

УДК 666.9.017: 620.179

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ СПОСОБ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПО ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ**Семенов С.Я., Арков Д.П., Марченко С.С.***ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий»,
Волгоград, e-mail: arkov-dmitriy@yandex.ru*

Негативное действие воды, водяного пара и отрицательных температур, влияющих на долговечность гидротехнических сооружений, напрямую зависит от марки бетона по водонепроницаемости. В настоящее время в Российской Федерации практически не ведется строительство гидротехнических сооружений, а построенные ранее, эксплуатируемые десятки лет, требуют постоянного внимания, заключающегося в своевременном определении фактического состояния конструкций гидротехнических сооружений для оценки и прогнозирования их эксплуатационной надёжности. Важнейшим фактором, устанавливающим эксплуатационную надёжность и долговечность гидротехнических сооружений (ГТС), является водонепроницаемость бетона. В статье рассмотрен способ определения класса бетона по водонепроницаемости, основанный на использовании зависимости скорости распространения ультразвуковой волны и коэффициента фильтрации. Предложенный метод ускоряет процесс определения марки бетона по водонепроницаемости, позволяет на основе полученных зависимостей определять марку бетона по водонепроницаемости, не прибегая к трудоёмким операциям, связанным с определением коэффициента фильтрации. Разработанный метод в совокупности с другими методами позволяет выполнять качественную и количественную оценку эксплуатационных характеристик гидротехнических сооружений, необходимую для принятия объективного решения о возможности дальнейшей эксплуатации, выбора наиболее приемлемых методов и способов усиления и ремонта, прогнозирования дальнейших сроков службы и др.

Ключевые слова: класс бетона, неразрушающие методы контроля, прочность, гидротехническое сооружение**METHOD OF DIAGNOSING OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS WATERPROOFING****Semenenko S.Y., Arkov D.P., Marchenko S.S.***The Federal State Budget Science Institution the Volga Scientific-Research Institute
of Ecological-Meliorative Technologies, Volgograd, e-mail: arkov-dmitriy@yandex.ru*

The negative effect of water, water vapor and freezing temperatures affecting the durability of hydraulic structures depends on the grade of concrete for water resistance. Currently in the Russian Federation practically are not constructed waterworks, built and previously operated for decades, require constant attention, which consists in the timely determination of the actual condition of hydraulic engineering constructions for estimating and forecasting reliability. The most important factor that establishes the reliability and durability of hydraulic structures (GTS) is the resistance of concrete. In the article the method of determination of concrete water tightness is based on using the dependence of the propagation velocity of ultrasonic waves and filtration coefficient. The proposed method speeds up the process of determining the type of concrete waterproofing, allows on the basis of the obtained dependences determine the grade of concrete according to water resistance without resorting to time-consuming operations associated with the determination of the filtration. A method is developed in combination with other methods allows to perform qualitative and quantitative performance assessment of hydraulic structures, necessary for making objective decisions about the possibility of further operation, select the most appropriate techniques and methods of strengthening and repair, forecasting future life, etc.

Keywords: class of concrete, non-destructive methods of control, strength, hydraulic structure

1. В Южном федеральном округе около 25 крупных каналов комплексного и мелиоративного назначения, общей протяжённостью более 2300 км, более 14 тысяч гидротехнических сооружений, имеющих напорный фронт, и лишь 30% из общей массы каналов имеют противотеплоизоляционные покрытия. В масштабе страны общие потери воды при транспортировке достигают 8 км³/год, большая часть приходится на фильтрацию из оросительных каналов, что вызывает различные негативные эффекты, такие как подъем уровня грунтовых вод в приканальной зоне, подтопление прилегающих населенных пунктов, эрозию почв.

В настоящее время в Российской Федерации практически не ведется строительство гидротехнических сооружений, а построенные ранее, эксплуатируемые десятки лет, требуют постоянного внимания, заключающегося в своевременном определении фактического состояния конструкций гидротехнических сооружений для оценки и прогнозирования их эксплуатационной надёжности.

Важнейшим фактором, устанавливающим эксплуатационную надёжность и долговечность гидротехнических сооружений (ГТС), является водонепроницаемость бетона. Следовательно, для определения

технического состояния эксплуатируемых водохозяйственных объектов возникает острая необходимость определения значений фильтрационных характеристик бетонной облицовки каналов, при условии их целостности (коэффициент фильтрации, марка бетона по водонепроницаемости).

В настоящее время на практике осуществляется определение водо- и паропроницаемости бетона косвенными и прямыми способами и методами, которые условно делятся на следующие группы [1]:

– **На основе использования приборов косвенного определения водонепроницаемости поверхности бетонных конструкций, применяемых в лабораториях и на строительных объектах.** Оценка водонепроницаемости основана на измерении количества воздуха, проходящего через бетон. Также известны способы контроля потери вакуума, что и принято считать показателем воздухопроницаемости бетона.

