

УДК 666.972.16(088.8)

### Сучасний спосіб зведення монолітних споруд у зимовий час

Андрух С.Л. к.т.н., ст. викл.

Юрченко О.В. к.е.н., доц.

Галушка С.А. ст. викл.

**Анотація** Сучасні технології, які мають значну кількість способів виготовлення монолітних залізобетонних конструкцій у зимовий період, серед цього пріоритетом у розробці яких належать радянські інженери та вчені [1, 2]. Обґрунтовані в публікаціях принципи зимового бетонування, відображені в нормативних документах, і є достовірними в сьогоденні.

Але у більшості виконаних раніше дослідженнях були запропоновані методи та способи в основу яких для масивних конструкцій - фундаменти під колони та обладнання, тунелі і т.п., але майже немає рекомендацій зі зведення будинків і споруд в цілому як система, що складаються з окремих конструкцій. Враховуючи, що за останні роки змінилися конструктивні рішення будівель з монолітного залізобетону, з'явилися нові опалубні системи, ефективні утеплювачі і т.п. Разом з цим в монолітному будівництві відзначається і негативні фактори, що призводять до зниження якості конструкції, підвищенню трудомісткості і збільшення термінів виробництва робіт.

Маючи тривалі спостереження за термінами зведення багатоповерхових монолітних будівель, де враховується демонтаж опалубки колон, плити перекриття та покриття та подальше завантаження конструкцій у зимовий час відбувається через 100 годин і більше. Виходячи з цього це призводить до уповільнення термінів закінчення будівельних робіт, зменшуючи оборотність дорогих опалубочних систем, які в свою чергу знижує якісні показники. Виходячи з проведення комплексних досліджень [3, 4], метою яких було отримання даних за темпами набору міцності важких бетонів, враховуючи позитивні та негативні температури і в умовах раннього навантаження. Відмінною особливістю експериментальних досліджень було те, що підчас приготування бетонної суміші імітуючи реальні умови роботи у дві стадії. Цей процес складається з дозування, завантаження та перемішування всіх компонентів у стаціонарному змішувачі, а потім додаткового перемішування автобетонозмішувачі в процесі транспортуванні і перед подачею бетонної суміші.

З отриманих даних за міцністю бетону істотно відрізняється від таких величин, які наведені у довідниках та посібниках. Публікації, які були опубліковані ще 30 років тому за останній час не публікувалися. Під час досліджень було встановлені можливості термообробки бетонів, які зазнали заморожування в ранньому віці. Під час раннього

навантаження бетонів класів C25/30 - C55/60 робить позитивним вплив на фізико-механічні властивості бетонів. В залежності від початкової міцності і температури заморожування та часу твердіння при позитивних температурах. При виконанні комплексу досліджень дав підстави для того щоб запропонувати новий спосіб зведення багатоповерхових монолітних будівель підчас зимового періоду.

**Ключові слова:** зимовий період, заморожування, термообробка, фізико-механічні властивості бетону, опалубка, міцність, температура заморожування.

**Текст статті** Вивчаючи сутність способу полягає в тому, що термообробка та витримання монолітних конструкцій здійснюють у кілька стадій. На першій стадії в залежності від конструктивної схеми будинку і типу опалубної системи, тепловий вплив може бути здійснений шляхом прогріву бетону перекриттів та інших конструкцій нагрівальними пристроями, розташованими або всередині конструкції, або всередині опалубної системи. Термообробка конструкції ведеться до набору бетоном часткової міцності, після чого опалубка витягується, і на інших стадіях продовжують теплову обробку вже без опалубки, забезпечуючи необхідний температурний режим твердіння і поступове зниження температури в конструкціях. Попередньо здійснюється розбивка на горизонтальні і вертикальні захватки. Якщо кількість горизонтальних захваток обумовлено, в основному можливостями будівельної організації, то вертикальні захватки забезпечують поступове зниження температур і дотримання нормативних вимог по швидкості охолодження і допустимим перепадам (рис.1).

