МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський)

на тему: **«Технологія зведення житлових будівель із сендвіч-панелей»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-пцб-1
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво»
Волошин О.І.
Керівник: доц., к.т.н. Самченко Р.В.
Рецензент: ст. викл, к.т.н. Арутюнян Є.Е.

Запоріжжя
2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
«____» _____ 20____ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Волошин Олексій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Технологія зведення житлових будівель із сендвіч-панелей
Керівник роботи Самченко Роман Васильович, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «30»вересня 2024 року №1486-с
2 Строк подання студентом роботи 27.11.2024 р.
3 Вихідні дані до роботи *Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розвинення проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень*
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Провести аналіз стану будівельних процесів зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей. Теоретично змоделювати вдосконалені технологічні рішення зведення індивідуальних житлових будинків. запропонувати удосконалені конструктивно-технологічні рішення монтажу індивідуальних житлових будинків*
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних*

обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатів експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 2	Самченко Р.В., доц.		
Розділ 3	Самченко Р.В., доц.		

7 Дата видачі завдання 04.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітк
1	Розділ 1 Аналіз стану процесів зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей в Україні та за кордоном	27 вересня	
2	Розділ 2 Теоретичне моделювання удосконаленого технологічного рішення зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей	25 жовтня	
3	Розділ 3 Дослідження удосконаленої технології зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей	22 листопада	

Студент _____ О.І.Волошин
(підпис) *(ініціали та прізвище)*

Керівник роботи _____ Р.В. Самченко
(підпис) *(ініціали та прізвище)*

Нормоконтроль пройдено _____ Н.О. Данкевич
(підпис) *(ініціали та прізвище)*

АНОТАЦІЯ

Волошин О.І. Удосконалення технології зведення житлових будівель із сендвіч-панелей.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Р.В. Самченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024.

Розроблено інноваційний підхід до покращення технології будівництва швидкомонтованих індивідуальних житлових будинків із застосуванням спрощеного методу «сухого» монтажу індустріальних сендвіч-панелей. Цей підхід включає моделювання та багатокритеріальну оптимізацію технологічних рішень для зменшення трудових ресурсів і витрат на монтаж. Впроваджено удосконалені рішення для встановлення сендвіч-панелей розмірами 1,2×3,6 метра, що складаються з каркаса, мінераловатного утеплювача та облицювання сталевими чи цементними плитами. Визначено ключові фактори та закономірності, які сприяють оптимізації процесів зведення житлових будинків із сендвіч-панелей, з акцентом на зниження трудовитрат і вартості робіт.

Ключові слова: технологія зведення, удосконалення, сендвіч-панелі, удосконалення технологічних параметрів.

Список публікацій магістранта:

Волошин О.І., Самченко Р.В. Удосконалення технології зведення житлових будівель із сендвіч-панелей. Матеріали IX Міжнародної науково-практичної конференції «Perspectives of contemporary science: theory and practice» (14-16 листопада 2024 р., м. Львів). Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2024. С. 405-407.

ABSTRAKT

Voloshin O.I. Improvement of the technology of building residential buildings from sandwich panels.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree in higher education, specialty 192 - Construction and civil engineering, supervisor R.V. Samchenko. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

An innovative approach to improving the construction technology of quickly assembled individual residential buildings using a simplified method of "dry" installation of industrial sandwich panels has been developed. This approach includes modeling and multi-criteria optimization of technological solutions to reduce labor and installation costs. Improved solutions for installing sandwich panels measuring 1.2×3.6 meters, consisting of a frame, mineral wool insulation and cladding with steel or cement plates, have been implemented. The key factors and regularities that contribute to the optimization of the processes of building residential buildings from sandwich panels are determined, with an emphasis on reducing labor costs and the cost of works.

Keywords: construction technology, improvement, sandwich panels, improvement of technological parameters.

List of publications of the master's student:

Voloshyn O.I., Samchenko R.V. Improvement of the technology of building residential buildings from sandwich panels. Materials of the IX International scientific and practical conference "Perspectives of contemporary science: theory and practice" (November 14-16, 2024, Lviv). Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2024. C. 405-407.

ЗМІСТ:

ВСТУП 8

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОЦЕСІВ ЗВЕДЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ 11

1.1 Роль і місце швидкомонтованих будівель і сендвіч-панелей в будівельному комплексі 11

1.2 Вимоги, що пред'являються до моделей і методів оцінки ефективності зведення індивідуальних житлових будинків з сендвіч-панелей 20

1.3 Оцінка стану існуючих моделей технологій зведення індивідуальних житлових будинків з сендвіч-панелей 26

2 ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО РІШЕННЯ ЗВЕДЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ 33

2.1 Алгоритм розробки оптимальної моделі технології монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей 33

2.2 Вдосконалені конструктивно-технологічні рішення монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей 40

2.3 Вдосконалення технологічних рішень зведення індивідуальних житлових будинків з оптимізованих сендвіч-панелей 50

3 ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ 60

3.1 Особливості удосконаленої технології 60

3.2 Організація і технологія виконання робіт по зведенню індивідуальних житлових будинків 65

3.3 Експериментальне будівництво та обгрунтування оптимальних технологічних параметрів вдосконаленого методу зведення індивідуальних житлових будинків 71
ВИСНОВКИ 85
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 86

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження технологічних рішень для зведення індивідуальних житлових будинків із застосуванням індустріальних сендвіч-панелей, які є особливим типом будівельних об'єктів з високим рівнем заводської готовності, є актуальним напрямом розвитку будівельної галузі у XXI столітті. Ефективність монтажних технологій для швидкомонтованих будинків визначається значним скороченням часу, вартості та трудовитрат на будівництво, а також підвищенням якості і швидкістю введення об'єктів в експлуатацію. Різноманітні фактори, що впливають на будівельне виробництво, призводять до різноманітності технологічних рішень. В останні роки також виникли нові важливі фактори, такі як надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру, зокрема пожежі.

Актуальність цієї теми зумовлена тим, що до 2011 року в житловому будівництві в Україні та за кордоном використовувалися як занадто малі за розміром сендвіч-панелі (до 1 на 1 метр), так і надмірно великі й важкі (понад 3 на 6 метрів і понад 400 кг) системи, такі як «Модуль», «Сокіл», «Охта», «Уіз» та інші. Однак вони мають високу трудомісткість і вартість монтажу через складність та потребу в дорогому крановому обладнанні. Крім того, типові з’єднання на цвяхах, болтах, зварюванні або бетонуванні значно підвищують трудомісткість і вартість монтажу через необхідність використання складного зварювального та ріжучого устаткування.

Це породжує важливе завдання розробки вдосконаленої технології зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей на основі оптимізованої послідовності будівельних операцій. Метою є скорочення трудовитрат і вартості монтажу шляхом використання раціональних за розміром і вагою елементів, а також швидко збірних вузлів.

Проте на даний момент не існує теоретично змодельованих удосконалених технологічних рішень для зведення таких будинків з оптимальних за розміром сендвіч-панелей. Не розроблений також алгоритм створення моделі монтажу швидкомонтованих котеджів з використанням нових швидкозбірних типів вузлів, і не запропоновані практичні раціональні конструктивно-технологічні рішення для монтажу.

Цим питанням присвячені роботи як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників, таких як Афанасьєва В.А., Адам Ф., Бадьин Г.М., Бердников Ю.Д., Бірюков А.М., Биков В.Ю., Варламов Н.В., Ільїн В.П., Казаков Ю.М., Казанцев І.Д., Карасьов Н.Н., Козин П.А., Олійник П.П., Петраков Б.І., Прикін Б.В., Саприкіна Н.А., Сіо К., Степанов І.В., Танге К., Темнов В.Г., Тимощук О.А., Фрідман І., Яковлєв В.А. та інші. Однак аналіз літератури показує, що існуючі технологічні рішення у сфері будівництва швидкомонтованих будівель не повністю відповідають сучасним вимогам, особливо в частині мінімізації трудових і фінансових витрат.

Метою **магістерської роботи** є вдосконалення технологічних рішень для зведення індивідуальних житлових будинків з використанням індустріальних сендвіч-панелей, що дозволить знизити трудомісткість та вартість будівельних робіт.

Для досягнення даної мети були додатково поставлені і вирішені наступні **завдання**:

Для цього потрібно було вирішити такі **завдання**:

- аналіз стану будівельних процесів зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей як в Україні, так і за кордоном;
- теоретичне моделювання вдосконалених технологічних рішень для зведення індивідуальних житлових будинків із сендвіч-панелей оптимального розміру та високого ступеня заводської готовності з мінімальним використанням кранового обладнання;
- розробку конструктивно-технологічних рішень для монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей, зокрема,

використання швидкозбірних шарнірних вузлів типу «муфта-гільза» зі сталі, що не потребує зварювання та омонолічування;

- пропозицію раціонального варіанту організації і технології виконання монтажних робіт для котеджів з урахуванням ключових факторів, таких як площа об'єкта, кількість та кваліфікація робітників, ступінь механізації робіт, площа і вага панелей, а також типи з'єднувальних вузлів.

Об’єктом дослідження є будівельний процес зведення індивідуальних житлових будинків шляхом монтажу індустріальних сендвіч-панелей.

Предметом дослідження виступають параметри технологічних процесів, що забезпечують зведення таких будинків методом монтажу сендвіч-панелей.

Методи дослідження включали аналіз та узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду в сфері будівництва житлових будівель, а також оцінку сучасного стану теорії і практики процесів зведення індивідуальних житлових будинків. Дослідження охоплювали аналіз технологічних процесів, теоретичних розробок і результати проведених досліджень.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що:

- розроблені вдосконалені технологічні рішення монтажу сендвіч-панелей, оптимізованих за розмірами. Ці панелі складаються з каркаса, мінераловатних теплоізоляційних плит і облицювальних обшивок, які з'єднуються між собою за допомогою нових швидкозбірних шарнірних вузлів типу «муфта-гільза». Панелі герметизуються шляхом укладання пружних теплозахисних шнурів у пази перед монтажем, з урахуванням найважливіших критеріїв оптимізації: мінімізації трудових витрат, машинного часу і загальної вартості будівництва.

Апробація роботи. Основні положення роботи опубліковані на IX Міжнародній науково-практичній конференції «Perspectives of contemporary science: theory and practice» у секції «Технічні науки» (2024, м. Львів).

Структура роботи. Структурно робота складається з вступу, трьох розділів, висновків. Загальний обсяг 87 сторінок. Включає 40 рисунків, 3 таблиці, список використаних джерел з 20 пунктів.

