

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

А.Г. Алимов

ГНУ ПНИИЭМТ Россельхозакадемии, г. Волгоград, Россия

Экологические проблемы, возникшие в области мелиорации, во многом обусловлены фильтрационными потерями воды из каналов и водоёмов. Значительная фильтрация из водопроводящих сооружений в земляном русле, достигающая 40-50 % водозабора, вызывает нежелательные экологические последствия – подтопление, заболачивание и засоление прилегающих территорий.

Для устранения негативных явлений в каналах и водоёмах применяется противофильтрационная защита в виде различных облицовок и экранов. Однако и она не всегда обеспечивает достаточно эффективную экологическую защиту территорий вследствие водопроницаемости облицовки и деформаций грунта основания [1, 2]. Устройство противофильтрационных облицовок на каналах оросительных систем требует дополнительных капитальных затрат. Поэтому особое внимание следует уделять технико-экономическому обоснованию их применения. Однако эти расчёты нельзя считать обоснованными, пока не будет установлена достоверная, увязанная с конкретными инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями, а также качеством работ величина фильтрационных потерь. Поэтому необходимо в каждом конкретном случае определять фактические потери на фильтрацию и уточнять применяемые расчётные зависимости, основа которых - натурные измерения фильтрации из каналов [3].

Существующие способы определения потерь воды на фильтрацию через противофильтрационные конструкции с помощью фильтромеров [4, 5, 6] и изолированных отсеков [3] отличаются значительной трудоёмкостью и чрезмерной продолжительностью испытаний, к тому же не всегда представляется возможным применить их для фильтрационных исследований защитных облицовок в связи со специфическим режимом эксплуатации ГТС.

Точность определения фильтрационных потерь, а следовательно, и практическая ценность получаемых экспериментальных данных зависит не только от применяемых методов и технических средств измерения, но и во многом от методики качественного проведения исследований.

Наиболее точным (погрешность 1 – 3 %) является способ определения потерь воды на фильтрацию из каналов с использованием изолированных водных отсеков [1, 2, 3, 7]. Фильтромеры позволяют измерять потери воды только в отдельных точках русла канала и для определения общего объёма фильтрационных потерь (с погрешностью 13 – 19% и более) через всю облицовку необходимо установить значительное количество приборов, число которых в работе [5] конкретно не обосновано.

Таким образом, одним из важных аспектов проблемы борьбы с

фильтрационными потерями воды из каналов и сохранения (улучшения) исходного мелиоративного состояния орошаемых земель является разработка более совершенных экспресс-методов и методологии мониторинга противофильтрационной эффективности защитных облицовок в процессе эксплуатации.

По результатам теоретических, экспериментальных и натурных исследований автором разработаны и защищены патентами на изобретения [8, 9, 10] современные способы определения воды на фильтрацию из каналов и оценки эффективности противофильтрационных конструкций защитных облицовок.

Способ определения потерь воды на фильтрацию из каналов (патент №2312182) [8] заключается в следующем.

По периметру опорожнённого от воды канала на участке изолированного отсека выполняют пазы на всю толщину облицовки, свободно, без натяжения укладывают в подготовленные пазы полотнища из бутилкаучуковой или капроновой прорезиненной ткани для перекрытия канала на участке изолированного отсека и заделывают пазы цементным раствором. Через верх полотнищ в устроенные анкера-отверстия пропускают монтажные тросы, натяжением которых в перерывах между поливами при заполненном водой канале создают мягкие водонепроницаемые перегородки. Для фиксирования монтажных тросов в натянутом положении используют анкерные опоры, установленные на бермах канала. В изолированном отсеке устанавливают мерные рейки и прибор для учёта испарения воды с водной поверхности, заполняют отсек водой и длительно его промачивают. В условиях установившегося фильтрационного режима осуществляют замеры объёма потерь воды на фильтрацию и испарение в изолированном отсеке и расчётным путём определяют удельный фильтрационный расход из отсека канала, интенсивность фильтрации и коэффициент фильтрации облицовки из следующих зависимостей:

$$Q_{обл} = \beta \frac{(\varepsilon + 2m \cdot h) \cdot \Delta h \left[H \left(H \sqrt{1 + m^2} + 2m\delta \right) + \varepsilon(H + \delta) \right]}{T \left[h \left(h \sqrt{1 + m^2} + 2m\delta \right) + \varepsilon(h + \delta) \right]};$$