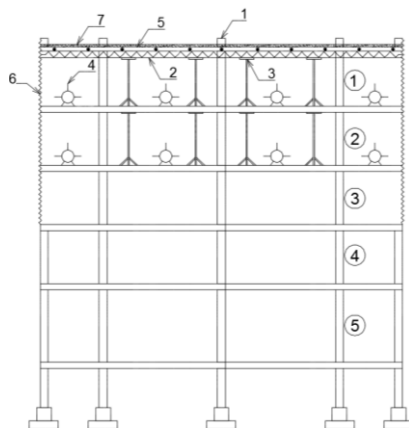


Рис. 1. Поярусна термообробка і витримка бетону в конструкціях багатоповерхових будівель: 1- монолітні конструкції; 2- опалубна система; 3- стійки; 4- калорифери; 5- гріючий дріт; 6-штори для утеплення; 7- утеплювач; (1)-(5) - яруси (захватки) термообробки і витримки бетону: 1- зона активної термообробки ( $t= 40-50^{\circ}\text{C}$ ); 2- зона витримки з обігрівом ( $t=20-30^{\circ}\text{C}$ ); 3- зона регульованого охолодження ( $t= 20-0^{\circ}\text{C}$ ); 4-зона охолодження ( $t= 0-5^{\circ}\text{C}$ ); 5-зона готових конструкцій.

Іншою особливістю нової технології є поярусне витримання бетону. Суть його полягає в наступному. Якщо на якому-небудь етапі, позначеному символом I, термообробка виконується двома способами - 1) гріючий дріт в перекритті або калорифери, то на

наступному ярусі (на поверсі N - 1) тепло подається в забетонований осередок монолітної будівлі тільки за допомогою калориферів. На нижньому ярусі (поверх N - 2) здійснюється дозоване охолодження бетону (або за рахунок регулювання втрат тепла, або за рахунок дозованих теплових імпульсів - залежно від температури зовнішнього повітря). Ярусом нижче (поверх N - 3) тепло або не подається, або подається, або подається, залежно від кліматичних умов та умов виконання інших робіт.

У розробленому стандарті "Правила виконання бетонних робіт при зведенні багатоповерхових монолітних цивільних будинків у зимовий час" (ТОВ "Масив") представлена така технологічна послідовність. Після укладання бетонної суміші в опалубку теплову обробку ведуть до отримання бетоном мінімальної розпалубної міцності. Ця величина призначається з урахуванням рекомендацій, викладених у [3,4]. Потім процес прогрівання припиняють, здійснюють демонтаж опалубних щитів або об'ємно - переставної опалубки, зберігаючи тепло. Далі продовжують тепловий вплив по всій конструкції раніше виконаних конструкцій. На останніх стадіях витримування здійснюється поступове охолодження конструкцій, найчастіше без теплового впливу на бетон. За рахунок цього ефект досягнення за рахунок поярусної теплової обробки, а також використання фактору часу. Для цього застосовуються математичні рівняння, які отримані у вигляді аналітичних виразів, графіків або таблиць.

Відмінністю запропонованої технології є й те, що на другій і наступних стадіях витримування для зменшення температурних напружень застосовують м'які температурні режими обігріву. Такі режими збільшують час витримування, але не впливають на терміни будівництва. Опалубки використовуються в наступній горизонтальній захватці. Важливою перевагою застосування м'яких температурних режимів є можливість зниження потужності нагрівальних пристроїв, так як основна витрата енергії пов'язана з підйомом температури. При цьому знижуються температурні градієнти в бетоні і тим самим зменшується ймовірність появи небезпечних термонапружень і тріщин.

Новий спосіб у порівнянні з відомими має такі переваги:

- теплова обробка здійснюється до набування бетоном значно меншої розпалубної міцності, що дозволяє збільшити оборотність опалубки, що скорочує термін будівництва;
- застосування м'які температурні режими, що забезпечують зниження установленої потужності і поліпшення якості бетону;
- теплова обробка здійснюється в декілька стадій по ярусно, що дозволяє регулювати температурні режими і необхідну міцність бетону на кожному ярусі залежно від темпів зведення будівлі, температури зовнішнього повітря, наявних потужностей для прогріву. Запропонована технологія певною мірою розвиває спосіб раннього навантаження різних

конструкцій в зимовий час [3]. Сутність цього полягає у взаємозв'язку зростаючих технологічних навантажень і темпу зміни міцності бетону на різних етапах зведення багатоповерхової монолітної будівлі.

