды в нижнем бьефе поддерживается ниже кромки водослива и дополнительно предусматриваются устройства для подвода воздуха в эту зону.

Таблица 2.4 - Значения поправочных множителей а и a^1 в зависимости от $\frac{b}{B}$

b/B	а	a^1	*b/B*	а	a^1
1,000	0,602	0,075	0,500	0,592	0,012
0,950	0,600	0,070	0,450	0,592	0,009
0,900	0,598	0,064	0,400	0,591	0,006
0,850	0,597	0,055	0,350	0,590	0,004
0,800	0,596	0,045	0,300	0,590	0,002
0,750	0,595	0,037	0,250	0,589	0,002
0,700	0,594	0,030	0,200	0,588	0,002
0,650	0,594	0,025	0,150	0,588	-0,002
0,600	0,593	0,018	0,100	0,587	-0,002
0,550	0,593	0,015	0,050	0,587	-0,002

Расстояние от водослива до створа измерения напора

$$l = (3 - 4)h_{max} \tag{2.12}$$

При соблюдении указанных выше требований и условий на водомерах типа «Водосливы с тонкой стенкой», в соответствии с [37], учет воды можно вести с погрешностью ±2%. При этом они применяются по результатам гидравлического расчета без индивидуальной градуировки, что, естественно, относится к положительным их качествам.

Водомерными сооружениями, включающими в свой состав водосливов с тонкой стенкой, оснащаются межхозяйственные и внутрихозяйственные каналы трапецеидального и прямоугольного поперечных сечений, водотоки с облицовкой и в земляных руслах. В последнем случае участки канала перед и за измерительным створом (диафрагмой) облицовываются бетоном или

плитами, при этом водомеры строятся по приведенному в [34] типовому проекту.

Из многообразия форм поперечного сечения, в Чуйской долине получили широкое применение водосливы Чиполетти и Иванова. Прямоугольный водослив Базена практически не пользуется (пояснений на этот счет – нет).

В настоящее время в Чуйской долине функционируют свыше 100 сооружений с тонкими водосливами, преобладающие большинства которых были построены еще в 1950-1970 годы.

В последующем интенсивность применения водосливов с тонкой стенкой резко упала и лишь в 2010-2015 годы стали снова применяться при оснащении внутрихозяйственных и частично межхозяйственных каналов водомерными сооружениями.

Чем же было вызвано такое заторможение при внедрении водосливов с тонкой стенкой? Ответ один – неудовлетворительная работа многих построенных водомерных сооружений с водосливами.

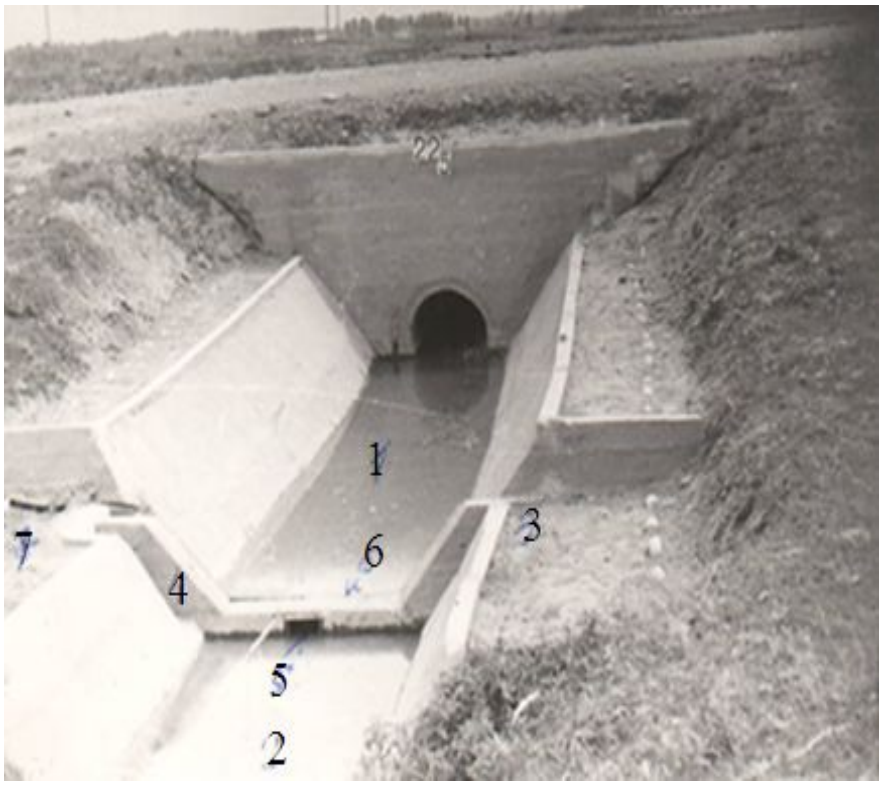


Рис.2.15 Типовой водомер с водосливом Иванова
на Р-12-5 системы ЗБЧК

Неудовлетворительная работа водомеров с водосливами связана, с нашей точки зрения, с конструктивными их недостатками и теми местными условиями, при которых не удается вести учет воды казалось бы даже на правильно построенных водомерных сооружениях. Ниже кратко приводится недостатки водомеров с тонкими водосливами, построенных на оросительных системах Чуйской долины КР.

На рис.2.15 приведено типовое водомерное сооружение с тонким водосливом, состоящее из подводящего 1 и отводящего 2 участков водотока, измерительного створа 3, состоящего, в свою очередь, из бетонной диафрагмы 4, в нижней части которой предусмотрено наносопромывное отверстие 5, а в верхней – водослив с тонкой стенкой 6. Учет воды ведется при помощи водомерной рейки, размещенной в береговом ковше.

Основные требования, предъявляемые к водомерам с водосливами, приведены выше, к главным из которых относятся следующие:

- режим потока в верхнем бьефе должен быть спокойным (число Фруда не должен превышать 0,45);

- режим истечения через водослив должен быть свободным;

- минимальная высота порога для трапецеидальных водосливов – 0,30м и для прямоугольного – 0,10м.

Многолетнее изучение эксплуатационных показателей водомеров с водосливами, построенных в Чуйской долине КР, показали следующие результаты. Только около 60% изученных сооружений отвечают предъявляемым к ним требованиям и, поэтому, допущены в качестве средств для измерения расходов воды. Остальные, из-за имеющихся на них недостатков, были забракованы. Эти недостатки следующие [3,35,43]:

1. Отложение наносов перед водосливами (рис.2.16, 2.17 и 2.18), которое уменьшает заданную высоту их порога и ухудшает гидравлику потока в верхнем бьефе. Поскольку эти процессы негативно влияют на точности водоучета, то очистка верхнего бьефа от наносов службой эксплуатации осуществляется либо вручную, либо промывкой через

Рис.2.16 Водомер на распределителе Р-1-5 системы ЗБЧК

Рис.2.17 Водомер на распределителе Р-1-7 системы ЗБЧК

Рис.2.18 Водомер типа «Водослив» на отводе из МК «Туш» (верхний бьеф заилен наносами)

наносопромывное отверстие (рис.2.15). Следует отметить, что оба эти методы оказались малоэффективными. Мало этого, в период вегетации наносопромывные отверстия часто оставляются открытыми или закрывается не плотно, в результате появляются неучтенные расходы воды (порядка до 0,070-0,130м^3/с – в зависимости от размеров наносопромывных отверстий) при подаче воды водопользователям.

Рис.2.19 Водомер типа «Водослив» на отводе из МК «Туш» (водослив сломан)

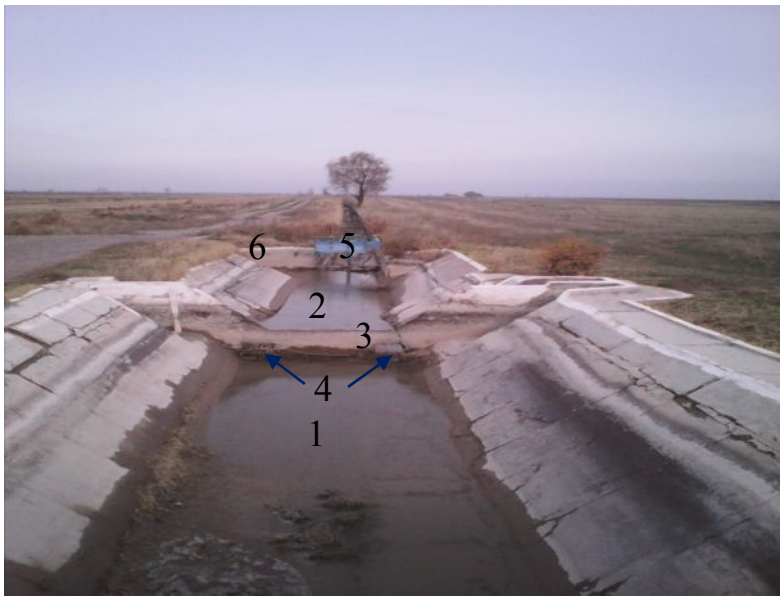


Рис.2.20 Водомер типа «Водослив» на распределителе из ВБЧК
1 и 2 – подводящий и отводящий каналы; 3 – водослив; 4 – наносопромывные отверстия; 5 – щиты; 6 – вход в водоотводящую трубу

2. В соответствии с требованиями к трапецеидальным водосливам, их порог со стороны верхнего бьефа должен возвышаться над дном канала не менее, чем на 0,3м. Однако, такое условие, как это вытекает из следующих сведений, часто не соблюдается. Так, например, на распределителях Р-4-2 и Р-6-2 системы ВБЧК высота порогов составляет соответственно 0,23 и 0,27, а на Р-29, Р-20-2, Р-22-1 системы ЗБЧК – соответственно 0,24; 0,13 и 0,08м. Ввиду изложенного, эти сооружения не были допущены к применению в качестве средств для измерения расходов воды.

3. Водосливы должны работать со свободными режимами истечения. Однако, на большинстве действующих сооружениях создаются подпоры со стороны нижнего бьефа, резко снижающие точности измеряемых расходов воды. Эти подпоры возникают, как правило, либо в результате заиления и зарастания отводящих в земляном русле каналов (рис 2.16, 2.17 и 2.18), либо под влиянием водораспределительных сооружений, размещенных в нижнем бьефе в поблизости к водомерам с водосливами (рис 2.19 и 2.20).

При наличии подтопленных режимов истечения через водосливы приходится предпринимать меры по наращиванию высоты порогов (табл.2.5) [43], что вообще-то трудно выполнимо в натурных условиях и, в особенности, в период вегетации.

4. Отсутствие обоснованных рекомендаций по назначению оптимальной высоты порога водосливов. Известно только то, что допустимая минимальная высота порогов треугольного и прямоугольного водосливов составляет 0,10м, а трапецеидального – 0,30м [16,33,37]. Максимальная же высота порогов не регламентируется этими нормативными документами и составляет на действующих сооружениях для водосливов трапецеидального сечения – 0,30-1,0м и прямоугольного (на экспериментальных сооружениях) – 0,10-0,70м.

Появление подпора со стороны нижнего бьефа указывает на необходимости поднятие порога водосливов (табл.2.5). Но, как это сделать?

В принципе оно может быть выполнено:

- либо увеличением высоты бетонной части диафрагмы и закреплением к ней заново самого водослива в металле;

- либо прикреплением к нижней части водопропускного отверстия водослива полосы листового железа шириной, рекомендуемой к поднятию высоты порога водослива.

Таблица 2.5 - Рекомендации по наращиванию порогов водосливов на водомерах Чуйской долины КР

Наименование гидропостов	Параметры водослива				Рекомендации по наращиванию высоты порога водослива, м
	Q, $м^3/с$	Ширина по дну, м	Высота порога, м	Режим истечения	
1	2	3	4	5	6
Оросительная система ВБЧК (Восточный Большой Чуйский Канал)					
Р-13	1,0	1,5	0,60	Подтопленный	0,15-0,20
Р-13-2	0,3	0,8	0,70	-//-	0,20
Р-15	1,0	1,3	0,8	-//-	0,30
Р-16	2,0	2,0	0,70	-//-	0,25
Р-18	1,6	2,0	1,12	-//-	0,25
Р-6	2,0	2,0	0,30	-//-	0,30
Р-23	1,0	1,5	0,76	-//-	0,50
Р-26	1,0	1,5	0,36	-//-	0,15
Р-27	1,0	1,0	0,57	-//-	0,20
Р-31	0,6	1,0	0,53	-//-	0,10
Оросительная система ЮБЧК (Южный Большой Чуйский Канал)					
Р-12	1,21	1,5	1,0	-//-	0,15
Оросительная система ЗБЧК (Западный Большой Чуйский Канал)					
Р-5	0,8	1,25	0,4	-//-	0,10
Р-19	3,0	3,5	0,2	-//-	0,15-0,20
Р-21	2,5	3,0	0,3	-//-	0,15-0,20

В принципе все эти предложения приемлемы. Однако, следует отметить, что в первом случае придется ломать и практически заново строить бетонную часть диафрагмы, а во втором – изменить высоту (уменьшается) и ширину (увеличивается) водослива, что может отрицательно сказаться на его

пропускную способность и заново провести метрологическую аттестацию реконструированного водомера, затратив на это дополнительные средства.

Мало этого, в процессе эксплуатации такого сооружения может оказаться, что принятая высота порога водослива была не оптимальной. Тогда придется повторять всю проделанную работу.

5. Имеются и другие недостатки. В частности, измерение расходов при $h_{min} < 0.05м$, некачественное изготовление самого водослива в металле, подача воды водопотребителям только через наносопромывное отверстие и другие.

Как видно из вышеперечисленных сведений, к основным недостаткам действующих сооружений с тонкими водосливами относятся заиление верхнего бьефа наносами и трудность их промыва, сложность назначения оптимальной высоты порога водослива и, как следствие, подтопление его с нижнего бьефа, невозможность поднятие высоты порога без ломки диафрагмы в бетоне и наличие ощутимых неучтенных расходов воды, проходимых через открытых или неплотно закрытых наносопромывных отверстий. К числу основных недостатков относится и заиление и зарастание отводящих в земляном русле каналов (рис.2.16 и 2.17), вызывающие подпоры переменного характера, чем осложняется работа водомеров с водосливами.

2.2.4. Водомеры типа «С подпором»

Если рассмотренные в предыдущих подразделах работы водомеры работали либо в равномерном режиме истечения (водомеры типа «Фиксированное русло») или в свободном режиме истечения (водомеры типов «Лотки» и «Водосливы»), то в этом разделе работы будут рассмотрены водомеры (рис.2.21), обеспечивающие измерение расходов воды в подтопленном, причем даже в подпорно-переменном режимах истечения.

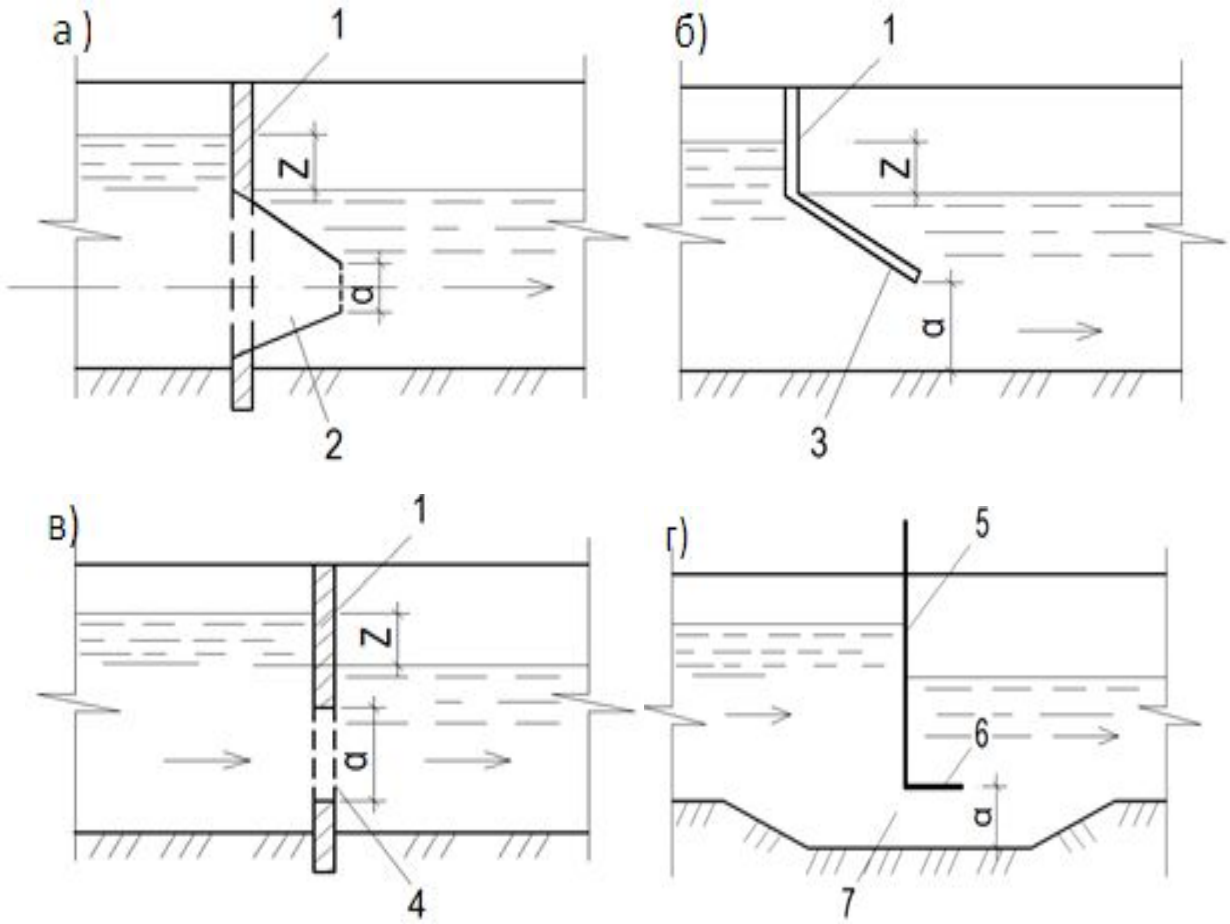


Рис.2.21 Схемы водомеров с подтопленным режимом истечения.
а – с насадком; б – с сужающим устройством; в – с диафрагмой;
г – со щитом. 1 – вертикальная стенка; 2 – насадок; 3 – наклонная стенка;
4 – водопропускное отверстие; 5 – щит; 6 – горизонтальная полка;
7 – углубление в дне водотока

2.2.4.1. Водомер типа «Насадок»

Этот водомер (рис.2.21а) был разработан М.В.Бутыриным в 50-тые годы прошлого столетия в САНИИРИ [47], поэтому носит название конусный насадок САНИИРИ-Бутырина или сокращенно КНСБ. Из рассмотренных в [6,47] схем компоновок данного водомера следует, что:

1) сооружение может быть построено самостоятельно на транзитной части отводящего канала (рис.2.21а);

2) насадок может быть размещен и на выходном оголовке трубчатого регулятора-водовыпуска [6].

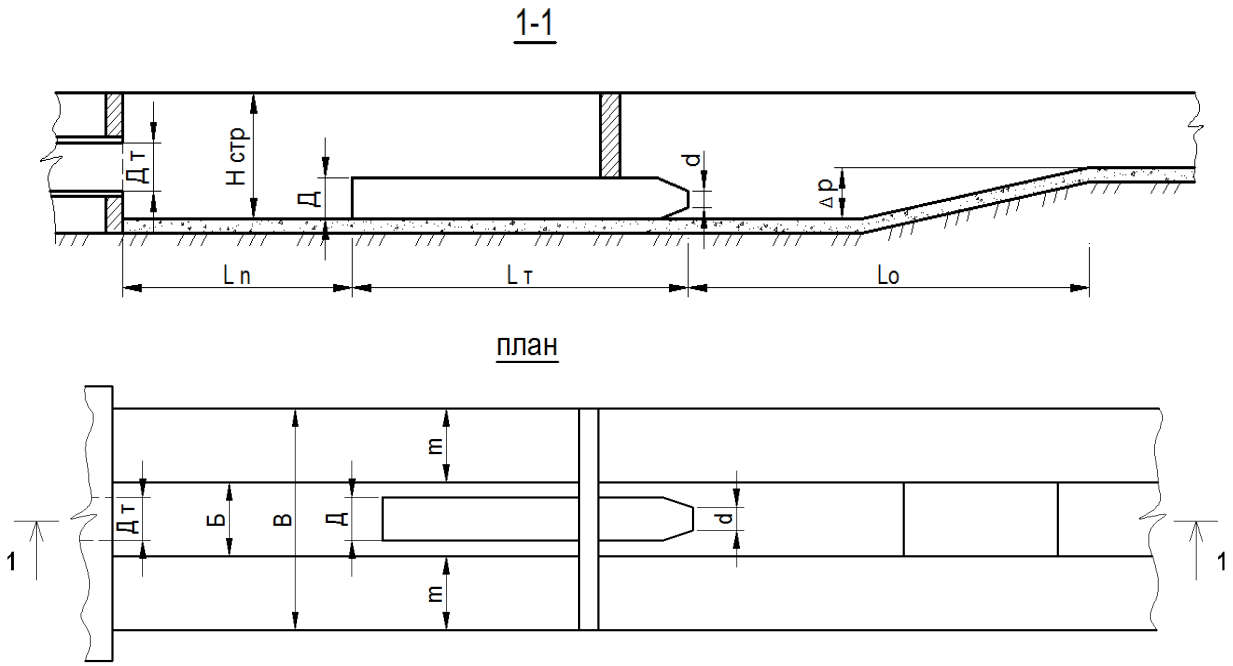


Рис.2.22 Схема КНСБ, построенных на оросительных системах Чуйской долины

Поперечное сечение насадка может выполняться круглым и квадратным. В 50-60-тые годы прошлого столетия, в качестве экспериментальных сооружений, на 10 отводах ЗБЧК были построены КНСБ (с круглым поперечным сечением) по схемам, приведенным на рис. 2.21а и 2.22.

Для обеспечения нормальной работы этих водомеров, при их строительстве должны были соблюдаться следующие условия:

- затопленный режим истечения;

- высота порога насадков не менее 0,10м, т.е. $P \geq 0{,}10$м;

- допустимые размеры насадков в сжатом сечении $d = 0{,}1 - 1{,}0$м;

- допустимые размеры входной части насадков $D = 1{,}92d$;

- допустимая длина насадков $l_p = 2d$;

- угол конусности насадков $\alpha=13^o$;

- допускаемые перепады уровней воды в бьефах сооружения $Z = 0{,}05 - 0{,}6$м;

- допускаемое соотношение между шириной канала в верхнем бьефе и размерами входной части насадков $b > 2{,}5D$;

- допустимый параметр кинетичности потока (число Фруда) в верхнем бьефе $F_r < 0{,}25$.

