

УДК 627.751.4

UDC 627.751.4

НОВЫЕ ОБЛИЦОВКИ КАНАЛОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**NEW FACINGS OF CHANNELS 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 сборные облицовки блочного типа, обеспечивающие повышенную надёжность каналам оросительных систем

In the article, modular facings of block type, which provide raised reliability to channels of irrigating systems, are offered

Ключевые слова: СБОРНЫЕ ОБЛИЦОВКИ, ПЛИТЫ, ШВЫ, БЕТОН, ФОРМА, ЭЛЕМЕНТЫ, БЛОК, ОТКОС, ДНО, КАНАЛ, ТЕХНОЛОГИЯ, МОДЕЛЬ, ЗВЕНО, МОМЕНТ, БАЛКА, ПРОЧНОСТЬ

Keywords: MODULAR FACINGS, PLATES, SEAMS, CONCRETE, FORM, ELEMENTS, BLOCK, SLOPE, BOTTOM, CHANNEL, TECHNOLOGY, MODEL, LINK, MOMENT, BEAM, DURABILITY

В мелиоративной практике [1] нашли широкое применение облицовки из бетонных и железобетонных плит, в том числе и предварительно напряжённых. Плиты железобетонные, наряду с лотками и трубами, относятся к сборным элементам массового применения. Используют их для облицовки оросительных, обводнительных, энергетических, водопроводных, рыбоводных и других каналов, крепления откосов земляных плотин, водобоев, рисберм, переходных участков в сооружениях и т.д.

Конфигурация и габаритные размеры плит определяются их назначением. Длина плит может изменяться от 1500 до 6000 мм, ширина – от 500 до 3500 мм, толщина – от 60 до 150 мм.

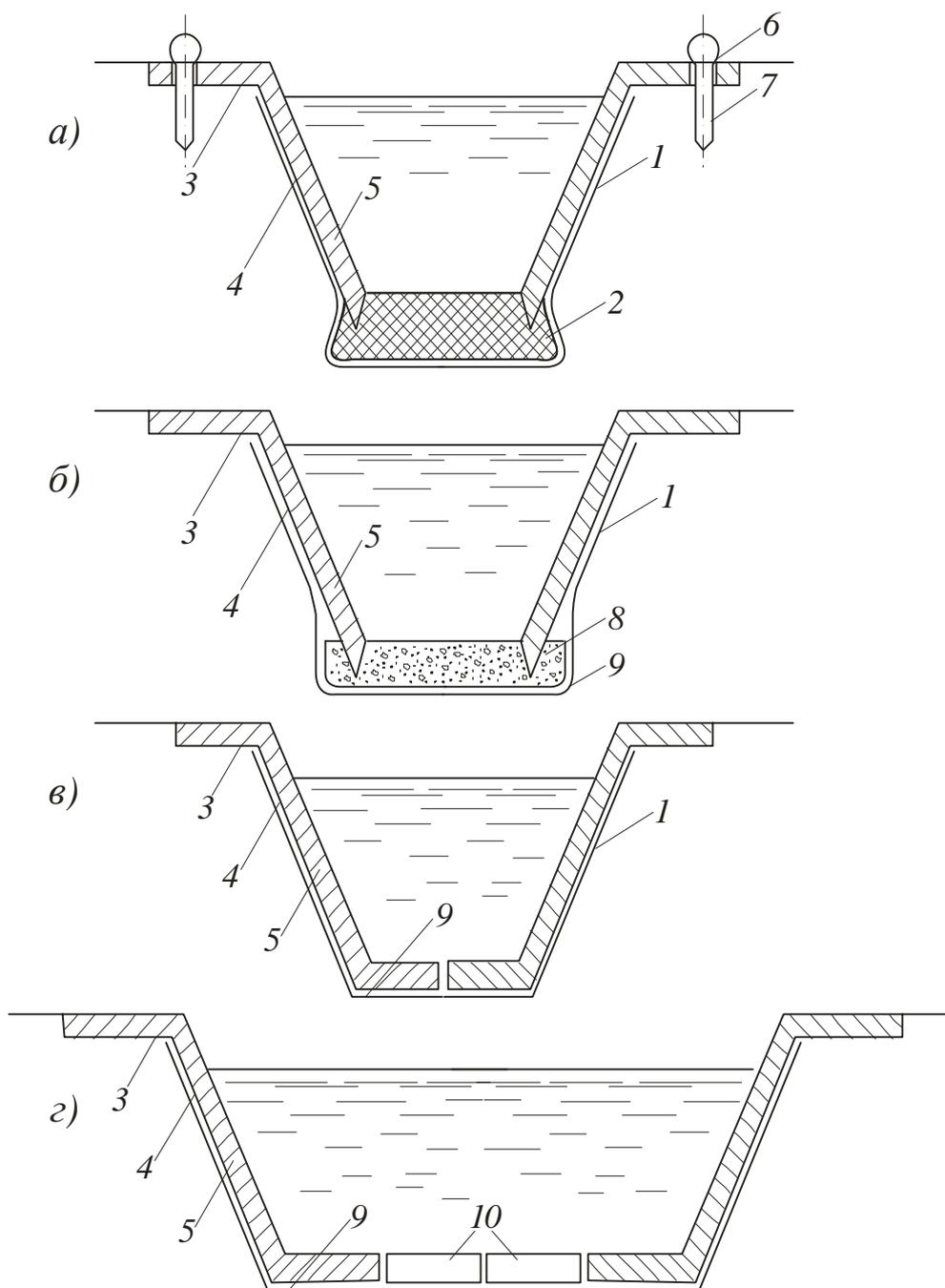
Плиты небольших размеров делают малоармированными, а при площади более 3 м², армируют одиночной или двойной сеткой.

