

УДК 692.295:624.041

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО РАДІУСА ЗАОКРУГЛЕННЯ КУТА ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ

Д-р техн. наук В. О. Семко, кандидати техн. наук О. І. Юрін, Н. М. Магас,
студенти А. Р. Норка, Є. Е. Пилипенко

SELECTION OF THE EXTERNAL WALL ROUNDING ANGLE OPTIMAL RADIUS

D. Sc. (Tech.) V. Semko, PhD (Tech.) O. Yurin, PhD (Tech.) N. Mahas, student A. Norka,
student Y. Pylypenko

Анотація. У статті проаналізовано один із способів підвищення теплозахисних властивостей ділянки кута будівлі – заокруглення зовнішньої поверхні кута зовнішньої стіни. Досліджено залежності радіуса заокруглення зовнішньої поверхні стіни від теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку зовнішнього кута стіни, витрати цегли у межах розрахункової ділянки, витрати утеплювача у межах розрахункової ділянки, величини зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни для п'яти розрахункових схем. Визначено, що оптимальний радіус заокруглення кута зовнішньої стіни є 0,8 м.

Ключові слова: тепловий потік, утеплювач, огорожувальні конструкції, кут будівлі, температурні поля.

Abstract. The article analyzes one of the ways to increase the heat-protective properties of the building corner - rounding the outer surface of the outer wall the corner. The walls of houses near the outer corner, due to their configuration, have less heat-insulating properties than the walls in other areas. This is due to the fact that the area of heat flow perception on the inner surface of the walls at an angle less than the area of heat transfer on the outer surface. Convective heat exchange near the inner surface of the corner, due to the inhibition of air movement is less than in other areas, so the amount of heat coming from the indoor air to the wall surface is less. For climatic conditions of Poltava region the research of temperature fields of calculated sections of the wall (without rounding of a corner, with rounding of a wall of various radius an external surface) with definition of a heat stream size, the minimum temperature on an internal surface of a wall and the resulted heat transfer resistance is carried out. The dependences of the rounding radius of the wall outer surface on the heat flow passing through the design area of the wall outer corner, brick consumption within the design area, insulation consumption within the design area, the amount of room area reduction due to rounding the wall for five design schemes. The analysis of dependences the constructed graphs showed that the intensive reduction of the heat flux passing through the calculated section occurs at a radius of the wall outer surface rounding of 0.9 m and more; a slight decrease in the area of the room due to the rounding of the wall occurs to a radius of curvature of 1.4 m; intensive reduction of brick volume within the calculated area occurs when the radius of curvature is more than 0.8 m, similarly to mineral wool up to 0.7 m. It is determined that the optimal radius of curvature of the outer wall is 0.8 m, it will increase the thermal properties of the angle and reduce the heat transfer coefficient by the transmission of the external enclosing structure of the building as a whole.

Keywords: heat flow, insulation, enclosing structures, building angle, temperature fields.

Вступ. Стіни будинків біля зовнішнього кута внаслідок своєї конфігурації мають менші теплозахисні властивості, ніж стіни на інших ділянках. Пов'язано це з тим, що площа сприйняття теплового потоку по внутрішній поверхні стін біля кута менше площі тепловіддачі по зовнішній поверхні. Конвективний теплообмін біля внутрішньої поверхні кута внаслідок гальмування руху повітря менший, ніж на інших ділянках, тому кількість тепла, що надходить від внутрішнього повітря до поверхні стіни, менша.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Підвищення теплозахисних якостей ділянки кута розглядалися в роботі [1]. В ній було запропоновано використання додаткового утеплення кута з зовнішньої та внутрішньої поверхні, а також в середині стіни. В [2–3] наведені результати дослідження оптимальної довжини додаткового утеплення кута при різних варіантах розташування утеплювача. В [4–6] досліджувався вплив розташування вікна

та його елементів (відкосу, перемички) на тепловтрати огорожувальної конструкції. Дослідження температурних полів, визначення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівель та їх елементів для визначення оптимальних шляхів підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій і будівлі в цілому розглядалося в [7–9].