При размещении насадка на выходном оголовке трубчатого водовыпуска - длина трубы перед насадком (5-6)D.

При соблюдении этих и других (не отмеченных здесь) условий, как это следует из [16,37], КНСБ могут применяться в качестве средств для измерения расходов воды с приведенной основной погрешностью не более ±5% от верхнего предела измерений.

Следует отметить, что со времени ввода в эксплуатацию экспериментальных КНСБ (а их 8шт.), анализ их работы практически не проводился. Поэтому изучение эксплуатационных показателей этих сооружений представляет значительный практический интерес не только с точки зрения определения целесообразности дальнейшего их использования, но и возможности строительства новых водомеров. Изучение эксплуатационных показателей КНСБ проводилось путем обследования их состояния, сбором данных от работников службы эксплуатации ЧГБУВХ, проведением камеральных и других видов работ.

Типовая схема КНСБ, построенных на отводах ЗБЧК, приведена на рис.2.22, параметры сооружений – в таблице 2.6. Из данных рис.2.22 вытекает следующее:

1) КНСБ построен не по установленной классической схеме (рис.2.21а), а абсолютно по другой, причем не по предложенной авторами конструкции;

2) КНСБ уложен на дно канала, т.е. насадок не имеет порога, высотой $P > 0{,}10$м.

Изложенное может серьезно осложнить применение обследованных КНСБ в качестве средств для измерения расходов воды, т.к. их конструкции отличаются от принятых в МВИ 06-90 [29] решений. Кроме того, как это следует из приведенных в таблице 2.6 сведений, построенные КНСБ в большинстве случаев не отвечают предъявленным к ним требованиям. Так:

- соотношение D/d, вместо требуемого 1,92, составляет 1,35-1,37;

- длина насадков, вместо $l_p = 2d = 0{,}71 - 1{,}27$м, составляет $l_ф = 2{,}1 - 4{,}0$м, т.е. насадки удлинены в 3,0-3,5 раза;

- соотношение D/d вместо требуемого (≥2,5), составляет 1,0-1,3.

Рис. 2.23 Водомер типа «Насадок» (вид с верхнего бьефа), который не используется для учета воды при подаче ее водопотребителям

Все отводящие от КНСБ каналы имеют обратный уклон, длина участков каналов, облицованных бетоном, составляет 1,5-4,5м, а уклон (обратный) – 0,053-0,267 (этим обеспечивается затопленный режим истечения из водопропускного отверстия КНСБ).

Пропускная способность КНСБ, как правило, определяется по формуле

$$Q = \mu\omega_{вых}\sqrt{2gZ} \qquad (2.13)$$

где: μ – коэффициент расхода, равный для насадка круглого сечения 0,95 [29];

$\omega_{вых}$ – площадь выходного сечения;

Z – разность уровней воды в бьефах сооружения.

Таблица 2.6 - Технические характеристики КНСБ, построенных на оросительных системах Чуйской долины КР

Наименование оросительной системы	Наименование отвода, гидропоста	Количество насадков,	Размеры насадка, d/D, мм	Соотношение			Дополнительные сведения					Диаметр трубы	Расходы min-max, $м^3/с$	Год вводав эксплуатацию	Примечание
				h/D	$H_{стр}$	D/d	$L_п$, м	$L_ф$, м	$L_р$, м	$l_ф/l_р$	ΔP, м				
ВБЧК	Р-5, №Р-5	3	633/864	1,16	0,45	1,37	1,5	4,0	1,27	3,15	0,4	1,0	0,05-1,0	1957	Для градуировки (поверки) КНСБ использован временный гидропост типа «фиксированное русло» в земляном русле, расположенного в нижнем бьефе на расстоянии 15м от СИР

Продолжение таблицы 2.6

ЗБЧК	Р-2-1 №20	1	356/482	1,04	1,66	1,35	4,4	2,1	0,71	2,96	0,2	0,25	0,08-0,10	1952	То же, замеры проводились вертушкой ГР 21-М одноточечным способом на вертикали
ЗБЧК	Р-2-4, №22	1	568/768	1,30	2,32	1,35	4,6	3,9	1,14	3,48	Имеется обратный уклон	0,8	0,10-0,60	1950	То же, временный гидропост в бетонном русле, число измерительных точек на вертикале-1

Продолжение таблицы 2.6

ЗБЧК	Р-2-5, №23	1	496/672	1,19	1,49	1,36	3,6	3,0	0,99	3,03	То же	0,8	0,08-0,51	1950	То же, временный гидропост в земляном русле, расположен в нижнем бьефе на расстоянии 10м от СИР; ГР 21-М
ЗБЧК	Р-2-6 №24	1	496/672	1,19	2,52	1,36	3,0	3,2	0,99	3,23	0,66	0,5	0,10-0,30	1950	То же, временный гидропост в бетонном русле
ЗБЧК	Р-2-7 №25	1	356/482	1,66	3,07	1,35	3,4	2,3	11,8	0	0,50	0,8	0,09-0,20	1950	То же, временный гидропост в бетонном русле
ЗБЧК	Р-2-8	1	496/672	2,23	2,11	1,36	3,2	2,95	0,99	2,98	0,66	0,8	0,16-0,21	1950	То же, стационарный гидропост в бетонном русле
ЗБЧК	Р-3	1	568/768	2,34	1,61	1,35	2,0	3,4	1,14	2,75	0,77	0,8	0,12-0,37	1950	То же

Рис. 2.24 КНСБ на распределителе Р - 3 МК ЗБЧК (вид с верхнего бьефа). 1 – измерительный створ КНСБ; 2 и 3 – колодцы, в которых уровнемерные рейки; 4 – временный водомер типа «Фиксированное русло», который работает в подпорном режиме истечения

При этом КНСБ не градуируются, а по данным расчета по формуле (2.11) строится график зависимости $Q = f(Z)$ и по его показаниям заполняется таблица координат. Но служба эксплуатации (по просьбам водопотребителей) пошла по другому пути – провела градуировку (поверку) КНСБ, при этом для проведения такой работы были использованы временные гидропосты типа «Фиксированное русло» в земляном или бетонном русле (рис.2.24), расположенные в нижнем бьефе на расстоянии 10-15м от СИР (таблица 2.6). Замеры проводились гидровертушкой типа ГР 21М одноточечным способом на вертикалях (что не разрешается [15,18]).

Следует отметить, что в паспортах КНСБ отсутствуют данные градуировки (поверки) сооружений. Кроме того, для градуировки КНСБ должны были быть построены не временные и примитивные, а инженерные сооружения. При этом, градуировка должна была проводиться при 5-6 значениях расхода и не менее в 5 измерительных точках на вертикалях

[15,18]. Однако на временных водомерах типа «Фиксированное русло» эти условия не были соблюдены. Поэтому с уверенностью можно считать, что учет воды на КНСБ не проводится или если проводится, то весьма приближенно. Этот вывод подтверждается также и, как это было отмечено выше, строительством КНСБ с большими отклонениями от предъявляемых к ним требований.

К недостаткам построенных КНСБ относится и то, что на них практически невозможно замерить расходы 50-100л/с (насадки на Р-2-5, Р-2-6 и Р-2-8 из ЗБЧК) и 100-150л/с (насадок на Р-5 из ВБЧК), т.к. при них (в наши дни на такие расходы поступают заявки) напоры составляют $Z < 1{,}0$см и их трудно измерить. Кроме того, в соответствии с МВИ 06-90 [29], замеры на КНСБ могут проводиться только при $Z > 5$ см. Напор Z можно было бы увеличить путем уменьшения площади водопропускного отверстия насадка. Однако, в конструкции КНСБ такое решение не предусмотрено. Некоторые КНСБ заилены наносами, причем заиливаются и сами трубы. Из-за этого, вода переливается даже через верх диафрагмы КНСБ (сооружение на Р-5 из ВБЧК). Не на всех сооружениях имеются измерительные колодцы, в имеющихся колодцах отсутствуют уровнемерные рейки. Отсутствуют и гидрометрические мосты, без которых нельзя снимать показания уровнемерных реек. Многие измерительные колодцы заилены и засорены.

Но, все же, к числу основных недостатков КНСБ относятся то, что:

- КНСБ не подлежит градуировке путем установки ротора гидровертушки на выходе из отверстия насадка, так как, из-за конусности последнего, струи имеют форму, не свойственную параллельноструйному течению воды;

- на самом КНСБ отсутствует элемент, регулирующий параметры водопропускного отверстия с тем, чтобы обеспечить напорный режим течения в водоводе при пропуске по нему расходов воды от максимального и до минимального их значений.

Наравне с другими недостатками, именно эти положения вывели всех построенных КНСБ из строя, в результате в последние годы все построенные конусные насадки стали заменять на другие типы водомеров.

2.2.4.2. Водомер с сужающим устройством

Водомер с сужающим устройством (рис.2.21б), разработанный в УкрНИИГиМ [8], предназначен для измерения расходов воды до 10м^3/с и состоит из вертикальной стенки 1, к которой присоединена потолочная наклонная плита 3, расположенная под углом β к плоскости дна водотока в сторону нижнего бьефа и закрепленная в откосы канала.

Водомер прижимает поток только сверху. Величина угла β принимается в пределах β=13-25º, при которых коэффициент расхода в формуле (2.13) составляет $\mu=0,79-0,95$. Пределы применимости по перепаду $Z = 0,02 - 0,60$м.

Следует отметить, что ни одного водомера, построенного по рис.2.21б в Чуйской долине нет. Поэтому трудно судить о работоспособности данного водомера. Однако, если исходить из выдержки «Для контрольных замеров расхода воды такие водомерные посты оборудуют гидрометрическими мостиками и соответствующими приборами в зависимости от параметров русла и расходов воды» из работы [8], то вытекает, что данный водомер также подвергается к градуировке. Этому указывает и изменение величины μ с изменение угла наклоне β.

Следует отметить, что градуировка рассматриваемого водомера не даст положительного результата, так как параллельноструйного выхода потока из водопропускного отверстия нет, ибо это является главным условием при градуировке сооружений.

2.2.4.3. Водомер с диафрагмой

Этот водомер (рис.2.21в), описанный в [5,7], состоит из вертикальной стенки 1, водопропускного отверстия 4 и представляет собой просто –

водопропускное отверстие в тонкой стенке. Таких сооружений, построенных в Чуйской долине нет. Нет сведений и в литературных источниках, характеризующих его работу не только в натурных, но и в лабораторных условиях. Однако, в [7] отмечается, что «Посты на небольших ирригационных каналах с расходом до 400-500л/с часто оборудуются водомерными насадками. Последние могут быть заменены простым отверстием в щитке, которое по сравнению с насадкой безусловно проще и дешевле в изготовлении и удобнее в эксплуатации». Соглашаясь с изложенным, следует отметить на трудность его градуировки, так как при выходе из водопропускного отверстия поток протекает не параллельноструйно, а веeобразно растекается по всем направления водотока в нижнем бьефе сооружения.

2.2.4.4. Водомер с диафрагмой и полкой

Этот водомер (рис.2.21г), описанный в [31], состоит из измерительного участка в виде фиксированного прямолинейного участка канала, углубления на дне сооружения 7, щита 5 и горизонтальной полки 6. Углубление на дне водотока создает водомеру условие работы в подтопленном режиме, а горизонтальная полка – образованию параллельноструйного течения воды в напорном водоводе, что создает благоприятное условие для градуировки сооружения и использования его в качестве средства для учета воды.

Однако он, представляющий практический интерес, нуждается в детальных изучениях, так как построенное единственное сооружение – на Р-12-12 с.к. ВБЧК [25] было полностью разрушено незаинтересованными в учете воды водопользователями. Кроме того на том сооружении отсутствовало углубление на дне водотока, в результате оно могло работать без запланированного режима истечения.

2.6. Анализ о перспективности применения существующих водомеров для учета воды во внутрихозяйственных каналах

Результаты такого анализа, проведенного на основании многочисленных материалов исследований, по изучению эксплуатационных показателей водомеров на оросительных системах Чуйской долины, приведены в таблице 2.7. При этом результаты этого анализа касаются только водотоков с земляным руслом.

Данные этой таблицы свидетельствуют о нижеследующем.

В отношении водомера типа «Фиксированное русло»:

- его не следует возводить на каналах с трассой, проходящей как вдоль, так и поперек горизонталей (в равнинной зонах) и вдоль горизонталей в предгорной зоне;

- однако, этот водомер с успехом может применяться на каналах с трассой, проходящей поперек горизонталей (в предгорной зоне).

В отношении водомеров типа «Лотки» - невозможность их градуировки усугубляет их применимости в качестве средств для учета воды.

В отношении водослива с тонкой стенкой – он может и в дальнейшем применяться при устранении присущих ему недостатков.

В отношении конусного насадка (КНСБ) – невозможность градуировки насадка усугубляет его применимости в качестве средств водоучета.

В отношении водомеров УкрНИИГиМ и диафрагмы – отсутствие сведений о их работе указывает на необходимости воздержания от их применения.

В отношении диафрагмы с полкой – этот водомер – новый и должен подвергаться к детальному изучению.

Таблица 2.7 - Анализ о возможности применения существующих водомеров на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом

№ № п/п	Наимено-вание водомера	Основные требования к водомеру	Расположение трассы канала относительно горизонталей	Характеристика работам водомера		Возможность применения водомера на внутрихозяйствен-ных каналах с земляным руслом
				Положительные стороны	Отрицательные стороны	
1	2	3	4	5	6	7
1	Фиксиро-ванное русло (рис.2.1)	- равномерный режим течения воды; - необходимость градуировки водомера.	Вдоль и поперек горизонталей (равнинной зоне), вдоль горизонталей (в предгорной зоне).	- пропускная способность определяется гидравлическим расчетом; - соблюдаются условия для градуировки сооружения.	Появление подпора со стороны отводящего канала и, в результате, заиление наносами и зарастание растительностью (в том числе камышом).	На водомере не будут соблюдены предъявляемые к нему требования.

Продолжение таблицы 2.7

1			Поперек горизонталей (в предгорной зоне).	В результате отсутствия подпора с нижнего бьефа, на водомере устанав-ливается равномерный режим течения воды, соблюдаются условия для градуировки сооружения, последний не заносится наносами.	Иногда не соблюдаются требования НД к параметрам (особенно к длине) водомера, что может отрицательно сказаться на режиме работы сооружения.	Водомер может быть использован в качестве средства для измерения расходов воды.

Продолжение таблицы 2.7

2	Лотки Вентури и критической глубины (рис.2.11)	- свободный (незатопленный) режим истечения; - необходимость градуировки водомеров.	Вдоль горизонталей (в предгорной и равнинной зонах) и поперек горизонталей (в равнинной зоне).	Определение пропускной способности лотков гидравлическим расчетом.	- нарушение режима течения воды в результате заиления наносами и зарастания растительностью; - невозможность градуировки, из-за сложной гидравлики на лотках.	На водомере не будут соблюдены требования, предъявляемые к ним.

Продолжение таблицы 2.7

			Поперек горизонталей (в предгорной зоне).	- определение пропускной способности лотков гидравлическим расчетом; - обеспечение свободного (незатоп-ленного) режима истечения.	- невозможность градуировки из-за сложной гидравлики потока на водомерах.	Невозможность градуировки водомеров усугубит их применение.
	Лоток САНИИРИ (рис.2.13)	-//-	-//-	-//-	Невозможность градуировки водомера из-за сложной гидравлики потока на нем.	В Чуйской долине нет ни одного построенного водомера.

Продолжение таблицы 2.7

3	Водослив с тонкой стенкой (рис.2.14 и 2.15)	Свободный (незатопленный) режим истечения. Памятка: требование градуировки водомера водопользователям и не ставится.	Вдоль горизонталей (в предгорной и равнинной зонах).	- определение пропускной способности водомера гидравлическим расчетом; - измерение расходов воды с высокой точностью - ±2%.	- возникновение подпора после 1-2-х летней эксплуатации (из-за заиление и зарастание отводящего канала); - заиление верхнего бьефа наносами и трудность их промывки; - сложность регулирования высотой порога водослива с целью нахождения оптимальной его высоты.	Может найти применение при устранении присущих к нему недостатков.

Продолжение таблицы 2.7

3			Поперек горизонталей (в предгорной и равнинной зонах).	-//-	- заиление верхнего бьефа наносами и трудность их промывки; - сложность регулирования высотой порога водослива с целью нахождения оптимальной его высоты.	Водомер может быть использован в качестве основного средства для водоучета при устранении присущих к нему недостатков.

Продолжение таблицы 2.7

4	Конусный насадок – КНСБ (рис.2.21а и 2.22)	Подтопленный режим истечения; - необходимость градуировки водомера.	Вдоль и поперек горизонталей (в предгорной и равнинной зонах).	Определение расходов воды осуществляется гидравлическим расчетом.	- невозможность градуировки насадка (из-за его конусности); - отсутствие элемента, регулирующего параметров конусного водопропускного отверстия.	Проводится замена построенных в Чуйской долине 10 сооружений на водомер типа «Прямоугольный насадок». Построенных других сооружений нет.
5	Расходомер УкрНИИГиМ (рис.2.21б)	-//-	-//-	-//-	Невозможность градуировки водомера (из-за отсутствия параллельно-струйного течения воды).	Построенного сооружения в Чуйской долине нет.

Продолжение таблицы 2.7

6	Диафрагма (рис.2.21в)	-//-	-//-	Определение расходов воды приближенно может осуществляться гидравлическим расчетом.	Невозможность градуировки водомера (из-за веерообразного растекания воды при выходе из отверстия диафрагмы).	Ни одного сооружения, построенного в Чуйской долине нет.
7	Диафрагма с полкой (рис.2.21г)	-//-	-//-	- определение пропускной способности гидравлическим расчетом; - имеются условия для градуировки сооружения.	Отсутствие материалов детальных исследований водомера.	В Чуйской долине функционирует единственное сооружение (на Р-10 левый ЗБЧК), его работа оценивается положительным.

Что же касается вопросов оснащения бетонированных каналов и лотков параболического сечения водомерами, то полученные материалы свидетельствуют о том, что их прямолинейные участки с успехом могут быть использованы для размещения на них водомера типа «Фиксированное русло». Для этого на этих участках выбираются измерительные створы и строятся успокоительные колодцы для размещения уровнемерных реек. При этом указанный тип водомера может использоваться для учета воды как в водотоках со спокойным, так и бурным режимами течения воды.

2.4. Усовершенствованные и новые конструкции водомерных сооружений

2.4.1. Уточненные требования к водомерам

Протяженность внутрихозяйственных каналов, функционируемых в Чуйской долине и находящихся в введении ЧГБУВХ, составляет 5330,4км, в том числе в земляном русле - 3067км. При этом из 5330,4км, только 55,2км состоит на балансе ЧГБУВХ. Протяженность внутрихозяйственных каналов, находящихся введении АВП КР, составляет 3603км, в том числе в земляном русле - 2000км или 72% от общей протяженности водотоков.

Протяженность внутрихозяйственных каналов, находящихся введении Айыл Өкмөтү, пока еще остается неизвестной. Но установлено, что почти все эти каналы проходят в земляном русле.

Из изложенного вытекает, что преобладающее большинство внутрихозяйственных каналов, функционируемых в Чуйской долине КР, имеют земляное русло и практически только незначительная их часть (табл.1.2 и 1.3) числится на балансе организаций и предприятий. Большая часть каналов становится безхозной, что, естественно, отрицательно сказывается на их состояние – каналы заиливаются (песком, илом) и зарастают (камышом и др.) растительностью.

Изложенные процессы отрицательно скажется не только на пропускную способность водотоков, но и на учете водных ресурсов Чуйской долины.

Так, количество водомеров на внутрихозяйственных сетей ЧГБУВХ составляет 29шт, но они не находятся на балансе этой организации. Водомеров АВП КР – 30шт. Несмотря на изложенное, ни один водомер из указанного количества сооружений не был представлен на госповерку и, вследствие этого, к настоящему времени ни один гидропост не был аттестован и не принят в качестве рабочего средства для измерения расходов воды. Причиной этому, несомненно, являются заиление и зарастание отводящих от сооружений каналов в земляном русле, создающие подпоры, причем переменного характера. При таких режимах истечения, как известно, многие типы водомеров перестают выполнять свои функции. Такие же процессы происходят и на внутрихозяйственных сетях Чуйской долины.

Для обеспечения учета воды во внутрихозяйственных каналах с земляным руслом, построенных вдоль и поперек горизонталей (в равнинной зоне), и вдоль горизонталей (в предгорной зоне), необходимо, чтобы предусмотренные к строительству на таких водотоках водомеры функционировали только при подпорном режиме истечения.

Второе требование к водомерам – у них должны быть условия для их градуировки, к которым, в первую очередь, относится параллельно-струйное течение воды по водотоку.

Третьим и не менее важным требованиям к водомерам может относится целесообразность учета воды при прохождении по ним расходов воды от максимального и до минимального их значений. Такое требование вытекает из заявок водопотребителей – дехкан, в которых, в зависимости от водопотребности для полива сельскохозяйственных угодий, указываются самые разные расходы – от 30л/с и более.

Следующее требование – это промыв наносов из верхнего бьефа водомеров должен осуществляеться непрерывно, что положительно скажется на метрологических и эксплуатационных показателях сооружений.

И, последнее, в предгорной зоне при прохождении трассы каналов вдоль горизонталей водомеры и, в частности, водосливы начинают работать в свободном режиме истечения. Но, по мере заиления и зарастания отводящих в земляном русле каналов (эти процессы происходят в течение 1,5-2лет), свободный режим переходит в подтопленный. В результате водосливы перестают использоваться для учета воды. Но тем не менее, следует отметить о целесообразности использования водосливов, наравне с другими водомерами, для водоучета в условиях внутрихозяйственных каналов, ибо они считаются более точными средствами измерения расходов воды [6,8,9,19] и даже предлагаются использовать их в качестве образцовых средств при поверке погрешностей измерения других водомеров [46]. Такое решение, по-видимому, будет осуществляться в натуре только при создании комбинированного сооружения, в составе которого будет водослив, измеряющий расходы воды при свободном истечении и второй водомер, измеряющий расходы воды при подтопленном режиме истечения. Естественно, такое решение положительно скажется на метрологические и экономические показатели сооружений.

Кроме приведенных требований, могут быть дополнительные требования и к конкретным разрабатываемым водомерам для улучшения их компоновок и конструкций. Эти требования будут конкретизированы при рассмотрении каждого из разрабатываемых водомерных сооружений.

2.4.2. Выбор типов водомеров для совершенствования их конструкций

Как это вытекает из выше приведенных требований, предъявляемых к водомерам, выбор типов сооружений должен осуществляться:

- для выявления более подходящего для условий внутрихозяйственных каналов водомера, при совершенствовании конструкций которого его можно было бы шире применять в производстве;
- наравне с предыдущим водомером для разработки комбинированного водомерного сооружения с тем, чтобы его (то есть одного и того сооружения) можно было бы использовать как при свободном, так и подтопленном режимах истечения.

