

УДК 626.823.2

UDC 626.823.2

**КОНСТРУКТИВНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

**CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL ACTIONS FOR EFFECTIVE WORK OF THE WATER SPENDING NETWORK OF IRRIGATING SYSTEMS**

Федоров Виктор Матвеевич  
к.т.н., профессор  
*Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Новочеркасск, Россия*

Fedorov Victor Matveevich  
Cand. Tech. Sci., professor  
*Novocherkassk State Reclamation Academy, Novocherkassk, Russia*

В статье предложены лотки, каналы и трубопроводы из традиционных и новых материалов, обеспечивающие повышенную эксплуатационную надёжность водопроводящей сети оросительных систем

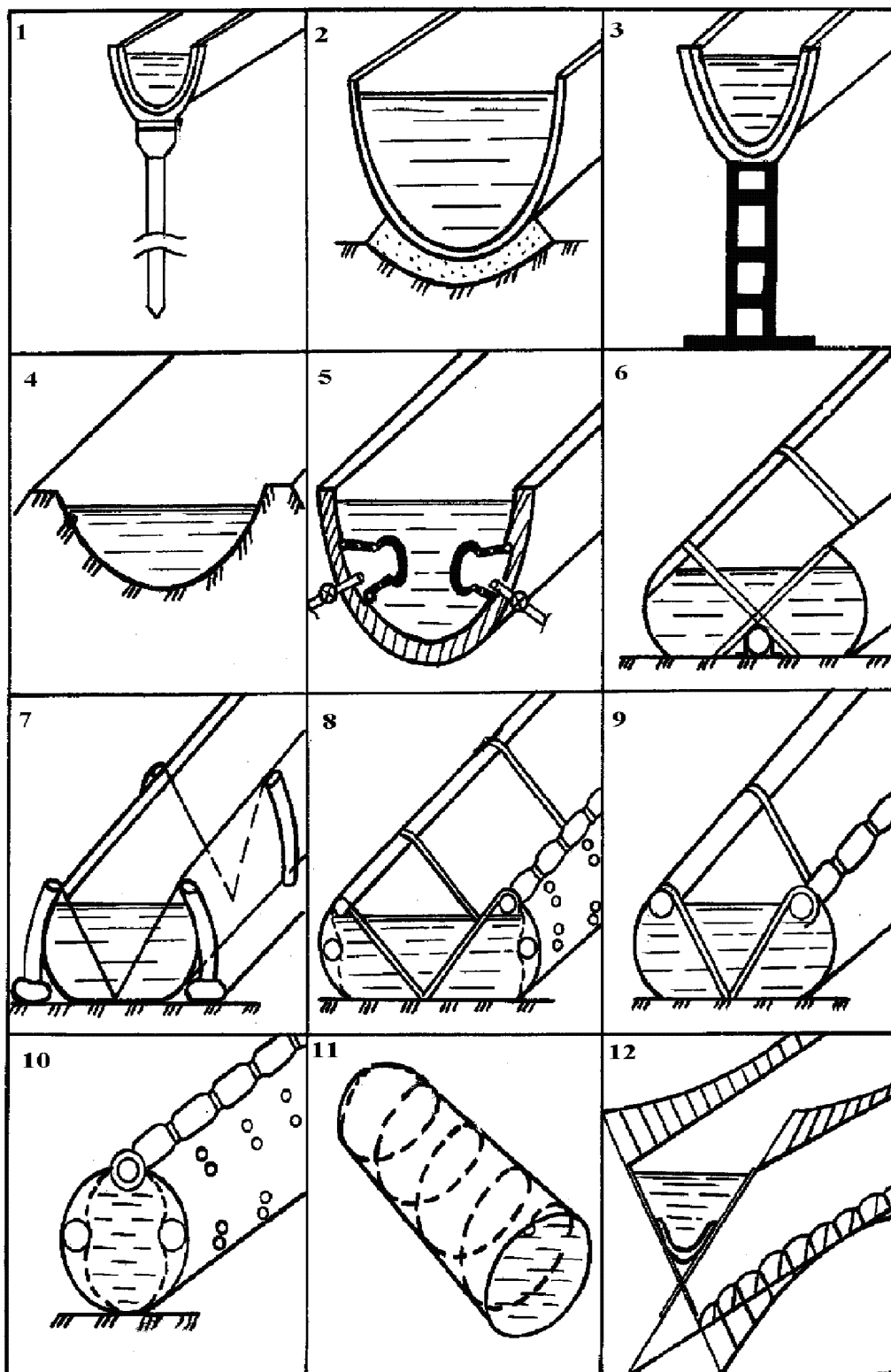
In the article trays, channels and pipelines from the traditional and new materials, providing raised operational reliability of a water-spending network of irrigating systems are offered

