

15. Фокин К.Ф. Сорбция водяного пара строительными материалами: [Текст]/К.Ф. Фокин.- Москва: Стройиздат, 1969.
16. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий [Текст] / К.Ф. Фокин.- Москва: Стройиздат, 1973.-287 с.
17. СНиП11-3-79\* Строительная теплотехника [Текст]. - Взамен СНиП II-A.7-71; введ. ОГ.07.1979. - М.: ГУП ЦПП, Госстрой РФ, 1998.
18. ГОСТ 24816-81 Материалы строительные. Методы определения сорбционной влажности [Текст]; - введ. 01.01.1982. - М.: Издательство стандартов; 1981.
19. Лариков Н.Н. Теплотехника [Текст]: учеб. пособие для вузов / Н.Н. Лариков. - 3-е изд. перераб. и доп. - М. Стройиздат, 1985; г 432 с, ил.
20. СП 23-101-2004 Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловой защиты зданий [Текст]. - введ. 01.06.2004. - М. 2004.
21. Гусев Н.М. Основы строительной физики [Текст]: учебник для вузов / Н.М. Гусев. - М.: Стройиздат, 1975. - 440 с.
22. Мачинский В. Д. О конденсации паров воздуха в строительных ограждениях [Текст] / В.Д. Мачинский. //Строительная промышленность. - М., 1927. - № 1. - С. 60-62.

*Разработана методика и программа расчета тепло-влажностного состояния многослойных ограждающих конструкций в нестационарном режиме позволяют проводить анализ и экспертизу принимаемых проектных решений по тепловой изоляции зданий и сооружений.*

*The method and program calculating heat and humidity of multilayer walling in non-stationary mode allow for analysis and examination of the design decisions of the thermal insulation of buildings and structures.*

Дата надходження в редакцію: 21.03.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Шмуклер В.С.

УДК 693.54

## **АНАЛІЗ ТЕРМОСНИХ МЕТОДІВ ВИТРИМУВАННЯ БЕТОНУ В МОНОЛІТНИХ КОНСТРУКЦІЯХ**

**Т.О. Височина**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

*Половина монолітного бетону укладається в конструкцію в зимових умовах, специфіка яких впливає на розмір трудових і енергетичних затрат, матеріалоемність і загальну вартість у бік збільшення. Аналіз відомих методів укладання і витримування монолітного бетону дозволяє віддати перевагу методу термоса, а для конструкцій середньої масивності з  $M_n = 5 \dots 12 \text{ м}^{-1}$  - «гарячого» термоса.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді:**

У зв'язку зі значним скороченням підприємств по випуску збірних бетонних і залізобетонних виробів у Сумській області об'єм монолітного бетону, укладеного в конструкції, значно перевищує об'єм збірного. Половина цього бетону укладається у справу в зимових умовах, специфіка яких впливає на розмір трудових і енергетичних затрат, матеріалоемність і загальну вартість у бік збільшення.

До зимових умов прийнято відносити період, коли очікувана середньодобова температура зовнішнього повітря стає нижче  $+5^\circ\text{C}$  і мінімальна добова опускається нижче  $0^\circ\text{C}$ . В цей період повинні бути передбачені спеціальні технологічні заходи, які б забезпечували досягнення у задані строки проектної міцності бетону, після якої заморозування практично не здійснює деструктивних впливів на бетон.

**Формулювання цілей:** Таким чином, задача удосконалення технології зведення монолітних

конструкцій в умовах, що склалися, доволі актуальна. Вона заключається у використанні таких методів приготування, транспортування, укладки бетонних сумішей і догляду за бетоном, які б забезпечили досягнення передбачених проектом кінцевих фізико - механічних характеристик або критичної міцності, незалежно від температур і вологості оточуючого середовища.