При строительстве ряда каналов – Большой Ставропольский, Куйбышевский, Саратовский, Большой Волгоградский широко использовались железобетонные плиты с предварительно напряженной арматурой размером 6000×3000×60 мм. Для монтажа плит облицовок каналов использовались краны на пневматическом и гусеничном ходу как более приспособленные к условиям строительных площадок вдоль каналов. После укладки

швы между железобетонными плитами тщательно заделывались. При этом использовались те же материалы, что и при заделке швов в монолитных конструкциях, то есть всевозможные мастики: битумные, тиоколовые, битумно-полимерные и др. Периодически проводимый осмотр показал, что применение тиоколовых и битумно-полимерных мастик (БИТЭП) является наиболее оправданным [1]. Таким образом, применение крупногабаритных плит способствовало улучшению качества работ, благодаря индустриализации, заводской технологии производства и простоты организации контроля.

При устройстве сборных облицовок предполагается почти полная механизация строительных процессов, рациональное использование машин и механизмов, улучшение условий труда, сокращение сроков строительства. Однако, сборные облицовки каналов оросительных систем имеют и недостатки. Большое число герметизационных швов и стыков снижает со временем водонепроницаемость и эксплуатационные качества облицовки. А необлицованность берм приводит к разрушению их растительностью и поверхностными водами, причём последние, скапливаясь за облицовкой и замерзая зимой, выдавливают плиты, нарушая целостность облицовки. Бермы канала можно защитить монолитным бетоном или дополнительными плитами. Однако при этом получим удорожание строительства, а при использовании плит – увеличение числа герметизационных швов.

Предлагаемые облицовки (рис. 1) относятся к конструкциям блочно-го типа, имеющим минимальное число герметизационных швов и обладающим в этой связи повышенной эксплуатационной надёжностью [1]. Блочные элементы облицовок выполнены в виде плит, жёстко сочленённых между собой и образующих укрупнённые цельноформованные блоки двух конфигураций.