(1)

$$q_{обл} = \alpha \frac{(\varepsilon + 2m \cdot h) \cdot \Delta h \left[H \left(H \sqrt{1 + m^2} + 2m\delta \right) + \varepsilon(H + \delta) \right]}{T \left[h \left(h \sqrt{1 + m^2} + 2m\delta \right) + \varepsilon(h + \delta) \right] \left(\varepsilon + 2H \sqrt{1 + m^2} \right)};$$

(2)

$$K_{обл} = \frac{\eta(\varepsilon + 2m \cdot h) \cdot \Delta h \cdot \delta}{T \left[h \left(h \sqrt{1 + m^2} + 2m\delta \right) + \varepsilon(h + \delta) \right]},$$

(3)

где $Q_{обл}$ – удельный фильтрационный расход из отсека облицованного канала, л/(сут·пог. м);

β – коэффициент соответствия размерностям, $\beta=8,64 \cdot 10^3$ л·с/(сут·см²·пог.м);

v – средняя ширина по дну канала в отсеке, см;

m – средний коэффициент заложения откосов канала в отсеке;

h – средняя глубина воды в отсеке за время наблюдений, см;

Δh – снижение уровня воды в отсеке за вычетом слоя испарившейся воды за время наблюдений, см;

H – проектная глубина наполнения канала, см;

δ – средняя толщина облицовки канала в отсеке, см;

T – время наблюдений, с;

$q_{обл}$ – интенсивность фильтрации из отсека облицованного канала, л/(сут·м²);

α – коэффициент соответствия размерностям, $\alpha=8,64 \cdot 10^5$, л·с/(сут·см·м²);

$K_{обл}$ – осреднённый коэффициент фильтрации облицовки канала на участке отсека, см/с;

$\eta = 1,78/(1+0,0337t+0,000221t^2)$ – коэффициент, учитывающий вязкость воды при различной температуре (t , C°).

Длину изолированного водного отсека принимают из выражения:

$$\alpha' \cdot H / i \geq L \geq L_m, \quad (4)$$

где L – длина изолированного водного отсека, м;

L_m – минимальная длина изолированного водного отсека, $L_m=30$ м;

α' – коэффициент соответствия размерностям, $\alpha'=0,01$ м/см;

i – уклон дна канала в отсеке.

Минимальная длина $L_m=30$ м изолированного водного отсека обусловлена обеспечением высокой точности измерений данного способа (с погрешностью не более 1%) по определению потерь воды на фильтрацию, а максимальная длина $L \leq \alpha' \cdot H / i$ определяется из выражения (4) возможностью наполнения отсека канала.

Рассматриваемый способ определения потерь воды на фильтрацию (патент №2312182) [8] прошёл широкое опытно-производственное внедрение при обосновании эффективности применения различных противофильтрационных облицовок на каналах оросительных систем в Волгоградской области [1-3, 7].

Способ ультразвукового контроля водопроницаемости деформационных швов ГТС (патент №2329354) [9], преимущественно противофильтрационных облицовок водопроводящих каналов и водоёмов, включает дефектоскопию опытных образцов швов из различных герметизирующих материалов и деформационных швов из идентичных герметиков в реальных конструкциях сооружений ультразвуковым продольным профилированием путём установки излучателя и приёмника ультразвуковых колебаний (УЗК) на стыкуемых элементах, на расстоянии не

более 20 мм от их торцевых кромок до осей установленных излучателя и приёмника и на одинаковом расстоянии от оси шва. При этом измеряют время и скорость распространения продольных волн УЗК в опытных образцах швов и в деформационных швах реальных конструкций сооружений, определяют водопроницаемость опытных образцов деформационных швов из различных герметиков и по результатам ультразвуковых и фильтрационных испытаний устанавливают семейство градуировочных зависимостей «скорость ультразвука – коэффициент водопроницаемости» для швов из различных герметиков, а затем по соответствующей рабочей градуировочной зависимости и выполненным натурным измерениям скорости распространения продольных волн УЗК в реальных швах определяют водопроницаемость деформационных швов ГТС, уплотнённых конкретными герметиками.

