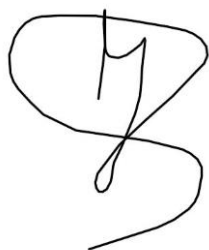


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»



**НЕТЕСА КОСТЯНТИН МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 692.232.4

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ  
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ВЛАШТУВАННЯ  
ФАСАДНИХ СИСТЕМ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**

05.23.08 – технологія та організація промислового  
та цивільного будівництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпро – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Радкевич Анатолій Валентинович**,  
Дніпровський національний університет залізничного  
транспорту імені академіка В. Лазаряна, проректор з  
навчально-наукової, економічної роботи,  
перспективного та інноваційного розвитку.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Осипов Олександр Федорович**, Київський національний університет будівництва і архітектури, професор кафедри будівельних технологій;

кандидат технічних наук, доцент **Полтавець Марина Олександрівна**, Запорізький національний університет, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва.

Захист відбудеться 05 травня 2021 р. о 11<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.085.01 при Державному вищому навчальному закладі «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою: 49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а) та на сайті <https://pgasa.dp.ua/dissertation/>

Автореферат розісланий 2 квітня 2021р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



С.В. Шатов

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Статистичним аналізом встановлено, що в Україні широко застосовуються фасадні системи різних типів. Вони розрізняються за видом утеплювача, зовнішнім виглядом, типами матеріалів та послідовністю виконання робіт при влаштуванні. При цьому довговічність у них також різна, проте в будь-якому випадку нижча за рекомендований термін експлуатації житлових та громадських будівель, що складає 100 років.

Оскільки фасадна система виконує, в першу чергу, огорожувальні функції для будівлі, захищаючи конструкції та внутрішній простір від впливу зовнішніх факторів, виникає необхідність забезпечення довговічності і надійності її ізоляційних елементів для чинення опору кліматичним та силовим впливам. Важливою задачею є врахування зміни властивостей фасадної системи з пливом часу, а також за умови зміни кліматичних факторів відповідного регіону.

Згідно стратегії впровадження енергозбереження в усі сфери людської діяльності, вкрай важливою залишається задача підвищення енергоефективності при спорудженні нових будівель і споруд. Проте більшість будівель, побудованих в Україні протягом 70-80-х років ХХ сторіччя, не відповідають сучасним вимогам нормативної документації України щодо енергоефективності. Тому задача капітального ремонту одночасно з відновленням та покращенням теплоізоляційних властивостей також є актуальною.

На сьогодні актуальною невирішеною проблемою залишається удосконалення та раціоналізація організаційно-технологічного регламенту експлуатації фасадної системи та періодичності виконання капітальних ремонтів для максимальної ефективності використання ресурсу відповідних елементів.

Важливим завданням залишається прогнозування регламенту експлуатації фасадної системи в області вибору раціонального періоду виконання ремонтних робіт, а також конкретної пори року для усіх операцій. У випадку раціонального проектування регламенту експлуатації фасадної системи вважається перспективним винесення періодів капітального ремонту фасадної системи в період найменшої завантаженості будівлі, коли обмеження доступу клієнтів до будівлі та інші складнощі не здійснюють значного впливу на економічну ефективність експлуатації приміщень.

За умови комплексного підходу до проектування організаційно-технологічного регламенту експлуатації та ремонту фасадної системи прогнозується більш ефективне використання ізоляційних елементів фасадної системи, що призведе до більш повного випрацювання їх ресурсу без зниження ефективності роботи, раціональної періодичності заміни під час ремонтів і, як наслідок, оптимізації витрат матеріально-технічних ресурсів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконувалась відповідно до Концепції сталого розвитку населених пунктів, затвердженої постановою Верховної Ради України від 24.12.1999 р. № 1359-XIV, Державної цільової соціально-економічної програми будівництва

доступного житла на 2010-2017 роки, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 11.11.2009 р. № 1249, Державної програми забезпечення молоді житлом на 2013-2020 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 24.10.2012 р. № 967.

Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямком наукової діяльності кафедри будівельного виробництва та геодезії Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, відповідно до науково-дослідної роботи «Наукове обґрунтування інноваційних технологій відновлення об'єктів транспортної інфраструктури України» (державний реєстраційний № 0119U001139, рівень участі здобувача – виконавець).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є вдосконалення і визначення раціональних організаційно-технологічних рішень влаштування фасадних систем багатоповерхових цивільних будівель.

Для досягнення мети роботи поставлені такі завдання дослідження:

- провести аналіз, узагальнення і оцінювання стану організаційно-технологічних рішень влаштування та експлуатації фасадних систем багатоповерхових будівель, визначення шляхів їх удосконалення;
- експериментально дослідити інноваційні фасадні системи, визначити найбільш ефективні з них за технологічністю, трудомісткістю та вартістю;
- виявити і дослідити чинники, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість та вартість влаштування і експлуатації фасадної системи;
- розробити наукові рекомендації щодо методики вибору раціональної фасадної системи багатоповерхової будівлі;
- обґрунтувати науково-технічну та економічну доцільність використання запропонованих організаційно-технологічних рішень із удосконалення процесів вибору, влаштування, експлуатації та ремонту фасадних систем багатоповерхових будівель.

**Об'єкт дослідження** – організаційно-технологічні процеси влаштування, експлуатації та капітальних ремонтів фасадних систем багатоповерхових будівель.

**Предмет дослідження** – організаційно-технологічні параметри влаштування, експлуатації та ремонтів фасадних систем багатоповерхових будівель.

**Методи дослідження:**

- методи системного аналізу, абстрагування, формалізація, аналіз та синтез (для формування передумов, обмежень, припущень і гіпотез, прийнятих при розробленні методів та методик);
- методи експертних оцінок, метод хронометражу (для відбору факторів, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість та вартість експлуатації сучасних фасадних систем багатоповерхових житлових та громадських будівель);
- методи теорії ймовірностей і математичної статистики, кореляційний та регресійний аналіз (для перевірки узгодженості думок експертів; для відбору, оброблення і аналізу вихідних даних, виявлення закономірностей впливу

визначальних факторів на досліджувані показники, обґрунтування достовірності отриманих результатів);

- методи організаційно-технологічного моделювання, теорія прийняття рішень (для розроблення методики вибору раціональної фасадної системи багатоповерхових житлових та громадських будівель).

#### **Наукова новизна отриманих результатів:**

*вперше:*

- розроблено аналітичну модель та алгоритм ранжування і оцінювання факторів, які впливають на вибір раціональної фасадної системи багатоповерхових будівель;

- визначено вплив раціонально підбраної періодичності поточних ремонтів та тривалості міжремонтних періодів на вартість та трудомісткість процесів улаштування та експлуатації фасадних систем, у тому числі при виконанні капітального ремонту;

- виявлені залежності трудомісткості та вартості процесів експлуатації сучасних фасадних систем житлових та громадських будівель від виду фасадної системи;

*вдосконалено:*

- систему організаційно-технологічного моделювання процесів експлуатації сучасних фасадних систем житлових та громадських будівель із цілочисельним нормуванням окремих робіт при влаштуванні, експлуатації, виконанні періодичних та поточних ремонтів;

*дістало подальший розвиток:*

- технологічний процес експлуатації сучасних фасадних систем житлових та громадських будівель, зокрема процеси влаштування, експлуатації, проектування міжремонтних періодів та виконання поточних ремонтів.