Визначення мети та завдання дослідження. Визначення оптимального радіуса заокруглення зовнішньої поверхні кута зовнішньої стіни, що є одним зі способів підвищення теплозахисних властивостей ділянки кута.

Для досягнення сформульованої мети потрібно розв'язати такі завдання:

1. Виконати дослідження температурних полів п'яти розрахункових ділянок стіни (без заокруглення кута, з заокругленням зовнішньої поверхні стіни радіусом 0,5, 1, 1,5, 2 м) з визначенням величини теплового потоку, мінімальної температури на внутрішній поверхні стіни та приведеного опору теплопередачі;

2. Визначити для п'яти розрахункових схем значення теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку зовнішнього кута стіни, витрати цегли у межах розрахункової ділянки, витрати утеплювача у межах розрахункової ділянки, величини зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни;

3. Проаналізувати залежності радіуса заокруглення зовнішньої поверхні стіни від теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку зовнішнього кута стіни, витрати цегли у межах розрахункової ділянки, витрати утеплювача у межах розрахункової ділянки, величини зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни та визначити оптимальний радіус заокруглення кута зовнішньої стіни.

Основна частина дослідження.

Дослідження виконувалися для кліматичних умов Полтавської області. Розрахункова температура зовнішнього повітря приймалася $t_3 = -22\text{ }^\circ\text{C}$ (I-ша температурна зона), а внутрішня $t_в = 20\text{ }^\circ\text{C}$ (житловий будинок) [6]. Дослідження виконувалися для цегляної стіни, утепленої шаром мінеральної вати щільністю $\rho_0 = 125\text{ кг/м}^3$. Витрати матеріалів визначалися на 1 м висоти стіни.

Перетин зовнішньої стіни наведено на рис. 1. Теплопровідність шарів огорожувальної конструкції наведено у табл. 1. Нумерація шарів – від внутрішньої поверхні огороження.



Рис. 1. Перетин зовнішньої стіни

Таблиця 1

Характеристика шарів огорожувальної конструкції

№	Найменування	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,81
2	Цегла	0,81
3	Клейова суміш	0,93
4	Утеплювач	0,045
5	Шар опорядження	0,93

За теплотехнічним розрахунком товщина утеплювача становить 0,13 м.

Розміри розрахункової схеми наведено на рис. 2.

Визначення величини теплового потоку, мінімальної температури на внутрішній поверхні стіни та приведеного

опору теплопередачі виконувалося з використанням розрахунків температурних полів. Температурне поле розрахункової ділянки стіни без заокруглення наведено на рис. 3.

Результати розрахунку температурного поля за рис. 3 наведено у табл. 2.

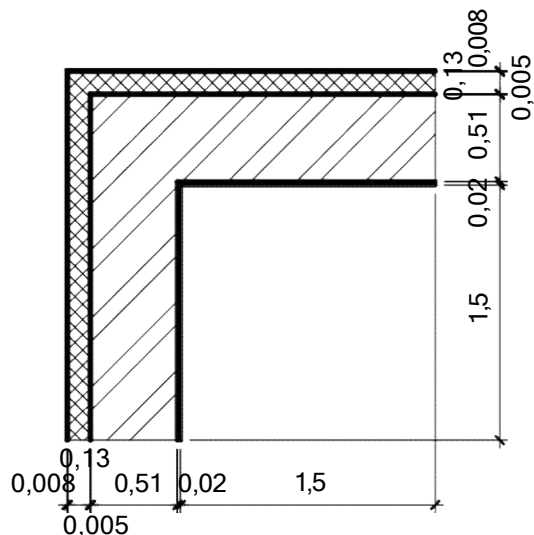


Рис. 2. Розміри розрахункової схеми

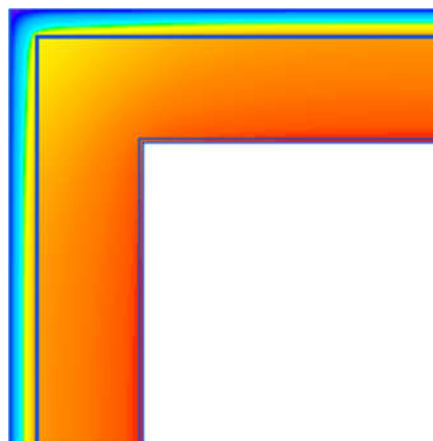


Рис. 3. Температурне поле розрахункової ділянки стіни без заокруглення

Таблиця 2

Результати розрахунку температурного поля розрахункової ділянки стіни без заокруглення зовнішньої поверхні стіни

