

Свойства карбонизированных опытных образцов в значительной степени зависят от влажности и от температуры карбонизации и свидетельствуют, что искусственной карбонизацией можно получать достаточно прочные и водостойкие изделия на основе воздушной извести.

Прочность при сжатии опытных образцов, карбонизированных при нормальной температуре, с повышением влажности известкового теста до 18 % растет. Водостойкость данных образцов при этом незначительно уменьшается, однако коэффициент размягчения не снижается ниже 0,7. С повышением температуры карбонизации до 303 К прочность с увеличением влажности до 20 % увеличивается, а при дальнейшем повышении температуры до 323 К – снижается. Следует отметить тот факт, что прочность при сжатии известковых образцов контактно-карбонизационного типа твердения не согласуется с толщиной карбонизированного слоя. Логично было бы предположить, что чем больше карбонизированный слой, тем выше прочность, однако, такой зависимости не наблюдается. На наш взгляд это связано как с созданием начальной плотности структуры опытных образцов из известкового теста при прессовании, так и с образованием различных форм вторичного CaCO_3 . При температурах выше 303 К карбонат кальция выделяется в виде кристаллов арагонита [5, 10], прочность которого ниже прочности кальцита. От толщины карбонизированного слоя в большей степени зависит водостойкость опытных образцов.

ВЫВОДЫ

1. Изучены температурно-влажностные параметры процесса карбонизации извести при получении искусственного карбонатного камня. Образцы максимальной прочности получены при $W = 17,5 - 18,5\%$ и $T = 295\text{ К}$.

2. Исследована кинетика процесса карбонизации, рассчитана энергия активации и коэффициент диффузии углекислого газа при различных температурно-влажностных параметрах. Показана возможность управления процессом карбонизации извести.

3. Температурные параметры процесса карбонизации опытных образцов близки к естественным температурным условиям окружающей среды, что предопределяет низкую энергоемкость процесса производства карбонизированных материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Федоркин С.И., Любомирский Н.В., Локтионова Т.А. Перспективы развития известковой промышленности с созданием новых технологий получения искусственных строительных материалов на основе воздушной извести // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2006. – вып. 17. – С. 80 – 85.
2. Любомирский Н.В., Федоркин С.И. Научные и практические аспекты создания ресурсосберегающей технологии получения известковых каменных материалов карбонизированного твердения // Збірник наукових

- праць Луганського Національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2007. – № 71(94). – С. 174 – 181.
3. Roze G. Ueber die Umstände, unter denen der kohlen-sayre Kalk sich in seinen heteromorphen Zuständen als Kalkspath, Aragonit und Kreide abscheidet // Poggendorff's Annal. Bd. – der Akad. d. Wiss, zu Berlin, 1860. – S. 156.
 4. Толстопятов М. О причинах гетероморфизма углекислой извести. – М.: Типография Шюмань и Глушакова, вь Черныш. пер., № 26, 1867. – 86 с.
 5. Браунс Р. Химическая минералогия. Санкт-Петербург: Издание К.Л. Рикера, 1904. – 468 с.
 6. Курдюмов А.С. Биотехнология получения строительных материалов на основе отходов камнедобычи и вторичного растительного сырья // Изв. Вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – № 3. – С. 59 – 62.
 7. Байков А.А. Дополнения к «Курсу общей металлургии». Гл. III. Общие физико-химические условия превращения / Собрание трудов. – М.-Л.: 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Лгр., 1950. – III т. – С. 306 – 341.
 8. Байков А.А. Труды в области общей и физической химии. Разложение природных углекислых солей при нагревании / Собрание трудов. – М.-Л.: 1-я тип. Изд-ва Акад. наук СССР в Лгр., 1950. – II т. – С. 565 – 575.
 9. Зацепин К.С. Известковые карбонизированные строительные материалы // Сборник материалов Московского научно-технического совещания по жилищно-гражданскому строительству, строительным материалам и проектно-исследовательским работам. Том II. – М.: Московская правда, 1952. – С. 283 – 290.
 10. Zalmanoff N. Carbonation of Lime Putties To Produce High Grade Building // Rock Products. – 1956. – August. – P. 182 – 186.
 11. Автоматическая установка и методика изучения процесса карбонизации извести / Н.В. Любомирский, С.И. Федоркин, Т.А. Локтионова, В.Г. Носатов // Строительство и техногенная безопасность. – Симферополь: НАПКС. – 2007. – вып. 19-20. – С. 74 – 78.
 12. Кузнецова Т.В., Кудряшов И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. – М.: Высш. школа, 1989. – 384 с.

