

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: Обґрунтування вибору конструктивних рішень фасадної системи
Saray Cotta при будівництві палацу спорту "Юність" в місті Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-пцб-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво
(код і назва освітньої програми)

Жуковський К. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник ст. викл. Данкевич Н. О.

посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали

Рецензент проф., д.т.н. Арутюнян І. А.

посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали

Запоріжжя
2020

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ**

Кафедра	<u>Промислового та цивільного будівництва</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий магістерський рівень</u> (другий (магістерський) рівень)
Спеціальність	<u>192 "Будівництво та цивільна інженерія"</u> (шифр і назва)
Освітньо-професійна програма	<u>"Промислове і цивільне будівництво"</u> (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____ ІПЦБ
_____ проф. Арутюнян І. А.
" _____ " _____ 2020 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)**

Жуковський Костянтин Олегович
(прізвище, ім'я по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Обґрунтування вибору конструктивних рішень фасадної системи Saray Cotta при будівництві палацу спорту "Юність" в місті Запоріжжя

керівник роботи Данкевич Н. О., ст. викл.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 25 " 05 2020 року № 599-с

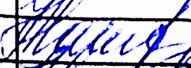
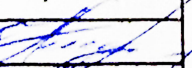
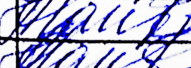
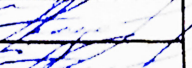
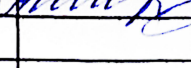
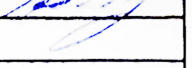
2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи фрагменти креслень фасадів та конструктивних елементів ПС "Юність", технічні каталоги елементів фасадів та інформаційні посібники з монтажу фасадних систем, науково-технічна, навчальна, нормативна та періодична література

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, розгляд сучасних фасадних систем у будівництві, аналіз методологічних засад вибору та проектування фасадів, техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень фасадних систем

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) вступ, загальна класифікація та типологія фасадів, конструктивні рішення вхідних фасадних систем, аналіз зведених показників та результати техніко-економічного розрахунку

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н. О., ст. викл.		
Розділ 2	Данкевич Н. О., ст. викл.		
Розділ 3	Данкевич Н. О., ст. викл.		

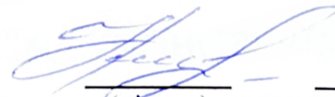
7. Дата видачі завдання

02 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

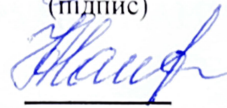
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розгляд сучасних фасадних систем у будівництві	30.09.2020	
2.	Аналіз методологічних засад проектування фасадів	21.10.2020	
3.	Техніко-економічне обґрунтування конструктивних рішень фасадних систем	11.11.2020	
4.	Попередній захист	01.12.2020	
5.	Оформлення та підготовка до захисту	04.12.2020	

Студент


(підпис)

Жуковський К. О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


(підпис)

Данкевич Н. О.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)

Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Жуковський К. О. Обґрунтування вибору конструктивних рішень фасадної системи Saray Cotta при будівництві палацу спорту “Юність” в місті Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н. О. Данкевич, Інженерний навчально-науковий інститут, Запорізький національний університет, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2020.

Виконано аналітичний огляд типології сучасних фасадних систем в розрізі формування архітектурно-будівельних рішень. Проведено аналіз поточної кон'юнктури та тенденції розвитку вітчизняного ринку фасадних систем. Визначені концептуальні засади щодо розробки та структуризації проектних рішень з влаштування фасадів.

Сформовано вихідні дані та виконано розрахунок зведених витрат із зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність”, на базі техніко-економічного аналізу отриманих результатів обґрунтовано вибір конструктивних рішень навісного вентиляованого фасаду Saray Cotta на об'єкті будівництва.

Ключові слова: ФАСАДНА СИСТЕМА, ПРОЕКТУВАННЯ ФАСАДІВ, НАВІСНИЙ ВЕНТИЛЬОВАНИЙ ФАСАД, КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ ФАСАДУ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.

Список публікацій магістранта:

1. Жуковський К. О. Обґрунтування необхідності вибору фасадної системи в контексті оптимізації процесу проектування фасадів будівель і споруд. *Збірник матеріалів XXV наук.-техн. конф. аспірантів, магістрантів, студентів та викладачів*, 24-27 лист. 2020 р. Запоріжжя : ІННІ ЗНУ, 2020. С. 188.

АННОТАЦИЯ

Жуковский К. О. Обоснование выбора конструктивных решений фасадной системы Saray Cotta при строительстве дворца спорта “Юность” в городе Запорожье.

Квалификационная выпускная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 – Строительство и гражданская инженерия, научный руководитель Н. А. Данкевич, Инженерный учебнонаучный институт, Запорожский национальный университет, кафедра промышленного и гражданского строительства, 2020.

Выполнен аналитический обзор типологии современных фасадных систем в контексте формирования архитектурно-строительных решений. Проведен анализ текущей конъюнктуры и тенденции развития отечественного рынка фасадных систем. Определены базовые подходы к разработке и структуризации проектных решений по устройству фасадов.

Сформировано исходные данные и выполнен расчет приведенных затрат на отделку фасадов ДС “Юность”, на базе технико-экономического анализа полученных результатов обоснован выбор конструктивных решений навесного вентилируемого фасада Saray Cotta на объекте строительства.

Ключевые слова: ФАСАДНАЯ СИСТЕМА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСАДОВ, НАВЕСНОЙ ВЕНТИЛИРУЕМЫЙ ФАСАД, КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ФАСАДОВ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ.

Список публикаций магистранта:

1. Жуковский К. О. Обоснование необходимости выбора фасадной системы в контексте оптимизации процесса проектирования фасадов зданий и сооружений. *Сборник материалов XXV научно-техн. конф. аспирантов, магистрантов, студентов и преподавателей*, 24-27 нояб. 2020 г. Запорожье: ИННИ ЗНУ, 2020. С. 188.

ABSTRACT

Zhukovskyi K. Substantiation of structural decisions of the facade system “Saray Cotta” selection during the construction of the Sport Palace “Yunist” in the city of Zaporizhzhia.

Qualifying final work for obtaining master’s degree in 192 – Construction and Civil Engineering, supervisor Dankevich N., Engineering Educational and Scientific Institute, Zaporozhzhia National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2020.

It has been reviewed the typology of modern facade systems in context of the formation of architectural and construction solutions. The current situation and development trends of the domestic market of facade systems are analysed. The basic approaches to development and structuring of project decisions for the facades mounting are defined.

After getting the initial data, it has been made the calculation of the resulted expenses for mounting of the facades types on the Sport Palace “Yunist”, on the basis of technical and economic analysis, the choice of constructive decisions of the hinged ventilated facade of “Saray Cotta” for initial building is proved.

Keywords: FACADE SYSTEM, FACADE DESIGN, HINGED VENTILATED FACADE, CONSTRUCTIONAL SOLUTIONS OF FACADES, TECHNICAL AND ECONOMIC RATIONALE.

List of publications:

1. Zhukovskyi K. The proving of necessity for choosing a facade system type in the context of optimising the project process of the buildings facades. *Materials of XXV Scientific and Technical Conf. of graduate students, undergraduates, students and teachers*, Nov. 24-27. 2020 Zaporozhzhia: EESI ZNU, 2020. P. 188.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	9
Вступ.....	10
1 Аналіз типології сучасних фасадних систем у вітчизняному будівництві.....	12
1.1 Детермінація фасадних систем в розрізі формування архітектурно-будівельних рішень.....	12
1.2 Дослідження поточної кон'юнктури та тенденції розвитку вітчизняного ринку фасадних систем.....	16
1.3 Обґрунтування необхідності вибору фасадної системи в контексті оптимізації процесу проектування фасадів будівель і споруд.....	25
2 Методологічні аспекти інженерно-технологічних питань проектування фасадних систем.....	29
2.1 Концептуальні засади щодо розробки та структуризації проектних рішень з влаштування фасадів.....	29
2.2 Проектно-орієнтована оцінка та критерії вибору опоряджувальних матеріалів фасадних систем.....	38
2.3 Методи визначення показників експлуатаційної ефективності фасадів будівель та споруд.....	45
2.4 Оптимізація вибору ефективних організаційно-технологічних рішень фасадних робіт на базі експериментально-статистичного моделювання.....	53
3 Техніко-економічне обґрунтування вибору інженерно-конструктивних рішень фасадних систем.....	61
3.1 Формування вихідних даних та параметрів розрахунку в розрізі варіативного проектування фасадів ПС “Юність” в м. Запоріжжя.....	61

3.2	Комплексний аналіз базових конструктивних рішень детермінованих фасадних систем.....	65
3.3	Дослідження технологічних аспектів зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність” на засадах проектно-орієнтованої варіативності.....	73
3.4	Охорона праці та технічна безпека в будівництві при виконанні робіт з монтажу фасадних систем.....	83
3.5	Розрахунок зведених витрат із зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність” та аналіз отриманих результатів.....	87
	Висновки.....	98
	Перелік джерел посилання.....	101

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ФС – фасадна система

НВФ – навісний “вентильований” фасад

БМР – будівельно-монтажні роботи

ППС – пінополістирол

ППУ – пінополіуретан

МВ – мінеральна вата

ТЕО – техніко-економічне обґрунтування

ТЕР – техніко-економічний розрахунок

ЕКН – елементна кошторисна норма

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні у будівництві в результаті появи нових конструктивних схем фасадних систем, вдосконалення технологічних процесів відбулася ґрунтовна переоцінка підходів до вибору фасадних матеріалів, що застосовуються в монтажних та оздоблювальних роботах. Архітектурний вигляд міст, як при будівництві нових будівель, так і при реконструкції існуючих, багато в чому визначається якістю конструкцій фасадів і їх виразністю. Часи стандартизованих будинків і фасадів пішли в минуле. Виникла необхідність створення об'єктів різноманітних за своїм дизайном, ергономічністю, довговічністю і надійністю. Підвищення якості конструктивних рішень фасадних систем в подальшому призводить до істотного скорочення експлуатаційних витрат.

Оскільки зазначені витрати з обслуговування фасадів безпосередньо залежать від конструктивного рішення обраного типу системи, якості фасадних матеріалів та виконання будівельно-монтажних робіт. Потреба у скороченні витрат і мінімізації ризиків в сучасному будівництві стоїть на першому місці, таким чином оптимізація всього процесу проектування фасадів визначає актуальність дослідження.

Об'єкт дослідження: архітектурно-будівельні рішення фасадів ПС “Юність” в м. Запоріжжя.

Предмет дослідження: інженерно-конструктивні рішення навісного вентилязованого фасаду “Saray Cotta” з облицюванням алюмінієвими панелями.

Метою дослідження є техніко-економічне обґрунтування вибору конструктивних рішень фасадної системи “Saray Cotta” для опорядження зовнішніх огорожувальних конструкцій ПС “Юність” в м. Запоріжжя на засадах варіативного проектування. У відповідності до поставленої мети в науково-дослідній роботі розглядаються наступні задачі:

1) позиціонування фасадних систем в розрізі формування архітектурно-просторових рішень будівель та споруд;

2) аналіз сучасних умов та тенденції розвитку ринку фасадних систем та матеріалів в Україні;

3) обґрунтування необхідності вибору фасадної системи в контексті оптимізації процесу проектування фасадів будівель і споруд;

4) огляд методологічних засад та підходів до проектування сучасних фасадних систем;

5) формування вихідних даних та техніко-економічний розрахунок ефективності конструктивних рішень фасадної системи “Saray Cotta” в розрізі варіативного проектування фасадів ПС “Юність” в м. Запоріжжя.

Методи дослідження: бібліографічний пошук; комплексний, системно-структурний та статистичний аналіз; варіативне проектування; техніко-економічний розрахунок.

Наукова новизна роботи полягає комплексному розгляді зведених витрат на виконання зовнішніх опоряджувальних робіт, конструктивних особливостей фасадної системи з характером дії атмосферних чинників з урахуванням архітектурних рішень реального об’єкта будівництва в м. Запоріжжя. Аналіз результатів дослідження показав, що високої ефективності фасадних робіт при низьких витратах можна досягти тільки при виборі та проектуванні інженерних рішень, які об’єднують конструкцію фасадної системи та характеристики навколишнього середовища будівельного об’єкта.

Практична значимість роботи. Автором роботи надані рекомендації щодо врахування кліматичних та екологічних характеристик м. Запоріжжя, в якому розташований ПС “Юність”, їх впливу на експлуатаційну ефективність оздоблювальних елементів фасаду в розрізі техніко-економічного обґрунтування вибору конструктивних рішень фасадних систем.

Науково-дослідна робота складається із переліку умовних скорочень, вступу, 3 розділів, загальних висновків, переліку джерел посилання, який включає 44 найменування. Робота містить 105 сторінок машинописного тексту, 16 рисунків та 10 таблиць.

1 АНАЛІЗ ТИПОЛОГІЇ СУЧАСНИХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ У ВІТЧИЗНЯНОМУ БУДІВНИЦТВІ

1.1 Детермінація фасадних систем в розрізі формування архітектурно-будівельних рішень

В даний час одним з актуальних проблем будівництва в Україні є питання оздоблення зовнішніх огорожувальних конструкцій що зводяться, так і існуючих будівель та споруд. Фасади найбільшою мірою схильні до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища: вітрам, дії термічних і механічних навантажень, атмосферних опадів, ультрафіолетового опромінення, які призводять до корозії поверхонь стін, втрати архітектурної виразності і експлуатаційної стійкості конструкції, зниження її теплофізичних показників.

На сьогоднішній день левова частка житлового фонду Україні є будівлями 1960-1980-х рр. Зокрема, теплофізичні показники так званих «хрущовок» (розрахунковий період експлуатації – 50 років) зараз набагато нижче встановлених норм, тому такі споруди вимагають пристрою додаткового утеплення та оздоблення фасаду. При своєчасних капітальних ремонтах, як показали останні дослідження [1-3], період експлуатації «хрущовок» може бути продовжений до 100 років. Зважаючи на неможливість і економічну недоцільність знесення таких будівель, теплоізоляція огорожувальних конструкцій стає все більш актуальною. Крім того, різноманітність архітектурних форм фасадів дозволяє забезпечити кожному будинку індивідуальність і надати містам естетичну виразність. Насамперед, оздоблення фасадів забезпечує підвищення комфорту проживання власників квартир, зниження споживання енергії на опалення будівлі, скорочення викидів CO₂ в 5 разів, зниження енергоємності валового продукту, збільшення довговічності конструкцій [2, 4].

Сукупність конструктивних елементів утеплення та оздоблення фасадів являє собою фасадну систему (ФС). Інакше кажучи, фасадна система – це комплексне облицювання фасадів та покрівлі будівель, призначене для захисту поверхонь від зовнішнього атмосферного впливу, що застосовується при будівництві нових і для реконструкції старих будівель та споруд. У нашій роботі, фасадну систему будемо визначати як конструктивне рішення з оздоблення, що забезпечує захист всіх поверхонь зовнішніх стін від впливу негативного впливу навколишнього середовища та архітектурну виразність фасадів будівлі або споруди.

Згідно [2], конструктивні рішення ФС умовно поділяють на дві групи:

1) системи “скріпленого” оздоблення по теплоізолюючому шару (штукатурні фасади або системи “мокрого” типу).

2) системи з вентиляльованим повітряним прошарком (навісні “вентилювані” фасади або системи “сухого” типу);

В свої роботах більшість авторів [4-6] детермінують системи “мокрого” типу як оздоблювальні системи з використанням розчинів, які твердіють після їх нанесення на оброблювану поверхню. Такі традиційні ФС необхідні, в першу чергу, для реконструкції історичних об’єктів, пам’яток архітектури та культурної спадщини. Не менш широко вони застосовуються і для нового будівництва, як один способів оздоблення фасаду із низькими показниками вартості та економічних витрат. Безумовно, застосування систем “мокрого” типу в новому будівництві обумовлено не тільки економічними вимогами, а й великими можливостями комбінації кольору і фактури, що призводить до архітектурної виразності будівлі. Крім традиційних технологічних підходів, які постійно оновлюються сучасними матеріалами, в останні роки з’явилися і нові підходи до реалізації ФС “мокрого” типу. Перш за все, це готові фарбувальні суміші, що застосовуються без штукатурки завдяки їх хіміко-технологічним особливостям: високого ступеня адгезії, міцності, довговічності, в’язкості і можливості створення фактур поверхні. На базі

проведеного аналізу сучасних системи “мокрого” типу пропонується наступна їх класифікація, яка наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Класифікація сучасних фасадних систем “мокрого” типу

Система “сухого” типу у низці досліджень [2-5, 7] визначаються як зовнішній захисно-декоративний екран, утворений плитними або листовими будівельними виробами. При цьому, обов’язковою умовою є закріплення елементів ФС без застосування розчину або клею («насухо»), за допомогою спеціальних монтажних пристосувань: засувок, клямерів, затискачів, кліпс, заклепок тощо. Як правило, для таких ФС характерна наявність повітряного прошарку між зовнішнім екраном і утеплювачем (“вентильовані” фасади). Теоретичний огляд наукових джерел, дозволив класифікувати різновиди систем “сухого” типу (рисунок 1.2).

Серед “сухих” ФС технологія влаштування навісних “вентильованих” фасадів (НВФ) пропонує найбільш широкий спектр конструктивних рішень та заходів з підвищення архітектурної виразності завдяки різноманітності гами кольорів екрану фасаду. На сьогодні, такі фасади впроваджуються частіше у



Рисунок 1.2 – Класифікація сучасних фасадних систем “сухого” типу

порівнянні з технологіями закріплення оздоблювальних елементів безпосередньо на зовнішню стіну. В Україні існує низка відомих архітектурних проєктів, які було реалізовано з використанням “сухих” ФС, представлених в класифікації, їх архітектурні можливості привернули до себе увагу фахівців-будівельників як вітчизняних, так і за кордоном.

Активне використання систем “сухого” типу пояснюється рядом переваг, серед яких найважливішими є швидкість монтажу, архітектурна виразність, звуко- і термоізоляція. Не менш значимими характеристиками зазначених систем, на думку [7], є неможливість до рельєфу поверхні зовнішніх стінових конструкцій (немає необхідності спеціально вирівнювати стіни); геометрична досконалість (вирівнювання стін проводиться в процесі монтажу за допомогою профільних сіток); відмінна природна вентиляція та забезпечення необхідного відведення атмосферної вологи; нівелювання термічних деформацій (особливо з сильною диференціацією коливань середніх показників температури в

холодні та теплі пори року); технологічна доступність монтажу в будь-яку пору року; значний показник експлуатаційного періоду (до 50 років в залежності від використаного матеріалу). Разом з тим, алюмінієві та сталеві монтажні профілі “сухих” ФС дозволяють реалізувати складні геометрично-просторові елементи будівель та споруд, що особливо актуально для індивідуальних забудов з нестандартними архітектурними рішеннями. До недоліків систем “сухого” типу можна віднести неприємний акустичний ефект, який часто не дозволяє використовувати “вентильовані” фасадні системи, облицювання за допомогою металосайдингу при будівництві житлових будівель в зоні потужних вітрів. При сильному вітровому потоці ФС видають свист і гудіння, причинами яких є велика довжина кронштейнів, що фіксують навісні елементи фасаду, і мала жорсткість утеплювача, який схильний до вібрації [4, 8].

За останні роки зросли розміри інвестиційних вкладень в комерційне і муніципальне будівництво, що викликало помітне збільшення обсягів нового будівництва та масштабів реконструкції. У наведеній класифікації сучасних ФС можна знайти можливість задовольнити будь-які архітектурні вимоги. Але, як відомо, асортимент і номенклатура матеріалів повинні відповідати платоспроможності замовника будівництва. При цьому важливо пам'ятати, що тільки правильно регламентований монтаж дозволить відчутти вищезазначені переваги. При будь-яких порушеннях використання фасадних матеріалів може призвести до втрати якщо не всіх, то більшої частини зазначених властивостей, серед яких найбільш критичною є показник експлуатації ФС.

1.2 Дослідження поточної кон'юнктури та тенденції розвитку вітчизняного ринку фасадних систем

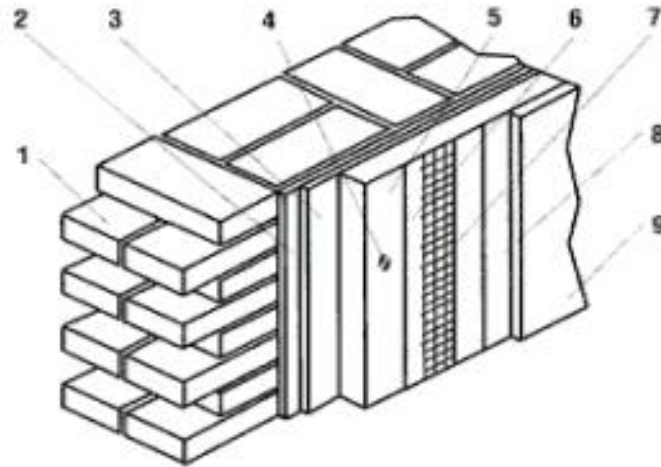
Аналіз сучасного ринку технологій оздоблення огорожувальних конструкцій свідчить про широкий спектр конструктивних рішень для ФС, але в рамках даної роботи було розглянуто найбільш поширені системи оздоблення фасадів.

Основний конструктивний принцип системи “скріпленого” оздоблення фасаду полягає в створенні монолітного багат шарового огорожувального елемента, що працює як єдине ціле та забезпечує надійність і довговічність зовнішньої стіни. Як зазначалось раніше, даний спосіб є найбільш традиційним і широко застосовуваним. Оштукатурювання надає будівлі естетичний вигляд і захищає стінові конструкції від впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища. Такі системи за умови правильного дотримання технології монтажу здатні знизити тепловтрати до мінімуму за рахунок практичного виключення “містків холоду” в огорожувальних конструкціях; зберегти, доповнити та урізноманітнити фасади архітектурними елементами; створити оптимальні умови для роботи теплоізоляційного шару як найбільш уразливого і схильного до старіння в процесі експлуатації елемента конструкції [6].

Штукатурні ФС однаково ефективні для будь-яких конструктивних схем будівель та споруд – каркасно-монолітних, великопанельних, блочних, цегляних тощо. При влаштуванні системи “мокрого” типу кріплення теплоізоляційного матеріалу до стіни здійснюється за допомогою анкерів, дюбелів та клейових сумішей, з подальшим нанесенням штукатурного шару по сітці для армування (рисунок 1.3).

Насамперед, до штукатурному шару висуваються особливі вимоги: він повинен володіти високою адгезією, морозостійкістю, паропроникністю і високими теплоізоляційними властивостями. Від якості штукатурної суміші і дотримання технології її монтажу залежить експлуатаційна надійність і довговічність ФС. До основних переваг штукатурних фасадів належить відносно невисока вартість реалізації системи в порівнянні з НВФ, швидкість монтажу, забезпечення будь-якого колірною і архітектурною рішенням фасаду, невелика маса 1 м² ФС, ремонтпридатність в разі втрати працездатності.

