

**ВПЛИВ ПІДВИЩЕНИХ ОДНОРАЗОВИХ ТА ПОВТОРНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТЕМПЕРАТУР НА МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ
ВАЖКОГО БЕТОНУ**

**INFLUENCE OF ELEVATED SINGLE AND REPEATED
TECHNOLOGICAL TEMPERATURES ON THE STRENGTH
PROPERTIES OF HEAVY CONCRETE**

Гомон С.С., д. т. н., проф., ORCID ID:0000-0003-2080-5650, **Зінчук М.С., к. т. н., доц.,** ORCID ID:0009-0000-0972-7183, **Дворянський І. С., студент,** ORCID ID:0009-0007-4856-6432 (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Gomon S.S., doctor of technical sciences, professor, **Zinshuk M. S,** candidate of technical sciences, associate professor, **Dvoryansky I. S., student,** (National University of Water Management and Environmental Engineering, Rivne)

Важкий бетон є одним з основних будівельних матеріалів, що використовується для створення конструкцій різних типів, зокрема і конструкцій, які працюють в умовах технологічного нагріву. В статті наведено результати експериментальних досліджень впливу технологічного одноразового короткочасного чи тривалого (малоциклового) нагрівання на поведінку важкого бетону за дії короткочасних та повторних стискаючих навантажень.

Heavy concrete is one of the main building materials used to create structures of various types, including structures that operate under technological heating conditions. The article presents the results of experimental studies of the influence of technological single short-term or long-term (low-cycle) heating on the behavior of heavy concrete under the action of short-term and repeated compressive loads.

A reliably estimated stressed-deformed state of structures and materials during design, in their operation under various operating conditions, makes it possible to meet technical, operational and economic requirements for them.

The problem of studying long-term processes in concrete and reinforced concrete consists of three tasks:

- 1. Reliable study of all processes occurring in concrete and reinforced concrete during their operation and identification of all the numerous factors that influence their development.**
- 2. Disclosure of the essence of the course of these processes.**

3. Description of the course of processes using mechanics and mathematics in time under a variety of external and internal conditions and determination of their influence on the stressed-deformed state of concrete and reinforced concrete elements.

Experimental studies were conducted on concrete prisms aged 90 days. The average strength values were determined for at least three samples. The longitudinal and transverse average deformations of concrete were determined on the four sides of the prism using 1MIG indicators.

Loading of test specimens with axial external load was carried out on a universal press PSU-250. Heating of concrete specimens was carried out in single-section special-purpose thermal chambers with an automatic system for measuring and recording temperatures at 12 points of the chamber.

The values of the average strength of concrete determined under the action of short-term loading at a temperature of 200C were taken as reference. The strength of heavy concrete under the action of short-term compression was tested in a heated state to 60, 120, 200 and 3000C. Studies have shown that the strength of concrete at a temperature of 600C decreased by 4%, at a temperature of 1200C - by 20%, at a temperature of 2000C - by 28% and when heated to 3000C - by 36% of the initial average value of the strength of concrete established at a temperature of 200C. In the cooled state after heating to 120, 200 and 3000C, the strength of concrete decreased by 28%, 26% and 30%, respectively. It can be concluded that experimental testing of heavy concrete under random or constant (periodic) exposure to technological (elevated) temperatures negatively affects the strength, deformability of the material, and destructive characteristics.

Ключові слова: важкий бетон, зволоження, короткочасні навантаження, структурні напруження.

Heavy concrete, moisture, short-term loads, structural stresses.

Вступ. У групі конструкцій з важкого бетону велика кількість елементів промислових будівель і споруд працюють в умовах випадкового чи періодичного одностороннього короткочасного, тривалого чи періодичного технологічного нагріву [1-6]. Достовірно оцінений напружено деформований стан конструкцій та матеріалів при проектуванні, в роботі їх за різних умов експлуатації, дає можливість задовольняти технічним, експлуатаційним та економічним вимогам до них..