УДК 697.133:692.53

АНАЛІЗ ЗОВНІШНІХ ЗАСОБІВ ЗМЕНШЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ ПІДЛОГОЮ НА ҐРУНТІ

О.І. Філоненко

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,
м. Полтава

Постановка проблеми. Споживання енергії в будівельній галузі складає 2,6 млрд ГДж/год на рік, що становить 30% усієї використаної енергії в Україні. Переважна частка енергії споживається будинками для опалення, тому саме тут знаходиться основний резерв енергозбереження. У наш час

зросли вимоги щодо точності прогнозування теплового стану огорожувальних конструкцій на стадії їх проектування. Підвищення теплозахисту будівель та споруд є найбільш ефективним шляхом економії паливно-енергетичних ресурсів.

У житловому будівництві України помітно зріс відсоток індивідуальної малоповерхової забудови. При цьому питання зменшення тепловтрат у будівлях через підлоги значно загострюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні не існує достатнього обґрунтування вибору ширини зони утеплення; у різних джерелах виявляються протиріччя щодо технічних рішень утеплення підлог по ґрунту [4, 7, 8]; існуючі методики визначення тепловтрат [5, 6, 7] базуються на різних припущеннях і дають широкий діапазон результатів, але в більшості випадків вони занижують тепловтрати підлогою в пристінній зоні та збільшують їх у середній частині будівлі. Також не враховано залежність тепловтрат підлоги від конструктивної структури зовнішнього огороження (цоколю й фундаменту).

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття. Проведений аналіз температурних полів фундаментної зони з різними варіантами утеплення визначив, що найбільш перспективним є утеплення вертикальними поясами по периметру будівлі – внутрішньому [9] або зовнішньому [10]. У зв'язку з уведенням у дію на території України нових будівельних вимог щодо теплової ізоляції будівель [1], виникла необхідність у перегляді рекомендацій з утеплення фундаментної зони.

Мета статті полягає у дослідженні процесу тепловтрат підлогою на ґрунті та розробленні заходів щодо їх зменшення при розрахункових параметрах за новими будівельними нормами [1] порівняно з результатами, що відповідають розрахункам за параметрами колишнього Радянського Союзу [2].

Виклад основного матеріалу дослідження. Передумови дослідження й обґрунтування вихідних даних наведено в попередній роботі [11]. Перед дослідженням впливу зовнішнього утеплення фундаментної зони на тепловтрати підлогою на ґрунті проведено порівняння розрахункових температур зовнішнього і внутрішнього повітря за діючими [1] і попередніми будівельними нормами [2]; визначено вологість внутрішнього повітря і рівень промерзання ґрунту; проведено дослідження ґрунтових умов України; розглянуто типові конструктивні вирішення цоколю та фундаменту будівлі; проаналізовано всі існуючі конструкції підлог на ґрунті; вибрано три типових вирішення несучої частини фундаментної зони з характерними теплозахисними властивостями.

Ураховуючи нерівномірний розподіл температури на поверхні підлоги, за визначальну прийнято температуру підлоги у куті її з'єднання із зовнішньою стіною як ділянки, де дана температура найнижча.

Установлено розміри області моделювання та граничні умови для розрахунку температурних полів на ЕОМ за методом скінчених елементів [9].

Дослідження утеплення зовнішнім вертикальним поясом (рис. 1) проводилось у декілька етапів.

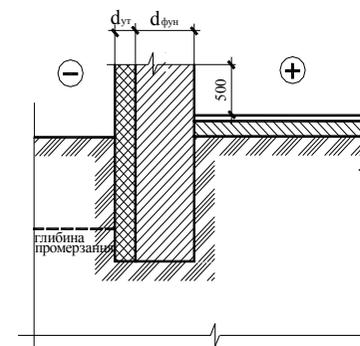


Рис. 1. Схема утеплення фундаментної зони зовнішнім вертикальним поясом.