Показник	Одиниця вимірювання	Кількість
Тепловий потік, що проходить крізь розрахункову ділянку кута зовнішньої стіни	Вт	35,331
Мінімальна температура на внутрішній поверхні стіни	°С	16,1
Приведений опір теплопередачі	м ² · К/Вт	2,757
Товщина утеплювача	м	0,13
Зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення	м ²	0
Витрати цегли	м ³	1,8105
Витрати утеплювача	м ³	0,546

Як видно з табл. 2, приведений опір теплопередачі розрахункової ділянки стіни $R_{\Sigma} = 2,754 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ менше нормованого для I-ї температурної зони $R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [6]. Необхідно збільшити товщину утеплювача. Щоб всі

варіанти заокруглення стіни були рівноцінні (з близьким значенням приведенного опору теплопередачі огороження), товщину утеплювача всіх варіантів визначаємо з точністю до 1 мм.

Після збільшення товщини утеплювача до 0,167 м приведений опір теплопередачі розрахункової ділянки стіни $R_{\Sigma} = 3,307 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ став більше нормованого $R_{q \text{ min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Результати

розрахунку температурного поля розрахункової ділянки стіни без заокруглення після збільшення товщини утеплювача до 0,167 м наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Результати розрахунку температурного поля розрахункової ділянки стіни без заокруглення після збільшення товщини утеплювача до 0,167 м

Показник	Одиниця вимірювання	Кількість
Тепловий потік, що проходить крізь розрахункову ділянку кута зовнішньої стіни	Вт	38,106
Мінімальна температура на внутрішній поверхні стіни	°С	16,7
Приведений опір теплопередачі	$\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	3,307
Товщина утеплювача	м	0,167
Зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення	м^2	0
Витрати цегли	м^3	1,8105
Витрати утеплювача	м^3	0,7076

У подальших дослідженнях товщина утеплювача для кожного варіанта заокруглення зовнішньої поверхні стіни приймалася такою, щоб виконувалася вимога $R_{\Sigma} \geq R_{q \text{ min}}$. Заокруглення зовнішньої поверхні стіни приймалося радіусом 0,5, 1, 1,5, 2 м.

Температурні поля для кожного варіанта заокруглення зовнішньої поверхні стіни наведено на рис. 4.

Результати розрахунків температурних полів варіантів з заокругленням зовнішньої поверхні стіни наведено у табл. 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку температурних полів варіантів з заокругленням зовнішньої поверхні стіни

Показник	Одиниця вимірювання	Кількість при радіусі заокруглення зовнішньої поверхні стіни, м			
		0,5	1	1,5	2
Тепловий потік, що проходить крізь розрахункову ділянку кута зовнішньої стіни	Вт	38,029	36,454	33,815	31,172
Мінімальна температура на внутрішній поверхні стіни	°С	16,7	17,7	17,2	18,4
Приведений опір теплопередачі	$\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	3,313	3,313	3,308	3,301
Товщина утеплювача	м	0,165	0,167	0,172	0,177
Зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення	м^2	0	0,019	0,1322	0,3516
Витрати цегли	м^3	1,7889	1,6868	1,5785	1,4701
Витрати утеплювача	м^3	0,6674	0,6425	0,6258	0,6071