1 ОГЛЯД СТАНУ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВЕДЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ В УКРАЇНІ ТА ЗА КОРДОНОМ

1.1 Значення та функція швидкомонтованих будівель і сендвіч-панелей у сучасному будівельному комплексі

Дослідження, проведені автором на основі огляду наявних літературних джерел [1-3], показали, що швидкомонтовані будівлі, зокрема індивідуальні житлові будинки, відіграють ключову роль у будівельній галузі України.

У рамках магістерського дослідження, зважаючи на науково-методичні розробки у сфері швидкомонтованих будівель [2, 4], було визначено наступний термінологічний апарат, що відображає особливості об'єкта та предмета дослідження:

- Сендвіч-панелі — це багатошарові плоскі будівельні елементи, які складаються з каркаса, теплоізоляційного матеріалу та обшивки.

- Швидкомонтовані будівлі — це конструкції, виготовлені з індустріальних швидкомонтованих елементів, що забезпечують зведення об'єктів у коротші терміни, ніж традиційні капітальні будівлі.

- Мобільний комплекс — це набір мобільних будівель або споруд, призначених для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних завдань.

- Мобільна будівля або споруда — це конструкція, виготовлена на заводі і пристосована для переміщення.

- Контейнерне будівля або споруда — це мобільна конструкція, що складається з одного блок-контейнера, готового до використання, та може транспортуватися на різних видах транспорту, включаючи власний хід.

- Збірно-розбірні будівлі або споруди — це мобільні конструкції, що складаються з окремих блоків-контейнерів, плоских або лінійних елементів, які з'єднуються на місці для створення конструктивної системи.

- Мобільна конструктивна система — це набір уніфікованих конструктивних елементів, що виготовляються на заводі і використовуються для створення мобільних будівель відповідно до заданої номенклатури.

Автор також проаналізував кваліфікаційні та дисертаційні роботи, що стосуються теми дослідження [3, 10], що дозволило зробити такі висновки.

Активна технічна політика, яку реалізують держава, уряд України та приватні компанії, орієнтована на підвищення ефективності будівництва мобільних об'єктів нового покоління. Це пов'язано з їх високими експлуатаційними показниками в порівнянні з традиційними тимчасовими, неіндустріальними та статичними спорудами. За оцінками деяких дослідників ЦНИИОМТП [8, 9], впродовж усього життєвого циклу мобільних будівель, враховуючи їх оборотність, можна досягти значних економічних вигод на 1 м² загальної площі: витрати на одиницю площі становлять близько 400 грн, трудовитрати — 70 людино-годин, а витрати на метал та деревину — 70 кг і 1,85 м³ відповідно.

Дослідження на території України показали, що до 2011 року швидкомонтовані об'єкти вироблялися на понад 200 спеціалізованих підприємствах, що належать різним міністерствам і відомствам, зокрема Міністерству енергетики, Міністерству лісової промисловості, Міністерству транспорту, Міністерству внутрішніх справ, РАО «Нафтогаз» і Міністерству оборони [9].

Аналіз показує, що в Україні використовується 28 основних систем швидкомонтованих конструкцій, з яких 20 є контейнерними системами, а 8 — збірно-розбірними. Відповідно до даних будівельних каталогів колишнього Держбуду України класу СК-6 [3-5], на основі цих систем випускається понад 270 різновидів конкретних будівель і споруд, що відрізняються за функціональним призначенням, місткістю, кліматичним виконанням, вартістю

та іншими техніко-економічними показниками. Обсяги виробництва на підприємствах варіюються від однієї до двохсот тисяч квадратних метрів на рік, що вказує на розвиток спеціальної галузі індустрії — мобільного домобудівництва або галузі швидкомонтованих комплексів. Це визначає необхідність наукового обґрунтування для подальшого розвитку цієї сфери.

Згідно з проведеним аналізом [5, 7], на даний момент забезпеченість будівельно-монтажних організацій в Україні складає лише 50-55% від розрахункових нормативів. Це створює менш сприятливі умови для будівельників порівняно з працівниками інших промислових секторів і призводить до негативних соціально-економічних наслідків. Особливо виразно це проявляється в віддалених і малозаселених регіонах, таких як Далекий Схід і Крайня Північ. Оцінки [8, 12] свідчать, що в таких умовах витрати на забезпечення будівельників та їх сімей можуть складати до 20-30% загального часу будівництва.

Тому важливо детально проаналізувати використання основних швидкомонтованих конструкцій, щоб оцінити їх переваги, недоліки та можливості для ефективного застосування у будівництві котеджів.

Швидкомонтовані будівлі класифікуються за функціональним призначенням на п'ять груп: житлові, громадські, виробничі, складські та допоміжні. За типом конструкції вони поділяються на контейнерні та збірно-розбірні.

Аналіз конструкцій систем «Дніпро», «Меліоратор», «Комфорт», «420-100», «420-10», «Енергетик», «Лісник» і «Геолог» з точки зору відповідності ДБН [9] та специфіки котеджного будівництва виявив такі недоліки:

- Відсутність можливості створення великих пролітних приміщень в збірно-розбірних конструкціях обмежує їх використання в котеджах.

- Багато систем не допускають монтаж двоповерхових котеджів, що є актуальною проблемою для високоплотної забудови у великих містах.

- Немає практики виготовлення та експлуатації широкого асортименту житлових будівель для кожної системи, що є важливим критерієм для перевірки теоретичних концепцій конструкцій.

До 2011 року в Україні спостерігались такі проблеми:

- Відсутність практики виготовлення різноманітних комплектів котеджів.

- Важкі об'ємні блоки потребують спеціального кранового обладнання для монтажу і демонтажу.

- Відсутність ходових частин на багатьох блоках ускладнює їх транспортування по нерегульованих маршрутах, що є проблемою для розгортання будівель у слаборозвинутих транспортних зонах.

- Витрати на транспортування контейнерів значно перевищують витрати на аналогічні збірно-розбірні системи.

- Велика витрата сталі збільшує вагу і складність монтажу, а також підвищує вартість комплексу.

- Збільшене використання лісоматеріалів знижує вогнестійкість, довговічність і надійність конструкцій.

- Технологічні рішення для зведення сендвіч-панелей не оптимізовані за критеріями мінімізації трудомісткості та вартості.

Отже, після завершення першого етапу дослідження, присвяченого аналізу серійно вироблених контейнерних будівель, і слідуючи обраній методології, переходимо до другого етапу. На цьому етапі розглянемо збірно-розбірні системи, що використовують сендвіч-панелі.

Згідно з аналізом наявних літературних джерел [2,4,9], в Україні виготовляються десятки різних систем швидкомонтованих будівель, при цьому спостерігається значний розкид у показниках використання основних матеріалів. Найбільш виразно це проявляється у контейнерних системах. Наприклад, серед 20 проаналізованих систем витрати сталі варіюються від 10 до 86 кг/м² для систем «Тайга» та «ЦУБ» (різниця в 8,6 раз), а витрати лісоматеріалів коливаються від 0,08 до 0,95 м³/м² для систем «УНІВЕРСАЛ» і «420-10» (різниця в 11,9 раз). Трудомісткість виготовлення також має великий

діапазон — від 41 до 20,4 нормо-год/м² для систем «ДНІПРО» і «ГЕОЛОГ» (різниця в 5 разів). Аналогічна ситуація спостерігається і в збірно-розбірних системах. Наприклад, серед 13 досліджених систем витрати сталі коливаються від 24,9 до 92,5 кг/м² для систем «МОДУЛЬ» і «УСРЗ-24» (різниця в 3,7 рази), а трудомісткість монтажу варіюється від 0,12 до 0,94 люд.-год/м² для систем «УКБ» і «уЮ-12» (різниця в 7,8 раз).

Ці результати вказують на недостатнє використання оптимізаційних методів при розробці конструктивних рішень, що призводить до перевитрат матеріалів та невиправданих розрахунків, що впливають на термін служби будівель, який перевищує нормативний (зазвичай до 20 років).

Вимоги, що висуваються в ДБН, включають різні показники якості. Наприклад, підвищення заводської готовності та темпів монтажу часто суперечать вимогам зниження вартості комплекту. З урахуванням принципів загального діалектичного розвитку, виявлені недоліки можуть слугувати напрямками для подальшого вдосконалення, що стане предметом наступного магістерського дослідження.

Аналіз джерел [1, 4] показав, що зарубіжні дослідники також внесли значний вклад у розвиток науки та практики будівництва котеджів із сендвіч-панелей.

У працях японських та французьких вчених, таких як Ф. Отто, М. Рагон, К. Танге та А. Квормбі, досліджуються питання використання пневматичних і каркасно-панельних конструкцій, заснованих на біонічних принципах і виготовлених з пластмасових матеріалів. Ще у 1948 році в США були побудовані перші реальні об'єкти з повітряною опорою для військових та цивільних цілей, а також організовано пионерну компанію для їх виробництва. В Європі перше пневматичне спорудження було представлено на Всесвітній виставці в Брюсселі у 1958 році, яке виготовила американська компанія «IRVING». З того часу почалося активне освоєння легких надувних конструкцій в багатьох країнах. У Великій Британії в 1938-1939 роках надувні

куполи діаметром 6-9 м використовувалися як тренажери, на які проектувалися зображення атакуючих літаків.

Пневматичні будівлі використовувалися замість традиційних капітальних конструкцій з дерева, металу та каменю в тих випадках, коли будівництво потрібно було завершити за короткий термін — від годин до декількох днів, або коли відомо, що термін функціонування споруди на певному місці буде коротким. Можливість передислокації за допомогою одного автомобіля чи літака і швидкий монтаж в кілька годин визначили первинну область застосування таких споруд як польових, швидкомонтованих на нових майданчиках в віддалених районах.

Сучасний досвід показує, що сьогодні в США, Європі та Японії кількість постійних пневматичних об'єктів досягла кількох тисяч одиниць.

Дослідження виявило основні напрямки ефективного використання швидкомонтованих будівель в конкурентному середовищі:

1. Тимчасові житлові та громадські будівлі під час стихійних лих і катастроф — медпункти, їдальні, укриття, склади, лазні, пральні, штаби.

2. Тимчасові житлові поселення довготривалого характеру — пересувні будинки-трейлери, їдальні, кафе, мотелі, кемпінги, пральні, лазні, склади, спортивні комплекси, готелі, гуртожитки, магазини, медпункти.