Ключевые слова: ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ЛОТКИ, КАНАЛЫ, ОБЛИЦОВКИ, СООРУЖЕНИЕ, ФОРМА СЕЧЕНИЯ, ОБОЛОЧКА, БЛОК, РАСЧЁТ, НАПРЯЖЕНИЕ, ЭЛЕМЕНТ, ЗАПОЛНИТЕЛЬ, ТРУБОПРОВОД, ОРОШАЕМАЯ ПЛОЩАДЬ, УРОЖАЙНОСТЬ

Keywords: FERRO-CONCRETE TRAYS, CHANNELS, FACINGS, CONSTRUCTION, SECTION FORM, COVER, BLOCK, CALCULATION, PRESSURE, ELEMENT, FILLER, PIPELINE, IRRIGATED AREA, PRODUCTIVITY

Внедрением передовых достижений науки и техники при сооружении объектов водопроводящей сети можно обеспечивать комплексную механизацию работ, дальнейшую индустриализацию строительства, повышение сборности и степени заводской готовности строительных конструкций. Применение сборных железобетонных (рис.1, схема 1) лотков в полной мере отвечает вышеуказанным требованиям. Наибольший эффект получен при использовании их в условиях пересеченного рельефа, в сильно фильтрующих и просадочных грунтах, а также на малоуклонных участках.

На полях АО «Дружба народов» [1] работают ЭДМФ «Кубань», забирающие воду из лотковых каналов. Замена каналов, облицованных железобетонными плитами, лотками позволила поддерживать уровень воды в них с помощью передвижных клапанных затворов.



1 - железобетонный лоток; 2 - крупногабаритный блок-оболочка;  
 3 - акведук; 4 - устойчивое русло; 5 - лоток с противоволновым элементом;  
 6 - канал с X-образными опорами; 7, 8, 9 - каналы из гибких материалов;  
 10, 11 - трубопроводы; 12 - подвесной гибкий акведук

Рисунок 1 – Предлагаемые конструкции для водопроводящей

## оросительной сети

Затвор с помощью тросов крепится к ЭДМФ «Кубань» и передвигается по лотковому каналу в направлении движения дождевальной машины. В случае аварийной остановки дождевальной машины её система управления включает электродвигатель, и затвор поднимается вверх, сбрасывая воду. При нормальной работе машины затвор поддерживает уровень воды, соответствующий её расходу. В Ставропольском крае и Ростовской области уже имеется определённый опыт эксплуатации ЭДМФ «Кубань», забирающих воду для полива из лотковых каналов. Каналы лоткового типа широко применяются на распределительной оросительной сети, а магистральные каналы по-прежнему строятся заглублёнными в грунт и облицовываются монолитным или сборным железобетоном. При необходимости устраиваются комбинированные облицовки в виде монолитных и сборных железобетонных элементов в сочетании с полимерной пленкой. Такие облицовки трудоёмки, строительство их недостаточно индустриализовано, а применение их в горных условиях и в сильно фильтрующих грунтах малоэффективно.

Большой интерес представляет использование в качестве облицовок магистральных каналов крупногабаритных лотков (схема 2) с высотой поперечного сечения 2,0-3,0 м. Такие конструкции состоят из отдельных блоков – оболочек, частично заглублённых в грунт и соединяемых по длине склеиванием [2]. Изготовление их должно осуществляться в заводских условиях с применением современных методов формования с последующей доставкой и сборкой на месте. Опыт, накопленный Грузгипрохозом, НИИЖБ-ом и другими, подтвердил рациональность и эффективность использования такого конструктивного решения. Проведенные технико-экономические расчёты доказывают эффективность замены каналов трапецеидального сечения с комбинированной облицовкой на канал, облицованный сборными полуэллиптическими блоками-оболочками, уложен-

ными на грунт. Замена полуэллиптической формы поперечного сечения на очертание по веревочной кривой обеспечит снижение внутренних усилий в растянутой зоне блока, повысит его прочность и трещиностойкость.

