

УДК 69.022.32

В.І. Савенко,

канд. техн. наук, професор
ORCID: 0000-0002-1490-6730

О.В. Дубинка,

канд. техн. наук, доцент
ORCID: 0000-0002-1616-3280

В.В. Орищенко,

асистент
ORCID: 0000-0002-5081-1229

О.В. Полосенко,

аспірант
ORCID: 0000-0003-1799-4593

А.О. Тугай,

студент
ORCID: 0000-0002-7555-2032

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ

ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ УТЕПЛЕННЯ БУДИНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

У статті надано вибір оптимальних технологічних рішень при влаштуванні навісних вентиляованих фасадів за допомогою розрахунків. Визначені необхідні фактори, при яких визначені оптимальні методи утеплення фасаду, мінімальний проміжок часу виконання монтажних робіт і відповідна вартість матеріалів та робіт. Оптимізація організаційно-технологічних рішень може бути досягнута за рахунок граничних обмежень проектних показників. Рішення даного завдання здійснювалося за допомогою суміщення діаграм тривалості і вартості. Мінімізація витрат ресурсу може бути досягнута за рахунок збільшення кількості робочих бригад і робочих днів на тиждень. За результатами досліджень, за умови досягнення мінімальних показників вартості і тривалості при влаштуванні одношарових систем теплоізоляції були рекомендовані до використання наступні параметри технологічного процесу: - кількість бригад – 3; - кількість робочих днів на тиждень – 6.

Отриманий оптимальний метод утеплення фасаду: при виконанні робіт 3 робочими бригадами і 6-ти денному робочому графіку, а також пристрої теплоізоляції в один шар, мінімальна тривалість виконання монтажних робіт становить 53 дня, відповідна вартість – 6,822 млн. грн. Виходячи з цих розрахунків та з того що мін вата є не горючим матеріалом а вентиляований фасад не дає можливості утворення конденсату у конструкції стіни, обираємо для оздоблення будинку, що проектуємо, навісний вентиляований фасад.

Показник тривалості будівництва є одним з найважливіших на всіх етапах організаційної, проектної та економічної підготовки влаштування системи утеплення будинку. Тривалість утеплення визначається згідно з календарним графіком. У свою чергу, вартість будівельно-монтажних робіт може змінюватися в процесі будівництва у зв'язку зі зміною вартості проекту в цілому. Тому також досить актуальним є визначення впливу на нього організаційно-

технологічних факторів.

Ключові слова: *утеплення, оптимізація, вентильований фасад, моделювання, ресурси, конструкція.*

Вступ. Житлові будинки є великими споживачами енергії. Але, тільки з початку ХХІ сторіччя, а у західних державах з кінця двадцятого, у зв'язку з значним зростом цін на енергоресурси, енергозбереження в будівництві набуло великого значення. В таких умовах, теплоізоляція – одне з рішень збереження тепла, зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище, та в той же час – економія коштів.

З усіх елементів будівлі стіни мають найбільшу площу контакту із зовнішнім середовищем та відповідно, вносять найбільший вклад у теплообмін. Таким чином, більша частина теплової енергії витрачається на те, щоб перекрити втрати тепла. Тому якісна теплоізоляція стін здатна значно підвищити енергоефективність будинків [1, 2].

Для утеплення фасадів житлових будинків на сьогодні, у великих обсягах використовують два типи систем теплоізоляції. Як відомо, до них відносяться конструкції зовнішніх стін з фасадної теплоізоляції з облицюванням індустріальними елементами і вентильованим повітряним шаром. Їх ще називають «навісні вентильовані» фасади (НВФ). Другий тип є конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням, так звані, «мокрі» фасадні системи з утепленням. Співвідношення використання цих систем в будівництві становить 1:2, відповідно. Причому вентильовані фасади, в більшості випадків, використовують при зведенні висотних будинків. Це пояснюється тим, що витрати на улаштування «мокрого» фасаду з утепленням, в середньому, на 50% менше вартості улаштування вентильованих систем [3]. Але незважаючи на це багато учених стверджують, що саме навісні вентильовані фасади є найкращою конструкцією для ефективної експлуатації мінераловатного утеплювача і тим самим забезпечують необхідний рівень теплоізоляції будинку на протязі тривалого часу.

