



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2023-10>

УДК 691.544



ШЕЙНІЧ Л.О.

Доктор техн. наук, проф.,
завідувач відділу, ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: schein@ndibk.gov.ua,
тел.: +38 (044) 248-88-73,
ORCID ID: 0000-0002-7684-9495



МИКОЛАЄЦЬ М.Г.

Канд. техн. наук, зав. лабораторії
ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,
м. Київ, Україна,
e-mail: mmikolaets@gmail.com,
тел.: +38 (096) 224-78-79,
ORCID ID: 0000-0002-8823-3401



БУГАЙЧУК М.М.

Начальник Інноваційного центру ТОВ «АСТОР І КО»,
м. Київ, Україна,
e-mail: n.buhaichuk@astor.ua,
тел.: +38 (098) 469-14-78



СУРМАЧЕВСЬКИЙ А.С.

Директор з якості.
ТОВ «АСТОР І КО»,
м. Київ, Україна,
e-mail: a.surmachevskiy@astor.ua
тел.: +38 (067) 534-93-97



ПУШКАРЬОВА К.К.

Доктор техн. наук, проф.,
завідувач кафедри будівельних матеріалів КНУБА
м. Київ, Україна
e-mail: pushkarova.kk@knuba.edu.ua
тел.: 067-174-68-06,
ORCID ID: 0000-0001-7640-8625

ЗИМОВЕ БЕТОНУВАННЯ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ «HEATING OFF TECHNOLOGY»

АНОТАЦІЯ

Цілорічне будівництво потребує застосування певних технологічних заходів щодо забезпечення тверднення бетонів при від'ємних температурах. З цією метою на будівельному майданчику, зазвичай, застосовують енергоємні методи прискорення тверднення бетону, наприклад, електропрогрів.

Водночас, для ефективного енергозбереження в технології зимового бетонування слід застосу-

вати нові технологічні рішення, що забезпечують тверднення бетону в умовах низьких зимових температур без додаткових заходів.

Спеціалістами ТОВ «АСТОР І КО» була розроблена технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY» (далі – технологія «НОТ»), яка складається з трьох основних складників, а саме:

1. Продукт – спеціально розроблена готова бетонна суміш, яка здатна тверднути в умо-



вах низьких зимових температур;

2. Діджиталізація – інтелектуальний онлайн-моніторинг температури та кінетики набору міцності в конструкції системою «Maturix»;
3. Технічний супровід – супровід спеціалістами, які розробляють технологічний регламент зі зведення залізобетонних конструкцій в зимовий період під умови замовника «TECH SERVICE SUPPORT».

В результаті проведених досліджень з оптимізації складу бетону (а саме, застосування швидкотверднучих портландцементів, активних мінеральних добавок, гранулометричного складу та хімічних добавок нового покоління) був розроблений проектний склад бетонної суміші БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ, здатної тверднути на морозі.

Проведеними дослідженнями згідно з ДСТУ Б В.2.7-96 [2] встановлено, що застосування спеціально розробленого складу бетонної суміші в симбіозі з новим поколінням протиморозних добавок в бетоні є ефективним засобом отримання бетону необхідної якості, що дозволяє економити енергетичні ресурси.

Встановлено, що через 15-18 годин тверднення бетон основного складу, отриманий за технологією «НОТ», має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення складає приблизно 14-15 %. Таке збільшення тепловиділення забезпечує його інтенсивне тверднення на морозі. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні основного і контрольного складів бетону не перевищує 7-8 %, що свідчить про можливість безпечного транспортування в умовах низьких зимових температур бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні рухливості в часі.

Встановлено, що контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, що тверднули в нормальних умовах. В той же час, досліджуваний основний склад бетону, отриманий за технологією «НОТ», набирає 33,5 % від міцності зразків, що забезпечує умови для подальшого тверднення бетону після його розморожування.

Бетон, отриманий за технологією «НОТ», не спричиняє корозії арматури і забезпечує її пасивний стан.

Отримані дані випробування в лабораторних умовах бетону, отриманого за технологією «НОТ», підтверджуються результатами, отриманими в промислових умовах. Так, за відсутності електрообігріву або іншого догляду за бетоном в конструкції в зимових умовах для існуючих умов оточуючого середовища, через 7 діб був досягнений показник міцності в 70,0 %, що дозволило починати демонтаж опалубки та зберігати існуючі темпи будівництва.

Діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища за допомогою системи «Maturix» дає змогу в режимі онлайн зі смартфона або комп'ютера отримувати показники температури та міцності в конструкції. За допомогою градувальних кривих, побудованих з використанням адіабатичної камери, проводиться автоматичний математичний розрахунок залежності температури від кінетики набору міцності, що дає змогу приймати рішення про розпалубку конструкцій не в днях, а в годинах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: бетон, технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY», протиморозна добавка, міцність при стиску, тверднення на морозі, діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища, технічний супровід.

COLD-WEATHER CONCRETING USING «HEATING-OFF TECHNOLOGY»

ABSTRACT

Year-round construction requires the use of certain technological measures to ensure concrete hardening at subzero temperatures. For this purpose, energy-intensive methods of accelerating the hardening of concrete, for example, electrical heating, are usually used at the construction site.

For effective energy saving in winter, new technological solutions should be applied that ensure concrete hardening in low winter temperatures without additional measures.

Specialists of ASTOR & CO LLC developed the "HEATING OFF TECHNOLOGY" (hereinafter referred to as the "HOT" technology), which consists of three main components:

1. The product is a specially developed ready-mix concrete that can harden in low winter temperatures;
2. Digitalization which means an intelligent online monitoring of temperature and kinetics of strength gain in a structure using the Maturix system;
3. Technical support which is support by specialists developing technological regulations for the construction of reinforced concrete structures in winter under the customer's conditions "TECH SERVICE SUPPORT".

As a result of research carried out to optimize the composition of concrete (namely, the use of rapid hardening Portland cements, active mineral additives, granulometric composition and chemical additives of a new generation), the design composition of the BSG B30 P4 F200 W6 HOT concrete mixture, capable of hardening in subzero temperatures, was developed.

Research conducted in accordance with DSTU B V.2.7-96 [2] has established that the use of a specially developed concrete mixture composition in



symbiosis with a new generation of anti-frost additives in concrete is an effective means of obtaining concrete of the required quality, which allows saving energy resources.

It has been established that after 15-18 hours of hardening, concrete of the basic composition, obtained using the "HOT" technology, has the highest heat emission value compared to concrete of the control composition. This increase of heat emission is approximately 14-15%. This increase in heat emission ensures its intensive hardening in the cold. At the same time, at the early stage of hardening during the first two hours, the difference in the heat emission of the main and control concrete compositions does not exceed 7-8%. It indicates the possibility of safe transportation in conditions of low winter temperatures of the concrete mixture to the place of laying without freezing while maintaining mobility over time.

It has been established that the control composition of concrete at a subzero hardening temperature gains 26.4% of the strength of the samples formed under normal conditions. At the same time, the studied basic composition of concrete, obtained using the "HOT" technology, gains 33.5% of the strength of the samples, which provides conditions for subsequent hardening of the concrete after it is defrosted.

Concrete produced using the "HOT" technology does not cause corrosion of the reinforcement and ensures its passive state.

The data obtained from testing concrete produced using the "HOT" technology in laboratory conditions are confirmed by the results obtained in industrial conditions.

Thus, in the absence of electrical heating or other maintenance of concrete in the structure in winter conditions, after 7 days a strength indicator of 70.0% was achieved, which made it possible to begin dismantling the formwork and maintain the existing pace of construction.

Digitalization of the processes of strength gain, heat emission and ambient temperature using the Maturix system allows to obtain temperature and strength data in a structure online from a smartphone or computer. With the help of calibration curves constructed using an adiabatic chamber, an automatic mathematical calculation of the dependence of temperature on the kinetics of strength gain is made, allowing decisions on the stripping of formwork to be made not in days, but in hours.

KEYWORDS: concrete, «HEATING OFF TECHNOLOGY», antifrost additive, hardening at subzero temperatures, digitalization of the processes of strength gain, heat emission, ambient temperature, technical support

ВСТУП

Проведення будівельних робіт в холодний

період (середньодобова температура менше +5°C, а мінімальна – менше 0 °C) потребує застосування додаткових заходів щодо забезпечення тверднення бетонів при від'ємних температурах. З цією метою на будівельному майданчику, зазвичай, застосовують енергоємні методи прискорення тверднення бетону, найбільш поширеним з яких є електропрогрів конструкцій за допомогою нагрівального кабелю типу ПНСВ та електродів з арматурного прокату гладкого профілю.