На першому етапі визначено вплив заглиблення утеплювача відносно рівня промерзання й коефіцієнта теплопровідності несучої частини фундаменту на величину термічного опору фундаментної зони будівлі, який забезпечує нормативну різницю між температурою внутрішнього повітря та поверхнею підлоги ($\Delta t^{\text{н}} = 2^{\circ}\text{C}$).

Попередній розрахунок температурних полів виявив, що зменшення заглиблення утеплювача веде до зниження ефективності і, як наслідок, до збільшення його товщини.

Результати розрахунку показали, що мінімально допустиме значення опору теплопередачі підземної частини будинку буде підвищуватись при збільшенні коефіцієнта теплопровідності матеріалу несучої частини фундаменту. Опір теплопередачі фундаментної зони R залежить від різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря ($t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}$), тобто $R=f(t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}})$.

На другому етапі визначена залежність товщини утеплювача від коефіцієнта теплопровідності матеріалу несучої частини фундаменту $\lambda_{\text{ф}}$ і різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря ($t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}$).

Графік, побудований за розрахованими значеннями, виявив, що залежність $R=f(t_{\text{вн}} - t_{\text{зн}}, \lambda_{\text{ф}})$ наближена до площини. На графіку (рис. 2) вісь OX відповідає різниці температур між внутрішнім і зовнішнім повітрям, вісь OY – коефіцієнту теплопровідності несучої частини фундаменту, вісь OZ – термічному опору фундаментної зони.

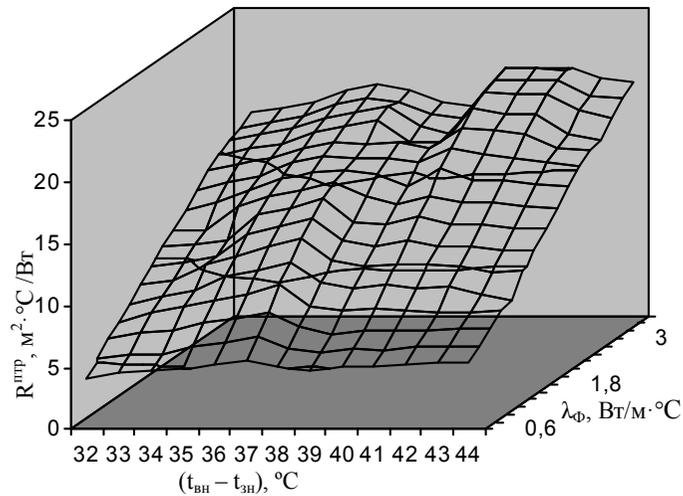


Рис. 2. Графік залежності опору теплопередачі фундаментної зони від коефіцієнта теплопровідності несучої частини фундаменту та температурного перепаду між внутрішнім і зовнішнім повітрям за дослідними даними.

Рівняння площини можна записати у вигляді визначника третього порядку

$$\begin{vmatrix} x-x_0 & y-y_0 & z-z_0 \\ x_1-x_0 & y_1-y_0 & z_1-z_0 \\ x_2-x_0 & y_2-y_0 & z_2-z_0 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

який розраховується за формулою

$$\Delta = \begin{vmatrix} a_1 & b_1 & c_1 \\ a_2 & b_2 & c_2 \\ a_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix} = a_1 \begin{vmatrix} b_2 & c_2 \\ b_3 & c_3 \end{vmatrix} - b_1 \begin{vmatrix} a_2 & c_2 \\ a_3 & c_3 \end{vmatrix} + c_1 \begin{vmatrix} a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{vmatrix} = a_1(b_2c_3 - b_3c_2) - b_1(a_2c_3 - a_3c_2) + c_1(a_2b_3 - a_3b_2) \quad (2)$$

Після заміни x, y, z відповідними фізичними величинами отримано формулу розрахунку мінімально допустимого опору теплопередачі фундаментної зони будинку при зовнішньому утепленні

$$R_{q \min} = \frac{(t_{вн} - t_{зн}) + 25,588\lambda_{\phi} - 23,736}{5,494} \quad (3)$$

де $R_{q \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; $t_{вн}$ і $t_{зн}$ – температура відповідно внутрішнього і зовнішнього повітря, °C ; λ_{ϕ} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу конструктивної частини фундаменту, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$; 25,588, 23,736 і 5,494 – коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом, з розмірністю (за їх розрахунком) відповідно $(\text{м} \cdot \text{°C}^2)/\text{Вт}$, °C , $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Максимальні похибки при розрахунку термічного опору за формулою (3) відносно значень, отриманих при дослідженні, склали в середньому $\pm 5\%$.