Автором настоящей статьи проведены долговременные режимные натурные фильтрационные и ультразвуковые исследования деформационных швов из различных герметиков в противофильтрационных облицовках из сборных железобетонных плит ПКН толщиной 6 см на мелиоративных системах Волгоградской области [11]. Конструкция исследованных деформационных швов выполнена по патенту на изобретение RU № 22789221 С2 [12]. По результатам исследований установлены градуировочные зависимости (5, 6) «скорость распространения УЗК (C_{jk}) – коэффициент водопроницаемости (K_B)» для деформационных швов в противофильтрационных облицовках каналов из сборных железобетонных плит ПКН, которые описываются следующими убывающими степенными функциями:

- для деформационных швов из тиоколовой мастики КМ-0,5

$$K_B = 4,5 \cdot 10^{36} / C_{jk}^{13}, \quad (5)$$

- для деформационных швов из битумно-полимерной мастики (БПМ) по а.с. № 1548200 [13]

$$K_B = 1,348 \cdot 10^{35} / C_{jk}^{12,5}, \quad (6)$$

На рисунке 1 показано корреляционное поле опытных точек и линии регрессии определения коэффициента водопроницаемости деформационных швов (K_B) по формулам (5) и (6).

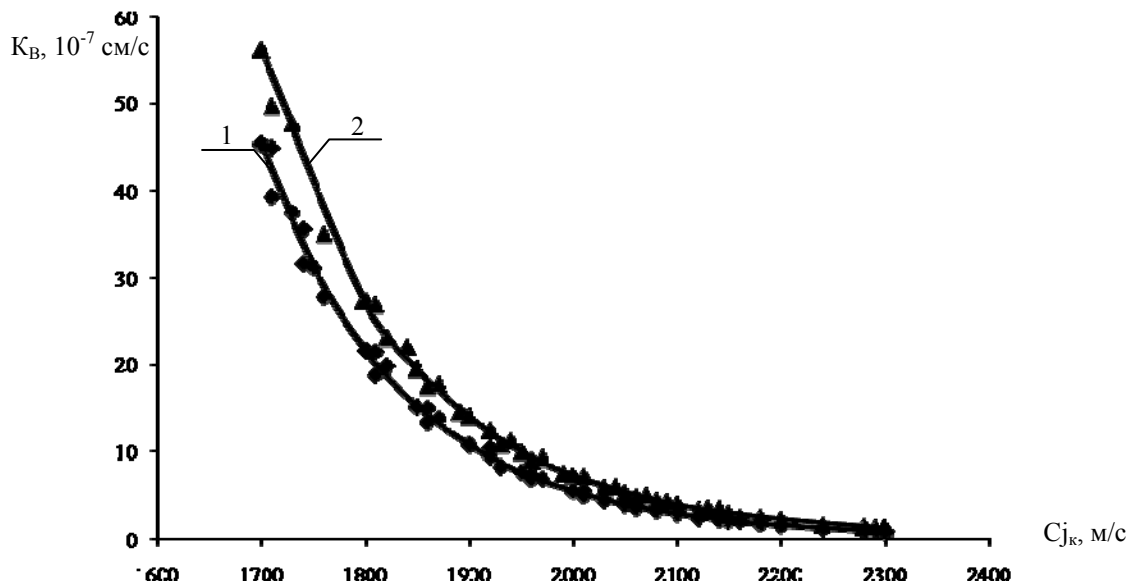


Рисунок 1 - График зависимости коэффициента водопроницаемости (K_B) от скорости распространения УЗК (C_{jk}) в деформационных швах:
 1 - градуировочная зависимость « K_B - C_{jk} » для швов из тиоколовой мастики КМ-0,5;
 2 - градуировочная зависимость « K_B - C_{jk} » для швов из БПМ по а.с. №1548200 [13];
 ◆ ▲ , - экспериментальные данные, соответственно, для швов из тиоколовой мастики КМ-0,5 и БПМ по а.с. № 1548200 [13]

Максимальное отклонение расчётных значений коэффициента водопроницаемости деформационных швов (K_B), установленных по уравнениям (5, 6) от экспериментальных (фактических) значений K_j варьирует в пределах $\pm (7 - 8 \%)$ и составляет в среднем $3,6 - 3,7 \%$.