#### **Практичне значення отриманих результатів:**

- запропоновані залежності трудомісткості та вартості експлуатації фасадних систем дозволяють скоротити тривалість ремонтного періоду, знизити трудомісткість технологічного процесу, підвищити якість при зменшенні вартості робіт;

- запропонована методика вибору найбільш раціональної фасадної системи для конкретної багатоповерхової будівлі надає можливість проектним та підрядним організаціям використовувати отримані результати при формуванні технологічного регламенту експлуатації фасадної системи житлових та громадських будівель;

- результати використані в навчальному процесі Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна при викладанні дисциплін: «Зведення будівель і споруд», «Організація будівельного виробництва», «Технологія будівельного виробництва» та при дипломному проектуванні.

**Особистий внесок здобувача** в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в:

- аналізі, узагальненні і оцінюванні стану організаційно-технологічних рішень експлуатації фасадних систем, визначенні шляхів їх удосконалення,

виявленні перспективних напрямків оптимізації процесу поточних ремонтів [1, 8, 9];

- порівнянні традиційних технологій монтажу та ремонту фасадних систем, визначенні найбільш ефективних із них за технологічністю, трудомісткістю і вартістю [3, 5, 6];

- виявленні, відбиранні та систематизації чинників, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість і вартість експлуатації фасадних систем багатоповерхових будівель та споруд [2, 4];

- розробленні методики вибору раціональної фасадної системи з урахуванням особливостей конкретного проекту [2, 10];

- обґрунтуванні науково-технічної та економічної доцільності використання запропонованих організаційно-технологічних рішень з удосконалення експлуатації фасадних систем багатоповерхових громадських та житлових будівель [2, 7, 10].

**Апробація матеріалів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали позитивні оцінки на міжнародних науково-практичних конференціях: 74-тій Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпро, 15-16 травня 2014 р.), IV-ій міжнародній науково-технічній конференції «Ефективні технології у будівництві» (м. Київ, 27-28 березня 2016 р.), Міжнародній конференції «Експлуатація та реконструкція будівель і споруд» (м. Одеса, 21-23 вересня 2015 р.); Міжвузівській науково-практичній конференції молодих учених «Наука і техніка: перспективи XXI століття» (м. Дніпро, 1 грудня 2015 р.); розширених засіданнях кафедри будівельного виробництва та геодезії, на наукових семінарах для викладачів, співробітників, аспірантів і студентів Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (2014-2020 рр.).

**Публікації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 10 наукових працях, у тому числі у 6 статтях у наукових фахових виданнях України, з яких 2 – у виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus, та 4 тезах доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків. Повний обсяг роботи – 163 сторінки, у тому числі обсяг основного тексту – 110 сторінок. Дисертація містить 30 рисунків та 15 таблиць, додатки на 16 сторінках. Список використаних джерел містить 179 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, розкрито сутність науково-прикладного завдання, сформульовано мету і завдання дослідження, наведено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, зазначено особистий внесок автора в наукових працях, опублікованих у співавторстві, представлено інформацію щодо апробації матеріалів дисертації та публікацій.

В першому розділі виконано аналіз проблем, пов'язаних із процесом улаштування та експлуатації сучасних фасадних систем, та шляхів їх вирішення. Визначено переваги та недоліки систем «мокрих» та вентилятованих фасадів. Проаналізовано основні причини відмов складових фасадних систем

Визначення організаційно-технологічної надійності фасадних систем, досвід проектування і експлуатації цивільних будівель, який був врахований при створенні Єврокодів, дозволяє всебічно визначити надійність фасадних систем різних типів. Шляхом дослідження моделі впливу чинників, що викликають відмови фасадів, і визначення їх впливу на загальну надійність фасадної системи можливо визначити точні терміни проведення необхідних ремонтних або відновлювальних робіт та відповідно знизити витрати на експлуатацію будівель. При цьому при дослідженні надійності фасадних систем необхідно визначити параметри застосовуваних для улаштування фасадів матеріалів, які першими руйнуються від впливу зовнішніх чинників. Це дозволить при подальшому розвитку технологій улаштування фасадних систем удосконалити застосовувані будівельні матеріали і підвищити безремонтний період експлуатації фасадних систем.

Постановку проблеми і завдань досліджень значною мірою полегшили широко відомі роботи в області технології, організації і механізації будівельного виробництва праці таких учених: Г. Г. Фаренюка, О. В. Александрова, П. В. Монастир'ова, С. В. Алехіна, В. Г. Сохи, О. І. Менеїлюка, В. В. Савйовського, О. М. Лівінського, В. Т. Шаленного, А. О. Скокової, М. В. Друкованого, К. Б. Дікарева, М. Н. Джалалова, Є. К. Карапузова.

З аналізу літературних джерел виходить, що важливим завданням на сьогодні є підвищення ефективності влаштування та експлуатації фасадних систем шляхом порівняння різних систем за тривалістю міжремонтних періодів та термінами виконання обслуговуючих робіт. Крім того, відсутні економічно обгрунтовані методи врахування таких важливих чинників, як можливість підвищення енергоефективності шляхом заміни зношених матеріалів при максимальному збереженні інших складових фасадної системи.

Необхідно вдосконалювати процес вибору ефективної фасадної системи, зробивши можливим об'єктивне та всебічне порівняння факторів. При цьому отримана методика має бути максимально ефективною, адаптованою до будь-яких типів будівель, видів фасадних систем, різноманіття проектів тощо. Важливою є можливість застосування цієї методики не тільки для нового будівництва, але і для реконструкції та капітальних ремонтів будівель і споруд.

У другому розділі визначені організаційно-технологічні параметри влаштування та експлуатації фасадних систем.

Регламентовані чинними нормативними документами заходи щодо контролю якості улаштування та експлуатації фасадних систем можна умовно поділити на три групи:

1. Вхідний контроль матеріалів. Контролюється відповідність матеріалів та виробів чинним стандартам та проекту. При цьому особлива увага приділяється контролю цілої низки технологічних та фізичних властивостей матеріалів.

Перевірка виконується на будівельному майданчику (при приймальному контролі, шляхом співставлення сертифікатів, марок, класів матеріалів проекту) та в спеціалізованих лабораторіях (шляхом відбору зразків (проб) та їх контролю в спеціалізованих умовах та на спеціалізованому обладнанні, в тому числі і руйнівними методами);

2. Поточний контроль якості під час виконання будівельних (опоряджувальних) робіт. Виконується безпосередньо на будівельному майданчику під час улаштування фасадних систем. Ретельно контролюється послідовність та якість виконання робочих операцій на відповідність проекту, вимогам чинних нормативних документів, а також технологічним регламентам виробників відповідної фасадної системи;

3. Періодичний контроль під час експлуатації фасадної системи. Згідно нормативних документів є обов'язковим та виконується протягом усього гарантійного часу експлуатації фасадної системи. Періодичність приймається згідно з відповідними регламентами, роботу виконують представники організації-постачальника матеріалів.