3. Склади та сховища для промислової продукції, сільськогосподарських товарів, сировини, кормів і добрив під час сільськогосподарських робіт.

4. Об'єкти для розміщення персоналу на будівельних майданчиках — тимчасові містечка для будівельників, тепляки для зимових умов, опалубка для бетонних конструкцій і напилювальних пластмас, тимчасові куполи, склепіння та складки.

5. Покриття для стаціонарних громадських і спортивних споруд — тенісні корти, ринги, ігрові майданчики, плавальні басейни, бігові та льодові доріжки, хокейні поля, кінноспортивні манежі, стадіони, концертні зали.

6. Швидкобудуюємі військові містечка для тривалої дислокації військових баз і підрозділів в зарубіжних країнах — НАТО в Європі, Азії та Африці.

Згідно з даними [5, 6], приблизно 30% пневматичних конструкцій використовуються для громадських цілей, ще 30% — для промислових потреб, 30% — для військових завдань, і 10% — для виставок. У Німеччині близько 69% надувних об'єктів призначені для складів, 13% — для спортивних споруд, а 18% — для інших цілей. Наприклад, ціна серійного комплекту будівель від компанії «AIR-TECH» (США) варіюється від 15 до 30 доларів за квадратний метр [6]. Дослідження показали, що вартість суттєво зменшується при збільшенні площі: для конструкцій площею 150 м² вартість становить 18-20 доларів за м², для площі 300 м² — 13-15 доларів за м², тобто з розширенням площі в 2-3 рази ціна зменшується приблизно в 1,5-1,2 рази.

Цікаві результати отримані при порівнянні витрат і трудомісткості монтажу і демонтажу пневматичних об'єктів американського виробництва з вітчизняними конструкціями. Наприклад, вартість вітчизняного об'єкта А-18-С розміром 48х18х9 м становить 27,5 тисяч гривень, або 51 гривень за м², в той час як ціна аналогічного американського об'єкта — 1,2 долара за м². Станом на 2004 рік вартість порівнянного по плануванню гуртожитку збірно-розбірної системи «Модуль» досягала 100-120 доларів за м². Таким чином, вартість іноземних пневматичних систем приблизно в 1,5-2,5 рази менше, ніж вітчизняних швидкомонтованих конструкцій [4].

Мінімальні показники трудомісткості монтажу для універсальних збірно-розбірних систем мають комплекси «Модуль» — 0,25 люд.-год/м² і «УСРЗ-2» — 0,32 люд.-год/м². За оцінками [2-3], мінімальна трудомісткість монтажу для серійних вітчизняних контейнерних конструкцій становить 0,02-0,1 люд.-год/м² для систем «Піонер», «Нева» та «Універсал». Однак, за даними [2, 3, 4], швидкість розгортання найкращих іноземних пневматичних систем досягає 0,01-0,02 люд.-год/м², що в 2-5 разів швидше, ніж для контейнерних систем, і в 15-20 разів швидше, ніж для збірно-розбірних конструкцій вітчизняного

виробництва. Важливо відзначити, що темп монтажу та демонтажу є критично важливим фактором у більшості практичних застосувань, поряд із іншими факторами, такими як витрати на монтаж і експлуатацію, надійність та інші.

Авторські дослідження показали, що провідними світовими виробниками пневматичних об'єктів є компанії «Бердейр» (США, Бостон), «Крупп» (Німеччина, Ратінгент) та «Тайо Когио» (Японія, Осака). Найбільші пневматичні конструкції досягають довжини 220 м (США, 1975 рік), ширини або діаметра 168,3 м (США, 1975 рік) і висоти 49 м (США, 1962 рік) [1-5].

Однак, слід зазначити, що сучасні іноземні швидкомонтовані будівлі не обмежуються лише пневматичними конструкціями. Як показує аналіз літератури [2, 3, 4], значне поширення отримали також контейнерні, збірно-розбірні та тентові системи. З отриманих даних видно, що всі розвинені країни використовують різні системи власних оригінальних розробок, що підкреслює актуальність теми дослідження у цій роботі. Приведені відомості також свідчать про різноманітність конструктивних типів, габаритів і сфер застосування швидкомонтованих будівель.

Особливу увагу слід звернути на великі обсяги виробництва мобільних будівель. Наприклад, згідно з даними [11, 12], американська асоціація «Більшо Зігрій» виготовляє понад 30 тисяч контейнерів щорічно. В порівнянні з вітчизняною практикою, ці обсяги в кілька разів перевищують виробництво вітчизняних блоків в усіх міністерствах та відомствах країни [13].

Аналіз джерел показав, що дослідження англійських і німецьких учених І. Фрідмана, П. Моргана, Ж. Канділіса, С. Вудса та У. Чока охоплюють широкий спектр проблем практичного використання складних будівель з адаптованими елементами, що реагують на змінювані зовнішні умови. Роботи італійських та іспанських дослідників П. Солері, І. Бласко, С. Міллера і Р. Штромера також розглядають питання трансформованих несучих та огороджувальних конструкцій.

Аналіз отриманих даних свідчить про постійне зростання мобільного житлового будівництва в загальному обсязі житлового будівництва США.

Виробництво різноманітних контейнерних будинків, трейлерів з закріпленою ходовою частиною та збірно-розбірного житла стало інтенсивно розвиваючоюся галуззю національної економіки, що становить близько 90% від загального обсягу швидкомонтованого будівництва в США.

Проводячи дослідження щодо використання швидкомонтованих будинків у цивільному секторі за кордоном, важливо також проаналізувати їх застосування іноземними збройними силами в умовах бойових дій, зокрема під час локальних конфліктів, таких як в Іраку у 1991, 1999 і 2003 роках, а також в Афганістані в 2001 році.

Зокрема, варто розглянути особливості застосування швидкомонтованих конструкцій для розміщення військових контингентів під час операцій «Щит пустелі» (1991) та «Ліси в пустелі» (1999). Зокрема:

1. Виявлено, що Збройні Сили США і НАТО можуть оперативно розгорнути велику групу сухопутних, військово-повітряних і військово-морських сил на будь-якому, навіть важкодоступному і екстремальному в природно-кліматичному плані, театрі військових дій завдяки ефективному використанню стандртних швидкомонтованих комплексів (до 600 тис. осіб).

2. Сучасна технологія будівництва для військових баз у США базується на поєднанні традиційних засобів (намети та польові кухні) і повнозбірних мобільних конструкцій, що зберігаються на військових складах, базах інших країн та на кораблях-складах. Основні характеристики таких систем включають: міцність, легкість, транспортабельність, а також швидкість монтажу і демонтажу без використання вантажопідйомних механізмів.

3. Висока надійність конструкцій і технологічних рішень швидкомонтованих будівель, ефективні мобільні системи очищення води, насосні та дезінфекційні установки, а також створення заздалегідь готових комплектів забезпечують високі темпи розгортання військових містечок.

Отже, в цьому розділі проведено аналіз і встановлено актуальність використання швидкомонтованих будівель, включаючи індивідуальні житлові конструкції з сендвіч-панелей, як в Україні, так і за кордоном.

1.2 Вимоги до моделей і методів оцінювання ефективності будівництва індивідуальних житлових будинків із сендвіч-панелей

Виходячи з результатів аналізу стану швидкомонтованого будівництва (розділ 1.1) та на основі наукових рекомендацій з джерел [1, 3], автором були сформульовані вимоги до моделей і методів оцінки ефективності використання сендвіч-панелей у швидкомонтованих будівлях. Пропонована система вимог представлена в таблиці 1.1.

Аналіз вимог, розроблених автором і наведених у таблиці 1.1, показує, що потрібно враховувати не лише загальні аспекти, а й специфічні вимоги, що випливають із особливостей будівельних процесів зведення котеджів з сендвіч-панелей і умов їх експлуатації в конкурентному середовищі.

Виходячи з ряду системних вимог [3, 4], моделі та методи повинні відповідати наступним критеріям:

1. Комплексне наукове обґрунтування досліджуваної задачі з урахуванням як аспектів швидкомонтованих котеджів, так і загальних цілей будівельної галузі.

2. Визначення ключових тенденцій у науково-технічному, економічному та соціальному розвитку будівництва котеджів.

3. Кількісна формалізована оцінка ефективності технологічних рішень для будівництва котеджів із сендвіч-панелей.

4. Оцінка термінів досягнення результатів.

5. Опис і обґрунтування різних альтернативних рішень та узагальнюючих висновків.

Таблиця 1.1 – Вимоги, що пред'являються до моделей і методів оцінки ефективності застосування сендвіч-панелей в швидкомонтованих будівлях

Предмет дослідження	Найменування вимоги	Метод оцінки вимог
1	2	3
I. Система критеріїв оцінки ефективності будівництва котеджів на основі сендвіч панелей. 1.1. Виготовлення. 1.2. Транспортування.	1. Загальні вимоги 1.1. Наявність інтегрального критерію якості. 1.2. Наявність узагальнених критеріїв якості. 1.3. наявність диференціальних	1. Ієрархічна система критеріїв. 2.Оценка коефіцієнтів вагомості критеріїв
1.4. Демонтаж. 1.5. Експлуатація. 1.6. Завершення терміну експлуатації.	1.4. Кількісна форма критеріїв. 1.5. Порівнянність одиниць виміру всіх критеріїв 1.6. Значимість (вагомість) критеріїв.	
	2. Спеціальні вимоги 2.1. Облік варіантів застосування сендвіч-панелей в новому будівництві котеджів, при реконструкції і в надзвичайних ситуаціях. 2.2. Облік конкурентного середовища.	
II. Система моделей оцінки ефективності будівництва котеджів з сендвіч-панелей. II.1. Прогнозізованіе. II.2. Планування. II.3. Поточне планування. II.4. Оперативне керування. II.5. Регулювання, облік, аналіз.	1. Загальні вимоги 1.1. Адекватність. 1 2.Інформаціонная достатність. 1.3. Множинність. 1.4. Здійсненність. 1.5. Можливість моделювання на комп'ютері. 1.6. Мінімум затрат при використанні моделей.	1. Системний підхід до методології формування моделей. 2. Аксіологічна (ціннісна) спрямованість моделей

Продовження табл.1.1

1	2	3
	2. Спеціальні вимоги. 2.1. Облік чинників ризику. 2.2. Облік невизначених факторів впливу (погода і інші). 2.3. Облік всіх етапів життєвого циклу котеджу. 2.4. Облік різних варіантів будівництва котеджів з сендвіч-панелей. 2.5. Облік різних варіантів збірно-розбірних сендвіч-панелей.	
II. Система методів визначення ефективності будівництва котеджів з сендвіч-панелей. III. 1. Прогнозування. III.2.Планірованіе. III.3.Оценка. III.4.Корректіровка. III.5.Регулірованіе, аналіз.	1. Загальні вимоги. 1.1. Адекватність. 1.2. Інформаційна достатність. 1.3. Простота використання. 1.4. Мінімум затрат при використанні. 1.5. Можливість комп'ютерної обробки. 2. Спеціальні вимоги. 2.1. Можливість поновлення комп'ютерних версій. 2.2. Облік комплексу заходів щодо мінімізації ризиків в конкурентному середовищі. 2.3. Оцінка компетентності експертів. 2.4. Оцінка узгодженості думок експертів. 2.5. Оцінка достовірності результатів оцінок. 2.6. Облік збірно-розбірних сендвіч-панелей.	1. Кількісна форма визначення ефективності. 2. Працює з порівнюваних варіантів. 3. Системний підхід до формування «витрат» і «результатів» при зведенні котеджів з сендвіч-панелей.

