

116/11 \approx 10, для керамзита смеси фракций 0-10 мм: 200/11 \approx 20.

Учитывая значительное количество реликтовых зерен в структуре бетона, а также условия внешней среды (повышенная влажность, положительные температуры, особенности напряженного состояния) можно утверждать о наличии существенного ресурса адаптивности, имеющегося в бетоне строительных конструкций объектов различного назначения [9]. Что касается наших выводов относительно механизмов влияния крупности заполнителя в структуре керамзитобетона, то они вполне вероятны, поскольку подтверждены экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Скрамтаев Б.Г., Гереванов Н.А., Мудров Г.Г. Строительные материалы. Строй-издатнаркома. - 1940. - 300 с.
2. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М.: Стройиздат. - 1984. - С. 670-672.
3. Гасанов А.Б. Керамзитобетонные дренажные трубы повышенной прочности. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Харьков. - 2002. - С. 81-87.
4. Бужевич Г.А. и др. Исследование свойств керамзитобетона. // «Бетон и железобетон». - №4. - 1964.
5. Штоль М., Кикава О.Ш. Технология керамзитобетонных изделий на горячем заполнителе. М.: Стройиздат. - 1986. - 136с.
6. Спивак Н.Я. Производство крупнопанельных ограждающих конструкций и зданий из керамзитобетона. М.:Стройиздат. - 1961.
7. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экспериментов. М.:Наука - 1965.
8. Ваганов А.И. Исследование свойств керамзитобетона. М.: Стройиздат. - 1960.
9. Чернявский В.Л., Гасанов А.Б. К адаптации биотических систем. // Всеукраинский научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы и изделия». - №5-6 (82-83). - Спецвыпуск 2013. - с.43.

УДК 691.32:002.2:697.14

Кугаєвська Т.С., Бондар Л.В.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДАННЯ ТЕПЛОПОВІТРЯНИХ БАЛАНСІВ ФОРМУВАЛЬНОГО ЦЕХУ ЗАВОДУ ЗБВ У ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Вступ. Енергозбереження при теплової та теплової обробці бетонних і залізобетонних виробів є одним із пріоритетних напрямів досліджень у цій сфері виробництва.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Дослідники значну увагу приділяють зменшенню витрат теплоносія при теплової та теплової обробці бетонних і залізобетонних виробів. Так, у статті [1] наведено, зокрема, порівняння економічності використання для теплової обробки залізобетонних виробів у касетах водяної пари, суміші продуктів спалювання газу й повітря, а також електронагріву. У джерелі [2] відображено дослідження процесу теплової обробки бетонних виробів у пропарювальній камері з

аеродинамічним нагрівачем роторного типу на основі енергетичних і матеріальних балансів для подальшого вибору раціональних режимів технологічного процесу з меншою витратою енергії. У роботі [3] проаналізовано елементи методики вибору енергозберігаючих режимів теплової обробки бетону. У роботі [4] наведено характеристики інфрачервоних випромінювачів, оптимальних для теплової обробки бетонних виробів. У джерелі [5] відображено результати експериментальних досліджень теплової обробки бетону продуктами спалювання газу.

Аналіз доцільності застосування нових способів теплової чи теплової обробки бетонних і залізобетонних виробів та вдосконалення існуючих способів

включає не лише аналіз їх енергоефективності з точки зору технологічного процесу. Необхідно також визначати можливий вплив зміни технологічних процесів на теплову потужність системи опалення формувального цеху, яка встановлюється на основі теплоповітряного балансу цеху.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. У нормативних та довідникових джерелах наводяться загальні принципи складання теплоповітряних балансів промислових цехів. Разом із тим теплоповітряні баланси формувальних цехів заводів залізобетонних виробів мають певні особливості й потребують додаткового опрацювання.

Постановка завдання. Мета роботи – розглянути особливості складання теплоповітряних балансів формувального цеху заводу ЗБВ для холодного періоду року, які обумовлюються відповідними технологічними процесами.

Основний матеріал і результати. Розглядаються складові теплоповітряних балансів формувального цеху заводу залізобетонних виробів для холодного періоду року. Тепловолога обробка залізобетонних виробів парою здійснюється в ямних камерах.

Загальний термін формування, тепловологої обробки та охолодження залізобетонних виробів необхідно розділити на певні інтервали часу, оскільки складові теплоповітряних балансів цеху є змінними залежно від технологічних процесів.