Проте існуюча методика має значну кількість недоліків. Так, для теплоізоляційних матеріалів перевіряється термін ефективної експлуатації матеріалу теплоізоляційного шару, який має складати не менше 25 умовних років. Проте навіть за умови якісного матеріалу певні силові та несилові впливи під час монтажу та подальшій експлуатації фасадної системи можуть призвести до значного скорочення як часу експлуатації утеплювача, так і його фізичних властивостей. При цьому в чинних нормативних документах відсутня вимога щодо перевірки кожної складової фасадної системи – несучих елементів, ізоляційних матеріалів та виробів, у тому числі утеплювача, огорожувальних елементів – під час експлуатації.

Наступним важливим недоліком є значна відмінність гарантійного терміну експлуатації та середнього терміну експлуатації. Наприклад, згідно з діючими нормативними документами, гарантійний термін експлуатації фасадної системи з вентиляльованим прошарком та опорядженням індустриальними елементами складає 5,5 років. При цьому середній термін експлуатації такої системи заявлений як 50 років із дня введення збірної системи в експлуатацію, а термін ефективної експлуатації матеріалу теплоізоляції заявлений не менше 25 років. Проте відсутні вимоги щодо періодичності перевірки поточного стану утеплювача, вимірювання його реальної теплоізоляції, обчислення енергоефективності та настання умов для заміни утеплювача до закінчення терміну експлуатації фасадної системи. Очевидно, така недосконалість сучасних нормативних документів призводить до зниження загальної енергоефективності будівель та споруд, збільшення витрат енергоносіїв на утримання та експлуатацію житлових та громадських об'єктів. Тому необхідне комплексне удосконалення системи експлуатації фасадів будівель і споруд, з розробленням ефективної методики оцінювання стану кожної складової на будь-якому етапі експлуатації та визначення конкретних умов, при настанні яких слід вживати заходи до ремонту та/або заміни не тільки з метою



забезпечення несучої спроможності, але і заради збереження та підвищення енергоефективності будівель.

У зв'язку з ринковими відносинами в будівельній галузі, проблеми ресурсозбереження переносяться безпосередньо на підприємства, ефективність роботи яких визначається економічною доцільністю. При цьому часто зустрічається ситуація зміни власника об'єкту протягом його експлуатації. В результаті поточний власник не має можливості впливати на вибір фасадної системи і отримує складнощі з енергоефективною її експлуатацією.

Для визначення основних проблем під час утримання та поточних ремонтів сучасних фасадних систем був виконаний аналіз технологічних регламентів сучасних виробників комплексних фасадних систем. Особлива увага приділялась процесам улаштування, експлуатації, діагностики, поточних та капітальних ремонтів.

Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» в статті 1 визначає енергетичну ефективність як властивість будівлі, що характеризується кількістю енергії, необхідної для створення належних умов проживання та/або життєдіяльності людей у такій будівлі. При цьому, відповідно до затвердженої методики визначення енергетичної ефективності будівель, кількісною характеристикою вказується показник енергетичної ефективності - числове значення енергетичної характеристики будівлі, яке використовується для ранжування енергетичної ефективності, вимог до енергетичної ефективності та/або для сертифіката.

Показниками енергетичної ефективності для будівель є:

- питома енергопотреба на опалення, кондиціонування, постачання гарячої води;
- питоме енергоспоживання при опаленні;
- питоме енергоспоживання при кондиціонуванні;
- питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води;
- питоме енергоспоживання систем вентиляції;
- питоме енергоспоживання при освітленні;
- питоме енергоспоживання первинної енергії;
- питоме енергоспоживання викидів парникових газів.

Очевидно, що зменшення кожного з цих показників призводить до покращення енергоефективності будівлі в цілому та заощадження витрат енергоносіїв. Тому надважливою задачею є моніторинг енергоефективності будівлі та пошук шляхів її покращення. Раціональним рішенням є скорочення витрат енергії шляхом підвищення ізоляційних властивостей фасадної системи.

Наступна ситуація, яку вкрай важливо враховувати при виборі та подальшій експлуатації фасадної системи – можлива зміна призначення будівлі, а відповідно і експлуатаційного режиму. Згідно з термінологією розділу 3 ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів», довговічність - властивість об'єкта зберігати працездатний стан до настання граничного стану в умовах наявного технічного обслуговування та ремонту. Розрахунковий термін експлуатації визначається проектною організацією, виходячи з вимог, що містяться у завданні на проектування.

Проте за відсутності таких вимог можливе використання таблиці 2 ДБН В.1.2-14:2018, згідно якої орієнтовний строк експлуатації для житлових та громадських будівель встановлюється 100 років. Очевидно, протягом настільки тривалого часу, особливо для громадських будівель, можлива багаторазова зміна власників будівлі, організацій, що використовують корисну площу, тощо. Ці зміни можуть бути і кардинальними, зі зміною навіть призначення будівлі та експлуатаційного режиму будівлі. Тому фасадна система обов'язково має підбиратись із урахуванням такої можливості, бути гнучкою щодо вибору режиму поточних ремонтів та часу виконання робіт.

Аналіз складу робіт капітального ремонту сучасних фасадних систем необхідно виконувати на основі реальної експлуатації будівель і споруд. Для об'єктивного співставлення проаналізовано 30 закупівель послуг з капітального ремонту фасадних систем в Єдиній системі електронних публічних закупівель ПроЗорро (ProZorro). Вибір саме цієї системи пояснюється складністю отримання об'єктивної інформації для приватних об'єктів, у тому числі через комерційну таємницю процесів експлуатації, а також відсутність детальних технологічно-експлуатаційних регламентів виробників сучасних систем.

На рис. 1 показаний розподіл видів капітальних ремонтів проаналізованих будівель.

Очевидно, вартість виконання ремонтних робіт обов'язково залежить від виду та розміру об'єкту, зокрема від площі ділянки виконання робіт. За однакової поверховості збільшення площі виконання робіт дозволяє заощаджувати на підготовчих та транспортних роботах, а також оптимізувати виконання робіт за рахунок потокового принципу з розбиванням на окремі захватки.

Для об'єктивного порівняння витрат ресурсів при капітальному ремонті різних фасадних систем порівнюємо усереднені витрати праці та вартості за такими параметрами:

- тривалість періоду експлуатації будівлі 100 років;
- вартість улаштування фасадної системи під час спорудження будівлі, а також термін експлуатації від улаштування до першого капітального ремонту не включається в розрахунок;
- тривалість міжремонтного періоду для систем типу «мокрый фасад» з утепленням екструдованим пінополістиролом складає 15 років;
- тривалість міжремонтного періоду для систем типу «мокрый фасад» з утепленням мінеральною ватою складає 20 років;
- тривалість міжремонтного періоду для навісних фасадних систем з вентиляльованим повітряним прошарком, утепленням мінеральною ватою та оздобленням керамогранітними плитками складає 30 років;
- тривалість міжремонтного періоду для скляних фасадних систем складає 40 років.

Для зручності порівняння трудомісткості та вартості капітальних ремонтів представлено у графічному вигляді (рис. 2-3 відповідно).



Рисунок 1 – Розподіл видів капітальних ремонтів фасадних систем

За результатами аналізу відносної трудомісткості виконання капітального ремонту фасадних систем різних типів в перерахунку на 1 рік експлуатації встановлено, що найменших працевитрат потребує навісний фасад із вентиляльованим повітряним прошарком. Скляний фасад потребує дещо більших працевитрат. Найменш вигідним за трудомісткістю є системи типу «мокрый фасад» незалежно від виду утеплювача.

