

**Д.В. ПОПОВ**

ассистент кафедры инженерной геологии, оснований и фундаментов  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

**ОПЕРАТИВНЫЙ АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ БЕТОНА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*EFFICIENT METHOD FOR MEASURING WATER PERMEABILITY OF HYDROTECHNICAL CONCRETE BASED ON MECHANIC FRACTURE*

*Приводится описание оперативного метода контроля водопроницаемости бетона гидротехнических сооружений, использующего ультразвуковой метод определения значений коэффициента Пуассона.*

**Ключевые слова:** оперативный метод, водопроницаемость, ультразвуковой метод, коэффициент Пуассона, зависимость, контролируемый параметр.

Одной из важнейших характеристик, определяющих долговечность бетона гидротехнических сооружений, является водопроницаемость. Особенно эта характеристика нужна для сооружений, имеющих небольшую толщину и работающих в условиях большого гидростатического давления. Бетоны, обладающие низкой водопроницаемостью, с течением времени начинают активно фильтровать воду, которая, проникая сквозь бетон, вымывает карбонатную составляющую. Удаление последней из структуры бетона приводит к разрушению скелета этого материала и появлению в нём сквозных (магистральных) трещин. По ним в большом количестве сквозь бетонную толщу просачивается вода. В конечном итоге происходит полное разрушение бетона конструкции и возникает аварийное состояние гидротехнического сооружения. На поддержание нормального эксплуатационного состояния конструкций затрачиваются значительные материальные и трудовые ресурсы. В случаях, когда при возведении сооружений не удалось по тем или иным причинам обеспечить проектную водопроницаемость бетона, появляются внеплановые ремонты конструкций, на которые также затрачиваются значительные средства. При проектировании сооружений могут быть также допущены ошибки в расчётах проектной величины гидростатического давления. В этом случае последствия будут те же, что и при не обеспечении проектной водостойкости бетона. Здесь следует учесть и тот факт, что водопроницаемость бетона, в принципе, проверяется в лабораторных условиях, при подборе составов бетонов. В реальных кон-

*There has been given the method for efficient measuring water permeability of hydrotechnical concrete using the mathematical model of the concrete fracturing process based on the ultrasonic method for determination Poisson coefficient.*

**Key words:** operative method, waterproof, ultrasonic method, coefficient of Poisson, dependence on, parameter for control.

струкциях на одних и тех же составах бетонов можно получить отличную от лабораторно определённой водопроницаемость. Это объясняется тем, что на строительной площадке не редки случаи нарушения технологии укладки бетона и зачастую отсутствует контроль технологических параметров укладки бетона. При этом до сих пор нет надёжного и достаточно простого способа определения водопроницаемости бетона в реальных, готовых конструкциях. В данной работе предпринята попытка разработки такого способа, базирующегося на применении акустического ультразвукового метода.

Исходными данными при разработке метода были использованы материалы исследования процессов разрушения бетона гидростатическим давлением на базе математического аппарата механики разрушения [1]. При этом теоретически, на базе энергетической концепции механики разрушения и кинетической теории С.Н. Журкова, была построена зависимость водопроницаемости бетона от сочетания двух факторов: начальной структуры бетона и интенсивности воздействия на него гидростатическим давлением. Было показано, что величина сопротивления бетона гидростатическому давлению зависит от следующих начальных физико-механических характеристик: поверхностной энергии, модуля упругости и коэффициента Пуассона, а интенсивность гидростатического давления может быть квалифицирована двумя кинетическими характеристиками: склонностью бетона к трещинообразованию и интенсивностью трещинообразования. Выполненные экспериментальные ис-

следования подтвердили правильность проведенных теоретических исследований и позволили разработать достаточно простой и точный оперативный метод определения водопроницаемости бетона. Однако этот метод рассчитан в основном для реализации в лабораторных условиях и весьма трудоёмок в условиях строительных площадок. Дальнейшие исследования позволили обратить внимание на ряд зависимостей, полученных при анализе результатов эксперимента, и предложить более простой, хотя и менее точный метод, позволяющий оценить искомый параметр в реальных конструкциях.