Для ефективного енергозбереження в технології зимового бетонування є необхідність застосування нових технологічних рішень, які забезпечують тверднення бетону на морозі без додаткових заходів. Згідно з [1, 2], проектний склад в симбіозі з новим поколінням протиморозних добавок повинен забезпечувати набір міцності бетоном при від'ємних температурах до 30% від проектною на 28 добу тверднення. При досягненні бетоном такої міцності при твердненні на морозі забезпечуються умови його подальшого сталого тверднення після розморожування і отримання необхідної міцності.

Особливістю тверднення таких бетонів є, з одного боку, необхідність бетону мати підвищене тепловиділення, що повинно забезпечувати протікання інтенсивних процесів його структуроутворення і, таким чином, забезпечувати його швидкий набір міцності, а з іншого боку – мати повільне протікання процесів структуроутворення для можливості транспортування бетонної суміші до місця її укладання.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Інноваційним центром ТОВ «АСТОР І КО» була розроблена технологія «HEATING OFF TECHNOLOGY», що складається з наступних компонентів:

1. Рецепт бетонної суміші, яка здатна тверднути при від'ємних температурах навколишнього середовища;
2. Діджиталізація процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища в онлайн-режимі за допомогою системи «Maturix», що складається з:
 - моніторингових датчиків «Gaia 200», що під'єднуються до закладених в конструкцію термопар та знімають показники температури;
 - станції бездротового зв'язку «Sigfox Gateway», яка отримує зчитані дані з датчиків за допомогою 0G мережі, конвертує їх та передає в мережу Інтернет;
 - програмного забезпечення «Maturix», яке дає змогу онлайн зі смартфона або комп'ютеру отримувати показники температури та міцності в конструкції;



- градувальних кривих, побудованих Інноваційним центром з використанням адіабатичної камери для математичного розрахунку залежності температури до кінетики набору міцності.
3. Технічний супровід спеціалістами Інноваційного центру, які розробляють технологічний регламент та здійснюють контроль за процесами бетонування, ущільнення, догляду, а також відстежують кінетику набору міцності та температуру в бетоні. За результатом проведеної роботи надають звіт та протокол випробування міцнісних характеристик конструкції.

В результаті проведених досліджень з оптимізації складу бетону, а саме: застосування швидкотверднучих портландцементів, виготовлених на основі клінкеру нормованого складу з пониженою водопотребою, гранулометричного складу, різних мінеральних добавок та хімічних добавок нового покоління, був отриманий бетон з бетонної суміші БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Кінетика набору міцності на стиск бетону основного складу наведена на рис. 1. Так, при твердненні в нормальних умовах бетон основного складу мав міцність на стиск 38,8 МПа, в той час як міцність бетону контрольного складу становила 34,24 МПа.

Результати проведених порівняльних випробувань визначення тепловиділення бетонів контрольного і основного складів згідно з [3] наведені на рис.2.

Аналізуючи ці результати можна дійти до наступних висновків. Через 15-18 годин тверднення бетон основного складу має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення приблизно складає 14-15 %. Таке збільшення тепловиділення повинне забезпечувати інтенсивне тверднення на морозі. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні цих складів не перевищує 7-8 %, що свідчить про можливість безпечного транспортування на морозі бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні реологічних характеристик.

Паралельно були проведені промислові

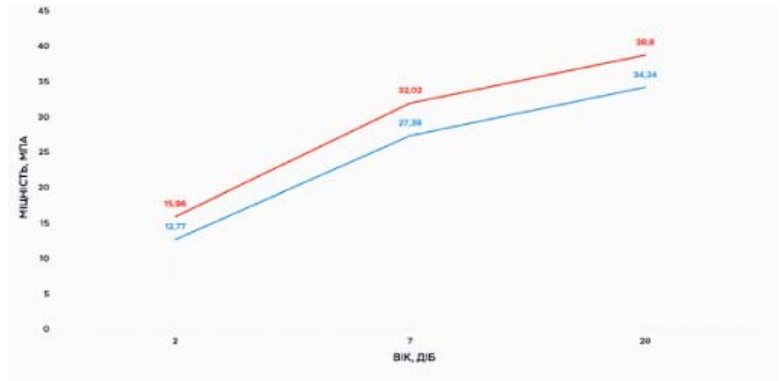


Рисунок 1 – Графік набору міцності бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за нормальних умов тверднення