Теплоповітряний баланс формувального цеху за наявності як блоку ямних пропарювальних камер, так і однієї камери для початкових інтервалів часу має вигляд:

– за умови, що початкова температура конструкцій, які огороджують камеру, дорівнює температурі повітря цеху:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{O} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{БВ} + Q_{ВК} + Q_{ІН}, \quad (1)$$

– за умови, що початкова температура конструкцій, котрі огороджують камеру, нижча, ніж температура повітря цеху:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{O} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{БВ} + Q_{ВК} + Q_{ІН} + Q_{КК}, \quad (2)$$

де Q_{CO} – надходження теплоти від системи опалення, кДж; $Q_{П}$ – надходження теплоти

з припливним вентиляційним повітрям, кДж; $Q_{ЕК}$ – надходження теплоти внаслідок виділення теплоти цементом при гідратації, кДж; $Q_{ЕЛ}$ – надходження теплоти від електродвигунів, кДж; $Q_{Л}$ – надходження теплоти від людей, кДж (частка цієї складової в загальному балансі незначна); Q_{O} – надходження теплоти від освітлювальних приладів, кДж (враховується за необхідності); $Q_{К}$ – втрати теплоти крізь зовнішні огороджувальні конструкції, кДж; $Q_{В}$ – втрати теплоти з витяжним вентиляційним повітрям, кДж; $Q_{БВ}$ – витрати теплоти на нагрівання бетонної суміші, яка надходить до цеху з температурою, нижчою, ніж температура повітря цеху, кДж; алгоритм визначення цієї складової балансу наведено в статті [6]; $Q_{ВК}$ – втрати теплоти крізь внутрішні огороджувальні конструкції, кДж; указана складова балансу враховується, якщо різниця температур між температурою повітря цеху і температурою повітря суміжного приміщення перевищує рекомендовану в нормативній літературі різницю температур; $Q_{ІН}$ – витрати теплоти на нагрівання повітря, що інфільтрується крізь нещільності огороджувальних конструкцій та надходить до цеху при відкриванні зовнішніх дверей чи воріт, кДж; $Q_{КК}$ – витрати теплоти на нагрівання конструкцій, що огороджують камеру, кДж.

Якщо натяг арматури здійснюється способом, при якому відбувається надходження теплоти до цеху, то цей чинник слід враховувати в теплоповітряному балансі.

Кількісні значення складових теплоповітряних балансів є різними для формувальних цехів, котрі різняться за технологічними процесами, теплотехнічними властивостями зовнішніх огороджувальних конструкцій, кліматичними умовами місцевості, в якій розташовано завод, та параметрами мікроклімату (в нормованих межах). У цеху, котрий розглянуто, витрати теплоти на нагрівання бетонної суміші з початковою температурою 10°C (під час формування залізобетонної плити) становлять близько 6% від втрат теплоти крізь зовнішні огороджувальні конструкції.

Слід підкреслити, що температура бетонної суміші, з якою вона надходить до цеху, може суттєво вплинути на теплове навантаження системи опалення.

Якщо бетонну суміш попередньо розігріто, і її температура вища, ніж температура повітря цеху, то теплоповітряний баланс (1) формульовального цеху для початкових інтервалів часу змінюється таким чином:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{O} + Q_{Б} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{ВК} + Q_{ІН}, \quad (3)$$

а теплоповітряний баланс (2) перетворюється так:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{O} + Q_{Б} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{ВК} + Q_{ІН} + Q_{КК}, \quad (4)$$

де $Q_{Б}$ – надходження теплоти від розігрітої бетонної суміші за вибраний інтервал часу, кДж.

Оскільки складова Q_{O} враховується за необхідності, то в подальших тепло-повітряних балансах вона не наводиться.

Якщо в цеху розташовано одну камеру, то теплоповітряний баланс формульовального цеху в період попередньої витримки виробів має вигляд

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{Л} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{ВК} + Q_{ІН}. \quad (5)$$

Початок подачі пари до камери обумовлює надходження теплоти до цеху від теплоізолюваних паропроводів та внаслідок витоку пари крізь нещільності $Q_{ПР}$ (ці надходження теплоти необхідно мінімізувати). Теплоповітряний баланс цеху для відповідних проміжків часу (1) буде перетворено з урахуванням $Q_{ПР}$ таким чином:

– за умови, що під час подачі пари до камер (камери) відбувається завантаження формами з бетонною сумішшю однієї з камер блока,

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{ПР} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{БВ} + Q_{ВК} + Q_{ІН}, \quad (6)$$

– за умови, що пара подається до всіх камер блока (або до частини камер), а формування залізобетонних виробів не відбувається, або за умови розташування в цеху однієї камери

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{Л} + Q_{ПР} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{ВК} + Q_{ІН}. \quad (7)$$