Технологія раннього навантаження дозволяє частково навантажувати конструкції фундаментів, колон, стін, при досягненні бетоном міцності 20-50%, перекриттів - 40-70% від проектної. При цьому скорочується тривалість будівництва за рахунок суміщення процесів витримування і навантаження, зменшення часу теплової обробки бетону. Якщо провести ранню розпалубку і навантаження значно підвищують ефективність будівництва, так як монолітні бетонні роботи знаходяться на критичному шляху технологічного процесу зведення багатоповерхових монолітних будівель, а інтенсивність роботи пов'язана з кількістю комплексів і темпом оборотності опалубки. Навантаження певної величини, прикладене в ранньому віці, призводить до ущільнення цементного каменю, сприятливий зміні форм і розмірів капілярів і мікропорожнин. Як результатом перерахованих процесів прискорюється зростання міцності бетону, поліпшується його фізико-механічні характеристики.

Розроблені рекомендації реалізовані на об'єктах міста Києва. Так у 2017 - 2018 роках зводився монолітний шістнадцяти поверховий житловий будинок в об'ємно-переставній опалубці. Внутрішні монолітні стіни і перекриття виготовлялися в одному циклі. Виготовлення монолітних конструкцій здійснювалося за допомогою гріючих пристроїв, калориферів та теплозахисних штор. У відповідності до раніше отриманих рекомендацій, після укладання бетонної суміші класу C25/30, оброблялася теплової обробкою вели до придбання 40% проектної міцності (критична характеристика при замерзанні). Після цього прогрів призупиняється, знімали несучу опалубку, установлювали тимчасові стійки і продовжували термообробку до отримання міцності бетону 70% від  $R_{28}$  діб. При цьому комплект опалубки вивільняється не через 72 години (якби була досягнута міцність 70%), а через 36 годин. При низьких температурах зовнішнього повітря (нижче  $-25^{\circ}\text{C}$ ) для виконання умов ДБН В.2.6-160:2010 з обмеження швидкості охолодження і різниці температур бетону та зовнішнього повітря при розробці слід залишати утеплення на раніше зведених поверхах, як це зображено на рис.1. При організації чотирьох захваток на поверсі і використанні одного комплексу опалубки (площею на захватку) загальне скорочення термінів будівництва складає  $(3 - 1,5) \times 4 \times 16 = 96$  діб. При нормативній тривалості будівництва 16 поверхового монолітного будинку становить від 12 - 16 місяців скорочення термінів будівництва складає 20-26%.

Додавання добавок для зимового бетонування монолітних споруд вводяться для запобігання замерзання води в бетонній суміші при низьких температурах. Це дозволяє

забезпечити набір міцності бетону в зимовий час. Вид та кількість протиморозної добавки призначається залежно від температури навколишнього середовища. Для монолітних конструкцій середньої масивності (з модулем поверхні від 3 до 6) за розрахункову температуру приймають середню величину температури зовнішнього повітря за прогнозом на перші 20 діб від моменту укладання бетону. Для масивних монолітних конструкцій (з модулем поверхні менше 3) за розрахункову приймають також середню температуру зовнішнього повітря на перші 20 діб твердіння із збільшенням температури на  $5^{\circ}\text{C}$ . Для конструкцій з модулем поверхні більше 6 за розрахункову приймаємо мінімальну середню температуру зовнішнього повітря за прогнозами на перші 20 діб твердіння бетону [5]. Нормативні документи [5, 6] рекомендоване невелике число протиморозних добавок: НКС (з'єднання нітриту кальцію з сечовиною); ННХК + С (нітрит - нітрат хлорид кальцію з сечовиною); НН - нітрит натрію; П - поташ; НН + П - нітрит натрію + поташ. Всі перераховані добавки можуть бути застосовані при температурі не нижче  $-25^{\circ}\text{C}$ , що обмежує можливість їх використання в суворих умовах Казахстану, Уралу і Сибіру обумовлюючи необхідність пошуку добавок з більш низькими температурним діапазоном застосування і з використанням місцевих матеріалів [7]. До того ж зросли в останні роки темпи використання монолітного будівництва ініціюють створення принципово нових технологій виробництва бетонних робіт при низьких негативних температурах [8].