Способ определения водонепроницаемости бетона ГТС (патент №2331065) [10], преимущественно противодиффузионных облицовок каналов, включает измерение времени распространения ультразвуковых колебаний (УЗК) не менее чем в двадцати участках контролируемой зоны конструкции сооружения, вычисление средней скорости УЗК в каждом участке, определение базовых участков в контролируемой зоне, в которых измеренная скорость УЗК имеет максимальное, минимальное и наиболее близкое к средней скорости ультразвука значение, установку фильтромеров в намеченных участках, определение фильтрационных потерь и коэффициента фильтрации бетона (K_j) в этих участках и расчёт K_j в любом участке контролируемой зоны конструкции из зависимости (1) с последующим определением марки бетона по водонепроницаемости по ГОСТ 12730.5-84*.

$$K_j = a \cdot C_j^\alpha, \quad (7)$$

где a – коэффициент пропорциональности, $(\text{см/с})/(\text{м/с})^\alpha$,

$$a = (K_{\text{макс}} / C_{\text{мин}}^\alpha + K_n / C_n^\alpha + K_{\text{мин}} / C_{\text{макс}}^\alpha) / 3 \quad (8);$$

α - коэффициент, характеризующий изменение зависимости коэффициента фильтрации бетона от скорости распространения в нём ультразвуковых колебаний,

$$\alpha = \lg(K_{\max} / K_{\min}) / \lg(C_{\min} / C_{\max}) \quad (9);$$

K_j - коэффициент фильтрации бетона на участке контролируемой зоны конструкции, см/с;

C_{\min} - минимальная скорость распространения ультразвука в бетоне контролируемой зоны конструкции, м/с;

C_n - значение скорости распространения ультразвуковых колебаний в бетоне контролируемой зоны конструкции, наиболее близкое к средней скорости ультразвука, м/с;

K_{\max} - максимальный коэффициент фильтрации бетона в контролируемой зоне конструкции, см/с;

K_n - коэффициент фильтрации бетона на участке контролируемой зоны конструкции, где скорость ультразвука имеет величину (C_n), наиболее близкую к средней скорости ультразвука, см/с;

K_{\min} - минимальный коэффициент фильтрации бетона в контролируемой зоне конструкции, см/с;

C_j - скорость распространения ультразвука в бетоне на j -ом участке контролируемой зоны конструкции, м/с;

C_{\max} - максимальная скорость распространения ультразвука в бетоне контролируемой зоны конструкции, м/с.

Разработанный метод, включающий ультразвуковые и фильтрационные исследования непосредственно в конструкции ГТС, интегрально учитывает их реальные условия эксплуатации с возможным изменением фильтрационных характеристик при изменении давления, времени и скорости фильтрации бетона в процессе эксплуатации сооружений.

Экспериментально-производственная апробация разработанного метода контроля водонепроницаемости бетона ГТС выполнялась в 2007 г. по вышеописанной методике на участке (ПК 120+00 – ПК 155+00) Городищенской оросительной системы (МК ГОС) в Волгоградской области. По результатам исследований установлено [16]:

- для монолитного бетона (состав: цемент 1, песок 2,3, щебень 3,75; В/Ц=0,56; содержание цемента 320 кг/м³) зависимость (7) имеет следующий вид:

$$K_j = 10,776 \cdot 10^{54}; \quad (10)$$

- для предварительно напряжённых железобетонных плит ПКН

$$K_j = 3,05 \cdot 10^{55}; \quad (11)$$

Предложенный метод ультразвукового контроля водонепроницаемости бетона ГТС в процессе эксплуатации позволяет обеспечить достаточно высокую точность определения коэффициента фильтрации и марки бетона по водонепроницаемости в конструкции ГТС: погрешность измерений по отношению к методу «точечных фильтромеров» варьирует в пределах $\pm 8\%$, что составляет в среднем 4,8% [14].