Після прогрівання конструкцій, які огорожують камери (камеру) блока, відбуваються відповідні надходження теплоти до цеху, і теплоповітряний баланс (6) перетворюється таким чином:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{ЕК} + Q_{ЕЛ} + Q_{Л} + Q_{ПР} + Q_{НК} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{БВ} + Q_{ВК} + Q_{ІН}, \quad (8)$$

а теплоповітряний баланс (7) перетворюється так:

$$Q_{CO} + Q_{П} + Q_{Л} + Q_{ПР} + Q_{НК} = Q_{К} + Q_{В} + Q_{ВК} + Q_{ІН}, \quad (9)$$

де $Q_{НК}$ – надходження теплоти до цеху від прогрітих надземних конструкцій, котрі огорожують камери (камеру), за вибраний інтервал часу, кДж.

Рекомендації стосовно обчислення надходжень теплоти до цеху $Q_{НК}$ від прогрітих надземних конструкцій, які огорожують камери (камеру), викладено в статті [7].

У табл. 1, 2 наведено частину результатів розрахунків поступового прогрівання надземної частини стінки ($\delta = 30$ см) із гідрофобізованого керамзитобетону, що огорожує ямну пропарювальну камеру. Зміну температури було визначено в 11-ти площинах стінки, якими її умовно поділено на 10 шарів. Розрахунковий інтервал часу для обчислення вказаних показників становив 0,245 год. Тривалість подачі пари в ямну камеру – 10 годин. Початкову температуру конструкцій, що огорожують камеру, було прийнято відповідно до температурних умов цеху, рекомендованих у нормах [8].

У період охолодження залізобетонних виробів надходження теплоти до цеху від попередньо нагрітих поверхонь камер (камери) будуть поступово зменшуватися і в певний момент часу припиняться. Цей чинник необхідно враховувати в теплоповітряному балансі цеху.

Якщо виробу, вивантажені з камери, мають температуру, вищу, ніж температура повітря цеху, то при складанні теплоповітряних балансів для цих інтервалів часу необхідно врахувати:

– надходження теплоти від виробів, що остигають до температури повітря цеху;

– надходження теплоти від нагрітих конструкцій відкритої камери (коли зовнішні поверхні цих конструкцій мають температуру, котра дорівнює температурі повітря цеху, їх внутрішня поверхня у зазначених умовах буде мати певний час температуру, вищу, ніж температура повітря цеху).

Таблиця 1 - Фрагмент розподілу температури в надземній частині стінки, що огорожує пропарювальну камеру, у вибрані інтервали часу, на відстані від 0 до 21 см від її внутрішньої поверхні

Загальний проміжок часу, год	Температура, °С, в площинах стінки 1– 8							
	1	2	3	4	5	6	7	8
0	21	21	21	21	21	21	21	21
1,99	51,60	37,23	28,82	24,38	22,27	21,40	21,10	21,00
3,46	76,17	56,50	42,00	34,00	27,50	24,60	22,56	21,67
	Відстань, см, від внутрішньої поверхні стінки до площини, в якій визначено температуру							
	0	3	6	9	12	15	18	21

Таблиця 2 - Фрагмент розподілу температури в надземній частині стінки, що огорожує пропарювальну камеру, у вибрані інтервали часу, на відстані від 9 до 30 см від її внутрішньої поверхні

Загальний проміжок часу, год	Температура, °С, в площинах стінки 4 – 11							
	4	5	6	7	8	9	10	11
4,90	43,51	35,19	29,93	25,97	23,88	22,43	21,74	21,28
9,80	56,17	49,18	43,23	37,82	33,43	29,60	26,42	23,60
	Відстань, см, від внутрішньої поверхні стінки до площини, в якій визначено температуру							
	9	12	15	18	21	24	27	30

Особливості складання теплоповітряних балансів формувального цеху, в якому теплоносієм для прискорення твердіння бетонних та залізобетонних виробів є пара, аналогічні й для інших теплоносіїв, що застосовуються в указаному процесі (з відповідним корегуванням).

Висновки.

1. Розглянуто особливості складання теплоповітряних балансів формувальних цехів заводів залізобетонних виробів у холодний період року, обумовлені відповідними технологічними процесами.

2. Особливості технологічних процесів, які відбуваються у формувальних цехах заводів залізобетонних виробів, призводять до періодичних змін у відповідних теплоповітряних балансах. Цей чинник необхідно враховувати під час проектування систем опалення та вентиляції формувальних цехів заводів залізобетонних виробів.