Аналіз досліджень і публікацій. Слід відзначити, що влаштування НВФ у зв'язку з використанням складових системи підвищеної вартості характеризується значними техніко-економічними витратами як при влаштуванні, так і при ремонті при подальшій експлуатації.

Для будь-якої задачі управління будівельним виробництвом характерна множинність її рішень. Крім того, постійне ускладнення техніки і технології будівельного виробництва і пов'язане з ним ускладнення процесу управління, роблять вибір оптимального рішення надзвичайно важким. В умовах фінансової ситуації, яка постійно змінюється, чільне місце займають моделі будівельного виробництва [4]. Застосування різних моделей в основних сферах управління будівництвом. Вирішення задачі вибору оптимальних і технологічних рішень при заданих умовах при влаштуванні навісних вентильованих фасадів є актуальним на сьогоднішній день.

Постановка завдання. Отже, вибір організаційних та технологічних рішень для забезпечення оптимальних параметрів виконання будівельно-монтажних робіт при одночасному зменшенні тривалості та вартості влаштування навісних вентильованих фасадів з допомогою визначень та розрахунків.

Якщо змоделювати показник трудомісткості в процесі систем утеплення

будинку, то темпи будівництва і його вартість суттєво зміняться. Такі зміни можна виконувати різними методами: зменшувати або збільшувати кількість робітників у бригаді, змінювати кількість робочих днів у тижні.

Основна частина.

В даному випадку, окрім зміни тривалості процесу утеплення будинку, буде змінюватися його вартість. Зміни такого типу можна виконувати за допомогою відомих організаційно-технологічних моделей, проте так як вони мають суттєві недоліки, доцільно використовувати відомі програмні продукти з управління проектами.

Моделювання виробничих процесів виконували на прикладі 15-21-ти поверхового житлового будинку з об'ємом робіт з влаштування навісних вентилязованих фасадів, що складає 10,552 тис. м².

Теплотехнічний розрахунок та порівняння варіантів конструкцій зовнішньої стіни. Згідно ДБН В.2.6-31-2006 «Теплова ізоляція будівель» м. Київ відноситься до першої температурної зони України мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції – $R_{q,\min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

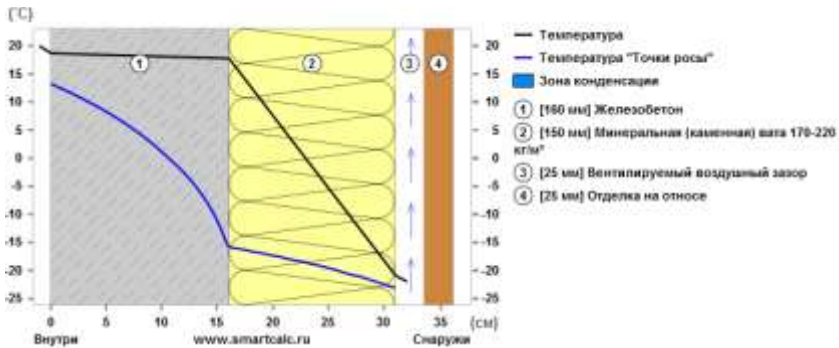


Рис. 1. Конструкція зовнішньої стіни з вентилятивним навісним фасадом

Загальний термічний опір непрозорій термічно неоднорідній огорожувальній конструкції:

- Мінеральна вата: $\lambda = 0,042 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,15 \text{ м}$
- Залізобетон: $\lambda = 1,69 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,16 \text{ м}$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$$

$$R_1 = \frac{0,15}{0,042} = 3,57 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = \frac{0,16}{1,69} = 0,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 3,57 + 0,09 + \frac{1}{12} = 0,11 + 3,57 + 0,09 + 0,08 = 3,85 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Враховуючи неоднорідність конструкції та термічний опір повітряного шару:

$$R_{\Sigma} = 3,85 \cdot 0,9 + 0,15 = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де

$\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні

$\alpha_3 = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні

огороджувальної конструкції (згідно додатку «Е» ДБН В.2.6-31-2006).