Прискорення або уповільнення процесу утворення і твердіння цементного каменю залежить від температури оточуючого середовища, температури бетонної суміші і адсорбуючої здатності цементу, визначуваною його мінералогічним складом. Для твердіння цементного каменю найбільш позитивною є температура  $+15^\circ\text{C}$   $+25^\circ\text{C}$ , при якій бетон на 28-му добу практично досягає стабільної міцності. При негативних температурах вода, що міститься в капілярах і тілі бетону, перетворюється у лід, збільшуючись в об'ємі приблизно на 9%, у результаті виникають сили тиску, що руйнують утворені структурні зв'язки, які в подальшому при відтаванні льоду і тве-

рдиння в нормальних температурних умовах вже не відновлюються. Крім того, замерзаюча вода утворює навколо великого наповнювача обволікаючу плівку, яка при відтаванні руйнує зціплення і монолітність бетону. По тим же причинам при ранньому заморожуванні різко знижується зціплення бетону з арматурою, збільшується пористість і знижується його міцність, морозостійкість і водонепроникність, бетон стає нестійким до проникливих чинників та інших зовнішніх середовищ, у тому числі агресивних. Особливо шкідливе поперемінне заморожування і одтавання бетону в ранньому віці. Тому керівництвом по виробництву бетонних робіт при негативних температурах витримування бетону методом заморожування *забороняється*.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми:** Міцність, при якій заморожування бетону вже не зможе зруйнувати його структуру і вплинути на кінцеву міцність, називають *критичною*. Для бетону класів нижче В15 вона повинна бути не менше 50% проектної, класів В15...В22.5 - не нижче 40%, класів В30...В40 - не нижче 30%. В любых випадках міцність бетону до заморожування повинна бути не менше 5 МПа.

Існує багато методів, які забезпечують набір бетоном критичної міцності до моменту заморожування, основні з яких рекомендовані СНиП [3]. В сучасних умовах кращим із них для кліматичних умов Сумщини являється безобігрівний метод термоса. Він заключається у тому, що бетонну суміш з позитивною температурою укладають в утеплену опалубку, після чого за рахунок внесеного тепла у суміш та екзотермічного тепла, виділеного цементом у процесі гідратації, бетон набирає задану (або критичну) міцність до моменту, коли температура у якій-небудь частині забетонованої конструкції знизиться до 0°C.

Метод термоса являється енергоекономічним, так як дозволяє без додаткових енергетичних затрат реалізувати екзотермічну теплоту гідротуючого цементу - 80.. 125 МДж/м<sup>3</sup>. Параметри процесу термосного витримування бетону розраховують з урахуванням характеристик бетонує-

мих конструкцій, виду і марки цементу, умов виконання робіт Ці параметри підрозділяються на контрольовані і неконтрольовані.

Контрольовані параметри - це коли їх кількісні і якісні характеристики можуть змінюватися у процесі термосного витримування бетону. До них відносяться: вид і марка цементу ( $M_{\text{ц}}$ ); склад цементу в 1 м<sup>3</sup> бетону ( $\text{Ц}$ ); екзотермічна теплота, яка виділяється цементом ( $Q_e$ ); коефіцієнт теплопередачі опалубки ( $K$ ); початкова температура бетону після укладання в конструкцію ( $\text{С}$ ); середня температура витримування бетону ( $t_{\text{б,ср}}$ ); тривалість витримування бетону ( $T$ ); проектована міцність бетону ( $R$ ).

*Неконтрольовані параметри* змінюються під дією кліматичних умов. Це температура зовнішнього повітря ( $t_{\text{н,в}}$ ), швидкість віту ( $\omega$ ).

**Виклад основного матеріалу дослідження:** Теплотехнічний розрахунок режиму витримування бетону повинен підтвердити, що в перебігу часу, необхідного для досягнення бетоном заданої міцності, ні в одній точці конструкції температура не знизиться нижче 0 °С. Такий розрахунок може бути виконаний по формулі Скрамтаєва Б.Г.