Разработанные экспресс – методы [9, 10] ультразвукового контроля водонепроницаемости деформационных швов и бетона ГТС позволяют в реальных условиях их эксплуатации исключить трудоёмкую и не всегда

возможную установку фильтромеров и значительно снизить тем самым трудозатраты, стоимость и продолжительность исследовательских работ по определению фильтрационного расхода и коэффициента фильтрации противофильтрационных конструкций. Однако эти методы приемлемы для измерения потерь воды на фильтрацию только в отдельных точках облицованного русла канала.

Поэтому необходимо разработать методологию фильтрационных исследований защитных облицовок каналов и выполнить оценку достоверности измеренных потерь воды на фильтрацию разработанными автором точечными ультразвуковыми экспресс-методами [9, 10] путём их сопоставления со значениями, полученными методом изолированных водных отсеков [8]. С этой целью на участке МК ГОС, облицованного предварительно напряжёнными железобетонными (ж.б.) плитами ПКН со швами из тиоколовой мастики КМ-0,5 и введённого в эксплуатацию в 1973 г., было оборудовано два изолированных отсека ($L=30$ м) по способу [8], разработанным автором, на которых проведены комплексные ультразвуковые и фильтрационные исследования по элементам противофильтрационной облицовки. Температура воды в отсеках на период исследований составляла 20°C , уровень грунтовых вод – на расстоянии 12 м от дна канала.

В процессе исследований выполняли ультразвуковое прозвучивание элементов противофильтрационной облицовки, определяли скорость УЗК в ж.б. плитах и деформационных швах и по формулам (5), (11) рассчитывали коэффициент фильтрации (водопроницаемости) швов ($K_{\text{ш}}$) и бетона ($K_{\text{б}}$).

Фильтрационный расход из отсека канала ($Q_{\text{обл}}$) определяли суммированием потерь воды на фильтрацию через швы ($Q_{\text{ш}}$) и бетон ($Q_{\text{б}}$) защитной облицовки:

$$Q_{\text{обл}} = Q_{\text{ш}} + Q_{\text{б}}, \quad (12)$$

Осреднённый коэффициент фильтрации облицовки ($K_{\text{обл}}$) «по методу изолированных отсеков» [8] определяли по формуле (3), а $K_{\text{обл}}$ с учётом данных ультразвукового исследования экспресс-методами [9,10] швов и бетона, устанавливали на основе формулы Н.Н. Веригина, С.В. Васильева и др. [15] для установившейся свободной фильтрации из облицованного канала.

Интенсивность фильтрации облицовки ($q_{\text{обл}}$) на участке отсека канала определяли по формуле (2).

Результаты натурных и теоретических фильтрационных и ультразвуковых исследований противофильтрационной облицовки из ж.б. плит ПКН со швами из тиоколовой мастики КМ-0,5 на МК ГОС представлены в таблице 1.

По результатам комплексных исследований противофильтрационной облицовки из ж.б. плит ПКН со швами из тиоколовой мастики КМ-0,5 на МК ГОС (табл.) установлено следующее:

- шаг ультразвукового прозвучивания швов (Δl) на участке опытных отсеков канала варьирует от 0,05 до 0,2 м, а средняя скорость УЗК при поверхностном прозвучивании – от 1644 до 1810 м/с;

- расчётный коэффициент фильтрации (водопроницаемости) швов ($K_{\text{ш}}$),

определённый по зависимости (5), составляет $0,1 \cdot 10^{-6} - 12 \cdot 10^{-6}$ см/с (в сопряжении углов ж.б. плит), а его среднее значение $2,0 \cdot 10^{-6} - 7 \cdot 10^{-6}$ см/с;