При виконанні порівняння відносної вартості капітального ремонту фасадних систем різних типів виявлено, що найдешевшою є система навісного фасаду з вентиляльованим повітряним прошарком. Це обумовлено збереженням найдорожчих елементів системи та їх повторним використанням після заміни найменш довговічних матеріалів – утеплювача та захисних мембран. Більшу вартість мають «мокрі фасади» без суттєвої залежності від типу утеплювача. Відмінність їх вартості викликана переважно зміною трудомісткості та локальними розбіжностями у вартості окремих складових фасадної системи у різних виробників. Найдорожчими для виконання капітальних ремонтів є скляні фасади. Їх значна вартість обумовлена складними технологічними процесами та значною матеріалоємністю при виготовленні складових елементів. Проте за рахунок унікальних властивостей (світлопрозорість, здатність застосування для проектів особливої архітектурної виразності, придатність до використання з засобами створення альтернативної енергетики), а також за раціональної експлуатації, навіть такі системи можуть бути вигідними у використанні в сучасному світі.

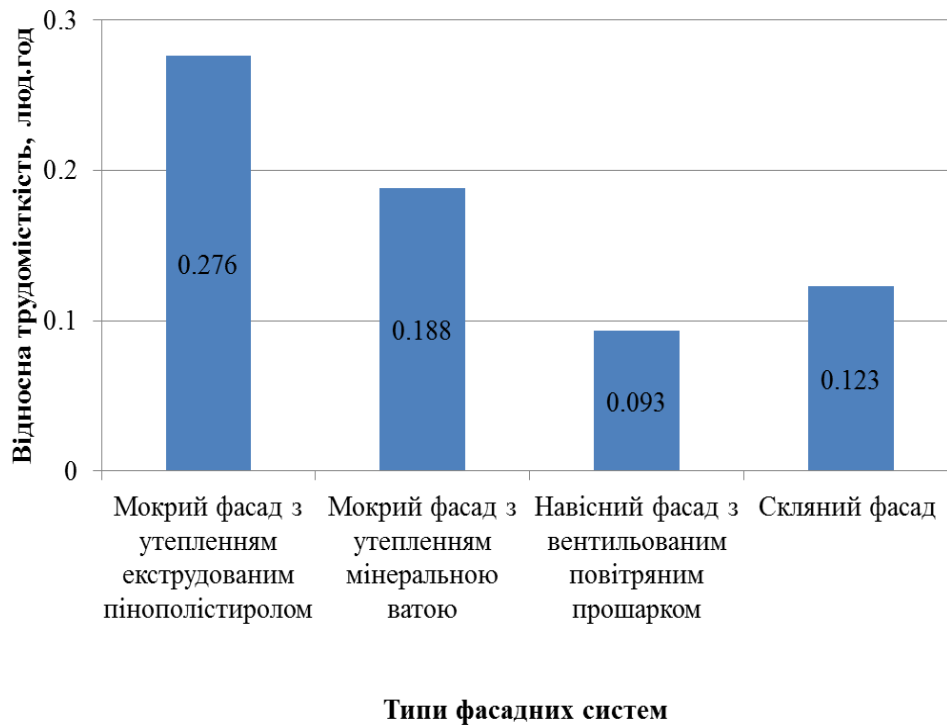


Рисунок 2 – Відносна трудомісткість капітального ремонту 1 м<sup>2</sup> фасаду на 1 рік експлуатації, люд.год

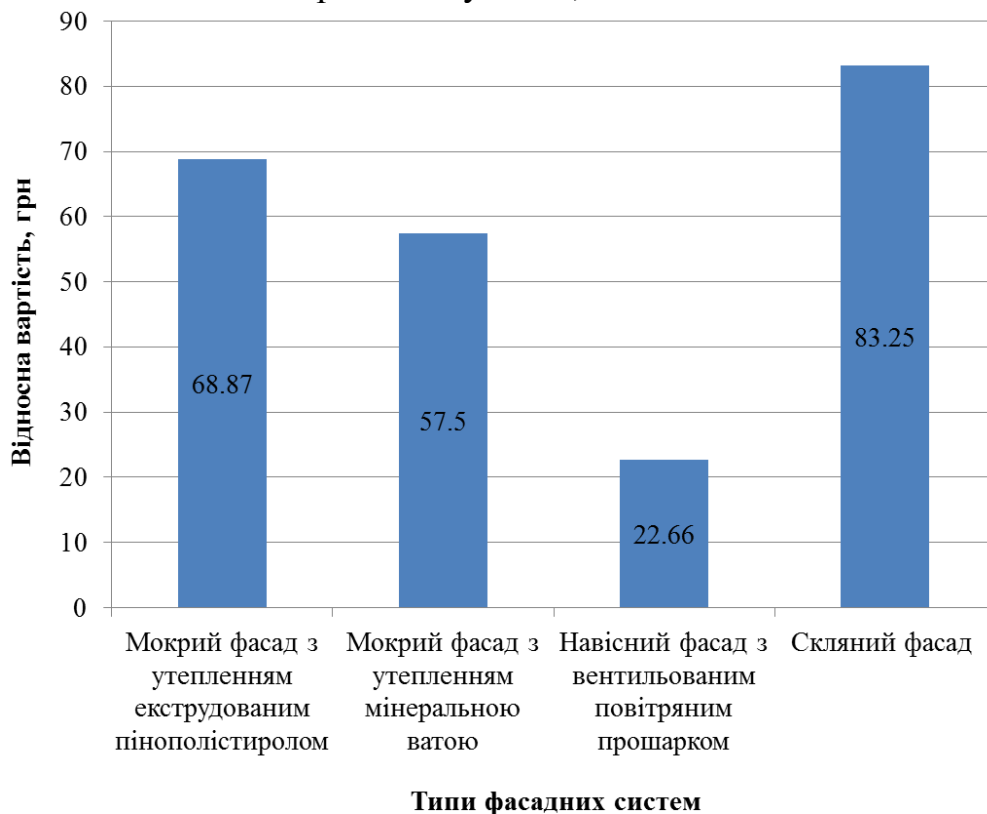


Рисунок 3 – Відносна вартість капітального ремонту 1 м<sup>2</sup> фасаду на 1 рік експлуатації, люд.год

В третьому розділі виконано ранжування факторів, які впливають на вибір раціональної фасадної системи, методом експертного оцінювання. Групі експертів у галузі будівництва, архітектури, експлуатації фасадних систем було запропоновано ранжувати фактори шляхом оцінювання ступеня впливу для кожного з них. Для кожного фактора були визначені розмірність та межі зміни параметрів для кращого сприйняття ступеня важливості фактора. Також кожен експерт мав змогу додати будь-який інший фактор на його розсуд до загального списку.

Отримані фактори ранжувались за методами апріорного ранжування факторів. При цьому був отриманий коефіцієнт конкордації  $W=0,272$ , який свідчить про невисоку узгодженість думок експертів. Проте розрахований критерій узгодженості Пірсона  $\chi^2=65,21$  більший за табличне значення 24,99579, тому отриманий коефіцієнт конкордації  $W=0,272$  – величина не випадкова, тому раціонально продовжити ранжування виділених факторів. Результати ранжування представлені в табл. 1.