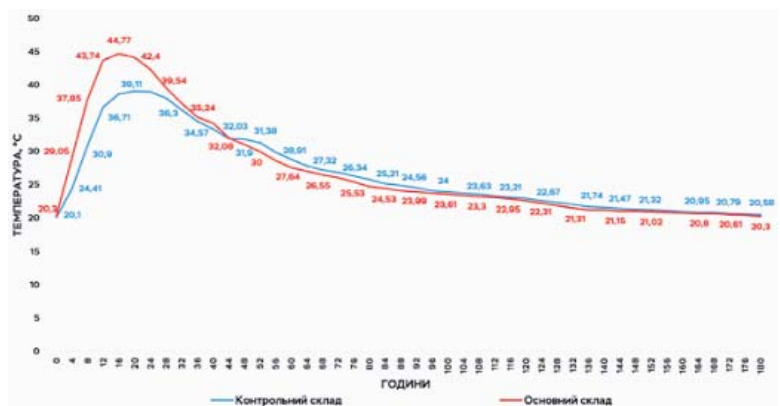


Рисунок 2 – Тепловиділення бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за нормальних умов тверднення

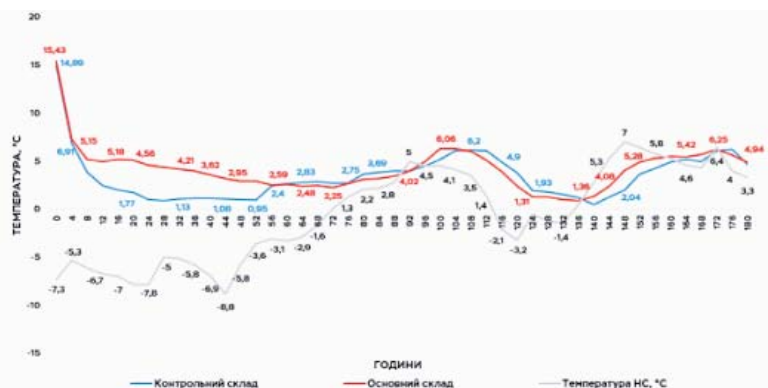


Рисунок 3 – Тепловиділення бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за температури навколишнього середовища (сіра лінія)

дослідження тих самих складів бетону, що тверднули в умовах навколишнього середовища при температурах плюс 5 °С – мінус 8 °С без додаткового догляду за ними.

Результати проведених порівняльних випробу-



вань визначення тепловиділення бетонів контрольного і основного складів в умовах навколишнього середовища згідно з [3] наведені на рис. 3.

Після аналізу даних, наведених на рис. 3, видно, що процеси тепловиділення, а отже-гідратації, за від'ємних температур відбуваються інтенсивніше в бетоні, який виготовлений за технологією «НОТ», ніж в контрольному складі. Лише з підвищенням температури і переходом її вище відмітки нуля, процеси тепловиділення вирівнюються в обох складах бетонів. Такі дослідження в натурних умовах дозволяють зробити висновок про ефективність застосування технології «НОТ» при бетонуванні в зимових умовах без додаткового догляду за конструкціями.

При твердненні за даних умов бетон, виготовлений за технологією «НОТ», при випробуваннях кернів, вибурених з конструкції, на 7 добу мав міцність на стиск 23 МПа, а на 28 добу – 38,3 МПа, в той час як контрольний бетон на 7 добу мав міцність 12,6 МПа, а на 28 добу – 20,5 МПа.

Оскільки позитивними температури навколишнього середовища були протягом майже 50 % часу (рис.3), контрольний склад набрав 62,6 % від проектної міцності, а в той же час міцність на стиск основного складу становить 117,2 % (рис. 4).

Отримані позитивні показники росту міцності бетону і його тепловиділення при позитивних

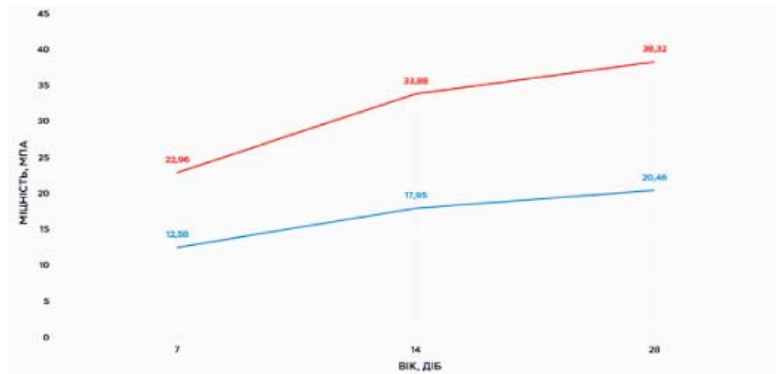


Рисунок 4 – Графік набору міцності бетону основного складу (червона лінія) і контрольного складу (синя лінія) за температури навколишнього середовища.