Визначаємо модуль поверхні по формулі:

$$M_n = \frac{F}{V} = \frac{34.725 + 33}{4.95} = 13.68, \text{ м}^{-1}$$

$$F = F_{\text{оп}} + F_{\text{відкр}}, \text{ де}$$

$$F_{\text{оп}} = (5,5 + 6) * 0,15 + 5,5 * 6 = 34,725 \text{ м}^2 -$$

площа опалубних поверхонь конструкції

$$F_{\text{відкр}} = 5,5 * 6 = 33 \text{ м}^2 - \text{ площа верхньої (неопалубленої) поверхні}$$

$$V = 0,15 * 5,5 * 6 = 4,95 \text{ м}^3 - \text{ об'єм конструкції}$$

Згідно розрахунків обираємо спосіб «гарячого термосу» з електророзігрівом бетонної суміші безпосередньо на будівельному майданчику перед укладання в конструкцію.

Визначаємо необхідну величину коефіцієнту теплопередачі опалубки і утеплювача по формулі

$$K_{\text{тр}} = \frac{C * \gamma_{\text{бс}} * (t_{\text{б,п}} - t_{\text{б,к}}) + Q_e * \text{Ц}}{M_n * T * (t_{\text{б,ср}} - t_{\text{з,п}})} = \frac{0,3 * 2400 * (60 - 5) + 58,2 * 370}{13,68 * 79 * (19,36 - (-20))} = 1,44 \text{ Вт/м}^2 * ^\circ\text{С}$$

$\frac{\text{Вт*год}}{\text{кг*}^\circ\text{С}}$

$C=0,3$  - удільна теплоємність бетонної суміші

$\gamma_{\text{бс}}=2400 \text{ кг/ м}^3$  - удільна щільність бетону

$\text{с}$  - початкова температура бетонної суміші

$t_{\text{б,к}}=+5^\circ\text{С}$  - температура бетону до кінця охолодження

$Q_e=58,2$  - екзотермічне тепловиділення цементу

$\text{Ц}=370 \text{ кг/ м}^3$  - витрати цементу в бетоні

$M_n=13,68 \text{ м}^{-1}$  - модуль поверхні бетонованої конструкції

$T=79 \text{ год.}$  тривалість охолодження бетону

$t_{\text{б,ср}}=19,36^\circ\text{С}$  - середня температура бетону за час вистигання від  $t_{\text{б,п}}$  до  $t_{\text{б,к}}$

$t_{\text{з,п}}=-20^\circ\text{С}$  - середня температура зовнішнього повітря у період твердіння

Визначаємо  $t_{\text{б,ср}}$  по формулі:

$$t_{\text{д.ср.}} = t_{\text{д.к.}} + \frac{t_{\text{д.н.}} - t_{\text{д.к.}}}{1,03 + 0,181 \cdot 6,8 \cdot M_{\text{п}} + 0,006 \cdot (t_{\text{д.н.}} - t_{\text{д.к.}})} = 5 + \frac{60 - 5}{1,03 + 0,181 \cdot 13,68 + 0,006 \cdot 55} = 19,36^{\circ}\text{C}$$

Враховуючи, що  $K_{\text{ф}} \leq K_{\text{тр}}$ , обираємо тип опалубки і утеплювача, при швидкості вітру  $\omega = 5 \text{ м/с}$ .

$$K_{\text{ф}} = \frac{F_{\text{оп}} \cdot K_7 + F_{\text{відкр}} \cdot K_9}{F_{\text{оп}} + F_{\text{відкр}}} = \frac{34,725 \cdot 1,27 + 33 \cdot 1,31}{34,725 + 33} = 1,29$$

$K_7 = 1,27 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$  - коефіцієнт теплопередачі опалублених поверхонь конструкції по варіанту №7

$K_9 = 1,31 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$  - коефіцієнт теплопередачі верхньої плоскості конструкції, укритої по варіанту