- количество участков прозвучивания бетона плит на 1 м^2 облицовки изменяется в пределах от 4 до 20, а средняя скорость УЗК (C_j) при сквозном прозвучивании бетона – от 3480 до 3949 м/с;

- расчётный коэффициент фильтрации (K_j) бетона ненарушенной структуры, установленный по зависимости (11) на основе данных ультразвуковых исследований, в отсеке №1 варьирует в пределах $0,01 \cdot 10^{-6} - 0,008 \cdot 10^{-6}$ см/с, а в отсеке №2 - $0,01 \cdot 10^{-6} - 0,003 \cdot 10^{-6}$ см/с;

- среднее расчётное значение коэффициента фильтрации бетона, с учётом трещин и других дефектов в нём, при различной плотности его прозвучивания в отсеке №1 составляет $0,96 \cdot 10^{-6} - 1,09 \cdot 10^{-6}$ см/с, а в отсеке №2 - $0,16 \cdot 10^{-6}$ см/с;

- расчётный коэффициент фильтрации облицовки в целом ($K_{\text{обл}}$) на участке отсека №1 по данным ультразвуковых исследований составляет $1,04 \cdot 10^{-6} - 1,4 \cdot 10^{-6}$ см/с, а $K_{\text{обл}}$, установленный на основе натуральных фильтрационных исследований в изолированном водном отсеке №1 по зависимости (3), - $1,47 \cdot 10^{-6}$ см/с;

- расчётный коэффициент фильтрации облицовки в целом ($K_{\text{обл}}$) на участке отсека №2 по данным ультразвуковых исследований равен $0,4 \cdot 10^{-6}$ см/с, а $K_{\text{обл}}$, установленный по результатам натуральных фильтрационных исследований в изолированном водном отсеке №2, - $0,42 \cdot 10^{-6}$ см/с;

- интенсивность фильтрации облицовки ($q_{\text{обл}}$) при проектном наполнении канала ($H=2,68$ м), установленная по результатам ультразвуковых исследований в изолированном отсеке №1 составляет $24,3-32,8$ л/(сут.м²), в отсеке №2 – $10,8$ л/(сут.м²), а $q_{\text{обл}}$ по данным натуральных фильтрационных исследований в отсеке №1 равно $34,4$ л/(сут.м²), в отсеке №2 – $11,3$ л/(сут.м²);

- с увеличением шага ультразвукового прозвучивания швов (Δl) от 0,05 до 0,2 м и одновременным уменьшением количества участков (n) УЗК исследования бетона от 20 до 4, погрешность (δ) при определении коэффициента фильтрации ($K_{\text{обл}}$) и интенсивности фильтрации ($q_{\text{обл}}$) противополимерной облицовки, установленных по разработанным автором ультразвуковым экспресс-методам [9, 10], увеличивается от 4,8 до 29,4% по сравнению с $K_{\text{обл}}$ и $q_{\text{обл}}$, определённых на основе фильтрационных исследований методом изолированных водных отсеков [8];

- противополимерная облицовка из ж.б. плит ПКН по ГОСТ 22930-87 [16] со швами из тиоколовой мастики КМ-0,5 на участке отсека №2 МК ГОС после 38 лет эксплуатации имеет работоспособное состояние: осреднённый коэффициент фильтрации облицовки ($K_{\text{обл}}=4,2 \cdot 10^{-6}$ см/с= $0,00036$ м/сут) соответствует требованиям СНиП 2.06.03-85 [17], а на участке отсека №1 – ограничено работоспособное состояние: $K_{\text{обл}} = 0,00127$ м/сут, что не соответствует требованиям СНиП 2.06.03-85, в 30% ж.б. плит имеются трещины (0,1-1,5 мм), очаговые разрушения защитного слоя с обнажением арматуры и др.

