

УДК 666.97.03:624.012.4

**О. Э. БРЫЖАТЫЙ, В. И. КРОТЮК, Р. Ю. ЛЕМЕШЕНКО, М. В. ФУНЬКО, А. А. МЕЛЬНИКОВА**  
ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ  
ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР И  
УВЛАЖНЕНИИ**

**Аннотация.** Рассмотрен вопрос повышения точности расчетов температурно-влажностных полей в железобетонных конструкциях при циклических воздействиях повышенных температур и увлажнения. Установлен характер влияния влажности и количества циклов температурно-влажностных воздействий на коэффициент теплопроводности.

**Ключевые слова:** теплоперенос, коэффициент теплоемкости, коэффициент теплопроводности.

**ВВЕДЕНИЕ**

Для железобетонных конструкций, работающих в условиях циклического воздействия повышенных температур и увлажнения особенно велико влияние распределения полей температуры и влажности на напряженно-деформированное состояние этих конструкций. Поэтому достоверное определение температурно-влажностных полей существенно влияет на оценку состояния как отдельных железобетонных конструкций, так и всего здания или сооружения.

*Теплофизические свойства бетона при циклических воздействиях повышенных температур и увлажнении*

Сравнивая теоретические поля распределения температуры, полученные по методике [1, 2, 3], с полями, полученными в результате экспериментальных исследований распределения полей в железобетонных конструкциях, подвергнутых циклическим температурно-влажностным воздействиям, можно отметить следующее. Полученные теоретические поля распределения температуры совпадают с экспериментальными в зонах, где бетон находится в приблизительно одинаковых значениях влажности при разных циклах. В зонах с изменяющейся влажностью и в прилегающих к ним зонах наблюдается существенное (до 5...10 %) расхождение этих результатов.

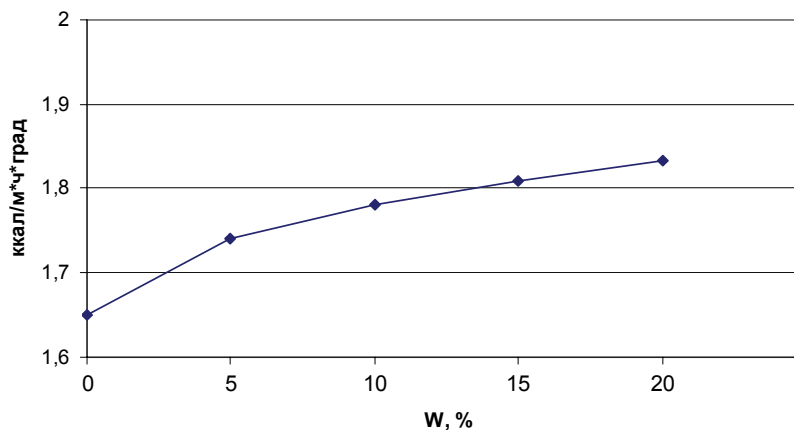
Очевидно, причина найденных отклонений в изменении коэффициента температуропроводности. Как отмечалось в работах [4, 5], коэффициент температуропроводности зависит от влажности материала.

Поэтому были произведены опыты, уточняющие отдельные компоненты коэффициента температуропроводности – коэффициент теплопроводности, коэффициент теплоемкости и объемный вес бетона. Объемный вес принят постоянным. Экспериментально исследовались величины коэффициента теплопроводности и коэффициента теплоемкости при различных значениях температуры и влажности. Измерения производились на обычном бетоне, а также на бетоне, подвергнутом циклическим температурно-влажностным воздействиям после первого нагрева, после третьего, пятого и десятого циклов.

В диапазоне до 100 °С температура испытаний практически не влияла на изменчивость коэффициента теплопроводности. При больших температурах (до 150 °С) наблюдалось незначительное увеличение (до 5 %) коэффициента по сравнению с диапазоном температур до 100 °С, что связано, очевидно с наличием переноса тепла водяными парами в бетоне. Величина коэффициента теплопроводности в высушенном состоянии была практически одинаковой для всего диапазона температур. За нулевую влажность принята влажность образца, высушенного при 200 °С.

Необходимо отметить, что характер изменения коэффициента теплопроводности одинаков для всех рассмотренных случаев испытания образцов.

Первоначально предполагалось, что отклонения опытных и теоретических полей распределения температур возникают только из-за неучета влияния влажности на коэффициент теплопроводности. Были проведены эксперименты по определению коэффициента теплопроводности при различных значениях влажности (рис.). Величина коэффициента теплопроводности нормального бетона (влажность 4,55 %) составила 1,732 ккал/м·ч·град.



**Рисунок** – Зависимость коэффициента теплопроводности от весовой влажности для обычного бетона.

Зависимость величины коэффициента теплопроводности от весовой влажности образца на основе экспериментальных исследований была аппроксимирована формулой:

$$\lambda_w = \lambda_{w=0} \cdot (1 + 0,009W \cdot e^{-0,022W}),$$

где  $\lambda_{w=0}$  – коэффициент теплопроводности бетона, подвергнутого сушке при температуре 200 °С;  
 $W$  – весовая влажность материала (в %).

Величина коэффициента теплоемкости в зависимости от влажности изменялась в пределах 0,10–0,75 %. Очевидно, что эта величина практически не зависит от влажности образца или зависит в незначительной степени. Поэтому в дальнейших расчетах принимается, что коэффициент теплоемкости не зависит от влажности образца в рассматриваемом диапазоне изменения влажности.