Перевіряємо виконання умови:

$$R_q = 3,62 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q,\text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \text{ — умова виконується.}$$

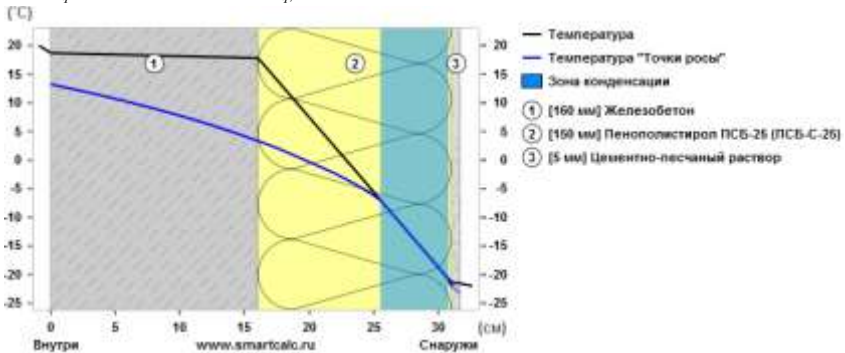


Рис. 2. Конструкція зовнішньої стіни утепленої пінополістиролом

Загальний термічний опір непрозорій термічно однорідній огороджувальній конструкції:

- Пінополістирол ПСБ-С-25: $\lambda = 0,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,15 \text{ м}$
- Залізобетон: $\lambda = 1,69 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,16 \text{ м}$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_в} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3}$$

$$R_1 = \frac{0,15}{0,04} = 3,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = \frac{0,16}{1,69} = 0,09 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 3,75 + 0,09 + \frac{1}{23} = 0,11 + 3,75 + 0,09 + 0,04 = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні

$\alpha_3 = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні

огороджувальної конструкції (згідно додатку «Е» ДБН В.2.6-31-2006).

Перевіряємо виконання умови:

$$R_q = 3,99 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \geq R_{q,\text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \text{ — умова виконується.}$$

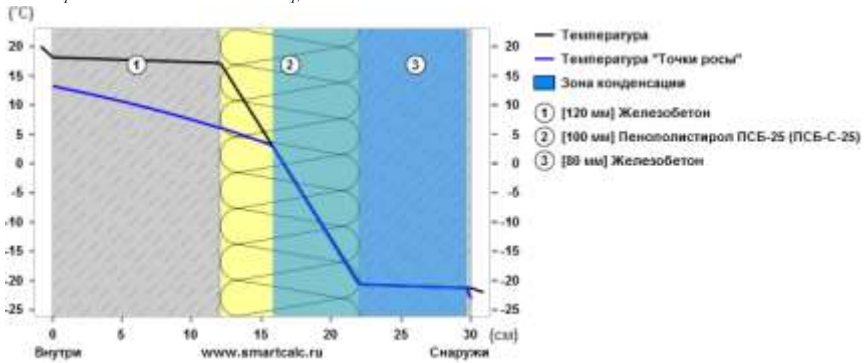


Рис. 3. Конструкція тришарової стінової панелі

Загальний термічний опір непрозорої термічно однорідної огороджувальної конструкції:

- Пінополістирол: $\lambda = 0,04 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,12 \text{ м}$, $d = 0,8 \text{ м}$
- Залізобетон: $\lambda = 1,69 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, $d = 0,1 \text{ м}$

$$R_1 = \frac{0,12}{1,69} = 0,07 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = \frac{0,1}{0,04} = 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_3 = \frac{0,08}{1,69} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + 0,07 + 2,5 + 0,05 + \frac{1}{23} = 0,11 + 0,07 + 2,5 + 0,05 + 0,08 = 2,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

де $\alpha_a = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні

$\alpha_s = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні

огороджувальної конструкції (згідно додатку «Е» ДБН В.2.6-31-2006).

Перевіряємо виконання умови:

$$R_q = 2,66 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \leq R_{q,\text{min}} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт} \text{ — умова не виконується.}$$

Виходячи з цих розрахунків та з того що мінвата є не горючим матеріалом а вентиляований фасад не дає можливості утворення конденсату у конструкції стіни, обираємо для оздоблення будинку, що проектуємо, навісний вентиляований фасад.