Все ранее разработанные сооружения и их работоспособности приведены выше, а возможность их применения в условиях внутрихозяйственных каналов – конкретизированы в подразделе 2.2.1.2 и таблице 2.7. Как это следует из приведенных в них положений:
- на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом, трассы которых проходят поперек горизонталей (в предгорной зоне), могут применяться водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой»;
- на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом, трассы которых проходят вдоль и поперек горизонталей (в равнинной зоне), а также вдоль горизонталей (в предгорной зоне), могут найти применение водомеры типа «Прямоугольный насадок».

На базе водомеров типов «Водослив с тонкой стенкой» и «Прямоугольный насадок» планируется разработать комбинированное водомерное сооружение, которое найдет применение на внутрихозяйственных каналах с земляным руслом, построенных вдоль и поперек горизонталей (в равнинной зоне) и вдоль горизонталей (в предгорной зоне).

Из состава отобранных сооружений, водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водослив с тонкой стенкой» изучены достаточно глубоко, для них разработаны нормативные документы [15,16,18,33] и типовые рабочие проекты [12,34], в соответствии с которыми осуществляются проектирование, строительства и эксплуатация сооружений. В соответствии с нормативными документами проводится и госповерка сооружений.

Что же касается водомера типа «Прямоугольный насадок», то он подлежит к детальному и всестороннему изучению, а комбинированный водомер – его созданию на базе других усовершенствованных водомерных сооружений.

2.4.3. Разработка усовершенствованных и новых конструкций сооружений

2.4.3.1. Водомеры типа «Прямоугольный насадок» для каналов с трапецеидальным сечением

Водомер, разработанный специально для работы в подпорном и подпорно-переменном режимах истечения приведен, на рис.2.21г [31]. Он состоит из фиксированного участка канала, углубления 7 на дне водотока, вертикального щита 5, к нижней кромке которого прикреплена горизонтальная полка 6. Углубление 7 на дне канала выполнено для обеспечения подпорного режима истечения при прохождении по сооружению малых расходов воды (щит 5 опускается ниже плоскости дна самого канала). Полка 6 предназначена для образования напорного водотока, в котором, наравне с изложенным, течение струи должно быть параллельноструйным. Параллельноструйное течение воды, как это известно из второго требования к водомерам (раздел 2.4.1), является основой для проведения работ по градуировке водомерных сооружений.

Применительно к внутрихозяйственным каналам с земляным руслом углубление 7 на дне сооружения (рис.2.21г) является излишним, так как там всегда имеются подпоры, и они практически сразу появляются в результате интенсивного заиления и зарастания отводящих в земляном русле каналов.

Поскольку внутрихозяйственные каналы с земляным руслом имеют форму трапецеидального сечения, то разработанная применительно к ним компоновка водомера типа «Прямоугольный насадок» проведена на рис.2.25.

По этой компоновке водомер состоит из прямолинейного в плане измерительного участка 1, с прямолинейным продольным профилем его дна 2, плоского щита 3, горизонтальной полки 4, косынки 5, уровнемерных реек 6 и 7, боковых стенок диафрагмы 8, пазов 9 для размещения рамы со щитом, низких затопленных боковых стенок 10.

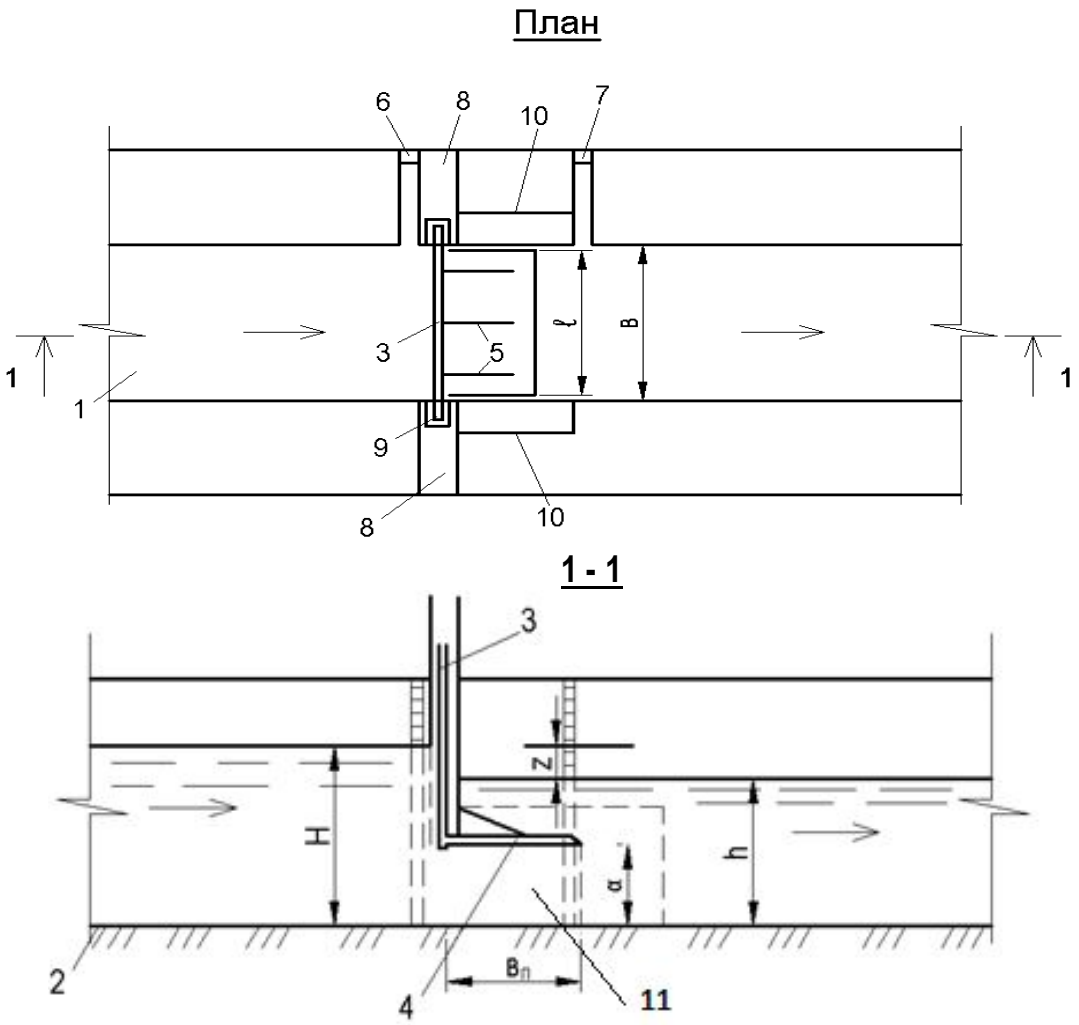


Рис.2.25 Схема водомера типа «Прямоугольный насадок» применительно к водотоку с трапецеидальным сечением

Низкие боковые стенки 10 включены в состав водомера для создания за щитом 3 водовода 11 с прямоугольным поперечным сечением. При этом для создания параллельноструйного течения воды в этом водоводе, он должен быть напорным. Напорное же течение воды в водоводе создается при помощи горизонтальной полки, которой регулируется высота напорного водовода. Для регулирования высотой напорного водовода и, следовательно,

самого щита, должно быть предусмотрено подъемное устройство с ручным приводом.

Водовод 11 должен быть напорным как при пропуске больших, так и при пропуске малых расходов воды. Наличие такого режима течения воды в водоводе способствует проведению градуировки водомера при прохождении по нему самых различных расходов воды – от максимальных и до минимальных.

Следует отметить, что при каждом положении открытия щита, водомерное устройство будет отградуировано по методу «скорость-площадь», а расход воды определяться по формуле

$$Q = w \cdot v, \tag{2.14}$$

где $w = l \cdot a$ - площадь водопропускного отверстия в конце напорного водовода;

l и a - длина и высота водопропускного отверстия;

v - скорость потока при выходе из водопропускного отверстия.

Приведенный на рис.2.25. водомер, по-видимому, полностью отвечает предъявляемым к нему требованиям. Однако, он оказался металлоемким – все его составные части (рама, подъемные устройства, щит, полка и другие) изготавливается из металла и, следовательно, он может стать дорогим.

Для удешевления водомера типа «Прямоугольный насадок» были разработаны дополнительные компоновки, одна из которой приведена на рис.2.26.

На начальном рисунке приведено водомерное сооружение в плане, в разрезе 1-1 показан водомер с верхнего бьефа без воды, в разрезе 2-2 показан водомер с нижнего бьефа без воды, в разрезе 3-3 показано при подпорном режиме истечения водопропускного отверстия.

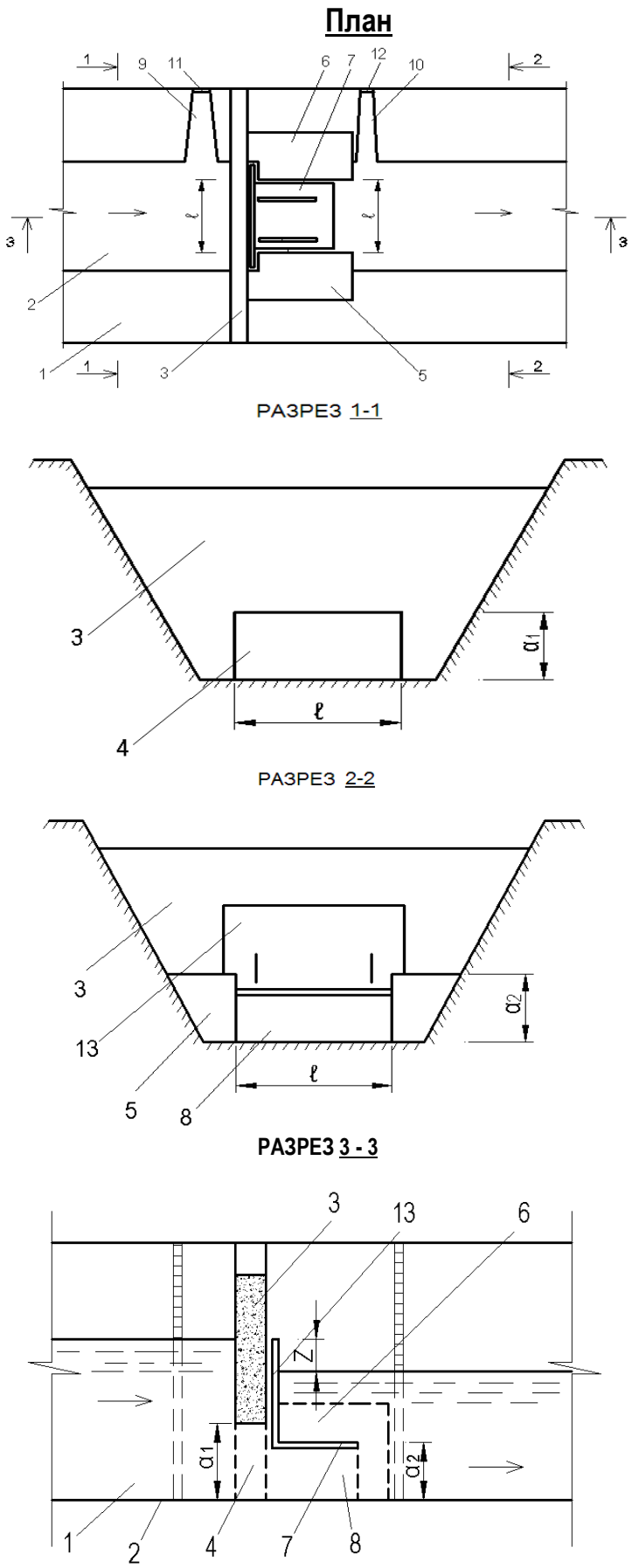


Рис.2.26 Схема водомера типа «Прямоугольный насадок» применительно водотоку с трапецеидальным поперечным сечением

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

Водомерное сооружение работает следующим образом.

При подпорном режиме истечения, возникающего из-за заиления и зарастания отводящего в земляном русле канала, проводится фиксация уровней воды в бьефах по рейкам 11 и 12, по показаниям которых определяется действующий напор Z и по нему – расход воды, используя в этом случае отградуированный график Q=f(Z).

Эффективность предложенного устройства будет заключаться в снижении стоимости его строительства путем использования дешевых подручных строительных материалов (бетона и др.) при его возведении.

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

Наравне с описанным водомером, могут быть применены и другие. В частности, на рис.2.27 (вид с нижнего бьефа) приведены две компоновки водомера типа «Прямоугольный насадок», в соответствии с которыми водомеры изготавливаются только из одного строительного материала – бетона. При этом водопропускной водовод в первом случае (рис.2.27а) сужается вертикальным сжатием, а во втором (рис.2.27б) – боковым сжатием.

а)

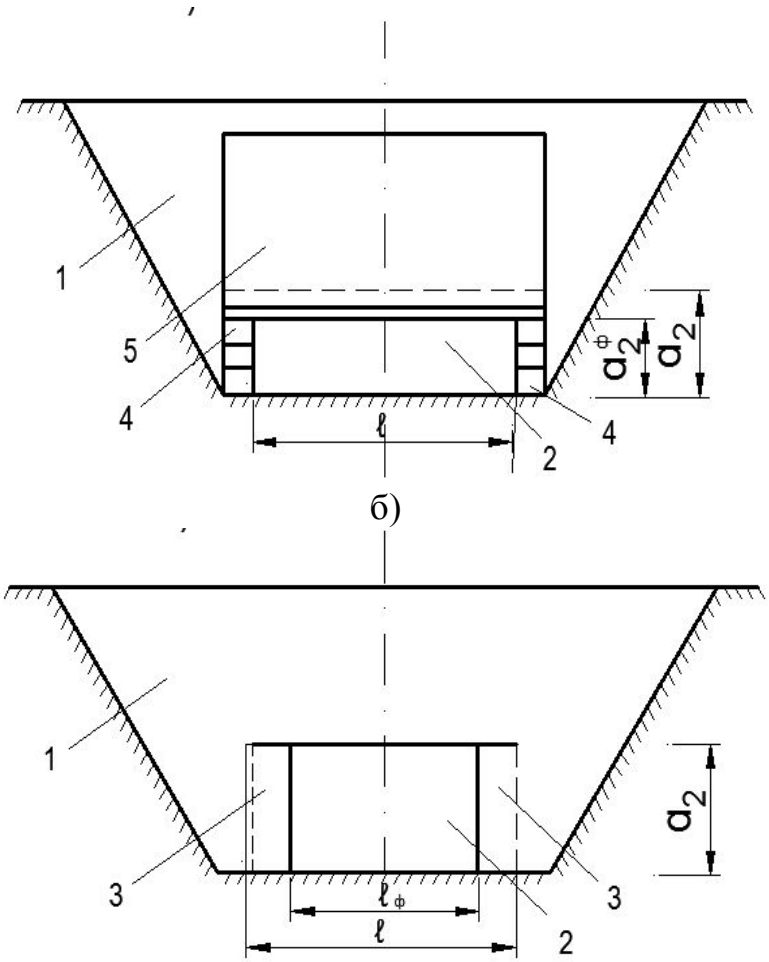


Рис.2.27 Схемы вертикального (а) и горизонтального (б) сужения напорного водопропускного отверстия водомера (вид с нижнего бьефа).
1 – диафрагма; 2 – водопропускной водовод; 3 и 4 – блоки;
5 – Г-образный блок

Водомеры на рис.2.27, также как на ранее приведенных, состоят из диафрагмы 1, напорного водовода 2 и регулирующих высоту напорного водовода элементов. На рис.2.27, а – боковые низкие стенки напорного водовода возводятся из железобетонных плит, толщиной 5см, а верх самого напорного водовода – выполняется в виде блока Г-образной формы. Ширина этого блока соответствует ширине горизонтальной полки, а высота – $H_г$=(1,0-1,2)a_1, где a_1 – высота водопропускного отверстия в начале напорного водовода.

Регулирование высоты напорного водовода на этой компоновке осуществляется разборкой или сборкой плит, уложенных на низких боковых

стенках напорного водовода. Так, при необходимости уменьшения высоты напорного водовода – убираются верхние плиты и на их оставшиеся – кладется верх водовода, то есть блок Г-образной формы.

При необходимости увеличения высоты напорного водовода – выполняется обратное действие.

На приведенной компоновке регулирование площадью водопропускного отверстия осуществляется вертикальным сжатием потока. Кроме вертикального сжатия, может применяться и горизонтальное сжатие – как это показано на рис.2.27б. На этой компоновке площадь сечения напорного водовода регулируется путем размещения по бокам напорного водовода двух блоков, размерами – длиной, соответствующей длине напорного водовода, высотой, соответствующей a_1 – 0,01м и шириной 0,15-0,2м (допускается установление и одного блока).

Приведенные на рис.2.27а и б водомеры, также как и на рис.2.25. и 2.26, подлежат индивидуальной градуировке.

2.4.3.2. Водомер типа «Прямоугольный насадок» для каналов с прямоугольным сечением

Компоновка водомера типа «Прямоугольный насадок», разработанная применительно к водотокам с прямоугольным поперечным сечением, приведена на рис.2.28, из которого следует следующее: водомер состоит из прямолинейного в плане измерительного участка 1, с прямолинейным продольным профилем его дна 2, плоского щита 3, горизонтальной полки 4, косынки 5 и уровнемерных реек 6 и 7. Длина водопропускного отверстия соответствует ширине канала, то есть $l = B$. При этом длина полки, с учетом перемещения ее по вертикальной плоскости, изготавливается короче на 1,0-1,5см ширины канала. Водомер оборудуется подъемным устройством.

Принцип работы на этом сооружении такой же как на рис.2.25: путем перемещения щита по вертикальной плоскости в водотоке создается напорный режим, благодаря чему в нем образуется параллельноструйное

течение воды. Этим создаются условия для проведения градуировочных работ на водомерном устройстве.

Данное сооружение изготавливается из металла – рама, щит, полка, подъемное устройство и др. Поэтому строительства его становится дорогим. Для удешевления строительства водомера рационально использовать недорогие строительные материалы, к которым могут быть отнесены бетон и другое.

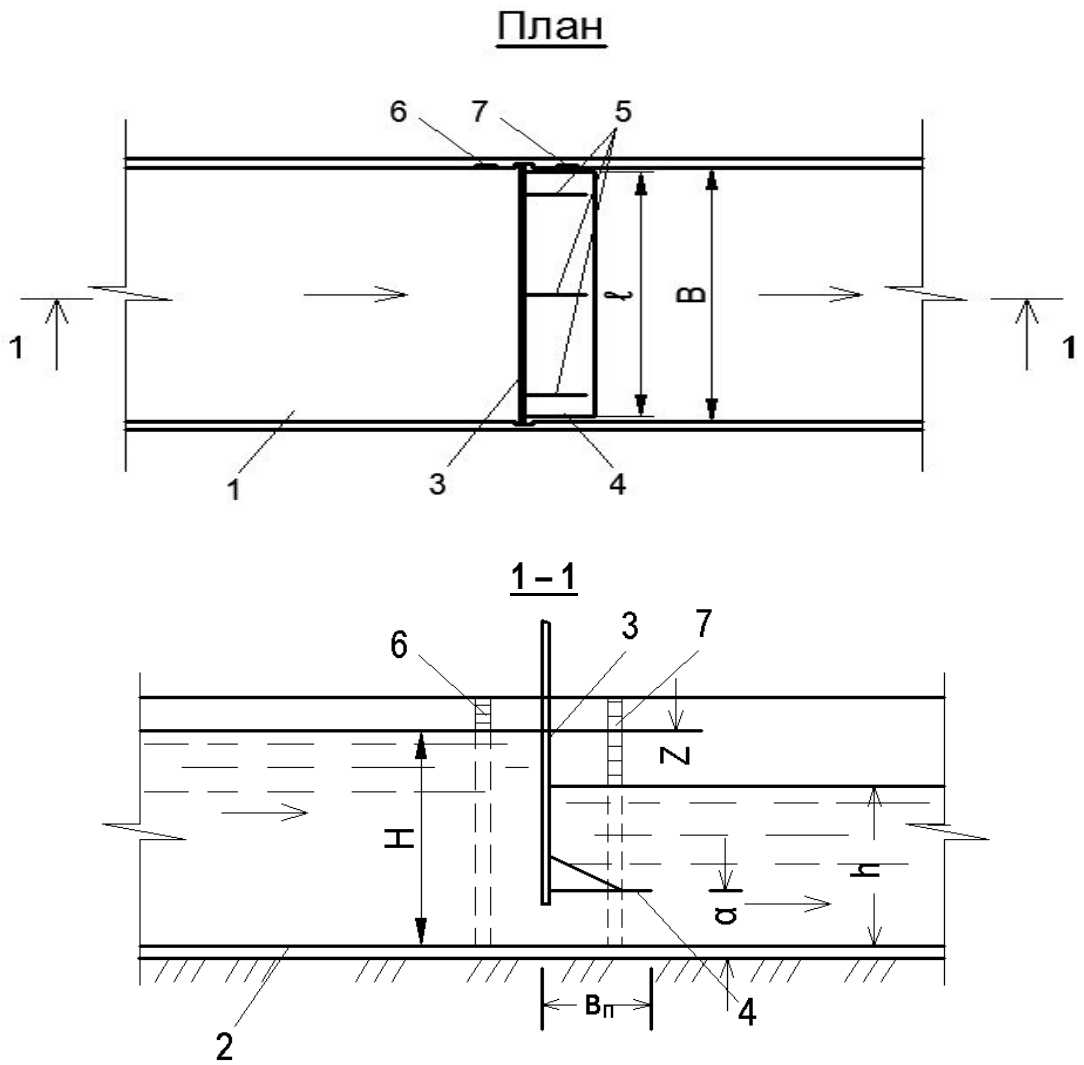


Рис.2.28 Схема водомера типа «Прямоугольный насадок» на водотоке с прямоугольным сечением

На рис.2.29 приведена схема водомера типа «Прямоугольный насадок», по которой сооружение может быть построено только из бетона, без металлоконструкций.

Данное сооружение состоит из прямолинейного в плане измерительного участка 1, с прямолинейным продольным профилем его дна 2, диафрагмы 3, горизонтальной полки 4, низких затопленных стенок 5 напорного водопропускного водотока 6. Полка 4 изготавливается в виде плиты и укладывается на боковые стенки 5, образуя тем самым закрытый (причем напорный) водовод 6 с прямоугольным поперечным сечением.

Прямоугольное поперечное сечение, совместно с напорным режимом истечения, создают параллельноструйное течение воды в водотоке, чем создаются условия для градуировки водомерного сооружения.

