

При решении всех задач длина базиса составляла  $N=18$ , что соответствует СЛАУ с 40 неизвестными в задачах для куба и 16 для цилиндра. Значение шага по времени было принято  $\Delta t=0,05$ .

### 5. Выводы

Таким образом, получено, что предлагаемая форма базисных функций позволяет с достаточной степенью точности получить решение задачи теплопроводности для различных случаев граничных условий.

### Литература

1. Беляев, Н.М. Методы теории теплопроводности. Ч. 1. / Н.М. Беляев, А.А. Рядно — М.: Высш. школа, 1982. — 327с.

2. Коваленко, А. Д. Термоупругость / А. Д. Коваленко. — К.: Издательское объединение «Вища школа», 1975. — 216 с.
3. Колмогоров, В.Л. Метод расчета напряженно-деформированного состояния в общей краевой задаче развитого течения. / В.Л. Колмогоров. — Вестник ПГТУ. Механика. — 1995.—№2. — С.87- 98.
4. Колмогоров, В.Л. Решение нестационарных температурных и термомеханических задач методом разделения переменных в вариационной постановке/ В.Л. Колмогоров, В.П. Федотов, Л.Ф.Спевак [и др.]. — Вестник Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки — 2006. — №42 —С. 72–75.
5. Сега Г. Ортогональные многочлены./ Г Сега. — Гос. издательство физ.-мат. лит., 1962. — 500 с.
6. Исаченко, В.П. Теплопередача. / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, Сукомел А.С. — М.: Энергия, 1975. — 488с.

*У даній статті проаналізовано методи оцінки якісних характеристик бетонних конструкцій і елементів, зокрема визначено ступінь тепловологісного впливу на залізобетонні конструкції при пожежі. Показано, що в процесі нагріву теплопровідність та теплоємність бетону суттєво змінюються*

*Ключові слова: якісні характеристики, залізобетонні конструкції, тепловологісний вплив, бетон*

*В данной статье проанализированы методы оценки качественных характеристик бетонных конструкций и элементов, в частности установлена степень тепловлажностного влияния на железобетонные конструкции при пожаре. Показано, что в процессе нагрева теплопроводность и теплоемность бетона существенно изменяются*

*Ключевые слова: качественные характеристики, железобетонные конструкции, тепловлажностное влияние, бетон*

*In this article the methods of assessing the qualitative characteristics of concrete structures and elements, in particular the degree of thermal effect on reinforced concrete structures in fire. Shown that in the process of heating the thermal conductivity and specific heat of concrete varies significantly*

*Keywords: qualitative characteristics, concrete structures, heat and humidity effect, concrete*

### 1. Вступ

Сьогодні будівельна галузь України постійно стикається з проблемами тріщиностійкості, водонепро-

ності та довговічності бетону та бетонних конструкцій. Ці проблеми виникають як на етапі проектування, коли закладаються норми до будівельних конструкцій і елементів так і на етапі експлуатації будівель-

УДК 536.006

# ОЦІНКА ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ І ЕЛЕМЕНТІВ

**Г.І. Хімічева**

Доктор технічних наук, професор\*

**О.Р. Новошицька\***

Контактний тел.: 096-767-93-92

E-mail: star\_la@bigmir.net

**Н.В. Колесіна\***

\*Кафедра метрології стандартизації та сертифікації  
Київський національний університет технологій та  
дизайну

вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ, Україна, 01011

них споруд. Відомо, що бетонним конструкціям (за їх природою) притаманні такі дефекти, як тріщини, пори, щілини, та ін. Однак на сьогодні діючі норми та методи, що побудовані на основі будівельної механіки практично не враховують їх, хоча саме вони найчастіше приводять до аварійних ситуацій.

В Україні щороку виникає більше ніж 50 тисяч пожеж, з яких 70% відбуваються в будівлях і спорудах, виконаних з залізобетонних елементів. Пожежами завдаються багатомільйонні збитки. Часто після вогневого впливу будівельні конструкції втрачають свої експлуатаційні якості, а найчастіше зовсім не підлягають оновленню. Тому одним із важливих напрямків пожежного захисту будівель є збереження необхідних експлуатаційних властивостей будівельних конструкцій в умовах впливу пожежі.

Питанням підвищення параметрів вогнестійкості конструкцій займаються вчені багатьох країн світу, в тому числі і в Україні. При цьому слід зазначити, що найбільш суттєві досягнення в цій галузі отримані науково-дослідними школами США, Німеччини, Франції, зокрема ними розроблені і впроваджені експериментальні та розрахункові методи оцінки поведінки будівельних конструкцій в умовах пожежі. Однак разом з цим на сьогодні ще немає достатньо чіткої інформації стосовно процесів, які відбуваються в бетоні при впливі високих температур, що не дозволяє в цілому ряді випадків своєчасно виявити причини і прогнозувати зміни структурно-механічних характеристик бетонних виробів в умовах високотемпературного нестационарного нагріву. Таким чином тема даних досліджень є актуальною.