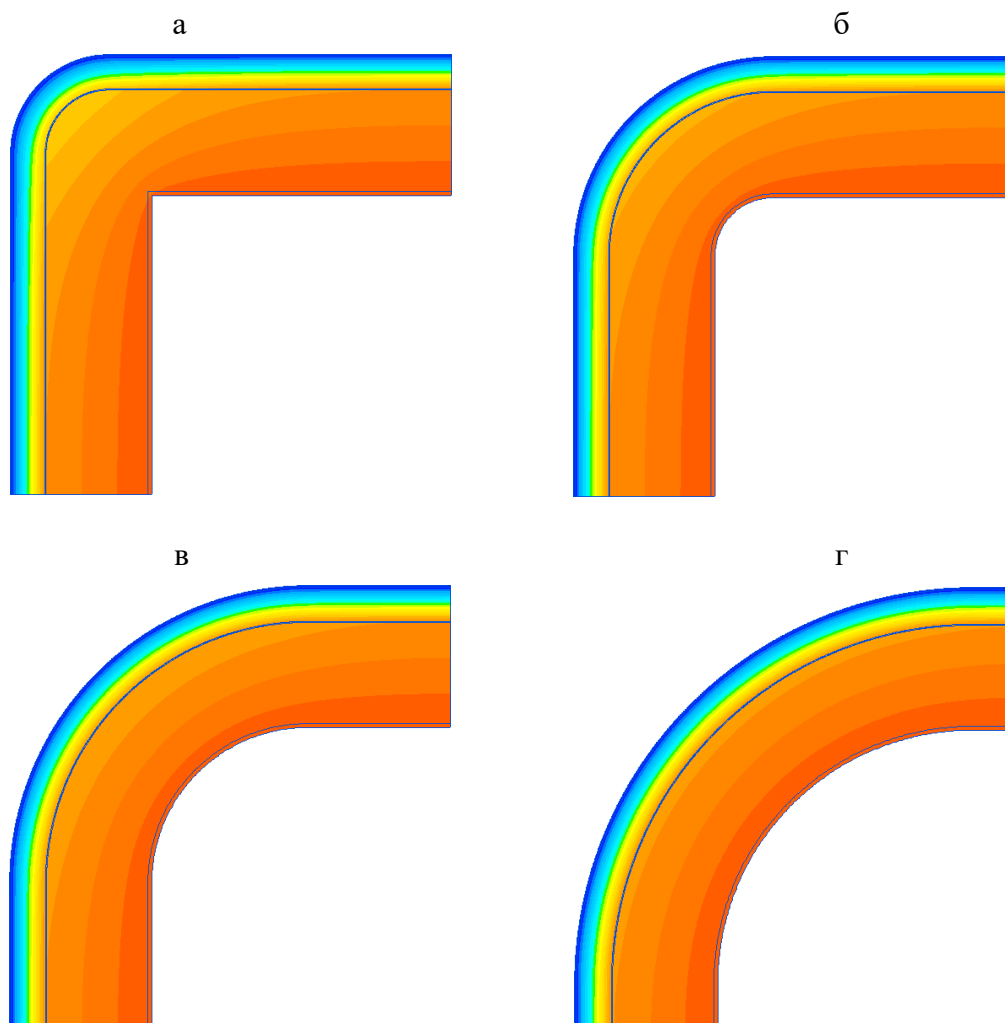


Рис. 4. Температурні поля при радіусі заокруглення зовнішньої поверхні стіни:
а – 0,5 м; б – 1 м; в – 1,5 м; г – 2 м

На рис. 5 наведено графіки залежності теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку зовнішнього кута стіни, витрати цегли та утеплювача у межах розрахункової ділянки і величини зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни від радіуса заокруглення зовнішньої поверхні стіни.

Як видно з графіків на рис. 5, інтенсивне зменшення теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку, відбувається при радіусі заокруглення

зовнішньої поверхні стіни 0,9 м та більше. Незначне зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни відбувається до радіуса заокруглення 1,4 м. Інтенсивне зменшення об'єму цегли в межах розрахункової ділянки відбувається при радіусі заокруглення більше 0,8 м. Аналогічно для мінеральної вати до 0,7 м. Аналіз графіків показав, що оптимальним радіусом заокруглення зовнішньої поверхні стіни при врахуванні всіх показників є 0,8 м.