а) А.с. № 1532650; б) сборно-монокитный вариант;

в) укрупнённый тип; г) с дополнительными плитами;

1 – экран; 2 – подушка; 3 – берма; 4 – откос; 5 – блок; 6 – отверстие;

7 – анкер; 8 – монокитный бетон; 9 – дно; 10 – плиты

Рисунок 1 – Облицовки блочного типа

При укладке блоков обеспечивается одновременная защита берм, откосов и дна (части дна) канала. А это – индустриализация строительства,

повышение качества работ, сокращение сроков ввода водопроводящей сети в эксплуатацию. Защита берм канала горизонтальными участками блоков предотвращает разрушение их растительностью и поверхностными водами, что также повышает эксплуатационную надёжность облицовок. Исключается, в основном, и попадание поверхностных вод за облицовку, сводится к минимуму вероятность замерзания воды за облицовкой и её выпор.

Устройство облицовки с ∇ -образными блоками (рис. 1 а, б) осуществляют следующим образом. После выполнения выемки канала производят дополнительное углубление его дна на величину грунтовой подушки 2. В выполненном сечении канала производят укладку плёночного экрана 1, который затем защищают у дна грунтовой подушкой 2. Защиту берм 3 и откосов 4 канала осуществляют цельноформованными ∇ -образными блоками 5, изготовленными в заводских условиях в специальных формах и доставленными на строительную площадку в оборудованных автомашинах. Укладку ∇ -образных блоков 5 на берму 3 и откос 4 канала производят с автомашины, после чего осуществляют фиксацию ∇ -образных блоков 5 анкерами 7 через отверстия 6 к бермам канала.

На рисунке 1 б изображена облицовка с ∇ -образными блоками в сборно-монолитном варианте. Устройство её осуществляют следующим образом. После выполнения выемки канала производят доуглубление его дна на величину толщины бетона 8, укладываемого на дно 9. Планируют и уплотняют откосы 4 и дно 9 канала. Удаляют с поверхности откосов и дна корневища и включения грунта крупностью более 6 мм. В выполненном сечении канала производят укладку плёночного экрана 1. Крепление берм 3 и откосов 4 канала осуществляют цельноформованными ∇ -образными блоками 5, изготовленными в заводских условиях и доставленными на строительную площадку в оборудованных автомашинах. После укладки ∇ -образных блоков 5 и фиксации их анкерами 7, производят бетонирова-

ние дна 9 канала. Бетонную смесь доставляют автобетоносмесителем, а подают к месту укладки по лоткам или хоботам.

Устройство облицовок с \sim -образными блоками (рис. 1 в, г) мало отличается от технологий, рассмотренных выше. После выполнения выемки производят планировку и уплотнение откосов и дна канала. Удаляют с их поверхности корневища, ростки растений и включения грунта. В образованном сечении канала производят укладку плёночного экрана 1. Защиту берм 3, откосов 4 и дна 9 (или части дна канала) осуществляют цельноформованными \sim -образными блоками 5, изготовленными в заводских условиях в специальных формах и доставленными на объект в оборудованных автомашинах. Укладку \sim -образных блоков 5 на берму 3, откос 4 и дно 9 канала производят с автомашин. Широкие каналы (рис. 1 г) облицовывают дополнительными плитами 10.

Для полносборного варианта облицовки блочного типа рекомендован цельноформованный \sim -образный блок. Изготовление таких блоков осуществлялось в заводских условиях путём бетонирования в горизонтальных формах «дном вверх» с уплотнением на виброплощадке. Технологический процесс изготовления блоков включал: изготовление сварной арматурной сетки; подготовку формы к бетонированию; укладку арматурной сетки в форму; бетонирование; тепловлажностную обработку (ТВО); распалубку блоков; доставку их на склад.

Устройство облицовки не отличается от рассмотренных технологий при большей индустриализации и повышенной эксплуатационной надёжности.

Для обеспечения надёжной и долговечной работы облицовок необходимо обосновать толщину конструкции, расстояние между швами и ширину швов.

Расчётная модель звена облицовки представлена на рисунке 2. Расчёт облицовок производят на эксплуатационную нагрузку в канале, напол-

ненном водой. Рассматривается звено облицовки под действием давления воды и собственного веса конструкции [3]. Расчётная модель представляет балку, лежащую на упругом неоднородном основании. На балку действуют равномерно распределённая нагрузка q от веса воды и облицовки и по контакту её с основанием – силы трения и сцепления с материалом конструкции.