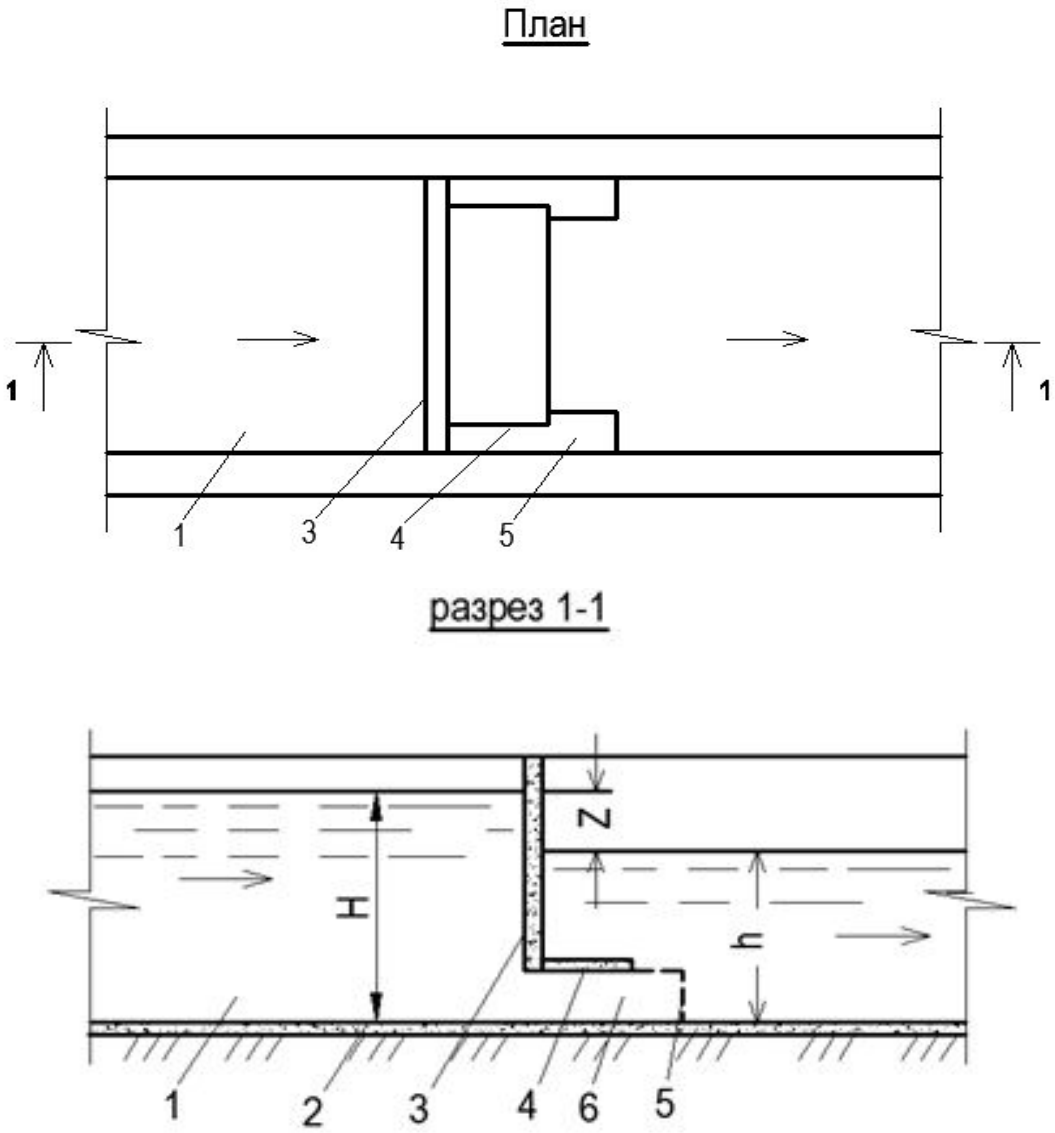


Рис.2.29 Схема водомера типа «Прямоугольный насадок» на водотоке с прямоугольным поперечным сечением

На рис.2.29 отсутствует элемент, регулирующий высоту напорного водовода 6. При его необходимости, он может быть выполнен в виде:

- щитка 13 – как это показано на рис.2.26;

- Г – образного блока – как это показано на рис.2.26;

- блоков 4, укладываемых друг на друга, - как это показано на рис.2.27а;

- блоков 3, сужающих водопропускной тракт по ширине водовода 2, - как это показано на рис.2.27б.

Все указанные решения ориентированы на применение бетонных изделий, изготавливаемых в качестве регулирующих элементов при необходимости изменения параметров напорного водовода водомерных сооружений.

2.4.3.3. Водомеры типа «Водослив-насадок»

Водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой» в определенной мере могут применяться для учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах. При этом при размещении их на оросителях с земляным руслом продолжительность нормальной работы сооружений составляет порядка 1,5-2,0 года. Потом, по мере заиления и зарастания отводящих в земляном каналов, появляются подпоры, причем переменного характера. Из-за подпоров, водомеры типа «Водослив с тонкой стенкой» выходят из строя, принуждая учет воды вести «на глаз», что недопустимо в условиях платного водопользования.

Как известно [37,43], водосливы с тонкой стенкой имеют ряд преимуществ, к которым относятся:

- достаточно высокая точность измерения расходов воды (погрешность измерения составляет ±2%);

- эти водомеры стандартизированы [16,37], поэтому они могут применяться без индивидуальной градуировки;

- пропускные способности водосливов с тонкой стенкой определяется гидравлическим расчетом – по приведенным в нормативных документах [16,37] формулам;

- эти средства относятся к категории самых простых и весьма удобных в эксплуатации;

- кроме того, по данным [46], эти водомеры применяются «не только как рабочие средства измерения, но и в качестве образцовых для аттестации и поверки других гидрометрических сооружений».

К изложенным можно добавить то, что и водопотребители в известной мере с доверием относятся к этому средству измерения расходов воды, не заставляя вододателей провести градуировочные работы.

Подсчитав целесообразным использование водомеров типа «Водослив с тонкой стенкой» для учета воды в условиях внутрихозяйственных каналов с земляным руслом, было разработано приведенное на рис.2.30 водомерное сооружение, в составе которого имеются и водослив с тонкой стенкой, и водомер типа «Прямоугольный насадок». Иначе говоря, в составе сооружения имеются два средства измерения расходов воды, при этом:

- водомер типа «Водослив с тонкой стенкой» используется при свободном режиме истечения, то есть до появления подпорного и подпорно-переменного режимов истечения со стороны нижнего бьефа;

- водомер типа «Прямоугольный насадок» – при появлении подпорного и подпорно-переменного режимов истечения.

Благодаря изложенным, сооружение на рис.2.30 именуется как водомер типа «Водослив-насадок» или, еще, как комбинированный водомер типа «Водослив-насадок».

Как это показано на рис.2.30, в состав водомерного сооружения входят прямолинейный в плане измерительный участок 1, с прямолинейным продольным профилем его дна 2, щит 3, в верхней части которого имеется водослив прямоугольного сечения 4, полка 5, успокоительные колодцы 6 и 7,

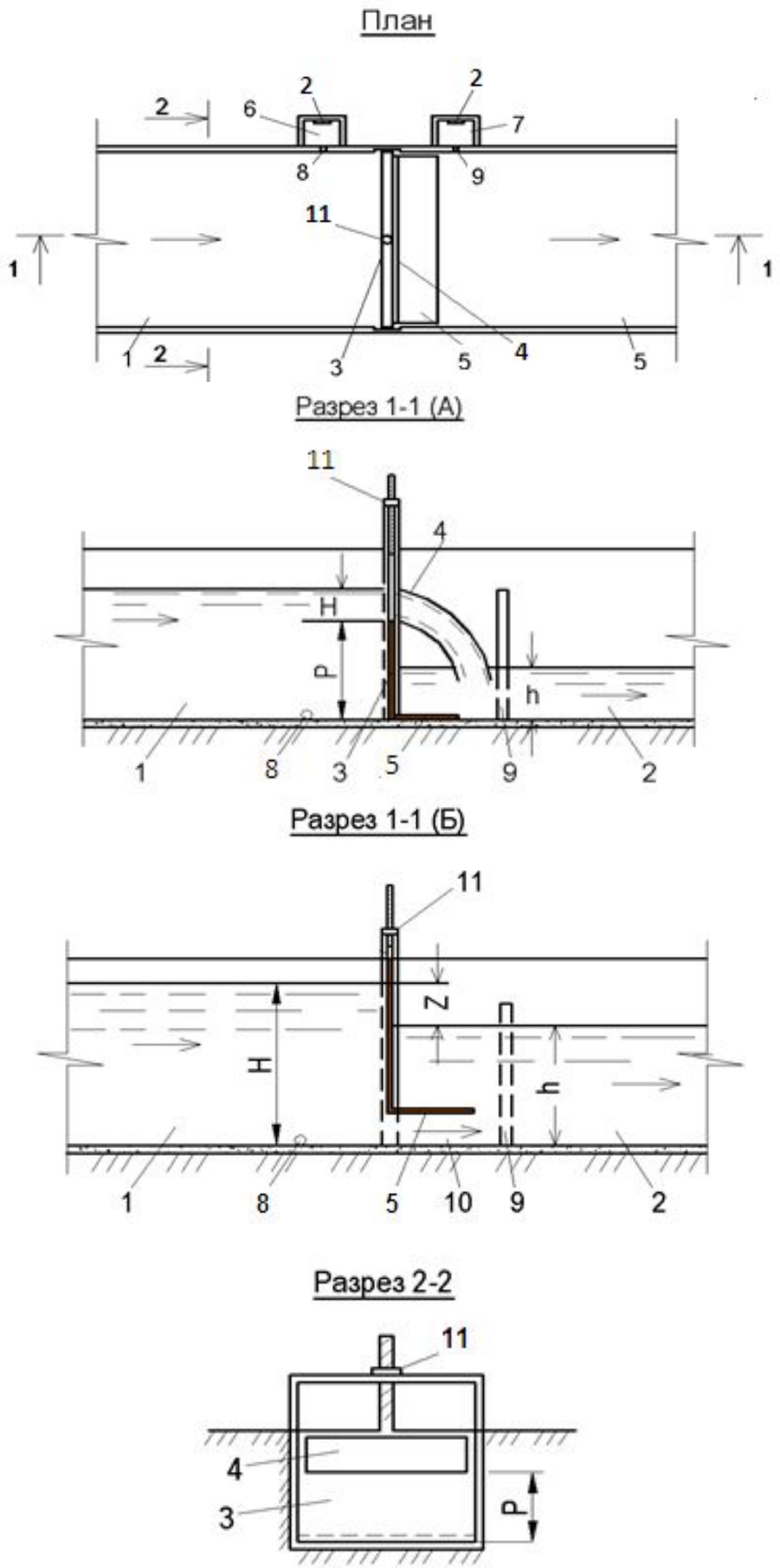


Рис.2.30 Схема комбинированного водомера типа «Водослив-насадок» применительно к водотокам прямоугольного сечения

уровнемерные рейки 12 и 13, соединительная труба 8, щель 9, водопропускное отверстие 10 и подъемное устройство 11.

При разработке данного сооружения ставилась задача - разработка устройства, обеспечивающего измерение водомеров воды при:

- прохождении по нему как малых, так и больших расходов воды;
- наличии как свободного, так и подпорного режимов истечении.

Поставленная задача решилась тем, что водомерное сооружение, содержащее канал с прямолинейным продольным профилем дна, щит, с прикрепленной (несколько выше нижней его кромки) к нему с нижнего бьефа горизонтальной полкой, водомерные колодцы и рейки, согласно разработки, в верхней части самого щита предусмотрено водопропускное отверстие с прямоугольным вырезом – водосливом прямоугольного поперечного сечения, перемещаемым вместе со щитом в вертикальной плоскости водомера. Прямоугольный водослив выполняется в соответствии с требованиями нормативных документов [16,33,37].

Данное водомерное сооружение состоит из двух водомеров – водослива с тонкой стенкой и диафрагмы. Щит выполняется регулируемым по высоте, чем обеспечивается переключение работы одного водомера на работу другого.

На разработанном сооружении расходы воды вначале измеряются при помощи водослива, который не подвергается индивидуальной градуировке, его пропускная способность устанавливается расчетом по их расходным формулам, по данным расчета строится график зависимости $Q - f(H)$, по которому и определяются расходы воды при замеренных величинах напора H.

При переходе свободного режима истечения на подпорный, расходы воды измеряются при помощи водомера типа «Прямоугольный насадок». Для этого осуществляется подъем щита на определенную высоту водовода, пропуск всего расхода осуществляется только по последнему водоводу, в

котором режим течения воды будет напорным и параллельноструйным. При каждом открытии щита пропускная способность сооружения будет отградуирована по методу «скорость-площадь», а расход воды определяется по формуле (2.14).

При градуировке сооружения измеряются действующие напоры:

H – при свободном режиме истечения и Z – при подпорном режиме истечения. затем строятся графики зависимостей $Q = f(H)$ и $Q = f(Z)$, по которым определяются расходы воды при замеренных напорах H и Z.

Эффективность разработанного устройства будет заключаться:

- в улучшении метрологических характеристик водомера, осуществив учет воды как при свободном, так и подпорно-переменном режимах истечения;

- в снижении стоимости строительства сооружений.

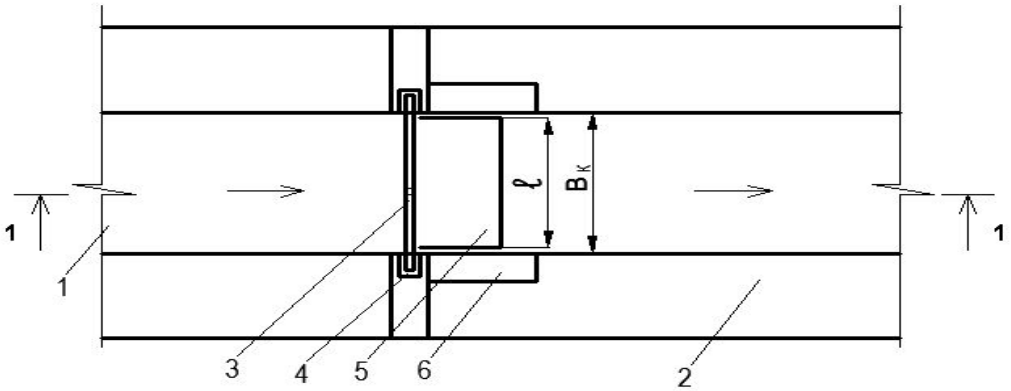
Схема размещения водомера типа «Водослив-насадок» на рис.2.30 показана применительно к водотокам с прямоугольным поперечным сечением. Применительно к каналам с трапецеидальным поперечным сечением она может быть такая, которая показана на рис.2.31. Здесь водомер состоит из подводящего 1 и отводящего 2 участков водотока, щита 3, пазов 4, горизонтальной полки 5, низких затопленных стенок 6, напорного водовода 7. Кроме того, сооружение оснащается уровнемерными рейками и подъемными устройствами.

Благодаря боковых низких затопляемых стенок 6, напорному водоводу 7 придается прямоугольное поперечное сечение, что, совместно с горизонтальной полкой 5, создает параллельноструйное течение воды в самом водоводе 7.

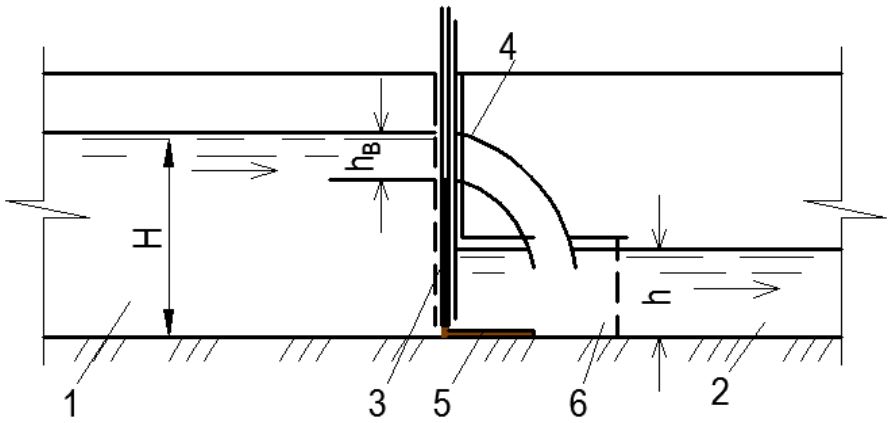
Здесь, также как приведенном на рис.2.30 сооружении, предусмотрен прямоугольный водослив.

Основные элементы сооружений, приведенных на рис.2.30 и 2.31, изготавливаются из металла.

План



разрез 1-1 (А)



разрез 1-1 (Б)

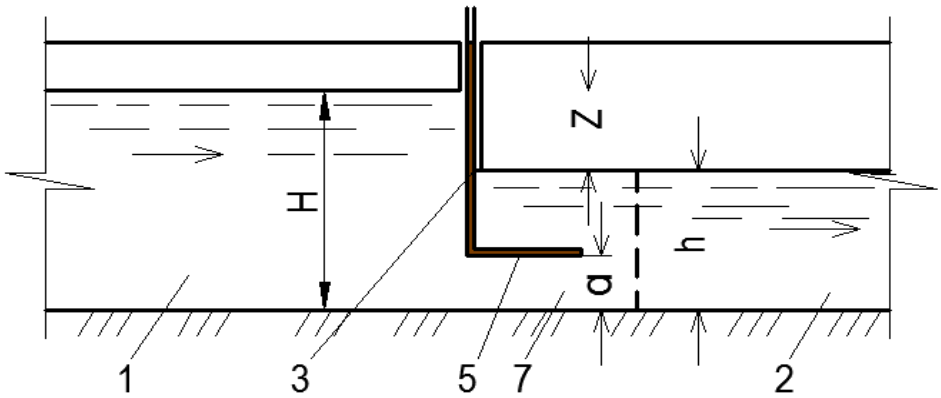


Рис.2.31 Схема комбинированного водомера типа «Водослив-насадок» применительно к водотокам трапецеидального сечения

Водомеры типа «Водослив-насадок» могут быть изготовлены и из бетона. Для этого предлагается сооружение, приведенное на рис.2.32.

Данное сооружение состоит из подводящего 1 и отводящего 2 участков канала, бетонной диафрагмы 3, узкой металлической полосы 4, плиты 5, боковых низких стенок 6, водослива 7 и напорного водовода 8.

Металлическая полоса 4, шириной 100мм, включена в состав устройства для придания водосливу острой кромки.

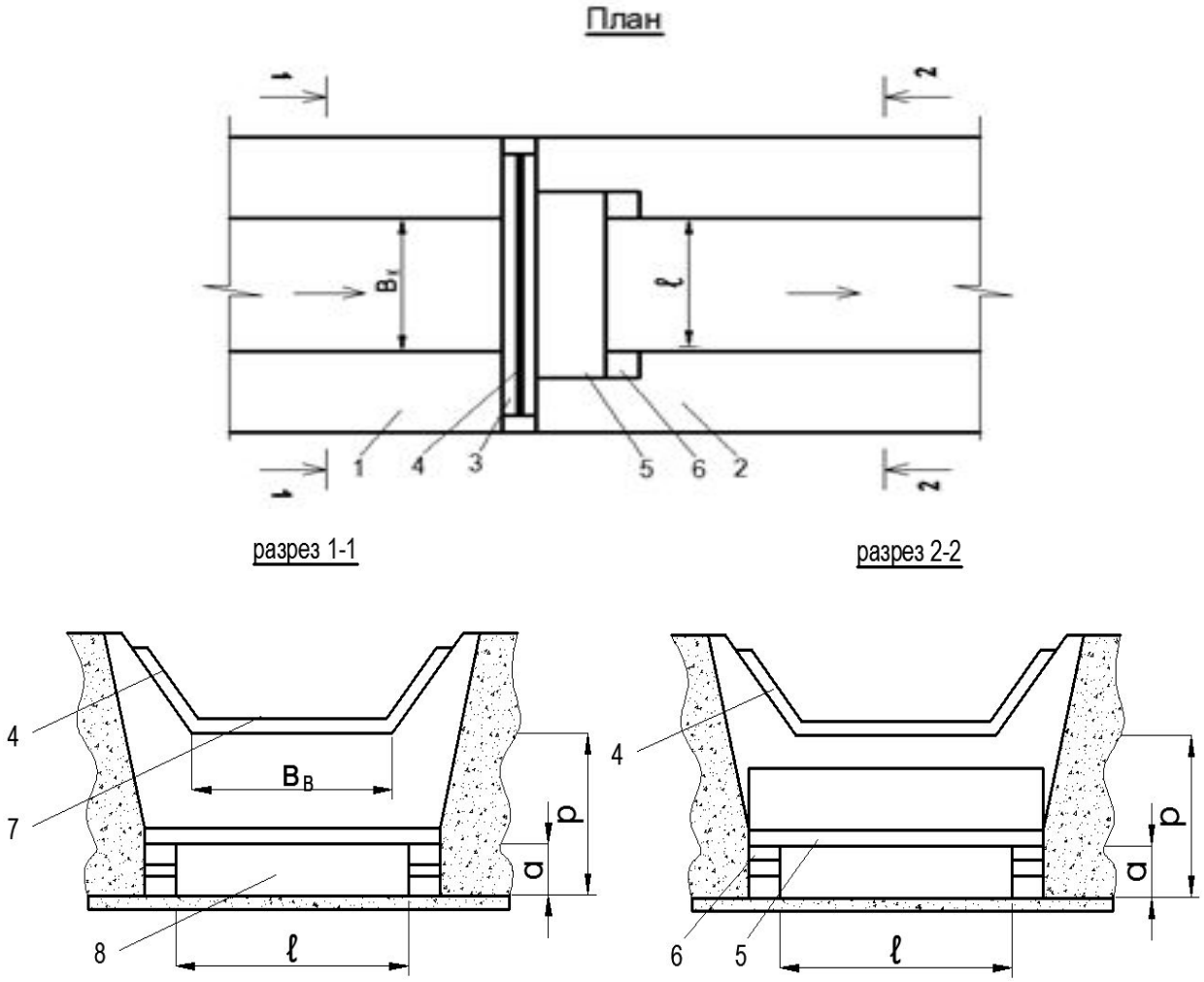


Рис.2.32 Схема комбинированного водомера типа «Водослив-насадок» применительно к водотоку трапецеидального сечения (изготавливается только из бетона)

Кроме указанных элементов, водомер должен оснащаться уровнемерными рейками. На данном сооружении высота водовода регулируется при помощи блоков 6:

– при необходимости уменьшения величины a – убирается верхние блоки и плита 5 кладется на нижние блоки;

- при необходимости увеличения величины a - проводится обратное действие.

- при работе водослива – водопроводящий тракт 8 перекрывается Г – образной плитой 6.

Пропускная способность водослива определяется по приведенной в [16,37] формулой, а водомер типа «Прямоугольный насадок» - градуируется по методу «скорость-площадь».

ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. На основании материалов, полученных в результате изучения эксплуатационных показателей водомеров, построенных на оросительных системах Чуйской долины КР, можно сделать следующие выводы:

- в условиях, когда трассы каналов в земляном русле проходят параллельно- или поперек горизонталей (в равнинной зоне) и параллельно горизонталям (в предгорной зоне), водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водосливы с тонкой стенкой» не могут быть применены в качестве средств для измерения расходов воды, так как на них возникают подпоры (причем переменного характера) и они сильно заиливаются наносами и зарастают растительностью;

- водомеры типов «Фиксированное русло» и «Водосливы с тонкой стенкой» могут применяться для учета воды, когда трассы каналов в земляном русле будут проходить поперек горизонталей (в предгорной зоне);

- прямолинейные участки облицованных каналов и лотков параболического сечения успешно могут быть использованы для размещения на них водомеров типа «Фиксированное русло», при этом на этих участках выбираются измерительные створы и строятся успокоительные колодцы для размещения уровнемерных реек. Указанный тип водомеров используется для

учета воды как в водотоках со спокойным, так и с бурным режимами и течения воды;

- водомеры типов «Лотки» и «С подпором» (раздел 2.2-2.4) не могут быть применены без проведения соответствующих работ по совершенствованию их конструкций и улучшению метрологических их показателей;

- в составе водомеров «С подпором» (раздел 2.4), интересным является устройство на рис.2.21г, который должен подвергаться к детальному изучению.

2. Учитывая, что оснащение внутрихозяйственных каналов с земляным руслом водомерными средствами находится практически на начальной стадии, были разработаны уточненные требования, предъявляемые к таким сооружениям. В соответствии с этими требованиями, сооружения должны работать в подпорном режиме истечения, течение воды на них – параллельноструйные и, благодаря такому течению, можно будет отградуировать построенные водомеры.

Имея ввиду разработанные требования и опираясь на известные разработки отечественных и зарубежных авторов, были усовершенствованы существующие и разработаны новые конструкции и компоновки сооружений. Благодаря этим разработкам появились следующие новые типы водомеров: «Прямоугольный насадок», «Водослив-насадок» и «Щитовой водомер».

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ И НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВОДОМЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

3.1. Задачи и методика исследований

В процессе выполнения работы были разработаны усовершенствованные и новые конструкции водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок». Они предназначены для использования их в условиях работы сооружений в свободном, подпорном и подпорно-переменном режимах истечения воды. В процессе проведения научно-исследовательских работ были построены:

- 9 экспериментальных сооружений типа «Прямоугольный насадок»;
- 4 экспериментальных сооружений типа «Водослив-насадок».

В связи с изложенным, в задачи исследований входили:

- обследование состояния построенных сооружений, с уточнением параметров основных их элементов;
- изучение режимов работы водомеров;
- проведение подготовительных работ для градуировки сооружений;
- градуировка сооружений;
- обработка материалов градуировки, с последующим сопоставлением их с результатами теоретических разработок;
- разработка рекомендаций по компоновке, конструированию и гидравлическому расчету пропускной способности разработанных сооружений.

Методика исследований заключалась в следующем:

- обследование состояния сооружений проводилось путем осмотра и фиксацией его путем фотографирования;

- режимы истечения воды проверялись путем установления факта затопления водой водопропускного отверстия напорного водовода;

- в состав подготовительных к градуировке сооружений работы входили:

- выбор средств измерения (времени, скорости, высотных отметок, линейных параметров и др.), имеющих документацию и свидетельств о госповерке; проверка наличия уровнемеров и правильность их установки; проведение предварительной работы по градуировке водомеров;

- градуировка водомеров типа «Прямоугольный насадок» проводилась в соответствии с рекомендациями нормативных документов [14,15,18,20], а именно: применялся метод «площадь-скорость», при этом скорости измерялись по длине водопропускного отверстия напорного водовода в 5-ти точках (рис.3.1), а по высоте – исходя из высоты напорного водопропускного отверстия – замеры бывали одно-двух и трех рядовые, при этом замеры в точках – повторялись двухкратно.

При вычислении средней скорости потока был использован арифметический способ, в соответствии с которым средняя скорость принималась равной среднему взвешенному значению местных скоростей, измеренных в точках поперечного сечения потока при выходе его из напорного водовода.

По результатам измеренных скоростей потока определялась пропускная способность сооружения по формуле

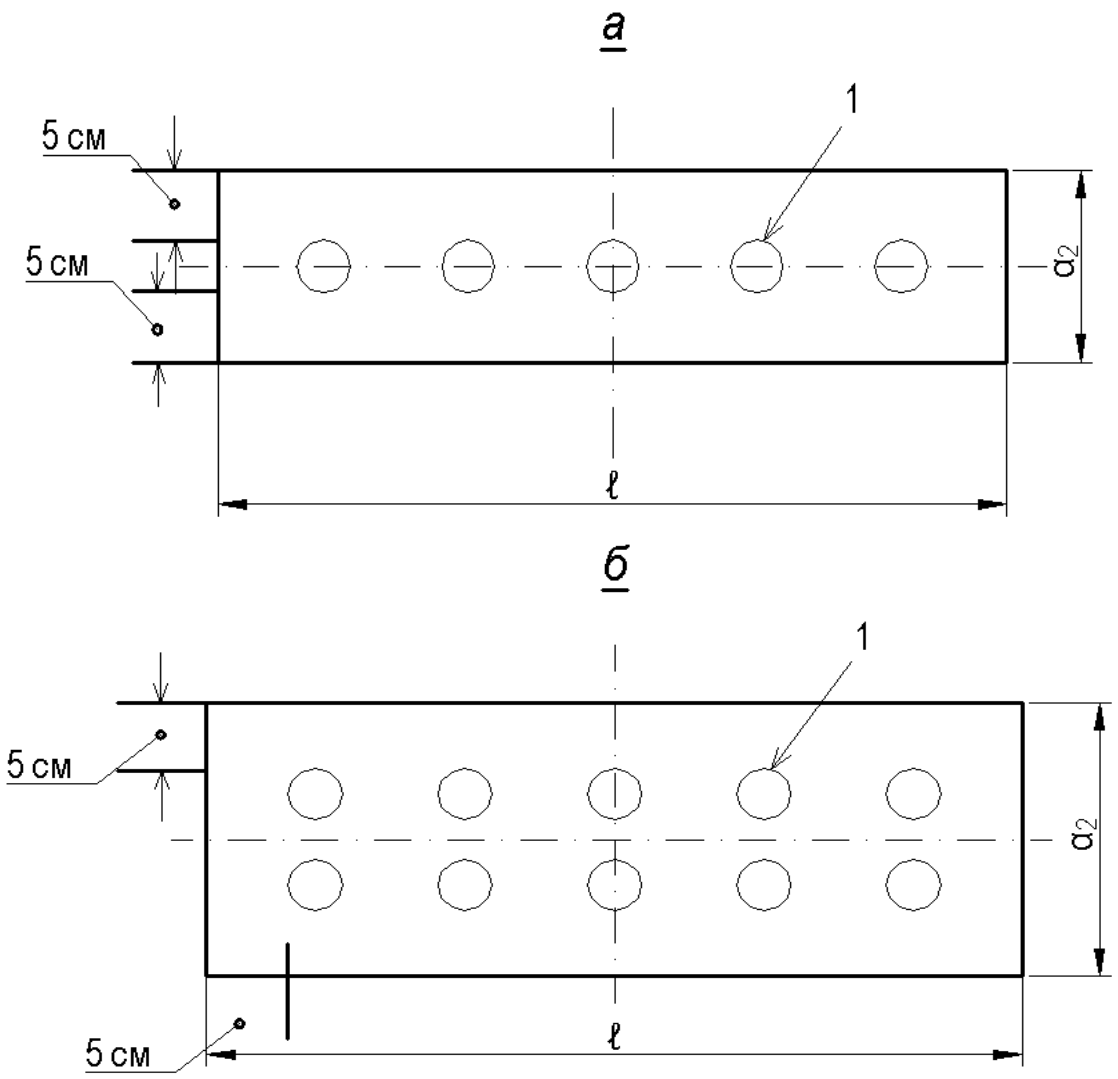
$$Q = w \cdot v_{ср} \tag{3.1}$$

где $w = l \cdot a$ - площадь водопропускного отверстия;

l и a – длина и высота отверстия;

$v_{ср}$ – средняя скорость потока при выходе его из водопропускного отверстия напорного водовода.

Скорости потока определялись при 5-7 значениях напора Z, что позволило построить график зависимости $Q - f(Z)$ и принять его за основу при подаче воды водопотребителям.



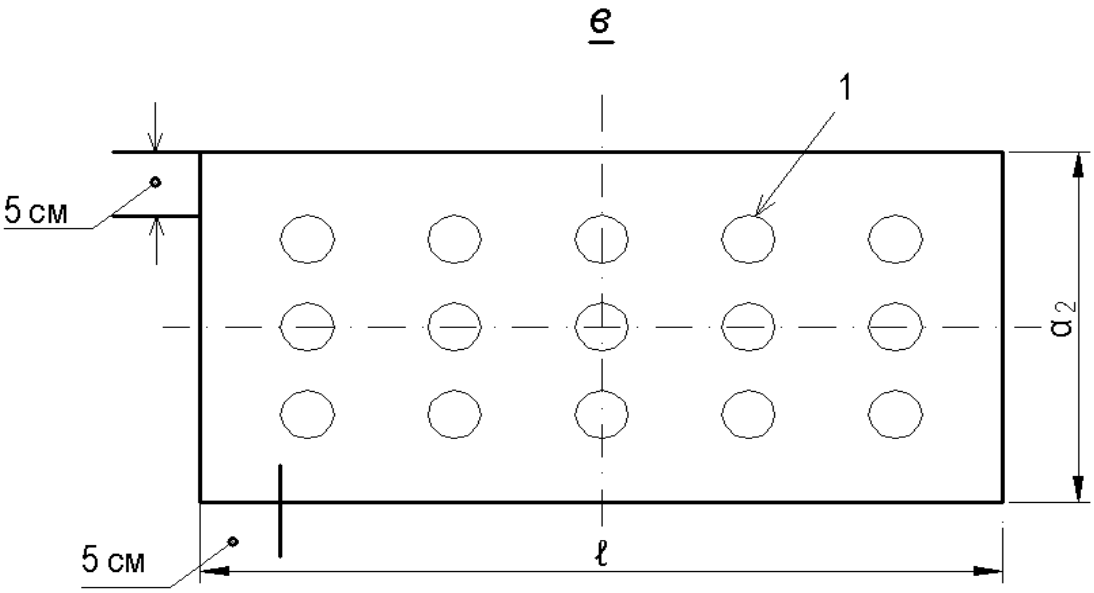


Рис. 3.1 Схемы размещения точек измерения скоростей потока при выходе его из напорного водовода (вид с нижнего бьефа): 1 – диаметр ротора вертушки. l и a_2 – длина и высота водопропускного отверстия на выходе из напорного водотока

Как это отмечалось выше, к градуировке подвергались только водомеры типа «Прямоугольный насадок», что же касается сооружений типа «Водослив», то они, по условиям нормативных документов [16,33,37], не подлежат к градуировке и расходы воды определяются по приведенным в этих документах расчетным формулам.

3.2. К вопросу внедрения разработанных водомерных сооружений

Внедрение разработанных сооружений было разбито на два этапа, при этом:

- на первом этапе планировалось создание двух-трех экспериментальных сооружений и на их основе – изучить эксплуатационных показателей внедренных сооружений;

- на втором этапе планировалось внедрение разработанных сооружений с учетом положительных и отрицательных их сторон, выявленных на базе экспериментальных водомерных сооружений.

Первый экспериментальный водомер был создан на распределителе Р-20-2 с.к. ЗБЧК, на котором был размещен водослив Иванова, с параметрами – $b = 1{,}25$м, $P = 0{,}13$м, высота – 0,5м. Недостатки этого водомера – отсутствие бетонной части сооружения под порогом, низкий порог. Но самым главным недостатком было наличие постоянного подпора со стороны нижнего бьефа, из-за чего этим водосливом не пользовались.

Для улучшения учета воды, водомер типа «Водослив» был заменен на «Прямоугольный насадок» (рис.3.2а, где 1 – диафрагма; 2 – водопропускное отверстие), выполненная из металла. Щитовая часть этого сооружения также была изготовлена из металла. При этом длина водопропускного отверстия $l = 1100$, высота $a = 200$, высота диафрагмы 500мм.

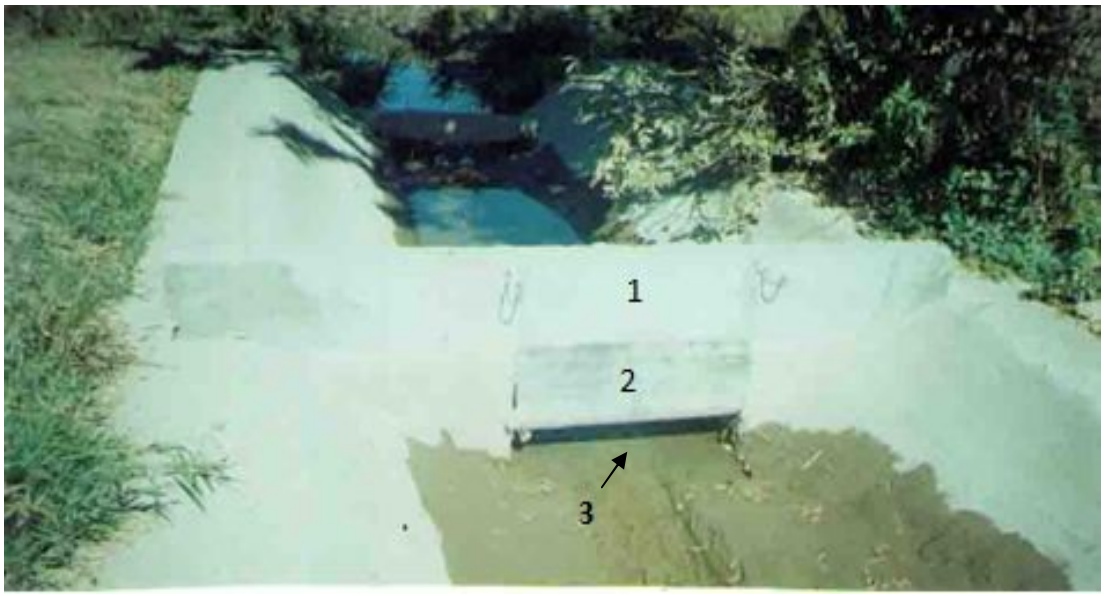
Данное сооружение проработало недолго – его металлические элементы были сразу же украдены. Восстановить его служба эксплуатации не стала (из-за боязни повторной кражи), впоследствии заменив «Прямоугольный насадок» на водомер типа «Фиксированное русло» на лотковом водотоке (рис.3.2б, где 1 – измерительный створ; 2 – успокоительный колодец).

а)

б)

Рис.3.2 Водомеры типа «Прямоугольный насадок» (а) и «Фиксированное русло» (б) на Р-20-2 системы ЗБЧК (виды с верхнего бьефа)

а)



б)

Рис.3.3 Водомер типа «Прямоугольный насадок» на Р-20-3 системы ЗБЧК. а – в первоначально построенном виде, б – отсутствуют металлоконструкции сооружения (разобраны и украдены). 1 – диафрагма; 2 – щитовая часть; 3 – водопропускное отверстие

Второй экспериментальный водомер был создан на распределителе Р-20-3 с.к. ЗБЧК. На этом распределителе был водомер типа «Фиксированное русло», его параметры – $b = 1{,}0$м; $m = 1$; $H_{стр} - 0{,}7$м. Измерительный участок был облицован железобетонными плитами, поверхность – неровная и деформированная. Но основным его недостатком был подпор, создаваемый со стороны нижнего бьефа. Благодаря этому, учет воды на сооружении не велся.

В целях улучшения учета воды на Р-20-3 ЗБЧК был возведен водомер типа «Прямоугольный насадок» (рис.3.3), причем сама диафрагма выполнена в виде бетонной перегородки, с водопропускным отверстием в нижней ее части. Размеры водопропускного отверстия - $l = 1{,}0$м; $a = 0{,}4$м; высота самой диафрагмы - $H_{стр} - 0{,}9$м. Щитовая часть изготовлена из металла. Перед и за диафрагмой предусмотрены низкие ныряющие стенки, благодаря которым напорному водоводу было придано прямоугольное поперечное

сечение. Данное сооружение в первоначальном виде (рис.3.3а), проработало меньше месяца – его металлические элементы были разобраны и украдены. Для налаживания работы сооружения пришлось все украденные его элементы заменить на бетонные блоки (рис.3.4).

Приведенные примеры возведения водомеров типа «Прямоугольный насадок» указывают на то, что:

- в настоящее и ближайшее время эти сооружения должны возводится только из недорогостоящего материала – бетона, исключив из их состава – металлоконструкций;

- сооружения таких типов легко градуируются и обеспечивается надежность их работы.

Приведенные два примера касаются водомеров типа «Прямоугольный насадок». Наравне с ними, был построен еще один экспериментальный водомер другого типа – «Водослив-насадок». Он построен на распределителе Р-8 с.к. ЗБЧК (рис.3.5) вместо ранее возведенного водомера типа «Водослив» (из-за сильного заиления и зарастания отводящего в земляном русле канала данное сооружение сильно подтапливался) был построен водомер типа «Водослив-насадок», работающий как при свободном (водослив), так и при подтопленном (диафрагма) режимах истечения. Основные его элементы состоят из металлоконструкции и они, к настоящему времени, сохранились (благодаря тому, что сооружение находится вдали от населенных пунктов).

а)

б)

Рис.3.4 Водомер типа «Прямоугольный насадок» на Р-20-3 системы ЗБЧК. а – вид с верхнего бьефа (ведется работа по укладке блоков напорного водовода); б – вид с нижнего бьефа. 1 – диафрагма; 2 – Г-образный блок; 3 – водопропускное отверстие; 4 – блоки для сужения водопропускного отверстия; 5 – плита; 6 – ныряющие стенки.

Данное сооружение, построенное в 2014году, работает нормально, обеспечивая учет воды как при свободном (через водослив), так и подтопленном (через насадок – рис.3.5) режимах истечения.

Рис.3.5. Водомер типа «Водослив-насадок» на Р-8 системы ЗБЧК (работает водомер типа «Насадок»).

Опыт эксплуатации построенных экспериментальных сооружений позволил сделать следующие выводы:

- в целях регулирования параметров напорного водовода водомеров типа «Прямоугольный насадок», их регулирующие органы должны состоят из металлоконструкций, что упрощает и эксплуатацию самих сооружений;

- но, несмотря на имеющиеся трудности при регулировании высоты напорного водовода, водомеры типа «Прямоугольный насадок» могут быть возведены и только из одного бетона;

- водомеры типа «Водослив-насадок» рекомендуется возводить из металла, однако они могут быть возведены и из бетона – по приведенной на рис.2.32 конструкции.

Таблица 3.1 - Технические характеристики водомеров

Оросительная система	Распределитель	Гидропост	Параметры канала			Ранее построенные водомеры типа					Ныне действующие водомеры типа					
			$h_к$, м	m	Q, м^3/с	Водосливы			Фиксированное русло	КНСБ	«Прямоугольный насадок»		«Водослив-насадок»			
						$h_в$, м	P, м	$h_в$, м			l, м	a, м	$h_в$, М	P, м	l, м	a, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
ВБЧК	Р-21		1,0	1,0	0,220-1,070	0,70	0,45	1,0	-	-	0,80	0,40	-	-	-	-
ВБЧК	Р-23		1,5	1,0	0,140-0,410	1,5	0,76	0,79	-	-	0,70	0,40	-	-	-	-
ВБЧК	Р-25		1,5	1,0	0,140-0,410	1,5	0,70	0,70	-	-	0,70	0,40	-	-	-	-
ВБЧК	Р-4-2		1,0	0	0,100-0,400	1,0	0,23	0,70	-	-	-	-	0,77	0,60	1,0	0,13
ВБЧК	Р-4-3		1,1	0	0,150-0,350	0,70	0,50	0,80	-	-	-	-	0,77	0,63	1,0	0,13
ВБЧК	Т-10		1,1	0	0,100-0,200	-	-	-	-	-	-	-	0,76	0,50	1,0	0,10
ЗБЧК	Р-8		1,37	1,0	0,015-0,180	0,73	0,31	0,50	-	-	-	-	1,0	0,63	1,0	0,10

Продолжение таблицы 3.1

ЗБЧК	Р-20-3		1,0	1,0	0,050-0,200	-	-	-	+	-	1,0	0,40	-	-	-	-
ЗБЧК	Р-1-1		1,6	1,0	0,050-0,200	1,00	0,35	0,30	-	-	0,85	0,20	-	-	-	-
ЗБЧК	Р-1-8		1,0	1,0	0,050-0,250	-	-	-	+	-	0,80	0,20	-	-	-	-
ЗБЧК	Р-2-6		0,8	1,0	0,100-0,185	-	-	-	-	+	0,60	0,20	-	-	-	-
ЗБЧК	Р-2-7		0,8	1,0	0,100-0,200	-	-	-	-	+	0,60	0,20	-	-	-	-
ЗБЧК	Р-2-8		1,5	1,0	0,200-0,500	-	-	-	-	+	1,20	0,20	-	-	-	-

Примечание: 1) Р-4-2 ВБЧК – распределитель имел трапецеидальное сечение, водослива Иванова, после реконструкции - стал прямоугольным;

2) Р-4-3 ВБЧК – водоток имел трапецеидальное сечение, водослив - Иванова, после реконструкции - стал прямоугольным;

Уточнение: «Прямоугольный насадок» - 9шт.; «Водослив-насадок» - 4шт.

Перечень возведенных к настоящему времени водомеров типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок» приведена в таблице 3.1, из которой следует, что количество построенных водомеров типа «Прямоугольный насадок» составляет 9шт, а типа «Водослив-насадок» - 4шт.

3.3. Теоретические разработки по определению пропускной способности водомера

Водомеры типа «Прямоугольный насадок» разработаны для их применения в подпорном и подпорно-переменном режимах истечения.

Теоретические разработки по определению пропускной способности разработанных сооружений сводятся к следующему.

Течение воды в водоводе сооружений – напорное и параллельноструйное, истечение из него – подтопленное. Длина водопропускного отверстия соответствует ширине канала, а его дно – отметке дна самого канала – то есть горизонтальное. Эти положения указывают на то, что при входе потока в напорный водовод будут отсутствовать боковые и донное сжатия, что благоприятно отразится на пропускную способность самого водомера. Струи сжимаются не по всему периметру потока, а только сверху.