температурах дозволили перейти до проведення дослідження в ДП НДІБК його здатності тверднути на морозі згідно з [2]. В якості від'ємної температури досліджень була прийнята температура мінус 7 °С. Основні зразки бетону одразу після формування були поміщені до морозильної камери, охолодженої до температури мінус 7 °С, контрольні зразки – до камери нормального тверднення. Результати досліджень міцності на стиск зразків у віці 28 діб наведені в табл. 1.

Згідно з результатами випробувань, контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, які тверднули в нормальних умовах, що не

Таблиця 1 – Міцність бетону, випробуваного в лабораторних умовах

Умови тверднення	Зразок №	Середня густина бетону, кг/см ³	Руйнівне зусилля, F, Н	Міцність зразка, fс, МПа	Міцність партії, МПа
Нормальні умови тверднення	Контр.-1	2381	370000	35,19	34,4
	Контр.-2	2384	355000	33,66	
	НОТ-1	2382	407500	38,91	39,1
	НОТ-2	2381	415000	39,35	
-7 °С	Контр.-3	2341	96250	9,05	9,1
	Контр.-4	2364	97500	9,22	
	НОТ-3	2343	138750	13,01	13,1
	НОТ-4	2365	140000	13,21	



задовольняє вимогам [2], а досліджуваний основний склад бетону за технологією «НОТ» – 33,5 %, що задовольняє та перевищує вимоги [2].

Отримані показники міцності бетону в лабораторних умовах підтверджують результати досліджень, що отримані в натурних умовах: міцність основного складу, що тверднув 28 діб в нормальних умовах, вища за міцність контрольного складу в тих же умовах.

Однією з основних вимог до бетону є збереження в ньому пасивного стану арматури. Відповідні дослідження щодо відсутності протікання процесів корозії арматури в бетоні були проведені в ДП НДІБК згідно з [4].

Значення густини струму при випробуванні зразків з бетону, отриманого за технологією «НОТ», знаходяться в допустимих межах – арматурна сталь в бетоні перебуває в пасивному стані. Підтвердженням цьому є характер анодної поляризаційної кривої сталі в бетоні, що наведено на рис. 5.

Густина струму при потенціалі +300 мВ не перевищує встановленого в [4] значення 10 мкА/см². На поверхні сталевих стрижнів слідів корозійного ураження не виявлено.

Діджиталізація процесів набору міцності та тепловиділення бетону, моніторинг температури навколишнього середовища та технічний супровід, який контролює бетонування конструкцій в промислових умовах. Ці складові технології «НОТ» виконуються спеціалістами ТОВ «АСТОР І КО» під час бетонування монолітних вертикальних і горизонтальних залізобетонних конструкцій на об'єктах будівництва.

Дослідження кінетики набору міцності та температури бетонної конструкції було проведено за допомогою онлайн-системи моніторингу «Maturix».

При бетонуванні плити перекриття використовувалась готова бетонна суміш БСГ В25 Р4 F200 W6 НОТ.

При вивантаженні з бетонозмішувача температура бетонної суміші становила 15,1 °С, а її рухливість – 19 см (рис.6).

Плиту перекриття зображено на рис. 7. Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 8, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис. 9.

Згідно з даних на рис. 9, конструктив за 168 годин набрав 70 % міцності. При цьому температура навколишнього середовища була в межах від плюс 5 °С до мінус 8 °С, а саме:

- від'ємною – протягом 111 годин (66 % часу);
- плюсовою – протягом 57 годин (34 % часу).

Максимальна температура нагріву бетону склала – 6,9 °С.