Мінімально допустимий опір теплопередачі при заглибленні утеплювача до рівня підшви фундаменту (на 20 см нижче від рівня промерзання) визначений за вищенаведеною методикою, але при розрахункових параметрах, які відповідають попереднім будівельним нормам [2], обчислюється за формулою

$$R_{q \min}^* = \frac{(t_{вн} - t_{зн}) + 13,804\lambda_{\phi} - 22,675}{6,135} \quad (4)$$

де $R_{q \min}^*$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$; $t_{вн}$ і $t_{зн}$ – температура відповідно внутрішнього та зовнішнього повітря, °C ; λ_{ϕ} – коефіцієнт теплопровідності матеріалу несучої частини фундаменту, $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$; 13,804, 22,675 і 6,135 – коефіцієнти, одержані емпіричним шляхом із розмірністю (за їх розрахунком) відповідно $(\text{м} \cdot \text{°C}^2)/\text{Вт}$, °C , $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Порівняння мінімально допустимих опорів теплопередачі фундаментної зони, визначених за формулами (3) і (4), наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняння мінімально допустимих опорів теплопередачі

Значення $R_{q \min}$ розраховано за	$R_{q \min}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, для температурної зони			
	I	II	III	IV
формулою (3)	10,31	9,94	9,58	8,49
формулою (4)	6,04-6,69	5,71-6,36	5,54-5,87	3,59-5,22

Нові будівельні норми України [1] збільшують значення опору теплопередачі фундаментної зони на 35–50% порівняно з вимогами [2].

На третьому етапі дослідження визначені межі використання тільки вертикального зовнішнього утеплювача.

Зважаючи на те, що максимальна товщина плитного утеплювача (серед представлених на українському ринку будівельних матеріалів) складає 240 мм (фірма ROCKWOOL), то вертикальне утеплення рекомендується для конструкцій, коефіцієнт теплопровідності несучої частини яких не перевищує $1,2 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$. А виходячи з розрахункових параметрів радянських норм вище наведена величина дорівнює $1,6 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°C}$, тобто теперішні норми значно обмежують використання лише вертикального зовнішнього утеплення.

На четвертому етапі проведено дослідження варіантів комбінування вертикального і горизонтального зовнішнього утеплення.

Прораховано 20 варіантів комбінування вертикального та горизонтального утеплювача: горизонтальний утеплювач під фундаментом, утеплювач в якості вимощення, утеплювач на рівні підшви фундаменту, під бетонною підготовкою й цементною стяжкою та відповідно до кожного варіанта – різні сполучення розмірів у поперечному перерізі.

Значну перевагу одержав варіант із горизонтальним утепленням в якості вимощення, оскільки утеплювач розташовано безпосередньо на шляху проходження основного теплового потоку та зменшується ділянка

контактування фундаменту з мерзлим ґрунтом. Даний спосіб має суттєвий недолік: розташування утеплювача на поверхні землі не виключає можливості його механічного ушкодження й негативного впливу кліматичних умов навіть при влаштуванні захисного шару. Тому запропоновано рішення, яке поліпшує перший недолік та усуває другий – влаштування утеплювача під кутом до поверхні землі.

На п'ятому етапі дослідження визначено оптимальне поєднання розмірів вертикальної теплоізоляції з теплоізоляцією під кутом і розраховано значення цього кута.

Розподіл температури на поверхні підлоги при різних варіантах нахилу утеплювача показав перевагу варіанта нахилу під кутом 60° (рис. 3).