– **На основе применения приборов прямого определения водонепроницаемости поверхностных слоев бетонных конструкций, используемых в лабораторных условиях и на строительных площадках.** Оценка водонепроницаемости происходит по эффективности сопротивления бетонной поверхности воздействию воды. Метод основан на замере времени прохождения жидкости в тело бетона, в расчет принимается объем воды, поглощенной бетоном.

– **На основе стационарных лабораторных установок прямого определения водонепроницаемости бетона контрольных образцов и кернов.** Метод заключается в замере времени прохождения жидкости в тело бетона, тем самым производится моделирование механизма переноса влаги. Фиксируется время начала фильтрации по «мокрому пятну» и по объему воды, поглощенной бетоном. Метод с использованием приборов данной группы является более точным и имеет малую погрешность измерений, но отсутствует возможность получения значений водонепроницаемости в реальных условиях.

Перечисленные и другие известные в настоящее время методы [3] достаточно сложно использовать конкретно для определения марки по водонепроницаемости конструкций ГТС и, в частности, противofильтрационных элементов сооружений из-за их конструктивных особенностей и специфического технологического режима работы. Все эти способы контроля водонепроницаемости являются достаточно трудоёмкими, многооперационными и длительными в проведении испытаний.

Существенный недостаток этих способов в том, что применение их в реальных условиях обследования и диагностики конструкций ГТС представляется трудновыполнимой задачей.

В связи с этим актуальной становится разработка неразрушающих методов определения эксплуатационных показателей, а в частности водонепроницаемости, по которой определяется марка бетона конструкций ГТС по водонепроницаемости, в процессе мониторинга и проведения комплексного обследования.

Ультразвуковой метод является одним из основных методов контроля качества в различных сферах человеческой деятельности. Важные его преимущества перед другими методами – более надежное выявление опасных дефектов типа трещин и пор, высокая производительность и меньшая стоимость, интересной и перспективной представляется возможность применения ультразвукового метода при определении водонепроницаемости.

2. В ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий» в лаборатории комплексных исследований строительных материалов и технологий проведены комплексные экспериментальные исследования по выявлению зависимости скорости распространения ультразвуковых волн (V , м/с) в бетоне и коэффициента фильтрации (K_{ϕ} , м/с) – основным показателем, характеризующим марку бетона по водонепроницаемости [6].

Для проведения исследований по ГОСТ 12730.5-84 были изготовлены бетонные образцы цилиндрической формы диаметром и высотой 150 мм, при варьировании водоцементного отношения; подготовлены 4 серии по шесть образцов следующих классов бетона по прочности: В15; В20; В22,5; В25; В30. Параллельно с процессом изготовления образцов цилиндрической формы подготовлены образцы кубической формы ГОСТ 10180-90, по которым по прошествии 28 суток подтвержден класс по прочности серий образцов.

Исследования были проведены в два этапа:

1) была измерена скорость распространения ультразвука в образцах с помощью прибора «Пульсар-1.2» (рис. 1), по результатам построены графики, характеризующие диапазон скоростей для определенного класса бетона по водонепроницаемости;

2) определён коэффициент фильтрации образцов.

Выделены следующие марки бетона по водонепроницаемости: W8, W10, W12.



Рис. 1. Ультразвуковой дефектоскоп «Пульсар-1.2»

Из графика, представленного на рис. 2, видно, что для образцов одной марки скорость распространения ультразвуковых волн находится в определенных условных границах.

В таблице приведены результаты статистической обработки экспериментальных данных для образцов различных марок по водонепроницаемости.

Значения коэффициентов вариации менее 30% свидетельствуют об однородности полученных значений.

По полученным значениям скоростей распространения ультразвуковых волн в бетонных образцах с рассчитанными коэффициентами фильтрации построен график, представленный на рис. 5.

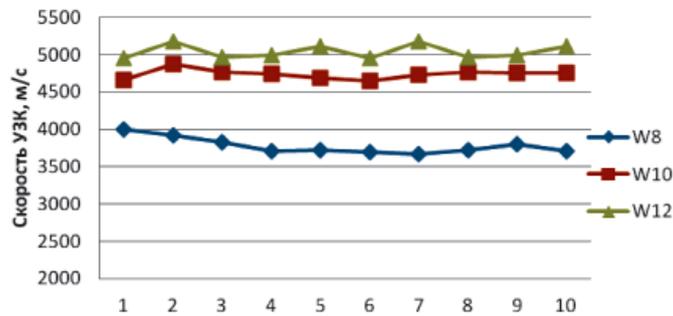


Рис. 2. Значение скоростей УЗК для образцов различных марок по водонепроницаемости