Проблема вивчення тривалих процесів в бетоні та залізобетоні складається з трьох задач:

1. Достовірне вивчення всіх процесів, що проходять в бетоні і залізобетоні в процесі їх роботи та виявленні всіх багаточисельних факторів, які впливають на їх розвиток.

2. Розкриття суті проходження цих процесів.

3. Опис проходження процесів за допомогою механіки та математики в часі за різноманіття зовнішніх та внутрішніх умов та визначення їх впливу на напружено-деформований стан бетонних та залізобетонних елементів.

Отже для виявлення впливу підвищених температур на зміну напружено-деформованого стану в згинальних, стиснутих чи стиснуто-згинальних залізобетонних елементах необхідно спочатку досконало вивчити цей вплив на фізико-механічні властивості бетону.

Стан питання. Зміна напружено-деформованого стану бетону і його фізико-механічних властивостей за дії короткочасного навантаження в великій мірі залежить і від температури середовища, в якому він працює. Підвищені температури викликані технологічними процесами нагрівають бетон і спричиняють зміну внутрішньоструктурного напружено-деформованого стану бетону викликаного цим явищем [2,3,5,6]. Одночасно з цими процесами проходить руйнування одних та створення інших фізико-механічних та фізико-хімічних зв'язків між розчином та заповнювачем, розчином та водою. Лише хімічні зв'язки лишаються незмінними. Це і приводить до зміни властивостей капілярно-пористого тіла бетону.

Методика досліджень. Бетонні зразки призм виготовлені на базі гранітного щебеню Клесівського кар'єру з об'ємною масою $\rho_{щ}=1,34\text{т/м}^3$ фракції 5-20 мм. В бетонній суміші використаний був також пісок кварцовий дрібнозернистий з модулем крупності $M_k=1,22$ Костопільського кар'єру – 700 кг/м^3 , портландцемент ВАТ «Волинь-Цемент» активністю 500 та вода водопровідна – 200 л/м^3 .

Випробування дослідних зразків з важкого бетону у вигляді кубів розмірами 10x10x10см та призм - 10x10x40см проводилося з урахуванням сумісної дії короткочасного навантаження та температур у віці 90 діб. Середні значення міцності визначалося не менше як по трьох зразках. Повздовжні та поперечні середні деформації бетону визначалися по чотирьох сторонах призми за допомогою індикаторів ІМІГ.

Завантаження дослідних зразків осьовим зовнішнім навантаженням здійснювалося на універсальному пресі ПСУ-250. Нагрівання бетонних зразків проводилося в односекційних термокамерах спеціального призначення [7] з автоматичною системою вимірювання та запису температур в 12 точках камери (рис .1) Також термокамери мали і автоматичну систему регулювання заданої температури (рис.2).

Результати досліджень. Експериментальні випробування дослідних зразків з важкого бетону, що були проведені за дії короткочасного навантаження за температури 20⁰С показали середню міцність бетону $f_{ck} = 28\text{МПа}$. Ці значення були прийняті як еталонні.

Міцність важкого бетону за дії короткочасного стиску випробуваного в нагрітому стані до 60, 120, 200 та 300⁰С зменшилася. Так міцність бетону за

температури 60⁰С зменшилася на 4%, за температури 120⁰С - на 20%, за температури 200⁰С – на 28% і при нагріванні до300⁰С 36% від початкового середнього значення міцності бетону встановленого за температури 20⁰С.