Відомо, що зниження температури до  $0^{\circ}\text{C}$  це призводить до уповільнення процесу твердіння (тужавіння) бетонної суміші. Особливо це помітно в ранньому віці твердіння, оскільки зменшення швидкості взаємодії води з мінералами цементу. В іншому випадку позначається зниження температури на формувальні структури бетону: внаслідок температурного стиснення складових, більш повного проходження процесу седиментації, формується більш щільна структура бетону. У зв'язку з цим у монолітному бетоні в якому не містяться протиморозні добавки, основна кількість води переходить в лід при температурі до  $-5^{\circ}\text{C}$  (для високих марок цементу ця характеристика температури нижче). Враховуючи фізико-механічні характеристики бетону, як пористість, питома поверхня бетону змінюється в часі, то і температура замерзання також непостійна і багато в чому визначається цими факторами. Дослідження показали, що основна маса льоду утворюється при зниженні температури до  $-5^{\circ}\text{C}$ , де льодовий стан конструкції становить 78% у важкому бетоні, при цьому твердіє 24 години в нормальних умовах, і 94% у замороженому відразу після приготування.

Авторами статті отримані результати при використанні добавки - побічного продукту виробництва диметилдіоксана, зокрема триметилкарбінольної фракції кубових залишків від ректифікації диметилдіоксана. Продукт виробництва диметилдіоксана характеризується

наступним хімічним складом у відсотках: триметилкарбінол/ трет- бутиловий спирт - 73,25%; 4,4 - диметилдіосан - 1,3% - 7,20%; метиловий спирт - 3,74%; ненасичені спирти - 2,44%; 2 - метил - 3,4 - дигідропіран - 0,17%.

Як бачимо з таблиці 1 бетонна суміш-прототип не дозволяє отримати розрахункову марочну міцність бетону при твердненні її при температурі нижче 0<sup>0</sup>С. Суміш триметилкарбінної фракції кубових залишків від ректифікації диметилдіоксана забезпечує інтенсивний набір міцності бетону при температурі до -37<sup>0</sup>С. Це відкриває перспективи істотного підвищення ефективності виробництва монолітних бетонних робіт.

Таблиця 1. Результати дослідження бетонних сумішей

| № складу             |   | Температура твердіння бетонної суміші, °С | Зниження В/Ц в рівнорухливій суміші, % | Міцність при стисканні у віці 28 діб, % |
|----------------------|---|---|--|---|
| Контрольний          |   | +20                                       | -                                      | 100                                     |
|                      |   | 0   |  | 62                                      |
|                      |   | -5  |  | 5                                       |
| Прототип             |   | +20                                       | 3,4                                    | 11                                      |
|                      |   | 0   |  | 64                                      |
|                      |   | -5  |  | 12                                      |
| Запропонований склад | 1 | +20                                       | 13,6                                   | 132                                     |
|                      |   | -24                                       |  | 58                                      |
|                      | 2 | +20                                       | 13,6                                   | 130                                     |
|                      |   | -24                                       |  | 56                                      |
|                      | 3 | +20                                       | 5,7                                    | 113                                     |
|                      |   | 0   |  | 73                                      |
|                      |   | -5  |  | 28                                      |
|                      | 4 | +20                                       | 17,0                                   | 134                                     |
|                      |   | -37                                       |  | 47                                      |
|                      | 5 | +20                                       | 13,6                                   | 136                                     |
|                      |   | -24                                       |  | 56                                      |

Виходячи з отриманих результатів, які наведені в таблиці 1 можна очікувати значного підвищення продуктивності праці при виробництві цих робіт, варто уваги зниження рівня питомих трудовитрат, а також більш рівномірного протягом року застосування механізмів.