Таблиця

Порівняння варіантів фасадів

№	Фасад	Термічний опір, м2·К/Вт	Трудомісткість, за 1 м2, ч/час	Вартість робіт за 1 м2, грн.	Вартість матеріалів на 1 м2, грн.
1	Ветнильований навісний фасад	3.62	4.79	185	566.55
2	Фасад утеплений пінополістиролом з штукатурним шаром	3.99	6.36	270	275.87
3	Тришарова панель	2.66	0.6	2.967	292.5

Аналіз показників ефективності. Для вибору ефективних та оптимального методу утеплення будинку застосовано методику і виконано чисельний експеримент по визначенню залежності між обраними показниками і чинниками, що на них впливають.

У роботі, в якості досліджуваних показників ефективності організаційно-технологічних рішень по вибору оптимального методу утеплення фасаду житлового будинку прийняті наступне: тривалість процесу утеплення і вартість монтажних робіт по утепленню фасадів будинку.

Показник тривалості будівництва є одним з найважливіших на всіх етапах організаційної, проектної та економічної підготовки виконання монтажу системи утеплення будинку. Тривалість утеплення визначається по календарному графіку. У свою чергу, вартість виконання будівельно-монтажних робіт (БМР) може змінюватися в процесі будівництва у зв'язку зі зміною вартості проекту в цілому. Тому визначити вплив на неї організаційно-технологічних чинників є теж досить актуальним.

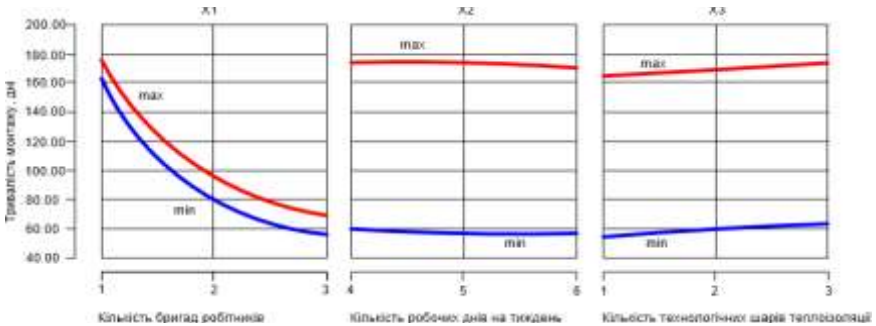


Рис. 4. Вплив організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання монтажних робіт

Слід зазначити, що, практично, аналогічну залежність має вплив улаштування кількості технологічних шарів теплоізоляції при монтажу навісного

вентильованого фасаду. У зоні максимальних значень кількість технологічних шарів теплоізоляції до трьох призводить до збільшення термінів виконання робіт приблизно на 7%. Це пояснюється особливостями їх влаштування. Перш за все при рівні варіювання -1 спостерігається найменша тривалість робіт завдяки значно більш простій схемі улаштування конструкції, що призводить до значно меншої трудомісткості. Інші схеми (рівні варіювання 0 і 1) характеризуються більшою трудомісткістю в силу їх складної конструкції. За рахунок цього відбувається збільшення виконання тривалості монтажних робіт.

Виявлено, що мінімальне значення тривалості виконання монтажних робіт з влаштування навісного вентильованого фасаду (54 дні) можливе при такому поєднанні чинників: $x_1 = 1$ (3 бригади робітників), $x_2 = 1$ (6 робочих днів в тиждень), $x_3 = -1$ (1 технологічний шар при улаштуванні теплоізоляції).

Закономірність впливу факторів експерименту на рівень вартості виконання монтажних робіт по влаштуванню системи теплоізоляції N_t , (дні) адекватно описується по результатам експериментально-статистичного моделювання. Модель $C_{\{НВФ\}}$ можна відобразити у вигляді однофакторних графічних залежностей, що представлені на рисунку 5.