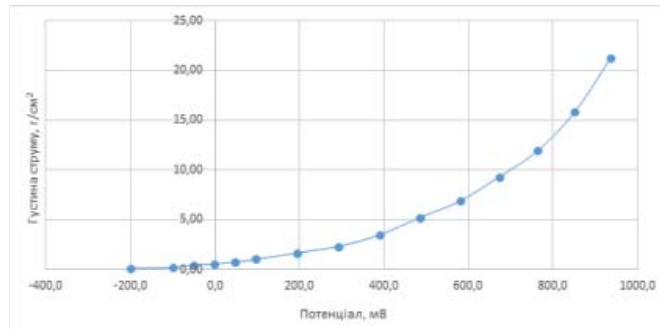


Рисунок 5 – Анодна поляризаційна крива за результатами випробування зразків бетону за технологією «НОТ»



Рисунок 6 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 7 – Забетонувана конструкція на 5 добу тверднення

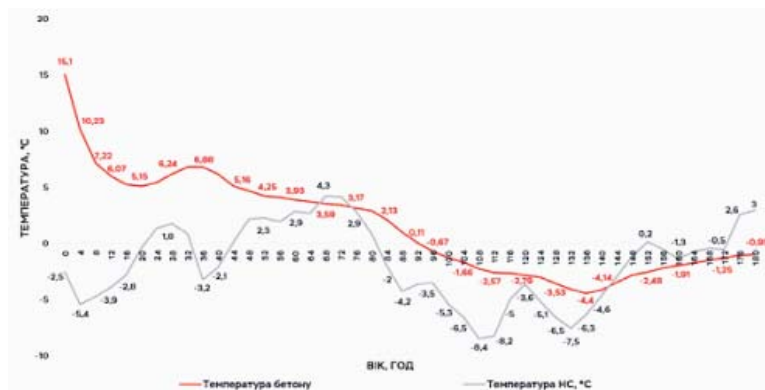


Рисунок 8 – Температурні показники бетону конструкції

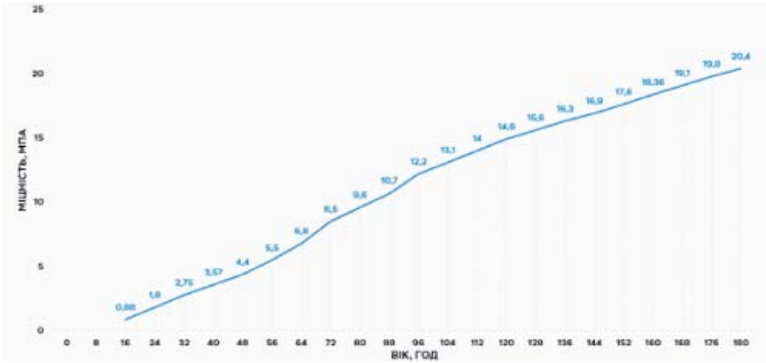


Рисунок 9 – Кінетика набору міцності бетону тверднення



Рисунок 10 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 11 – Забетонована конструкція на 2 добу тверднення

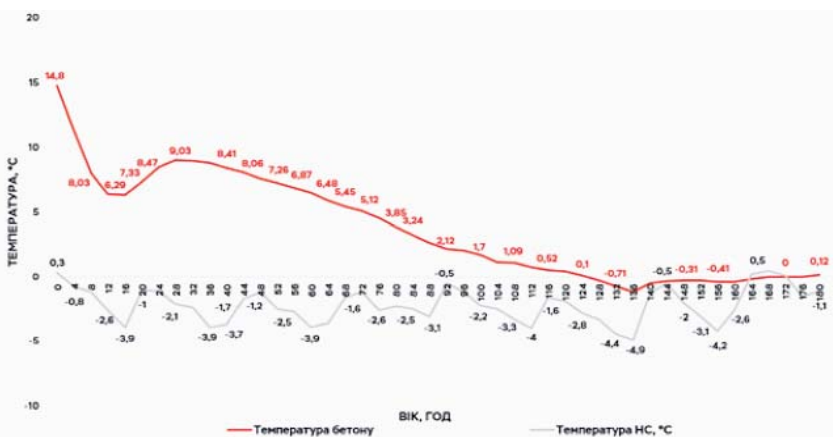


Рисунок 12 – Температурні показники бетону конструкції

Згідно з даними кінетики набору міцності, за 15 діб тверднення забетонована конструкція в середньому набрала 25,3 МПа, що складає 92,8 % від гарантованого класу міцності бетону В25.

За допомогою онлайн-системи моніторингу «Maturix» в режимі реального часу проводились дослідження набору міцності та тепловиділення в залежності від температур навколишнього середовища. За результатами онлайн-моніторингу можна зробити висновок, що за відсутності електрообігріву (або іншого догляду за бетоном в конструкції) при існуючих умовах оточуючого середовища, через 168 годин для БСГ В25 Р4 F200 W6 НОТ був досягнений показник міцності в 70,0 %, що дозволило починати демонтаж опалубки, оскільки була досягнута необхідна для цього міцність.