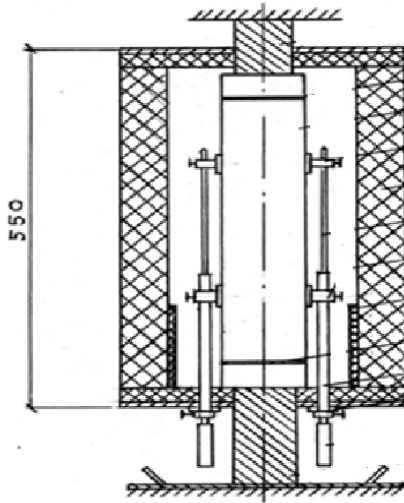


Рис. 1. Односекційна термокамера для випробуванняпризм з важкого бетону

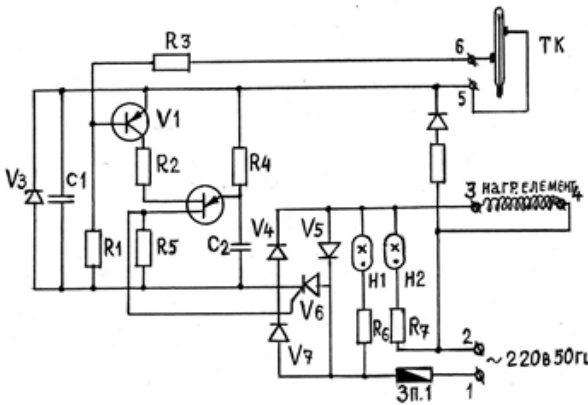


Рис.2. Автоматична систем регулювання температури

В охолодженому стані після нагрівання до 120, 200 та 300⁰С міцність бетону зменшилася відповідно на 28%, 26% та 30% . Для важкого бетону, що випробовувався на сороковий день після нагрівання до 120⁰С, міцність бетону зменшилася на 8%, до 200⁰С – на 5%, а за температури 300⁰С збільшилася на

3% у порівнянні з відповідними зразками, що випробовувалися в нагрітому стані.

Призову міцність важкого бетону за короткочасного нагрівання при роботі на осьовий стиск можна визначати за формулою

$$f_{t,ck} = \gamma_{bt} f_{ck} \quad (1)$$

Циклічний температурний вплив на міцність та деформативні властивості бетону досліджувалися за температур 60, 120, та 180°C. дослідні зразки десять разів нагрівалися та охолоджувалися протягом 10 діб, а після одинадцятого циклу нагрівання були завантажені та зруйновані осьовим стиском. Призова міцність бетону в охолодженому стані після десяти циклів нагрівання-охолодження до температур 60, 120 та 180°C зменшилась відповідно на 10, 13 та 11% в порівнянні з призовою міцністю бетону за нормальних температурно-вологих умов.

Призова міцність важкого бетону після циклічного нагрівання в нагрітому стані за температур 60, 120 та 180°C відрізняються від значень отриманих в охолодженому стані в меншу сторону ще на 7, 9 та 15%.

Циклова дія підвищених температур також негативно впливає на деформативність важкого бетону. Так деформації важкого бетону в нагрітому стані за 60, 120 та 180°C після 10 циклів нагрівання, збільшилися відповідно в 1,3; 2,0 та 1,7 рази в порівнянні з деформаціями зразків, які не нагрівалися.

Циклова дія повторних навантажень в кількості 10-ти циклів нагрітого до 120°C важкого бетону знижує його міцність до 8% за робочих рівнів прикладення зовнішнього навантаження

$$\eta = (0,3 - 0,6) f_{t,ck} \quad (2)$$

Таким чином можна зробити підсумок, що експериментальні випробування важкого бетону за випадкової чи постійної (періодичної) дії технологічних (підвищених) температур показали, що дія підвищених температур зменшує міцність, підвищує деформативність матеріалу та змінює деструктивні характеристики.

Висновки. 1. Дія підвищених температур зменшує міцність важкого бетону, підвищує деформативність матеріалу та змінює деструктивні характеристики.

2. Міцність бетону в охолодженому стані після десяти циклів нагрівання-охолодження до температур 60, 120 та 180°C зменшилась відповідно на 10, 13 та 11% в порівнянні з призовою міцністю бетону за нормальних температурно-вологих умов.