№9

$K_{\text{ф}} < K_{\text{тр}} = 1,29 < 1,44$  - умова виконана

Визначаємо зниження температури бетонної суміші за час доставки:

$$\Delta t_{\text{т}} = \frac{1,15 \cdot K \cdot (\alpha_1 \cdot F_1 + \alpha_2 \cdot F_2) \cdot (\psi \cdot t_{\text{эл.п.}} - t_{\text{д.ср.}}) \cdot t_{\text{т}}}{C \cdot \gamma_{\text{об}} \cdot V_{\text{т}}} = \frac{1,15 \cdot 3,16 (34,8 \cdot 4,3 - 9,3 \cdot 10,2) \cdot (0,75 \cdot (-20) - (+60)) \cdot 2/3}{0,3 \cdot 2400 \cdot 5} = 12,34^{\circ}\text{C}$$

$K = 3,16$ ;  $\alpha_1 = 34,8 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $\alpha_2 = 9,3 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ ;  $F_1 = 4,3 \text{ м}^2$ ;  $F_2 = 10,2 \text{ м}^2$  - прийнято по габаритам кузова автосамоскиду.

$\psi = 0,75$  - прийнято середнє значення;

$t_{\text{эл.п.}} = -20^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{д.ср.}} = +60^{\circ}\text{C}$

$t_{\text{т}} = 40 \text{ хв.}$

$\frac{\text{Вт} \cdot \text{год}}{\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}}$

$C = 0,3$  - удільна теплоємність бетонної суміші

$\gamma_{\text{об}} = 2400 \text{ кг/м}^3$  - удільна щільність бетону

$V_{\text{т}} = 5 \text{ м}^3$  - об'єм бетонної суміші, що перевозиться в прийнятому самоскиді. Суміш на пункт розігріву буде доставлена

$$t_{\text{д.ср.н.р.}} = t_{\text{д.ср.}} - \Delta t_{\text{т}} = 60 - 12 = 48^{\circ}\text{C}$$

Метод термоса найбільше ефективний для бетонування конструкції з модулем поверхні  $M_{\text{п}} \leq 6 \text{ м}^{-1}$ . При низьких температурах ( $t_{\text{н.в.}} \leq 15^{\circ}\text{C}$ ) він економічний лише для конструкцій з  $M_{\text{п}} \leq 4 \dots 5 \text{ м}^{-1}$ . Застосування методу термоса практично не обмежується метеорологічними умовами ( $t_{\text{н.в.}}$ ,  $\omega$ ) для масивних конструкцій з  $M_{\text{п}} < 3 \text{ м}^{-1}$ .

При значеннях  $M_{\text{п}} > 5 \text{ м}^{-1}$  виникає необхідність в додатковому утепленні або обігріві бетонуваної конструкції.

При централізованій поставці бетонної суміші, різких коливань зовнішнього повітря і швидкості вітру керований фактор  $t_{\text{н.в.}}$  для тих, хто виконує роботи, стає некерованим, тобто він уже не в тому стані, щоб провести теплотехнічний розрахунок режиму витримування бетону методом термоса і гарантувати досягнення бетоном критичної міцності до моменту замерзання.

В цій ситуації область використання методу термоса може бути значно розширена форсованим розігрівом бетонної суміші перед укладанням в опалубку, тобто з використанням методу «гарячої» термоса.

Бетонну суміш перед укладанням в опалубку на протязі 5.. 9 хв розігрівають до  $60 \dots 70^{\circ}\text{C}$ , потім укладають в неутеплену або малоутеплену опа-

лубку і ущільнюють до початку зхвачування цементу.