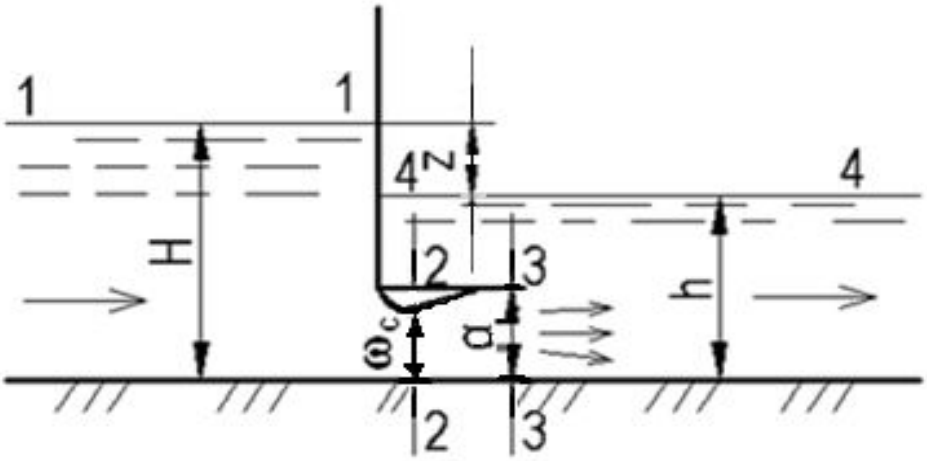


Рис.3.6 Схема гидравлического расчета пропускной способности водомера типа «Прямоугольный насадок»

Соединяя уравнением Бернулли показанные на рис.3.6 сечения 1-1 и 4-4, можно получить

$$H + \frac{v_1^2}{2g} = h + \frac{v_2^2}{2g} + h_f \qquad (3.2)$$

где h_f – потери напора от сечения 1-1 до сечения 4-4, определяемые как сумма потерь напора по длине и местных потерь

$$h_f = (\xi_{1-2} + \xi_{2-3} + \xi_{3-4})\frac{v_c^2}{2g} \qquad (3.3)$$

В связи (3.3) через $\xi_{1-2}, \xi_{2-3}, \xi_{3-4}$ обозначены коэффициенты местных сопротивлений, учитывающие потери напора соответственно от сечения 1-1 до 2-2, от 2-2 до 3-3 и от 3-3 до 4-4.

Поскольку поток за сечением 3-3 резко расширяется, то можно принять $\xi_{3\ 4} = 1$ [50]. Напорный водовод имеет короткую длину – менее 0,5 м, поэтому при гидравлическом расчете можно пренебречь потерями напора по его длине, приняв $\xi_{2-3} = 0$. При учете изложенных положений, формула (3.3) примет вид

$$h_f = (\xi_{1-2} + 1)\frac{v_c^2}{2g} \qquad (3.4)$$

Пренебрегая скоростями течения воды непосредственно перед и за насадком плоским щитом (из-за их малости) и подставив величину h_f из (3.4) в (3.2), можно получить

$$\frac{v_c^2}{2g}(\xi_{1-2} + 1) = H - h \qquad (3.5)$$

Отсюда

$$v_c = \frac{1}{\sqrt{\xi_{1-2}+1}}\sqrt{2g(H-h)} = \frac{1}{\sqrt{\xi_{1-2}+1}}\sqrt{2gZ} \qquad (3.6)$$

Поскольку $\frac{1}{\sqrt{\xi_{1-2}+1}}$ есть коэффициент скорости φ, то формула (3.6) примет вид (индексы опущены)

$$v = \varphi\sqrt{2gZ} \qquad (3.7)$$

Поскольку расходы воды измеряются в конце напорного водовода – в створе 3-3 (рис.3.6), где отсутствуют боковые сжатия, коэффициент расхода $\mu = \varepsilon\varphi$ (где $\varepsilon = 1$ – коэффициент сжатия струи). Тогда расход воды,

протекающий из напорного водовода через сечения 3-3, определяется по формуле

$$Q_{\text{р}} - wv - \mu w\sqrt{2gZ},$$

(3.8)

где $w = al$ - площадь (a – высота; l - длина) водопропускного отверстия напорного водовода. Следует отметить, что формула (3.8) является теоретической расчетной формулой. Что же касается самого водомера, то он градуируется по методу «скорость-площадь» и подача воды водопотребителям осуществляется именно по отградуированному графику $Q_{\text{и}} = f(Z)$.

Расходы воды на отградуированных водомерах по методу «скорость-площадь», как известно [15,17], определяется по формуле

$$Q_{\text{и}} = \omega \cdot v \tag{3.9}$$

где ω – площадь живого сечения потока;

v – скорость течения воды.

Подставив значения скорости потока из (3.7) в (3.9) при коэффициенте φ=1 [23] можно получить

$$Q = lav = la\sqrt{2gZ} \tag{3.10}$$

Эта формула принята за основу при определении пропускной (теоретической) способности водомера типа «Прямоугольный насадок».

Следует отметить, что на отдельных водомерных сооружениях в зависимости от различных причин может оказаться, что по величине замеренные расходы ($Q_{\text{и}}$) будут отличаться от теоретически рассчитанных расходов ($Q_{\text{р}}$) воды, но, в любом случае, теоретически рассчитанные по формуле (3.10) расходы должны служить предварительным результатом по определению пропускной способности водомеров типа «Прямоугольный насадок», который будет уточняться в процессе градуировки самих водомерных сооружений.

Пропускная способность водомеров типа «Прямоугольный насадок», работающих в подпорном режиме истечения, может быть определена и по формуле (3.8). Однако она трудно применима из-за того, что величина коэффициента расхода в ней для прямоугольного водопропускного отверстия типа «Прямоугольный насадок» пока еще мало изучена. Поэтому его величина должна определяться для каждого сооружения в отдельности – в процессе градуировки перед вводом его в эксплуатацию.

Несмотря на то, что пропускная способность водомера типа «Прямоугольный насадок» определяется теоретическим расчетом – формулой (3.10) и уточняется при его градуировке, все же коэффициент расхода в формуле (3.8) определяемый как

$$\mu = \frac{Q}{w\sqrt{2gZ}} \tag{3.11}$$

должен изучаться, ибо благодаря именно ему можно будет судить о пропускных способностей разработанных усовершенствованных и новых водомерных сооружений типа «Прямоугольный насадок».

3.4. Результаты исследований разработанных конструкций водомеров

3.4.1. Сооружения типа «Прямоугольный насадок»

Для учета воды в распределителе Р-2-6 системы ЗБЧК в 1950году был построен водомер типа «Конусный насадок» или КНСБ, технические характеристики которого приведены в таблице 2.6.

Как это известно из раздела 2, водомеры этого типа обеспечивают измерение расходов воды при подпорном режиме истечения. Однако, в процессе их эксплуатации были выявлены следующие недостатки:

- КНСБ не подлежит градуировке путем установки ротора гидровертушки на выходе из отверстия насадка, так как, из-за конусности

последнего, струи имеют форму, не свойственную параллельноструйному течению потока;

- на самом КНСБ отсутствует элемент, регулирующий параметры водопропускного отверстия с тем, чтобы обеспечить напорный режим течения в водоводе при пропуске по нему расходов воды от максимального и до минимального их значений.

а)

б)

Рис.3.7 Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на распределителе Р-2-6 системы ЗБЧК. а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа. 1 – диафрагма; 2 – рейка; 3 – верх насадка

Именно по этим причинам построенный водомер не смогли использовать для учета воды на протяжении ряда десятилетий.

При такой ситуации служба эксплуатации вынуждена была проводить замеры расходов воды на временном гидропосту типа «Фиксированное русло», расположенному в нижнем бьефе. Но этот гидропост не отвечал предъявляемым к нему требованиям, приведенным в нормативных документах [15,18].

Поэтому, для повышения точности учета воды, конусный насадок в 2014году был переделан на насадок с прямоугольный поперечным сечением (рис.3.7). Размеры водопропускного отверстия на выходе из напорного водовода этого насадка – $la = 0{,}6 * 0{,}2$м. Скорости потока при выходе из напорного водовода ($v_и$) измерялись гидровертушкой $ГР - 21$м, прошедшей госповерку. Кроме того, эти же скорости рассчитывались теоретически ($v_р$) по формуле (3.7).

Таблица 3.2 - Результаты замеров расхода воды на гидропосту №24 на Р-2-6 системы ЗБЧК

Напор Z, м	Площадь отверстия $\omega = l \cdot a$, м^2	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход $Q_и$, м^3/с	Коэффициент расхода μ
		$v_и$	$v_р$		
0,03	0,12	0,70	0,77	0,080	0,89
0,05	0,12	0,88	0,99	0,106	0,88
0,07	0,12	1,04	1,17	0,125	0,89
0,09	0,12	1,17	1,33	0,140	0,88
0,11	0,12	1,31	1,47	0,157	0,87
					$\mu_{ср}$ –0,88

На основании замеренных ($v_и$) и рассчитанных ($v_р$) скоростей построен график $v = f(Z)$ (рис.3.8), свидетельствующий изменение скоростей течения воды при выходе из напорного водовода в зависимости от напора Z. Данные этого графика приведены в таблице 3.2, в которой приведены также и результаты определения коэффициента расхода по формуле (3.11).

Данные таблицы 3.2 свидетельствуют, что:

- на данном этапе исследований построенный водомер типа «Прямоугольный насадок» работал при Z≤0,11м, при которых его пропускная способность составила почти $Q_и$≤0,160м^3/с;

- измеренные $v_и$ и теоретические $v_р$ скорости потока на этом сооружении мало отличаются друг от друга;

- коэффициент расхода μ=0,87-0,89 и в среднем составляет 0,88.

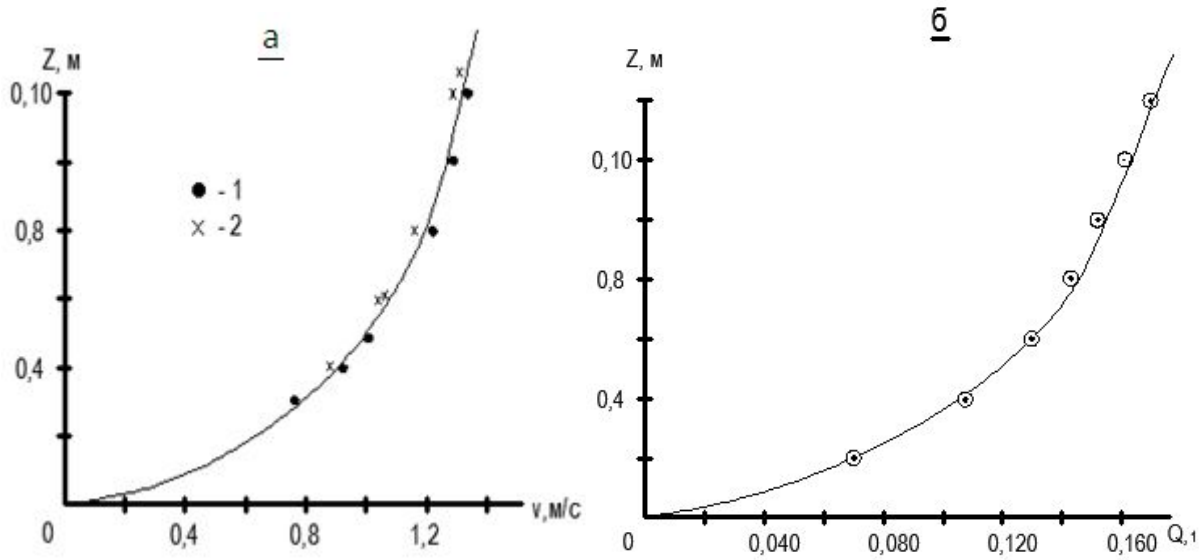


Рис.3.8 График зависимости $v - f(Z)$ (а) и $Q - f(Z)$ (б) гидропоста №24 на Р-2-6 ЗБЧК. 1 и 2 – теоретические и замеренные скорости потока при выходе из напорного водовода

Рассматриваемый водомер, при необходимости, может пропустить и большие расходы, чем 0,160м^3/с, для чего напор Z должен быть увеличен более, чем 0,11м.

По данным таблицы 3.2 построен график зависимости $Q = f(Z)$ (рис.3.8б) и по данным этого графика – заполнена рабочая таблица 3.3, по которой осуществляется подача воды водопотребителям.

Таблица 3.3 - Рабочая таблица гидропоста на Р-2-6 для подачи воды (л/с) водопотребителям

Z, см	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	40	60	80	98	110	118	126	132	140
10	146	153	160	-	-	-	-	-	-	-

За период эксплуатации водомера отложение наносов в верхнем бьефе не наблюдалось, так как они промывались потоком воды при протекании ее по напорному водоводу.

Другой пример использования водомера типа «Прямоугольный насадок» на Р-21 системы ВБЧК. На этом распределителе функционировал водослив Иванова, с приведенными в таблице 3.1 параметрами. В нижнем бьефе сооружения имеется водораспределитель, который, при регулировании расходов воды между отводами, создает подпор.

Для улучшения учета воды на этом распределителе водомер типа «Водослив» был заменен на «Прямоугольный насадок» (рис.3.9), с параметрами водопропускного отверстия напорного водовода $l = 0{,}8$м и $a = 0{,}4$м. Все элементы данного сооружения выполнены из бетона.

а)

б)

Рис.3.9 Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на Р-21 системы ВБЧК. а - вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа

Результаты градуировки данного сооружения приведены в следующей таблице.

Таблица 3.4 - Результаты замеров расхода воды на гидропосту Р-21 системы ВБЧК

Напор Z, м	Площадь отверстия $\omega = l \cdot a$, м^2	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход $Q_и$, м^3/с	Коэффициент расхода μ
		$v_и$	$v_р$		
0,03	0,32	0,71	0,75	0,250	0,93
0,07	0,32	1,17	1,17	0,374	0,99
0,10	0,32	1,35	1,40	0,432	0,96
0,15	0,32	1,51	1,71	0,483	0,89
0,17	0,32	1,80	1,83	0,576	0,98
					$\mu_{ср}$ =0,95

По данным этой таблицы составлены графики зависимостей $v - f(Z)$ и $Q - f(Z)$ (рис.3.10), а по данным последнего графика – рабочая таблица, по которой осуществляется подача воды водопотребителям.

Следует отметить, что 26.07.2014 года на данном объекте побывали участники выездного семинара (более подробные сведения об этом приводятся в подразделе 3.4.2), которые, ознакомившись с результатами замеров расходов воды на этом сооружении, пришли к выводу о целесообразности использования водомера типа «Прямоугольный насадок» при наличии подпора, изготовив ее из металлаконструкций (Приложение 3).

Еще один пример по созданию экспериментального водомера типа «Прямоугольный насадок». На распределителе Р-23 системы ВБЧК был водослив Иванова, шириной по дну $b = 1{,}5$ и высотой 0,70м. пропускная способность – 0,130-0,410м^3/с. Этот водослив постоянно подтапливался со стороны нижнего бьефа. Поэтому служба эксплуатации вынуждена была заменить указанный водомер на тип «Прямоугольный насадок», возводив ее из монолитного бетона.

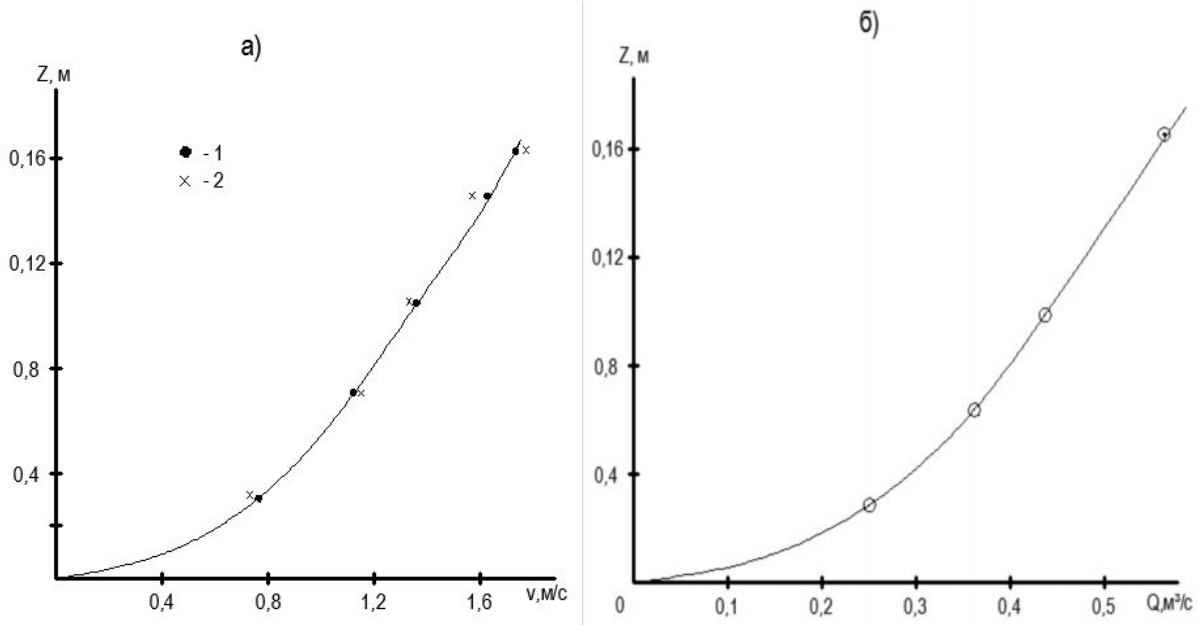


Рис.3.10 Графики зависимостей $v - f(Z)$ (а) и $Q - f(Z)$ (б) водомера на Р-21 ВБЧК. 1 и 2 – теоретические и замеренные скорости потока при выходе из напорного водовода

Результаты градуировки данного водомера приведены в следующей таблице.

Таблица 3.5 - Результаты замеров расходов воды на водомере на Р-23 системы ВБЧК

Напор Z, м	Площадь отверстия $\omega = l \cdot a$, м^2	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход $Q_и$, м^3/с	Коэффициент расхода μ
		$v_и$	$v_р$		
0,03	0,28	0,74	0,75	0,207	0,96
0,05	0,28	0,92	0,99	0,258	0,93
0,06	0,28	1,01	1,09	0,284	0,94
0,08	0,28	1,23	1,25	0,344	0,98
0,11	0,28	1,41	1,47	0,395	0,95
					$\mu_{ср}$ =0,95

По данным этой таблицы построены графики зависимостей $v = f(Z)$ и $Q - f(Z)$ и по последнему графику заполнена рабочая таблица, по которой осуществляется водоподача водопотребителям.

а)

б)

Рис.3.11 Водомерное сооружение типа «Прямоугольный насадок» на Р-23 системы ВБЧК. а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа

Построенный водомер типа «Прямоугольный насадок» приведен на рис.3.11.

Параметры водопропускного отверстия напорного водовода водомерного сооружения – $l = 0{,}70$ и $a = 0{,}4$м.

3.4.2. Сооружения типа «Водослив-насадок»

На распределителе Р-8 системы ЗБЧК был построен водослив Иванова, который в начале работал нормально, а потом, в процессе заиления и зарастания в земляном русле отводящего канала, стал подтапливаться со стороны нижнего бьефа.

Для улучшения водоучета, на Р-8 системы ЗБЧК был построен в качестве экспериментального сооружения водомер типа «Водослив-насадок» (рис.3.12 и 3.13), который в верхней части состоит из водослива прямоугольного сечения и в нижней – из насадка.

Пропускная способность прямоугольного водослива определялась при следующих исходных данных: ширина водослива $b_в$=1,0м; высота порога $P = 0{,}63$м и высота водослива $h_в = 0{,}40$м. Щит опущен до дна канала.

а)

б)

Рис.3.12 Водомер типа «Водослив-насадок» на Р-8 системы ЗБЧК (замер воды осуществляется водосливом). а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа

а)

б)

Рис.3.13 Водомер типа «Водослив-насадок» на Р-8 системы ЗБЧК (замер воды осуществляется насадком) а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа

Расчет проведен по формуле (2.7), приведенной в нормативных документах [16,33,37], были получены следующие результаты.

Результаты расчета оформлены графически - $Q - f(\mathrm{H})$ (рис.3.14), по данным которого заполнена рабочая таблица, в соответствии с которой осуществляется водоподача водопотребителям.

Таблица 3.6 - Пропускная способность прямоугольного водослива на Р-8 системы ЗБЧК

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

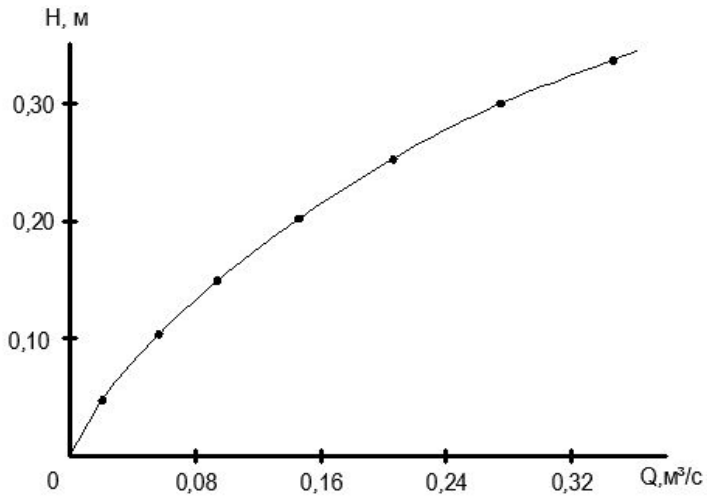


Рис.3.14 График пропускной способности прямоугольного водослива на Р-8 системы ЗБЧК

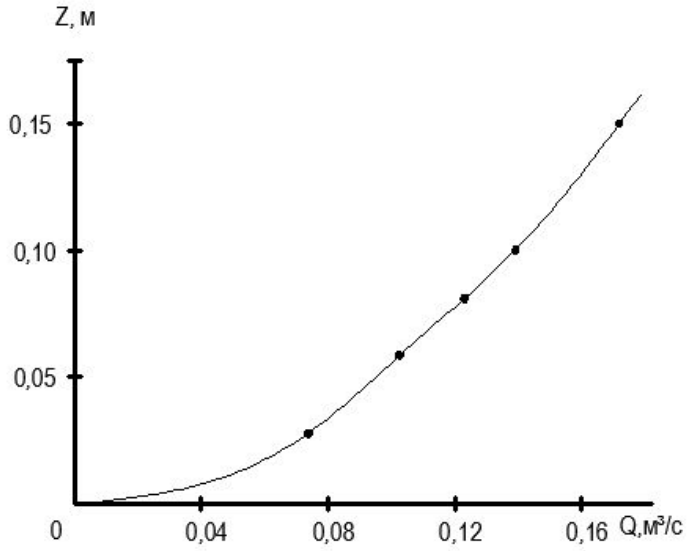


Рис.3.15 График пропускной способности насадка на Р-8 системы ЗБЧК

Пропускная способность водомера типа «Прямоугольный насадок», определялась при следующих исходных данных: длина напорного

водопропускного отверстия $l = 1{,}0$м, принятая его высота $a = 0{,}10$м (щит приподнят на высоту 0,10м). Данный водомер был отградуирован по методу «скорость-площадь», результаты градуировки приведены в следующей таблице.