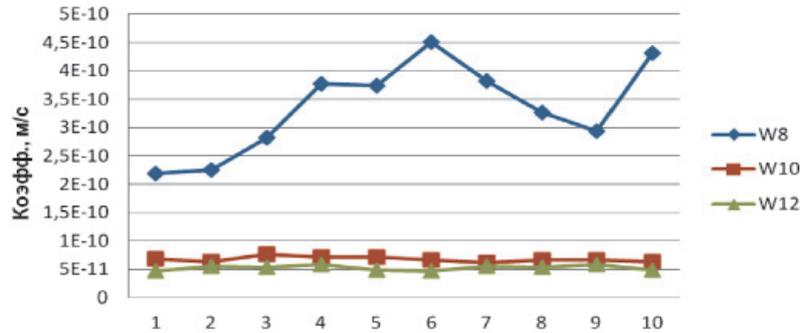


Рис. 3. Значение коэффициента фильтрации для образцов различных марок по водонепроницаемости

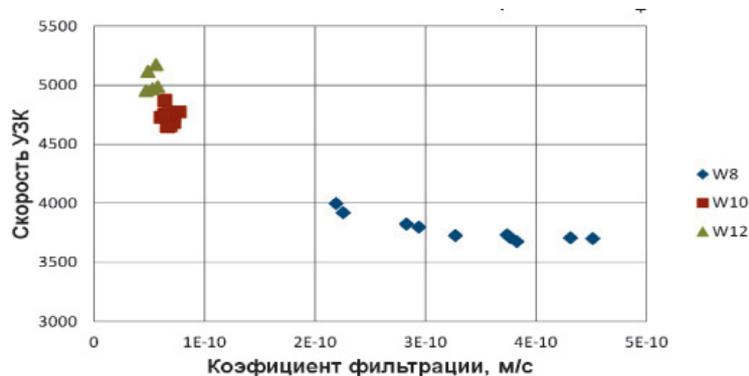


Рис. 4. Экспериментальные значения скоростей УЗК в образцах с различным коэффициентом фильтрации

	Среднее значение \bar{x}	Размах вариации R	Ср. линейное отклонение, a	Дисперсия D	Стандартное отклонение, σ	Коэффициент вариации, %
W6	—	—	—	—	—	—
W8	4063,44	1456	467,259	263465,802	513,289	12,63
W10	4726,75	984	408,75	153806,762	392,182	8,29
W12	5124,46	814,6	327,688	124786,035	353,250	6,89

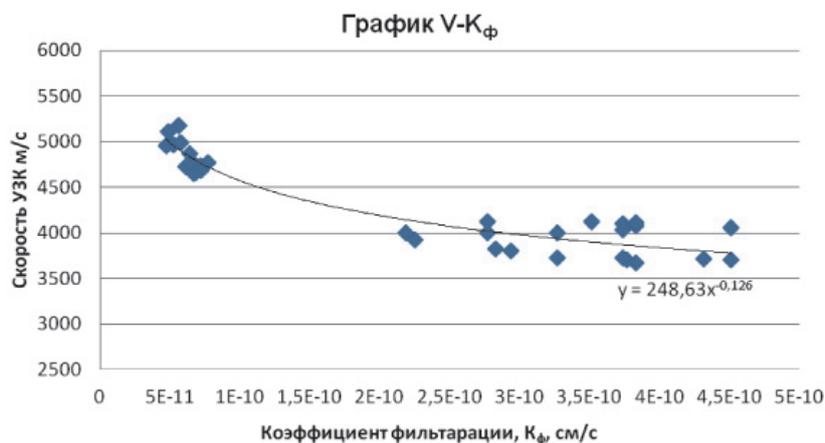


Рис. 5. График зависимости скорости распространения ультразвуковых волн в образцах с различными коэффициентами фильтрации

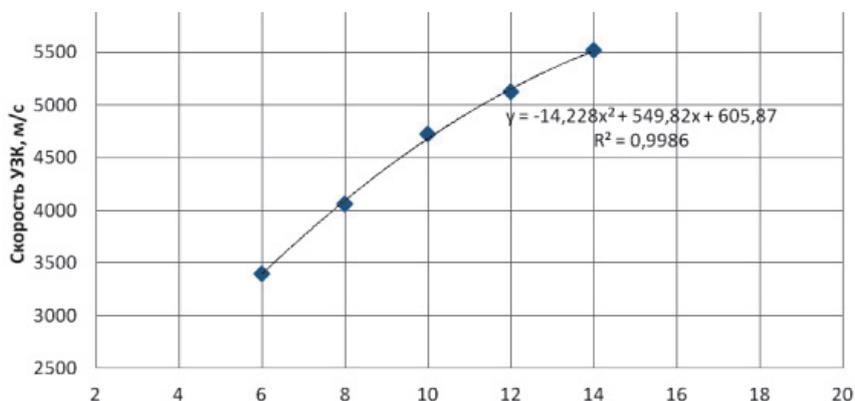


Рис. 6. График зависимости скорости распространения ультразвуковой волны в образцах бетона различных марок по водонепроницаемости

Представленный график может быть описан степенной функцией

$$y = 248,63x^{-0,126}.$$

Предложенное уравнение позволяет по известной скорости распространения ультразвуковой волны определить коэффициент фильтрации бетона, по которому устанавливается марка бетона по водонепроницаемости [7].