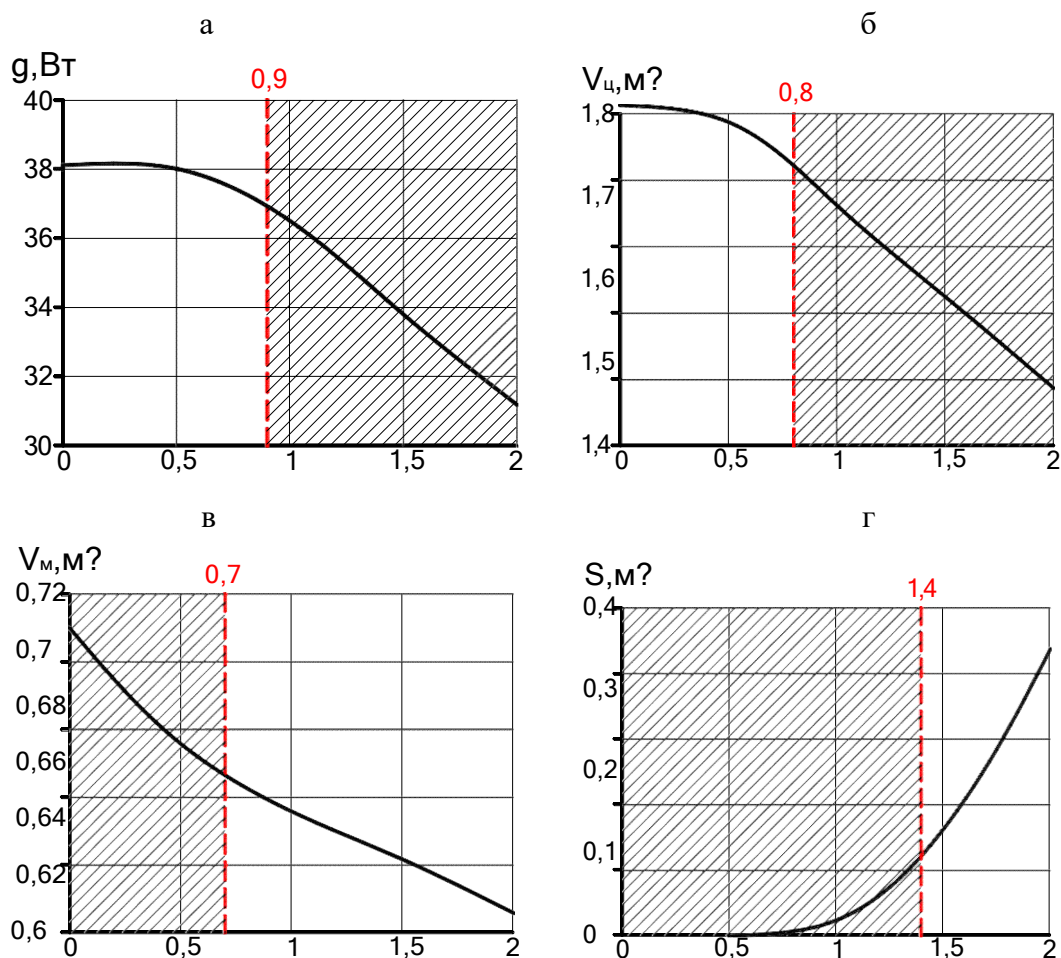


Рис. 5. Графіки залежності радіуса заокруглення зовнішньої поверхні стіни від: а – теплового потоку, що проходить крізь розрахункову ділянку зовнішнього кута стіни; б – витрати цегли у межах розрахункової ділянки; в – витрати утеплювача у межах розрахункової ділянки; г – величини зменшення площі кімнати внаслідок заокруглення стіни

Висновки. Заокруглення зовнішньої поверхні кута зовнішньої стіни є одним зі способів підвищення теплозахисних властивостей ділянки кута. Проведені дослідження дають змогу визначити оптимальний радіус заокруглення кута, що,

у свою чергу, підвищить теплозахисні властивості кута та знизить коефіцієнт теплопередачі трансмісією зовнішньої огорожувальної конструкції будівлі в цілому.