3. При техніко-економічному обґрунтуванні нових способів теплової (теплової) обробки бетонних і залізобетонних

виробів потрібно враховувати можливі відповідні зміни в тепловому навантаженні системи опалення формувального цеху.

4. У неробочі дні (години) теплове навантаження системи опалення формувального цеху доцільно зменшити. Разом із тим відповідне зниження температури обладнання цеху призведе до необхідності збільшення теплонадходжень від системи опалення в перші години роботи. У подальших дослідженнях потрібно розглянути особливості складання теплоповітряних балансів формувального цеху заводу залізобетонних виробів з урахуванням зазначеного фактора.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кошельник, В.М. Дослідження енергоефективності процесу термообробки залізобетонних виробів при застосуванні різних видів енергоносіїв [Електронний ресурс] / В.М. Кошельник, Ю.В. Шульгін, О.І. Глинько. – Режим доступу: http://vestnik.kpi.kharkov.ua/files/turbine/vestnik%202012/2012_7/7_2012_27.pdf.

2. Колісник, О.П. Дослідження робочого процесу обробки бетонних виробів у пропарювальній камері з аеродинамічним нагрівачем роторного типу [Електронний ресурс] / О.П. Колісник, О.С. Жеболенко, І.В. Коц. – Режим доступу: http://www.rusnauka.com/20_DNI_2013/Tecnic/3_142666.doc.htm.
3. Бибик, М.С. Об энергосберегающих режимах тепловой обработки бетонных и железобетонных изделий [Электронный ресурс] / М.С. Бибик, В.В. Бабицкий. – Режим доступа: <http://rep.bntu.by/handle/data/9119>.
4. Дербасова, Е.М. Анализ и выбор оптимального ИК-оборудования для тепловой обработки бетона в камере инфракрасного нагрева [Электронный ресурс] / Е.М. Дербасова. – Режим доступа: http://www.aucu.ru/files/documents/44-redaktor/nauka/izdaniya/nauch_potensial/2/6-11.pdf.
5. Экспериментальные исследования тепловлажностной обработки бетона продуктами сгорания природного газа / А.Д. Корнеев, В.Я. Губарев, Д.С. Синельников, В.Г. Соловьёв // Строительные материалы. – 2007. – № 1. – С. 30–31.
6. Кугаєвська, Т.С. Визначення інтенсивності нагрівання бетонної суміші у формувальному цеху в холодний період року / Т.С. Кугаєвська, Л.В. Бондар, Є.І. Пищенко // Науковий вісник будівництва. Випуск 3 (77). – Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2014. – С.70–74.
7. Кугаєвська, Т.С. Визначення швидкості нагрівання надземних конструкцій, що огорожують пропарювальні камери періодичної дії / Т.С. Кугаєвська // Науковий вісник будівництва. Випуск 60. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2010. – С.119–123.
8. ДБН А.3.1-8-96. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. – К.: Держбуд України, 1998. – 47 с.

УДК 697.7

Болотских Н.Н.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФРАКРАСНЫХ ТРУБЧАТЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПОДАЧИ ПОДОГРЕТОГО ВОЗДУХА В ГОРЕЛКИ

Введение. Для отопления помещений производственного, культурно-бытового, спортивного и другого назначения в мировой практике получают все более широкое применение децентрализованные инфракрасные системы. Эти системы в сравнении с известными традиционными являются более экономичными, обеспечивают необходимый тепловой комфорт в рабочих зонах отапливаемых помещений, надежны и удобны в эксплуатации. Рядом известных мировых фирм и компаний освоен выпуск различных эффективных инфракрасных нагревателей. Наиболее широкое распространение получили трубчатые газовые инфракрасные нагреватели. Многие из этих нагревателей несмотря на наличие ряда важных достоинств имеют один весьма существенный недостаток – наличие неоправданных потерь тепла при их работе.

Исследованиями [1] установлено, что в тепловых балансах трубчатых инфракрасных нагревателей при их работе доля лучистой составляющей находится в пределах примерно от 50 до 60%, а конвективной от 22 до 32%. Доля тепла, теряемого с отводимыми в атмосферу продуктами сгорания, колеблется в пределах от 6 до 9%. Трубчатые инфракрасные нагреватели обычно подвешиваются вверху под потолком помещения (на расстоянии примерно 1 м от него). Нагреваемый ими окружающий воздух поднимается вверх под кровлю и практически не участвует в обогреве рабочей зоны отапливаемого помещения. Это так называемое «конвективное тепло» бесполезно расходуется на обогрев кровли и верхней части ограждающих конструкций помещения. Кроме того, вместе с продуктами сгорания, отводимыми от трубчатых нагревателей в атмосферу,