Таблица 1 - Результаты натуральных и теоретических фильтрационных и ультразвуковых исследований противофильтрационной облицовки из железобетонных плит ПКН со швами из тиоколовой мастики КМ-0,5 на МК ГОС

№ отсека канала/Длина L, м	Шаг поверхностного прозвучивания швов ΔL , м / Средняя скорость УЗК C_{jk} , м/с	Расчётный средний коэффициент фильтрации (водопроницаемости) швов K_b , 10^{-6} см/с	Количество участков прозвучивания бетона на 1 м^2 облицовки n / Средняя	Коэффициент фильтрации, 10^{-6} см/с		Интенсивность фильтрации при наполнении канала $2,68$ м q_{obl} , л/(сут·м ²)	Погрешность δ , %
				бетона K_j (расчётный)	противофильтрационной облицовки K_{obl}		
1/30	0,05/1644	7(0,3-12)	20/3480	1,09/ 0,05-0,008	1,40/1,47	32,8/34,4	4,8
			16/3484	1,07/0,04-0,007	1,38/1,47	32,3/34,4	6,1
			12/3488	1,05/ 0,03-0,006	1,35/1,47	31,6/34,4	8,2
			8/3496	1,01/ 0,02-0,005	1,30/1,47	30,4/34,4	11,6
			4/3504	0,96/ 0,01-0,004	1,23/1,47	28,8/34,4	16,3
	0,10/1687	5,4(0,25-9,8)	20/3480	1,09/ 0,05-0,008	1,33/1,47	31,1/34,4	9,5
			16/3484	1,07/ 0,04-0,007	1,31/1,47	30,7/34,4	10,8
			12/3488	1,05/0,03-0,006	1,28/1,47	29,9/34,4	13,1
			8/3496	1,01/ 0,02-0,005	1,23/1,47	28,7/34,4	16,6
			4/3504	0,96/ 0,01-0,004	1,17/1,47	27,4/34,4	20,3
1/30	0,10/1687	5,4(0,25-9,8)	20/3480	1,09/ 0,05-0,008	1,24/1,47	29,0/34,4	15,7
			16/3484	1,07/ 0,04-0,007	1,22/1,47	28,5/34,4	17,2
	0,15/1735	3,5 (0,15-6,0)	12/3488	1,05/ 0,03-0,006	1,19/1,47	27,8/34,4	19,2
			8/3496	1,01/ 0,02-0,005	1,15/1,47	26,9/34,4	21,8
			4/3503	0,96/ 0,01-0,004	1,09/1,47	25,5/34,4	25,9
			20/3480	1,09/ 0,05-0,008	1,18/1,47	27,6/34,4	19,7
			16/3484	1,07/ 0,04-0,007	1,16/1,47	27,1/34,4	21,2
	0,20/1810	2,0(0,10-3,5)	12/3488	1,05/0,03-0,006	1,14/1,47	26,7/34,4	22,4
			8/3496	1,01/0,02-0,005	1,08/1,47	25,3/34,4	26,5
			4/3504	0,96/ 0,01-0,004	1,04/1,47	24,3/34,4	29,4
			20/3949	0,16/ 0,01-0,003	0,40/0,42	10,8/11,3	5,0

Примечания: 1. В скобках указаны пределы изменения K_b .

2. В числителе графы 5-среднённый коэффициент фильтрации бетона (K_j) облицовки в целом, в знаменателе – K_j ненарушенной структуры.

3. В числителе граф 6, 7 приведены, соответственно, коэффициент фильтрации (K_{obl}) и интенсивность фильтрации облицовки (q_{obl}), установленные ультразвуковыми экспресс-методами [9, 10], в знаменателе – методом изолированных отсеков [8].

Выводы

1. Существующие методы измерения потерь воды на фильтрацию через противофильтрационные конструкции с помощью фильтромеров и

изолированных отсеков отличаются значительной трудоёмкостью и чрезмерной продолжительностью испытаний, к тому же не всегда представляется возможным применить их для фильтрационных исследований защитных облицовок в связи со специфическим режимом эксплуатации ГТС.

2. Выполненные исследования позволяют рекомендовать разработанные автором экспресс-методы [9,10] ультразвукового контроля водопроницаемости деформационных швов и бетона мелиоративных ГТС, а также усовершенствованный метод изолированных отсеков для определения потерь воды на фильтрацию из облицованных каналов [10], для их диагностирования при строительстве, эксплуатации и реконструкции водохозяйственных объектов.