Наступним етапом досліджень стала побудова імітаційної моделі впливу факторів на вибір раціональної фасадної системи. Були вибрані 6 найбільш впливових факторів. Значення параметрів приймалися шляхом фіксування витрат коштів на влаштування та утримання фасадних систем.

Залежність між факторами та результуючими показниками досліджувалась на ПЕОМ за допомогою пакета аналізатора табличного процесора Excel 2010 v. 14.0.7151.5001. В результаті були отримані дані кореляційного та регресійного аналізу (табл. 2-6). Якісна оцінка показників щільності зв'язку виконана за допомогою шкали Чеддока.

Таблиця 1 – Чинники, що впливають на вибір раціональної фасадної системи

№ з/п	Чинники	Розмірність	Межі зміни параметрів	Ранг
1	2	3	4	5
1	Вартість 1 м <sup>2</sup> фасаду	грн	700-8000	0,08906
2	Трудомісткість улаштування фасадної системи в перерахунку на 1 м <sup>2</sup> фасаду	люд.-год	1,6-10,0	0,07604
3	Термін служби фасадної системи	років	20-100	0,09844
4	Тривалість періоду між поточними ремонтами	років	7-30	0,08698
5	Тривалість періоду між капітальними ремонтами	років	15-40	0,07656
6	Питома трудомісткість та вартість капітального ремонту (в порівнянні з улаштуванням нової фасадної системи)	%	60-130	0,05208
7	Наявність технологічних пауз на твердження матеріалів при виконанні робіт	-	Так/ні	0,04375

Завершення таблиці 1

1	2	3	4	5
8	Наявність «мокрих» процесів при виконанні зовнішніх робіт	-	Так/ні	0,0640 6
9	Можливість інструментального та візуального обстеження елементів фасадної системи в будь-який період експлуатації	-	Так/ні	0,0563
10	Можливість повторного використання елементів системи при капітальному ремонті	-	Так/ні	0,0255
11	Світлопрозорість конструкції	-	Так/ні	0,0734
12	Можливість миття зовнішнього шару системи	-	Так/ні	0,0427
13	Розрізненість елементів фасаду (ушкодження одного елемента не викликає пошкодження сусідніх) та можливість швидкої заміни окремих елементів	-	Так/ні	0,075
14	Можливість розташування кріпильних елементів всередині системи для навішування обладнання тощо	-	Так/ні	0,0412
15	Можливість підвищення енергоефективності фасадної системи шляхом заміни елементів на нові, при збереженні певної частини системи	-	Так/ні	0,0568
16	Можливість адаптації системи до зміни кліматичних факторів шляхом внесення незначних змін до конструкції (збільшення повітряного прошарку, додавання пароізоляційної мембрани, наклеювання захисної плівки на скло тощо)	-	Так/ні	0,0422

Таблиця 2 – Кореляційна таблиця

	у	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
у	1					
x <sub>1</sub>	0,901513	1				
x <sub>2</sub>	0,901513	1	1			
x <sub>3</sub>	0,938413	0,98579	0,98579	1		
x <sub>4</sub>	-0,82325	-0,97528	-0,97528	-0,94387	1	
x <sub>5</sub>	0,55118	0,810885	0,810885	0,742731	-0,89695	1
X <sub>6</sub>	0,948291	0,912245	0,912245	0,938924	-0,81541	0,5

Таблиця 3 – Регресійний аналіз

Регресійна статистика	Значення параметру
Множинний R	0,963497959
R-квадрат	0,928328318
Нормований R-квадрат	0,699659645
Стандартна похибка	1203,87354
Спостереження	15

Таблиця 4 – Дисперсійний аналіз

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	6	187722245	31287041	32,38127984	3,44087E-05
Залишок	10	14493115	1449312		
Сума	16	202215360			

Таблиця 5 – Значення коефіцієнтів дисперсійного аналізу

	Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95 %	Верхні 95 %	Нижні 95,0 %	Верхні 95,0 %
У-перетин	-1105,43	7600,26	-0,15	0,89	-18040	15829,0	-18040	15829,01
x <sub>1</sub>	16,05	90,13	0,18	0,86	-184,78	216,87	-184,78	216,87
x <sub>2</sub>	0	0	65535	-	0	0	0	0
x <sub>3</sub>	231,25	134,60	1,72	-	-68,65	531,15	-68,65	531,15
x <sub>4</sub>	20	851,27	0,02	0,98	-1876,74	1916,74	-1876,74	1916,74
x <sub>5</sub>	-2687,83	2125,14	-1,27	0,235	-7422,94	2047,29	-7422,94	2047,29
x <sub>6</sub>	0	0	65535	-	0	0	0	0

Таблиця 6 – Спостережні значення t для кожної з незалежних змінних

Змінна	Спостережене t-значення
$x_1$ – термін служби, років	16,045/90,13=0,178
$x_2$ – тривалість періоду між поточними ремонтами, років	Не існує (ділення на 0)
$x_3$ – тривалість періоду між капітальними ремонтами, років	231,25/134,60=1,718
$x_4$ – трудомісткість улаштування 1 м <sup>2</sup> , люд.год	20/851,27=0,023
$x_5$ – розрізність елементів фасаду	-2687,825/2125,14= -1,265
$x_6$ – світлопрозорість елементів фасаду	Не існує (ділення на 0)

Гіпотеза про статистичну значимість коефіцієнтів регресії показує, що коефіцієнти при змінних  $x_1$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  та  $x_5$  (термін служби, тривалість періоду між капітальними ремонтами, трудомісткість улаштування 1 м<sup>2</sup> фасаду, розрізність елементів фасаду) виявились статистично значущими. Змінні  $x_2$  та  $x_6$  (тривалість періоду між поточними ремонтами та світлопрозорість елементів фасаду) не впливають на критерій оптимізації, тому вони виключаються з рівняння регресії.

Таким чином, отримана така імітаційна модель:

$$y(x) = -1105,425 + 16,045x_1 + 231,25x_3 + 20x_4 - 2687,825x_5 \quad (1)$$

Коефіцієнти кореляції:

$$R_{yx_1} = 0,90; R_{yx_3} = 0,93; R_{yx_4} = -0,82; R_{yx_5} = 0,55. \quad (2)$$

Перевірка рівняння регресії підтвердила адекватність побудованої моделі (коефіцієнт детермінації дорівнює 0,96). Запропонована модель дає можливість виконувати керування факторами, які впливають на результуючий показник.

**Четвертий розділ** містить відомості про впровадження результатів досліджень в умовах діючих проектних організацій.

З метою апробації запропонованої методики вибору раціональних фасадних систем багатоповерхових житлових та громадських будівель необхідно створити технологічний регламент вибору такої системи. Він повинен бути адаптованим до застосування основними учасниками будівельного процесу – замовником, проектувальником та підрядником – та має надавати змогу виконання якісного і об'єктивного порівняння можливих до використання на конкретному об'єкті будівництва фасадних систем.