Недоліки системи “мокрого” типу полягають у сезонності виконання оздоблювальних робіт, підвищені вимоги до якості поверхні базової огорожувальної конструкції. Найчастіше головним критерієм при виборі даної системи є її невисока вартість. Слід зазначити, що витрати на монтаж



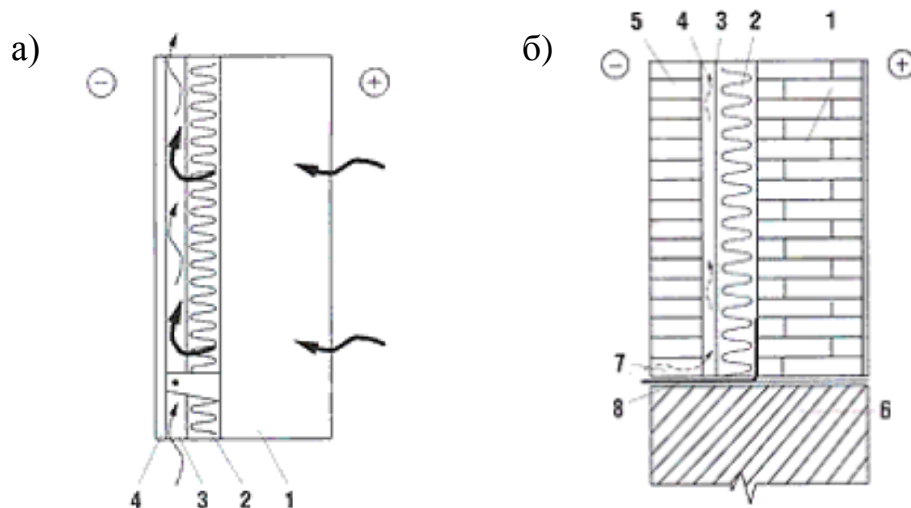
- 1 – базова стіна; 2 – поточне зовнішнє оздоблення; 3 – клейова суміш;
 4 – дюбель для монтажу утеплювача; 5 – утеплювач; 6 – клейова суміш для армування;
 7 – сітка для армування; 8 – глибоко проникна ґрунтовка; 9 – опоряджувальний шар

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема системи “скріпленого” оздоблення фасаду

штукатурної ФС в середньому у два рази нижче витрат на реалізацію НВФ, внаслідок чого штукатурні системи користуються більшою популярністю у замовників [2].

У системах “сухого” типу повітряний прошарок, який розташований між утеплювачем і захисним облицюванням, забезпечує висихання стіни і утеплювача в разі зволоження, що сприяє збереженню високих теплозахисних показників ФС, покращує повітрообмін через зовнішню стіну і виконує функцію дощового екрану (рисунок 1.4, а). Досить поширеним конструктивним рішенням НВФ є стіни з облицюванням з цегляної кладки, дрібних блоків, керамічних або бетонних каменів. В якості теплоізоляційного матеріалу в такій системі використовують плити з мінеральної або скловати, які кріпляться до базової стіни спеціальними монтажними дюбелями або анкерами з капелюшками та притискають плиту до поверхні огорожувальної конструкції. Плити розміщують в просторі між облицюванням і базовою стіною, створюючи вентиляований повітряний прошарок товщиною 60 мм. При цьому, облицювальний шар може бути самонесівним або сприймати частину

навантаження конструкції. Для здійснення вентиляції порожнини стін і проникнення зовнішнього повітря в прошарок в нижньому ряду кладки монтують спеціальні продухи. Верхні продухи передбачають в карнизній частині огорожувальної конструкції (рисунок 1.3, б).



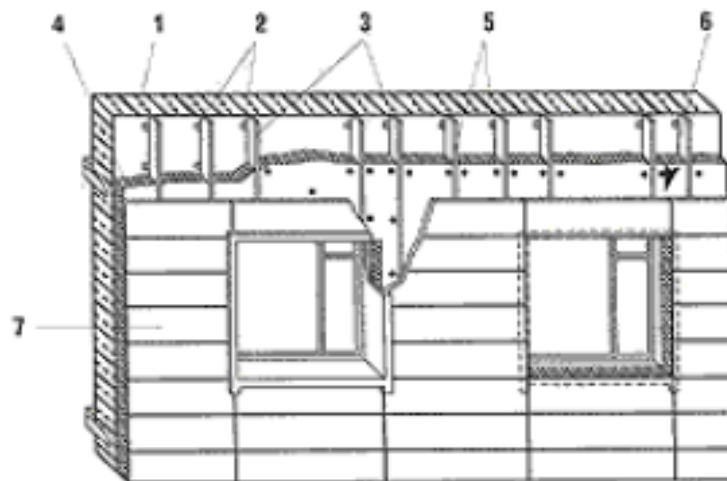
а – “вентильований” фасад з повітряним прошарком: 1 – базова стіна; 2 – утеплювач; 3 – повітряний прошарок; 4 – опоряджувальний шар; б – “вентильований” фасад з облицюванням із цегляної кладки: 1 – базова стіна; 2 – утеплювач; 3 – вітрозахисна паропроникна мембрана; 4 – повітряний прошарок; 5 – облицювання з цегли або каменю; 6 – фундамент; 7 – вентиляційний продух; 8 – гідроізоляційний матеріал

Рисунок 1.3 – Конструктивна схема НВФ з повітряним прошарком та з облицюванням із цегляної кладки

Основними перевагами кладки фасадної системи є доступність необхідних будівельних матеріалів і можливість всесезонного виконання робіт. Однак необхідно зауважити, що наявність утеплювача всередині стіни призводить до того, що зовнішня облицювальна кладка не прогривається теплом зсередини будівлі і при низьких температурах навколишнього середовища постійно знаходиться в зоні негативного впливу атмосфери. Виходячи з цього, обов’язковою вимогою до облицювальної шару є його висока морозостійкість.

Недоліками такої ФС є обмежена архітектурна виразність, висока ймовірність деформацій несівних конструкцій і облицювальних шарів, низька технічність щодо вирівнювання фасаду при відхиленні монолітного каркаса від проектної позначки, виникнення ризику перезволоження і зниження довговічності конструкцій внаслідок помилок при проектуванні ФС. Як показала практика, застосування даної ФС найчастіше призводить до формування деформацій фасаду, пов'язаних з розвитком тріщин, руйнуванням і обваленням лицьової цегляної кладки, оскільки вимоги до даних конструкцій, в тому числі і по теплозахисту, найчастіше не виконуються або виконуються частково [2, 5-7].

Конструктивну схему НФВ із захисно-декоративними екранами складають металеві напрямні профілі з кронштейнами, які монтуються на базову стіну, між якими укладають плити утеплювача, що прикріплюються до поверхні огорожувальної конструкції дюбелями (рисунок 1.4).



- 1 – базова стіна; 2 – вузли кріплення напрямних профілів; 3 – металеві напрямні профілі;
 4 – утеплювач з вітрозахисною паро проникною плівкою; 5 – дюбелі;
 6 – повітряний прошарок; 7 – опоряджувальний шар

Рисунок 1.4 – Конструктивна схема НФВ із захисно-декоративними екранами

При необхідності встановлюється вітрозахисний паропроникний матеріал. Вентильований повітряний прошарок товщиною від 60 до 150 мм влаштовується між утеплювачем і захисним облицюванням. В якості облицювальних матеріалів такої ФС застосовують різнокольорові фактурні або безфактурні цементні плитки, облицювальні листи (панелі), сайдинг, профільовані гнуті листи, гранітні або мармурові плитки тощо.

Каркас НФВ має бути легким, міцним і рухомим, що необхідно для компенсації змін лінійних розмірів облицювальних елементів, обумовлених коливаннями температури навколишнього середовища. Несівні елементи каркаса повинні бути максимально захищені від корозійних руйнувань, володіти необхідною межею вогнестійкості і встановлюватися таким чином, щоб не перешкоджати потоку води по внутрішній поверхні екрану, запобігаючи розбризкуванню дощових крапель і потрапляння вологи на утеплювач. Таким чином, облицювальні елементи навішуються на каркас ФС, тобто усі навантаження сприймається базовою стіною, тому монтаж спеціального фундаменту для захисного облицювання не вимагається. Даний тип ФС має ряд переваг, зокрема невисокі вимоги до якості поверхні базової стіни, можливість проведення будівельно-монтажних робіт в будь-яку пору року та часткового ремонту окремих ділянок фасаду. Одним з вагомих недоліків НФВ із захисно-декоративними екраном є його висока вартість. Крім того, до основних мінусів системи “вентильованих” фасадів, на нашу думку, необхідно віднести проблему вивітрювання шару утеплювача повітряними потоками, а в осінньо-зимовий період при різкому переході температури через 0°C – промерзання шару утеплювача, відповідно, і стіни [2, 3].

Відносно НФВ слід також відзначити систему КТС (КапТехСтрой), для монтажу якої застосовується конструкція нового оригінального розсувного (ковзного) кронштейна зі сплаву AlMg0,7Si6063 зі станом постачання Т66, що дозволяє застосовувати утеплювачі товщиною до 250 мм і з будь-якими існуючими відхиленнями від вертикалі на базових стінах. При цьому кожен елемент кріплення (клямер або скоба) облицювального матеріалу ФС

монтується в спеціальний жорсткий паз, виконаний на напрямному профілі вже у процесі виготовлення в заводських умовах, утворюючи надійний замок. Наявність в системі КТС ковзних кріплень та спеціальна конструкція деформаційних стиків дозволяють компенсувати як термічні навантаження, викликані перепадами температур навколишнього середовища, так і деформаційні через усадки й зрушення самих будівель та споруд без переенесення зусиль на облицювальний матеріал та несівний анкер. Зокрема, надійність кріплення плит дає деякі переваги для запобігання прогресуючого обвалення, в тому числі під час пожежі. Згідно [7-9], вогневі випробування показали кращі результати у порівнянні з ФС, що мають конструкцію з нержавіючої сталі і жорстке кріплення кронштейнів до напрямних профілів. В результаті система вентильованого фасаду КТС-1ВФ отримала дозвіл на використання в будівлях будь-якого класу конструктивної пожежної небезпеки без обмеження висотності.

В роботах авторів [1, 5, 8] наведена інформація про нову розробку НВФ “Мората”, в якому несівний каркас ФС монтується з кондукторів на будівельному майданчику у вигляді двох типів модулів, що мають від однієї до трьох ступенів свободи регулювання каркаса. Монтаж та вивірка модулів щодо базової стіни та архітектурних контурів віконних прорізів здійснюються без застосування розмітки та з використанням близько 20% необхідних для встановлення кронштейнів – вже після вивірки решта модулів висувається до стіни і кріпиться анкерами. При цьому автори зазначають, що система має підвищену вогнестійкість в зоні віконних прорізів за рахунок горизонтального розташування профілів, що дозволяє виконувати монтаж кріплення граней плитки на одному і тому ж профілі за допомогою трьох або чотирьох клямерів. Конструкція горизонтального профілю і клямерів кріплення облицювання ФС виконується у вигляді зустрічних замків, які взаємно замикаються, що виключає застосування клепок і самонарізних гвинтів, і як наслідок, забезпечує надійність кріплення облицювання НВФ.

Додатково прикладами сучасних ФС можуть слугувати “вентильовані” фасади із облицюванням з металевих касет типу РК0-1000 і РК0-2000, вертикального сайдингу, облицювальних панелей на основі азбестоцементного листа з поліуретановим покриттям, алюмінієвих композитних панелей (АКП), керамогранітних і агломератних плит (90% натуральної дробленої сировини, сполучна речовина – поліефірна смола, фарбування – штучними пігментами) [9].

Окрім різноманіття конструктивних і функціональних рішень ФС, основними вимогами до фасадних матеріалів залишаються стійкість до всіх видів атмосферних впливів, архітектурна виразність та негорючість (для дерев’яних систем – знижена горючість).

Особливості пожежної небезпеки ФС були досить детально розглянуті в роботах [3, 7-9]. Штукатурні фасади, де як утеплювач зазвичай використовується плитний пінополістирол (ППС) і деякі види поліуретанів (ППУ), механізм пожежної небезпеки полягає в тому, що при тепловій дії на ФС відбувається термодеструкція ППС з виділенням горючих газів, які через шар штукатурки потрапляють у факел полум’я, збільшуючи його висоту і сприяє поширенню горіння на вище розташовані поверхи. Разом з тим, існує й інший аспект – при пожежі шар штукатурки руйнується, забезпечується вільний доступ кисню до ППС і відбувається його займання з виділенням великої кількості тепла і токсичних продуктів горіння. Виходячи з цього положення, рекомендується завжди застосовувати обрамлення віконних (дверних) прорізів, іноді протипожежні поверхові розтини з негорючих мінераловатних плит з температурою плавління не менше 1000°C (скловолокнисті плити не допускаються, оскільки їх температура плавління не більше 550°C).

Для “вентильованих” фасадів однією з особливостей пожежної небезпеки відзначається застосування в якості гідро- та вітрозахисту утеплювача із зовнішньою поверхнею зі скловолокна або спеціальної паропроникної полімерної плівки. За результатами вогневих випробувань вказується, що

застосування в НВФ облицювань у вигляді плоских елементів з тришарових виробів з алюмінієвого листа із середнім шаром з негорючого матеріалу (група НГ) на основі гідроксиду алюмінію не є небезпечним; крім того, при інших рівних умовах використання облицювання з тришарових панелей з обшиванням з алюмінієвих листів і середнім шаром з поліізоціанурата є більш безпечним порівняно з облицюванням з тришарових панелей з обшиванням з алюмінієвих листів і середнім шаром з модифікованого поліетилену.

Аналіз результатів дослідження щодо стану кон'юнктури ринку фасадних матеріалів і технологій ФС свідчить про невиправданість передбачення про обвалення фасадного ринку і критичному становищі в галузі. Існує близько 15% компанії на ринку, у яких обсяг продажів в 2020 році. Як і слід було очікувати, велику частку складають компанії, у яких обсяг продажів, у порівнянні з 2019 роком, зменшився або різко зменшився (близько 30%). Найбільше падіння відбулося в сегменті світлопрозорих фасадів, потім слідує навісні вентилязовані фасади і найменше з усіх постраждав сектор фасадних теплоізоляційних композитних систем (штукатурних ФС). Частка НВФ останнім часом починає здавати позиції на користь штукатурних систем в наслідок скорочення загальногалузевої маржинальності фасадного бізнесу. Більшість авторів [4, 7-10] зазначають загострення конкуренції, яке буде посилюватися і надалі у 2021 році, при цьому більше половини учасників ринку фасадів зазнають зростання цін на готову продукцію.

В житловому будівництві однаково успішно застосовуються як системи “сухого” типу, так і НВФ. Припускаємо, що на вибір ФС в житловому багатоповерховому будівництві безпосередньо впливає клас житла: в недорогому сегменті в основному переважає система мокрого фасаду, в більш дорогому поширення набули НВФ. Згідно даних ТОВ “Henkel Bautechnik” (Україна), на сьогоднішній день приблизно 60% вітчизняних об'єктів в багатоповерховому житловому будівництві виконуються із застосуванням систем “скріпленого” оздоблення і лише 40% – облицюються НВФ. Необхідно також звернути увагу, що в свою чергу штукатурні фасади

поділяються на два підвиди залежно від типу теплоізоляційного матеріалу: якщо розглядати сегмент систем “мокрого” типу, то його слід розділити на систему з ППС утеплювачем і систему з мінераловатним утеплювачем (МВ). Система з ППС займає велику частку (близько 70%), проте система МВ розвивається більш швидкими темпами (додатне сальдо 25% за рік), що призводило до дефіциту обсягів МВ на ринку в 2019 році. Однак, у європейських країнах частка МВ і ППС систем протилежна українським показникам.

Таким чином, правильний вибір фасадних матеріалів, при коректних проектних рішеннях і грамотної реалізації ФС, фасади будуть довговічними, зберігати свої властивості, навіть незважаючи на форс-мажори. З іншого боку, порушення технологій монтажу та використання на фасадах неякісних матеріалів (або матеріалів, не призначених для роботи в умовах інтенсивних атмосферних впливів), а також тип матеріалу базових стін або заповнень призводять до виникнення дефектів (тріщин, сколів, відшарувань) і пошкодження лицьових шарів. Актуальним, на нашу думку, залишаються проблеми якості монтажу ФС: етапи проектування, вибір матеріалів, якість будівельно-монтажних робіт. Теоретичний огляд наукових джерел констатує слабкість нормативної бази практично у всіх основних сегментах фасадного ринку. Необхідно підкреслити і відсутність цілісної системи позабюджетного фінансування підготовки нормативних документів в розрізі проектування ФС. Особливу увагу треба звернути на роль контрафактної продукції, яка не тільки підриває довіру до світових брендів, а й найчастіше стає причиною руйнування каркасі ФС або будівельних конструкцій загалом.

1.3 Обґрунтування необхідності вибору фасадної системи в контексті оптимізації процесу проектування фасадів будівель і споруд

В даний час в будівництві в результаті появи нових конструктивних схем ФС, вдосконалення технологічних процесів відбулася ґрунтовна

переоцінка підходів до вибору фасадних матеріалів, що застосовуються в монтажних та оздоблювальних роботах. Архітектурний вигляд міст, як при будівництві нових будівель, так і при реконструкції існуючих, багато в чому визначається якістю конструкцій фасадів і їх виразністю. Часи стандартизованих будинків і фасадів пішли в минуле. Зазначимо, що виникла необхідність створення об'єктів різноманітних за своїм дизайном, ергономічністю, довговічністю і надійністю. Підвищення якості ФС в подальшому призводить до істотного скорочення експлуатаційних витрат [11]. Тому, використання ефективних технологій і довговічних будівельних матеріалів дозволяє вирішити ці завдання.

Сьогодні змінюється не тільки архітектура індивідуальних котеджів, але і житлових і громадських будівель масового будівництва, спостерігається зростаючий інтерес до питань застосування сучасних ФС в будівництві. Здебільшого, така тенденція обумовлена низкою причин, з яких наведемо наступні:

1) посилення вимог до теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій у зв'язку з переходом до другого етапу реалізації програми енергозбереження згідно ДБН В.2.6-31:2016 «Теплоізоляція будівель» [12];

2) освоєння нових технологій і методів монтажу ФС, використання різноманітних проектних рішень;

3) підвищення обсягів цегельного і монолітного домобудівництва, що передбачає використання різних типів ФС;

4) підвищення вимог до архітектурної виразності та індивідуальності дизайну фасадів будівель.

Однак, для багатьох сучасних матеріалів, які стрімко з'являються на вітчизняному ринку ФС, державні стандарти ще не розроблені. Безперечно, відсутність систематизованої методичної бази значно ускладнює роботу, як проектувальників, так і виконавців робіт.

Функціональні рішення при проектуванні фасадів знаходять своє відображення у методах, пов'язаних із захистом від несприятливих погодних

умов, енергоефективністю ФС, інсоляцією і природним освітленням. Наприклад, зовнішній екран НВФ може бути виконаний із різних сучасних матеріалів і являти собою не тільки ефективний захист від атмосферних опадів, але одночасно запобігати механічним пошкодженням облицювання фасаду.

Енергоефективність фасаду залежать від показників теплотехнічного розрахунку, зокрема типу, виду та марки обраного утеплювача. Ізоляційний матеріал, як правило, використовують двошаровий. Нижній шар більш м'який (щільністю 45 кг/м^3), забезпечує ефективний теплозахист і оптимальне прилягання утеплювача до базової стіни. Зовнішній шар щільністю $90\text{-}110 \text{ кг/м}^3$ захищає нижній шар утеплювача від механічних пошкоджень під час будівельно-монтажних робіт. При проектуванні НВФ слід звертати увагу на розрахунок термічного опору: необхідно утеплювати не тільки стіни, але і віконні укоси, розраховувати винос кронштейнів, щоб не допустити зменшення повітряного зазору, так як при зменшенні розрахункового повітряного прошарку порушується циркуляція повітря, що призводить до конденсації вологи всередині утеплювача, погіршуючи його теплотехнічні характеристики. При цьому, відбувається корозія кріпильних елементів, і як наслідок руйнування всієї конструкції ФС [8, 10].

Проектування фасадів будівель можна розділити на чотири етапи: добірка варіантів проекту, інтеграційний етап, проектування модулів і проектування компонентів. На останній стадії проектні рішення піддаються детальному, покрокового аналізу щодо наступних чинників: економічність (інвестиції, витрати на експлуатацію та обслуговування), дизайн, енергетичні потреби, акустичні характеристики ФС, простота експлуатації, витрати при обслуговуванні фасадної системи, а також гнучкість конструктивної схеми при можливій модернізації.

При проектуванні фасадів окремі етапи пов'язані з виготовленням та складанням. Внаслідок цього, однією з головних тенденцій проектування ФС і всієї будівлі в цілому, є збільшення ступеня модульності НВФ. На нашу думку, головна перевага модульних фасадів полягає у високому рівні автоматизації і

точності, можливі тільки в заводських умовах. Модулі фасаду транспортуються від підприємства-виробника безпосередньо на будівельний майданчик і монтуються за допомогою кронштейнів на базові стіни, що сприяє скороченню витрат часу і зменшення вартості ФС, як при її виготовленні, так і при монтажі. Виходячи з вищезазначених положень та проведеного аналізу ФС, довговічність фасаду визначає обрана конструктивна схема. Помилки при виконанні вузлів примикання елементів ФС призводять до значного зменшення терміну експлуатації [13, 14]. Таким чином, чим менша кількість різнорідних матеріалів у конструктивній схемі ФС, що підпадає під вплив зовнішніх негативних факторів, тим більш надійна ФС.

Експлуатаційні витрати з обслуговування фасадів безпосередньо залежать від конструктивного рішення і обраної ФС, якості будівельних матеріалів, ефективної системи водовідведення будівлі або споруди, якості виконання будівельно-монтажних робіт. Припускаємо, що високої якості робіт при низьких витратах можна досягти тільки при проектуванні, що об'єднує конструкцію ФС та монтажне обладнання. Потреба у скороченні витрат і мінімізації ризиків в сучасному будівництві стоїть на першому місці, отже, оптимізація всього процесу проектування фасадів стає більш актуальною.

Сучасна будівельна індустрія одночасно зі створенням технічно складних конструкцій ФС та цікавих дизайнерських рішень, бере вектор до необхідності максимально задовольняти потреби клієнтів не тільки з утилітарної боку, а й з економічної. Таким чином, для подальшого розвитку ринку ФС необхідні експериментальні дослідження нових конструкцій і матеріалів за єдиною загальногалузевий методикою, розробка базових теоретико-методологічних засад, формування пакетів нормативних документів щодо вимог до виготовлення і монтажу облицювальних, конструктивних матеріалів та експлуатації ФС, методів їх розрахунку і проектування. Насамперед, скорочення загальної вартості фасаду і капітальних витрат при його подальшій експлуатації досягається завдяки оптимізації процесу проектування на стадії вибору типу ФС.

2 МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПИТАНЬ ПРОЕКТУВАННЯ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

2.1 Концептуальні засади щодо розробки та структуризації проектних рішень з влаштування фасадів

В умовах постійно зростаючих цін на основні види енергоресурсів та значної зовнішньоекономічної залежності нашої країни від постачальників енергоносіїв, питання покращення показників енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів у житлових будинках розглядається все частіше і набувають особливої актуальності у зв'язку із нагальною необхідністю економії коштів на їх утримання. При проектуванні тієї чи іншої ФС, необхідно пам'ятати, що даний захід має бути ефективним і економічно вигідним [7].

У той же час нагальною проблемою при розробці проекту ФС будівель і споруд з великим об'ємом виконання будівельно-монтажних робіт є управління цим проектом. У свою чергу управління проектом є досягнення заздалегідь визначених цілей при заздалегідь відомих обмеженнях і доцільному використанні можливостей, реагуванні на ризики. Слід зазначити, що ключовим фактором успіху проектного управління є наявність чіткого заздалегідь визначеного плану, мінімізації ризиків і відхилень від плану, ефективного управління змінами.

Як зазначає [15, 16], структура продукту проекту ФС – схема, що показує структуру виробленого за проектом фасаду та організація зв'язків і відносин між її елементами, а саме:

- 1) попередній аналіз ринку ФС та фасадних матеріалів;
- 2) вибір типу ФС;
- 3) розробка концепції технології будівельно-монтажних робіт з влаштування обраного фасаду;

4) проведення числового експерименту;

5) розгляд основних областей організаційно-технологічного планування та управління проектування ФС на основі отриманих від дослідження результатів;

6) отримання загальних висновків по роботі.

Продуктом проекту є опорядження фасаду будівлі або споруди; розробка оптимальних організаційно-технологічних рішень та практичних рекомендацій з вибору типу ФС. Згідно [17], учасник проекту – це юридична або фізична особа, яка бере участь у виборі та обґрунтуванні типу ФС, або може вплинути на реалізацію або результат проекту, або на чий інтереси можуть вплинути результати виконання або завершення проекту. До основних учасників проектування ФС належать ініціатор, замовник, інвестор, керівник проекту, команда проекту, контрактор, проектувальник, головний інженер, органи влади, споживачі кінцевої продукції тощо. Саме вірний, однозначний та завчасний розподіл між ними прав та обов'язків дозволяє уникнути зайвих витрат часу та ресурсів при вирішенні проблем, які можуть виникнути в процесі реалізації проекту опорядження фасадів. На нашу думку, цей аспект є досить важливим, проте йому не завжди надають належну увагу.