Досліди показали, що тепловий імпульс, діючий на суміш до початку структуроутворення, прискорює гідратацію цементу і екзотермію, а віброущільнення гарячої суміші сприяє утворенню більш щільної структури бетону. Зменшується тривалість витримування бетону, інтенсифікується набір міцності бетоном в ранньому віці, поліпшується якість затверділого бетону. Крім того, попередній електророзігрів найбільш економічний по затратам електроенергії, витрати якої при температурі зовнішнього повітря  $-15^{\circ}\text{C}$  не перевищують  $40 \dots 60 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^3$ , що для конструкцій масивних і середньої масивності економічніше електропрогріву ( $60 \dots 65 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^3$ ) і застосування термоактивної опалубки ( $100 \dots 160 \text{ кВт} \cdot \text{год/м}^3$ ). В ряді з цим представляється можливість транспортувати бетонну суміш зимою на значні відстані (до 15 км) і широко використовувати багатообертову металеву опалубку. При використанні попереднього розігріву бетонної суміші метод термоса може бути застосований для конструкцій з модулем поверхні до  $10 \dots 12 \text{ м}^{-1}$ . Ефективність методу підвищується при використанні швидкотвердіючих цементів і хімічних прискорювачів твердіння. Нами проаналізовано два способи форсованого попереднього електророзігріву бетонної суміші, введених на будівництвах Сумщи-

ни Це розігрів в спеціальних баддях місткістю 0,7 2.5 м ,оснащених трьома пластинчатими елект-

родами (див. рис.1) при напруженні току 380В

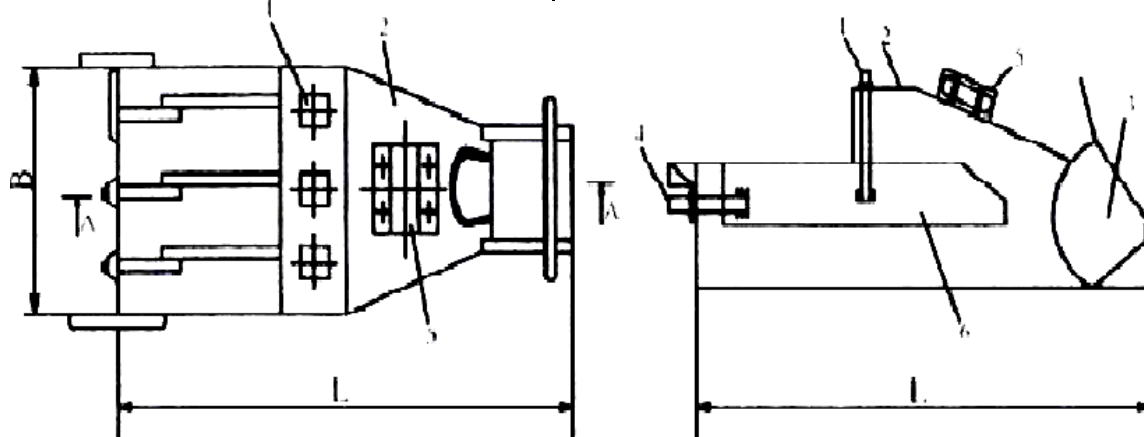


Рис. 1. Баддя для попереднього електророзігріву бетонної суміші:

1 – кріплення електрода; 2 – баддя; 3 – затвор; 4 – контактна шпилька; 5 – вібратор; 6 – електрод.

Доставлену бетонну суміш розвантажують в бадді і ущільнюють тимчасовим увімкненням вібраторів, установлених на ємкості. Відкриту частину бадді закривають кришкою або брезентом. Потім всі працюючі, за винятком спеціально навченого електрика, залишають межі поста електророзігріву. Електрик приєднує до корпусу бадей заземлення і дроти живлячої мережі, враховуючи і нульовий, опускає в бетонну суміш термодатчики, потім залишає межі поста і подає напруження. Після розігріву бетонної суміші до потрібної температури вимикають напруження, від'єднують живлячі дроти і заземлення. Бадді подають краном до місця бетонування і при ввімкнутому вібраторі на бадді розвантажують суміш в опалубку. При цьому потрібно так організувати роботу, щоб час оперування розігрітою сумішшю не перевищувало 15 хв, так як розігріта суміш швидко втрачає свої пластичні властивості.