За результатом ранжування факторів встановлено, що експерти з різних областей будівництва достатньо єдині між собою в оцінюванні чинників. Оскільки серед факторів, притаманних різним фасадним системам, є як якісні, так і кількісні показники, в тому числі взаємовиключні, класичний алгоритм вибору типу блок-схеми буде неефективним. Тому раціональним буде створення комплексної методики, яка шляхом проходження нескладного алгоритму визначить найбільш раціональну фасадну систему за сукупною кількістю показників.



Пропонується така послідовність дій щодо вибору раціональної фасадної системи для об'єкту будівництва:

1. Оцінюється кожен чинник залежно від значення чинника, умов виконання робіт та подальшої експлуатації об'єкту будівництва. При цьому найбільш раціональні значення чинників підкреслюються;

2. Обирається фасадна система, колонка якої має найбільшу кількість позначок чинників. Саме ця фасадна система і буде найбільш раціональною для використання в конкретному проекті. У разі, якщо декілька фасадних систем мають однакове (близьке) число позначок, відкидаються невідповідні системи, після чого оцінювання повторюється;

3. У разі відсутності в прогнозованій найбільш раціональній фасадній системі обраних взаємовиключних чинників оцінювання повторюється з урахуванням цих чинників, або ж приймається рішення щодо вибору відповідної системи;

4. Після вибору найбільш раціональної фасадної системи всіма учасниками будівництва виконується її оцінювання на предмет узгодженості результатів та можливості застосування до конкретного об'єкту будівництва. У випадку значної розбіжності результатів виконується сумісна відкрита нарада з метою обґрунтування кожного з факторів вибору раціональних фасадних систем та знаходження найбільш придатної до конкретних умов будівництва та експлуатації;

5. Учасники будівельного процесу приступають до реалізації застосування обраної найбільш раціональної фасадної системи на об'єкті будівництва.

Приклад алгоритму вибору раціональної фасадної системи наведений на рис. 4. У цьому алгоритмі користувач послідовно підкреслює (або позначає іншим способом) значення факторів, яким має відповідати раціональна фасадна система об'єкту будівництва. У випадку, якщо декілька видів фасадних систем мають однакове значення фактора, підкреслюються всі варіанти. В другій частині алгоритму виділяються значення взаємовиключних показників. Після чого обирається фасадна система з найбільшою кількістю обраних факторів.

Якщо вибір неоднозначний відносно взаємовиключних факторів, окремо розглядається кожен із них для визначення можливості зміни (за необхідності) з метою однозначного вибору найбільш раціональної фасадної системи для конкретних умов і конкретного об'єкту будівництва.

Отриманий алгоритм пройшов апробацію в проектних організаціях м. Дніпро. Учасникам будівельного процесу пропонувалось виділити перелік факторів, які мають вагу при виборі раціональної фасадної системи. Несуттєві чинники виключались. Особлива увага приділялась чинникам, значення яких для різних фасадних систем мало взаємовиключний характер. У випадку отримання неоднозначних результатів уточнювалось значення кожного фактора, з урахуванням взаємовиключних, після чого процес повторювався. На рис. 5 наведено приклад заповнення анкети одним із учасників наради при апробації в ТОВ «СТУДІЯ 9».

Кількісні показники	Вартість 1 м <sup>2</sup> фасаду, грн		
	700	1500	8000
	Трудомісткість улаштування 1 м <sup>2</sup> фасадної системи, люд.-год		
	10	4	1,6
	Термін служби фасадної системи, років		
	20	50	100
	Тривалість періоду між поточними ремонтами, років		
	5	20	30
	Тривалість періоду між капітальними ремонтами, років		
	15	30	50
	Питома трудомісткість та вартість капітального ремонту відносно нової системи		
130 %	80 %	50 %	
Якісні взаємовиключні показники	Наявність технологічних пауз на твердження матеріалів при виконанні робіт		
	Так	Ні	Ні
	Наявність «мокрих процесів» при виконанні зовнішніх робіт		
	Так	Ні	Ні
	Можливість візуального та інструментального обстеження елементів системи		
	Ні	Так	Так
	Можливість повторного використання елементів системи при ремонті		
	Ні	Так	Так
	Світлопрозорість системи		
	Ні	Ні	Так
	Можливість миття зовнішнього шару системи		
	Ні	Так	Так
	Розрізненість елементів фасадної системи		
	Ні	Так	Так
	Можливість навішування обладнання, розташування кріпильних елементів		
	Ні	Так	Ні
	Підвищення енергоефективності шляхом заміни модульних елементів		
Ні	Можливо	Так	
Можливість адаптації системи до нових чинників шляхом внесення незначних змін до конструкції			
Ні	Так	Так	
Результуюча система			
«Мокрий» фасад	Вентильований фасад	Скляний фасад	

Рисунок 4 – Алгоритм вибору раціональної фасадної системи

Кількісні показники	Трудомісткість улаштування 1 м <sup>2</sup> фасадної системи		
	10	4	1,6
	Термін служби фасадної системи		
	20	50	100
	Тривалість періоду між поточними ремонтами		
	5	20	30
	Тривалість періоду між капітальними ремонтами		
	15	30	50
Якісні взаємовиключні показники	Питома трудомісткість та вартість капітального ремонту відносно нової системи		
	130 %	80 %	50 %
	Наявність технологічних пауз на твердження матеріалів при виконанні робіт		
	Так	Ні	Ні
	Наявність «мокрих процесів» при виконанні зовнішніх робіт		
	Так	Ні	Ні
	Можливість візуального та інструментального обстеження елементів системи		
	Ні	Так	Так
	Можливість повторного використання елементів системи при ремонті		
	Ні	Так	Так
	Світлопрозорість системи		
	Ні	Ні	Так
	Можливість миття зовнішнього шару системи		
	Ні	Так	Так
	Розрізненість елементів фасадної системи		
Ні	Так	Так	
Можливість навішування обладнання, розташування кріпильних елементів			
Ні	Так	Ні	
Результуюча система			
«Мокрий» фасад	Вентильований фасад	Скляний фасад	

Рисунок 5 – Реалізований алгоритм вибору раціональної фасадної системи під час апробації в ТОВ «СТУДІЯ 9»

Приймаючи більш раціональний варіант, економічна ефективність визначається як різниця у собівартості виконання робіт та експлуатації фасадної системи між двома найбільш імовірними варіантами.

Економічна складова застосування двох фасадних систем – системи «мокрого» фасаду та системи вентильованого фасаду – розглянута відносно однієї і тієї ж самої будівлі. В якості об'єкта дослідження обрано 10-поверхову 1-секційну житлову будівлю з вбудованими нежитловими приміщеннями, виконану з силікатної цегли. Загальна площа фасаду 1500 м<sup>2</sup>.

Порівняння виконане в табличній формі шляхом розрахунку сумарної

вартості експлуатації фасадної системи протягом 100 років експлуатації будівлі. Оскільки фасадні системи, що розглядаються, мають менший термін експлуатації, враховані також відповідні заміни фасадних систем.

Оскільки будівля, що розглядається, має вбудовані нежитлові приміщення, під час ремонтних робіт фасадної системи доступ до них буде ускладнений. Тому передбачається відповідне зменшення прибутку від їх експлуатації, яке доцільно вимірювати за період часу 1 міс.