---

## 2. Постановка завдання

---

Одним з найбільш суттєвих завдань в умовах пожежі є збереження експлуатаційних якостей залізобетонних конструкцій, зокрема їх надійності і ремонтпридатності.

Незважаючи на великий обсяг досліджень, що були проведені в області вогнестійкості будівельних конструкцій, на практиці до сьогодні залишаються недостатньо вирішеними питання, пов'язані з впливом водяного охолодження нагрітих залізобетонних конструкцій при гасінні пожежі.

Відомо, що в процесі нагріву теплопровідність та теплоємність бетону суттєво змінюються. При цьому характер і темп цих змін залежать від виду, щільності і тривалості нагріву бетону. Так зі зменшенням щільності збільшується пористість бетону і як наслідок збільшується роль передачі тепла випромінюванням в його порах при підвищенні температури. Крім того зі збільшенням пористості збільшується гігроскопічність бетонів, в результаті чого вміст води в бетоні при його охолодженні водою збільшується і може складати до 15%, що в деяких випадках призводить до вибухоподібного руйнування бетону при повторному нагріві. В результаті чого конструкції передчасно втрачають свою несучу здатність.

Проведений авторами аналіз літературних джерел [1,2,4] показав, що характер розвитку реальних пожеж може суттєво відрізнятись від режиму «стандартної пожежі». Відповідно до цього, тепловий вплив на конструкції будівель в умовах реальної та стандартної

пожежі може відрізнятись не тільки за кількісними, але і за якісними характеристиками. Тому поведінка конструкцій в умовах реальних та стандартних пожеж буде різною. У зв'язку з цим існуючі норми, що регламентують ці вимоги потребують удосконалення шляхом розроблення науково обґрунтованого підходу до визначення єдиної «стандартної» ситуації пожежі.

Таким чином проведений аналіз стану проблеми довів, що на сьогодні потрібно вирішити цілу низку питань, зокрема обґрунтувати вплив фактора додаткового вологопереносу на характеристики міцності залізобетонних конструкцій, в тому числі і при визначенні ступеня пошкодження будівельних конструкцій після вогневого впливу пожежного середовища.

---

## 3. Мета роботи

---

Розробка принципів і підходів щодо визначення якісних характеристик бетонних конструкцій і елементів в умовах високотемпературного тепловологічного впливу.

---

## 4. Результати та їх обговорення

---

В Київському національному університеті технологій та дизайну на кафедрі метрології, стандартизації, сертифікації в останні роки проводиться низка досліджень, пов'язаних з визначенням якісних і кількісних характеристик матеріалів і речовин, у тому числі це стосується і будівельних конструкцій.

Сьогодні, згідно [1,2], основним джерелом інформації про поведінку залізобетонних виробів (конструкційних елементів будівель) в умовах високотемпературного нагріву і охолодження є стандартні випробування конструкцій на вогнестійкість, які передбачають проведення вибіркового контролю з метою визначення фактичних границь вогнестійкості. При цьому конструкції в натуральну величину нагріваються за стандартним температурним режимом, а можливість її експлуатації після пожежі визначається за нормованими параметрами, які поділяються на основні і додаткові. Відповідно з цими документами до основних параметрів відносяться: збереженість, ремонтпридатність, стійкість, залишкова несуча здатність, відсутність аварійного стану, а до додаткових: залишкова деформація матеріалів у вигляді додаткових прогинів, кутів повороту і перекосів конструкцій, а також додаткові тріщини і збільшення ширини їх розкриття.

Визначення цих параметрів для оцінки технічного стану конструкцій проводиться шляхом використання суб'єктивних та об'єктивних методів діагностики [5]. До суб'єктивних методів діагностики належать візуальний огляд експертами будівельних конструкцій та оцінка міцності бетону склерометричним методом (простукування молотком). Для об'єктивного технічного діагностування застосовуються механічні, оптичні й електричні засоби вимірювання. Однак, як свідчить практичний досвід дослідження пожеж, будівельні елементи конструкцій жодного будинку чи споруди не можуть задовольняти одночасно три умови пожежної стійкості, а саме: зберігати достатню несучу здатність

в умовах впливу високих температур не обвалюючись; бути придатними до повторної нормальної експлуатації після ремонту; із задовільною здатністю перешкоджати поширенню небезпечних факторів пожежі [6].

В рамках чинного законодавства в Україні прийнята та діє системи нормативних документів щодо захисту від пожежі об'єктів будівництва та встановлена пожежно-технічна класифікація будівельних матеріалів і конструкцій.