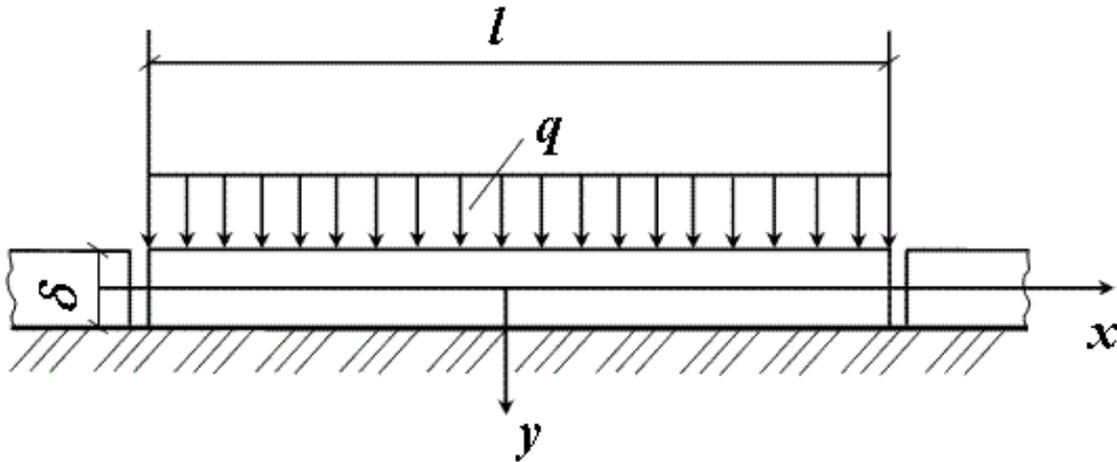


Рисунок 2 – Расчётная модель облицовки

Определение изгибающего момента и поперечной силы в нормальном сечении балки связано с решением дифференциального уравнения, учитывающего предполагаемую связь прогиба балки w и реакции $p(x)$ основания. Выражения для них в общем виде записываются через гамму функций и требуют непростых вычислений.

Согласно исследований [4], $p(x)$ изменяется от $0,8q$ до $1,2q$, что даёт основание принять $p(x)=q$. Максимальный изгибающий момент после ряда математических преобразований определяют из выражения:

$$M_{\max} = 0,013ql^2, \quad (1)$$

где l - длина звена облицовки.

Учитывая, что бетонную облицовку рекомендуется рассчитывать по несущей способности, условие прочности запишем в следующем виде:

$$s = \frac{M_{\max}}{W} \leq R_{\text{ри}}, \quad (2)$$

где W - момент сопротивления облицовки;

$R_{\text{ри}}$ - расчётное сопротивление бетона на растяжение с учётом снижения его прочности при водонасыщении.

Момент сопротивления и требуемую толщину облицовки d определяют из выражения:

$$W_{\text{тр}} \geq \frac{M_{\max}}{R_{\text{ри}}}. \quad (3)$$

Проверку на продавливание облицовки копытом животного производят по следующей формуле:

$$d \geq \frac{N}{m R_{\text{сп}} 4p d k}, \quad (4)$$

где d - толщина облицовки;

N - вес животного;

m - коэффициент условий работы облицовки (0,7-0,8).

Учитывая, что швы в облицовке являются основным местом фильтрации, расстояние между ними является важным параметром облицовки, определяющим количество швов. Силы трения и сцепления при усадке и набухании бетона в сочетании с температурными деформациями вызывают внутренние усилия в облицовке, иногда превышающие прочность бетона на разрыв.

Равнодействующую сдвигающих сил определяют из выражения:

$$T = \int Ft dF = \int F[f p(x) + c]dF, \quad (5)$$

где t - единичная сдвигающая контактная сила сопротивления;

f - коэффициент сопротивления;

c - сила сцепления;

$p(x)$ - давление балки в месте контакта её с грунтом основания;

F - поперечное сечение облицовки.