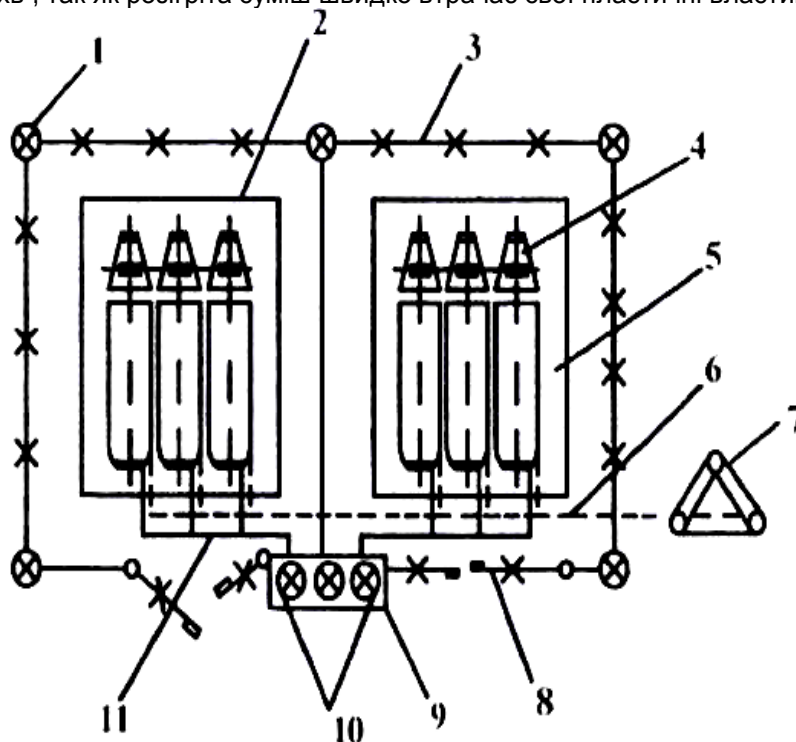


Рис. 2. Схема майданчику для електророзігріву бетонної суміші в трьох баддях:

1 - світильник; 2 - дерев'яний настил, 3 - огороження; 4 - вібратор; 5 - баддя; 6 - дріт заземлення; 7 - контур заземлення; 8 - ворота; 9 - щит керування; 10 - кінцеві вимикачі; 11 - токопровідний кабель. Бадді встановлюють на спеціальний майданчик для електророзігріву розміром 6,5 x 8,0 м, розміщений поблизу від міста бетонування і огорожений щитами на висоту 1,9м.(див. рис. 2).

