

УДК 666.9.017:620.179

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ И РАЗРАБОТКА
ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ***

А.Г.Алимов, кандидат технических наук

ГНУ « Поволжский научно-исследовательский институт
эколого-мелиоративных технологий Россельхозакадемии»
Волгоград, Россия

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, ультразвуковая диагностика

Введение

Совершенствование теоретических основ и разработка современных методов ультразвукового диагностирования бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях высокого водонасыщения и низких температур, является актуальной проблемой, направленной на обеспечение надежности и долговечности мелиоративных гидротехнических сооружений с целью предотвращения их аварийных и чрезвычайных ситуаций.

Стандартные методы ультразвукового контроля прочности бетона и диагностирования бетонных и железобетонных конструкций, предусмотренные ГОСТ 17624-87 [5] и другими нормативно-методическими документами РФ, могут быть реализованы только при положительных температурах бетона и относительной влажности, не превышающей 70 %, они не позволяют получить достоверные данные для определения технического состояния и объемов ремонтно-восстановительных работ мелиоративных гидротехнических сооружений, эксплуатируемых в условиях водонасыщения и низких температур.

В мелиоративно-строительной лаборатории ГНУ ПНИИЭМТ Россельхозакадемии проведены комплексные экспериментальные исследования по оценке влияния водонасыщения бетона на скорость распространения ультразвуковых волн и его прочностные параметры при положительных и отрицательных температурах окружающей среды [1].

На основании графической интерпретации (рис. 1), математической обработки и анализа исследований экспериментальных данных установлена зависимость изменения скорости (C_j) ультразвука (УЗК) в бетоне от его влажности (W) при положительных температурах, которая описывается уравнением (степенной функции) следующего вида:

$$C_j = C_0 + 2,85 W^{3,2}, \quad (1)$$

где C_0 – скорость распространения УЗК (м/с) в бетоне при $W = 0$ % (для бетонов

* Президиум Россельхозакадемии признал выполненную работу лучшей завершённой разработкой 2004 г.

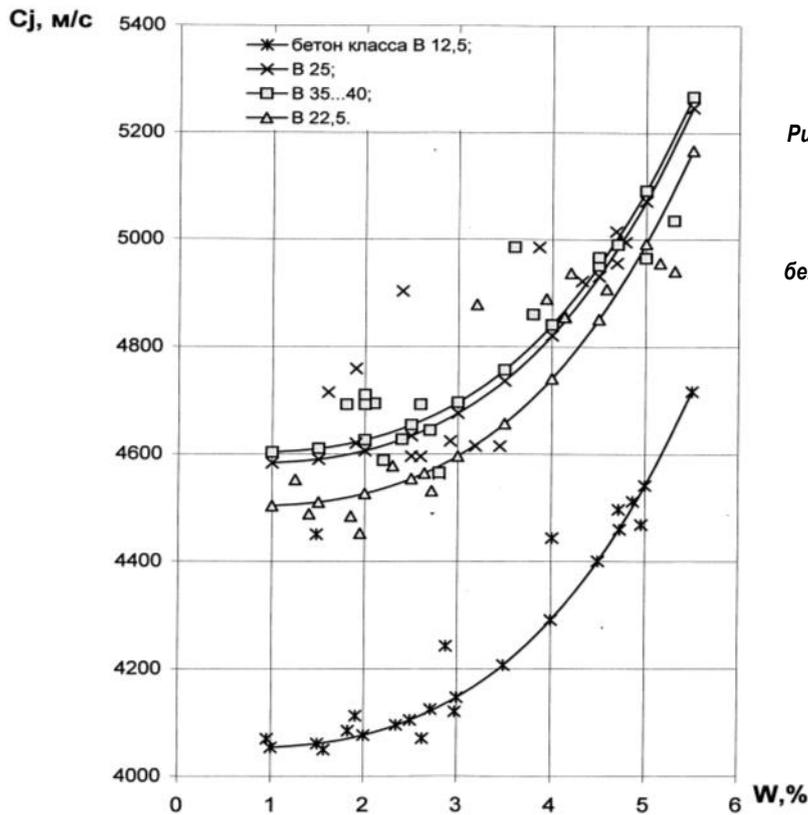


Рис. 1 – График зависимости скорости (C_j) распространения ультразвука (УЗК) в экспериментальных бетонных образцах от их влажности (W) при положительных температурах

класса В 12,5-В 40 C₀ изменяется соответственно в пределах 4050-4600 м/с); 2,85 и 3,2 – эмпирические коэффициенты, полученные в результате математической обработки экспериментальных данных. Коэффициент корреляции зависимости (1) K = 0,997.

Нами впервые в практике исследований бетона, введено понятие «универсального показателя C₀/C_j» – величины, обратной относительному параметру скорости распространения ультразвука в бетоне в зависимости от его влажности.