Автор також підкреслює, що для виконання цих вимог моделі мають відповідати загальним принципам раціональних технічних рішень, які базуються на діалектичному методі пізнання.

Враховуючи результати досліджень Вагера Б.Г., Варламова Н.В., Карпова В.В. та Субетто А.І. [8-12], автор пропонує класифікацію методів оцінки ефективності будівництва котеджів з сендвіч-панелей. Цю класифікацію можна представити наступним чином:

Усі методи оцінки, залежно від ступеня формалізації, поділяються на інтуїтивні (експертні) та формалізовані (фактографічні). Інтуїтивні методи застосовуються, коли об'єкт оцінки (котеджі) настільки складний, що його аналітичне оцінювання ускладнене. У таких випадках використовуються експертні оцінки, які можуть бути отримані двома основними способами: індивідуальними та колективними оцінками.

До індивідуальних експертних методів відносяться:

а) Метод інтерв'ю, що передбачає безпосередній контакт експерта з фахівцем за схемою "питання-відповідь".

б) Аналітичний метод, який включає логічний аналіз і синтез прогнозованої ситуації.

Колективні експертні оцінки охоплюють:

в) Метод побудови сценаріїв, що базується на визначенні логіки розвитку будівельного процесу монтажу котеджів з сендвіч-панелей у часі при різних умовах.

г) Метод віртуальних ігор, при якому проводиться ігрове моделювання процесів майбутнього, включаючи різні варіанти монтажу котеджів з сендвіч-панелей за допомогою комп'ютерного моделювання.

З урахуванням особливостей котеджного будівництва та використання сендвіч-панелей, автор пропонує наступні методи колективних експертних оцінок:

а) Моделі ігор.

б) Метод колективної генерації ідей.

в) Метод «Дельфі».

г) Метод мозкової атаки.

Ці методи мають перевагу у колективному мисленні, що підвищує точність оцінок і дозволяє генерувати нові ідеї, аналізуючи незалежні індивідуальні думки.

Клас формалізованих методів оцінки можна розподілити на чотири групи, згідно з загальними принципами їх побудови:

1. Екстраполяційні методи:

- Метод найменших квадратів (МНК).
- Метод імовірнісного моделювання процесів монтажу сендвіч-панелей.
- Метод адаптивного згладжування.
- Метод експоненціального згладжування.
- Метод ковзних середніх.

2. Системні методи:

- Метод морфологічного аналізу.
- Мережевий метод.
- Метод функціональних моделей.
- Матричний метод.
- Метод дерев цілей.

3. Асоціативні методи:

- Історично-логічний аналіз.
- Імітаційне моделювання.

4. Методи випереджаючої інформації:

- Патентні методи.
- Методи аналізу інформаційних потоків з загальнотехнічних джерел.
- Методи оцінки значущості винаходів у технологічних рішеннях для зведення котеджів з сендвіч-панелей.

Складність сучасних будівельних процесів обумовлює важливість комбінованих методів, які поєднують переваги різних підходів. Наприклад, можна використовувати колективні експертні оцінки разом з імовірнісним

моделюванням або метод побудови сценаріїв в комбінації з імітаційним моделюванням. Для оцінки будівель доцільно застосовувати загальні методи науково-технічного аналізу в поєднанні з тими, які дозволяють найбільш точно врахувати специфіку швидкомонтованих конструкцій.

Як свідчать дослідження джерел [1, 4], вибір методу оцінки значною мірою залежить від чотирьох ключових факторів, представлених на рис. 1.1.

Аналіз теоретичних і практичних розробок [1-5] дозволяє виділити три ключових показники для оцінки якості технологічних рішень: точність, надійність і цінність.

Точність оцінки визначається розміром інтервалу, в якому розташовані параметри.

Надійність оцінки характеризує ймовірність того, що параметри потраплять у зазначений інтервал з прогнозованою точністю.

Цінність оцінки визначається ефективністю та обґрунтованістю управлінських рішень, прийнятих на основі результатів оцінки.

Зазначимо, що при застосуванні однієї й тієї ж моделі підвищення точності оцінки може знижувати її надійність. Натомість цінність оцінки зазвичай зростає з підвищенням її точності.

Різні види помилок впливають на результати оцінки. Статистичні помилки спричиняють відхилення показників від фактичних значень, тоді як динамічні помилки викривлюють траєкторію розвитку об'єкта. Як правило, статистичні помилки зменшують точність і надійність оцінки, але меншою мірою впливають на її цінність. Водночас цінність оцінки може знижуватися, якщо базові припущення про динамічні співвідношення параметрів технологічних рішень для монтажу котеджів з сендвіч-панелей виявляються невірними.

Таким чином, у цьому розділі розглянуто методи і фактори, що впливають на оцінку, а також розроблено вимоги для створення надійних

моделей вдосконалених технологічних рішень для зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей.



Рисунок 1.1 - Система ключових чинників, які впливають на вибір ефективного методу моделювання удосконалених технологій для зведення котеджів із промислових сендвіч-панелей

1.3 Оцінка стану наявних моделей технологій зведення індивідуальних житлових будинків із сендвіч-панелей

Розглянемо детальніше наявні теоретичні розробки в області будівництва котеджів із сендвіч-панелей. Вперше інтенсивні теоретичні та практичні дослідження в галузі використання швидкомонтованих будівель почали проводити вчені в 1960-х роках. До цього періоду належать наукові праці таких вчених, як Афонін П.І., Огороднiков Ю.Г., Кузьмін Е.П., Шевяков Л.С. та інших [9]. Основи наукової школи, присвяченої розвитку та вдосконаленню будівель для оперативного облаштування, зокрема військово-будівельних

частин, були закладені в Ленінградському вищому військовому інженерному будівельному Червонопрапорному училищі імені генерала армії А. Н. Комаровського (нині — Військовий інженерно-технічний університет, ВІТУ МО України). Праці цих вчених зосереджувалися на створенні нових військових будівель з використанням контейнерних і об'ємних елементів, а також на мобільних бетонозмішувальних установках та заводах товарного бетону.

Особливу увагу в дослідженнях мобільних комплексів приділяли роботам Карасьова Н.Н., який обґрунтував шляхи вдосконалення мобільних комплексів на основі універсальних збірно-розбірних конструктивних систем [10-12]. Він розробив основи теорії системного підходу до проектування, загальні принципи методу відкритої типізації, теоретичні підходи до проектування мобільних комплексів як технічних систем, а також визначив фізичну сутність поняття "мобільність" і його місце в універсальній матриці розмірності фізичних величин у системі Бартіні-Кузнєцова.

ВаГер Б.Г. [5] досліджував питання математичного моделювання, методів і комплексів програм, а також чисельні підходи до вирішення прикладних задач, що стосуються котеджного будівництва.

Карпов В.В. [3, 4] присвятив свої дослідження математичним завданням будівельного профілю, чисельним методам їх вивчення, математичній обробці експериментів і їх плануванню.

Праці Коробейникова А.В. [4] та Фролькіса В.А. [5] містять рішення задач теорії і методів систематизації експериментів, а також відображають математичні підходи до дослідження будівельних процесів.

Казаков Ю.Н. у своїх працях розглядає проблеми прогнозування розвитку технологій швидкомонтованих будівель у майбутньому, а також моделі оптимізації процесів зведення збірно-розбірних та контейнерних споруд з урахуванням організаційно-технологічних факторів [5-8].

У теорії швидкісного зведення об'єктів спеціального будівництва, розробленої Афанасьєвим В.А. зі СПбГАСУ [7, 8], аналіз ключових складових

цієї теорії свідчить, що завдяки широкомасштабним теоретичним і практичним дослідженням було вирішено питання підвищення темпів зведення будівельних комплексів. Варто зазначити, що на практиці вирішена проблема знайшла своє відображення у нормативно-методичних та довідкових документах, присвячених проектуванню організації робіт за допомогою ЕОМ ще в 1975 році. Основною метою теорії було виявлення потенціалів організаційного та управлінського рівнів будівництва. Проте наукове обґрунтування раціональних технологічних рішень для зведення котеджів із сендвіч-панелей в умовах сучасних ринкових відносин залишилося невирішеним.

Відома також теорія оптимізації мобільних будівель на будівельних майданчиках з урахуванням різних конструктивних типів об'єктів, розроблена Олійником П.П. з ЦНИИОМТП, яка відображена в каталогах [3]. Критичний аналіз основних положень цієї теорії, проведений автором даної кваліфікаційної роботи, показав, що задача розкриття закономірностей удосконалення технологій збірно-розбірних, контейнерних, пневматичних і тентових конструктивних систем не була поставлена. У рамках цієї роботи автор взяв до уваги специфіку вирішуваного наукового завдання, що включає облік винахідницької діяльності в галузі створення нових систем, а також комплексний розгляд принципів будівництва мобільних будівель нового покоління з урахуванням конкурентного середовища. Однак теоретичне узагальнення з квалиметричної оцінки якості серійно випущених мобільних будівель і обґрунтування практичних раціональних технологічних рекомендацій щодо їх застосування в будівництві індивідуальних житлових будинків не проводилося.