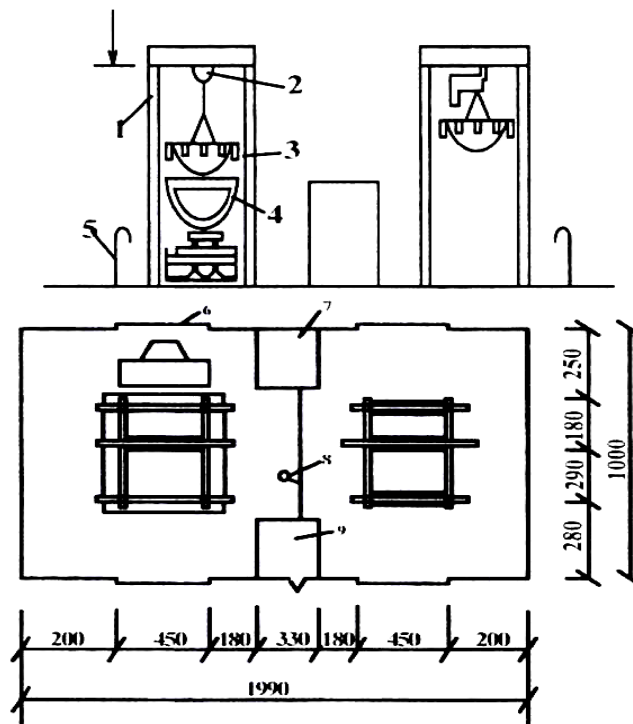


Рис. 3. Схеми установки для електророзігріву бетонної суміші в кузові автомобіля:  
1 - портал; 2 - тельфер. 3 - опускні електроди; 4 - автомобіль - самоскид, 5 - огороження, 6 - шлагбаум;  
7- трансформаторна підстанція; 8- заземлення, 9 - щит керування.

**Аналіз останніх досліджень:** Досвід електророзігріву бетонної суміші в баддях вперше застосований в тресті Шосткімбуд на будівництві об'єктів промислового призначення в ПО «Десна» в м. Шостка. Основний його недолік - необхідність влаштування майданчику для електророзігріву поблизу об'єкту бетонування і в зоні дії вантажного крану.

Більш раціональний другий спосіб - розігрів бетонної суміші безпосередньо в кузовах автосамоскидів за допомогою опускної гребінки із трьох пластинчатих електродів. Автосамоскид, що доставив бетонну суміш, виїжджає на обладнаний пост розігріву бетону і зупиняється у строго визначеному положенні під рамою з опускними електродами.

Водій залишає межі огороження поста, електрик заземлює кузов і опускає електроди в бетонну суміш при працюючому вібраторі рами, потім виходить за межі огороження і вмикає напругу. Після розігріву суміші відключає напругу, водій виводить автосамоскид за межі поста і доставляє суміш до місця укладання її в опалубку, на відстані до 1,5 км від місця розігріву.

Ця схема доцільна при значних об'ємах бетонних робіт в межах одного промислового підприємства. Вона успішно застосовувалась на будівництві об'єктів Сумського ПО «Хімпром». Для роздрібних мілких об'єктів сільськогосподарського призначення вона не прийнятна.

Недоліком описаних методів попереднього електророзігріву бетонної суміші являється пере-

розподіл тепла в процесі розігріву і після відключення току, що призводить до зниження фіксованої до кінця розігріву температури. Слідуює винайти спосіб, при якому тепло від гарячих пластин передавалося б кондуктивно бетонній суміші, розігріваючи її рівномірно по всьому об'ємі.

Рівномірний розігрів бетонної суміші гострим паром безпосередньо в бетономішалці застосовувався на Сумському заводі ЗБК- 6 і ПО «Будіндустрія» Облагробуда. При відродженні сільських районних будівельних організацій його можна рекомендувати для полігонної технології виготовлення збірних виробів.

Заслугує рішення і проблема розігріву бетонних сумішей безпосередньо в барабанах автобетономішалок, яка практично ще не вивчена.

#### Висновки:

В умовах відродження сільських будівельних організацій, при відсутності баз по виробництву збірних бетонних і залізобетонних виробів, основним будівельним матеріалом стає товарний бетон. Аналіз відомих методів укладання і витримання монолітного бетону дозволяє віддати перевагу методу термоса, а для конструкцій середньої масивності з  $M_d = 5 \dots 12 \text{ м}^{-1}$  - «гарячого» термоса. В полігонних умовах виготовлення збірних виробів рекомендується метод «гарячого» термоса з попереднім розігрівом бетонної суміші безпосередньо в бетономішалці гострим паром.

### Список використаної літератури:

1. Атаев С.С. Технология индустриального строительства из монолитного бетона. / С.С. Атаев – М. Стройиздат, 1989. – 336 с., ил.
2. Павлов А.П. Методические указания к выполнению практических занятий по дисциплине «Технология строительных процессов» для студентов специальности 7.092.101 «Промышленное и гражданское строительство». Производство бетонных работ в зимних условиях / А.П. Павлов – Сумы: ССХИ, 1997. - 74с., ил.
3. СНиП 3.03.01 -87. Несущие и ограждающие конструкции - М :ЦИТП, 1991. - 192с.