По экспериментальным данным и выполненным теоретическим исследованиям установлено, что эта зависимость достаточно точно (погрешность 0,12-0,35%) описывается уравнением убывающей степенной функции следующего вида:

$$C_0 / C_j = 1 - 0,00069 W^{3,1} \quad (2)$$

где C_j – скорость распространения ультразвука в бетоне при соответствующей его влажности, м/с; 0,00069 и 3,1 – эмпирические коэффициенты, установленные в результате исследований. Коэффициент корреляции составляет K = 0,996.

Кривые графика (рис. 2) выразим уравнением степенной функции следующего вида

$$C_j = C_0 + 90 W^{1,33} \quad (3)$$

где C_j – скорость распространения УЗК в бетоне при $W > 0\%$, м/с; C_0 – скорость распространения УЗК в бетоне при $W=0\%$ для бетонов класса В15...В40 по прочности на сжатие C_0 изменяется соответственно в пределах 4350...4600 м/с; 90 и 1,33 – эмпирические коэффициенты, полученные в результате математической обработки экспериментальных данных; W – влажность бетона, % (по массе). Коэффициент корреляции данной зависимости (3) составляет $K = 0,995$.

График (рис. 3) представим уравнением убывающей степенной функции

$$C_0 / C_j = 1 - 0,0205 W^{1,21} \quad (4)$$

где C_0 – скорость распространения УЗК в бетоне при $W = 0\%$, м/с; C_j – скорость распространения УЗК в бетоне при $W > 0\%$; C_0/C_j – показатель величины обратной относительному параметру скорости распространения ультразвука в бетонах класса В15...В40 по прочности на сжатие; W – влажность бетона, % (по массе); 0,0205 и 1,21 – эмпирические коэффициенты, установленные в результате исследований.

Полученные интегральные зависимости (2),(4) являются основой для разработки современных методов ультразвукового диагностирования бетонных и железобетонных конструкций сооружений, эксплуатируемых в условиях высокого водонасыщения и низких температур.

На основе выполненных теоретических и экспериментальных исследований, проведенного патентно-информационного поиска нами разработаны и защищены патентами на изобретения [6-14] современные неразрушающие методы контроля прочности бетона, определения долговечности и параметров дефектов в бетонных и железобетонных кон-

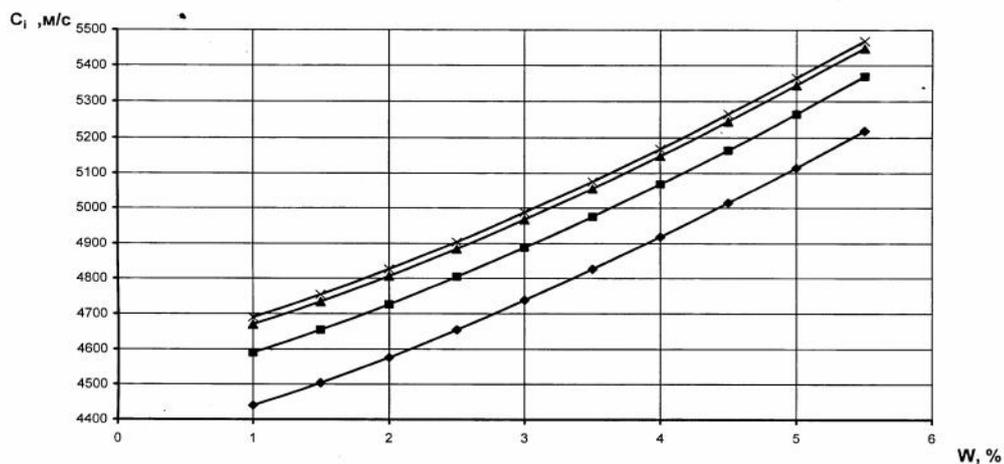


Рис.2 – График зависимости скорости (C_j) распространения ультразвука (УЗК) в экспериментальных бетонных образцах от их влажности (W) при низких температурах и наличии кристаллов льда в порах бетона

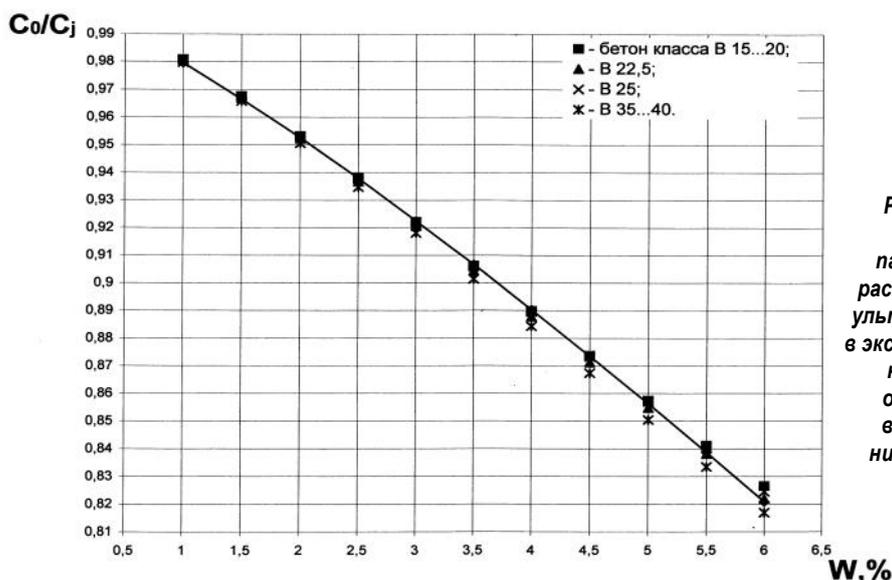


Рис. 3 – График зависимости параметра C_0/C_j распространения ультразвука (УЗК) в экспериментальных бетонных образцах от их влажности при низких температурах

струкциях и скорости прохождения в них ультразвука в зависимости от влажности бетона при эксплуатации сооружений, что не отражено в действующих Российских и зарубежных документах.