Розглянемо функції основних учасників проектування ФС. Ініціатор – сторона, яка є автором ідеї проекту, його попереднього обґрунтування та пропозицій по здійсненню. Ініціатором виступає замовник проекту. Замовник – це головна сторона, зацікавлена у здійсненні проекту та досягненні його результатів. Замовник визначає основні вимоги та масштаб проекту, забезпечує його фінансування за рахунок своїх коштів, капіталу залучених інвесторів або бюджетних фондів, укладає контракти з головними виконавцями проекту, несе відповідальність за цими контрактами, керує процесом взаємодії між усіма учасниками проекту. Інвестор – сторона, що вкладає інвестиції в проект. Найчастіше інвестором виступає замовник проекту (фізична або юридична особа).

Керівником (менеджером) проекту виступає фізична особа, якій замовник та інвестор делегують повноваження щодо реалізації ФС, зокрема планування, контролю та координації робіт усіх учасників проекту. Склад функцій і повноважень керівника проекту визначається контрактом (договором підряду) із замовником [17, 18]. Команда проекту – специфічна організаційна структура, очолювана керівником проекту та створена на період здійснення проекту. Завдання команди – виконання функцій управління проектом для ефективного досягнення його цілей. Контрактор – це особа, яка виконує за проектом певні роботи або послуги відповідно до контракту, а генеральний контрактор – особа, яка займається підбором і координацією контракторів і субконтракторів, і прийомом виконаного обсягу робіт або послуг з реалізації проекту ФС.

Проектувальник – це юридична особа, яка виконує за контрактом проектно-дослідні роботи в рамках проекту. Постачальники – контрактори, які здійснюють постачання будівельних матеріалів спеціального призначення, наприклад, елементів та конструкцій ФС. Інженер проекту – особа, котра відповідає за технічне точне виконання розрахунків об’ємів матеріалів та робіт.

Споживачі кінцевої продукції – юридичні і фізичні особи, які є покупцями і користувачами кінцевої продукції, та які встановлюють певні вимоги до виробленої продукції або наданих послуг і формують попит на них. Споживачами може бути сам замовник будівництва, майбутні власники житлового будинку або громада міста [19].

У свої дослідженнях [3, 6, 20] підкреслюють, що розробка проекту ФС пов’язана з потребами ринку та діючих державних нормативних документів у будівництві. Саме після дослідження ринок ФС та фасадних матеріалів, створюється продукт, який буде користуватися великим попитом. Отже, значна увага в проектному аналізі надається середовищу, в якому здійснюється проект ФС. Розробка стратегії діяльності організації починається з аналізу зовнішнього оточення.

Згідно [21], зовнішнє середовище – це оточення проекту, або це чинники, які впливають на його підготовку та реалізацію. В ході проектування ФС

зазвичай оцінюються основні фактори зовнішнього середовища до яких відносяться наступні:

1) споживачі (люди, котрі мають інтерес до придбання апартаментів в житловому будинку або планують відвідувати будівлю громадського призначення);

2) постачальники (наявність матеріалів для фасадних робіт, якість, ціни та можливі аналоги на вітчизняному ринку).

3) конкуренти (основні сили, що конкурують у галузі, наприклад, інші будівельні організації, що займаються роботами з проектування та реалізації ФС).

Крім зовнішнього на проект впливає і внутрішнє середовище, яке пов'язане з його організацією, а саме з питаннями розподілу прав, обов'язків та відповідальності між учасниками проекту. До внутрішніх чинників проекту відносять взаємини між учасниками, професіоналізм проектної та будівельно-монтажної команди, стиль керівництва проекту, засоби комунікації.

Таким чином, базовим етапом проектування ФС є маркетингове дослідження, метою якого є отримання інформації щодо кон'юнктури ринку, споживачів та конкурентів, яка дозволить визначити вимоги ринку до проекту ФС та відповідність ринкової ситуації потребам проекту.

Згідно [15, 22], фактична ємність ринку оцінюється на базі аналізу попиту на продукт проекту. Як вже було зазначено нами раніше, на сьогодні енергозбереження займає одну з ключових позицій у розвитку та економіці ринків споживчих послуг і матеріалів, а потенційну ємність можна оцінити за допомогою статистичних методів.

На актуальність продукту проекту (виду ФС) на ринку можуть впливати різні фактори: розвиток будівельної сфери, обсяги постачання необхідного матеріалу, конкуренція. У зв'язку з цим, SWOT-аналіз проекту – це аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища організації. Аналізу підлягають сильні сторони (Strength), слабкі сторони (Weakness) внутрішнього середовища, а також можливості (Opportunities) і загрози (Threats) зовнішнього

середовища організації. Методологія SWOT-аналізу передбачає спочатку виявлення сильних і слабких сторін, можливостей і загроз, після цього встановлення зв'язків між ними, які в подальшому можуть бути використані для формулювання стратегії організації з розробки проекту ФС. За підсумками SWOT-аналізу складається матриця стратегічних заходів (таблиця 2.1): SO – заходи, які необхідно провести, щоб використовувати сильні сторони для збільшення можливостей компанії; WO – заходи, які необхідно провести, долаючи слабкі сторони і використовуючи представлені можливості; ST – заходи, які використовують сильні сторони організації для запобігання загроз; WT – заходи, які мінімізують слабкі сторони для запобігання загроз.

Таблиця 2.1 – Приклад SWOT-аналізу при проектуванні ФС

	Можливості	Загрози
Складові SWOT-аналізу	Визначення та обґрунтування оптимального типу ФС	Виникнення інноваційної ФС
	Використання фасадних матеріалів з високими показниками якості	Імпортування на вітчизняний ринок нових фасадних матеріалів
	Якісне виконання робіт з опорядження фасаду	Підвищення цін на фасадні матеріали та оплату робіт у будівництві
	Поліпшення рівня життя населення або архітектурної виразності міста	Інфляція (девальвація) курсів валют
	Встановлення необхідного рівня вогнезахисту фасадів	Природні катастрофи
	Сильні сторони	SO-стратегії
Досвід роботи на ринку опорядження фасадів	Збільшення ринкової частки	Використання перевірених матеріалів з високими показниками якості

Продовження таблиці 2.1

Вибір типу ФС на базі техніко-економічного обґрунтування	Якісний розрахунок та приведення розгорнутих висновків	Використання тільки ліцензованих розрахункових комплексів та програмного забезпечення
Висококваліфікована команда з проектування та реалізації ФС	Проведення експериментів в лабораторних умовах	Залучення учасників з великим досвідом роботи
Ліцензія на проведення фасадних робіт	По закінченню будівельно-монтажних робіт замовник отримує гарантійний лист	Державна підтримка
Слабкі сторони	WO-стратегії	WT-стратегії
Поява нових технологій монтажу ФС	Оперативність виконання будівельно-монтажних робіт	Професійне дослідження можливостей ринку
Недостатній рівень кваліфікації персоналу	Реалізація програми підвищення кваліфікації робочих кадрів	
Відсутність (розформування, перебазування) робочої бригади будівельників	Якісне та завчасне планування та організація будівельно-монтажних робіт з реалізації ФС	

У свої роботах більшість авторів [9, 13, 15, 23] наводять слабкі сторони, на котрі необхідно звернути увагу в першу чергу:

1) недостатньо висока кваліфікація робітників, виникає ймовірність досягнення помилкового результату в процесі виконання будівельно-монтажних робіт;

2) збій робіт через нестачі робочої сили, фасадних матеріалів, затримки постачань, помилок у плануванні та проектуванні, незадовільного оперативного управління, зміна раніше узгоджених вимог та поява додаткових вимог з боку замовників та партнерів;

3) зміна технології виконання фасадних робіт, помилкові технологічні рішення, помилки в проектній документації, невідповідність діючим будівельним стандартам, поломки техніки;

4) низька якість фасадної продукції, будівельно-монтажних робіт;

5) ринковий ризик (зважаючи на нестабільність економічної ситуації в країні, можливе підвищення цін на фасадні матеріали та вартість робіт, що значною мірою вплине на вартість проекту реалізації ФС).

Таким чином, в нашій роботі було визначено ряд потенціальних дій, необхідних для запобігання зазначених ризиків, зокрема складання договорів страхування на окремі види ризиків; наявність вищої професійної освіти в усіх членів команди, проходження курсів підвищення кваліфікації робітників; ретельне планування трудових ресурсів проекту.

PEST-аналіз – це інструмент, призначений для виявлення політичних (Political), економічних (Economic), соціальних (Social) і технологічних (Technological) аспектів зовнішнього середовища, які можуть вплинути на стратегію підприємства під час проектування та реалізації ФС (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Приклад PEST-аналізу при проектуванні ФС

Фактори	Ймовірність впливу (від 1 до 5)
Політика (P):	
- зміна нормативно-законодавчої бази будівництва	3
- зміна політичного клімату в країні	5
- можливість теракту на об'єкті будівництва	3
- рівень правової грамотності	2
Економіка (E):	
- економічна нестабільність в Україні	4
- динаміка руху курсів валют	5
- зміна податкової політики	2
- зміна рівня доходів населення	4
Соціальна сфера (S):	
- демографічна ситуація в Україні	2
- середня тривалість життя населення	2
- рівень освіти	4
- культурний рівень	2

Продовження таблиці 2.2

Технологія (Т):	
- поява та розвиток нових технологій опорядження фасадів, ФС та матеріалів	5
- прискорення технологічного та інформаційного прогресу у будівництві	5

Згідно [24], економічна складова макросередовища визначає загальний рівень економічного розвитку, ринкових відносин, конкуренції, тобто економічні умови, в яких працює компанія. Її основні параметри: темпи інфляції, розмір процентної ставки, валютний курс, дефіцит бюджету, рівень безробіття, норми оподаткування, заробітна плата. Зміни цих макроекономічних показників впливають на рівень життя населення, платоспроможність споживачів, коливання попиту, визначають інвестиційну політику, рівень цін, прибутковість.

Основною причиною вивчення економіки в рамках проектування ФС – це створення картини розподілення ресурсів на рівні держави, яка є важливою умовою діяльності проектного або будівельно-монтажного підприємства. Політична складова, яка представлена органами державної влади, а також партіями, блоками, групами та іншими компаніями, визначає цілі та напрямки розвитку суспільства, його ідеологію, зовнішню і внутрішню державну політику в різних областях (зокрема в будівництві), а також шляхи і засоби, за допомогою яких уряд має намір її здійснювати. Політична система робить сильний вплив на ділову активність будівельної компанії. Виходячи з цього положення, підприємство повинно мати чітке уявлення про те, наскільки стабільна політична ситуація в країні. Політика вивчається тому, що вона регулюється владою, яка, в свою чергу, визначає середовище підприємства і отримання ключових ресурсів для його діяльності. Тим самим в процесі проектування ФС може змінюватися вартість фасадних матеріалів і опоряджувальних робіт.

Соціальна складова являє соціальні процеси та тенденції, що відбуваються в суспільстві і впливають на діяльність компанії. Вона включає існуючі традиції, цінності, звички, етичні норми, стиль життя, ставлення людей до роботи, архітектурні смаки і психологію споживачів. До неї входить соціальна структура суспільства, її демографічні характеристики, такі, як рівень народжуваності, середня тривалість життя, темп зростання населення, міграція, рівень освіти, кваліфікація.

Технологічна складова включає наукові та технологічні чинники, розвиток яких дозволяє будівельному підприємству модернізувати стару і створювати нову фасадну продукцію, удосконалювати і розробляти технологічні процеси. Метою її дослідження прийнято вважати виявлення тенденцій в технологічному розвитку, які є причинами змін і втрат ринку, а також виявлення нових продуктів та типів ФС [15, 25].

Виходячи із наведених положень, результатом PEST-аналізу є вибір основних факторів зовнішнього макросередовища, які створюватимуть можливості і загрози для будівельної компанії в прогнозованому періоді.

Аналізуючи таблицю 2.1, можна зробити висновок, що:

- 1) зміна законодавства дозволяє скористатися сприятливими можливостями для завоювання ніш на ринку фасадів;
- 2) зміна політичних партій практично не впливає на проектування ФС;
- 3) можливість теракту — загроза для розвитку проекту, так як в цьому випадку компанія несе великі втрати і в цілому страждає економіка в країні;
- 4) економічна нестабільність в країні є загрозою для розвитку будівництва в цілому;
- 5) підвищення рівня населення свідчить про необхідність розбудови житла, і в подальшому його утепленні та опорядженні фасадів;
- 6) підвищення освітнього рівня населення сприятливо впливає на розвиток проекту, так як, чим більше освічена людина, тим більше вона розуміє необхідність в утепленні та архітектурній виразності фасаду будинку з метою збереження фінансів;

7) поява і розвиток нових технологій та продуктів істотно впливає на проект, так як сутність проекту залежить від новітніх якісних матеріалів та механізмів в сфері опорядження фасадів.

Отже, завдяки управлінню та організації проектом можливо визначити оптимальний по критеріям вартості та тривалості монтажних робіт тип ФС на базі моделювання організаційно-технологічних рішень. Застосування різних видів аналізу проекту дозволить ефективно побудувати проект з усіма змінами, які можуть відбуватися в процесі його виконання і, таким чином, скоротити термін будівництва, і відповідно вартість виконання монтажних робіт.

2.2 Проектно-орієнтована оцінка та критерії вибору опоряджувальних матеріалів фасадних систем

Незалежно від конструктивної схеми сучасні ФС повинні відповідати ряду вимог. По перше, при проектуванні ФС необхідно передбачати можливість їх застосування в будь-яких регіонах України, в тому числі, в районах, що відрізняються підвищеною сейсмічною активністю. По-друге, для скорочення термінів будівництва ФС неодмінно повинні мати таку якість, як технологічність і ремонтпридатність.

Масштабним погіршенням екологічної ситуації в країні продиктована ще одна вимога, що пред'являється сьогодні до фасадних матеріалів і конструктивних елементів ФС – екологічність. При виборі варіанту опорядження фасаду, особливо, коли мова йде про об'єкти масової забудови, важливу роль як і раніше грає співвідношення ціна-якість. Окрім міцності, існує ряд особливостей, не менш важливих для забезпечення довговічності ФС. Зокрема, при проектуванні системи необхідно передбачити таке конструктивне рішення вузла кріплення елементів підконструкції до несівної стіни, яке виключало контакт сталевого розпірного елемента дюбеля з поверхнею кронштейна, найчастіше виготовленого з іншого металу. В іншому випадку

велика ймовірність виникнення такого явища, як електрохімічна корозія, яка веде до руйнування конструктивних елементів фасаду в цілому [26].

У зв'язку з цим, існуючі методи вибору фасадних матеріалів базуються, як правило, на їх експертній оцінці. Вона полягає в тому, що один або кілька експертів на підставі досвіду визначають, який з матеріалів кращий для застосування в тому чи іншому випадку. Але такий метод оцінки має два недоліки: по-перше, немає повної гарантії в тому, що інший склад експертів надасть таку саму оцінку якості, а по-друге психофізіологічні можливості людини не дозволяють водночас враховувати велику кількість властивостей фасадних матеріалів, тому така оцінка того чи іншого опорядження фасаду не завжди є достовірною.

У своїх дослідженнях більшість авторів [4-8, 27] зазначають, що недоліки які властиві наведеному методу частково усуваються при використанні кваліметрії. Суть кваліметричних методів полягає в тому, що якість фасадної продукції розглядається як комплексна, узагальнена характеристика сукупності окремих властивостей. Ці властивості, зазвичай, мають неоднакову вагомість (важливість) і визначаються у своїй більшості кількісними параметрами шляхом експертної оцінки. Розрахунок показника якості фасадного матеріалу здійснюється як знаходження середньої виваженої арифметичної величини з відносних показників вагомостей. Інтегральна якість враховує також і економічні показники. Кваліметрична оцінка якості продукції стосовно раціонального вибору опорядження фасаду має наступні недоліки: по-перше, це досить складна і довгочасна процедура як для оперативної оцінки і вибору опоряджувальних матеріалів для ФС; по-друге – оцінка властивостей базується, в основному, на експертних принципах, про недоліки яких було наголошено вище.

В дослідженні [28] була розроблена методика вибору фасадних матеріалів для будівель та споруд різного призначення, що перероблена і доповнена з урахуванням вимог щодо збереження та реставрації пам'яток архітектури. Вона ґрунтується на розробці кількісних і якісних показників вимог до

опоряджувальних матеріалів та ФС, які були визначені на підставі вивчення умов експлуатації в різних типах архітектурного середовища. Як показав багаторічний досвід будівництва та експлуатації будівель і споруд, термін збереження архітектурно-художніх властивостей одного і того ж виду ФС значно відрізняється один від одного в різних кліматичних умовах. Це пояснюється перш за все характером і мірою руйнівної дії атмосферних чинників притаманних тому чи іншому регіону будівництва. В цьому випадку, при виборі оптимального типу ФС слід зіставляти не тільки сукупність властивостей її матеріалів між собою, але й виконувати їх співставлення з комплексом кількісних і якісних показників вимог до них, які обумовлені місцем і призначенням опорядження. На думку [15, 28, 29], без знання таких вимог неможливо застосовувати фасадні матеріали з упевненістю, що їх властивості необхідні і достатні для оптимального використання для даних умов експлуатації.

В цілому метод вибору ФС будівель та споруд побудований на районуванні території України за ідентичністю руйнівної дії атмосферних чинників на фасадні матеріали у вигляді кількісних показників які складають типи функціонально-експлуатаційного середовища Зовнішнє опорядження будівель, в свою чергу, повинно протистояти руйнівній дії кліматичних і атмосферних факторів, притаманних тому чи іншому середовищу. На основі досліджень [22-25] встановлено, що руйнування лицьової поверхні різних матеріалів, які перебувають під дією атмосферних чинників викликається перш за все наперемінним заморожуванням і наступним відтаюванням вологи, що накопичилась у її порах і капілярах; зволоженнями і висушуваннями що часто повторюються руйнівною дією сонячної радіації; пиловими бурями, які стирають декоративні покриття; хімічно активним забрудненням повітря морською вологою, а також біологічними чинниками.

Багаторазове наперемінне заморожування і відтаювання вологи в порах ФС характерне для будівель, що розташовані в кліматичних районах з частими відлигами взимку. Руйнування фасадних матеріалів під дією води й

холоду пояснюють такими явищами . Зволоження зовнішніх стін відбувається як із середини внаслідок міграції пари від тепла до холоду і наступної її конденсації, так і ззовні від дощу та снігу. Під дією морозів вода у великих порах замерзає, а як відомо, перетворення води на лід супроводжується збільшенням об'єму на 9%, що спричиняє до виникнення значного тиску на стінки пор. При цьому у фасадному матеріалі з'являються внутрішні напруження які призводять до його руйнування

Згідно [30], навперемінне зволоження і висушування в теплий період року в свою чергу, призводить до вологової деформації багатьох матеріалів ФС. Вологова деформація – це здатність матеріалу змінювати свій об'єм із зміною вологості, що може спричинитися до структурних напружень у матеріалі. Стійкість до вологової деформації повинно мати опорядження в тих кліматичних районах, які характеризуються частими опадами, що супроводжуються вітром. Кількість води, що потрапляє на поверхню базової стіни звичайно у півтора-два рази перевищує кількість вологи, що випадає на горизонтальну площину. Як показали дослідження [18, 31], навіть при слабкому вітрі (швидкість 2,5 м/с) і опадах малої інтенсивності (0,01 мм/хвил) на вертикальну поверхню випадає більша кількість опадів, ніж на горизонтальну. При збільшенні швидкості вітру під час дощу до 6 м/с кількість опадів на вертикальну поверхню перевищує їх кількість на горизонтальну поверхню майже в два рази. Найбільше зволоження опоряджувального шару ФС спостерігається під час тривалих обложних дощів. В таких випадках всі дрібні дощові краплі, що потрапили на поверхню стіни утримуються на ній і всмоктуються пористими матеріалами.

Тепла суха погода, що приходить на зміну дощам і супроводжується значним прогріванням поверхні сонячним промінням призводить до інтенсивного висушування опорядження фасаду. Таке нерівномірне висихання і призводить до зменшення деяких матеріалів ФС в об'ємі і розмірах, що, в свою чергу, викликає тріщини в опоряджувальному шарі. Кліматичні райони з підвищеною кількістю опадів, що змінюються сухою сонячною погодою

складають форму архітектурного середовища, яке обумовлює застосування опоряджувальних матеріалів ФС з незначним водопоглинанням [26, 32].

Окрім періодичного висушування поверхні стін після дощу сонячне проміння також характеризується й іншою руйнівною дією по відношенню до опоряджувального шару фасу. Воно, як відомо значною мірою сприяє прискоренню руйнування багатьох опоряджувальних матеріалів шляхом фотохімічних процесів. До таких матеріалів перш за все відносять вироби або покриття на основі полімерів.

До критеріїв визначення типів функціонально-експлуатаційного середовища зовнішнього опорядження ФС слід віднести також наявність в деяких природно-кліматичних районах потужних вітрів, що створюють пильні бурі, заметілі, бурани тощо. Сильний вітер, що несе із собою частини піску та промислові викиди діє на опоряджену поверхню як абразив.

За даними [33], не менш важливим критерієм є наявність забрудненого повітряного басейну. Адже міський транспорт з двигунами внутрішнього згорання і промислові газоподібні відходи обумовили в нашому регіоні наявність в атмосфері агресивних газів, пилу і сажі. Доменні печі, коксо-хімічні заводи, прокатні стани тощо виділяють у повітря такі хімічні речовини як SO_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S , NO_2 , золу, миш'як, фосфор та виробничий пил. Наведені домішки у сполученні з атмосферними викидами є головною причиною корозії багатьох облицювальних матеріалів ФС і покриттів деяких видів штукатурних фасадів. Значна кількість опоряджувальних матеріалів в умовах забрудненого повітря поступово змінюють свої первісні архітектурно-художні властивості. Агресивні гази і хімічні реактиви разом з вологою утворюють легкорозчинні солі і обумовлюють кристалізацію нових речовин, які, як правило, мають більший об'єм. Це призводить до механічного руйнування пор і капілярів фасадних матеріалів. У зв'язку з цим, до проектування ФС будівель та споруд, що знаходяться поблизу промислових підприємств або у великих індустриальних містах необхідно ставити додаткові вимоги відносно стійкості до хімічно-активних забруднень повітряного басейну району забудови: вони

повинні бути хімічно інертні до тих газоподібних і рідких хімічних реагентів, які присутні у даному середовищі.

Деякі опоряджувальні матеріали, такі як деревина та декоративний бетон, змінюють свої первісні естетичні властивості під дією грибкових мікроорганізмів. Огляд досліджень і наукової літератури з цієї галузі [19, 26-30] показав, що наявність подібних агресивних факторів найчастіше спостерігається в специфічних умовах експлуатації – підвищеної вологості і температури закритого темного приміщення, а також наявності матеріалів органічного походження. Зазначені експлуатаційні умови не характерні для ФС. До того ж сучасний будівельний ринок має у своєму розпорядженні такі захисні матеріали, які повною мірою виключають біологічні фактори руйнування зовнішнього опоряджувального шару будівель.

В результаті, при проектуванні та визначенні типів функціонально-експлуатаційного середовища ФС будівель необхідно брати до уваги наступні вагомні критерії:

- 1) дані щодо кількості коливань температури зовнішнього повітря через 0°C в зимовий період року;
- 2) характеристика і кількість опадів, які потрапляють на навітряну вертикальну поверхню базових стін будівлі або споруди за теплий період року;
- 3) дані щодо величини сонячної радіації, яка надходить на вертикальній поверхні будівель;
- 4) характеристика вітру, що спричиняє пилові бурі;
- 5) наявність забрудненого повітряного басейну.