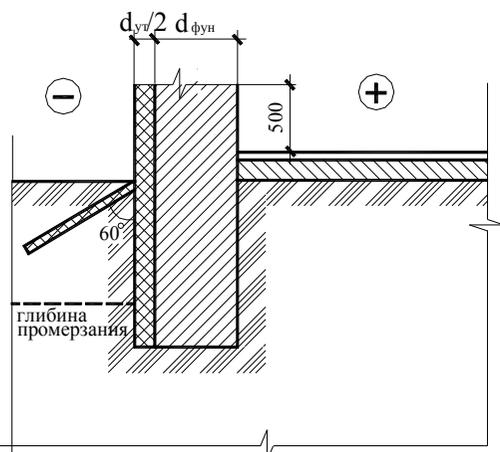


Рис. 3. Схема влаштування вертикальної теплоізоляції з шаром утеплювача під кутом

Для визначення оптимальної товщини нахиленої теплоізоляції проведено ряд розрахунків температурних полів при товщині вертикального утеплювача, яка дорівнює половині товщини, визначеної при мінімально допустимому значенні опору теплопередачі за формулою 3, з різними розмірами нахиленого утеплювача в поперечному перерізі. Результат дослідження показав, що збільшення перерізу нахиленої теплоізоляції веде до незначного підвищення температури в куті дотикання підлоги та зовнішньої стіни, і намагання досягти нормативної температури підлоги в 18°C не відповідатиме перевитраті теплоізоляційного матеріалу. Тому при вертикальному зовнішньому утепленні, товщиною $\frac{1}{2}$ розрахункової, рекомендується влаштувати додатковий теплоізоляційний шар під кутом 60° розміром 1000×50 мм. При цьому температура підлоги біля стіни буде приблизно $17,8^\circ\text{C}$ (рис. 4).

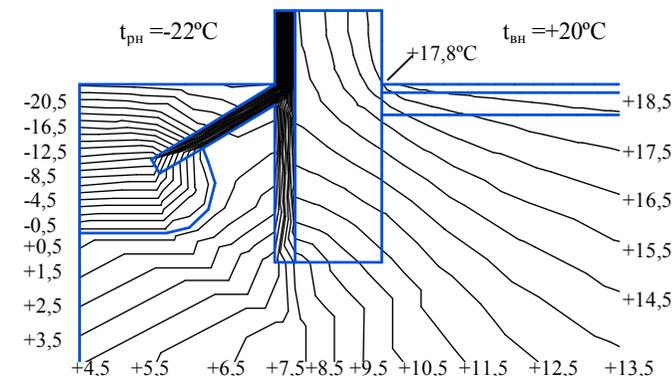


Рис. 4. Температурне поле навколо фундаментної зони при комбінованому зовнішньому утепленні.

Висновки з дослідження. Глибина закладання зовнішнього вертикального поясу утеплювача повинна сягати рівня підшови фундаменту, оскільки зменшення заглиблення утеплювача веде до зниження ефективності і, як наслідок, до збільшення його товщини.

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі підземної частини будинку буде підвищуватись при збільшенні коефіцієнта теплопровідності матеріалу несучої частини фундаменту.

Товщина шару зовнішньої теплоізоляції становить

$$\delta_{ym} = \lambda_{ym} \left(\frac{(t_{вн} - t_{гр}) + 25,588\lambda_{\phi} - 23,736}{5,494} - \frac{\delta_{\phi}}{\lambda_{\phi}} \right), \quad (5)$$

де $t_{вн}$, $t_{гр}$, 25,588; 23,736 і 5,494 – те саме, що й у формулі (3); δ_{ym} і λ_{ym} – відповідно товщина, м, та коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, утеплювача; δ_{ϕ} і λ_{ϕ} – відповідно товщина, м, та коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$, несучої частини фундаменту.

У зв'язку з тим, що на товщину утеплювача зовнішнього вертикального поясу значно впливає коефіцієнт теплопровідності несучої частини фундаменту, його застосування менш економічне за витратою матеріалу порівняно з варіантом внутрішнього утеплювача на 50-60%. Але в умовах реконструкції таке рішення буде доцільним.

Зовнішнє вертикальне утеплення рекомендується для конструкцій, коефіцієнт теплопровідності несучої частини яких не перевищує $1,2 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^\circ\text{C}$. На можливість лише вертикального утеплення також впливатимуть архітектурні особливості фасаду.