При вивченні впливу організаційно-технологічних факторів на вартість виконання робіт по влаштуванню навісної системи теплоізоляції $C_{\{НВФ\}}$, (млн.грн.) адекватно описується по результатам експериментально-статистичного моделювання:

$$C_{\{НВФ\}} = 11,28 - 3,78 x_1 - 0,29 x_2 + 0,51 x_3 + 0,29 x_{12} - 0,16 x_1 x_2, \text{ млн. грн.}$$

Наведена аналітична залежність показує, що максимальний вплив на досліджуваний показник вартості монтажних робіт надає кількість бригад робітників (коефіцієнт при $x_1 = 3,78$). Фактор x_3 також надає на показник помітний вплив (коефіцієнт при $x_3 = 0,51$). Самий мінімальний вплив з досліджуваних чинників надає фактор – кількість робочих днів в тиждень. Знак «-» біля коефіцієнтів при x_1 , x_2 , x_3 означає, що зміна цих факторів обернено пропорційна зміні $C_{\{НВФ\}}$ (вартість монтажних робіт).

На рис. 5 видно, що у зоні максимальних значень вартості характер впливу всіх факторів являно виражений і має обернено пропорційну залежність. При зміні x_1 від 3 бригад робітників до 1 бригади, вартість змінюється від приблизно 8,9 млн. грн. до 16,1 млн. грн., тобто в 1,8 рази. Менш виражено впливає на даний показник і фактору x_2 (кількість робочих днів у тиждень). Вартість монтажних робіт при збільшенні кількості робочих днів зменшується на 2%. У свою чергу при зміні фактору x_3 від -1 (1 технологічний шар при улаштуванні теплоізоляції) до +1 (3 технологічних шарів при улаштуванні теплоізоляції) значення показника змінюється від 14,9 до 16,1 млн. грн. відповідно. Практично, аналітична залежність спостерігається і в полі мінімальних значень показника вартості.

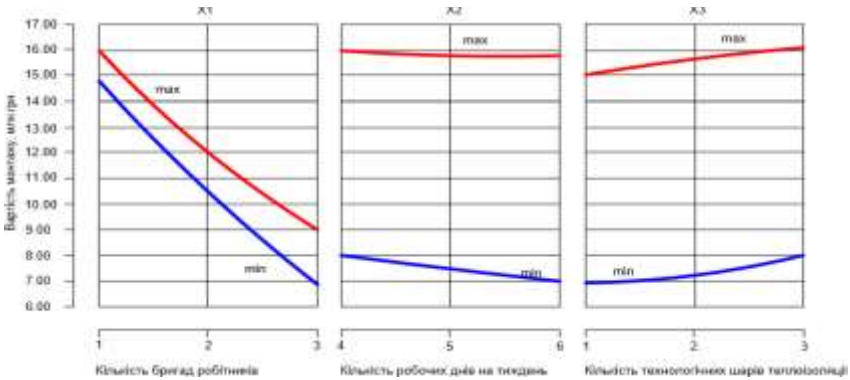


Рис. 5. Вплив організаційно-технологічних факторів на вартість виконання монтажних робіт

Виявлено, що мінімальне значення вартості виконання монтажних робіт (6822000 грн.) можливе при такому поєднанні чинників: $x_1 = 1$ (3 бригади робітників), $x_2 = 1$ (6 робочих днів в тиждень), $x_3 = -1$ (1 технологічний шар при улаштуванні теплоізоляції).

У технологічних завданнях поведінку досліджуваної системи характеризується зазвичай групою критеріїв якості, координати оптимуму яких, як правило, не збігаються. В силу цієї закономірності виникає ряд проблемних питань, пов'язаних з прийняттям компромісних рішень в багатокритеріальних інженерних задачах. На основі досліджень було встановлено, що раціональним методом утеплення є одношарова конструкція [7]. Тому для вибору оптимальних значень були побудовані моделі при фіксованому на «-1» факторі x_3 .