Величины c , f , q принимают постоянными. Тогда формула примет вид:

$$T = (fq + c) \int fdF = \frac{1}{2} (fq + c) lb, \quad (6)$$

где b - периметр поперечного сечения канала;

l - длина звена облицовки или расстояние между швами.

Условие прочности облицовки канала можно записать в виде:

$$s = \frac{T}{F_o} \left(1 + \frac{6e}{d}\right) \leq R_{\text{пр}}, \quad (7)$$

где $F_o = b \cdot d$ - площадь поперечного сечения облицовки канала;

d - толщина облицовки;

e - эксцентриситет приложения силы.

Максимальное расстояние между швами с учётом выражения (6) можно определить следующим образом:

$$l \leq \frac{2R_{\text{пр}}d}{\left(1 + \frac{6e}{d}\right)t}, \quad (8)$$

а ширину поперечного шва облицовки определить из выражения:

$$b_{\text{ш}} \geq \frac{Dl_{\text{п}}}{[e_r]}, \quad (9)$$

где $Dl_{\text{п}} = e_y l$ - деформация от усадки или набухания бетона;

$[e_r]$ - долговременная допускаемая упругая деформация герметика.

Пример расчёта

Проверим прочность облицовки и определим ширину шва при бетоне М200, $R_{\text{пр}} = 0,45$ МПа, $h = 1,0$ м, $q = 20$ кН/м, ширине днища $b_1 = 0,5$ м, ширине откоса $b_2 = 0,5$ м, $l = 6$ м, $N = 2400$ кг, $Dl_{\text{п}} = 0,3$ см, $[e_r] = 0,15$.

Максимальный изгибающий момент равен:

$$M_{\max} = 0,013 \cdot q \cdot l^2 = 0,013 \cdot 20 \cdot 36 = 9,4 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

При толщине облицовки $d = 4$ см момент сопротивления облицовки равен $w = 0,026 \text{ м}^3$.

Условия прочности по нормальным напряжениям:

$$s = \frac{M_{\max}}{w} = \frac{9,4}{0,026} = 360 \text{ кН/м}^2 = 3,6 \text{ кг/см}^2 = 0,36 \text{ МПа} < 0,45 \text{ МПа}.$$

Проверка на продавливание облицовки копытом животного дает:

$$s = \frac{N}{4S \cdot d} = \frac{2400}{4 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 4} = 4,8 \text{ кг/см}^2 = 0,48 \text{ МПа}.$$

$$s = 0,48 \text{ МПа} < 0,9 \text{ МПа}.$$

Из приведенного расчёта следует, что условие прочности обеспечивается и при толщине облицовки $d = 4$ см. Но по условиям производства толщина облицовки должна быть не менее 6 см. Ширину шва определим из выражения:

$$b_{\text{ш}} = D l_p / [e_r] = \frac{0,3}{0,15} = 2 \text{ см}.$$

Предлагаемые облицовки позволяют значительно уменьшить потери воды на фильтрацию, улучшить характеристики ложа канала, а, следовательно, и его пропускную способность. Блочные элементы улучшат и общие условия эксплуатации каналов, так как каналы в таких облицовках не подвержены интенсивному зарастанию и заилению. Положительно повлияют они и на мелиоративное состояние прилегающих к каналу орошаемых земель, поскольку будет сведено к минимуму пополнение запасов минерализованных грунтовых вод, засоление орошаемых земель, их переувлажнение и заболачивание.

Литература

1. Ясинецкий В.Г., Фенин Н.К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М.: Агропромиздат, 1986. 352 с.
2. А.с. 1532650, СССР. 1989. МКИ Е02 В 3/16, 5/02. Канал.
3. Симвулиди И.А. Расчёт инженерных конструкций на упругом основании. М.: Выс-

шая школа, 1968. 215 с.

4. Киселев В.А. Балки и рамы на упругом основании. М-Л.: Стройиздат, 1936. 228 с.