Науково-технічні основи економічного обґрунтування раціональних рішень об'єктів були розроблені Васильєвим В.М. та іншими [14]. Аналіз базових принципів цієї теорії свідчить про вирішення актуальної економічної проблеми обґрунтування економічного ефекту від впровадження мобільних виробничих потужностей не лише в будівельній галузі, але і в машинобудуванні, видобувних галузях та лісовому господарстві. Однак у

рамках цієї роботи не розглядалися питання обґрунтування вдосконалених технологічних рішень для зведення котеджів із сендвіч-панелей, а також виявлення об'єктивних законів їх розвитку на основі історично-логічного та патентного аналізу з визначенням перспективних тенденцій у цій галузі. Також не були розроблені практичні рекомендації щодо підвищення ефективності котеджного будівництва з урахуванням критеріїв мінімізації трудомісткості та вартості.

Відомою є теорія підвищення ефективності функціонування мобільних будівельно-монтажних організацій, розроблена Прикіним Б.В. та іншими, МГСУ [8]. Критичний аналіз основних положень цієї теорії, проведений автором, показав вирішення важливої народногосподарської проблеми, проте, зважаючи на специфіку об'єкта магістерського дослідження, розробка моделей та методик обґрунтування вдосконаленого технологічного рішення зведення котеджів із сендвіч-панелей залишилася поза увагою.

Як показав аналіз літературних джерел, проведений автором, у дослідженнях Темнова В.Г. [11] розглянуті теоретичні аспекти технологій зведення мобільних багатофункціональних систем біонічного типу. У Санкт-Петербурзі та СПбГАСУ існують експериментальні зразки таких споруд.

Роботи Єрмолова В.В. [5] охоплюють не лише теоретичні, а й практичні питання використання повітронаповнюваних та повітронесомих конструкцій в Україні та за її межами. Він запропонував оптимальні форми та конструкції оболонок, розробив методики їх розрахунку, а також технологічні операції з монтажу, демонтажу та передислокації оболонок і вентиляційних установок.

У роботах Саприкіної Н.А. [4] глибоко вивчені принципи будівництва адаптивних архітектурних об'єктів, які використовують жорсткі та гнучкі кінематичні системи. Вона сформулювала базові вимоги та критерії оцінки біотектонічних систем.

Однак, згідно з оцінками джерел [10, 11], ці розробки поки що не знайшли широкого застосування в інвестиційно-будівельному секторі міст

через специфіку соціально-економічного та науково-технічного розвитку України.

У дослідженнях Большеротова А.Л. та Лебедєвої Н.І. [12] розглянуто широкий спектр питань, пов'язаних з технологією зведення виробничих споруд у формі пересувних промислових баз будіндустрії на основі збірно-розбірних систем «Модуль», «УКС» і «Уіз». Вони обґрунтували принципи формування функціональних зон, запропонували перспективні напрямки вдосконалення конструктивних рішень і технологічні ідеї щодо використання пластмасових матеріалів у каркасах і зовнішніх огороджувальних конструкціях контейнерних споруд.

Дослідження Ткаченка І.М., Слюсаренка Ю.Г. та Аметова Ю.Г. [13] присвячені проблемам створення секційних будівель СКЗ та БКЗ з прольотами 12, 18 та 24 м для різних кліматичних зон. Вони обґрунтували технічні рішення щодо застосування різних типів легких огороджувальних конструкцій у панелях, технології прискореного монтажу і демонтажу шарнірних секцій, а також провели комплексні механічні та теплофізичні дослідження експериментальних зразків.

У дослідженнях Хацкевича К.Г., Казанцева І.А., Котюкової Т.М. та Коновалова С.І. [12-14] було розроблено та обґрунтовано концепції високомобільних комплексів з м'якими захисними конструкціями, виготовленими з ефективних матеріалів. Вони провели експериментальні тести конструкцій пересувного модуля «Звід» і складної конструкції «Юрта», здатних працювати автономно та з'єднуватися у вахтові комплекси. Було створено перспективні технічні рішення для збірно-розбірних рам з прольотом до 24,65 м, які складаються з однакових модулів з уніфікованими з'єднаннями, що не потребують спеціальних інструментів для монтажу, і можуть бути ефективно використані для швидкого розгортання тимчасових поселень у зонах природних катастроф.

Дослідження Бердникова Ю.Д. та Черепова І.А. [10] зосереджуються на розробці мобільних виробничих баз, які здатні виконувати будівельно-

монтажні роботи з річним обсягом від 2 до 8 мільйонів гривень у важкодоступних регіонах країни. Ці бази передбачають виробництво збірного залізобетону, товарного бетону, розчину, арматури, столярних та опалубних виробів, а також забезпечення технічного обслуговування та ремонту будівельної техніки й транспортних засобів, включаючи надання побутових послуг працівникам.

Ф. Адам [3] досліджує питання модернізації будівельних технологій в Україні, зокрема, впровадження контейнерних житлових будинків, вироблених компанією "БУК" (Німеччина). Варто зазначити, що використання мобільних виробничих баз і контейнерних будинків значно скорочує підготовчий період будівництва, прискорює завершення будівельних проектів, знижує транспортні витрати та суттєво покращує умови праці будівельників. Подібні дослідження у військово-будівельному комплексі проводять Денисова Т.А., Огороднiков Ю.Г. та інші науковці [9].

Дослідження Мясникова Б.Н. та його колег [9] зосереджені на вивченні технологій трансформованих конструкцій та каркасно-панельних вахтових селищ для північних районів, розроблених для потреб Мінтопенергетики. Вони також охоплюють передислокацію систем за допомогою авіаційного транспорту в західні райони Сибіру для РАО «Нафтогаз», тестування міцності й вогнестійкості нових конструкцій для Середньої Азії в інтересах Мінатомпрому, а також використання легких конструкцій під час ліквідації наслідків землетрусів у Ташкенті, Скоп’є та Спітаку.

Аналізуючи завдання обґрунтування ефективних технологій монтажу котеджів із сендвіч-панелей [1, 5], необхідно враховувати ключове системне положення. Модульних будівель та споруд, що формують переважно архітектурно-будівельну підсистему, недостатньо для повноцінного функціонування житлового комплексу. Як показали оцінки, виконані автором цього магістерського дослідження, для створення комфортних житлових умов у приватному будинку необхідні спеціальні підсистеми збірно-розбірного інженерного забезпечення, виконані у комплектно-блоковому варіанті. Це

пояснюється тим, що підключення мобільних об'єктів до централізованих мереж інженерного забезпечення може бути економічно невигідним. Досвід будівництва підтвердив необхідність розробки спеціальних комплексів швидкомонтованих інженерних об'єктів для житлових будинків.

У роботах Григор'єва В.С. та Гольдина М.А. [9] було досліджено як теоретичні, так і практичні аспекти створення технологічних рішень для різних типів інженерних споруд, що базуються на використанні об'ємних елементів з уніфікованими параметрами. Вони обґрунтували і реалізували мобільні електростанції з потужністю 75; 100; 200; 500; 4000 кВт, котельні з продуктивністю 0,25; 1; 2; 4; 6 Гкал/год, а також установки водопостачання та водовідведення з продуктивністю 6; 12; 25; 50; 100; 400 куб.м/добу, станції знезараження для обсягу 12-400 куб.м/добу та інші об'єкти, які здатні задовольнити потреби тимчасових селищ на 6-2000 осіб.

Проведений системний і критичний аналіз цих робіт дозволив автору зробити узагальнений висновок, що в дослідженнях залишилася невирішеною важлива наукова задача: розробка нових моделей вдосконалених технологічних рішень для будівництва індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей, з урахуванням критеріїв оптимізації за мінімумом трудових і фінансових витрат на монтаж.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ

2.1 Алгоритм створення оптимізованої моделі технології зведення індивідуальних житлових будинків з використанням індустріальних сендвіч-панелей

Для оптимізації технологічного процесу монтажу котеджів із сендвіч-панелей, автором було створено теоретичну модель, що спрямована на підвищення технологічності всіх будівельних операцій. Ця модель розглядається як система високотехнологічних рішень, яка охоплює не лише етапи будівництва, але й процеси експлуатації, ремонту, демонтажу та утилізації, з метою максимізації ефективності на всіх етапах життєвого циклу (ЖЦ).

$$M = f(Еж) + \{Ектр\} \to \max, \tag{2.1}$$

де M - модель підвищення технологічності будівельних процесів, $Еж$ - етапи життєвого циклу будинку, $Ектр$ - етапи розробки та впровадження вдосконалених конструктивно-технологічних рішень.

Такі основні технологічні параметри зведення котеджів, як витрати, праці та машинного часу, вартість і тривалість робіт пропонується оцінювати інтегральним підсумовуванням системних витрат не тільки на стадіях підготовки і забезпечення, проектування (Зпр) і будівництва (Зстр), але на всіх

інших етапах життєвого циклу - змісту (Зсод), ремонту (Зрем), реконструкції (Зрек), демонтажу (Здем) і утилізації (З> тил) за допомогою наступної моделі:

$$M(Зжц) = Зктр_{підг.пр.буд.} + Зктр_{сод.рем.рек.} + Зктр_{дем.утил.} \to \min, \quad (2.2)$$

де $Зжц$ - витрати життєвого циклу,

$Зктр_{підг.пр.буд.}$ - витрати на стадіях підготовки, проектування і будівництва,

$Зктр_{сод.рем.рек.}$ - витрати на етапах експлуатації, ремонту і реконструкції,

$Зктр_{дем.утил.}$ - витрати на етапах демонтажу, транспортування та утилізації будинку.

Автором був розроблений алгоритм для оптимізації процесу монтажу котеджів з сендвіч-панелей, який зображено на рис. 2.1. Цей алгоритм базується на багатокритеріальному підході до оптимізації. Подальші етапи роботи, що показані на рис. 2.2, включають створення оптимального технологічного регламенту для швидкомонтованих котеджів за допомогою покрокової багатокритеріальної оптимізації. Цей підхід дав змогу визначити три ключові наукові завдання для удосконалення технології монтажу індивідуальних житлових будинків із сендвіч-панелей.

ПОСТАНОВКА НАУКОВИХ ЗАДАЧ:

- Оцінити поточний стан будівельних процесів щодо зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей як в Україні, так і за кордоном.