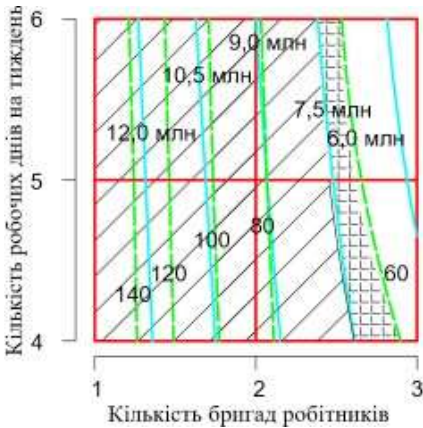


Рис. 4. Оптимізація організаційно-технологічних факторів при заданих обмеженнях

Оптимізація організаційно-технологічних рішень може бути досягнута за рахунок граничних обмежень проектних показників. Рішення даного завдання

здійснювалося за допомогою суміщення діаграм тривалості і вартості. В дослідженнях в умовах проекту були прийняті наступні обмеження: вартість утеплення елітного житлового будинку не повинно перевищувати 6822000 грн.; тривалість виконання будівельно-монтажних робіт по утепленню – не більше 60 днів.

Мінімізація витрат ресурсу може бути досягнута за рахунок збільшення кількості робочих бригад і робочих днів на тиждень. За результатами досліджень (рис. 5.), за умови досягнення мінімальних показників вартості і тривалості при влаштуванні одношарових систем теплоізоляції були рекомендовані до використання наступні параметри технологічного процесу: - кількість бригад – 3; - кількість робочих днів на тиждень – 6.

Таким чином, визначено необхідну значення факторів, при яких ми отримаємо оптимальний метод утеплення фасаду за вартісними характеристиками і по тривалості виконання робіт. Такими факторами є: $x_1 = +1$ (3 бригади робітників); $x_2 = +1$ (6 робочих днів в тиждень); $x_3 = -1$ (один технологічний шар для влаштування теплоізоляції).

Висновки.

Результати моделювання на прикладі реального будівельного об'єкта показали, що при зміні досліджуваних факторів основні критерії ефективності можуть змінюватися в дуже широких межах, а саме: тривалість будівництва - від 43 до 184 робочих днів; вартість виробництва монтажних робіт – від 7,8 млн. грн. до 17,780 млн. грн.

Моделювання дозволило визначити необхідні фактори, при яких знайдений оптимальний метод утеплення фасаду: при виконанні робіт 3 робочими бригадами і 6-ти денному робочому графіку, а також пристрої теплоізоляції в один шар, мінімальна тривалість виконання монтажних робіт становить 53 дня, відповідна вартість – 6,822 млн. грн.

Результати моделювання на прикладі реального будівельного об'єкта показали, що при зміні досліджуваних факторів основні критерії ефективності можуть змінюватися в дуже широких межах, а саме: тривалість будівництва - від 53 до 174 робочих днів; вартість виробництва монтажних робіт – від 6,8 млн. грн. до 15,980 млн. грн.

Дозволило визначити необхідні фактори, при яких знайдений оптимальний метод утеплення фасаду: при виконанні робіт 3 робочими бригадами і 6-ти денному робочому графіку, а також пристрої теплоізоляції в один шар, мінімальна тривалість виконання монтажних робіт становить 53 дня, відповідна вартість – 6,822 млн. грн. Виходячи з цих розрахунків та з того що мін вата є не горючим матеріалом а вентиляований фасад не дає можливості утворення конденсату у конструкції стіни, обираємо для оздоблення будинку, що проектуємо, навісний вентиляований фасад.

Список літератури:

1. Савенко В.І. Енергозберігаючі технології в будівництві та системи управління якістю. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. Вип. №1 (31). НДІБМВ. К., 2009. С. 96-99.
2. Лівінський О.М., Савенко В.І. Менеджмент якості в будівництві і геном ділової досконалості організації. *Монографія*. Київ. Центр учбової літ. 2018. 233с.
3. Луцкий С. Я. Технология строительного производства. *М. Высш. шк.* 1991.

384 с.

4. Білоконь А.І. Контроль якості теплозабезпечення населення. *Сб. науч. трудов. Серия: Строительство, материаловедение, машиностроение*. Вып. 38. Днепропетровск. ПГАСА, 2006. С. 179-183.

5. Ершов М.Н. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции. *Технология и организация строительного производства*. №4/№1(9). М. 2014-2015. С.43-47.

6. Новицкий Н.И. Организация, планирование и управление строительным производством. *Финансы и статистика*. М. 2007. 576 с.

7. Вознесенский В.А. Экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация в материаловедении. *К.УДНТЗ*. 1993. 16 с.