Для зменшення товщини зовнішнього вертикального утеплювача рекомендується комбінувати його з іншими видами теплоізоляції.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. ДБН В. 2.6-31-2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Держбуд України, 2006. – 71 с.
2. СНиП II-3-79**. Строительная теплотехника / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
3. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1983. – 136 с.
4. Мачинский В.Д. Теплотехнические основы строительства. – М.: Гос. изд-во строит. лит., 1949. – 325 с.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1973. – 287с.
6. Шорин С.Н. Теплопередача. – М.: Гос. изд-во лит. по стр-ву и архит., 1952. – 338 с., ил.
7. Гиндоян А.Г. Тепловой режим конструкций полов. – М.: Стройиздат, 1984. – 222 с.
8. Рекламний проспект фірми “ROCKWOOL”, 1999.
9. Філоненко О.І. Внутрішнє вертикальне утеплення фундаментної зони як засіб зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005.– Вип.15. – С. 140–144.
10. Філоненко О.І. Зовнішнє вертикальне утеплення фундаментної зони як засіб зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2006.– Вип.17. – С. 214–218.
11. Семко О.В., Філоненко О.І. Аналіз внутрішніх засобів зменшення тепловтрат підлогою на ґрунті // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2008.– Вип.21. – С. 154–158.

УДК 624.016

ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СТАЛЕБЕТОННЫХ КОЛОНН РАЗЛИЧНОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ ПРИ ДЕЙСТВИИ НАГРУЗКИ И ТЕМПЕРАТУРЫ, ВКЛЮЧАЮЩЕЙ ПОЖАР

*Э.Д. Чихладзе, докт. техн. наук, проф.,
М.А. Веревичева, канд. техн. наук, доц.*

*Украинская государственная академия железнодорожного транспорта,
г. Харьков*

Настоящая работа, в которой рассматривается сталебетонная колонна квадратного сечения, является продолжением работ [1, 2, 7], посвященных изучению несущей способности цилиндрических сталебетонных колонн с учетом нелинейности характеристик бетона и температурных воздействий. Эта задача, как и предыдущая, является актуальной в силу ряда причин:

сталебетонные конструкции экономически выгодны; наличие стальной обжимающей стальной обеспечивает повышение прочности бетона [1, 2]; с теоретической точки зрения, экспериментальные результаты [3, 4] требуют подтверждения и обоснования. Кроме этого, имеется ряд задач, не исследованных в полной мере, таких как обеспечение огнестойкости конструкций.

Постановка задачи. Рассматривается бетонная колонна квадратного сечения, заключенная в стальную обойму. Конструкция находится под действием равномерно распределенной нагрузки q , собственного веса и равномерного по высоте перепада температур T_f (рис. 1, а). Нагрузка может быть приложена отдельно к бетонному ядру, к обойме и одновременно к ядру и обойме. При оценке НДС учитываются изменение модулей упругости бетона E_b и стали E_s и коэффициентов поперечной деформации ν_b , ν_s в зависимости от уровня напряженного состояния.

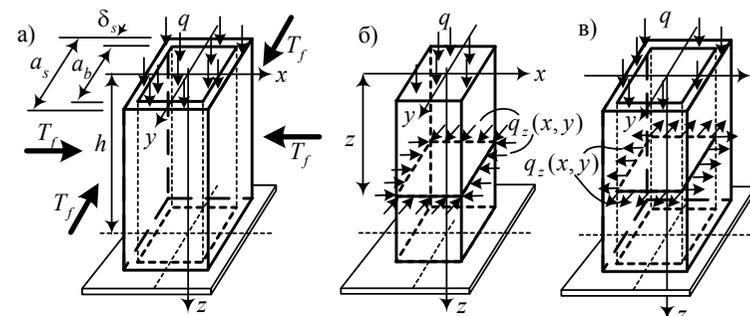


Рис. 1. Расчетная схема консольной сталебетонной колонны: а) колонна; б) бетонное ядро; в) стальная обойма

Для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) сечения колонны раскрываем контакт между бетонным ядром и стальной обоймой. В качестве неизвестных принимаем интенсивность сил контактного взаимодействия ядра и обоймы $q_z(x, y)$. Для их определения в каждом сечении z используем условие равенства перемещений на границе контакта:

$$q_z(x, y)(\delta_s - \delta_b) - (u_s - u_b) = 0, \quad (1)$$

где u_b , u_s – перемещения на границе контакта от вертикальной нагрузки соответственно в бетонном ядре и стальной обойме; δ_b , δ_s – перемещения точек на границе ядра и обоймы от «единичной» нагрузки $\bar{q}_z(x, y)$ [2] (рис. 2):