Полученные значения изменения коэффициента теплопроводности от влажности (весовой) были применены при расчете полей температуры с учетом фактического распределения влажности в образцах. При учете фактической влажности образца отсутствует влияние погрешности расчета влажности на распределение полей температуры. Поэтому при работе над определением теплофизических характеристик расчет полей температуры производился на основе фактического распределения влажности по сечению образца из экспериментальных исследований.

Полученные значения теоретического значения распределения полей температуры дают значительно меньшие отклонения от экспериментальных (до 3...10 %) в зависимости от температуры нагрева и цикла воздействий.

## ВЫВОДЫ

Коэффициент температуропроводности бетона существенно зависит от циклических температурно-влажностных воздействий. Наибольшее влияние циклические температурно-влажностные воздействия оказывают на коэффициент теплопроводности.

Величина коэффициента теплоемкости практически не зависит от влажности образца или зависит в незначительной степени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брыжатый, О. Э. Температурные усилия, прочность и трещиностойкость элементов железобетонных инженерных сооружений при циклическом одностороннем нагреве до 150° и увлажнении [Текст] : автореф. дис. ... канд. тех. наук / О. Э. Брыжатый. – Макеевка, 1994. – 20 с.

2. Брыжатый, О. Э. Влияние циклического нагрева и увлажнения на деформации ползучести и температурно-влажностные деформации бетона [Текст] / О. Э. Брыжатый // Прогрессивные конструкции и материалы для строительства в условиях Донбасса : Сб. научн. трудов / Makeev. инж.-строит. ин-т. ; Отв. ред. В. И. Братчун. – Киев : УМК ВО, 1991. – С. 137–143.
3. Фомин, С. Л. Расчет железобетонных конструкций на температурно-влажностные воздействия технологической и климатической среды [Текст] / С. Л. Фомин. – К. : УМК ВО, 1992. – 164 с.
4. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика [Текст] / В. Н. Богословский. – М. : Высшая школа, 1982. – 415 с.
5. Дульнев, Г. Н. Теплопроводность влажных пористых материалов [Текст] / Г. Н. Дульнев, Д. П. Волков, В. И. Маларев // Инженерно-физический журнал. – 1989. – Т. 56, № 2. – С. 281–291.

Получено 12.12.2016

О. Е. БРИЖАТИЙ, В. І. КРОТЮК, Р. Ю. ЛЕМЕШЕНКО, М. В. ФУНЬКО,  
Г. А. МЕЛЬНИКОВА  
ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛО ПЕРЕНЕСЕННЯ У ЗАЛІЗОБЕТОННИХ  
ЕЛЕМЕНТАХ ПРИ ЦИКЛІЧНИХ ДІЯХ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУР ТА  
ЗВОЛОЖЕННЯ  
ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** Розглянуто питання підвищення точності розрахунків температурно-вологісних полів у залізобетонних конструкціях при циклічних діях підвищених температур та зволоження. Встановлено характер впливу вологості і кількість циклів температурно-вологісних дій на коефіцієнт теплопровідності.

**Ключові слова:** теплоперенесення, коефіцієнт тепломісткості, коефіцієнт теплопровідності.

OLEG BRIZHATY, VLADIMIR KROTIUK, RUSLAN LEMESHENKO,  
MAKSIM FUNKO, ANNA MELNIKOVA  
PECULIARITIES OF THE HEAT TRANSFER IN CONCRETE ELEMENTS  
UNDER CYCLICAL HEIGHTENED TEMPERATURES AND HUMIDIFYING  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The problem of the increase of calculations accuracy of temperature and humidification fields in concrete structures under cyclical effects of heightened temperatures and humidifying has been considered. The nature of influencing of damp and quantity of cycles heightened temperatures and humidifying on thermal conductivity coefficient has been established.

**Key words:** heat transfer, coefficient of heat capacity, thermal conductivity coefficient.

**Брыжатый Олег Эдуардович** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на свойства тяжёлого бетона.

**Кротюк Владимир Игоревич** – ассистент кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на свойства тяжёлого бетона.

**Лемешенко Руслан Юрьевич** – магистрант кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на свойства тяжёлого бетона.

**Фунько Максим Васильевич** – магистрант кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на свойства тяжёлого бетона.

**Мельникова Анна Андреевна** – магистрант кафедры железобетонных конструкций ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклического воздействия повышенных температур и увлажнения на свойства тяжёлого бетона.

**Брижатый Олег Едуардович** – кандидат технических наук, доцент кафедры железобетонных конструкций ДОНУ ВПО «Донецкая национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: влияние циклической дилли подвигиених температур и зволения на властивості важкого бетону.

**Кротюк Володимир Ігорович** – асистент кафедри залізобетонних конструкцій ДОНУ ВПО «Донецька національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволення на властивості важкого бетону.

**Лемешенко Руслан Юрійович** – магістрант кафедри залізобетонних конструкцій ДОНУ ВПО «Донецька національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволення на властивості важкого бетону.

**Фунько Максим Васильович** – магістрант кафедри залізобетонних конструкцій ДОНУ ВПО «Донецька національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволення на властивості важкого бетону.

**Мельникова Ганна Андріївна** – магістрант кафедри залізобетонних конструкцій ДОНУ ВПО «Донецька національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вплив циклічної дії підвищених температур і зволення на властивості важкого бетону.

**Brizhaty Oleg** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of cyclic heating and humidification on properties of heavy concrete.

**Krotiuk Vladimir** – assistant, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of cyclic heating and humidification on properties of heavy concrete.

**Lemeshenko Ruslan** – Master's student, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of cyclic heating and humidification on properties of heavy concrete.

**Funko Maksim** – Master's student, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of cyclic heating and humidification on properties of heavy concrete.

**Melnikova Anna** – Master's student, Reinforced Concrete Structures Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: the influence of cyclic heating and humidification on properties of heavy concrete.