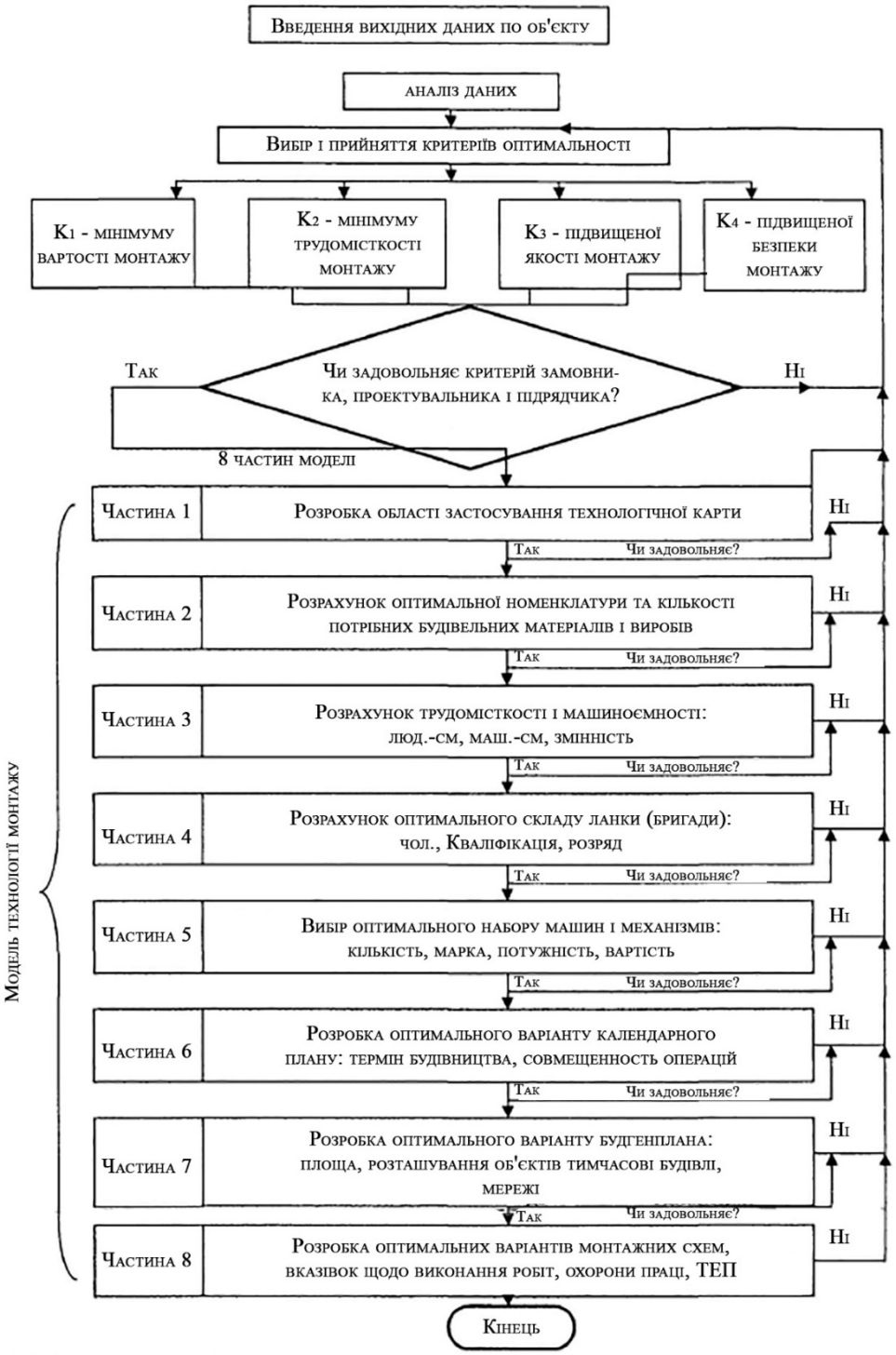


Рисунок 2.1 - Схема процесу створення найбільш ефективної технології монтажу індивідуальних житлових будинків з використанням багатокритеріальної оптимізації

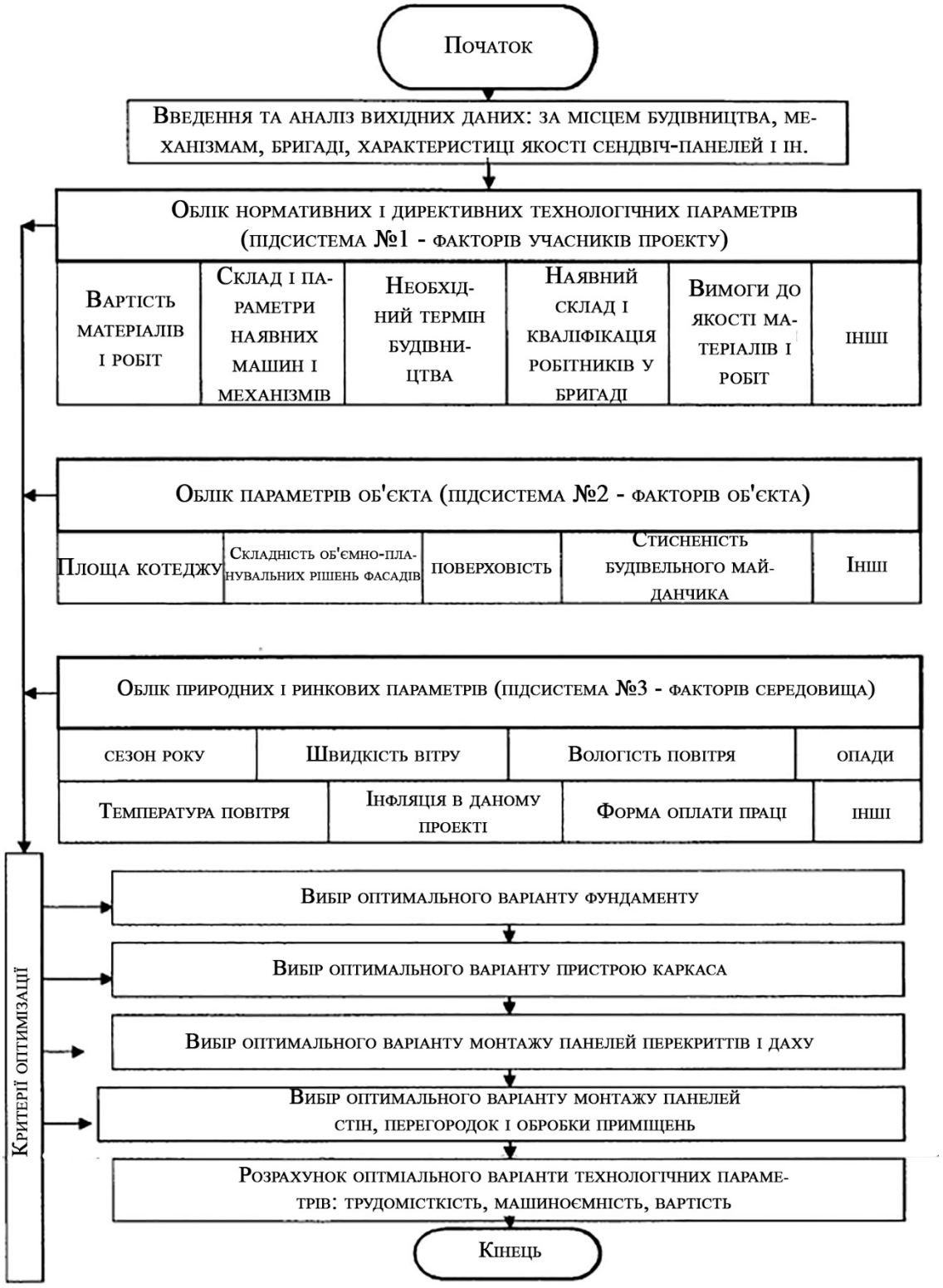


Рисунок 2.2 - Схема процесу створення оптимального технологічного регламенту для монтажу котеджів з використанням поетапної багатокритеріальної оптимізації

- Теоретично розробити удосконалені технології для зведення індивідуальних житлових будинків з оптимально підібраними індустріальними сендвіч-панелями з підвищеним рівнем заводської готовності, що передбачають мінімальне використання кранів.

- Запропонувати поліпшені конструктивно-технологічні рішення для монтажу індивідуальних житлових будинків з сендвіч-панелей, використовуючи швидкозбірні шарнірні вузли типу «муфта-гільза» зі сталі, що не потребують зварювання або омоноличування.

- Запропонувати оптимальну організацію та технологічні підходи для монтажу котеджів, враховуючи ключові впливові фактори: розміри об'єкта, кількість і кваліфікацію працівників, рівень механізації процесів, розміри і вагу панелей, а також типи з'єднувальних вузлів.

На основі цього були розроблені нові теоретичні рішення, зокрема модель проектування, структура та послідовність технологічних етапів у комплексному процесі монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей (див. рисунки 2.3 і 2.4).

На основі алгоритмів і моделей, представлених на рисунках 2.1-2.4, а також проведених досліджень, автором були визначені основні принципи для розробки вдосконалених технологічних рішень, відповідно до критеріїв оптимізації, що включають зменшення трудомісткості та витрат на будівництво індивідуальних житлових будинків:

1) Спрощення транспортування та монтажу конструкцій шляхом використання легких сендвіч-панелей, виготовлених з інноваційних матеріалів, таких як ефективні сталеві та дерев'яні каркаси, мінеральні плити, а також зменшення ваги конструктивних елементів.

2) Розширення можливостей планування та функціонального використання індивідуальних житлових будинків шляхом уніфікації стандартних елементів сендвіч-панелей для стін і перекриттів.