Список використаних джерел

1. Прищенко А. М. Вузлові з'єднання зовнішніх стін з підвищеними теплотехнічними показниками як засіб забезпечення енергоефективності будівель: автореф. дис канд. техн. наук: 05.23.01. Київ, 2015. 29 с.
2. Yurin O., Galinska T. Study of heat shielding qualities of brick wall angle with additional insulation located on the outside fences. *MATEC Web of Conferences*. Transbud – 2017: Structure, Materials and Infrastructure. 2017. Vol. 116. P. 02039. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711602039> (last access: 28.05.2021).

3. Yurin Oleg, Azizova Anna, Galinska Tatyana. Study of heat shielding qualities of a brick wall corner with additional insulation on the brick. *MATEC Web of Conferences*. Transbud – 2018. 2018. Vol. 230. P. 02039. URL: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002039> (last access: 28.05.2021).
4. Юрін О. І., Семко О. В. Вплив взаємного розташування зовнішнього кута будинку та віконного прорізу на температуру внутрішньої поверхні кута. *Збірник наукових праць [Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка]*. Сер.: Галузеве машинобудування, будівництво. 2013. Вип. 4(2). С. 182–190.
5. Samsonova Maria, Semenova Elvira, Kotova Christina, Salogub Leonid. Additional heat loss of jamb in enclosing structures. *E3S Web of Conferences*. 2021. 263:03017 URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126303017> (last access: 28.05.2021).
6. Fořt J., Pavlík Z., Jerman M., Černý R. Evaluation of thermal performance of window lintel construction detail. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2018. 415(1):012015. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/415/1/012015> (last access: 28.05.2021).
7. Belash T. A., Kuznetsov A. V. Energy Efficient Wall Enclosing Structures. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*. 2018. 463(3):032052. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/463/3/032052> (last access: 28.05.2021).
8. Farenjuk Gennadiy, Filonenko Olena, Datsenko Volodymyr. Research on Calculation Methods of Building Envelope Thermal Characteristics. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 8, № 4.8. P. 97–102.
9. Landerheinecke K., Gany P., Satter E. *Thermodynamik für Ingenieuren*. Viewegs Fachbücher Der Technik, 2003. 336 p.
10. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель. Чинні від 2016-08-07. Київ: Мінрегіон України, 2016. 30 с.

Семко Володимир Олександрович, д-р техн. наук, професор кафедри будівельних, дорожніх машин і будівництва Центральноукраїнського національного технічного університету. ORCID iD: 0000-0003-2438-0135. E-mail: semko.vladimir@gmail.com.

Юрін Олег Іванович, канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». ORCID iD: 0000-0002-9290-9048. E-mail: yurinoleg54@gmail.com.

Магас Наталія Миколаївна, канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва та цивільної інженерії Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». ORCID iD: 0000-0002-4459-3704. Тел.: +38 (050) 024-15-31. E-mail: magasnataliya@gmail.com.

Норка Анастасія Русланівна, студентка, група 401БП Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». ORCID iD: 0000-0002-0294-8802. E-mail: norka1lanastasiy@gmail.com.

Пилипенко Євген Едуардович, студент, група 401БМ Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». ORCID iD: 0000-0002-6367-4753. E-mail: Jeka0097@ukr.net.

Semko Volodymyr, Dr. Sc. (Tech.), professor, Department of Construction, Road Machinery and Construction, Central Ukrainian National Technical University. ORCID iD: 0000-0003-2438-0135. E-mail: semko.vladimir@gmail.com.

Yurin Oleg, PhD (Tech). Associate Professor, Department of Construction and Civil Engineering, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». ORCID iD: 0000-0002-9290-9048. E-mail: yurinoleg54@gmail.com.

Mahas Natliia, PhD (Tech). Associate Professor, Department of Construction and Civil Engineering, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic». ORCID iD: 0000-0002-4459-3704. Тел.: +38 (050) 024-15-31.

E-mail: magasnataliya@gmail.com.

Norka Anastasiia, student, Group 401BP, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic».

ORCID iD: 0000-0002-0294-8802. E-mail: norka1lanastasiy@gmail.com.

Pylypenko Yevhen, student, Group 401BM, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic».

ORCID iD: 0000-0002-6367-4753. E-mail: Jeka0097@ukr.net.

Статтю прийнято 26.05.2021 р.