Стійкість опорядження ФС до коливання температури повітря з переходом через 0°C характеризується морозостійкістю. Кількісно морозостійкість матеріалу оцінюється циклами заморожування і відтаювання, яка визначається під час іспитів втратою міцності матеріалом. Показник морозостійкості (марка F) позначається символами, де цифри показують кількість циклів заморожування і відтаювання. Враховуючі те, що територія України характеризується значною кількістю коливань температури, показники

морозостійкості облицювальних матеріалів повинні дорівнювати не менш F40 [34]. Стійкість зовнішнього опорядження до багаторазового наперемінного зволоження й висихання необхідні для районів будівництва з частими і рясними дощами. Властивості деяких матеріалів при зволоженні водою збільшувати об'єм, а із зменшенням вологості (з висиханням) давати усадку, тобто зменшуватися в об'ємі та розмірах, не дозволяють застосовувати їх в районах з великою кількістю рідких опадів. Значна усадка, яка вимірюється в мм/м, звичайно притаманна пористим матеріалам з дрібними порами. Щільні матеріали, що не мають пор є стійкими до наперемінного зволоження й висихання. Руйнівну дію сонячного випромінювання слід враховувати в південних кліматичних районах України починаючи з Запорізької області. В таких районах фарбові покриття і вироби з полімерних матеріалів для зовнішнього опорядження ФС слід застосовувати обмежено [26, 31, 35].

Визначення кількісних показників вимог до опорядження зовнішніх поверхонь будівель в районах з підвищеною імовірністю корозійного руйнування від промислових викидів – задача дуже важка і потребує ретельного хімічного аналізу повітря, матеріалів тощо. Тому для оперативної оцінки опорядження щодо його застосування в районах із забрудненим повітрям необхідно вибирати матеріали, які були б інертними до будь-яких хімічних агентів. Деякі виробники присвоюють фасадним матеріалам, інертним до хімічних агентів, позначку “АА” [10, 26].

Наведена методика оцінки і вибору матеріалів призначена для проектування ФС з врахуванням, що опоряджувальний шар в процесі експлуатації перш за все втрачає свої первісні естетичні властивості та архітектурну виразність, а вже потім функціональні характеристики та показники міцності. При виборі фасадних матеріалів необхідно також керуватися архітектурними тенденціями сучасності та принципами авторського задуму проектувальника.

2.3 Методи визначення показників експлуатаційної ефективності фасадів будівель та споруд

Під час вирішення інженерно-технологічних питань проектування ФС одним із найголовніших і відповідальних постає завдання оцінювання термінів експлуатаційної ефективності конструктивної системи фасадів. За такого оцінювання можливо проектувати системи із заданим комплексом фізико-механічних властивостей з мінімумом витрат матеріальних і енергетичних ресурсів. Вирішення проблеми зводиться до визначення найбільш значимого показника якості системи, яким є опір теплопередачі.

У розрізі аспектів проектування ФС “мокрого” типу маємо композиційну систему з тонкими штукатурними шарами, що складається з комплексу елементів, кожний з яких виконує певну функцію, і відповідно до свого призначення кожний елемент системи повинен мати певні фізико-механічні і теплотехнічні характеристики. У комплексі елементи теплоізоляції мають забезпечувати максимальну довговічність ФС та її надійну безаварійну роботу в період експлуатації [36].

Конструкція штукатурного фасаду впродовж усього терміну експлуатації піддається значним природно-кліматичним навантаженням. Дія знакозмінної температури при різних показниках вологості й інші несприятливі поєднання кліматичних умов можуть призвести до порушення роботи системи в цілому, її пошкодження або навіть до часткового чи повного руйнування. Із цієї причини кожна система теплоізоляції з тонким штукатурним шаром повинна обов’язково випробовуватися на стійкість до вищезазначених дій.

Згідно [37], забезпечення фізико-механічних показників фасадної теплоізоляції найбільш важливою частиною ФС є армований базовий штукатурний шар із спеціального цементно-полімерного розчину, що наноситься поверх теплоізоляційного матеріалу й армується корозійностійкими сітками. В наслідок цього, він має вирішальну роль у визначенні основних фізико-механічних характеристик системи в цілому.

Базовий шар – основний захисний шар для теплоізоляційного матеріалу, який сприймає і перерозподіляє всі зовнішні навантаження і дії (механічне ударне навантаження, температурні деформації, усадка тощо); забезпечує адгезію з утеплювачем (ППС, МВ), високу еластичність і ударну міцність, низьку усадку, високу паропроникність та низьке водопоглинання. У разі використання у базовому штукатурному шарі матеріалів, що мають властивості, які не відповідають потрібним, а також у випадку порушення технології нанесення складів вірогідність пошкодження ФС вже в початковий період експлуатації зростає в 1,5 рази.

Виходячи з результатів досліджень [32-34, 36], були визначені основні показники для клейових, базових і декоративно-захисних складів, які забезпечують надійну експлуатацію штукатурних фасадів та використовуються, у тому числі, й при оцінюванні технічної придатності фасадних матеріалів (таблиця 2.3, 2.4, 2.5).

Таблиця 2.3 – Технічні вимоги до клейового шару штукатурного фасаду

Найменування показника	Нормативне значення
Час використання розчинної суміші, хв	120
Відкритий час розчинної суміші, хв	20
Час коригування положення наклеєного утеплювача, хв	10
Міцність зчеплення розчину з основою після:	
- витримування у повітряно-сухому стані, МПа	0,5
- поперемінного замороження-відтаювання (75 циклів), МПа	0,5

Таблиця 2.4 – Технічні вимоги до захисного шару штукатурного фасаду

Найменування показника	Нормативне значення
Час використання розчинної суміші, хв	60
Міцність розчину на стиск, МПа	10
Коефіцієнт водопоглинення розчину, % за масою	0,5
Усадка розчину, мм/м	1,5

Продовження таблиці 2.4

Міцність зчеплення розчину з утеплювачем після:	
- витримування у повітряно-сухому стані, МПа	0,08/0,015
- попереминого замороження-відтаювання (75 циклів), МПа	0,08/0,015
- температурного впливу, МПа	0,08/0,015
Паропроникність розчину, мг/м·год·Па:	
- по органічному в'язучому	0,03
- по синтетичному в'язучому	0,04

Таблиця 2.5 – Технічні вимоги до декоративного опоряджувального шару штукатурного фасаду

Найменування показника	Нормативне значення	
	Полімерцементний	Полімерний
Час використання розчинної суміші, хв	60	30
Міцність зчеплення розчину з утеплювачем після витримування у повітряно-сухому стані, МПа	0,5	0,5
Морозостійкість розчину, цикли:		
- цоколь	75	75
- стіни	50	50
Коефіцієнт водопоглинення розчину, % за масою	0,5	0,2
Паропроникність розчину, мг/м·год·Па	0,04	0,03

Довговічність та експлуатаційна надійність конструкцій ФС “мокрого” типу зазвичай підтверджується серійними випробуваннями. Для випробування фізико-механічних властивостей ФС на кліматичні дії і з метою прогнозування їх експлуатаційної надійності та довговічності європейським стандартом ЕТАС 004 ЕОТА передбачено метод випробування повнорозмірних зразків ФС. Для проведення випробувань використовується спеціальний стенд, на якому вмонтовується зразок системи площею не менше 6 м², і мобільна кліматична камера, в котрій відтворюються різні режими температурної вологості [10, 15]. Згідно програмою кліматичних випробувань, передбачених цим стандартом,

заплановано наступні циклічні дії на фасадну систему “скріпленого” оздоблення:

1) 80 літніх циклів тривалістю 6 годин, де 2 год підтримується температура 70°C і вологість 10%; 1 год імітується дощ при температурі 15°C та 2 год конструкція витримується температурі 20°C ;

2) 5 зимових циклів тривалістю 24 год, де 8 год підтримується температура 50°C та вологість 10%; 16 год конструкція витримується при температурі -20°C ;

3) між циклами конструкція витримується 48 год без будь-яких температурно-вологісних впливів при температурі 23° і вологості 50%.

Отже, кліматична камера забезпечує моделювання різноманітних атмосферних впливів на ФС будівлі або споруди. Відповідно до цих досліджень довговічність сертифікованої ФС складає не менше 25 років за умови, що вона централізовано поставляється, правильно спроектована, змонтована і експлуатується до діючих будівельних стандартів.

Як зазначає [16, 37], такий цикл випробувань відображає кліматичні характеристики Західної і Центральної Європи. Метод визначення стійкості ФС до кліматичних впливів згідно чинних будівельних норм та стандартів України полягає в тому, що конструкцію штукатурного фасаду піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації виробів у складі збірної системи, та визначають зміни її експлуатаційних характеристик. Метод випробувань базується на циклічному чергуванні різних режимів кліматичних дій на ФС: дощування – заморожування – відтавання – нагрівання. Кількість випробувань становить не менше ніж 60, однак, для реальних конструкцій приймаються показники 75, 100 і 150 циклів. Ця кількість досліджень умовно відповідає довговічності випробовуваної конструкції в роках – 10, 15 і 25 років (при позитивному результаті випробувань). Через кожні десять циклів випробувань фіксують зміни опоряджувального шару ФС, наявність або відсутність пошкоджень штукатурного шару у вигляді тріщин, розколів, зміни кольору тощо, які утворилися внаслідок теплових та вологісних деформацій

при циклічних кліматичних впливах. Виходячи з вищезазначеного, штукатурні фасади повинні тривалий період зберігати свої первинні тепло- й гідрозахисні властивості при експлуатаційних діях на рівні, передбаченому проектом ФС. Більшість інженерів-проектувальників визначають безремонтний термін служби для своїх систем у межах 30-40 років, проте в реальних умовах спостерігаються ознаки відмов ФС вже через декілька років [36].

В теплоізоляційних НВФ одним з основних матеріалів, який багато в чому характеризує експлуатаційну ефективність, є МВ. Згідно даних [13-15], отриманими експериментально-теоретичним шляхом, встановлено вплив кліматичних і технологічних факторів на теплопровідність мінераловатних утеплювачів різної щільності. Результати досліджень температури повітряного прошарку систем “сухого” типу, отримані в натурних умовах за допомогою тепловізора, дозволили встановити опір теплопередачі утеплювача, що визначається за формулою:

$$R_{\text{ут}}^{\text{експ}} = R_{\text{пр}}^{\circ} - R_{\text{констр}}^{\text{пр}} - R_{\text{обл}}^{\text{пр}}, \quad (2.1)$$

де $R_{\text{констр}}^{\text{пр}}$, $R_{\text{обл}}^{\text{пр}}$ – зведений опір теплопередачі частин конструкції ФС від внутрішньої поверхні до повітряного прошарку та від повітряного прошарку до зовнішньої поверхні конструкції відповідно, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; $R_{\text{пр}}^{\circ}$ – зведений опір теплопередачі всієї конструкції, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Аналіз порівняння результатів, отриманих авторами у лабораторних умовах експериментально-теоретичним шляхом, із результатами згідно з розрахунками за формулою 2.1 дав можливість визначити відповідність результатів досліджень лабораторних із натурними. Таку величину прийнято називати збіжністю результатів. Отримана величина збіжності дозволяє розраховувати зміну в часі величини опору теплопередачі НВФ. Таким чином, у загальному вигляді формула для визначення експлуатаційної ефективності має вигляд:

$$E_{\text{екс}} = n_e \cdot k_{36} \cdot k_{y.e.}, \quad (2.2)$$

де n_e – розрахунковий показник опору теплопередачі ФС, отриманий на основі дійсних досліджень; k_{36} – коефіцієнт збіжності (відношення розрахункових до результатів, отриманих після визначеного терміну експлуатації НВФ у натурних умовах); $k_{y.e.}$ – коефіцієнт умов експлуатації запроектованої системи, який показує їх особливості (за швидкості повітряних потоків у вентиляваному прошарку до 1 м/с він дорівнює 1, за більш високих швидкостей – 0,5-0,8).

Дослідження [8, 15, 36] за допомогою тепловізора будівель із НВФ, з мінераловатними утеплювачами щільністю 40, 80, 150 кг/м³, які експлуатувалися протягом понад 5 років, показали наступні результати в процесі розрахунку. Було встановлено, що у разі використання як утеплювача МВ із щільністю 40 кг/м³ у НВФ опір теплопередачі через 5 років склав 0,8 м²·°С/Вт, що порівнюється з 4,2 умовними роками. Таким чином, коефіцієнт збіжності k_{36} склав 1,19. Для МВ щільністю 80 кг/м³ $k_{36} = 0,9$, а для щільності 150 кг/м³ – $k_{36} = 0,95$.

Для аналізу практичного використання результатів досліджень як вихідних порівнюваних розрахункових технологічних схем авторами були прийняті системи НВФ із декількома конструктивно-технологічними рішеннями, що прийняті згідно ДСТУ Б.В-2.6-33 [38]:

- стіна з газобетонного блоку товщиною 300 мм, щільністю 500 кг/м³ і теплопровідністю 0,25 Вт/м·°С;

- шар теплоізоляції для II температурної зони – одношарова теплоізоляція товщиною 50 мм (порівнювалися три системи з різними щільностями МВ: перша система – 40 кг/м³, друга система – 80 кг/м³ та третя – 150 кг/м³, із середньою теплопровідністю 0,042 Вт/м·°С);

- облицювальні панелі з керамічної плитки товщиною 6 мм, теплопровідністю 0,96 Вт/м·°С.

Разом з тим, була визначена можливість використання МВ різної щільності в разі її застосування без улаштування вітрозахисної мембрани за критерієм емісії волокон як елемента підвищеної пожежонебезпеки.

Дослідження показали, що період ефективної експлуатації НВФ багато в чому залежить від обраної щільності мінераловатного утеплювача. Встановлено, що під час вивітрювання утеплювача, тобто емісії волокон з його поверхні, змінюється його опір теплопередачі. В таблиці 2.6 відображено результати розрахунку опору теплопередачі ФС різної щільності, згідно з розрахунковою схемою, наведеною вище. Розрахунки проведені відповідно до зазначеної методики оцінювання експлуатаційної ефективності [36].

Таблиця 2.6 – Результати досліджень технологічних систем НВФ при експлуатації через задані проміжки часу для II температурної зони

Щільність утеплювача, кг/м ³	R _{поч} , м ² ·К/Вт	R _{рік} , м ² ·К/Вт						
		1 рік	3 роки	5 років	7 років	8 років	9 років	27 років
40	3,395	3,187	2,981	2,528	-	-	-	-
80	3,498	3,321	3,142	3,002	2,900	2,836	2,783	-
150	3,470	3,379	3,248	3,163	3,130	3,047	3,026	2,790

Аналіз даних таблиці 2.6 показує, що використання МВ щільністю 40 кг/м³ без вітрозахисної мембрани недоцільне. На думку авторів [10, 23], це викликано тим, як показали результати досліджень, що через п'ять років опір теплопередачі стає меншим нормативного. Тому в подальшому слід виконувати аналіз економічних показників тільки для систем з утеплювачами щільністю 80 і 150 кг/м³. Слід також зазначити, що в практиці проектування ФС для розрахунків опору теплопередачі НВФ необхідно керуватися певними правилами, зокрема виходячи з наведених вище досліджень щодо зменшення товщини матеріалу теплоізоляції: внаслідок емісії волокон із поверхні МВ відповідно зменшується й опір теплопередачі ФС в цілому.

Залежно від цього, вихідний розрахунковий показник опору теплопередачі конструкції ФС, відповідно до встановленого дослідженнями правила, повинен перевищувати його нормативну величину через 25 умовних років експлуатації, в середньому, на 24 %. У свою чергу, результати розрахункових досліджень показали, що утеплювач із щільністю 150 кг/м^3 після умовних 25 років експлуатації характеризується нормативним показником опору теплопередачі. Як зазначено у дослідженні [36, 37], навіть за швидкості вітрового потоку в лабораторній установці, яка в кілька разів перевищує реальні величини, емісія волокон настільки мала, що нею можна знехтувати. Тому для підвищення пожежної безпеки ФС і зменшення ризиків порушення будівельного виробництва за такої щільності утеплювача вітрозахисна мембрана (в основному, як досить горючий матеріал класу Г2) в системі НВФ не потрібна. У разі використання МВ із щільністю 80 кг/м^3 через 25 умовних років експлуатації система теплоізоляції не відповідає нормативному значенню. Причому для такої ФС нормативний показник зберігається в разі експлуатації протягом 8-9 років. Унаслідок, для таких систем НВФ можна рекомендувати улаштування вітрозахисної мембрани, але тільки з негорючих матеріалів (клас горючості НГ). Згідно [4, 24], під час горіння мембрани температура в повітряному прошарку НВФ піднімається понад 700°C . У свою чергу, це може спричинити випаровування фенолоформальдегідних смол і займання захисно-декоративного екрану, наприклад, влаштованого з композитних панелей з низьким класом горючості Г3-Г4.

Таким чином можемо констатувати, що конструктивне рішення ФС, якісне виконання системи теплоізоляції відіграє значну роль у її надійній експлуатації та істотно впливає на довговічність конструкції фасаду загалом. Значний вплив на показники якості елементів ФС має і правильно побудована програма моніторингу фасадних конструкцій в процесі експлуатації будівлі або споруди. Тому необхідність розроблення нормативної й експериментально-технічної бази, а також проведення максимально широкого кола експериментальних досліджень в розрізі проектування ФС не викликають

сумнівів. Крім того, без створення критеріїв оцінювання експлуатаційних характеристик та фізико-механічних властивостей фасадних конструкцій для визначення їх довговічності та експлуатаційної надійності неможливе і вирішення питання енергоефективності зовнішніх огорожувальних конструкцій в цілому.

2.4 Оптимізація вибору ефективних організаційно-технологічних рішень фасадних робіт на базі експериментально-статистичного моделювання

Для будь-якої задачі організації будівельним виробництвом характерна множинність її рішень. Крім того, постійне ускладнення техніки і технології будівельно-монтажних робіт і пов'язане з ним ускладнення процесу організації, роблять вибір оптимального рішення надзвичайно важким. Тому в умовах вітчизняної економічної ситуації, яка постійно змінюється, чільне місце займають моделі будівельного виробництва: застосування різних моделей в основних сферах організації будівельного виробництва – вихід із даного положення.

Моделювання – це метод дослідження різних явищ і процесів, вироблення варіантів оптимальних рішень. У своїх дослідженнях більшість авторів [22, 29-34] в якості робочої гіпотези наводять наступне: якщо змоделювати показник трудомісткості в процесі опорядження фасаду будинку, то темпи будівництва і його вартість зміняться. Такі зміни можна виконувати різними методами: зменшувати або збільшувати кількість робітників у бригаді, змінювати кількість робочих днів у тижні. В даному випадку, окрім зміни тривалості процесу реалізації ФС, 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.

Для вибору ефективних організаційно-технологічних рішень та оптимального методу опорядження фасадів в роботах [39] було застосовано методику і виконано чисельний експеримент по визначенню залежностей між обраними показниками і чинниками, що на них впливають. В якості досліджуваних показників ефективності організаційно-технологічних рішень по вибору оптимального методу фасадних робіт прийняті наступні показники:

- 1) тривалість робіт;
- 2) вартість будівельно-монтажних робіт.

Показник тривалості будівництва є одним з найважливіших на всіх етапах організаційної, проектної та економічної підготовки виконання монтажу ФС. Тривалість визначається згідно календарного графіку будівництва. У свою чергу, вартість виконання 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.

Згідно [15], оптимізація проекту проводилася за допомогою експериментально-статистичного (ЕС) моделювання. Під ЕС-моделюванням розуміється комплекс методів і дій, спрямованих на максимальне вилучення інформації з результатів експериментів за умови оптимальної їх кількості.

В результаті аналізу факторів показників ефективності було обрано кількість робочих бригад, кількість робочих днів у тиждень та кількість технологічних шарів при улаштуванні теплоізоляції ФС. Відповідно до класичної теорії планування скороченого експерименту варійовані фактори повинні знаходитися в діапазоні $-1; 0; +1$, при цьому $x_i = -1$ відповідає мінімальному значенню фактору, $x_j = 1$ – максимальному значенню, а $x_i = 0$ – середнє значення цих двох факторів. Дослідження проводилось по трьохфакторному плану з 15-ю експериментальними рядками (таблиця 2.7):

1) $x_1 = (2 \pm 1)$ – кількість робочих бригад на об'єкті. Збільшуючи кількість бригад (а відповідно і робочих кадрів), існує можливість вплинути на тривалість виконання БМР і, відповідно, на вартість проекту;

2) $x_2 = (5 \pm 1)$ – кількість робочих днів в тиждень. Кількість може бути призначена від 3 до 7 днів на тиждень. Необхідно зазначити, що така тривалість доцільна і можлива лише за умови 2-3-змін. Проте, з економічної точки зору

Таблиця 2.7 – Фактори експериментально-статистичного моделювання реалізації ФС та рівні їх варіювання

Рівні варіювання	Фактори		
	Організаційні		Конструктивно-технологічні
	x_1	x_2	x_3
	Кількість бригад	Кількість робочих днів на тиждень	Кількість технологічних шарів теплоізоляції
-1	1	4	1
0	2	5	2
+1	3	6	3

фасадні роботи не рекомендується виконувати в 2-3 зміни, саме тому значення максимальної кількості робочих днів в тиждень було прийнято 6 днів;

3) $x_3 = (2 \pm 1)$ – кількість технологічних шарів при улаштуванні теплоізоляції ФС. Перший технологічний шар представляє собою МВ товщиною 100 мм, щільність 145 кг/м^3 ; другий – двошарову конструкцію, яка складається з МВ товщиною 100 мм, щільність 80 кг/м^3 та вітрозахисної плівки щільністю 96 кг/м^3 ; третій технологічний шар представляє собою два шари МВ товщиною 70 мм щільністю 45 кг/м^3 та товщиною 30 мм, щільність 80 кг/м^3 і вітрозахисна плівка щільністю 96 кг/м^3 .

У відповідності з прийнятим планом чисельного експерименту було побудовано 15 варіантів моделей монтажу ФС будинку при різному поєднанні рівнів зміни досліджуваних факторів. Побудова цих моделей відбувалася з допомогою ПК “Microsoft Office Project”. Вибір факторів був зроблений з урахуванням того, щоб на підставі аналізу отриманих результатів було можливо підібрати оптимальні величини організаційно-технічних факторів для вирішення поставленого завдання [28, 40].

Для вирішення завдань аналізу та оптимізації досліджуваних факторних систем авторами використана теорія математичного моделювання. При цьому розглянуті експериментально-статистичні регресійні моделі, де кожна модель – це функція. Вона показує, як змінюється досліджуваний показник (Y) при зміні відповідних факторів (x_i). Форма моделі – поліном (відрізок Тейлора), в який розкладається невідома функція, що зв'язує в межах $x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}$ k -факторів $x_i = (x_1, \dots, x_k)$ і вихід (відгук системи – Y), які представлені у вигляді загальної поліноміальної експериментально-статистичної моделі:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum b_{ij} x_i x_j + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{jj} x_j^2 + \dots + \varepsilon, \quad (2.3)$$

де коефіцієнти $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}, \dots$ через співвідношення $X_i = x_i \cdot \Delta X + X_i^0$ функціонально пов'язані з коефіцієнтами a_0, a_i, a_{ij}, a_{ii} , (числові оцінки істинних коефіцієнтів визначаються як статистичні величини за експериментальними даними) і встановленими обмеженнями X_i^{\min} та X_i^{\max} ; ε – випадкова величина, яка відображає як вплив на поведінку системи випадкових факторів, так і, зокрема, наслідки розрахунку оцінок коефіцієнтів моделі за експериментальними даними; k – кількість ефектів взаємодії.

Всі коефіцієнти у формулі 2.3, по-перше, є випадковими величинами – статистичними оцінками істинних параметрів полінома $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}, \dots$; по-друге, в силу безрозмірності нормалізованих факторів x_i всі коефіцієнти мають ту ж розмірність, що і досліджуваний відгук системи Y ; по-третє, вільний член b_0 тотожно дорівнює розрахунковим значенням відгуку Y в центрі факторного простору ($Y = b_0$ при $x_i = 0, i = \overline{1, k}$). В деяких випадках інженерний сенс оцінок b_j та b_{ij} досить повно аналізується на наступній моделі (парабола другого порядку, коли всі інші $x_i \geq 2$ фіксовані):

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_{11} x_1^2 \quad (2.4)$$

де b_1 – лінійний ефект фактору x_1 ;

b_{11} – квадратичний ефект фактору x_1 .