Параметри порівняння вартості експлуатації фасадних систем під час апробації результатів досліджень в одній з вищевказаних проектних організацій представлені в табл. 7:

Таблиця 7 – Порівняння вартості експлуатації фасадних систем

№ з/п	Параметр	Система «мокрого» фасаду		Система вентильованого фасаду	
		на 1 м <sup>2</sup>	всього	на 1 м <sup>2</sup>	всього
1	Вартість улаштування 1 м <sup>2</sup> , тис. грн	0,8	1200	1,5	1800
2	Міжремонтний період, років	10		25	
3	Кількість міжремонтних періодів	3		2	
4	Усереднена вартість ремонту 1 м <sup>2</sup> фасадної системи, тис. грн	0,6	900	0,9	1350
5	Термін експлуатації фасадної системи, років	25		50	
6	Кількість періодів експлуатації фасадної системи	4		2	
7	Зменшення прибутку від експлуатації нежитлових приміщень, тис. грн/міс.	50		50	
8	Тривалість ремонту, міс.	3		1	
9	Вартість заміни 1 м <sup>2</sup> фасадної системи	1,2	1800	1,1	1650
10	Загальна вартість експлуатації фасадної системи за 100 років, тис. грн	1200+2·900+1800+2·900+1800+2·900+1800+900+9·3·50= <b>14 250</b>		1800+1350+1650+1350+ +3·1·50= <b>6 300</b>	

Очевидно, що протягом 100 років експлуатації застосування більш раціональної фасадної системи вентильованого фасаду призводить до значного заощадження коштів на експлуатацію будівлі. При цьому додатковий

економічний ефект створюється за рахунок можливості більш детального дослідження існуючого стану фасадної системи. Як наслідок, капітальний ремонт або заміна системи виконуються в найбільш раціональний термін відносно теплоізоляційних властивостей системи. Як наслідок, відсутня експлуатація при значних втратах тепла через неналежний стан утеплювача та оздоблювальних шарів.

Звичайно, більш висока вартість улаштування системи вентилязованого фасаду призводить до збільшення одномоментних витрат коштів під час спорудження будівлі. Це викликає додаткові витрати на залучення та обслуговування відповідних джерел фінансування. Крім того, згідно досвіду експлуатації будівель встановлено, що замовник будівлі дуже рідко продовжує її експлуатувати. Проте встановлено економічний ефект близько 2,6 млн грн від впровадження результатів досліджень в практичну діяльність проектних організацій. Особистий внесок здобувача при цьому становить близько 640 тис. грн.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, які вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності експлуатації фасадних систем багатоповерхових будівель шляхом удосконалення процесу вибору раціональної фасадної системи з урахуванням особливостей конкретного об'єкту будівництва, що знайшло відображення в наступному:

1. Аналіз існуючих на сьогодні фасадних систем, застосовуваних до багатоповерхових житлових та громадських будівель, виявив недоліки їх ефективності. Встановлене зменшення ефективності фасадної системи внаслідок недосконалої процедури оцінювання тривалості міжремонтного періоду внаслідок низької якості прогнозування зміни інтенсивності роботи утеплюючих елементів. Тому існує необхідність проведення досліджень у проблемному полі організаційно-технологічних рішень процесів утримання, обстеження та поточних ремонтів фасадних систем.

2. Виконано аналіз процесу експлуатації фасадних систем, які застосовуються для житлових та громадських будівель різної поверховості в Україні. За результатами дослідження сучасних процесів капітальних ремонтів фасадних систем будівель визначено, що найчастіше зустрічається комплексний ремонт фасаду одночасно з покращенням теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій. За аналізом трудомісткості та вартості капітальних ремонтів фасадних систем визначено, що найбільш вигідною є система навісного фасаду з вентиляваним повітряним прошарком. Поточний ремонт «мокрих» фасадів ускладнюється необхідністю виконання робіт тільки в оптимальному температурно-вологісному режимі. Крім того, частота виконання поточних ремонтів «мокрих фасадів» призводить до зростання витрат праці і ускладнення експлуатації. Найдовший міжремонтний період при незначній трудомісткості мають скляні фасади.

3. На підставі експертного оцінювання важливості чинників, що

впливають на вибір раціональної фасадної системи встановлено, що найбільше значення мають чинники, які обумовлюють термін служби фасадної системи, вартість її улаштування, трудомісткість улаштування фасадної системи та тривалість міжремонтних періодів. Спостерігається зацікавленість учасників будівельного процесу в зменшенні тривалості виконання робіт та підвищенні термінів безвідмовної експлуатації, навіть шляхом збільшення вартості улаштування фасадної системи.

4. За результатами кореляційно-регресійного аналізу отримана імітаційна модель виду  $y = -1105,425 + 16,045x_1 + 231,25x_3 + 20x_4 - 2687,825x_5$  при коефіцієнтах кореляції  $R_{yx_1} = 0,90$ ;  $R_{yx_3} = 0,93$ ;  $R_{yx_4} = -0,82$ ;  $R_{yx_5} = 0,55$ . За значенням коефіцієнту детермінації 0,9283 встановлено, що розрахункові параметри моделі на 92,83% пояснюють залежність між досліджуваними параметрами, тому модель придатна до подальшого використання в розрахунку прогнозованої вартості улаштування та експлуатації фасадних систем відповідно до технічних та організаційно-технологічних параметрів об'єктів будівництва.

5. Розроблений алгоритм вибору раціональної фасадної системи. Він дозволяє шляхом заповнення нескладного бланку будь-яким учасником будівельного процесу швидко та об'єктивно визначити найбільш ефективну фасадну систему, застосовувану до конкретного об'єкту будівництва з урахуванням основних значущих параметрів. При аналізі відповідних результатів на спільній нараді представників замовника, проектувальника та підрядника визначається конкретна фасадна система з урахуванням всіх особливостей спорудження та експлуатації будівлі, відповідно передбачається значне заощадження коштів.

6. Проведено успішну апробацію розробленого алгоритму вибору раціональної фасадної системи в діяльності провідних проектних організацій. Пряма економічна ефективність від впровадження результатів досліджень в практичну діяльність проектних організацій склала близько 2,6 млн грн. З них особистий внесок здобувача визначений на рівні 640 тис. грн.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Radkevych A.V., Netesa K.M. Aspects definition of reliability evaluation facade systems from the view point of Eurocode. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна*. 2015. №. 4 (58). С. 205-212. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

2. Радкевич А.В., Нетеса К.М. Проблематика современных фасадных систем многоэтажных жилых зданий. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2016. № 61. С. 358-364.

3. Радкевич А.В., Нетеса К.М., Ткач Т.В. Ранжування факторів, що впливають на процес вибору фасадних систем. *Шляхи підвищення*

*ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин.* 2018. № 37. С. 115-126.

4. Млодецький В.Р., Заяць Є.І., Ткач Т.В., Нетеса К.М. Аналіз технологічності виконання поточних ремонтів фасадних систем житлових та громадських будівель. *Будівельне виробництво.* 2019. № 67. С. 47-49.

5. Радкевич А.В., Нетеса К.М., Ткач Т.В. Аналіз тенденцій капітальних ремонтів фасадних систем на основі публічних закупівель в системі PROZORRO. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. Серія: технічний.* 2020. № 45. С. 120-130.