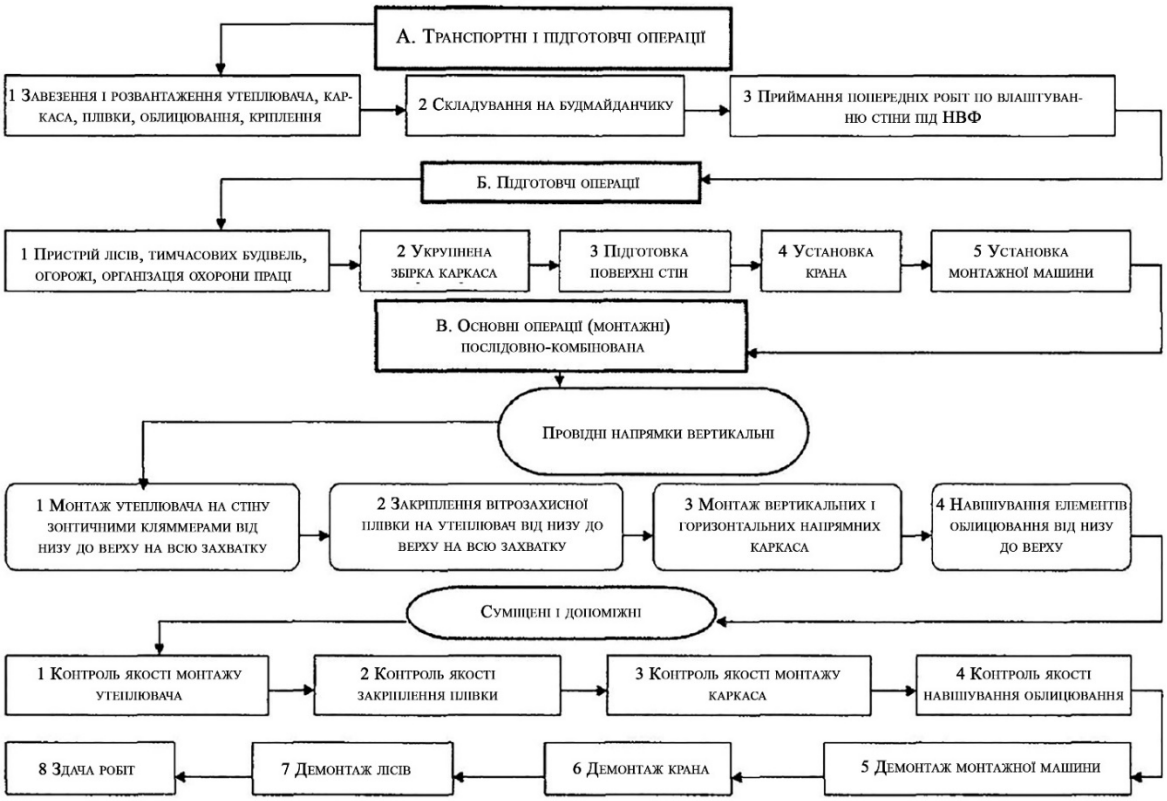


Рисунок 2.3 - Організація і порядок дій у технології комплексного механізованого монтажу елементів НВФ: КМПм-НВФ

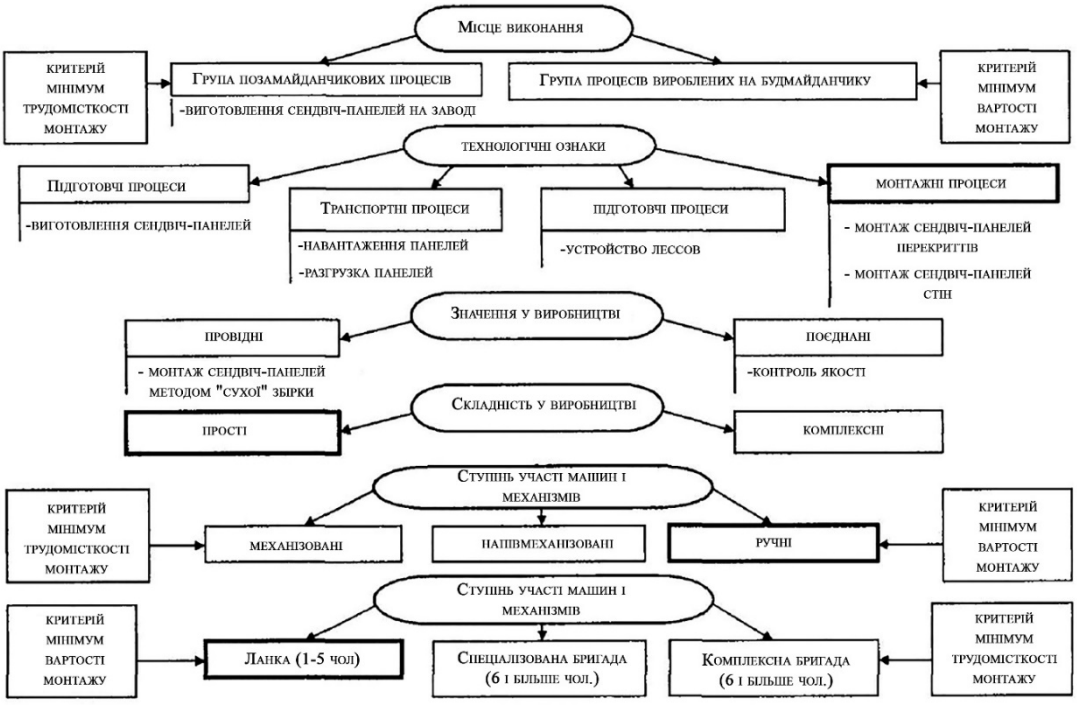


Рисунок 2.4 - Організація та порядок етапів у технології комплексного механізованого монтажу елементів НВФ: КМПм-НВФ

3) Забезпечення можливості адаптації об'єкта, а також

4) Забезпечення можливості адаптації об'єкта, зокрема його швидкої та легкої модифікації в будь-якому напрямку;

5) Використання уніфікованого розміру сендвіч-панелей, кратного 1,2 метра (наприклад, 1,2; 2,4; 3,6 метра тощо);

6) Впровадження нових типів швидкосбірних з'єднувальних вузлів між елементами;

7) Уникнення трудомістких та витратних будівельних процесів, таких як зварювання, використання болтів і саморізів, замонолічування бетонних стиків і інші деталі;

8) Спрощення будівельних процесів і монтажних операцій, зокрема за допомогою мінімального використання автокрана та невеликої групи монтажників (2-3 людини).

На основі цих принципів було проведене моделювання технології зведення котеджів із сендвіч-панелей, з урахуванням п’яти різних аспектів технологічності на всіх етапах життєвого циклу проектування, будівництва та експлуатації індивідуальних житлових будинків:

1. Технологічність виробництва сендвіч-панелей — оцінка підсистеми виготовлення панелей за критеріями, такими як типи панелей, загальна кількість елементів, матеріаломісткість, трудомісткість, деформації і напруги, рівень механізації процесів, точність геометричних форм і розмір елементів.

2. Транспортна технологічність сендвіч-панелей — оцінка критеріїв транспортування виробів, таких як різні типи панелей, вага, транспортні витрати, підкріплення відправних елементів, завантаження і розвантаження, механізація процесу.

3. Технологічність монтажу сендвіч-панелей — оцінка підсистеми монтажу за такими критеріями, як трудомісткість, виконання вологих процесів, деформації і напруги, рівень механізації, швидкість виконання робіт, однорідність структурних елементів і зон захвату, зручність складання та зварювання, а також врахування допусків.

4. Експлуатаційна технологічність сендвіч-панелей — характеристика системи експлуатації з акцентом на зручність обслуговування, витрати на експлуатацію, енергетичну ефективність, автоматизацію, трудомісткість та зменшення витрат на опалення індивідуального житлового будинку.

5. Технологічність модернізації та реконструкції — оцінка таких аспектів, як покращення технічних характеристик будинку, підвищення теплоізоляції стін відповідно до нових стандартів, оновлення облицювання сендвіч-панелями, можливість об'ємно-планувальних змін, впровадження нових технологій і обладнання, забезпечення відповідності вимогам безпеки та комфорту.

У загальному контексті технологічності зведення котеджів із сендвіч-панелей розуміється як ступінь простоти, доступності, швидкості та легкості реалізації конструктивних і технологічних рішень з використанням стандартних механізмів і невеликої кількості робітників середньої кваліфікації. Це охоплює не тільки процес зведення, але й експлуатацію, модернізацію та реконструкцію, відповідно до сучасних стандартів якості, безпеки та ефективності будівельних процесів.

Таким чином, теоретичні аспекти та алгоритми, що були розроблені, сприяють створенню оптимальної моделі вдосконаленої технології зведення індивідуальних житлових будинків з оптимізованих сендвіч-панелей.

2.2 Удосконалені конструктивно-технологічні підходи до монтажу індивідуальних житлових будинків із сендвіч-панелей індустріального виробництва

Як було зазначено в розділі 2.1 цього дослідження, для досягнення ефективного технологічного рішення монтажу індивідуальних житлових

будинків з індустріальних сендвіч-панелей потрібно замінити традиційні трудомісткі методи з'єднання панелей на більш прості та менш затратні техніки.

З цією метою, відповідно до наукової задачі, викладеної в розділі 2.1, автор застосував системний аналіз і моделювання для виявлення нової важливої наукової залежності: зниження трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків залежить від основного чинника — збільшення площі інноваційних сендвіч-панелей. Цю залежність ілюстровано на рисунку 2.5.

Подальші розрахунки, виконані за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірностей, дозволили створити моделі, що адекватно відображають виявлені на рисунку 2.5 залежності.

$$y_a = 1/tgx(-1.57 < x < 1.57), \tag{2.3}$$

$$y_b = (2x+3)/10x > 0, \tag{2.4}$$

Отже, перша наукова задача була вирішена: за допомогою експертних оцінок і математичної статистики, враховуючи два основних критерії оптимальності — мінімізацію трудомісткості монтажу вручну малим бригадом з 2-4 малокваліфікованих працівників і максимізацію раціональності та зручності планувальних рішень, було обґрунтовано оптимальний розмір панелей, що складає 1,2 на 3,6 метра в плані.

Подальший теплотехнічний розрахунок, проведений автором, показав, що для 2 В кліматичного району України оптимальна товщина панелі повинна бути 30 см. Цей варіант включає 25 см жорсткої мінераловатної плити марки «Роквул» (три шари: 10 см, 10 см і 5 см), розташованої в металево-дерев'яному каркасі панелі, а також 5 см обшивки з цементно-стружкових плит товщиною по 2,5 см з обох сторін. Інші можливі варіанти утеплювачів та обшивок, такі як матеріали марок «Урса», «Парок», водостійка товста фанера, фіброцементні плити та інші, можуть бути використані за умови відповідного теплотехнічного розрахунку для визначення товщини шарів.