Після перевірки моделей на адекватність за F-критерієм Фішера при рівні значущості $\alpha=0,05$, залишаються в моделі тільки значущі коефіцієнти. Закономірність впливу факторів експерименту на тривалість виконання фасадних робіт N_T (дні) адекватно описується формулою 2.4, отриманої за результатами експериментально-статистичного моделювання [39]:

$$N_T = 88,1 - 53,7x_1 - 2,3x_2 + 4,5x_3 - 1,13x_1x_2 + 26,6x_1^2 \quad (2.4)$$

Експериментально-статистична модель за формулою 2.4 відображає загальний характер зміни властивостей при незалежних організаційно-технологічних факторах, тобто в залежності виду “технологія-організація-властивості”. Модель N_T можна відобразити у вигляді однофакторних графічних залежностей, що представлені на рисунку 2.1.

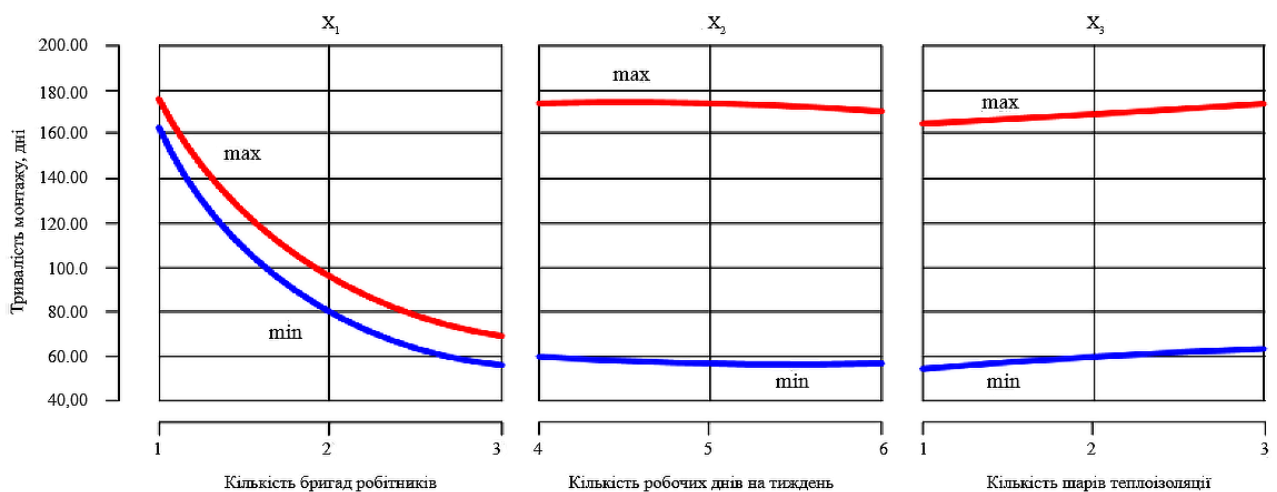


Рисунок 2.1 – Вплив організаційно-технологічних факторів на тривалість виконання робіт з монтажу ФС

При розгляді кожного з факторів у зоні екстремумів передбачається фіксація двох факторів на середньому рівні, у зоні екстремумів показника N_T

ступінь впливу чинників неоднозначна. При ранжируванні тривалості виконання фасадних робіт в разі максимального і мінімального термінів їх виконання спостерігається майже однакова залежність. При цьому ступінь впливу фактору кількості бригад робітників максимальна і дорівнює 100%, тоді як фактори кількість робочих днів на тиждень і кількість технологічних шарів теплоізоляції ФС надають набагато менший вплив на тривалість виконання робіт 1% та 7%, відповідно. У зоні максимальних значень тривалості фасадних робіт характер впливу всіх факторів явно виражений і має обернено пропорційну залежність. При зміні кількості бригада робітників від 1 до 3, тривалість передбачувано змінюється від 70 до 178 днів, тобто в 2,56 разів. У свою чергу характер впливу фактору кількість робочих днів на тиждень має не настільки виражений характер впливу як кількість бригад робітників. Так зменшення тривалості робіт у разі збільшення робочих днів становить 13%.

Слід зазначити, що, практично, аналогічну залежність має вплив улаштування кількості технологічних шарів теплоізоляції ФС. У зоні максимальних значень кількість технологічних шарів теплоізоляції до трьох призводить до збільшення термінів виконання робіт приблизно на 7%, що пояснюється особливостями їх влаштування. Перш за все при рівні варіювання -1 спостерігається найменша тривалість робіт завдяки значно більш простій схемі улаштування конструкції ФС, 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 фасадних робіт.

Згідно [39], мінімальне значення тривалості виконання монтажних робіт з влаштування ФС (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).

При вивченні впливу організаційно-технологічних факторів на вартість виконання робіт по влаштуванню ФС C_T (тис. грн.) адекватно описується формулою 2.5:

$$C_T = 11,28 - 3,78x_1 - 0,29x_2 + 0,51x_3 + 0,29x_{12} + 26,6x_1x_2 \quad (2.5)$$

Наведена аналітична залежність показує, що максимальний вплив на досліджуваний показник вартості фасадних робіт надає кількість бригад робітників (коефіцієнт при $x_1 = 3,78$). Фактор x_3 також надає на показник помітний вплив (коефіцієнт при $x_3 = 0,51$). Найбільш мінімальний вплив з досліджуваних чинників надає фактор кількості робочих днів в тиждень. Знак “-” біля коефіцієнтів при x_1 , x_2 , x_3 означає, що зміна цих факторів обернено пропорційна зміні вартості монтажних робіт C_T . Модель C_T відображена у вигляді однофакторних графічних залежностей, наведених на рисунку 2.2.

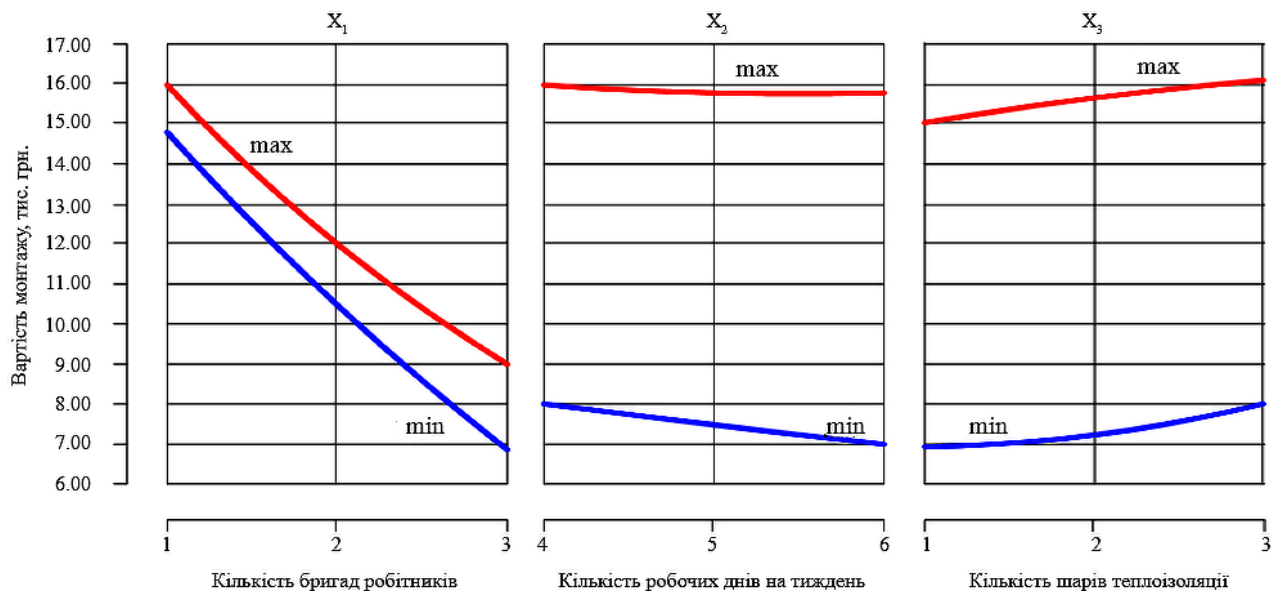


Рисунок 2.2 – Вплив організаційно-технологічних факторів на вартість виконання робіт з монтажу ФС

На рисунку видно, що у зоні максимальних значень вартості характер впливу всіх факторів явно виражений і має обернено пропорційну залежність. При зміні x_1 від 3 бригад робітників до 1 бригади, вартість змінюється від приблизно 8,9 тис. грн. до 16,1 тис. грн., тобто в 1,8 рази. Менш виражено впливає на даний показник фактор x_2 (кількість робочих днів у тиждень), вартість фасадних 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 тис. грн. відповідно. Практично, аналогічна залежність спостерігається і в полі мінімальних значень показника вартості.

Згідно [39], мінімальне значення вартості виконання монтажних робіт (6822 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 поведінка 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. Оптимізація організаційно-технологічних рішень може бути досягнута за рахунок граничних обмежень проектних показників. Рішення даного завдання здійснювалося за допомогою суміщення діаграм тривалості і вартості. Таким чином, ЕС-моделювання будівельних процесів і закономірності зміни досліджуваних показників дозволяють визначити тривалість виконання фасадних робіт і вартість виробництва в залежності від величини і поєднання варійованих факторів (кількості бригад робітників, робочих днів в тиждень і кількості технологічних шарів теплоізоляції ФС).

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ІНЖЕНЕРНО-КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ФАСАДНИХ СИСТЕМ

3.1 Формування вихідних даних та параметрів розрахунку в розрізі варіативного проектування фасадів ПС “Юність” в м. Запоріжжя

Ефективність оптимізації процесу проектування фасадів будівель і споруд визначається відношенням витрат і результатів, пов'язаних із його реалізацією, і практично зводяться до оцінки ефективності відповідних капіталовкладень. Для прийняття рішень щодо реалізації проекту монтажу ФС необхідне ретельне опрацювання ключових техніко-економічних показників, аналіз витрат та перспектив розвитку, що дає змогу оцінити економічну доцільність і технічну можливість проекту. Для цього складається техніко-економічне обґрунтування проекту (ТЕО), що служить оцінкою привабливості для вкладення капіталу. Інакше кажучи, ТЕО включає розрахунок, аналіз та оцінку економічної доцільності здійснення проекту реалізації ФС, і як наслідок, модернізації, реконструкції об'єкту нерухомості [36].

Визначеність оточення будівельного проекту, принципова важливість врахування характеристик місця розташування об'єкту обумовлюють актуальність формування якісного інформаційного супроводу техніко-економічної оцінки фасадних робіт. Виходячи з цього, для варіативного проектування ФС в якості об'єкта будівництва обрано ПС “Юність” на 2457 оглядових місць, який розташований у Вознесенівському районі м. Запоріжжя. Конструктивні рішення фасадів будівлі, загальна площа яких складає 4718,38 м², наведено на рисунку 3.1-3.4.

Слід брати до уваги, що сучасні об'єкти будівництва все більше ускладнюються новими архітектурно-планувальними рішеннями, інноваційним інженерно-технічним устаткуванням. Реалізація цих проектів вимагає від замовника значних капіталовкладень. Виходячи з цього, в даному



Рисунок 3.1 – Центральний вхід та рекреаційна площа ПС “Юність” в м. Запоріжжя

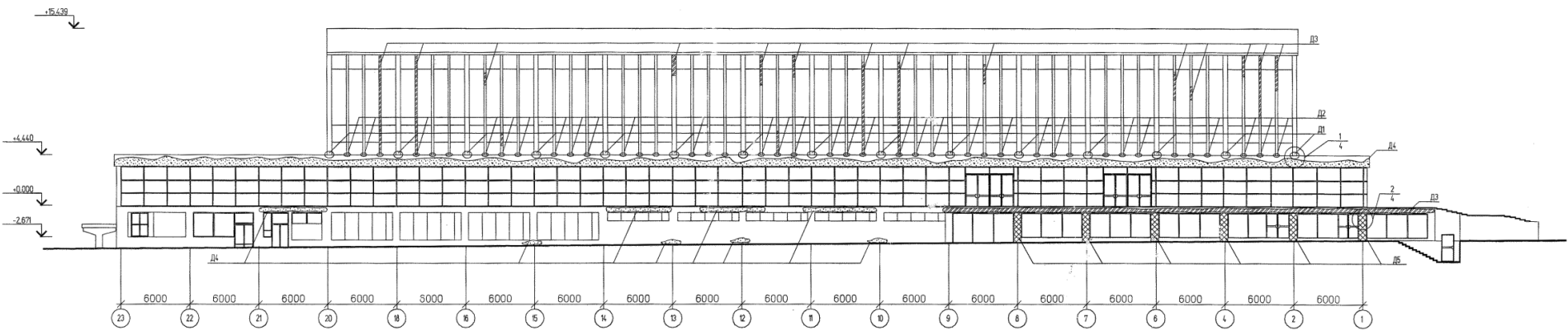
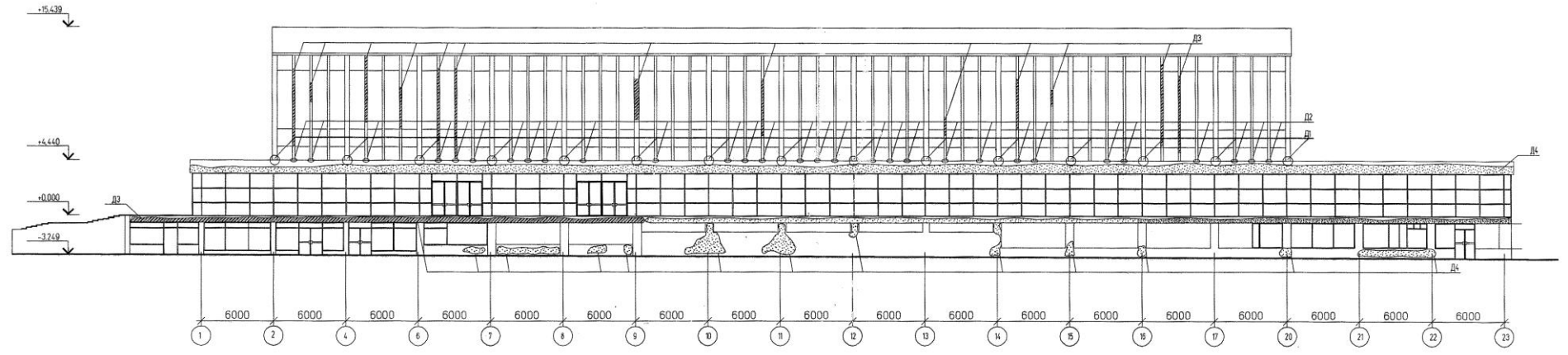


Рисунок 3.2 – Фасади ПС “Юність” в осях 1-23 та 23-1

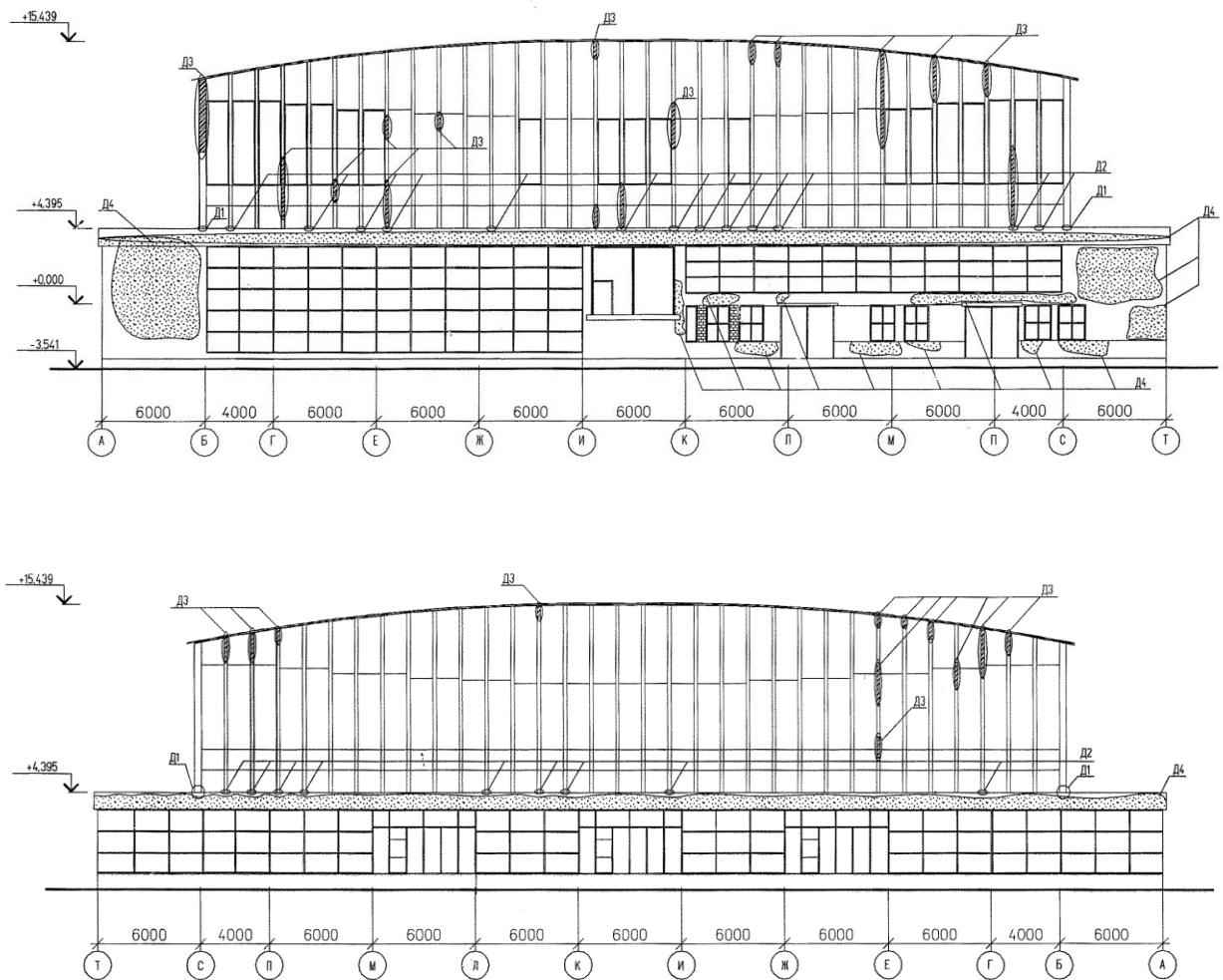


Рисунок 3.3 – Фасади ПС “Юність” в осях А-Т і Т-А

дослідженні ТЕО розглядається лише як елемент проекту зовнішнього оздоблення фасадів ПС “Юність”. Для обґрунтування інженерно-конструктивних рішень фасадів визначеного об’єкта будівництва було обрано три ФС різного типу: систему штукатурного фасаду “Ceresit” (“Henkel Bautechnik”, Україна), систему “сухого” типу “Scanroc” з оздобленням декоративною фасадною плиткою (“Nordex Technique Facade”, Швеція) та “вентильований” фасад “Saray Cotta” із композитних алюмінієвих панелей (“Saray Aluminium”, Туреччина).

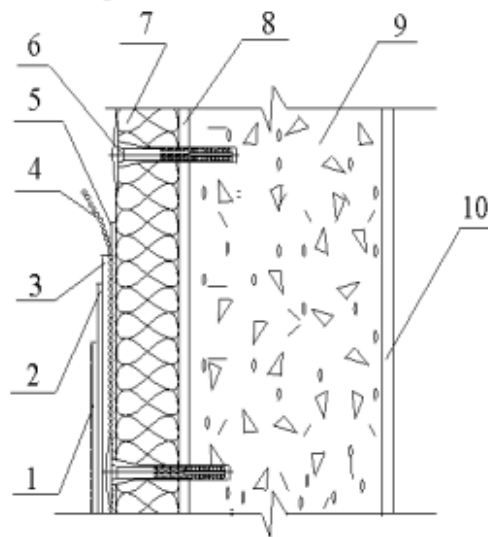
В рамках даного дослідження пріоритет у розрахунку техніко-економічних показників надається традиційними підходами варіативного проектування ФС на противагу наведеній методології, яка була розглянута в

розділі 2, однак із акцентуванням на отриманих в ході аналізу робіт авторів [15-19, 22-36, 39] висновків та рекомендацій. Визначення ефективності зазначених варіантів ФС та обґрунтування конструктивних рішень здійснене шляхом порівняння трудових та матеріально-технічних витрат, які мають місце протягом всього етапу реалізації проекту зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність”. Оцінку ефективності і доцільності проектно-інженерних рішень ФС виконано в розрахунку на 100 м² фасаду із параметрами і умовами виконання БМР для обраного об’єкту будівництва. На базі вихідних даних, було визначено зведені показники кошторисної вартості, трудомісткості та тривалості монтажу зазначених типів ФС, які наведені в п. 3.4 цього розділу.

3.2 Комплексний аналіз базових конструктивних рішень детермінованих фасадних систем

Одним з найбільш характерних прикладів опорядження фасадів “мокрими” способом є ФС “Ceresit” (“Henkel Bautechnik”, Україна). Застосування штукатурного фасаду дозволяє скоротити тепловтрати через існуючі огорожувальні конструкції в 2,5-3 рази. Як показали дослідження [6, 24], термін експлуатації таких ФС без погіршення технічних характеристик і необхідності ремонту складає понад 30 років. Система озпорядження фасадів “Ceresit” має високі показники морозостійкості: більше 75 циклів заморожування-відтавання). Штукатурний фасад є конструктивною частиною базової стіни будівлі і являє собою багат шарову систему, яка наведена на рисунку 3.4.

Систему “скріпленого” оздоблення починають кріпити до базової стіни знизу будівлі. Для отримання прямої і рівної кромки системи, а також з метою її зміцнення та додаткового захисту від механічних впливів передбачено застосовувати цокольні профілі з перфорованими полочками. Профілі кріплять до цоколю будівлі сталевими розпірні дюбелями на 300-400 мм нижче перекриття між підвальним приміщенням та першим поверхом будівлі. Перший

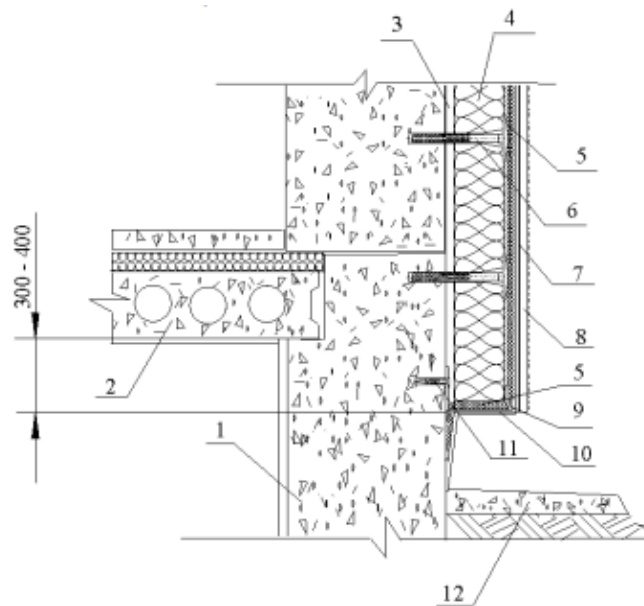


- 1 – шар захисно-декоративного розчину; 2 – ґрунтовка глибокого проникнення; 3 – перший шар гідроізоляційного штукатурного розчину; 4 – склосітка фасадна; 5 – другий шар гідроізоляційного штукатурного розчину; 6 – дюбель-шуруп тарільчастий; 7 – теплоізоляційний матеріал (МВ або ППС); 8 – шар клейової суміші; 9 – базова стіна; 10 – штукатурний шар всередині будівлі

Рисунок 3.4 – Конструктивна схема штукатурного фасаду “Ceresit”

шар плит утеплювача встановлюють торцями на цокольний профіль і кріплять до поверхні базової стіни дюбелями та за допомогою клейової розчинної суміші. Утеплювач захищають армованим гідрозахисним штукатурним шаром по всій поверхні, таку ж гідрозахисну штукатурну суміш наносять на нижній торець системи, звернений до ґрунту, і на цоколь будівлі. Арматурну фасадну склосітку заводять на нижній торець ФС і на цоколь будівлі. Для додаткового захисту системи від вологи нижня частина її обробляється гідроізоляційними штукатурними сумішами Ceresit CR 65 за два рази на стіну (на висоту до 2 м), на торець системи і на цоколь будівлі (рисунок 3.5).