При бетонуванні горизонтальної конструкції (пандуса) використовувалась бетонна суміш БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Температура бетонної суміші, взятої з бетонозмішувача, становить 14,8 °С, а рухливість бетонної суміші відповідає марці Р4 (рис.10).

Загальний вигляд конструкції на 2 добу після бетонування зображено на рис. 11.

Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 12, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис.13.

Згідно з даними, наведеними на рис. 13, конструктив за 180 годин набрав 77,4 % міцності від гарантованого класу міцності бетону В30. На 7 добу було проведено випробування конструктиву неруйнівним методом контролю. Показник міцності склав 24,7 МПа, що складає 75,5 %.

При цьому конструкція тверднула увесь час в зимових умовах, оскільки температура навколишнього середовища протягом всього часу набору міцності була в межах від плюс 5 °С до мінус 5 °С.

Максимальна температура нагріву бетону становила 9 °С.

При бетонуванні вертикальної конструкції використовувалась бетонна суміш БСГ В30 Р4 F200 W6 НОТ. Температура бетонної суміші, взятої з бетонозмішувача, становить 15,5 °С, а рухливість бетонної суміші відповідає марці Р4 (рис.14).

Загальний вигляд конструкції на 2 добу після бетонування зображено на рис. 15.

Тепловиділення залізобетонної конструкції наведено на рис. 16, кінетику набору міцності та температури бетонної конструкції – на рис.17.

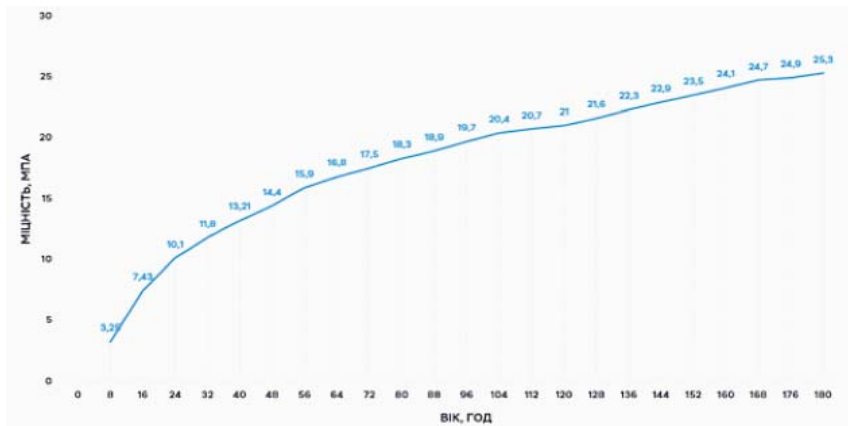


Рисунок 13 – Кінетика набору міцності бетону



Рисунок 14 – Температура та рухливість бетонної суміші



Рисунок 15 – Забетонована конструкція на 2 добу тверднення

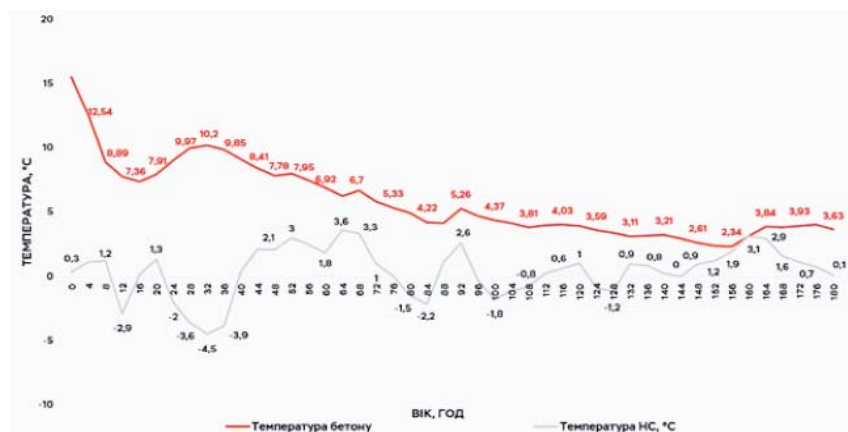


Рисунок 16 – Температурні показники бетону конструкції

Максимальна температура нагріву бетону становила 10 °С (рис. 16).