Половина монолитного бетона укладывается в конструкции в зимних условиях, специфика которых влияет на размеры трудовых и энергетических затрат, материалоемкость и общую стоимость в сторону увеличения. Анализ известных методов укладки и выдерживания монолитного бетона позволяет отдать предпочтение методу термоса, а для конструкций средней массивности  $M_p = 5 \dots 12 \text{ м}^{-1}$ - «горячего» термоса.

Half the cast concrete is placed in a design in winter conditions, the specificity of which impact on the amount of labor and energy costs, materials consumption and total cost of upwards. Analysis of the known methods of depositing and holding monolithic concrete can give preference to the method of the thermos, and for secondary structures of massiveness  $M_p = 5 \dots 12 \text{ m}^{-1}$ - "Hot" thermos.

Дата надходження в редакцію: 16.03.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Філатов Л.Г.

УДК 697.13; 699.86; 697.14

### ПРОВЕДЕНИЕ ТЕПЛОВИЗОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЗДАНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

**Н.В. Нагорный**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

**В.В. Душин**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

В статье приведена методика определения теплопотерь в зданиях и сооружениях. Произведен анализ теплопотерь.

#### Постановка задачи в общем виде.

В настоящее время в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства большое внимание уделяется учету и экономии энергоресурсов, здания оснащаются счетчиками тепла, при вводе объектов в эксплуатацию оцениваются параметры микроклимата в помещениях. При этом остается без внимания оценка качества тепловой защиты существующих и вновь выстроенных зданий. При вводе в эксплуатацию законченных строительством объектов лабораторные исследования по оценке тепловой защиты зданий не проводятся, что приводит к выявлению дефектов теплоизоляции ограждающих конструкций уже в период эксплуатации, с последующими затратами на проведение ремонта.

Испытания могут выполняться на объектах законченных строительством; во время строительства; в целях контроля качества строительных работ; в период эксплуатации – для составления энергетических паспортов зданий, обоснования мероприятий по повышению энергоэффективности, а также по жалобам.

При капитальных ремонтах зданий лабораторные испытания могут проводиться для оценки существующего состояния теплоизоляции, выявления дефектов, определения необходимых объемов работ и в целях контроля качества выполненных работ.

Видны утечки тепла через металлическую арматуру с нанесенным теплоизолирующим покрытием.

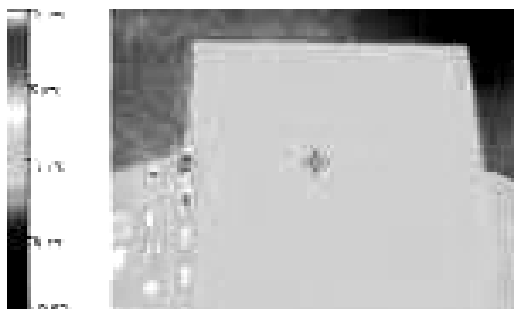


Рис. 1. Тепловизионное изображение стены железобетонного здания

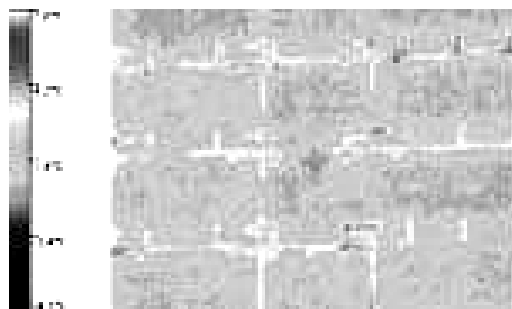


Рис. 2. Железобетонная стена без изоляции