Теплоізоляційні плити в місцях віконних і дверних прорізів укладаються впритул до віконних і дверних рам. Кути утеплювача, що укладаються по укосах віконних і дверних прорізів, попередньо зрізаються під кутом 45° на 10-15 мм. Між віконною або дверною рамою і утеплювачем укладається шар

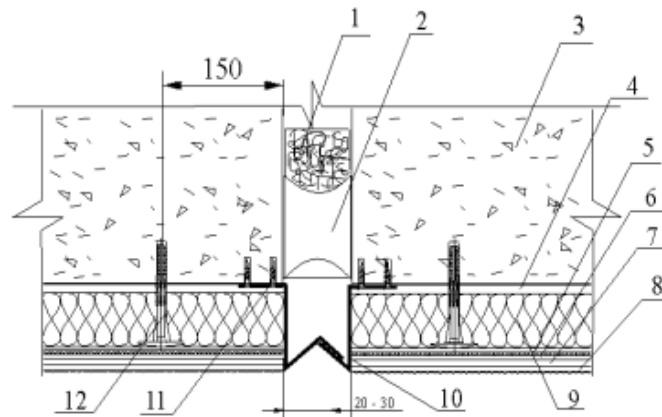


1 – плита фундаменту; 2 – плита перекриття; 3 – шар клейової суміші; 4 – теплоізоляційний матеріал (МВ або ППС); 5 – гідроізоляційний штукатурний шар, армований склосіткою фасадною; 6 – дюбель-шуруп тарільчастий; 7 – ґрунтуючий шар; 8 – захисно-декоративний шар; 9 – профіль цокольний; 10 – гідроізоляційний шар; 11 – дюбель-шуруп монтажний; 12 – вимощення

Рисунок 3.5 – Фрагмент монтажу ФС “Ceresit” в нижній частині базової стіни

герметизуючого матеріалу Ceresit CS 11. Склосітка, що приклеюється по фасаду, підрізається по кутах прорізу і заводиться на поверхню укосів віконних і дверних прорізів. Захисно-декоративна розчинна суміш наноситься на стіну по фасаду і на укоси у дверних і віконних прорізах до рами. У нижній частині віконних прорізів встановлюється козирок з пластика або металу. Між рамою і козирком укладається шар герметизуючого матеріалу Ceresit Silicon. Після приклеювання плит утеплювача до базової стіни фасаду і до моменту укладання основного шару склосітки зовнішні кути віконних і дверних прорізів зміцнюють армуючими елементами з склосітки, які зазвичай мають розміри 250x350 мм. Армуючі елементи укладають діагонально по відношенню до віконного або дверного блоку під кутом 45° таким чином, щоб середина більш довгої сторони прилягала до зовнішнього кута отвору. Це необхідно виконати, щоб уникнути утворення тріщин, що розповсюджуються від

зовнішнього кута прорізу по поверхні фасаду. Деформаційні шви між плитами утеплювача заповнюються ізоляційним матеріалом, пінополіетіленовими джгутами круглого перетину, а потім герметизуючим матеріалом Ceresit Silicon. Можливий варіант, коли деформаційний шов закривається спеціальними декоративними пластинами (рисунок 3.6).



- 1 – існуюча ущільнююча прокладка; 2 – існуючий шар герметику; 3 – базова стіна з клейовим шаром; 4 – армуючий шар гідроізоляційної штукатурки; 5 – склосітка фасадна;
 6 – ґрунтовка глибокого проникнення; 7 – шар захисно-декоративної суміші;
 8 – теплоізоляційний матеріал (МВ або ППС); 9 – декоративна пластина;
 10 – профіль монтажний; 11 – дюбель-шуруп монтажний

Рисунок 3.6 – Влаштування деформаційного шва з використанням декоративної пластини при монтажі ФС “Ceresit”

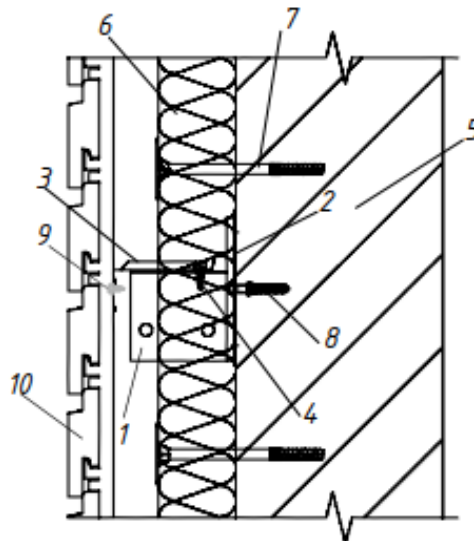
Місця розташування деформаційних швів визначаються проектом на опорядження фасадів. На торцях плит утеплювача, якими вони звернені в бік деформаційного шва, до монтажу на місце наноситься два шари гідрозахисної штукатурної суміші, між якими встановлюється армована склосітка. При з’єднанні теплоізолюючого шару з покрівлею склосітка зміцнюється на поверхні плитного утеплювача до місця з’єднання гідрозахисного штукатурного шару з покрівлею. Торці плит утеплювача перед монтажем на місце підганяються відповідно до кута покрівлі, обробляються

гідроізоляційним штукатурним складом, на який зміцнюється склосітка. Для забезпечення більшої надійності і міцності теплоізоляційного матеріалу закріплюють на поверхні зовнішніх стінових конструкцій дюбелями. Плити утеплювача закріплюються тарільчастими дюбель-шурупами з розрахунку 4 шт/м² до 15 м і 6 шт/м² до 27 м висоти фасаду будівлі; мінераловатні плити 8 шт/м² до 15 м і 10 шт/м² до 42 м. Перший ряд дюбелів встановлюють після закріплення плит утеплювача на поверхні базової стіни за допомогою клейової суміші після її затвердіння. Другий ряд дюбелів встановлюють після нанесення першого шару гідрозахисного штукатурного складу, утоплюючи в нього скло сітку. Полотна стеклосетки наклеюються з нахлестом.

У 2000 році шведська фірма “Nordex Technique Facade” розпочала реалізовувати проект з виробництва та впровадження ФС “Marmoroc”. В даний час продукція підприємства виробляється на території України і випускається під торговою маркою “Scanroc”, що зробило її доступною за ціною. Система “Scanroc” застосовується для опорядження фасадів будівель і споруд висотою до 100 м при новому будівництві та реконструкції, і складається з несівних гальванізованих цинком профілів і фасадної плитки (рисунок 3.7).

Монтажний профіль ФС кріпиться до базової стіни розпірними дюбелями і служить для утримання утеплювача. До монтажного профілю кріпиться самонарізними гвинтами направляючий профіль для фіксації фасадної плитки, монтується на ортогональну підконструкцію за допомогою замків-засувки. Фасадні плитки НВФ “Scanroc” мають штучне походження та виготовляються з гранітної крихти, цементу, фарбувальних добавок і обробляються водовідштовхувальним складом.

У проміжку між стіною і фасадними плитками розташовується теплоізоляція, яка укладається на монтажний профіль. У разі нерівності стіни більше 10 мм на 1 м. п. необхідне застосування консолей, які дозволяють компенсувати перепади до 60 мм. Конструкція направляючого профілю забезпечує повітряний прошарок товщиною 15 мм між утеплювачем і лицьовою



1 – консоль типу К-1; 2 – теплопрокладка; 3 – ригель типу Р-1; 4 – гвинт само нарізний 6,3x19 мм; 5 – базова стіна; 6 – теплоізоляційний матеріал (МВ або ППС); 7 – дюбель-шуруп тарільчастий; 8 – дюбель-шуруп монтажний; 9 – гвинт самонарізний 4,8x13 мм;
10 – плитка фасадна

Рисунок 3.7 – Фрагмент конструктивної схеми НВФ “Scanroc”

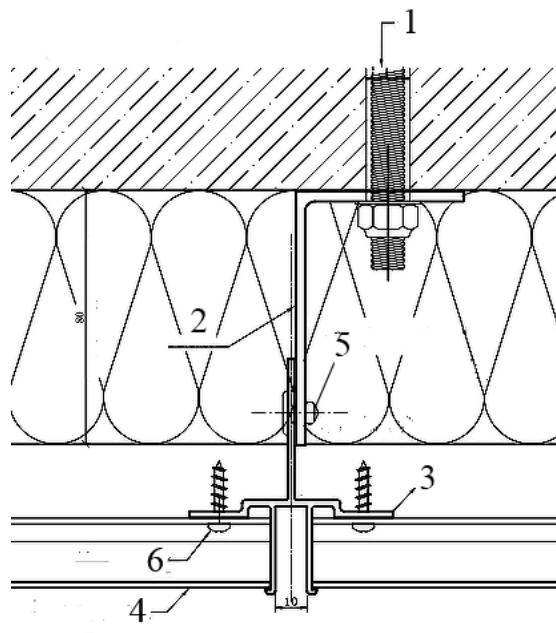
поверхнею фасаду. Профілі кріпляться до стіни на відстані не більше 0,6 м один від одного. Частота монтажу консолей виконується згідно статичного розрахунку. Направляючі профілі кріпляться до монтажних на відстані один від одного не більше 0,3 м. Циркуляція повітря в каналі забезпечує вентиляцію, яка виводить вологу з утеплювача та базової стіни, завдяки чому зменшується зволоження стінової конструкції, і забезпечуються високі і стабільні показники опору теплопередачі.

Система НВФ “Scanroc” ефективно виконує функцію звукоізоляції і звукопоглинання: значення індексу звукоізоляції від повітряного шуму знаходиться в межах 57 дБ. Конструкція ФС дозволяє захистити лицьову частину фасаду від впливу природних усадок будівлі і невеликих сейсмічних процесів, що досягається за рахунок технологічних зазорів між отворами в профілях і діаметром елементів кріплення, еластичності монтажного профілю та нежорсткого кріплення фасадних плит на напрямних профілях. У разі

фізичного руйнування облицювального матеріалу або підоблицювальних конструкцій система дозволяє виконати їх заміну локально, без значних капіталовкладень і без погіршення архітектурної виразності будівлі.

З 1980 року компанія “Saray Aluminium” грає важливу роль в створенні майбутніх архітектурних споруд, пропонуючи передові і інноваційні рішення для будівництва екстер’єрів. Компанія входить до числа перших 200 провідних промислових підприємств Туреччини і експортує 55% всієї продукції в більш ніж 60 країн Європи, Азії та Африки.

Фасад “Saray Cotta” – це повнокомплектна фасадна система, в якій теплоізоляційний матеріал утворює енергоефективну базову конструкцію, а композитні алюмінієві панелі завершують зовнішній вигляд фасаду будівлі. Облицювальні вироби завжди кріпляться до базової конструкції через напрямні профілі, які закріплюються до базової стіни за допомогою кріпильних гвинтів (рисунок 3.8).



1 – дюбель анкерний М10х85...110 мм; 2 – кронштейн монтажний; 3 – вертикальний монтажний профіль; 4 – композитна алюмінієва панель, встановлена на напрямному профілі;
5 – висувна заклепка 4,8х15 мм; 6 – гвинт самонарізний 4,2х20 мм

Рисунок 3.8 – Конструктивна схема НВФ “Saray Cotta”

Монтажні кронштейни з оцинкованої сталі розташовуються на кожному рівні базової стіни та закріплюються за допомогою сталевих дюбель-анкерів М10х85...110 мм, при чому основні кронштейни закріплюються за допомогою двох анкерних дюбелей, а допоміжні – за допомогою одного. Вертикальні монтажні профілі фіксуються на кронштейнах висувними заклепками 4,8х15 мм або оцинкованими болтами М10...25 мм. Композитні алюмінієві панелі монтуються на вертикальних профілях за допомогою самонарізних гвинтів 4,2х20 мм із кроком 600 мм.

Між фасадною панеллю і утеплювачем має бути дотриманий мінімальний повітряний шар 20 мм. У нижній частині фасаду є отвори для стоку вологи, через які видаляється конденсат або вода, що потрапила в конструкцію ФС через стики. Розташування стічних отворів є типовим, незалежно від специфікації панелей. Завдяки ретельному продуманому дизайну НВФ “Sarayu Cotta”, можна значно зменшити необхідну кількість нащільників. Як правило, нащільники необхідні на кутах будинку, в віконних отворах, для вертикальних стиків тощо, та призначені, перш за все, для поліпшення архітектурної виразності фасаду. При проектуванні нащільников необхідно враховувати спосіб кріплення і форму фасадної панелі. Нащільники мають бути пофарбовані одночасно з касетами для уникнення різниці в кольорі.

Система “Sarayu Cotta” володіє всіма перевагами алюмінію – вогнестійкістю, не піддається корозії, міцністю та стійкістю до деформації, легкістю, не містить домішок інших металів і відповідно – нетоксичністю. Негативний вплив ультрафіолетових променів не спричиняє виділення отруйних речовин з поверхні композитних панелей. Показники ударної міцності набірної системи НВФ “Sarayu Cotta” на 35% більше, ніж у традиційного вінілового і алюмінієвого сайдинга, значно простіший в монтажі, що дозволяє реалізувати архітектурно складні елементи.

3.3 Дослідження технологічних аспектів зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність” на засадах проектно-орієнтованої варіативності

До початку робіт з опорядження фасадів повинні бути закінчені всі монтажні, слюсарні та зварювальні роботи, виконані всі підготовчі роботи (очищення поверхонь від бруду, пилу і іржі, сушіння, покриття антикорозійними складами, укладання пароізоляції; перевірка горизонтальності і вертикальності поверхні). У процесі підготовки збірних і монолітних залізобетонних поверхонь замонолічуються шви, вирівнюють поверхні, кріплять пристосування для монтажу технологічного устаткування, укладають гільзи для пропуску сантехнічних, електротехнічних систем.

Конструктивні елементи ФС “Ceresit” кріплять до базової стіни будівлі пошарово. Монтаж кожного наступного шару виконують після перевірки якості виконання відповідного попереднього шару і складання акта огляду прихованих робіт згідно ДБН А.3.1-5-2016 [41]. Роботи по влаштуванню скріпленої теплоізоляції ПС “Юність” виконують в такій послідовності:

- 1) закріплюють перфоровані цокольні профілі до нижньої частини будівлі по його периметру;
- 2) ґрунтують підготовлену поверхню базової стіни;
- 3) готують клейову розчинну суміш; -
- 4) наносять клейову розчинну суміш на поверхню плит утеплювача і приклеюють їх до поверхні базової стіни;
- 5) заповнюють ущільнюючим матеріалом місця примикання плит утеплювача до віконних і дверних рам, а також місця з'єднання плит утеплювача з карнизної плитою;
- 6) закріплюють плити утеплювача першим рядом сполучних елементів;
- 7) встановлюють поліетиленові джгути в місцях влаштування деформаційних швів;
- 8) готують клейову суміш (1-й шар гідрозахисної штукатурки);

- 9) наносять клейову розчинну суміш на поверхню теплоізоляційного шару;
- 10) закріплюють перфоровані кути на торцях першого поверху будівлі, а також по периметру всіх віконних і дверних прорізів;
- 11) приклеюють склосітку по шару клейової суміші;
- 12) закріплюють плити утеплювача другим рядом сполучних елементів;
- 13) наносять другий шар клейової суміші (гідрозахисної штукатурки);
- 14) ґрунтують поверхню захисно-клейового шару;
- 15) готують розчинну суміш для влаштування оздоблювального покриття;
- 16) заповнюють деформаційні шви і примикання плит до віконних і дверних рам герметиком;
- 17) закріплюють в нижніх частинах віконних прорізів металеві козирки;
- 18) обробляють поверхню фасаду декоративно-захисним складом;
- 19) наносять фарбувальний склад.

Фасад ПС “Юність” ділять на захватки, а захватки – на карти в залежності від параметрів засобів підмоцнення, а також виходячи з фактичної можливості забезпечити фронт робіт бригаді. При роботі з риштувань розміри карт приймається рівною висоті одного ярусу, ширина встановлюється не більше 10 м [15].

Ґрунтуючу фарбу Ceresit СТ 16 наносять на поверхню стіни рівномірно, без пропусків, смугами, ширина яких дорівнює ширині захватки. Розчинні суміші Ceresit СТ 85 і Ceresit СТ 190 готують безпосередньо на будівельному майданчику. Співвідношення сухої суміші і води становить за масою: для Ceresit СТ 85 – 1,00:0,27; для Ceresit СТ 190 – 1,00: 0,28. Розчинну суміш Ceresit СТ 85 слід використовувати протягом 2 годин, розчинну суміш Ceresit СТ 190 – протягом 1,5 год після приготування.

Після нанесення розчинної суміші плиту необхідно відразу встановити в проектне положення і притиснути. Зусилля при притисненні повинно бути таким, щоб розчинна суміш розподілилася між базовою стіною і утеплювачем, як мінімум, на 60% поверхні. Плити необхідно приклеювати впритул одна до

іншої, в одній площині, не допускаючи збігу вертикальних швів. Ширина швів не повинна перевищувати 2 мм. У тому випадку, коли шов вийшов ширше, його слід заповнити смужкою, вирізаної з плити утеплювача. Залишки розчинної суміші необхідно видалити за допомогою води до затвердіння першої.

Закріплювати плити утеплювача дюбель-шурупами слід не раніше, ніж через 3 доби після приклеювання їх до поверхні зовнішніх стінових конструкцій. Отвори під дюбелі свердлять електродрилем або перфоратором. Мінімальна глибина отворів становить 50 мм. На утеплювач наносять шар гідрозахисного штукатурного складу товщиною до 2 мм і розрівнюють його по площі захватки за допомогою терки. У нижній частині теплоізоляційного шару гідрозахисний штукатурний склад наносять на торцеву частину плит утеплювача, розташовану перпендикулярно до парапету або до карнизної плити. Відразу по нанесеному і вирівняному шару гідрозахисного штукатурного складу укладають склосітку, утоплюючи її в шар штукатурки за допомогою дерев'яної терки, не допускаючи складок. Сітку укладають смугами зверху до низу по поверхні фасаду, накладаючи подальшу смугу на попередню не менше ніж на 100 мм, а на торцях будівлі передбачають нахлест полотнищ склосітки не менше 100 мм на кожную стіну.

Після технологічної перерви тривалістю не менше 24 годин утеплювач з армованим гідрозахисним штукатурним шаром додатково кріплять до зовнішніх стінових конструкцій другим рядом дюбель-шурупів. Кріплення теплоізоляційних плит утеплювача виконує ланка із трьох робочих-монтажників, в тому числі: монтажник IV розряду – 1 людина, монтажник III розряду – 2 людини.

Другий шар гідрозахисного штукатурного складу укладають у такий же спосіб, що і перший. При нанесенні другого шару захисно-клеювий розчинної суміші слід стежити, щоб головки дюбелів були приховані. Заповнення деформаційних швів герметизуючим матеріалом виконують після закінчення не менше 7 діб після нанесення другого шару захисно-клеювого складу при

температурі навколишнього середовища від +5оС до +30оС. При цьому поверхня захисно-клейового розчину повинна мати вологість не більше 82%.

Не допускається виконувати роботи з герметизації фасаду під час дощу. Оздоблювальну розчинну суміш наносять на поверхню фасаду металевим шпателем або теркою з нержавіючої сталі. Інструменти при нанесенні декоративної розчинної суміші необхідно тримати під кутом 45о до поверхні, що опоряється. Після нанесення декоративної розчинної суміші відразу починають формування поверхні. Роботи по одній поверхні варто виконувати безперервно, дотримуючись правила нанесення “мокре” на “мокре”. У разі перерви в роботі слід приклеїти малярну стрічку уздовж лінії, де планується завершення роботи, нанести на неї штукатурку. Перед відновленням роботи стрічку слід видалити разом із залишками свіжої штукатурки [22].

У момент висихання забороняється змочувати водою декоративний шар ФС “Ceresit”, виконаний із зазначених вище сумішей. Декоративно-захисне покриття може бути пофарбовано в відповідний колір за кодами RAL спеціальними фасадними фарбами. Для збереження рівномірності забарвлення слід при роботі використовувати матеріали з однієї партії, зазначеної на упаковці і дотримуватися співвідношення сухої суміші і води при її приготування. Роботи по влаштуванню захисно-клейового шару і декоративно-оздоблювального шару виконує ланка з шести чоловік, в тому числі: штукатур IV розряду – 1 людина, штукатур III розряду – 3 людини, штукатур II розряду – 2 людини.

Таким чином, загальний склад бригади з монтажу ФС “Ceresit” включає дев'ять чоловік: монтажник IV розряду – 1 людина, монтажник III розряду – 2 людини, штукатур IV розряду – 1 людина, штукатур III розряду – 3 людини, штукатур II розряду – 2 людини.

Монтаж ФС “Scanroc” здійснюється за допомогою інвентарних лісів, при цьому фасад розбивається на кілька захваток. На кожній захватці організовують роботу бригади, що складається з чотирьох ланок по два робітні. Перед початком монтажу металевого каркасу виконується розмітка базових стін

ПС “Юність” згідно робочого проекту опорядження фасадів будівлі для монтажу дюбелів з метою подальшого скріплення каркасу зі стіною. При цьому кількість дюбелів, глибина їх подальшого засвердлювання і їх розміри визначаються в залежності від матеріалу стін. Після нанесення розмітки та засвердлювання дюбель-шурупів, монтуються опорні профілі (при товщині теплоізоляції не більше 100 мм) і їх кріплення до базової стіни, що являє собою найбільш відповідальним аспектом монтажних робіт. Перед його виконанням необхідно відповідно до встановлених мітками натягнути на стінах будівлі маячні шнури в горизонтальному і вертикальному напрямках [31, 35].

Елементи каркасної конструкції ФС прикріплюються до зовнішніх стін за допомогою саморізів і дюбелів. Необхідно також провести випробування на висмикування дюбелів з базової стіни. Залежно від конкретних умов, приблизно 3% всіх встановлених дюбелів (не менше трьох штук) повинні бути перевірені на величину крутного моменту, необхідного для закручування шурупа. Глибина анкерування повинна складати не менше п'ятикратної величини діаметра дюбеля. Виходячи з цієї умови, глибина закладення дюбель-шурупу діаметром 10 мм повинна складати мінімум 50 мм. Глибина отвору для монтажу дюбеля повинна бути на 10 мм більше довжини дюбеля. До монтажу дюбелів отвори слід очистити від пилу і дрібних частинок висвердленого матеріалу. В якості додаткової антикорозійного заходи на оцинковані головки дюбель-шурупів необхідно встановити спеціальні захисні ковпачки або пофарбувати їх антикорозійною фарбою.

Після монтажу опорних профілів проводиться перевірка забезпечення вертикальності площини фасаду. Після цього складається відповідний акт огляду прихованих робіт і надається дозвіл на подальший монтаж каркасу [41]. При кріпленні опорних профілів до базової стіни ПС “Юність” для забезпечення їх проектного положення можуть встановлюватися регулюючі трубчасті шайби необхідного розміру, що компенсують нерівності фасаду. В окремих випадках, при серйозних дефектах фасаду замість трубчастих шайб може застосовуватися (перед монтажем консолей) вирівнюючий каркас, як

правило, з дерев'яних брусів, просочених вогнезахисною і антисептованим складами. Однак, монтаж такого каркасу є крайнім заходом і вимагає розробки спеціального проекту. Кріплення монтажних профілів до стіни будівлі виконується з використанням спеціальних самонарізних гвинтів, які закручуються в раніше встановлені дюбелі. При цьому, між базовою стіною будівлі і металевим каркасом встановлюються текстолітові, поліпропіленові або інші, що не проводять тепло або холод, шайби з метою уникнення появи містків холоду в конструкціях будівлі. Після закінчення монтажу каркасу перед опорядженням фасадною плиткою проводиться додаткова, контрольна перевірка забезпечення вертикальності площини фасаду.