8. Менеїлюк А.І. Выбор эффективных организационно-технологических решений возведения жилых зданий. *Міжвідомчий наук.-техн. зб. Будівельне виробництво*. Вип. 53. Київ. НДІБВ. 2012. С. 93-97.

9. Менеїлюк А.І. Влияние технологических особенностей устройства вентилируемых фасадных систем на их теплозащитные свойства. *Вісник ХНУБА*. Вип. 58. Харків. 2014. С.131-135.

10. Піщаленко Ю.О, Савенко В.І. Энергозбереження в будівництві. *Вид.УАН ТОВ НВП ВІР*. К. 2008. С.65.

References:

1. Savenko V.I. (2009). "Energy-saving technologies in construction and quality management systems", *Coll. Scientific papers Building materials, products and sanitary equipment*, Vol. №1 (31), NDIBMV, K, 96-99.

2. Livinsky O.M., Savenko V.I. (2018). "Quality management in construction and the gene of business excellence of the organization", *Monograph, Kyiv, Center for educational summer*, 233.

3. Lutsky S. Ya. (1991). "Technology of construction production", *M, Vyssh.sh.*384 .

4. Bilokon A.I. (2006). "Quality control of heat supply to the population", *Sat. science labor Series: Construction, materials science, machine building, issue 38*, Dnipropetrovsk, PGASA, 179-183.

5. Ershov M.N. (2014-2015). "Analysis of technological features of application of facade thermal insulation systems", *Technology and organization of construction production*, No 4/No1(9), M, 43-47.

6. Novitskyi N. I. (2007). "Organization, planning and management of construction production", *Finances and statistics*, M, 576.

7. Voznesensky V. A. (1993). "Experimental-statistical modeling and optimization in materials science", *K, UDNTZ*, 16.

8. Meneilyuk A. I. (2012). "Selection of effective organizational and technological solutions for the construction of residential buildings", *Interdepartmental Science and Technology coll, Construction production*, Vol. 53, Kyiv, NDIBV, 93-97.

9. Meneilyuk A.I. (2014). "The influence of technological features of the device of ventilated facade systems on their heat-shielding properties", *Herald of Khnuba*, Vol. 58, Kharkiv, 131-135.

10. Pishchalenko Yu.O., Savenko V.I. (2008). "Energy conservation in construction". *Ed. UAN LLC NVP VIR*. K. P.65.

V.I. Savenko, O.V. Dubynka, V.V. Orishchenko, O.V. Polosenko, A.O. Tugai
Efficiency and optimization of building insulation with the help of facade systems

In the article Selection of optimal technological solutions for the installation of hinged ventilated facades using calculations. Necessary factors are identified, in which the optimal methods of facade insulation, the minimum period of time for installation work and the corresponding cost of materials and works are determined. Optimization of organizational and technological solutions can be achieved due to the limit limitations of design indicators. The solution of this task was carried out using the combination of duration and cost diagrams.

Minimization of resource costs can be achieved by increasing the number of work teams and working days per week. According to the results of the research, the following parameters of the technological process were recommended for the use of the following parameters of the technological process, provided that the minimum indicators of cost and duration were achieved when installing single-layer thermal insulation systems: - number of crews - 3; - number of working days per week - 6.

The construction duration indicator is one of the most important at all stages of organizational, design and economic preparation for the installation of the house insulation system. The duration of warming is determined according to the calendar schedule. In turn, the cost of construction and installation work may change during the construction process due to changes in the cost of the project as a whole. Therefore, it is also quite relevant to determine the influence of organizational and technological factors on it.

Keywords: *insulation, optimization, ventilated facade, modeling, resources, construction.*

Посилання на статтю

АРА: Savenko, V.I., Dubynka, O.V., Orishchenko, V.V., Polosenko, O.V., & Tugai, A.O. (2022). Efficiency and optimization of building insulation with the help of facade systems. *Shliakhy pidvyshchennia efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannia rynkovykh vidnosyn*, 50 (1), 164-174.

ДСТУ: Савенко В.І., Дубинка О.В., Орищенко В.В., Полосенко О.В., Тугай А.О. Ефективність та оптимізація утеплення будинків за допомогою фасадних систем. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин*. 2022. № 50 (1). С. 164-174.