Результаты экспериментов по определению средних значений скоростей в образцах различных марок по водонепроницаемости представлены на рис. 6 черными

квадратиками. Их расположение на графике описывается уравнением

$$y = -14,228x^2 + 549,82x + 605,87$$

с величиной достоверности аппроксимации $R^2 = 0,9986$, по которой можно определить марку бетона по водонепроницаемости в зависимости от УЗК.

3. Данный метод значительно ускоряет процесс определения марки бетона по водонепроницаемости, позволяет на основе полученных зависимостей определять марку бетона по водонепроницаемости, не прибегая к трудоемким и затратным по времени

операциям, связанным с определением коэффициента фильтрации. Разработанный метод в совокупности с другими методами позволяет выполнять качественную и количественную оценку эксплуатационных характеристик гидротехнических сооружений, необходимую для принятия объективного решения о возможности дальнейшей эксплуатации, выбора наиболее приемлемых методов и способов усиления и ремонта, прогнозирования дальнейших сроков службы, выяснения причин аварий конструкций и др.

Список литературы

1. Авторское свидетельство SU № 918385. М. клз. Е 02 В 3/16. Способ измерения потерь воды / В.М. Бойко. Заявка № 3007185/29-15; Заявлено 24.11.1980; Оpubл. 07.04.1982, Бюл. № 13.
2. ГОСТ 12730.5-84*. Бетоны. Методы определения водонепроницаемости. – М.:Изд. стандартов, 1986.
3. ГОСТ 12730.1-78 Бетоны. Методы определения плотности. – М.: Изд-во стандартов, 1978.
4. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Изд. стандартов, 1987.
5. Зоченко А.Ф. Измерение потерь воды приборами фильтромерами // Мелиорация и водное хозяйство. – 1990. – № 10. – С. 44–46.
6. Методика определения водонепроницаемости деформационных швов гидротехнических сооружений / С.Я. Семенов, С.С. Марченко, Д.П. Арьков, П.В. Часовской. – Волгоград: ГНУ ПНИИЭМТ, 2013. – 51 с.
7. Семенов С.Я. Методика ультразвукового диагностирования водонепроницаемости бетона конструкций гидротехнических сооружений / С.Я. Семенов, Д.П. Арьков,

С.С. Марченко // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса. – 2015. – № 1 (37) – С. 186–191.

References

1. Avtorskoe svidetelstvo SU no. 918385. M. klz. E 02 V 3/16. Sposob izmerenija poter vody / V.M. Bojko. Zajavka no. 3007185/29-15; Zajavleno 24.11.1980; Opubl. 07.04.1982, Bjul. no. 13.
2. GOST 12730.5-84*. Betony. Metody opredelenija vodonepronicajnosti. M.:Izd. standartov, 1986.
3. GOST 12730.1-78 Betony. Metody opredelenija plotnosti. M.: Izd-vo standartov, 1978.
4. GOST 17624-87. Betony. Ul'trazvukovoj metod opredelenija prochnosti. M.: Izd. standartov, 1987.
5. Zocenko A.F. Izmerenie poter vody priborami filtromerami // Melioracija i vodnoe hozjajstvo. 1990. no. 10. pp. 44–46.
6. Metodika opredelenija vodonepronicajnosti deformatsionnyh shvov gidrotehničeskijh sooruzhenij / S.Ja. Semenenko, S.S. Marchenko, D.P. Arkov, P.V. Chasovskoj. Volgograd: GNU PNIIEMT, 2013. 51 p.
7. Semenenko S.Ja. Metodika ul'trazvukovogo diagnostirovanija vodonepronicajnosti betona konstrukcij gidrotehničeskijh sooruzhenij / S.Ja. Semenenko, D.P. Arkov, S.S. Marchenko // Izvestija nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2015. no. 1 (37) pp. 186–191.

Рецензенты:

Николаев А.П., д.т.н., профессор кафедры «Прикладная геодезия, природообустройство, водопользование», Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград;

Бандурин Н.Г., д.т.н., профессор кафедры «Строительная механика», Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, г. Волгоград.