1. Гомон С.С., Зінчук М.С. Зміна фізико-механічних характеристик важкого бетону за дії короткочасного та малоциклового навантаження в умовах підвищених температур. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 33. Рівне, 2016. С. 129-134.

Gomon S.S., Zinchuk M.S. Zmina fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk vazhkoho betonu za diyi korotkochasnoho ta malotsyklovoho navantazhennya v umovakh pidvyshchennykh temperatur. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Vypusk 33. Rivne, 2016. S. 129-134.

2. Гомон С.С., Зінчук М.С. Вплив структурних напружень на міцність бетону. Сталезалізобетонні конструкції: Зб. наукових статей. Кривий Ріг, 1998.-С.68-70.

Gomon S.S., Zinchuk M.S. Vplyv strukturnykh napruzhen' na mitsnist' betonu. Stalezalізobetonni konstruktsiyi: Zb. naukovykh statey. Kryvyi Rih, 1998.-S.68-70.

3. Зінчук М.С., Гомон С.С., Сторож І.С. Дослідження впливу технологічних факторів на міцнісні властивості бетону за дії короточасних повторних навантажень. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 28. Рівне, 2014. С. 187-195.

Zinchuk M.S., Gomon S.S., Storozh I.S. Doslidzhennya vplyvu tekhnolohichnykh faktoriv na mitsnisni vlastyvoli betonu za diyi korotkochasnykh povtornykh navantazhen'. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Vypusk 28. Rivne, 2014. S. 187-195.

4. Dvorkin L., Bordiuzhenko O., Zhitkovsky V., Homon S., Gomon S. Mechanical properties and design of concrete with hybrid steel and basalt fiber. E3S Web of Conferences, 2021, 264, 02030.

5. Гомон С.С. Структурні напруження бетону за стискаючих навантажень з врахуванням фактора середовища. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 5. Рівне, 2001. С. 146-151.

Gomon S.S. Strukturni napruzhennya betonu dlya styskayuchykh navantazhen' z vrakhuvannyam faktora seredovyshcha. Resursoekonomichni materialy, konstruktsiyi, budivnytstva ta sporudy. Vypusk 5. Rivne, 2001. S. 146-151.

6. Гомон С.С., Зінчук М.С. Практико-аналітичний спосіб визначення відносних повздовжніх деформацій бетону за малоциклового навантаження на будь-якому циклі завантаження-розвантаження. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 9. Рівне, 2003. С. 187-192.

Gomon S.S., Zinchuk M.S. Praktyko-analitychnyy sposib vyznachennya vidnosnykh povzdovzhnykh deformatsiy betonu za malotsyklovoho navantazhennya na bud'-yakomu tsykli zavantazhennya-rozvantazhennya. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Vypusk 9. Rivne, 2003. S. 187-192

7. Гомон С.С., Зінчук М.С. Нагрівальні терморегулюючі та інші пристрої для дослідження бетонних та залізобетонних елементів конструкцій. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 6. Рівне, 2001. С. 142-147.

Gomon S.S., Zinchuk M.S. Nahrival'ni termorehulyuyuchi ta inshi prystroyi dlya doslidzhennya betonnykh ta zalізobetonnykh elementiv konstruktsiy. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Vypusk 6. Rivne, 2001. S. 142-147.

8. Гомон С.С., Гомон Св.Св., Гомон П.С. Вплив тривалого зволоження на деструктивні характеристики важкого бетону. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 47. Рівне, 2025. С. 315-321.

Homon S.S., Homon Sv.Sv., Homon P.S. Vplyv tryvaloho zvolozhennya na destruktivni kharakterystyky vazhkoho betonu. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Vypusk 47. Rivne, 2025. S. 315-321.

9. S Gomon, V Romanyuk, Y Ziatyuk, V Marchuk, O Nalepa. Effective methods to strengthen the bending reinforced concrete elements. Acta Scientiarum Polonorum. Architectura 21 (1), 51-56.