Разработанные современные методы ультразвукового диагностирования бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в экстремальных условиях (высокое водонасыщение, отрицательные температуры и др.), могут служить дополнением к ГОСТ 17624-87, позволяют решить проблему своевременного, круглогодичного инструментального обследования мелиоративных гидротехнических сооружений и тем самым предотвратить их аварийные и чрезвычайные ситуации [2-4].

Результаты исследований внедрены при реконструкции мелиоративных, водохозяйственных и промышленных объектов Волгоградской области. Суммарный экономический эффект от внедрения научной разработки составил 122,34 млн. руб.

Литература

1. Алимов, А.Г. Совершенствование теоретических основ ультразвукового диагностирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений / А.Г. Алимов // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 2. – С. 29-32.
2. Алимов, А.Г. Диагностирование гидросооружений экспресс-методами неразрушающего контроля / А. Г. Алимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 21-23.
3. Алимов, А.Г. Современные методы ультразвукового диагностирования бетонных и железобетонных конструкций мелиоративных гидротехнических сооружений / А. Г. Алимов // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2007. – № 1. – С. 40-41.
4. Алимов, А.Г. Ультразвуковое диагностирование бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений / А. Г. Алимов // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 7. – С. 28-34.

5. ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Изд.стандартов, 1987. – 26 с.
6. Пат. 2260182 (RU), С 1 МПК⁷ G 01 N 29/04. Способ ультразвукового контроля прочности бетона в эксплуатируемых конструкциях сооружений / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2005. – № 25.
7. Пат. 2262687 (RU), С 1 МПК⁷ G 01 N 29/00, G 01 N 33/38. Ультразвуковой способ контроля прочности бетона в бетонных и железобетонных конструкциях в процессе эксплуатации / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU), Карпунин В.В. (RU), Алимов А.А. (RU), Сердюков Д.А. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2005. – № 29.
8. Пат. 2262692 (RU), С 1 МПК⁷ G 01 N 29/04. Способ ультразвукового контроля прочности бетона в конструкциях и сооружениях в процессе эксплуатации / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2005. – № 29.
9. Пат. 2262693 (RU), С 1 МПК⁷ G 01 N 29/04. Способ ультразвукового контроля толщины поврежденного слоя бетона в эксплуатируемых конструкциях сооружений / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2005. – № 29.
10. Пат. 2262695 (RU), С 1 МПК⁷ G 01 N 29/04. Ультразвуковой способ контроля бетонных и железобетонных конструкций сооружений в процессе эксплуатации на наличие глубоких трещин / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2005. – № 29.
11. Пат. 2272281 (RU), С 1 МПК G 01 N 29/04 (2006.01). Способ определения долговечности железобетонных конструкций / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU), Алимов А.А. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2006. – № 8.
12. Пат. 2277239 (RU), С 1 МПК G 01 N 29/07 (2006.01). Ультразвуковой способ контроля прочности бетона в бетонных и железобетонных конструкциях в процессе эксплуатации (варианты) / Алимов А.Г. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2006. – № 15.
13. Пат. 2277240 (RU), С 1 МПК G 01 N 29/07 (2006.01). Ультразвуковой способ контроля толщины поврежденного слоя бетона в эксплуатируемых конструкциях сооружений / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2006. – № 15.
14. Пат. 2277969 (RU), С 1 МПК G 01 N 29/07 (2006.01). Способ ультразвукового контроля бетонных и железобетонных конструкций сооружений в процессе эксплуатации на наличие глубоких трещин / Алимов А.Г. (RU), Карпунин В.В. (RU) // Бюллетень изобретений. – 2006. – № 18.

Summary

Alimov A.G.

THE DEVELOPMENT OF THE INNOVATIVE METHODS CONCERNING ULTRASONIC DIAGNOSIS OF HYDRAULIC STRUCTURES IN MELIORATION SYSTEMS

The results of the comprehensive analysis concerning the influence of water saturation of concrete upon its strength properties and propagation velocity of ultrasonic waves at above-zero and below-zero temperatures are represented in the article. The correlation between the ultrasonic waves velocity changes in concrete and moisture at above-zero temperatures was established. This makes it possible to solve the problem of timely year-round instrumental inspection of meliorative hydraulic structures in order to prevent some emergency situations.

Поступила 08 декабря 2010 г.