3. Обоснована методология фильтрационных исследований облицовок каналов с применением разработанных автором экспресс-методов ультразвукового контроля водопроницаемости деформационных швов и бетона противofильтрационных конструкций [9,10].

При достаточной плотности ультразвукового прозвучивания швов (шаг прозвучивания $\Delta l=0,05$ м) и бетона (20 точек прозвучивания на 1 м^2 облицовки), разработанные экспресс-методы [9, 10] позволяют обеспечить допустимую для производственных условий точность (погрешность $\delta=5\%$) и достоверность определения потерь воды через противofильтрационные конструкции защитных облицовок каналов (табл. 1).

Литература

1. Алимов А.Г. Противofильтрационная защита каналов и водоёмов // Гидротехническое строительство. – 2008. - №4. – С. 36-41.
2. Алимов А.Г. Современные противofильтрационные конструкции защитных облицовок каналов и водоёмов // Гидротехническое строительство. – 2008. - №7. – С. 26-36.
3. Алимов А.Г., Гольденберг Э.И., Иванов В.М. Натурные исследования противofильтрационных одежд оросительных каналов // Гидротехника и мелиорация. – 1977. - №8. – С. 33-38.
4. А.с. № 1532645, А 1. М. кл³, Е 02 В 1/02. Устройство для измерения фильтрационных потерь / А.В. Ищенко, Р.Р. Галицкий, Т.С. Косенко и В.А. Рыбалкин (СССР) // Бюллетень изобретений. 1989. №48.
5. Зоценко А.Ф. Измерение потерь воды приборами фильтромерами // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990, № 10. – С. 44-46.
6. А.с. № 151137, А 1. М. кл³, G E 02 В 13/00. Способ определения абсолютных фильтрационных потерь на участке ирригационного канала / Г.В. Абелишвили (СССР) // Бюллетень изобретений. 1961. № 20.
7. Алимов А.Г. Эффективность и надёжность облицовок оросительных каналов // Гидротехника и мелиорация. – 1982. - №4. – С. 31-35.
8. Пат. №2312182 (RU), С1 МПК E02B 3/16 (2006.01). Способ определения потерь воды на фильтрацию из каналов / А.Г. Алимов (RU) // Бюллетень изобретений. 2007. №34.
9. Пат. №2329354 (RU), С1 МПК E02B 3/16 (2006.01). Способ контроля водопроницаемости деформационных швов гидротехнических сооружений / А.Г. Алимов (RU) // Бюллетень изобретений. 2008. №20.
10. Пат. №2331065 (RU), С1 МПК G01N 29/00 (2006.01). Способ определения водонепроницаемости бетона гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации

(варианты) / А.Г. Алимов (RU) // Бюллетень изобретений. 2008. №22.

11. Алимов А.Г. Ультразвуковой контроль водопроницаемости деформационных швов гидротехнических сооружений // Гидротехническое строительство. – 2008. - №8. – С. 18-21.

12. Пат. №2278921 (RU), С2 МПК⁷ E02B 3 (2006.01). Деформационный шов сборной облицовки каналов / А.Г. Алимов (RU) // Бюллетень изобретений. 2006. №18.

13. А.с. № 1548200. А1 МКН³, С 09 D 123/04. Состав мастики для герметизации и гидроизоляции / В.В. Карпунин, А.Г. Алимов (СССР) // Бюллетень изобретений. 1990. № 9.

14. Алимов А.Г. Ультразвуковой контроль водонепроницаемости бетона мелиоративных гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации // Гидротехническое строительство. – 2009. - №5. – С. 23-28.

15. Васильев С.В., Веригин Н.Н., Глейзер Б.А. и др. Методы фильтрационных расчётов гидромелиоративных систем. – М.: Из-во «Колос», 1970. – 440 с.

16. ГОСТ 22930-87. Технические условия. Плиты железобетонные предварительно напряжённые для облицовки оросительных каналов мелиоративных систем. М.: Изд. стандартов, 1987.

17. СНиП 2.06.03-85. Мелиоративные системы и сооружения / Госстрой СССР. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.