Анализ построенных зависимостей водопроницаемости бетона, определённой в соответствии с условиями основного метода ГОСТ 12730-84 «Бетоны. Метод определения водопроницаемости», от модуля упругости, поверхностной энергии, коэффициента сцепления первого рода и коэффициента Пуассона показал, что последний достаточно плотно коррелирует с водостойкостью (коэффициент корреляции составляет в пределах  $R = 0,85 \dots 0,87$ ). Такое явление может быть достаточно просто объяснено исходя из физической картины процесса воздействия гидростатического давления на структуру бетона. Широко известно [ 2 ], что значения физико-механических характеристик бетона, как и любого другого материала, зависят от величины дефектов, характера их появления и распределения. В бетоне для квалификации уровня воздействия дефектов на бетон принято использовать такую характеристику, как пористость, т.е. отношение общего объёма дефектов бетона к объёму материала. Последняя выражается в процентах. Физическая картина разрушения бетона гидростатическим давлением принята исследователями в следующем виде.

Гидростатическое давление задавливает в поры бетона воду, которая расклинивает существующие дефекты и способствует их росту как в длину, так и в ширину. В конечном итоге вода образует в бетоне систему каналов, по которым она свободно фильтруется, проникая на противоположную сторону конструкции и разрушая структуру бетона. Чем больше пористость бетона, тем больше дефектов в его структуре, тем активнее идёт процесс разрушения бетона и тем ниже его водопроницаемость. В работах Ю.В.Зайцева [ 3 ] достаточно убедительно на теоретическом уровне показана связь коэффициента Пуассона с пористостью материала. Приведенные выше рассуждения и были приняты в качестве теоретической основы предложенного метода.

Методика практического применения метода была принята следующей. При определении водо-

проницаемости бетона в лабораторных условиях используются, как правило, те же кубики, что и при определении прочности бетона на сжатие. Они подготавливаются к испытаниям в соответствии с требованиями нормативных документов. При определении водопроницаемости бетона в реальных конструкциях бетон принимается таким, какой он есть на период проведения испытаний. Ультразвуковым прибором, имеющим осциллографический экран, сквозным прозвучиваем, после установки излучающего и приёмного датчика под углом около  $45^\circ$  на бетонный образец или реальную конструкцию, замеряют время прохождения продольных и поперечных ультразвуковых волн и базу прозвучивания. По результатам замера вычисляют скорости прохождения ультразвуковых волн и по методике [ 4 ] определяют значения коэффициента Пуассона. Затем по кривой зависимости водопроницаемости от коэффициента Пуассона находят значения водопроницаемости, соответствующие условиям основного метода испытания по ГОСТ 12730-84.

Здесь следует заметить, что предложенный метод, являясь неразрушающим и позволяет, в отличие от методов, предложенных ГОСТ 12730-84, многократно повторять измерения в одном сечении конструкции и в разных его местах. Многократное повторение измерений приводит к повышению точности и надёжности измерения за счёт статистически обоснованных значений определяемого параметра. Также этот метод позволяет определить вариацию значений водопроницаемости по площади реальной конструкции и отыскать наиболее слабые места, которым должно уделять особое внимание в период эксплуатации конструкции или сооружения.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Попов, Д.В. Моделирование процессов разрушения бетона гидростатическим давлением на базе механики разрушения [Текст] / Д.В. Попов, С.Ф. Коренькова, В.П. Попов // Известия ВУЗов. Строительство и архитектура. – 2010. – № 10. – С. 3-7.
2. Комохов, П.Г. Энергетические и кинетические аспекты механики разрушения бетона [Текст] / П.Г. Комохов, В.П. Попов. – Самара: Изд-во РИА, 1999. – 111 с.
3. Зайцев, Ю.В. Моделирование деформаций и прочности бетона методами механики разрушения [Текст] / Ю.В. Зайцев. – М.: Стройиздат, 1982. – 196 с.
4. Методика по определению прочностных и деформационных характеристик при одноосном статическом сжатии. МИ 11-74 [Текст]. – М.: Стандарты, 1975. – 68 с.

© Попов Д.В., 2012