6. Радкевич А.В., Нетеса К.М. Розробка алгоритму вибору раціональної фасадної системи багатоповерхових будівель. *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту.* 2020. №. 6 (90). С. 82-96. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

#### ***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

7. Радкевич А.В., Нетеса К.М. Проблемы и перспективы устройства фасадных систем на основе трехслойных каменных стен. *Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: тези доповідей 74 Міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 трав. 2014.* Дніпро: ДНУЗТ, 2014. С. 300-301.

8. Netesa K. M., Radkevich A. V, Shashkina N.I. Defining aspects of façade systems reliability according to eurocode. *Наука і техніка: перспективи XXI століття: зб. матеріалів міжвуз. наук.-практ. конф. 1 грудня 2015 р.* Дніпро: ДВНЗ «ПДАБА», 2015. С. 50-52.

9. Радкевич А.В., Нетеса К.Н. Проблематика современных фасадных систем многоэтажных жилых зданий. *Експлуатація та реконструкція будівель і споруд: зб. матеріалів міжнар. наук.-практ. конф., 13-15 жовт 2015 р.* Одеса: ОДАБА, 2015. С. 98-99.

10. Радкевич А.В., Нетеса К.М., Зинкевич Е.И. Разработка методики сравнения организационно-технологической надежности и долговечности фасадных систем многоэтажных жилых зданий на основе графоаналитической модели протекания жизненного цикла фасадных систем строительных объектов. *Ефективні технології в будівництві: тези доповідей Міжнар. наук.-техн. конф., 7-8 квіт. 2016 р.* Київ: КНУБА, 2016. С. 62-63.

#### **АНОТАЦІЯ**

Нетеса К.М. Вдосконалення та визначення раціональних організаційно-технологічних рішень влаштування фасадних систем багатоповерхових цивільних будівель. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного будівництва. – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» Міністерства освіти і науки України, Дніпро, 2021.

Основна мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні існуючої технології улаштування та експлуатації фасадних систем, зокрема за рахунок впровадження інноваційної технології вибору раціональної фасадної системи для конкретного об'єкту та умов виробництва.

Для досягнення мети роботи: виконані аналіз, узагальнення і оцінювання стану організаційно-технологічних рішень улаштування фасадних систем багатопверхових цивільних будівель; експериментально досліджені інноваційні фасадні системи з визначенням найбільш ефективних з них відносно технологічності, трудомісткості та вартості. Виявлені і досліджені чинники, які найбільшою мірою впливають на трудомісткість та вартість влаштування і експлуатації фасадних систем. Розроблена методика вибору раціональної фасадної системи багатопверхової будівлі. Обґрунтовані науково-технічна і економічна ефективність використання запропонованих організаційно-технологічних рішень із удосконалення процесу вибору, улаштування, експлуатації та ремонту багатопверхових будівель.

Ключові слова: фасадна система, експлуатація, капітальний ремонт, міжремонтний період, трудомісткість, вартість, ранжування факторів, тривалість, ефективність.

## **АННОТАЦИЯ**

Нетеса К.М. Совершенствование и определение рациональных организационно-технологических решений устройства фасадных систем многоэтажных гражданских зданий. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08 - технология и организация промышленного и гражданского строительства. - Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна Министерства образования и науки Украины, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» Министерства образования и науки Украины, Днепр, 2021.

Основная цель диссертационной работы заключается в совершенствовании существующей технологии устройства и эксплуатации фасадных систем, в том числе за счет внедрения инновационной технологии выбора рациональной фасадной системы для конкретного объекта и условий производства.

Для достижения цели работы: выполнены анализ, обобщение и оценка состояния организационно-технологических решений устройства фасадных систем многоэтажных гражданских зданий; экспериментально исследованы инновационные фасадные системы с определением наиболее эффективных из них относительно технологичности, трудоемкости и стоимости.

Выполнен анализ организационно-технологических показателей процессов капитальных ремонтов в системе Prozorro. Определены основные зависимости значений от вида фасадной системы, производителя, площади ремонта. Исследованы основные причины отказов фасадных систем и спрогнозирована рациональная методика оценки эффективности эксплуатации фасадной системы с учетом стоимости устройства, продолжительности межремонтных



периодов, перечня и стоимости ремонтных работ в различные периоды эксплуатации.

Обнаружены и исследованы факторы, в наибольшей степени влияющие на трудоемкость и стоимость устройства и эксплуатации фасадных систем. Разработана методика выбора рациональной фасадной системы многоэтажного здания. Обоснованы научно-техническая и экономическая эффективность использования предложенных организационно-технологических решений по совершенствованию процесса выбора, устройства, эксплуатации и ремонта фасадных систем многоэтажных зданий.

Результаты исследований создают предпосылки и научно-прикладные основы дальнейшего повышения эффективности выбора фасадных систем для многоэтажных жилых и общественных зданий путём применения созданного алгоритма выбора фасадной системы.

Апробация и внедрение результатов исследований проводилось в практической деятельности проектных организаций. Путем применения алгоритма установлена его высокая эффективность при использовании всеми участниками строительства. Для нового строительства наиболее эффективными являются системы навесного фасада (с облицовкой индустриальными элементами, или стеклянные фасады) в зависимости от конкретных условий возведения здания, предназначения основных помещений, архитектурно-эстетических требований, условий эксплуатации и т.д.

По результатам сравнения стоимости эксплуатации фасадных систем установлена значительная эффективность системы вентилируемого фасада, где за счет продолжительности межремонтного периода, повышенного срока эксплуатации, сокращения продолжительности ремонта и стоимости замены элементов фасадной системы компенсируется увеличение затрат на первоначальное устройство фасада.

В результате внедрения основных результатов исследований в практику проектных организаций установлен экономический эффект порядка 2,6 млн грн. Личный вклад соискателя при этом оценивается в 640 тыс. грн.

Ключевые слова: фасадная система, эксплуатация, капитальный ремонт, межремонтный период, трудоемкость, стоимость, ранжирование факторов, продолжительность, эффективность.

## SUMMARY

Netesa K.M. Improvement and definition of rational organizational and technological decisions for the installation of facade systems of multi-storey civil buildings. - On the rights of the manuscript.

Thesis for the scientific degree of the candidate of technical sciences in specialty 05.23.08 - technology and the organization of industrial and civil engineering. - Dnipro national university of railway transport named after academician V. Lazaryan of the Ministry of education and science of Ukraine, State higher educational establishment «Prydniprovskya state academy of civil engineering and architecture» of the Ministry of education and science of Ukraine, Dnipro, 2021.

The main purpose of the dissertation is to improve the existing technology of installation and operation of facade systems, in particular through the introduction of innovative technology for choosing a rational facade system for a particular object and production conditions.

To achieve the goal: analysis, generalization and assessment of the state of organizational and technological solutions for the installation of facade systems of multi-story civil buildings; innovative facade systems were experimentally studied with the definition of the most effective of them in terms of manufacturability, complexity and cost. The factors that have the greatest impact on the complexity and cost of installation and operation of facade systems have been identified and studied. A method of choosing a rational facade system of a multi-story building has been developed. The scientific-technical and economic efficiency of the use of the proposed organizational and technological solutions to improve the process of selection, installation, operation and repair of facade systems of multi-story buildings is substantiated.

**Keywords:** facade system, operation, overhaul, overhaul period, labour intensity, cost, ranking of factors, duration, efficiency.