Таблица 3.7 - Результаты замеров расхода воды на гидропосту на Р-8 системы ЗБЧК

Напор Z, м	Площадь отверстия $\omega = l \cdot a$, м^2	Скорость при выходе из напорного водовода, м/с		Расход $Q_и$, м^3/с	Коэффициент расхода μ
		$v_и$	$v_р$		
0,03	0,10	0,75	0,77	0,076	0,99
0,06	0,10	1,06	1,09	0,107	0,98
0,08	0,10	1,21	1,25	0,124	0,98
0,10	0,10	1,36	1,40	0,137	0,98
0,15	0,10	1,67	1,71	0,169	0,99
					μ=0,984

Из данных этой таблицы следует, что:

- измеренные $v_и$ и теоретические $v_р$ скорости мало отличаются друг от друга;

- коэффициент расхода $\mu = 0{,}98 - 0{,}99$ и в среднем составляет 0,984.

Работоспособность данного водомерного сооружения детально изучалась многим, в том числе работниками Иссык-Атинского РУВХ, ОМК и В, ЧГБУВХ. 26.07.2014года на это сооружение, также как на Р-21 и Р-23 системы ВБЧК, был организован выездной семинар, на котором приняли участие:

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

- ответственные работники ОМК и В и ЧГБУВХ.

Всего участников было свыше 20чел., которыми проверялась работоспособность данного комбинированного водомерного сооружения.

а)

б)

Рис.3.16 Участники выездного семинара на сооружении Р-8 системы ЗБЧК. а – обсуждается увиденное; б – проводится смотр объекта. (замер воды осуществляется при помощи водомера типа «Насадок»)

В результате детальной проверки и всестороннего анализа увиденного (рис.3.16) и полученных результатов, участники семинара пришли к выводам (они отражены в составленном им акте – приложение 3):

а) одобряем новые средства – комбинированный водомер и водомер-диафрагму, (имеется в виду насадок) ориентированные на применение не только при подпорном, но и свободном режимах истечения;

б) считаем полезным широкого их применения там, где они могут быть приняты по условиям их работы;

в) считаем, что в целях и учета воды, и ее регулирования – в качестве диафрагмы (имеется в виду насадок) целесообразно использовать плоский щит;

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

Примечание: В конце Акта имеются более 20 подписей.

В настоящее время построены еще три водомера типа «Водослив-насадок» на отводах Р-4-2, Р-4-3 и Т-10 системы ВБЧК, технические их характеристики приведены в таблице 4.1, а их фотографии – в приложении 2, 3 и 4.

В 2016 году на этих сооружениях проводились работы по устранению допущенных при их строительстве недостатков, по определению технических характеристик водомеров и оформлению паспортов на сооружений. Кроме того, были проведены работы по предварительному изучению эксплуатационных показателей сооружений. Основные работы по градуировке самих сооружений и установлению других метрологических их характеристик перенесены на 2017 год.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

Сформулированные задачи и разработанная методика исследований позволили всесторонне изучить усовершенствованные и новые конструкции

водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок». При этом изучение работоспособности разработанных сооружений проводилось в натурных условиях – на действующих сооружениях, построенных как в качестве экспериментальных, так и в качестве внедренных.

Изучению работоспособности сооружений предшествовали теоретические разработки, проведенные по определению пропускной способности построенных водных объектов.

Результаты проведенных исследований заключаются в следующем:

- построенные сооружения типа «Прямоугольный насадок» легко подвергаются к градуировке, при этом режим течения воды в водоводе должен быть напорным;

- данные теоретического расчета пропускной способности устройств типа «Прямоугольный насадок» схожи с результатами измерений расходов воды на построенных сооружениях, на которых ориентируются при подаче воды водопотребителям;

- отложение наносов перед водопропускным отверстием не наблюдается, они легко промываются в нижний бьеф сооружений.

Что же касается прямоугольных водосливов в составе водомера типа «Водослив-насадок», то они функционировали нормально.

ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОМПОНОВКЕ, КОНСТРУИРОВАНИЮ И ГИДРАВЛИЧЕСКОМУ РАСЧЕТУ РАЗРАБОТАННЫХ СООРУЖЕНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИХ ПОКАЗАТЕЛИ

Разработанные водомеры типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок» отвечают основным требованиям, предъявляемым к водомерным сооружениям. Поэтому, при правильном их проектировании, строительстве и эксплуатации, они могут найти широкое применение на внутрихозяйственных оросительных каналах Чуйской долины КР.

Указанные водомеры могут быть возведены как на каналах с земляным руслом, так и на облицованных водотоках с трапецеидальным и прямоугольным поперечными сечениями.

Режимы течения воды в верхнем бьефе сооружений должны быть спокойными, с числами Фруда $F_r = \frac{v^2}{gh} \leq 0{,}25$, что способствует образованию в напорном водотоке сооружений параллельноструйных течений воды.

Сооружения должны размещаться на прямолинейном в плане участке канала, при этом длина измерительного участка может быть принята как $L = 3B$, где B - ширина канала по верху. Измерительный створ может быть размещен на расстоянии $2B$ от начала измерительного участка. Дно измерительного участка выполняется прямолинейным и горизонтальным, чем создается благоприятное условие для образования на водомере прямолинейного и параллельноструйного течения воды.

Водомеры рационально изготавливать из металлаконструкций, но в его отсутствии – можно возводить, как показывает опыт, и из бетона, хотя в этом случае несколько осложняется регулирование параметрами напорного водовода.

При строительстве диафрагму из бетона, ее высоту следует назначать на 0,15-0,20м ниже строительной высоты самого канала. Благодаря этим (в случае переполнения верхнего бьефа водой из-за забивки водопропускного

отверстия сооружения всевозможными плавниками) будет обеспечена целостность самого сооружения.

Диафрагма может быть построена толщиной 0,15-0,20м. Водопропускной водовод должен быть прямоугольным и должен работать в напорном режиме. В таких случаях течение воды в водоводе будет параллельноструйным, благодаря чему сооружение будет отградуировано. Созданию прямоугольного поперечного сечения водовода способствуют низкие затопляемые стенки, возводимые по обеим его бокам.

Длина этих боковых стенок должна быть больше на 0,20-0,30м, чем ширина горизонтальной полки, как в металле, так и в бетоне. Этим обеспечивается сохранение параллельноструйного течения воды при выходе из водопропускного отверстия напорного водовода. Ширина напорного водовода может быть принята в пределах 0,4-0,5м. Длина водопропускного отверстия может назначаться как $l \leq b_к$, где $b_к$ - ширина канала по дну. Высота водопропускного отверстия aпринимается из расчета пропуска максимального расхода воды при максимальном напоре Z. Однако, ее величина регулируется подвижным щитом (крышкой), чем создается напорное течение воды в водоводе при прохождении по нему минимальных расходов воды.

Теоретическая пропускная способность водомеров типа «Прямоугольный насадок» определяется по формуле (2.14) при скоростях, рассчитанных по формуле (3.7). Полученные результаты уточняются по мере градуировки сооружений.

Изготовление и возведение прямоугольного водослива, входящего в состав водомеров типа «Водослив-насадок» осуществляется в соответствии с рекомендациями, приведенными в нормативных документах [16,33,37]. В соответствии с этими документами, водомеры с водосливами – не градуируются, их пропускная способность определяется гидравлическим расчетом.

По вопросу место размещения водомеров на сети следует отметить, что, как показывает практика, они размещаются по разному:

- в головной части водотоков;

- в удалении от головы на расстоянии 30 и 50м, порою до 100-200м.

При этом все водомеры размещаются только на транзитной части водотоков, подводящие и отводящие участки которых – однотипны.

В гидрометрии есть термин «Щитовые водомеры», но на этого типа водомеров мало кто обращает внимание, хотя, как показывает предварительное его изучение, он обладает рядом преимуществ перед теми, которые строятся на транзитной части каналов.

В качестве подтверждения изложенного, можно привести следующий пример [2].

Рис.4.1 Щит-водомер типа водослив с тонкой стенкой на вододелительном сооружении на распределителе Р-7-13 прямой системы АМК

Водомер типа «Фиксированное русло», построенный на Р-7-13 прямо Атбашинского магистрального канала (АМК), был разрушен. Поэтому учет

воды в указанном распределителе осуществлялся «на глаз», что, естественно, недопустимо в условиях платного водопользования.

Для учета воды в водотоке Р-7-13 прямо был использован щит в головной части канала – на водораспределительном сооружении (рис.4.1) [2]. Щиту были переданы две функции – водоподпорного сооружения (нижняя часть щита) и водомера (верхняя часть щита в виде прямоугольного водослива). При этом подача воды в Р-7-13 прямо осуществлялась через водослив, при котором одновременно проводился и учет воды.

Пропускная способность водослива была определена по формуле, рекомендованной в нормативных документах [16,33,37].

Сброс воды в зимнее время и промыв наносов в нижний бьеф осуществлялись при поднятом щите-водосливе.

Затраты на переделку плоского щита на щит-водослив составили порядка 2,5тыс.сом (реконструкция вышедшего из строя водомера типа «Фиксированное русло» составило бы более 25тыс.сом).

Приведенный пример указывает на то, что некоторые типы водомеров и, в частности, устройство типа «Водослив с тонкой стенкой» могут быть включены в состав самих водораспределительных сооружений. В этом случае щиты этих сооружений используются и в качестве водоподпорного, и в качестве водомерного устройств. Изложенное правильно отражается термином «Щитовые водомеры», поэтому такие сооружения должны именоваться как водомеры типа «Щитовые водомеры».

Исходя из этого положительного примера можно будет заключить, что в условиях внутрихозяйственных каналов с земляным руслом водомеры могут размещаться как на транзитной части самих водотоков, так и на самих водораспределительных сооружениях. При этом при размещении водомеров на сети следует руководствоваться со следующими уточнениями:

- при трубчатых водовыпусках и подаче воды непосредственно во внутрихозяйственные каналы (рис.2.5) – водомеры должны размещаться в головной части самих водотоков, то есть сразу за трубчатыми водоводами;

- при открытых водовыпусках и подаче воды во внутрихозяйственные каналы через водораспределительные сооружения (рис.4.1) водомеры могут быть размещены как на самих вододелителях, так и в головной части отводящих водотоков (в этом случае водомеры должны примыкать к водораспределительным сооружениям);

- при размещении водомеров как в головной части водотоков, так и в составе с водораспределительными сооружениями, особое внимание должно быть обращено на создание условий для нормальной работы водомеров, придав при этом особое внимание на установление оптимальных типов водомеров и их параметров;

- в головной части внутрихозяйственных каналов целесообразно размещать водомеры типов «Водослив-насадок» и «Прямоугольный насадок», а на водораспределителях – водомеры типов «Водослив с тонкой стенкой», «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок» (на все эти водомеры имеются руководящие документы, рекомендации которых могут быть взяты за основу при проектировании, строительстве и эксплуатации рекомендуемых к применению сооружений.

Касаясь экономических показателей разработанных сооружений, можно отметить следующее.

Создание экспериментальных образцов и внедрение водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок» осуществлялись не строительством новых водных объектов, а реконструкцией существующих – путем замены построенных, но неработающих водомеров на усовершенствованные и новые конструкции водомерных устройств. Так, например:

- на распределителях Р-4-2, Р-4-3 и Т-10 системы ВБЧК отсутствовали водомерные сооружения, но в головной части короткие их участки были облицованы и имели прямоугольное сечение. На этих готовых участках были размещены водомеры типа «Водослив-насадок» (Приложение 7);

- КНСБ на распределителях Р-1-1, Р-1-8, Р-2-6 были заменены на водомеры типа «Прямоугольный насадок» (Приложение 8);

- водосливы Иванова на распределителях Р-21, Р-23 и Р-25 системы ВБЧК были заменены на насадки (Приложение 9);

- водослив на распределителе Р-8 ЗБЧК был заменен на водомер «Водослив-насадок» (Приложение 10);

- «Фиксированное русло» на распределителе Р-20-3 системы ЗБЧК заменен на водомер типа «Прямоугольный насадок»;

- КНСБ на распределителях Р-2-7, Р-2-8 были заменены на водомеры типа «Прямоугольный насадок» (Приложение 11).

При этом замена существующих и неработающих сооружений на вновь разработанные водомеры осуществлялась минимальными затратами (3-5тыс.сом на один водный объект), тогда как затраты на строительство новых объектов составляют, в зависимости от пропускных их способностей, порядка 20-30тыс.сом. Годовая экономическая эффективность от внедрения одного сооружения в среднем составила около 20тыс.сом и на 13 водомеров – 260тыс.сом.

Наравне с изложенными, экономическая эффективность внедренных сооружений заключается и в следующем:

- вышедшие из строя 10 сооружений возвращены в работу и в настоящее время на них проводятся гидрометрические работы по замерам расходов воды;

- водомеры типа «Прямоугольный насадок» обеспечивают измерение расходов воды при подпорном режиме истечения, а водомеры типа «Водослив-насадок» - как при подпорном, так и свободном режимах истечения. При этом все это происходит на одном и том сооружении, так что в будущем вопрос о реконструкции данного водомера не должен возникать;

- водомеры типа «Прямоугольный насадок» подвергаются к градуировке, чем улучшаются метрологические характеристики сооружений;

- устраняется отрицательное влияние наносов на точность водоучета, так как они, вместе с водой, промываются из верхнего бьефа в нижний;

- улучшаются условия эксплуатации самих сооружений;

- имеются и другие преимущества – простота конструкции, возможность изготовления из подручных материалов и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЯ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

1. Результаты исследований, приведенных на построенных сооружениях, позволили уточнить параметры водомеров и на их основе – разработать рекомендации по компоновке и гидравлическому расчету разработанных водомерных сооружений.

Кроме того, разработан проект нормативного документа [14], который после его утверждения, может быть использован при проектировании, строительстве и эксплуатации водомерных сооружений типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок».

2. Разработанные сооружения должны размещаться на транзитном участке внутрихозяйственных каналах, размещенного не вдали водораспределительных сооружений, а поблизости к ним – практически стыкуя к ним.

3. Определена экономическая эффективность внедренных сооружений, которая заключается прежде всего в том, что при минимальных затратах была восстановлена работоспособность 13 водомерных сооружений с высокими водомерными качествами. Промыв наносов на этих сооружениях осуществляется непрерывно, сами сооружения градуируются и могут изготавливаться не только из металла, но в чистом виде и из бетона. Годовая экономическая эффективность от внедрения 13 сооружений составила около 260тыс.сом.

ВЫВОДЫ

1. Общая протяженность внутрихозяйственных каналов в Чуйской долине КР составляет 5330,4км, в том числе в земляном русле 3719,1, в облицовке 806,8 и в лотках 1456,5км. Эти каналы построены в предгорной и равнинной зонах, при этом проложены они как вдоль, так и поперек горизонталей.

Водотоки, построенные в земляном русле в равнинной зоне и вдоль горизонталей в предгорной зоне, интенсивно заиливаются наносами (илом, песком) и растительностью (различными травами, камышом), что резко ухудшает их пропускную способность. Каналы с земляным руслом, проложенные поперек горизонталей в предгорной зоне, имеют устойчивое русло (в виду образования естественной отмостки), что благоприятно отразиться на размещение на таких водотоках водомерных сооружений.

2. Отечественными и зарубежными учеными и инженерами разработаны множество водомеров, к числу которых относятся водомеры типов «Фиксированное русло», «Водосливы с тонкой стенкой», «Прямоугольный насадок», «Лотки» и др.

Однако, на внутрихозяйственных каналах Чуйской долины в той или иной степени возведены:

- на облицованных водотоках и лотках – водомеры типа «фиксированное русло», которые работают нормально, обеспечивая учет воды с допустимой точностью;

- на водотоках с земляным руслом, проложенных в предгорной зоне поперек горизонталей – водомеры типа «Фиксированное русло», работающие с допустимой погрешностью;

- на водотоках с земляным руслом, проложенным вдоль и поперек горизонталей в равнинной зоне и вдоль горизонталей в предгорной зоне:

а) водомеры типа «Фиксированное русло», сразу же выходящие из строя из-за образования подпора, заиления и зарастания, не должны применяться в качестве средства для учета воды;

б) водомеры типа «Водосливы с тонкой стенкой» могут работать год-два, затем приходится менять их на другие типы водомеров;

в) водомеры типа «КНСБ» - они не подлежат к градуировке и в их составе нет элементов, регулирующих расхода воды. Поэтому в настоящее время построенные такие сооружения заменяются на водомеры типа «Прямоугольный насадок»;

г) водомер типа «Лоток», построенный в качестве экспериментального объекта, заброшен из-за ненадежной его работы;

д) водомеры типа «Прямоугольный насадок» являются обнадеживающими средствами для учета воды, но они находятся только на начальной стадии разработки и детального их изучения.

3. Приняв в качестве основных средств для учета воды во внутрихозяйственных каналах с земляным руслом водомеров типов «Прямоугольный насадок» и частично – «Водослив», были разработаны требования к их компоновкам и конструкциям, исходя из режимов их работы. Эти требования легли в основу при разработке водомеров типа «Прямоугольный насадок» применительно к водотокам как прямоугольного, так и трапецеидального поперечных сечений, а также того, из какого материала они могут быть возведены – из металла или бетона.

В результате были разработаны несколько конструкций водомеров типа «Прямоугольный насадок», некоторые из которых признаны новым. Среди них водомеры типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок».

4. Теоретические разработки по определению пропускной способности разработанных сооружений и методика их исследований легли в основу испытания водомеров типов «Прямоугольный насадок» и «Водослив-насадок» на экспериментальных сооружениях, построенных путем реконструкции существующих водомерных сооружений. Проведенными исследованиями подтверждена работоспособность разработанных сооружений, кроме того – на основании материалов исследований

усовершенствованы конструкции и компоновки сооружений и методика гидравлического их расчета.

5. Определена экономическая эффективность внедренных сооружений, которая заключается прежде всего в том, что при минимальных затратах была восстановлена работоспособность 13 водомерных сооружений с высокими водомерными качествами. Промыв наносов на этих сооружениях осуществляется непрерывно, сами сооружения градуируются и могут изготавливаться не только из металла, но в чистом виде и из бетона. Годовая экономическая эффективность от внедрения 13 сооружений составила около 260тыс.сом.

6. Разработанные сооружения должны размещаться на транзитном участке внутрихозяйственных каналах, размещенного не вдали водораспределительных сооружений, а поблизости к ним – практически стыкуя к ним.

7. Научно-исследовательские работы по изучению эксплуатационных характеристик водомеров и совершенствованию их компоновок и конструкций должны продолжаться и дальше, вплоть до разработки на применяемые водомерные сооружения типовых проектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство №326284 СССР. Затвор-водомер. Авторы: Артомонов К.Ф., Сатаркулов С.С. Бюл №4 1972г.

2. Батыкова А.Ж. Совершенствование конструкций водомеров типа «Водослив с тонкой стенкой» для каналов мелиоративных систем. Автореферат кандидатской диссертации. Бишкек. 2011г. С.23.

3. Бейшекеев К.К., Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М. К вопросу совершенствования расходомеров с тонкими водосливами. Вестник «Актуальные вопросы современной науки». ISBN 978-5-00068-590-7. РИНЦ, elibrary.ru. №№475-08/2013. №47 2016г. г.Новосибирск. С.228.

4. Бейшекеев К.К. Совершенствование водомерных и водораспределительных сооружений на каналах – быстротоках оросительных систем горно-предгорной зоны. Автореферат докторской диссертации. Бишкек. 2012г. С.42.

5. Билик. О.А., Валентини Л.А. Эксплуатационная предприятия водного хозяйства в условиях экономической реформы. Фрунзе. 1971г.

6. Бочкарев. Я.В. Эксплуатационная гидрометрия и автоматизация оросительных систем. М. Агропромиздат. 1987г.

7. Валентини Л.А. Применение водомерных сооружений на оросительных системах. Автореферат кандидатской диссертации. Ташкент. 1952г.

8. 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.

9. Водомерные сооружения для каналов и лотков. С.С.Сатаркулов., К.К.Бейшекеев и др. под редакцией С.С.Сатаркулова. Бишкек: ПК «Переплетчик». 2000г. С.95.

10. Водомерное сооружение. Заявка о выдаче патента Кыргызской Республики на полезную модель. Авторы: С.Сатаркулов., А.Ж.Батыкова., Мамбетов Э.М. Бишкек. 2016г.

11. Водомерное сооружение. Заявка о выдаче патента Кыргызской Республики на полезную модель. Авторы: С.Сатаркулов., А.Ж.Батыкова., Мамбетов Э.М. Бишкек. 2016г.

12. Водомерные сооружения для точек выдела в хозяйства. «Фиксированное русло». Рабочий проект для повторного применения. Фонды ПКТИ «Водавтоматика и метрология». 1992г.

13. Водомерные сооружения для открытых оросительных систем. Авторы: С.Сатаркулов, К.К.Бейшекеев и др. Бишкек. 2014г. С.259.

14. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды при помощи специальных сужающих устройств мелиоративного назначения. (Проект). МВИ Бишкек. 2016г. С.21.

15. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расхода воды на гидропостах типа «фиксированное русло» методом «скорость-площадь». МВИ 11-10. С.28.

16. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расхода воды при помощи стандартных водосливов и лотков. МВИ 12-10. С.36.

17. Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расхода воды в параболических лотках методом «уклон-площадь». МВИ 13-10. С.76.

18. Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расходов воды методом «скорость-площадь» МВИ 05-90. Минводхоз СССР. 1990г. С.42.

19. Железняков Г.В. Гидрометрия. М. 1964г.

20. Инструкция по учету водозабора оросительными и обводнительными каналами из источников орошения (для гидрометров оросительных систем). Часть 2. Тарирование гидротехнических сооружений на оросительных каналах. Гидрометеоиздат. Л. 1966г. С.52.

21. Каналы гидромелиоративные железобетонные параболические. Методика выполнения измерений расхода методом «скорость-площадь». МВИ 33-475555-09-91. 1991г. С.34.

22. Каталог водомерных сооружений. Союзводпроект. М.1989г.

23. Киселев П.Г. Справочник по гидравлическим расчетам. М. 1972г. С.313.

24. Кошматов Б.Т., Бейшекеев К.К., Сатаркулов С.С. Водомерные сооружения для подпорно-переменных режимов истечения. – Бишкек: ПК «Переплетчик», 2003г. С.73.

25. Кошматов Б.Т. Совершенствование конструкции водомерных сооружений на мелиоративных системах. Автореферат кандидатской диссертации. Бишкек. 2010г. С.21.