Монтаж теплоізоляції виконується після монтажу горизонтальних і до встановлення вертикальних опорних профілів. Теплоізоляційний шар фасаду ПС "Юність" може бути секціонований як по висоті, так і по його довжині. Перед укладанням кожної секції утеплювача в надцокольній частини будівлі встановлюється спеціальний горизонтальний цокольний профіль у вигляді коритоподібного оцинкованого елемента, що закріплюється на основному каркасі або, при необхідності, до базової стіни будівлі. Ширина цокольного профілю повинна бути не менше прийнятої товщини теплоізоляції. Встановлюється цокольний профіль відповідно до проекту, при цьому витримується проміжок 2-3 мм між сусідніми цокольними профілями, і закріплюється дюбель-шурупами через кожні 300 мм. У місцях нещільного примикання цокольного профілю до базової стіни необхідно встановити відповідні по товщині підкладкові шайби. З'єднуються цокольні профілі між собою за допомогою пластикових елементів.

Після монтажу цокольних профілів проводиться укладання теплоізоляції у напрямку знизу вгору. Рекомендується застосовувати плитну теплоізоляцію невеликої товщини до 50 мм, що встановлюється в кілька рядів по товщині з перев'язкою швів. При цьому всі шви повинні бути закладені тією ж маркою ізоляції без утворення пустот. Зовнішня поверхня утеплювача має в точності збігатися з зовнішньою поверхнею опорних профілів. При нерівній поверхні

фасаду будівлі усі проміжки між базовою стіною будівлі і теплоізоляцією повинні бути заповнені теплоізоляційним матеріалом таким чином, щоб не утворилося будь-яких неорганізованих повітряних проміжків. Після укладання утеплювача, при необхідності, виконується його покриття вітровологозахисною плівкою. На торцевих ділянках секцій теплоізоляційного шару плівка заводиться за утеплювач на повну його товщину, стики секцій також повинні бути ізольовані без утворення “містків холоду”, що має бути спеціально передбачено ППР [15].

Перед влаштування фасадної плитки НВФ “Scanroc” в нижній надцокольної частини металевого каркасу встановлюється вентиляційний профіль, який перекриває повітряний прошарок, і закріплюється на опорних профілях. Вентиляційний профіль являє собою коритоподібний оцинкований елемент, перфорований для виведення вологи по усій своїй довжині. Монтаж плитки ведеться знизу вгору, послідовно ряд за рядом. Зазвичай монтаж починається з кутових плиток, що фіксують кути фасаду будівлі. Кожен ряд опорядження перевіряється за рівнем. При монтажі фасадної плитки необхідно стежити за тим, щоб повітряний прошарок між плиткою і теплоізоляцією був чистий і не мав будь-яких сторонніх включень. У місцях, де система підходить до балконів, карнизів, прорізів і інших елементів фасаду ПС “Юність”, встановлюються, передбачені ПВР, спеціальні профілі з пофарбованої оцинкованої листової сталі. Профілі можуть кріпитися самонарізними гвинтами до каркасу системи профілів або спеціального каркасу, передбаченого проектом. Всі відкриті частини ФС повинні бути захищені від атмосферних опадів спеціальними козирками з оцинкованої сталі, прикріпленими до металевого каркасу або до базової стіни.

Загальний склад бригади з монтажу ФС “Scanroc” включає дев’ять чоловік: монтажник IV розряду – 1 людина, монтажник III розряду – 3 людини, монтажник II розряду – 2 людини, ізолювальник III розряду – 1 людина, ізолювальник II розряду – 1 людина.

При організації виробництва з монтажу ФС “Saray Cotta” площу базових стін ПС “Юність” розбивають на вертикальні захватки, в межах яких виконуються роботи різними ланками монтажників. Ширина вертикальної захватки дорівнює довжині робочого настилу інвентарних риштувань, а довжина вертикальної захватки дорівнює робочій висоті будівлі. В межах вертикальної захватки монтаж здійснюють в наступній технологічній послідовності:

- 1) розмітка точок монтажу несівних і опорних кронштейнів на стіні будівлі;
- 2) свердління отворів для встановлення анкерних дюбелів;
- 3) кріплення до стіни несучих і опорних кронштейнів за допомогою анкерних дюбелів;
- 4) укладання теплоізоляції і вітрозахисної плівки;
- 5) кріплення до несучих і опорних кронштейнів регулюючих профілів за допомогою стопорних болтів;
- 6) кріплення до регулюючих кронштейнів напрямних профілів;
- 7) монтаж композитних алюмінієвих панелей;
- 8) монтаж елементів облицювання НВФ до зовнішнього кута будівлі.

Розмітка точок монтажу несівних і опорних кронштейнів на стіні будівлі проводиться згідно ПВР. На початковому етапі визначають маякові лінії розмітки фасаду – нижню горизонтальну лінію точок монтажу кронштейнів і двох крайніх по фасаду будівлі вертикальних ліній. Крайні точки горизонтальної лінії визначають за допомогою нівеліра і відзначають їх незмивною фарбою. По двох крайніх точках, використовуючи лазерний рівень і рулетку, визначають і відмічають фарбою всі проміжні точки монтажу кронштейнів. При розмітці точок анкерування для влаштування несівних і опорних кронштейнів для подальшої вертикальної захватки маяками служать точки кріплення опорних елементів попередньої захватки.

Для кріплення до стіни опорних кронштейнів в розмічених точках просвердлюють отвори, діаметром і глибиною відповідним анкерним дюбелям,

які пройшли випробування на міцність для даного виду стінового огороження. Якщо отвір просвердлений помилково не в тому місці і потрібно просвердлити нове, то останній повинен перебувати від помилкового на відстані як мінімум однієї глибини просвердленого отвору. Очищення отворів від пилу виконується стисненим повітрям. Дюбель вставляють в підготовлений отвір і підбивають монтажним молотком. Під кронштейни укладають термоізоляційні прокладки для вирівнювання робочої поверхні і усунення “містків холоду”, опорні кронштейни кріплять до стіни анкерами [7, 15].

Укладання теплоізоляційного шару ФС складається з наступних операцій:

- 1) навішування на стіну через прорізи для кронштейнів плит утеплювача;
- 2) навішування на теплоізоляційні плити полотнищ вітрозахисної мембрани з захлестом 100 мм і тимчасове їх закріплення;
- 3) висвердлювання через утеплювач отворів в стіні для тарілчастих дюбелів в повному обсязі та їх подальший монтаж.

Відстань від дюбелів до граней теплоізоляційної плити має бути не менше 50 мм. Монтаж утеплювача починають з нижнього ряду, який встановлюють на стартовий перфорований профіль або цоколь і монтують знизу вгору. Плити навішують з горизонтальною перев'язкою таким чином, щоб між плитами не було наскрізних щілин. Допустима величина незаповненого шва складає 2 мм. Добірні теплоізоляційні плити повинні бути надійно закріплені до поверхні стіни. Для монтажу добірних теплоізоляційних плит їх необхідно підрізати за допомогою ручного інструменту. Ламати плити утеплювача забороняється. Перед початком монтажу теплоізоляційних плит змінна захватка, на якій будуть проводити роботи, повинна бути захищена від попадання атмосферної вологи.

Кріплення до опорних кронштейнів вертикальних напрямних профілів проводиться в такій послідовності:

- 1) профілі встановлюють в пази опорних кронштейнів.
- 2) вертикальні профілі фіксують заклепками або болтами до несівних кронштейнів. В опорних кронштейнах профіль встановлюють вільно, що

забезпечує його вільне переміщення по вертикалі для компенсації температурних деформацій.

3) у місцях стикування по вертикалі двох наступних один за одним профілів для компенсації температурних деформацій рекомендується витримувати проміжок в межах від 8 до 10 мм.

Монтаж алюмінієвих композитних панелей починають з нижнього ряду і ведуть знизу вгору. На вертикальні напрямні профілі встановлюють ковзні кронштейни. Верхні ковзні кронштейни панелі додатково кріплять самонарізними гвинтами від вертикального зсуву. З цією метою, панелі також додатково кріплять до несучого профілю гвинтами. При монтажі облицювальних панелей на стику вертикальних напрямних (несівних профілів) необхідно дотримуватися двох умов: верхня облицювальна панель повинна закривати проміжок між несучими профілями; повинна бути точно витримана проектна величина проміжку між нижньою і верхньою алюмінієвими панелями. Для виконання другої умови рекомендується застосовувати шаблон, виготовлений з дерев'яного бруска квадратного перетину. Довжина бруска дорівнює ширині облицювальної панелі, а довжина – проектній величині проміжку між нижньою і верхньою композитними панелями. При перервах в роботі на змінній хватці, не захищеній від атмосферних опадів, утеплена частина фасаду має бути захищена поліетиленовою плівкою задля запобігання деформації утеплювача від вологи.

Загальний склад бригади з монтажу ФС “Scanroc” включає одинадцять чоловік: монтажник IV розряду – 2 людини, монтажник III розряду – 4 людини, ізолювальник III розряду – 2 людини, ізолювальник II розряду – 3 людини.

Виходячи з вищевикладеного, роботи з монтажу зазначених ФС мають виконуватися спеціалізованими бригадами відповідно до ПВР за графіком згідно календарного плану БМР на майданчику. Схему організації робіт обирають на основі техніко-економічного аналізу в залежності від обсягів робіт, обраної конструкції ФС та умов будівництва.

3.4 Охорона праці та технічна безпека в будівництві при виконанні робіт з монтажу фасадних систем

Під час монтажу ФС повинні бути вжиті заходи для запобігання впливу на працівників та населення, яке перебуває на прилеглий до будівельного об'єкта території, небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За можливості впливу таких факторів необхідно розробити та реалізувати заходи згідно ДБН А.3.2-2-2009 [42]. Розробляти проектно-технологічну документацію можуть тільки організації та фахівці, які мають ліцензію на виконання БМР. Експертиза є обов'язковою і здійснюється організаціями, що мають право на виконання такого виду робіт. Перед початком фасадних робіт генпідрядник (субпідрядник, підрядник) повинен визначити небезпечні для людей зони, в яких існує постійний вплив або може існувати потенційний вплив небезпечних факторів, що пов'язані чи не пов'язані з характером робіт, що виконуються.

Під час виконання зовнішніх опоряджувальних робіт необхідно передбачати заходи із запобігання впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих виробничих факторів: підвищена забрудненість повітря робочої зони (запиленість, загазованість), шкірних покривів, спецодягу хімічними речовинами, аерозолем, пилом; розташування робочого місця поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше; гострі крайки, шорсткість на поверхнях фасадних матеріалів і конструкцій; недостатня освітленість робочої зони, робочих місць. Робочі місця для виконання фасадних робіт, улаштування ФС на висоті повинні бути обладнані засобами підмошування і сходами-драбинами для піднімання на них. Засоби підмошування, що застосовуються під час монтажу ФС у місцях, під якими виконуються інші роботи чи є прохід, повинні бути з настилами без зазорів. Місця, де є небезпека появи або утворення шкідливого газу, перед допуском робітників, повинні ретельно провітрюватися. Робітники, що працюють у місцях можливого утворення або появи шкідливого газу, повинні забезпечуватися протигазами або кисневими приладами.

Забороняється виконувати роботи з монтажу систем “скріпленого” оздоблення на фасаді одночасно в двох і більше ярусах по одній вертикалі, якщо немає відповідних захисних пристосувань. Відкриті отвори в стінах, які розташовані на рівні перекриття, або робочого настилу, або на висоті менше 0,7 м від них, а іншим боком повернені убік, і де немає суцільного настилу, повинні бути огорожені на висоту не менше 1 м. Отвори в перекриттях, до яких можливий доступ робітників, повинні бути закритими або мати огорожу висотою не менше 1 м повсьому периметру. При виконанні робіт на висоті більше 1,1 м і при неможливості виконання настилів з огорожами робітники повинні бути забезпечені запобіжними поясами. Місця закріплення ланцюгів або канатів запобіжних поясів повинні бути вказані робітникам наперед. Запобіжні пояси, їх ланцюги і канати, які видаються робітникам, повинні мати паспорти і бірки. У разі відсутності паспортів поясів до їх застосування повинні бути проведені випробування відповідно з діючими нормативними документами.

Будівельні машини, механізми, верстати, будівельний інвентар та інструменти повинні відповідати характеру виконуваної роботи, а також повинні використовуватися в справному вигляді і мати належні огорожі. До управління машинами з електричним двигуном забороняється допускати осіб, які не мають посвідчення на право управління даною машиною. Робітники, які обслуговують машини і керують ними, повинні мати інструкцію, в якій вказані вимоги з техніки безпеки, вказівки з системи сигналів, правила управління машиною і доглядом за робочим місцем, вказівки про граничні навантаження і допустимі швидкості роботи машини, а також вказівки про можливі об'єднання операцій. Використання вантажних підйомників і кранів для переміщення людей забороняється. У неробочий час всі машини і механізми повинні знаходитися у стані, що виключає можливість їх запуску сторонніми особами.

До роботи з електрифікованим і пневматичним інструментом допускаються тільки робітники, що пройшли спеціальне навчання. Робота несправним механізованим інструментом забороняється. Виконання робіт за

допомогою механізованого інструменту з приставних драбин забороняється. Включати в мережу електродвигуни, електроінструменти, прилади електричного освітлення необхідно тільки за допомогою існуючих для цих цілей приладів; виконувати включення і виключення скручуванням дротів забороняється. Викручування і вкручування електричних лампочок, що знаходяться під напругою, не дозволяється. У разі неможливості зняття напруги, цю роботу повинен виконувати кваліфікований робітник в гумових діелектричних рукавицях.

Перенесення матеріалів на носилках в горизонтальному напрямку допускається у виняткових випадках на відстань не більше 50 м, а по сходах-драбинах – забороняється. Для жінок необхідно дотримуватися граничних норм перенесення вантажів порівній і горизонтальній поверхнях. Вантажо-розвантажувальні роботи з пилоподібними матеріалами (сухі будівельні суміші, цемент, гіпс, вапно тощо) слід виконувати тільки механізованим способом і при їх температурі не більше +40°C. Скидання матеріалів і сміття без жолобів або інших пристосувань з висоти більше одного поверху заборонено.

Риштування, що використовується при виконанні фасадних робіт, повинно бути інвентарним і виготовлятися за типовими проектами. Неінвентарне риштування допускається лише у виняткових випадках, а при висоті більше 4 м – за спеціально затвердженими проектами. При виготовленні, установці і експлуатації всіх видів риштування (трубних, рамних, сходових, підйомних, пересувних, випускних і підвісних колисок, драбин і приставних драбин) необхідно дотримуватися всіх діючих вимог та правил.

До початку робіт потрібно: визначити місця складування і збереження матеріалів, устаткування, інструменту на будівельному майданчику; встановити будівельні інвентарні риштування для безпеки падіння з них інструментів, матеріалів, будівельних відходів; встановити огорожі, драбини для підйому робітників захистити поручнями; входи в будівлю зверху захистити навісом завширшки, що перевищує ширину входу з вильотом не менше 2 метрів від

зовнішньої стіни будівлі; забезпечити чергове освітлення будівельного майданчика; забезпечити об'єкт питною і технічною водою; встановити знаки безпеки в місцях, що становлять небезпеку в процесі переміщення людей; обладнати місця відпочинку робітників; перевірити риштування рівномірно розподіленим навантаженням 200 кг/м^2 , горизонтальні елементи риштувань перевірити зосередженим вантажем 130 кг , поручні перевірити зосередженим навантаженням 70 кг ; перевірити щілину між стіною і робочим настилом (повинна бути не більше 150 мм); обладнати ділянки по підготовці матеріалів (розпилювання плит утеплювача; приготування робочого складу з сухої суміші); забезпечити всіх робітників індивідуальними засобами захисту; пересувні розчинозмішувачі міцно закріпити шляхом установки на ходові колеса колодок на анкерах; розчинозмішувачі підключити до спеціально обладнаного щитка, що має штепсельну розетку і запобіжник з плавкими вставками, розрахованими на струм не більше 10 А , корпус розчинозмішувача заземлити. Також, перед початком фасадних робіт на об'єкті з робітниками повинен бути проведений інструктаж про прийоми і способи роботи, що забезпечують дотримання правил техніки безпеки відповідно до "Типових положень про навчання, інструктаж та перевірку знань робітників з питань охорони праці".

В процесі виконання робіт необхідно: щодня перевіряти справність машин і механізмів; стан проводів, що підводять струм; виявивши на корпусі напругу, треба негайно припинити роботу, вимкнути живлення і здати машину в ремонт; при перервах у роботі або припиненні подачі електроенергії машина повинна бути відключена від мережі; під час роботи з машинами, з електро-і пневмоінструментами треба стежити за станом ізоляції кабелю, відсутністю різких перегинів шлангів, утворенням петель, попаданням кабелю і шланга під колеса; чистити барабани змішувачів дозволяється тільки заздалегідь зупинивши двигун приводу; підключення (відключення) допоміжного устаткування (знижувальних трансформаторів, перетворювачів частоти струму, захисно-відключних пристроїв), а також усунення неполадок, в них повинні

проводитися тільки черговим електриком; робочі склади для виконання штукатурних робіт, приклеювання плит МВ і для виконання фарбувальних робіт слід готувати централізовано; перед їжою і після закінчення робіт слід ретельно мити руки щіткою і милом у теплій воді; на робочому місці зберігати матеріали слід у кількостях, що не перевищують змінної потреби; відходи матеріалів, які використовуються при виконанні робіт з теплозахисту і опорядженні фасадів, необхідно збирати в контейнери, а потім видаляти по спускових жолобах.

Зазначені вимоги до заходів із забезпечення охорони праці необхідно зазначити у проектно-технологічній документації, зокрема проекті організації будівництва (ПОБ), проекті виконання робіт (ПВР) на монтаж ФС. Виконання БМР без ПВР забороняється.

3.5 Розрахунок зведених витрат із зовнішнього опорядження фасадів ПС “Юність” та аналіз отриманих результатів

Обґрунтування вибору варіанту конструктивного рішення ФС безпосередньо залежить від економічного розрахунку та переважно виконується на початковій стадії проектування. Вибір оптимального варіанту здійснюється на основі показників, що характеризують комерційний ефект підрядника, замовника або спільний, який досягається внаслідок реалізації розглянутих альтернатив інженерних рішень.

У якості загальних критеріїв при виборі та обґрунтуванні типу ФС розглядаються кошторисна вартість в прямих витратах, кошторисна трудомісткість та тривалість БМР. Із цією метою по обраних варіантах ФС складаються фрагменти локального кошторису, вихідні дані для якого приймається по відповідним збірникам елементних кошторисних норм (ЕКН) згідно ДСТУ-Н Б Д.2.2-48:2012 [43] та ДСТУ Б Д.2.2-15:2012 [44].

Розрахункова тривалість реалізації кожного варіанта визначається виходячи з кошторисних показників трудодомісткості в припущенні однакових

по варіантах показників однозмінної роботи, одиничного комплексу будівельних машин або однієї ланки робітників.

Перелік фасадних матеріалів та матеріально-технічних ресурсів визначено згідно інженерно-конструктивних рішень обраних ФС, описаних в п. 3.2. Оскільки метою даної роботи є обґрунтування конструктивних рішень ФС, теплотехнічних розрахунків зовнішніх стін ПС “Юність” не виконувався, однак в розрізі варіативного проектування задля достовірності та адекватності розрахунку економічних показників фасадних робіт прийняті однакові характеристики утеплювача для усіх типів ФС (плити мінераловатні товщиною 100 мм). Вартість матеріальних ресурсів і машино-годин визначено за регіональними поточними цінами станом на грудень 2020 року та за усередненими даними Мінрегіонбуду України.

Розмір кошторисної заробітної плати, який враховується при складанні локальних кошторисів (на стадії розроблення проектної документації) складає 9954,78 грн. Він визначається для звичайних умов будівництва за розрядом складності робіт 3,8 не нижче, ніж середньомісячна заробітна плата у будівництві (у розрахунку на одного штатного працівника) за попередній звітний рік, що оприлюднюється центральним органом виконавчої влади в галузі статистики, збільшена на прогнозний індекс споживчих цін на поточний рік (у середньому до попереднього року), який є складовою основних прогнозних макропоказників економічного і соціального розвитку України, що схвалюються Кабінетом Міністрів України.

За базовою одиницю розрахунку прийнято 100 м² фасаду при виконанні зовнішніх оздоблювальних робіт з риштувань. Визначення кошторисної вартості монтажу обраних ФС було виконано в ПК “АВК-5” (версія 3.5.3), результати якого наведені в таблицях 3.1-3.3.