**Висновок** в роботі наведені результати досліджень по використанню в якості ефективної протимороною добавки для зимового бетонування - побічного продукту виробництва диметилдіосана, зокрема, триметилкарбинольної фракції кубових залишків від ректифікації диметилдіоксана. Введення добавки в бетонну суміш забезпечує інтенсивний набір міцності бетону при температурі до -37<sup>0</sup>С.

#### Список використаної літератури

1. Вавилов М.В. Зимние строительные работы/ М.В. Вавилов, И.Г. Совалов. -М.: Строиздат, 1982. -205с.

2. Крылов Б.А. Вопросы теории и производственного применения электрической энергии для тепловой обработки бетона в различных температурных условиях/ Б.А. Крылов. -М.: 1989.-32с.
3. Головнев С.Г. Технология зимнего бетонирования/ С.Г. Головнев. - Челябинск: 1999. -78с.
4. Головнев С.Г. Технология ускоренного возведения многоэтажных зданий из монолитного бетона/ С.Г. Головнев, Л.А. Беркович// Академ. вестник УралНИИПроект РААСН. -2009. М1. -С. 75-77.
5. ДБН В.2.6-160:2010 Конструкції будинків і споруд. Сталезалізобетонні конструкції. Основні положення. Видання офіційне. -Київ. Мінрегіонбуд України, 2010.
6. ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования.
7. Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками: НИИЖБ. -М.: Стройиздат, 1978. -81с.
8. Головнев С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выборов методов/ С.Г. Головнев. Челябинск, 1999. -148с.

### **A modern way of erecting monolithic structures in winter**

**Andrukh S.L. Ph.D., senior lecturer**

**Yurchenko O.V. Ph.D., docent**

**Galushka S.A. senior lecturer**

**Abstract** Modern technologies that have a considerable number of ways of manufacturing monolithic reinforced concrete structures in winter, among which the priority in the development of which belong to Soviet engineers and scientists [1, 2]. The principles of winter concreting, which are reflected in the normative documents, are substantiated in the publications, and are reliable today.

But most of the previous studies have suggested methods and methods that are the basis for massive structures - foundations for columns and equipment, tunnels, etc., but there are almost no recommendations for the construction of buildings and structures as a whole, consisting of separate structures . Considering that in recent years the structural decisions of buildings made of monolithic reinforced concrete have changed, new formwork systems, efficient heat insulation, etc. have appeared. However, in the monolithic construction there are also negative factors that lead to a decrease in the quality of the structure, increase the complexity and increase the time of production. With long-term observation of the timing of the construction of multi-storey monolithic buildings, which takes into account the dismantling of the formwork of columns, floor slabs and coatings and subsequent loading of structures in the winter time occurs after 100 hours or more. On this basis, it leads to a slower completion of construction work, reducing the turnover of expensive formwork systems, which in turn reduces the quality indicators. Based on comprehensive studies [3, 4], the

purpose of which was to obtain data on the rate of strength of heavy concrete, taking into account the positive and negative temperatures and in the conditions of early loading. A distinctive feature of the experimental studies was that during the preparation of the concrete mixture, imitating real working conditions in two stages. This process consists of dispensing, loading and mixing all the components in a stationary mixer, followed by additional mixing of the concrete mixer during transportation and before the concrete mixture is fed.

From the data obtained, the strength of concrete differs significantly from the values given in the guides and manuals. Publications published 30 years ago have not been published lately. Research has identified the possibility of heat-treating concretes that have been frozen at an early age. During early loading of C25 / 30 concrete, C55 / 60 has a positive effect on the physical and mechanical properties of concrete. Depending on the initial strength and freezing temperature and solidification time at positive temperatures. In carrying out the complex of researches, he gave grounds to offer a new way of erecting multi-storeyed monolithic buildings during the winter period.

**Keywords:** winter, freezing, heat treatment, physical and mechanical properties of concrete, formwork, strength, freezing temperature.