Згідно з даними, наведеними на рис. 17, конструктив за 180 годин (7,5 діб) набрав 84,7 % міцності від гарантованого класу міцності бетону В30. На 9 добу було проведено випробування конструктиву неруйнівним методом контролю. Показник міцності склав 28,6 МПа, що складає 87,5 %.

При цьому, конструкція тверднула увесь час в зимових умовах, оскільки температура навколишнього середовища протягом всього часу набору міцності була в межах від плюс 5 °С до мінус 5 °С.

ВИСНОВКИ

1. Показана ефективність розробленої технології зимового бетонування «HEATING OFF TECHNOLOGY» з діджиталізацією процесів набору міцності, тепловиділення та температури навколишнього середовища в онлайн-режимі за допомогою системи «Maturix» щодо застосування протиморозних добавок в бетоні. Монолітні конструкції набирають міцність при від'ємних температурах навколишнього середовища -7° С без додаткового догляду за ними у вигляді електропрогріву.
2. Встановлено, що через 15-18 годин тверднення бетон, отриманий за технологією «НОТ», основного складу має найбільше значення тепловиділення, порівняно з бетоном контрольного складу. Це збільшення приблизно складає 14-15 %. В той же час, на ранній стадії тверднення протягом перших двох годин різниця в тепловиділенні основного і контрольного складів бетону не перевищує 7-8 %. Це свідчить про можливість безпечного транспортування на морозі бетонної суміші до місця укладання без її замерзання при одночасному збереженні рухливості.
3. Встановлено, що контрольний склад бетону за від'ємної температури тверднення набирає 26,4 % від міцності зразків, що тверднули в нормальних умовах. В той же час, досліджуваний основний склад бетону, отриманий за технологією «НОТ», набирає в тих же умовах 33,5 % від міцності зразків, що забезпечує умови для подальшого тверднення бетону після його розморожування.

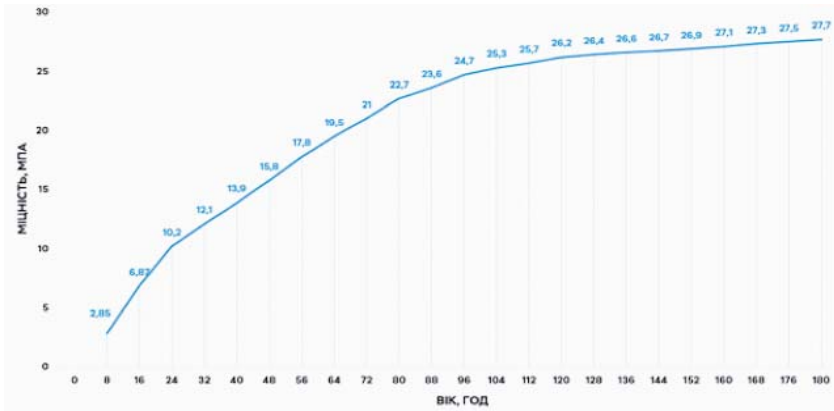


Рисунок 17 – Кінетика набору міцності бетону

3. DSTU B V.2.7-225:2009. (2010). Building materials. Concretes. Method for determination of exothermic heat at hardening. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
4. DSTU B V.2.6-181:2011. (2012). Protection of concrete and reinforced concrete structures from corrosion. Test methods. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції
02.09.2023

4. Бетон, отриманий за технологією «НОТ», не спричиняє корозії арматури і забезпечує її пасивний стан.
5. Отримані дані випробування бетону в лабораторних умовах підтверджуються результатами, отриманими в промислових умовах на різних будівельних об'єктах. Так, за відсутності електрообігріву або іншого догляду за бетоном в вертикальних або горизонтальних конструкціях в зимових умовах для існуючих умов оточуючого середовища, через 7 діб досягається показник міцності не менше 70,0 % від проектної, що дозволяє починати демонтаж опалубки.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. Москва: Стройиздат, 1975. 192 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-69-98 (ГОСТ 30459-96). Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності. Київ: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 1998.
3. ДСТУ Б В.2.7-225:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Метод визначення тепловиділення при твердненні. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. ДСТУ Б В.2.6-181:2011. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань. Київ: Мінрегіон України, 2012.

REFERENCES

1. Guide to Winter Concrete Work Using the Thermo Method. (1975). Moscow: Stroyizdat.
2. DSTU B V.2.7-69-98 (GOST 30459-96). Additives for Concrete. Methods of Determining Effectiveness. (1998). Kyiv: State Committee for Construction, Architecture, and Housing Policy of Ukraine.