В.А. Волосухин [3] теоретическим путём на основе метода аналогий получил рациональные верёвочные очертания лотков-оболочек, которые весьма перспективны и для крупногабаритных блоков-оболочек, уложенных на грунт. Полученные им расчётные уравнения имеют вид:

$$\begin{cases} y = h(1 - \cos j); \\ x = \frac{H}{2k} [2E(k, j) - F(k, j)], \\ l = \frac{H}{2k} F(k, j), \end{cases} \quad (1)$$

параметры лотков-оболочек рекомендуется определять из выражений:

$$\begin{cases} B = \frac{H}{\sin Q} [2E(Q) - K(Q)]; \\ f = \frac{H}{\sin Q} K(Q); \\ w = H^2 \operatorname{ctg} Q, \end{cases} \quad (2)$$

где  $H$  - строительная высота лотка;

$K(Q)$ ,  $E(Q)$  - полные эллиптические интегралы;

$Q$  - модулярный угол.

Для облегчения расчётов В.А. Волосухин предлагает безразмерные параметры лотков-оболочек эластиковой формы, приведенные в таблице 1.

Для увеличения орошаемых площадей всё чаще приходится осваивать массивы с тяжёлыми грунтовыми условиями и осуществлять строительство оросительно-обводнительных систем в горной местности в условиях пересеченного рельефа. В связи с чем, актуальным является вопрос индустриализованного строительства таких сооружений как акведуки (рис. 1, схема 3). В настоящее время акведуки на оросительных системах строятся из монолитного железобетона, что влечёт необходимость созда-

ния многочисленных монолитных опор и не способствует индустриализации и ускорению строительства.

Таблица 1 - Безразмерные значения параметров лотков эластиковой формы

$Y/H$	$X/H$	$R/H$	$F/H$	$w/H^2$
0,015192	0,14887	0,010259	0,29979	0,0030765
0,060307	0,29345	0,038666	0,60267	0,023303
0,13397	0,42954	0,083734	0,91121	0,076300
0,23396	0,55345	0,14177	1,2283	0,17413
0,35721	0,66339	0,20737	1,5559	0,32265
0,50000	0,75815	0,27645	1,8950	0,52388
0,65798	0,83867	0,34494	2,2454	0,77452
0,82635	0,90839	0,40976	2,6047	1,0673
1,0000	0,97193	0,46930	2,9691	1,3934

Опыт проектирования и строительства сборных предварительно напряжённых акведуков указывает на перспективность применения большепролетных акведуков, пролётные строения которых выполнены из крупноблочных оболочек длиной 2,0-4,0 м, соединяемых по длине в секции склеиванием и последующим натяжением на бетон пучков арматуры [2].

Секции и пролётные строения крупногабаритных акведуков представляют в поперечном сечении цилиндрические тонкостенные оболочки. Изготовление их по форме верёвочной кривой (рис. 1, схема 3) и использование в пролётном строении акведука обеспечит, за счёт снижения внутренних усилий, значительную экономию материала. Так, при высоте поперечного сечения  $H = 2,5$  м и краевых растягивающих напряжений на внутренней поверхности оболочки  $s_{кр} = 25 \cdot 10^5$  Па, акведук с параболическим очертанием должен быть выполнен толщиной 0,18 м, а с верёвочным – 0,10 м.

Для построения профиля акведука можно воспользоваться зависимостями (1) и (2) или безразмерными значениями параметров таблицы 1.

При уклоне дна больше критического возрастает кинетическая энергия потока и усложняются условия отбора части расхода воды из каналов лоткового типа. Для гашения кинетической энергии и поперечных расклевываний потока, каналы лоткового типа (рис. 1, схема 5) могут быть снабжены противоволновыми элементами, состоящими из подвижных створок и гибкой оболочки [4]. Увеличение уровня воды в лотковом канале (схема 5, А.с. № 1021694) достигается путём подачи заполнителя в противоволновой элемент, что образует выступ, который стесняет живое сечение потока и обеспечивает поднятие горизонта воды, улучшая, таким образом, условия отбора воды на орошение.