За отриманими значеннями кошторисної трудомісткості визначено тривалість фасадних робіт на 100 м² поверхні стіни за формулою 3.1:

Таблиця 3.1 – Розрахунок кошторисної вартості в прямих витратах на монтаж ФС “Ceresit”

№	Шифр норми	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього заробітної плати	експлуатації машин	Всього заробітної плати	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
											на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ЕН15-78-1	Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною 100 мм з опорядженням декоративним розчином за технологією “Ceresit” з риштувань. Стіни гладкі	100 м2	1	<u>27191,34</u> 27150,21	-	27191,34	27150,21	-	479,9400	479,94	
2	C1555-113	Плита теплоізоляційна мінераловатна, товщина 100 мм	м2	107	<u>254,28</u> -	-	27207,96	-	-	-	-	
3	C1550-21	Розчинова суміш Ceresit СТ 190 для приклеювання та захисту плит із мінеральної вати	кг	1200	<u>10,02</u> -	-	12024	-	-	-	-	
4	C111-1624-2	Грунтовка глибокого проникнення	л	20	<u>23,56</u> -	-	471,2	-	-	-	-	
5	C188888-4	Дюбель фасадний тарільчастий пластиковий 10x160 мм	шт	808	<u>4,49</u> -	-	3627,92	-	-	-	-	

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	C111-1784-1	Сітка штукатурна скловолокниста	м2	115	<u>11,62</u>	-	1336,3	-	-	-	-
7	C111-829-1	Профіль цокольний металевий	м	3,3	<u>14,24</u>	-	46,99	-	-	-	-
8	C188888-8	Дюбель-шуруп монтажний 6x40 мм	шт	11	<u>1,23</u>	-	13,53	-	-	-	-
9	C1550-22	Фарба ґрунтуоча Ceresit СТ 16 для підготовки основ під декоративні тонкошарові штукатурки та фарби	кг	17	<u>36,73</u>	-	624,41	-	-	-	-
10	C1550-18	Штукатурка декоративна акрилова Ceresit СТ 64, зерно 2,0 мм	кг	270	<u>39,19</u>	-	10581,3	-	-	-	-
11	C1550-30	Фарба акрилова Ceresit СТ 42	кг	50,2	<u>112,59</u>	-	5652,02	-	-	-	-
12	C111-1604	Папір шліфувальний	м2	9,2	<u>173,68</u>	-	1597,86	-	-	-	-
Разом прями витрати по кошторису							90374,83	27150,21	-	-	<u>479,94</u>
Разом будівельні роботи, грн.							90374,83				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							63224,62				
всього заробітна плата, грн.							27150,21				
Загальновиробничі витрати, грн.							11612,53				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							42,23				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							3440,44				
Всього будівельні роботи, грн.							101987,36				

Всього по кошторису							101987,36				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							522,17				
Кошторисна заробітна плата, грн.							30590,65				

Таблиця 3.2 – Розрахунок кошторисної вартості в прямих витратах на монтаж ФС “Scanroc”

№	Шифр норми	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
						в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	Всього	заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН15-79-2	Улаштування систем вентиляованих фасадів “Scanroc” з облицюванням фасадною керамічною плиткою з риштувань	100 м2	1	<u>13749,58</u> 13386,25	<u>328,11</u> 237,05	13749,58	13386,25	<u>328,11</u> 237,05	<u>247,0700</u> 5,0283	<u>247,07</u> 5,03
2	C1555-113	Плита теплоізоляційна мінераловатна, товщина 100 мм	м2	105	<u>254,28</u> -	- -	26699,4	-	- -	- -	- -
3	C118-43	Кронштейн фасадний 100x60 мм	шт	316	<u>33,63</u> -	- -	10627,08	-	- -	- -	- -
4	C188888-4	Дюбель-анкер монтажний 12x80 мм	шт	316	<u>3,89</u> -	- -	1229,24	-	- -	- -	- -
5	C118-68	Шайба плоска M12	шт	316	<u>18,31</u> -	- -	5785,96	-	- -	- -	- -

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	C1551-34	Профіль несівний сталевий оцинкований 4,5 мм	м	222	<u>87,50</u>	-	19425	-	-	-	-
7	C1551-35	Профіль монтажний сталевий оцинкований 0,7 мм	м	401	<u>94,23</u>	-	37786,23	-	-	-	-
8	C111-1727	Плитки фасадні керамічні 600x100 мм	м2	106	<u>337,61</u>	-	35786,66	-	-	-	-
9	C188888-8	Гвинт самонарізний 6,3x19 мм	шт	400	<u>1,29</u>	-	516	-	-	-	-
10	C188888-8	Гвинт самонарізний 4,8x13 мм	шт	400	<u>1,13</u>	-	452	-	-	-	-
Разом прями витрати по кошторису							152057,15	13386,25	<u>328,11</u> 237,05		<u>247,07</u> 5,03
Разом будівельні роботи, грн.							152057,15				
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							138342,79				
всього заробітна плата, грн.							13623,3				
Загальновиробничі витрати, грн.							5950,92				
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.							22,18				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							1807,16				
Всього будівельні роботи, грн.							158008,07				

Всього по кошторису							158008,07				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							274,28				
Кошторисна заробітна плата, грн.							15430,46				

Таблиця 3.3 – Розрахунок кошторисної вартості в прямих витратах на монтаж ФС “Sarayu Cotta”

№	Шифр норми	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.	
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин	
						в тому числі заробітної плати			в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
					заробітної плати	в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ЕН15-80-2	Улаштування систем вентиляованих фасадів "Sarayu Cotta" з облицюванням композитними алюмінієвими панелями з риштувань	100 м2	1	<u>12225,89</u> 12150,50	-	12225,89	12150,5	-	<u>231,1300</u>	<u>231,13</u>
2	C1555-113	Плита теплоізоляційна мінераловатна, товщина 100 мм	м2	105	<u>254,28</u>	-	26699,4	-	-	-	-
3	C188888-4	Дюбель фасадний тарільчастий пластиковий 10x150 мм	шт	875	<u>4,91</u>	-	4296,25	-	-	-	-
4	C118-43	Кронштейн фасадний 120x80 мм	шт	400	<u>46,75</u>	-	18700	-	-	-	-

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	C118-54	Прокладка паронітова	шт	400	<u>11,86</u>	-	4744	-	-	-	-
6	C188888-4	Дюбель-анкер монтажний 12x100 мм	шт	800	<u>4,70</u>	-	3760	-	-	-	-
7	C1551-34	Профіль напрямний сталевий оцинкований 3,2 мм	м	222	<u>75,68</u>	-	16800,96	-	-	-	-
8	C188888-8	Гвинт самонарізний 4,2x20 мм	шт	4000	<u>1,85</u>	-	7400	-	-	-	-
9	C121-261	Панель композитна алюмінієва 600x250 мм з полімерним кольоровим покриттям	м2	118	<u>951,24</u>	-	112246,32	-	-	-	-
Разом прями витрати по кошторису							206872,82	12150,5	-	-	<u>231,13</u>
Разом будівельні роботи, грн.							206872,82				-
в тому числі:											
вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.							194722,32				
всього заробітна плата, грн.							12150,5				
Загальновиробничі витрати, грн.							5376,73				
трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год.							20,34				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.							1656,85				
Всього будівельні роботи, грн.							212249,55				

Всього по кошторису							212249,55				
Кошторисна трудомісткість, люд.год.							251,47				
Кошторисна заробітна плата, грн.							13807,35				

$$T = \frac{Q}{N \cdot n \cdot s}, \quad (3.1)$$

де Q – кошторисна трудомісткість монтажу ФС, люд-год;

N – кількість бригад, що приймають участь монтажі ФС;

s – кількість змін роботи за добу;

n – кількість людей в бригаді.

Приймаємо, що роботи на об'єкті ведуться в 1 зміну двома бригадами робочих. В результаті, тривалість робіт з монтажу ФС за технологією “Ceresit” складає 29 днів, “вентильованого” фасаду з опорядженням декоративними плитками “Scanroc” – 15 днів, системи НВФ “Saray Cotta” – 11 днів. Оскільки, інформаційна модель формування техніко-економічного обґрунтування має набути вигляду структури підтримки прийняття рішення з вибору оптимального варіанту ФС, підсумкові розрахункові показники представлено у вигляді стовпчастої гістограми на рисунку 3.9.

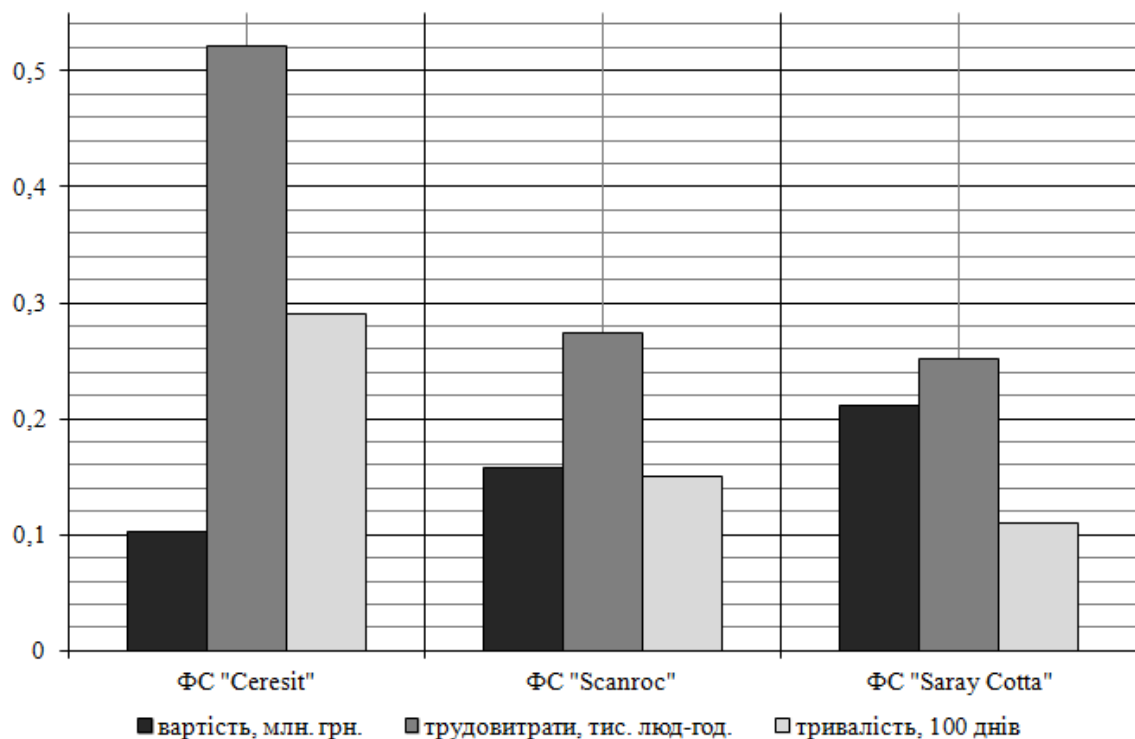


Рисунок 3.9 – Гістограма зведених показників монтажу ФС “Ceresit”, НВФ “Scanroc” та НВФ “Saray Cotta”

Аналіз отриманих результатів показав, що в розрахунку на 100 м² фасаду найбільший показник трудомісткості та тривалості виконання БМР спостерігається при реалізації ФС “Ceresit”, який в 2,6 разів більший у порівнянні із значеннями НФВ. Визначена тенденція пояснюється технологічними аспектами влаштування фасаду “мокрого” типу, зокрема витратами часу на приготування сумішей та витримуванням технічних перерв на висихання клейових, штукатурних шарів та фасадної фарби. У зв’язку з цим, виробіток на добу при монтажі ФС “Ceresit” низький внаслідок незначної площі покриття базової стіни фасаду за один технологічний прийом. Найбільший показник вартості монтажу характеризує ФС “Saray Cotta”, який на 48% більше економічних показників штукатурного фасаду, проте тривалість фасадних робіт із застосування зазначеної ФС найменша, що пояснюється відсутністю «мокрих» видів робіт та великою площею композитних алюмінієвих панелей, завдяки чому збільшується добовий виробіток в розрізі БМР. Показники ФС “Scanroc” здебільшого наближені до характеристик ФС “Saray Cotta” та загалом мають середні значення, однак тривалість робіт із зовнішнього опорядження більше на 36 % тривалості реалізації останньої.

Окрім цього, слід брати до уваги конструктивні характеристики кожної ФС, які кардинально змінюють аналітичну картину отриманих показників. Оскільки ПС “Юність” не являє собою архітектурну пам’ятку культурної спадщини та не знаходиться в історичній частині міста, застосування ФС “Ceresit” та НФВ “Scanroc” недоцільно, внаслідок відсутності у потребі значної архітектурної виразності фасадів вихідного об’єкта будівництва або стилістичної адаптації до фасадів прилеглих будівель і споруд. Між тим, слід враховувати кліматичні та екологічні характеристики м. Запоріжжя, в якому розташований ПС “Юність”, та їх вплив на конструктивні елементи ФС. Виникає великий ризик руйнування лицьової поверхні фасадних плит НФВ “Scanroc”, що будуть перебувати під дією атмосферних чинників, перш за все, навіперемінного заморожування і наступного відтаювання вологи, що накопичуються у порах і капілярах плитки; забруднення пиловими бурями та

загазованістю міського повітря декоративного покриття штукатурного фасаду, що призведе до швидкої втрати кольорового забарвлення фасадних стін. Зволоження зовнішніх стін відбувається як із середини внаслідок міграції пари від тепла до холоду і наступної її конденсації, так і ззовні від дощу та снігу. Під дією морозів вода у великих порах замерзає, а як відомо, перетворення води на лід супроводжується збільшенням об'єму на 9%, що спричиняє до виникнення значного тиску на стінки пор. При цьому у фасадному матеріалі з'являються внутрішні напруження які призводять до його руйнування. В той же час, агресивні гази і хімічні реактиви разом з вологою утворюють легкокорозивні солі і обумовлюють кристалізацію нових речовин, які, як правило, мають більший об'єм. Це призводить до механічного руйнування пор і капілярів штукатурних фасадів.

Виходячи з цього, вважаємо застосування штукатурного фасаду "Ceresit" та ФС "Scanroc" недоцільним, відаючи перевагу НВФ "Saray Cotta" за рахунок високої експлуатаційної ефективності фасадів із застосуванням композитних алюмінієвих панелей. Таким чином, конструктивні рішення ФС "Saray Cotta" при опорядженні фасадів ПС "Юність" в м. Запоріжжі обґрунтовано.

ВИСНОВКИ

В даний час одним з актуальних проблем будівництва в Україні є питання оздоблення зовнішніх огорожувальних конструкцій що зводяться, так і існуючих будівель та споруд. Фасади найбільшою мірою схильні до впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища: вітрам, дії термічних і механічних навантажень, атмосферних опадів, ультрафіолетового опромінення, які призводять до корозії поверхонь стін, втрати архітектурної виразності і експлуатаційної стійкості конструкції, зниження її теплофізичних показників.

Правильний вибір фасадних матеріалів, при коректних проектних рішеннях і грамотної реалізації ФС, фасади будуть довговічними, зберігати свої властивості, навіть незважаючи на форс-мажори. З іншого боку, порушення технологій монтажу та використання на фасадах неякісних матеріалів (або матеріалів, не призначених для роботи в умовах інтенсивних атмосферних впливів), а також тип матеріалу базових стін або заповнень призводять до виникнення дефектів і пошкодження лицьових шарів.

Актуальним, на нашу думку, залишаються проблеми якості монтажу ФС: етапи проектування, вибір матеріалів, якість будівельно-монтажних робіт. Теоретичний огляд наукових джерел констатує слабкість нормативної бази практично у всіх основних сегментах фасадного ринку. Необхідно підкреслити і відсутність цілісної системи позабюджетного фінансування підготовки нормативних документів в розрізі проектування ФС. Особливу увагу треба звернути на роль контрафактної продукції, яка не тільки підриває довіру до світових брендів, а й найчастіше стає причиною руйнування каркасі ФС або будівельних конструкцій загалом.

Сучасна будівельна індустрія одночасно зі створенням технічно складних конструкцій ФС та цікавих дизайнерських рішень, бере вектор до необхідності максимально задовольняти потреби клієнтів не тільки з утилітарної боку, а й з економічної. Таким чином, для подальшого розвитку ринку ФС необхідні експериментальні дослідження нових конструкцій і матеріалів за єдиною

загальногалузевий методикою, розробка базових теоретико-методологічних засад, формування пакетів нормативних документів щодо вимог до виготовлення і монтажу облицювальних, конструктивних матеріалів та експлуатації ФС, методів їх розрахунку і проектування. Насамперед, скорочення загальної вартості фасаду і капітальних витрат при його подальшій експлуатації досягається завдяки оптимізації процесу проектування на стадії вибору типу ФС.

Аналіз результатів техніко-економічного розрахунку показав, що найбільший показник трудомісткості та тривалості виконання БМР спостерігається при реалізації ФС “Ceresit”, який в 2,6 разів більший у порівнянні із значеннями НФВ. Визначена тенденція пояснюється технологічними аспектами влаштування фасаду “мокрого” типу, зокрема витратами часу на приготування сумішей та витримуванням технічних перерв на висихання клейових, штукатурних шарів та фасадної фарби. У зв’язку з цим, виробіток на добу при монтажі ФС “Ceresit” низький внаслідок незначної площі покриття базової стіни фасаду за один технологічний прийом. Найбільший показник вартості монтажу характеризує ФС “Saray Cotta”, який на 48% більше економічних показників штукатурного фасаду, проте тривалість фасадних робіт із застосування зазначеної ФС найменша, що пояснюється відсутністю «мокрих» видів робіт та великою площею композитних алюмінієвих панелей, завдяки чому збільшується добовий виробіток в розрізі БМР. Показники ФС “Scanroc” здебільшого наближені до характеристик ФС “Saray Cotta” та загалом мають середні значення, однак тривалість робіт із зовнішнього опорядження більше на 36 % тривалості реалізації останньої. Оскільки ПС “Юність” не являє собою архітектурну пам’ятку культурної спадщини та не знаходиться в історичній частині міста, застосування ФС “Ceresit” та НФВ “Scanroc” недоцільно, внаслідок відсутності у потребі значної архітектурної виразності фасадів вихідного об’єкта будівництва або стилістичної адаптації до фасадів прилеглих будівель і споруд. Між тим, слід враховувати кліматичні та екологічних характеристики м. Запоріжжя, в якому

розташований ПС “Юність”, та їх вплив на конструктивні елементи ФС. Виникає великий ризик руйнування лицьової поверхні фасадних плит НВФ “Scanroc”, що будуть перебувати під дією атмосферних чинників, перш за все, наперемінного заморожування і наступного відтаювання вологи, що накопичуються у порах і капілярах плитки; забруднення пиловими бурями та загазованістю міського повітря декоративного покриття штукатурного фасаду, що призведе до швидкої втрати кольорового забарвлення фасадних стін. Під дією морозів вода у великих порах замерзає, а як відомо, перетворення води на лід супроводжується збільшенням об’єму на 9%, що спричиняє до виникнення значного тиску на стінки пор. При цьому у фасадному матеріалі з’являються внутрішні напруження які призводять до його руйнування. В той же час, агресивні гази і хімічні реактиви разом з вологою утворюють легкокорозивні солі і обумовлюють кристалізацію нових речовин, які, як правило, мають більший об’єм. Це призводить до механічного руйнування пор і капілярів штукатурних фасадів.

Виходячи з цього, вважаємо застосування штукатурного фасаду “Ceresit” та ФС “Scanroc” недоцільним, відаючи перевагу НВФ “Saray Cotta” за рахунок високої експлуатаційної ефективності фасадів із застосуванням композитних алюмінієвих панелей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Абелешов В. І. Дослідження деяких аспектів підвищення ефективності конструкцій фасадів будівель. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2013. № 11. С. 18-23.
2. Анализ существующих систем теплоизоляционной отделки фасадов / К. С. Собинова та ін. *Вісник ПДАБА*. 2013. № 1-2. С. 59-64.
3. Herzog T., Krippner R., Lang W. *Facade construction manual*. Munich, 2012. 342 p.
4. Фасадные системы: “Прочность, польза, красота” / А. Д. Жуков та ін. *Вестник МГСУ*. 2015. № 10. С. 201-209.
5. Дагіль В. Г., Хаткова Л. В. Пожежна безпека термомодернізації будівель за допомогою фасадних систем. *Збірник наукових праць ХУПС*. 2014. Вип. 4. С. 118-120.
6. Васильченко Г. М. Натурні дослідження теплофізичних характеристик зовнішніх стін з вентильованими фасадними системами. *Сучасне промислове та цивільне будівництво*. 2013. № 4, т. 9. С. 203-211.
7. Composite materials for next generation building facade systems / Nguyen Q. T. et al. *Civil Engineering and Architecture*. 2013. №. 3, vol. 1. P. 88-95.
8. Mohaney P., Soni E. G. Aluminium composite panel as a facade material. *International journal of engineering trends and technology (IJETT)*. 2018. Vol. 55, part 2. P. 75-80.
9. Мешалкин Е. А. Фасадные системы: тенденции применения и пожарная безопасность. *Пожарная безопасность зданий, сооружений, объектов*. 2007. № 2, т. 16. С. 12-18.
10. Современные фасадные системы : учеб. пособ. / А. И. Менейлюк и др. Одесса, 2008. 340 с.
11. Колесова Е. Н. Навесной вентилируемый фасад: классификация элементов, входящих в его состав, и проблемы, связанные с проектированием

воздушного зазора. *Вестник ПНИПУ. Сер. : Строительство и архитектура*. 2016. № 2, т. 7. С. 22-28.

12. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Київ, 2016. 26 с. (Державні будівельні норми).

13. Современные тенденции проектирования зданий с применением облицовочных фасадных материалов / В. Б. Александров та ін. *Молодой исследователь Дона*. 2017. № 3 (6). С. 35-36.

14. Циганенко Л. А., Жолобка А. І. Дослідження роботи несучих елементів навісної фасадної системи. *Вісник СНАУ. Сер. : Будівництво*. 2015. Вип. 10. С. 61-64.

15. Розробка концепції проекту утеплення фасадів багатопверхового житлового будинку / О. І. Менейлюк та ін. *Будівельне виробництво*. 2016. № 16, т. 1. С. 36-43.

16. Експериментальні дослідження температурних деформацій теплоізоляційних матеріалів фасадних систем з штукатурним шаром / О. Б. Борисенко та ін. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2013. Вип. 25. С. 21-26.

17. Façade Design Stages: Issues and Considerations / Moghtadernejad S. et al. *Journal of Architectural Engineering*. 2019. №. 1, vol. 25. P. 04018033.

18. Multi-criteria selection of façade systems based on sustainability criteria / Nadoushani Z. S. M. et al. *Building and Environment*. 2017. Issue 121. P. 67-78.

19. Менейлюк А. И., Гладыщук А. А. Оптимизация технологии устройства стыков облицовочных панелей при устройстве вентилируемых фасадов. *Комунальне господарство міст. Сер. : Технічні науки та архітектура*. 2015. Вип. 121. С. 34-37.

20. Радкевич А. В., Нетеса К. Н. Проблематика современных фасадных систем многоэтажных жилых зданий. *Вісник ОДАБА*. 2016. Вип. 61. С. 358-364.

21. Сучасні теплоізолюючі фасадні системи / Е. А. Бакулін та ін. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2012. Вип. 7. С. 12-16.

22. Modeling and simulation of a double-skin facade system / Hensen J. et al. *ASHRAE transactions*. 2002. №. 2. vol. 108. P. 1251-1259.
23. Скокова А. О. Ремонт фасадної теплоізоляції будинків із опорядженням тонкошаровою штукатуркою: стан питання в будівельному виробництві України. *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2015. Вип. 30. С. 415-422.
24. Яким Р. Я., Ужегова О. А. Технологія облаштування фасадів будинків навісними фасадними системами з вентиляцією. *Містобудування та територіальне планування*. 2011. Вип. 40(2). С. 581-588.
25. Leśniak A., Górka M. Structural Analysis of Factors Influencing the Costs of Facade System Implementation. *Applied Sciences*. 2020. №. 17, vol. 10. P. 1-15.
26. Самойлович В. В. Оцінка і вибір опоряджувальних матеріалів для реставрації фасадів пам'яток архітектури. *Сучасні проблеми архітектури та містобудування*. 2017. Вип. 49. С. 355-362.
27. Кузнецов С. Г., Лозинская В. А. Использование фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором при реконструкции зданий. *Містобудування та територіальне планування*. 2011. Вип. 40(1). С. 554-561.
28. Вдосконалення технічних рішень збірних систем фасадних теплоізоляційних, опоряджених цеглою / О. В. Сергейчук та ін. *Містобудування та територіальне планування*. 2010. Вип. 36. С. 406-412.
29. Удосконалення технологічних процесів стикування у фасадних теплоізоляційних системах / В. В. Афанасьев та ін. *Управління розвитком складних систем*. 2017. Вип. 30. С. 180-186.
30. Thermal analysis of a ventilated facade with PCM for cooling applications / Gracia A. et al. *Energy and Buildings*. 2013. Issue 65. P. 508-515.
31. Меньлюк И. А. Стратегия выбора технологических решений при устройстве вентилируемого фасада. *Нові технології в будівництві*. 2014. № 27-28. С. 41-44.
32. Чебишев М. В. Інновації і пристрої вентиляованого фасаду. *Прикладна геометрія та інженерна графіка*. 2013. Вип. 91. С. 488-492.

33. Towards productivity indicators for performance-based façade design in commercial buildings / Jin Q. et al. *Building and Environment*. 2012. Issue 57. P. 271-281.

34. Pantazis E., Gerber D. A framework for generating and evaluating facade designs using a multi-agent system approach. *International Journal of Architectural Computing*. 2018. №. 4, vol. 16. P. 248-270.

35. Моделювання процесів повітрообміну у вентиляованих фасадах / В. І. Дешко та ін. *Будівельні конструкції*. 2013. Вип. 77. С. 208-212.

36. Дослідження експлуатаційної ефективності систем зовнішньої теплоізоляції фасадів / І. М. Бабій та ін. *Вісник ПДАБА*. 2019. № 4. С. 10-15.

37. Аналіз розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи залежно від температури та вологості зовнішнього повітря / В. В. Чернявський, та ін. *Збірник наукових праць ПНТУ ім. Ю. Кондратюка. Сер. : Галузеве машинобудування, будівництво*. 2010. Вип. 2. С. 147-151.

38. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. [Чинний від 2018-12-01]. Київ, 2018. 19 с. (Державні будівельні норми).

39. Бабій І. М., Камінська-Пінаєва А. І. Оптимізація проекту утеплення будинку системою вентиляований фасад на основі експериментально-статистичного моделювання. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2016. № 2. С. 21-28.

40. Яменко О. Б., Стоян О. В. Особливості декоративного оздоблення і фарбування фасадів будівель водно-дисперсійними матеріалами в осінньо-зимовий період. *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка*. 2012. Вип. 46. С. 98-102.

41. ДБН А.3.1-5-2016. Організація будівельного виробництва. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 51 с. (Державні будівельні норми).

42. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. [Чинний від 2012-04-01]. Київ, 2009. 116 с. (Державні будівельні норми).

43. ДСТУ-Н Б Д.2.2-48:2012. Вказівки щодо застосування ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2012. 10 с. (Державний стандарт України).

44. ДСТУ Б Д.2.2-15:2012. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 15. Оздоблювальні роботи. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2013. 191 с. (Державний стандарт України).