Слід зазначити, що властивості бетонних будівельних конструкцій щодо показників вогнестійкості закладаються на стадії проектування і забезпечуються на стадії виробництва і підтримуються на стадії експлуатації. Але в ході аварійних випадків після впливу на них високих температур, і в разі визнання будівлі придатною до подальшої експлуатації, за діючими методиками не існує як нормативних вимог, так і методологічних підходів для повторного визначення показників вогнестійкості конструкцій, що не дозволяє оцінити їх якісні властивості.

Існуючі сьогодні методики розрахунку бетонних та залізобетонних конструкцій, в основу яких покладено визначення критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень не дозволяють оцінювати і нормувати показники тріщиностійкості бетону залежно від його міцності, прогнозованого терміну експлуатації конструкції і рівня надійності, прийнятого при розрахунку.

В ході експерименту для визначення градієнтів температурних полів і полів вологості використовувалися спеціальні бетонні зразки, які мали розміри 0,23 x 0,23 x 0,12 м. Зразки нагрівалися за режимом стандартної пожежі [3]. Контроль температури проводився за допомогою хромельалюміневої термопари. Для контролю вологості використовувалися бетонні призми розмірами 0,04 x 0,04 x 0,12 м, в кількості 9 штук, які встановлювалися в печі по периметру дослідного зразка. Кількість призм відповідала кількості проміжків часу, через які проводилися контрольні заміри вологості.

Для визначення вологості по перерізу зразка, кожна призма по черзі вилучалася на заданому проміжку часу з печі і розколювалася на 5 рівних частин, кожна з яких відповідала розміру 0,024 м. Кожна частина поміщалася у металеву боксу, яка герметично закривалася, після чого проводилося її зважування на лабораторних вагах.

Після зважування бокси відкривалися і висушувалися до постійної ваги при температурі 378 К. Після сушіння бокси повторно зважувалися. За різницею у вазі визначалася вологість кожного шару бетону на

заданий момент часу (перед охолодженням і відразу після нього).

У процесі нагрівання і охолодження контролювалася температура по перетину зразка через кожні 0,0020 м, на поверхні що обігрівалася та не обігрівалася, а також температура нагріву середовища. Режим нагріву і розподіл температури по перерізу зразка контролювався самопишущим електронним потенціометром КСП-2.

За результатами експерименту було встановлено що розподіл температур зволоженого зразка істотно відрізняється від розподілу температур при нагріві зразка нормальної вологості. Зокрема в процесі водяного охолодження нагрітого до високих температур бетону (573 К і більше) відбувається стрибкоподібне збільшення волого поглинання в шарі, що виконує захисну функцію арматури залізобетонного елемента. Дане явище відбувається за рахунок збільшення пористості бетону в наслідок лавинного утворення мікротріщин. При досягненні критичних значень вологості бетону (більше 6%) може настати його вибухоподібне руйнування.

## Висновки

1. Встановлено, що вологість бетону має великий вплив на поширення температури по перетину конструкції. При досягненні в шарі температури 423 - 473 К відбувається стабілізація температури протягом часу, який необхідний для випаровування вологи що знаходиться в бетоні. Залежно від виду бетону, вологості, інтенсивності температурного впливу, час на протязі якого не відбувається зростання температури в слоях конструкції може бути досить тривалим.

2. Встановлено, що при охолодженні нагрітої поверхні водою спостерігається інтенсивне зволоження зразка. При цьому поле вологості переміщується по перерізу зразка у вигляді хвиль. Наявність хвиль наочно показує, що при охолодженні зразків у різні моменти часу вода поглинається бетоном і що поле вологості переміщується по шарах зразка від поверхні, яка охолоджувалася до протилежної.

3. Результати проведених досліджень підтверджують гіпотезу про вплив водяного охолодження нагрітого до високих температур бетону на його характеристики. Експериментальні дані свідчать, що міцність бетону, що піддавався циклічному нагріву і охолодженню, знижується більш ніж у два рази у порівнянні з бетоном, що не підлягав водяному охолодженню.

## Література

1. ДСТУ Б В. 1.1.4 – 98 Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги.
2. Руководство по испытанию строительных конструкций на огнестойкость, - М.: ВНИИПО, 1980 – 52с.
3. Шналь Т.М., Хоржевський В.І., Павлюк Ю.Е., Пархоменко Р.В. Технічна діагностика та подальша експлуатація залізобетонних конструкцій після пожежі // Вісник НУ «Львівська політехніка»: Теорія і практика будівництва. – №144. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка». – 2002. – С.184 – 189.
4. Бушев В.П., Пчелинцев В.А., Федоренко В.С., Яковлев А.И. Огнестойкость зданий. – М.: Стройиздат 1963. – 168с.
5. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. – М., 1979. – 128 с.
6. ДБН В.1.1 -7 - 2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.