Поперечные сечения магистральных каналов проектируют обычно трапецеидальной формы. В процессе эксплуатации трапецеидальная форма нарушается, и русло приобретает криволинейное очертание. В связи с чем, ряд исследователей сходятся во мнении, что наибольшей устойчивостью к переменному воздействию воды будет обладать русло криволинейного очертания, близкое по форме к верёвочной кривой (рис. 1, схема 4).

При длительной эксплуатации магистральные и распределительные каналы водопроводящей сети теряют свои эксплуатационные качества и нуждаются в плановых мероприятиях по реконструкции и ремонту. На период их реконструкции или ремонта в качестве временных целесообразно использовать водопроводящие сооружения из гибких (мягких) полимерных материалов.

В нашей стране гибкие оросительные трубопроводы применяются самостоятельно и в комплекте с намоточным устройством. Имеется опыт применения гибкого наполняемого лотка, изготовленного в ВолжНИИГи-Ме и прошедшего экспериментальную проверку при использовании в ка-

честве временного оросителя, питающего дождевальным агрегат ДДА-110М [5].

В 1979-1981 гг. при участии автора были разработаны, изготовлены, а затем и прошли опытно-производственные проверки (мягкие) мембранные лотки – подвесной вантовый акведук и канал лоткового типа, изготовленные из высокопрочной и обрешиненной с двух сторон стеклоткани [6].

В дальнейшем был разработан ряд приведенных на рисунке 1 конструкций водопроводящих сооружений. В комплекте с намоточным устройством или самостоятельно может быть использован канал (схема 6, А.с. № 836282), включающий гибкую оболочку и Х-образные опоры, между нижними концами которых расположено монтажное устройство в виде эластичного баллона. При монтаже канала наполнитель подаётся в эластичный баллон, что обеспечивает самопроизвольное раскатывание канала, свернутого в рулон вдоль трассы, а затем и поднятие его бортов на проектную отметку [7].

Стремление к повышению эксплуатационной надёжности канала и к улучшению условий эксплуатации его элементов, в частности гибкой оболочки, привело к созданию мелиоративного канала (схема 7, А.с. № 1029911), включающего опорные трубопроводы и рёбра жёсткости, выполненные в виде отдельных пневмошлангов, соединённых нижними концами с опорными трубопроводами. Канал может работать как в комплекте с намоточным устройством, так и без него. При монтаже канала наполнитель подаётся в опорные трубопроводы, которые распределяют его по пневмошлангам при одновременном раскатывании канала, свернутого в рулон, вдоль трассы. Затем, с помощью рёбер жёсткости, происходит поднятие и образование бортов канала [8]. Предлагаемые конструкции каналов (схемы 6, 7) могут быть применены на водопроводящей сети в качестве временных сооружений на период замочки трасс будущих каналов.

Перспективно применение их и как временных каналов, устраиваемых на просадочных грунтах для сокращения срока ввода в эксплуатацию орошаемых земель. По окончании просадочных явлений сооружения частично или полностью демонтируют и устанавливают на вновь вводимых землях.

Современная распределительная сеть часто выполняется в трубах. Однако в процессе эксплуатации происходит интенсивное отложение наносов и образование на внутренней поверхности трубопровода корки, затрудняющей транспортировку воды и очистку трубопровода от наносов без прекращения его эксплуатации. В предлагаемой конструкции [9] распределительного трубопровода (схема 11, А.с. № 993884) на внутренней поверхности имеется пневмошланг, выполненный по форме цилиндрической винтовой линии с равномерно уменьшенным расстоянием между витками для более полного удаления неравномерно осевших наносов по длине трубопровода. При очистке трубопровода от наносов в гибкий пневмошланг подаётся заполнитель (например, воздух), что обеспечивает взрыхление затвердевшей корки и вынос её вместе с наносами из трубопровода. После очистки заполнитель из гибкого пневмошланга откачивается, и он автоматически заходит в углубление цилиндрической оболочки трубопровода, уменьшая сопротивление движению транспортируемого потока.