26. Мамбетов Э.М., Садыбакова Д.К.К вопросу учета воды во внутрихозяйственных оросительных каналах с земляным руслом. Вестник КГУСТА имени Н.Исанова. ISSN 1694-5298. РИНЦ. №№459-07/2014. 2/2015г. С.73.

27. Мамбетов Э.М. Расходомерное сооружение для внутрихозяйственных каналов с земляным руслом. Вестник «Символ науки». ISSN 2410-700X. РИНЦ, elibrary.ru. №№153-03/2015. 5/2016 В 3 ЧАСТЯХ. ЧАСТЬ 2. 2016г. г.Уфа. С.76.

28. Мамбетов Э.М. К вопросу определения пропускной способности расходомера типа «Водослив-диафрагма». Вестник «Наука, новые технилогии и инновации Кыргызстана». ISSN 1694-7649. 3/2016г. С.26.

29. Методика выполнения измерений расхода воды с помощью специальных сужающих устройств мелиоративного назначения. МВИ 06-90. Минводхоз СССР. С.45.

30. Методика выполнения измерения расходов и количества воды при помощи водосливов с тонкой стенкой и регулируемой высотой порога для специальных условий применения (Дополнение к МИ 2122-90). МВИ 4755559-13-93. Бишкек. 1993г. С.11.

31. Патент №129 КР. Водомерное сооружение. Авторы: Сатаркулов С.С., Кошматов Б.Т., Абдурасулов И.А. Бюл. №9 2011г.

32. Пикалов Ф.И., Попова В.Я. Ирригационные водомеры-регуляторы. М.1943г.

33. Правила измерения расхода жидкости при помощи стандартных водосливов и лотков РДП 99-77. Изд.сатндартов. 1977г. С.50.

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

35. 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. С.83-86.

36. Полотов А.П. Состояние водных объектов Чуйского БУВХ и задачи по усовершенствованию их работы. Вестник Кыргызского национального аграрного университета им.К.И.Скрябина. №3(22). 2011г. Бишкек. С.86-91.

37. Расход жидкости в открытых потоках. Методика выполнения измерений при помощи стандартных водосливов и лотков. МИ 2122-90. Казань. 1990г. С.73.

38. 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.

39. 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.

40. Сатаркулов С.С., Мамбетов Э.М. Характеристика внутрихозяйственных оросительных каналов и водомерных сооружений на них. Вестник КРСУ. ISSN 1694-500 X. Том 16. №9. 2016г. С.132.

41. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. Водомерные сооружения и пути улучшения их работы. Бишкек. 2000г. С.95.

42. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. Руководство по эксплуатации водомерных сооружений. Бишкек. 2001г.

43. Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М., Кошматов Б.Т. и др. Водомерные сооружения для каналов и лотков. – Бишкек: ПК «Переплетчик», 2005г. С.260.

44. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М. Руководство по эксплуатации водомерных сооружений. Бишкек. 2001г. С.121.

45. Словарь-справочник гидротехника-мелиоратора. Сельхозгиз, М. 1955г.

46. Филиппов Е.Г. Гидравлика гидрометрических сооружений. Л. Гидрометеоиздат. 1990г. С.288.

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

48. Чертоусов. М.Д. Гидравлика (специальный курс). М.-Л. 1957г. С.640.

49. Чугаев Р.Р. Гидравлика. Л. Энергоиздат. 1982г.

50. Чугаев.Р.Р. Гидравлика. Л.1982г. с.671.

51. Шаров И.А. Эксплуатация гидромелиоративных систем. М.1959г. С.572.

52. Ярцев В.Н. Эксплуатационная гидрометрия. М. Сельхозиздат. 1961г.

53. Технические показатели оросительных систем Чуйской области на 01.01.2016г.

54. Инвентаризация оросительной и коллекторно-дренажной сети Ассоциаций водопользователей (АВП) по Кыргызской Республике на 01.04.2014г. Бишкек. 2014г.

55. Назаров М.И. Мощеные каналы. Фрунзе. 1958г.

56. Справочник по гидротехнике. М.1955г.

57. Андреевская А.В., Кременецкая Н.Н., Панова М.В. Задачник по гидравлике. М.1970г.

58. Авторское свидетельство №1640288 СССР. Водомерное сооружение для водотоков горно-предгорной зоны. Авторы: Сатаркулов С.С., Калинин Б.Н., Акимжанов А., Мемиш Ю.С. Бюл №13 1991г.

59. Авторское свидетельство №1735715 СССР. Водомерное устройство. Авторы: Сатаркулов С.С., Акимжанов А. Бюл №19 1992г.

60. Авторское свидетельство №1714037 СССР. Затвор-водомер. Авторы: Сатаркулов С.С., Акимжанов А. Бюл №7 1992г.

61. Акимжанов А.А., Сатаркулов С.С. О положении средней скорости по ширине потока. Сб. «Совершенстование и автоматизация гидротехнических сооружений» (сборник статьей). Фрунзе, 1991г.

62. Артамонов К.Ф., Сатаркулов С.С. Затвор-водомер для открытых регуляторов. Сб. «Вопросы водного хозяйства» (гидротехника). Вып. 26. Фрунзе, 1972г.

63. Батыкова А.Ж. О прямоугольном водосливе с тонкой стенкой (Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию со дня образования Кыргызского аграрного университета им. К.И. Скрябина). Бишкек, 2003г.

64. Батыкова А.Ж. О коэффициенте расхода прямоугольного водослива с тонкой стенкой // «Наука и новые технологии» №6 2009г. Бишкек.

65. Батыкова А.Ж. К технико-экономическим показателям водомера с прямоугольным водосливом // Известия ВУЗов №8. Бишкек, 2009.

66. Бейшекеев К.К. Совершенствование конструкций водомерных и водораспределительных сооружений на каналах оросительных систем горно-предгорной зоны. Бишкек, 2011.

67. Железняков Г.В. Гидрология и гидрометрия. «Высшая школа». М., 1981г.

68. Железняков Г.В. Пропускная способность русел и каналов. Гидрометеоиздат. Л., 1981.

69. Карасев И.В., Васильев А.В., Субботина Б.С. Гидрометрия. Л., 1991г.

70. Каталог приборов для производства гидрологических и гидравлических исследований. СЭВ. Будапешт, 1976г.

71. Кошматов Б.Т. К вопросу конструирования диафрагмы водомерного сооружения. Вестник КАУ, №3 (8). Бишкек, 2007.

72. Кошматов Б.Т. Анализ работы расходомерных сооружений различных конструкций. Вестник Каз. ГАСА.№2. Алматы, 2008.

73. Кошматов Б.Т. Пути улучшения водоучета на конусной насадке САНИИРИ-Бутырина (КНСБ). Сб. докл. АЛСЕРЕМИН сельхоз. Республики Таджикистан. №1. Душанбе, 2008.

74. Кошматов Б.Т. Анализ технического состояния ирригациональной системы Чуйской области. Вестник КРСУ №9. Том 8. Бишкек, 2008.

75. Константинов А.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия. М., 1987г.

76. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. 1972г.

77. Международный стандарт ИСО 1088-85. Измерение потоков жидкости в открытых руслах и каналах. Методы «скорость-площадь». Сбор и обработка исходных данных для определения погрешности измерений.

78. Предварительный патент №512 КР. Водомерное сооружение для быстротечных каналов. Авторы: Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М., Батыкова А.Ж. Бюл №9 2001г.

79. 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.

80. Попов К.В. Мелиоративные каналы. – М.:»Колос», 1969г.

81. Пикуш Н.В. Методы и приборы гидрометрии. Л., 1967г.

82. Расход воды в напорных трубопроводах. Методика выполнения измерений методом «скорость-площадь». М. ГОСТ 8.439-81.

83. Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М. К вопросу применения гидрометрической трубки в натурных условиях. Журнал «Мелиорация и водное хозяйство». 2000г.

84. Сатаркулов С.С., Маллаев Х.М. Надежность работы гидропостов типа «фиксированное русло». Журнал «Мелиорация и водное хозяйство». №1, 2000г.

85. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К. Гидротехнические сооружения оросительных систем горно-предгорной зоны. Бишкек, 2004г.

86. Сатаркулов С.С., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М., Кошматов Б.Т., Полотов А.П., Акимжанов Л.А., Батыкова А.Ж. Водомерные сооружения для каналов и лотков. Бишкек, 2005г.

87. Степанов В.М., Овчаренко И.Х. Игнатенко С.И. Основы гидротехники и гидрологии. М., 1977г.

88. Система приборов и сердств автоматизации мелиоративного назначения. Общие технические требования. ОСТ 33-26-80.

89. Шеренков И.А. Прикладные плановые задачи гидравлики спокойных потоков. Энергия М., 1978г.

90. Пашков Н.Н., Долгачев Ф.М. Гидравлика основы гидрологии М., 1927г.

91. Рекомендации по учету воды в каналах и лотках (для гидрометров оросительных систем). Под редакцией Сатаркулова С.С. Авторы: Кошматов Б.Т., Бейшекеев К.К., Маллаев Х.М., Полотов А.П.

92. Иванова Н.И., Рохман А.И. Руководство по содержанию оросительных систем. Экспонента. 2000.

93. Мамбетов Э.М. Эксплуатационные показатели водомера типа «Водослив-насадок». Вестник «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана». ISSN 1694/7649. 10/2016г. С.117.

94. Discharge measurement structures/Editor: Bos M. G//International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).-Second edition.-1978.

95. Filippov E. G., Savtchenko V. P., Tchavtarayev B. A., Kousher A. M. Apparatuses and automated installations for measurement of hydraulic parameters//Proceedings of XX IAHR Congress, Subject B.-Moscow, 1983.-Vol. 3.-p. 214-220.

96. Hydrometry/Ed. By Herschy R. W. - Chichester - New York – Brisbane – Toronto, John Wiley and Sons, 1978.

97. International Standard ISO 3847 «Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – End-depth method for estimation of flow in rectangular channels with a free overfall». - Geneva: International Organization for Standardization (ISO), 1977.

98. ISO 4371 «Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – End-depth method for estimation of flow in non-rectangular channels with a free overfall (approximate method». - Geneva, (ISO), 1984.

99. ISO 555/1-II-III «Liquid flow measurement in open channels – Dilution methods for measurement of steady flow. - Geneva, (ISO), 1988.

100. ISO/DIS 772 «Liquid flow measurement in open channels». - Vocabulary and symbols. - Geneva, (ISO), 1988.

101. ISO 3846 «Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – Free overfall weirs of finite crest width (rectangular broad-crested weirs). - Geneva, (ISO), 1977.

102. ISO 748 «Liquid flow measurement in open channels – Velocity area methods». - Geneva, (ISO), 1988.

103. ISO 4374 «Liquid flow measurement in open channels – Flat-V weirs». - Geneva, (ISO), 1982.

104. ISO 8333 «Liquid flow measurement in open channels by weirs and flumes – V-shaped broad-crested weirs». - Geneva, (ISO), 1985.

105. ISO 8368 «Liquid flow measurement in open channels. Guidelines for the selection of flow gauging structures». - Geneva, (ISO), 1985.

106. ISO 5168 «Measurement of fluid flow – Estimation of uncertainty of a flow-rate measurement». - Geneva, (ISO), 1978.

107. Ramakrishnan C. R. Flow characteristics of rectangular and trapezoidal finite crest width weirs and triangular profile weirs: Ph. D./Thesis submitted to the Indian Institute of Science.- April, 1979.

108. Robinson A. R. And Chamberlain A. R. Water measurement in small irrigation channels using trapezoidal flumes//Transactions of the ASAE. – 1966. – p. 382-385, 388.

109. White W. R. Flat-V weirs in trapezoidal channels: Report N DE 38/Hydraulics Research Station England. - Wallingford. – October, 1976.

110. White W. R. The design and calibration of flat-V weirs: Report N INT 88/Hydraulics Research Station. - Wallingford. – England. - February, 1971.–49 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

АКТ

проверки работы водомеров типов «Комбинированный водомер» и «Водомер-насадок»

с. Дмитриевка 26.07.13г.

Мы, нижеподписавшиеся, составили настоящий акт о нижеследующем:

а) гидропосты №№ 265 и 269 типа водослив Р-8 ЗБЧК не работали из-за заиления и зарастания отводящих в земляном русле каналов;

б) гидропосты №№21 и 23 типа водосливов на распределителях Р-21 и Р-23 не работали из-за подпорного режима истечения.

Работники Ысык-Атинского РУВХ и в ЧГБУВХ по рекомендации профессора С.Сатаркулова и др. провели реконструкцию указанных гидропостов, заменив:

- водосливы на гидропостах №№265 и 269 Р-8 ЗБЧК на комбинированные водомеры (2013г.);
- водосливы на гидропостах №№ 21 и 23 ВБЧК на водомер-насадок (2010г.).

Мы, совместно с авторами рекомендаций, приняли участие в проверке работоспособности новых средств измерения расходов воды, при этом проверка работы водомеров проводилась на самих гидропостах. При проведении замеров применялись скоростные приборы – микровертушки.

Результаты детальной проверки работы водомеров подробно приведены в актах, составленных работниками Ысык-Атинского РУВХ, ОМК и в ЧГБУВХ (прилагаются). Они и наша проверка указывают на то, что комбинированный водомер и водомер-насадок вполне могут применяться в качестве средств для измерения расходов воды.

С учетом мнений и пожеланий, вызказанных при проверке работоспособности новых средств измерения расходов воды, мы:

а) одобряем новые средства – комбинированный водомер и водомер-насадок, ориентированные на применение не только при подпорном, но и свободном режимах истечения;

б) считаем полезным широкого их применения там, где они могут быть приняты по условиям их работы;

в) считаем, что в целях и учета воды, и ее регулирования – в качестве диафрагмы целесообразно использовать плоский щит;

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

Начальник СВ ЧГБУВХ Жунушалиев И.

Профессор по спец. «Мелиорация» Сатаркулов С.

Болтабаев Ш.Х гл инж. Москов РУВ
Паркомсико Н.Н нач. вод. — " —
Мамытов Б.С зам нач ОПиР Иссыкский обл. Б. Мыб
Кайднова Т.Н. нач. ОВ. Панф.
Волкова О.В нач-к ОВ Сокулук
Щеголева Л.П ОВ Чуйский
Исаков Э.А. гл. инж Сокулук
Макеев В.Г гл. инж. Жемчуг
Зулиугадырова Н.Н гл. инж Кемин
Токбаев М н-к ОВ Кемин
Рашиев С.Д. н-к ОВ Жайны
Гекбоев У.О гл. инж АРУВХ
Иманкулова А нач. ОВ АРУВХ
Акматов Т. гл. инж. Панф.
Иманкант Д.И гл. метр. г
Кожомкулов К.М нач кс. ... РУВХ
Иолжиев С.К гл. инж. ЧУБРУВХ.
Дейнеко Г.Н. гл. метролог ЧГБУВХ
нач. кант. отд Кондубаев Т.А.
Инженер-гидротехник Мамбетов Э.М.
Сагаганиев нач. — к нач. гл. ...
Базараниев А нач. г/у ЗБЧК

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на распределителе Т-10 системы ВБЧК

а)

б)

Водомерное сооружение в работе: а – замер расходов воды осуществляется на прямоугольном водосливе (вид с нижнего бьефа); б – замер расходов воды осуществляется насадком (вид с нижнего бьефа)

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на Р-4-2 системы ВБЧК

а)

б)

Водомерное сооружение а - без воды (вид с нижнего бьефа); б - водомерное сооружение в работе – замер воды осуществляется прямоугольным водосливом (вид с верхнего бьефа)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Водомерное сооружение типа «Водослив-насадок» на Р-4-3 системы ВБЧК

а)

б)

Водомерное сооружение в работе – замер расходов воды осуществляется прямоугольным водосливом. а – вид с верхнего бьефа; б – вид с нижнего бьефа

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ЧГБУВХ
_____ Девяткулов Р.Д.
«29» [illegible] 2016г.

АКТ

о реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя Мамбетова Эрика Мунайтбасовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство на тему: «Совершенствование водомерных сооружений для учета воды во внутрихозяйственных каналах (на примере Чуйской долины)

Комиссия в составе: председателя, начальника ОВП ЧГБУВХ П.Н.Дейнеко и членов комиссии: начальника Шамсинского отделения ВБЧК А.Ш.Курамаевой и инженер-гидрометра Шамшинского отделения ВБЧК Э.Б.Амантаева свидетельствует о том, что на внутри- и межхозяйственных распределителях Р-4-2, Р-4-3 и Труба-10 системы ВБЧК **были реализованы следующие научные результаты**, полученные в кандидатской диссертации Э.М.Мамбетова:

- результаты исследований водомерного сооружения типа «Водослив-насадок», включающего воедино двух типов водомеров – водослива и насадка;
- методики их гиравлического расчета и градуировки водомера типа «Прямоугольный насадок».

Реализация материалов диссертации Э.М.Мамбетова позволила:

- оснастить указанные распределители комбинированным водомерным сооружением, позволяющим осуществить учет воды при двух режимах истечения воды – свободном (водосливом) и подтопленном (насадком).

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- при разработке проекта по оснащению распределителей в головной части ВБЧК водомерными сооружениями;
- при разработке нормативного документа – Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды при помощи специальных сужающих устройств типа «Прямоугольный насадок», находящегося на стадии согласования и утверждения.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- оснащены распределители Р-4-2, Р-4-3 и Труба-10 системы ВБЧК новым комбинированным водомерным сооружением, осуществляющим учет воды при всех режимах истечения;
- пробные испытания сооружений указывают на их надежную работу и возможность их градуировки, что немаловажно при платном водопользовании;
- строительства водомеров осуществлялись путем установки только плоских щитов с водосливом и насадком на бетонные участки распределителей, а не строительством новых сооружений, чем сэкономлено более 60 тыс.сом из государственных средств.

Примечание: сооружения введены в эксплуатацию практически в конце вегетации 2016года, поэтому всестороннее их испытание намечено на 2017год.

Председатель комиссии: Дейнеко П.Н.

Члены комиссии: Курамаева А.Ш.

Амантаев Э.Б.

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

УТВЕРЖДАЮ
Начальник ЧГБУВХ
Девяткулов Р.Д.
«2» «сентября» 2016г.

АКТ

о реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя Мамбетова Эрика Мунайтбасовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство на тему: «Совершенствование водомерных сооружений для учета воды во внутрихозяйственных каналах (на примере Чуйской долины)

Комиссия в составе: председателя, начальника ОВП ЧГБУВХ П.Н.Дейнеко и членов комиссии: начальника Кантского отделения ВБЧК Т.А.Кондубаева, начальника головного участка ЗБЧК З.М.Женалиева и начальника 2-го Аламудунского участка ЗБЧК Ч.А.Акматова свидетельствует о том, что при реконструкции гидропостов на внутри- и межхозяйственных распределителях Р-21, Р-23 и Р-25 системы ВБЧК и Р-1-1, Р-1-8, Р-2-6, Р-2-7 и Р-2-8 системы ЗБЧК **были реализованы следующие научные результаты**, полученные в кандидатской диссертации Э.М.Мамбетова:

- результаты исследований водомерного сооружения типа «Прямоугольный насадок», состоящего из диафрагмы, в нижней части которой размещено средство для учета воды – напорный прямоугольный насадок;
- методики определения пропускной способности водомеров не только теоретическим расчетом, но и путем градуировки сооружений по способу «скорость-площадь».

Реализация материалов диссертации Э.М.Мамбетова позволила:

- получить простое и надежное средство для качественного учета воды во внутрихозяйственных каналах оросительных систем Чуйской долины;
- впервые организовать правильный учет водных ресурсов в указанных водотоках.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- при определении параметров внедренных сооружений и изучении пропускных их способностей;
- при разработке нормативного документа – Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды при помощи специальных сужающих устройств типа «Прямоугольный насадок», находящегося на стадии согласования и утверждения.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- повышена точность измеряемых расходов воды, так как подача воды осуществлялась после градуировки самих водомерных сооружений;
- упростилась эксплуатация сооружений, так как промыв наносов с верхнего бьефа осуществлялся самим потоком воды, протекающим по напорному прямоугольному водоводу сооружений;
- сэкономлены более 160 тыс.сом на строительство новых сооружений, так как наладка работы существующих водомеров (водосливов и конусных насадков) осуществлялась путем частичной их реконструкции.

Председатель комиссии: Дейнеко П.Н.

Члены комиссии: Кондубаев Т.А.

Женалиев З.М.

Акматов Ч.А.

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

УТВЕРЖДАЮ
Начальник Ысык-Атинского РУВХ
_____ Шукраелиев Э.К.
«18» октября 2016г.

АКТ

о реализации научных результатов, полученных в диссертации соискателя Мамбетова Эрика Мунайтбасовича на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.07 – Гидротехническое строительство на тему: «Совершенствование водомерных сооружений для учета воды во внутрихозяйственных каналах (на примере Чуйской долины)

Комиссия в составе: председателя, начальника ОВП Ысык-Атинского РУВХ О.А.Яковлевой и членов комиссии: инженера-метролога К.Жунусова и начальника гидроучастка системы ЗБЧК А.Базаралиева свидетельствует о том, что при реконструкции гидропоста на внутрихозяйственной сети из Р-8 системы ЗБЧК **были реализованы следующие научные результаты**, полученные в кандидатской диссертации Э.М.Мамбетова:

- результаты исследований сооружения типа «Водослив-насадок», включающее воедино двух типов водомеров – водослива и прямоугольного насадка;
- методики определения пропускных способностей обеих водомеров теоретическим расчетом и градуировки по способу «скорость-площадь».

Реализация материалов диссертации Э.М.Мамбетова позволила:

- получить комбинированное водомерное сооружение, позволяющее осуществить учет воды как при свободном (водосливом) так и подтопленном (насадком) режимах истечений;
- проводить правильный учет воды в указанном внутрихозяйственном канале.

Материалы диссертации использованы в следующих документах, материалах и разработках:

- при назначении параметров внедренного сооружения и изучении эксплуатационных его показателей;
- при разработке нормативного документа - Водоучет на открытых системах водопользования. Методика выполнения измерений расходов воды при помощи специальных сужающих устройств типа «Прямоугольный насадок», находящегося на стадии согласования и утверждения.

По результатам реализации получен следующий положительный эффект:

- осуществляется учет воды как при свободном (водосливом), так и подтопленном (прямоугольным насадком) режимах истечения;
- повышена точность учета воды, так как подача воды осуществляется путем градуировки одного из водомеров – прямоугольного насадка;
- упростилась эксплуатация сооружения, так как промыв наносов осуществляется самим потоком непрерывно;
- сэкономлены более 20 тыс.сом на строительство нового сооружения, так как работа существующего сооружения налажена путем частичной его реконструкции.

Председатель комиссии: Яковлева О.А.

Члены комиссии: Жунусов К.

Базаралиев А.