Распределительные трубопроводы выполняют с гидрантами, от которых воду через поливные шланги подают в поливные борозды. Поливные шланги (трубопроводы) могут быть выполнены жёсткими (схема 11) и гибкими (схемы 10, 11). Для очистки поливного гибкого трубопровода от наносов он может быть снабжён быстроразъёмным замком (схема 10, А.с. № 613743), один конец которого выполнен в виде жёстких скоб, во внутренней полости которых предусмотрен мягкий баллон, а другой – в виде эластичного баллона, заполненного воздухом [10]. При работе в напорном



режиме мягкий баллон, расположенный во внутренней полости скоб, спущен, а эластичный входит в сцепление с жёсткими скобами, образуя герметичный быстроразъёмный замок. При очистке поливного трубопровода от наносов воздух из эластичного баллона удаляется, что приводит к самопроизвольному разъёму поливного трубопровода, который в этом случае работает аналогично гибкому каналу с плавучими поясами (схемы 8, 9).

В горной местности и при пересечении каналов устраивают обычно акведуки (схемы 3, 12). Их, как правило, выполняют из монолитного и сборного железобетона в виде лотков на стоечных, рамных или свайных опорах. Иногда, особенно в период строительства или реконструкции мелиоративной системы, акведуков необходим как временное сооружение. Применение железобетонного акведука в этом случае экономически невыгодно. На рисунке 1 (схема 12, А.с. № 866042) предложен подвесной гибкий акведук, несущая оболочка которого образована двумя пересекающимися полотнищами, соединёнными гибким элементом. Каждое из полотнищ по верхним и нижним кромкам закреплено вантовыми фермами. Акведук прост и технологичен в изготовлении, при его перевозке не требуется специально оборудованный транспорт, обладает высокой степенью готовности [11]. Особенность конструкции заключается в том, что при необходимости вантовые фермы могут быть предварительно напряжёнными и обеспечат повышенную жёсткость и устойчивость акведука к ветровым нагрузкам.

Предложенные конструкции каналов, лотков, акведуков и поливных трубопроводов могут найти широкое применение на мелиоративных системах Северного Кавказа, где протяжённость водопроводящей сети достигает 70 тыс. км. Необходимо подчеркнуть, что лишь на протяжении 16,50 тыс. км каналы облицованы сборным или монолитным железобетоном. Для повышения эффективности и эксплуатационных качеств водо-

проводящей сети необходимо ускорить реконструкцию каналов оросительных систем на основе массового применения сборного железобетона, обеспечивающего индустриализацию и комплексную механизацию строительного-монтажных работ. Применение экономичных и высокопрочных облицовок и одежд с высокой степенью рациональности в полной мере отвечает вышеуказанным требованиям.

Для увеличения орошаемых площадей всё чаще строительство сети приходится осуществлять на просадочных грунтах, что требует выполнения ряда мероприятий по устранению просадочных явлений. Разумеется, это сказывается на сроках освоения орошаемых земель, а, следовательно, и на урожайности сельскохозяйственной продукции. Применение традиционных водопроводящих сооружений в сочетании с временными каналами и трубопроводами из гибких полимерных материалов явилось бы вполне приемлемым решением данного вопроса.

#### Литература

1. Лишенко В.Д. «Кубань» на полях колхоза «Дружба народов» // Мелиорация и урожай. 1985. № 1. С. 10-12.
2. Чентуридзе О.И. Сборные лотки в ирригационном строительстве. Тбилиси: Мицниереба, ИСМиС, АНГССР, 1982. 133 с.
3. Волосухин В.А. Расчет лотков-оболочек: Учебное пособие для вузов. Новочеркасск. 1993. 165 с.
4. А.с. 1021694 СССР. 1983. МКИ E02 В. Канал.
5. Калашников Н.Е., Щербаков В.А. Мягкие водонаполняемые каналы // Гидротехника и мелиорация. 1979. № 6. С. 34-35.
6. Сергеев Б.И., Федоров Вад.М, Федоров В.М. Водопроводящие сооружения из полимерных материалов // Гидротехника и мелиорация. 1982. № 1. С. 26-30.
7. А.с. 836282 СССР. 1981. МКИ E02 В. Канал.
8. А.с. 1029911 СССР. 1981. МКИ E02 В. Мелиоративный канал.
9. А.с. 993884 СССР. 1983. МКИ E02 В. Напорный водовод.
10. А.с. 613743 СССР. 1978. МКИ E02 В. Гибкий трубопровод.
11. А.с. 866042 СССР. 1981. МКИ E02 В. Водопроводящее сооружение типа акведука.