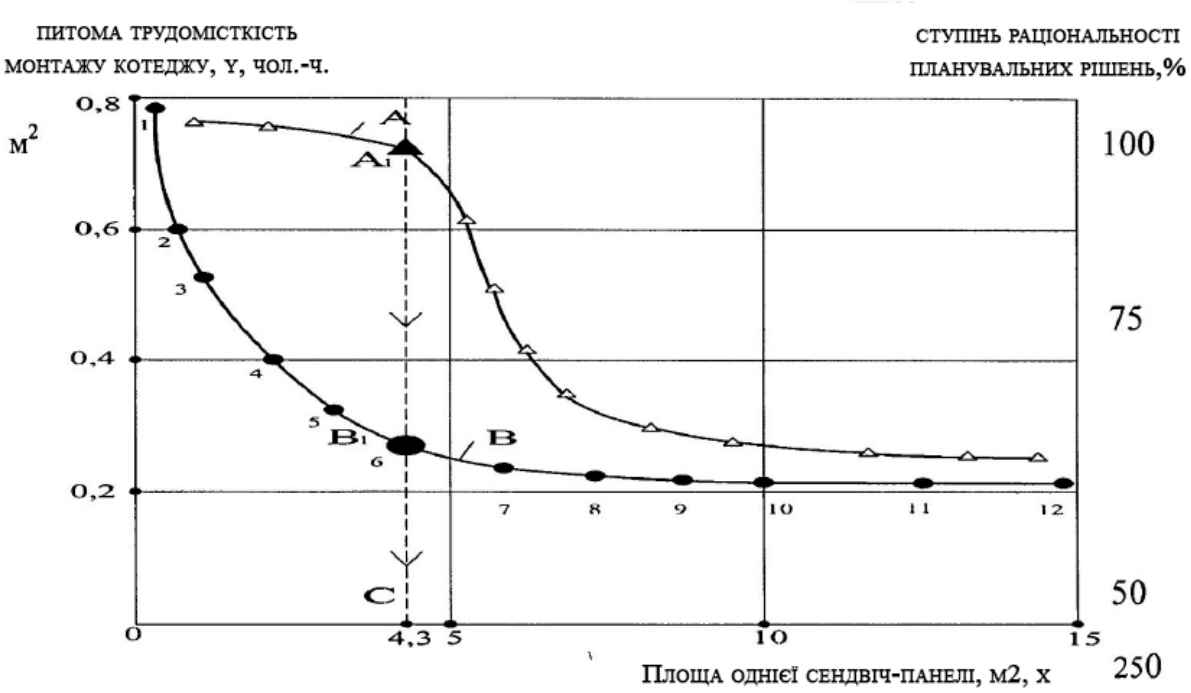


Рисунок 2.5 - Взаємозв'язок між зменшенням питомої трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків і фактором впливу — розширення площі інноваційних сендвіч-панелей: А - залежність між підвищенням ефективності об'ємно-планувальних рішень і збільшенням площі сендвіч-панелей; А1 - точка оптимального значення; В - залежність між зменшенням трудомісткості монтажу та збільшенням площі панелей; В1 - точка оптимальної площі; 1-5 - дрібні панелі; 6-8 - середні панелі; 9-12 - великі панелі; С - оптимальна площа панелі 4,3 м² (1,2 х 3,6 м); • - дані експериментальних вимірювань; - оцінки експертів.

Згідно з другою науковою задачею, поставленою в п.2.1, було сформульовано наступну наукову гіпотезу: для подальшої оптимізації процесів зменшення трудомісткості та вартості монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей необхідно замінити традиційні трудомісткі методи з'єднання панелей на більш прості та ефективні техніки.

Автор, використовуючи системний аналіз і моделювання, виявив нову наукову залежність: зменшення питомої трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків від другого важливого чинника - підвищення швидкості з'єднання елементів сендвіч-панелей. Ця залежність ілюструється на рис. 2.6.

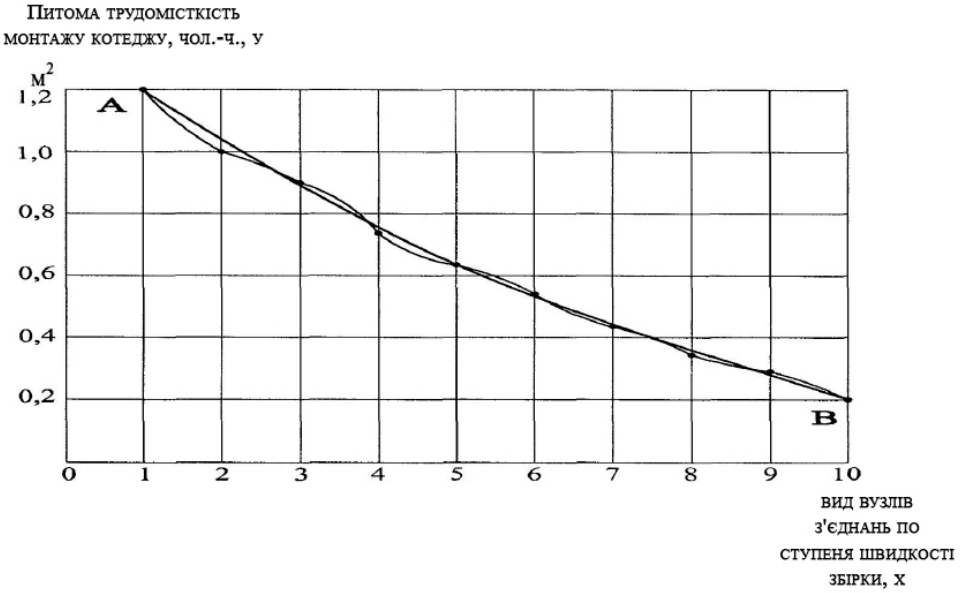


Рисунок 2.6 - Залежність зниження питомої трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків від фактора впливу №2 - швидкість з'єднання елементів сендвіч-панелей: 1 - додаткові сполучні елементи; 2 - зварювальні роботи; 3 - монолітне з'єднання; 4 - накладні пластини; 5 - болти; 6 - саморізи; 7 - паз-гребінь; 8 - болти і шурупи; 9 - гвинти; 10 - нова технологія з'єднання «гнучкі розрізні гільза і муфта»; А - максимальна трудомісткість; В - мінімальна трудомісткість

Виявлений на рис. 2.6 залежності відповідає розрахована методами математичної статистики і теорії ймовірності адекватна модель:

$$y' = 0{,}005x'^{2} - 0{,}163x' + 1{,}335, \qquad (2.5)$$

де у'- питома трудомісткість монтажу,

х'- вид вузлів з'єднань.

З'єднувальний вузол містить муфту, яка закріплена на горизонтальному несучому елементі 1, а також один або більше шипів 6, прикріплених до вертикального несучого елемента та вставлених у муфту, з можливим співвісним або не співвісним з'єднанням (див. рис. 2.7-2.15).

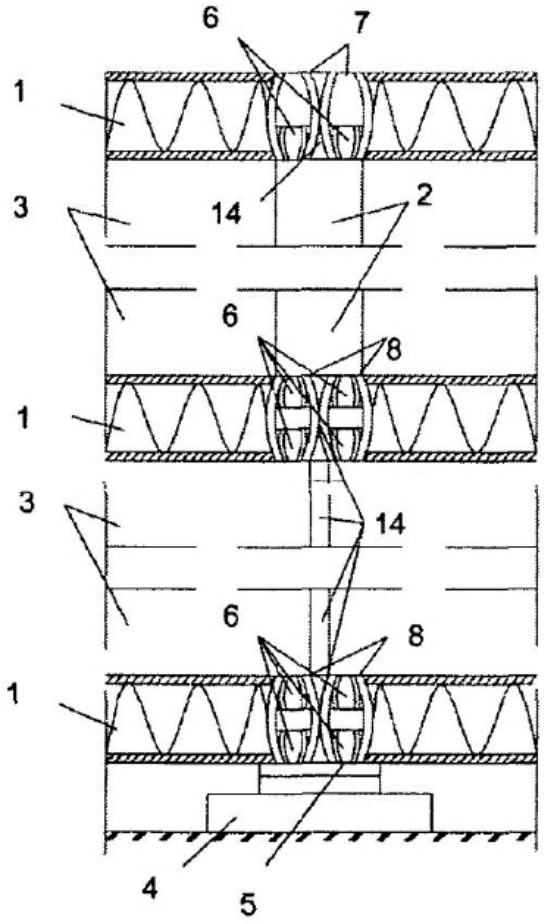


Рисунок 2.7 - Пропонована технологія монтажу 2-х поверхового індивідуального житлового будинку з сендвіч-панелей з використанням безболтові вузла шип-гнізда з метою зниження і мінімізації трудомісткості і вартості монтажу

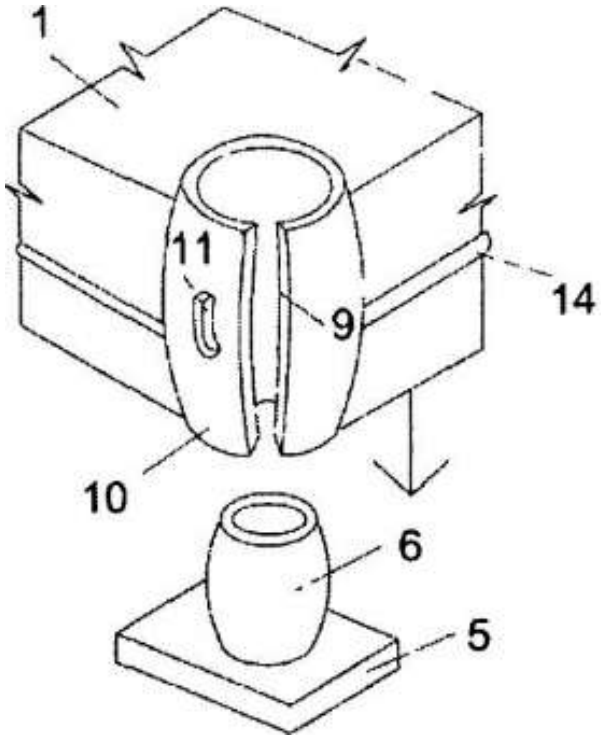


Рисунок 2.8 - Пропонована будівельна операція монтажу сендвіч-панелей на розрізний «шип-гніздо»

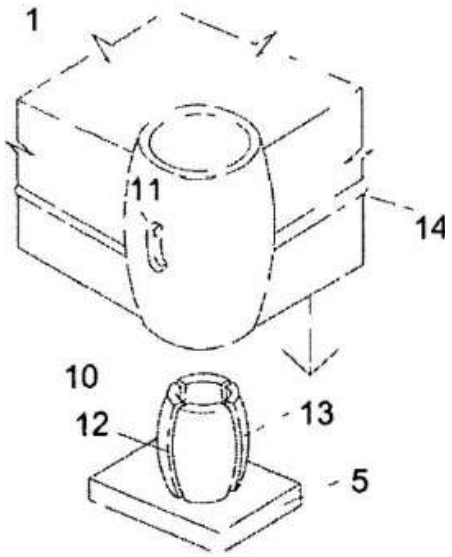


Рисунок 2.9 - Пропонована будівельна операція монтажу муфти сендвіч-панелей на розрізний шип

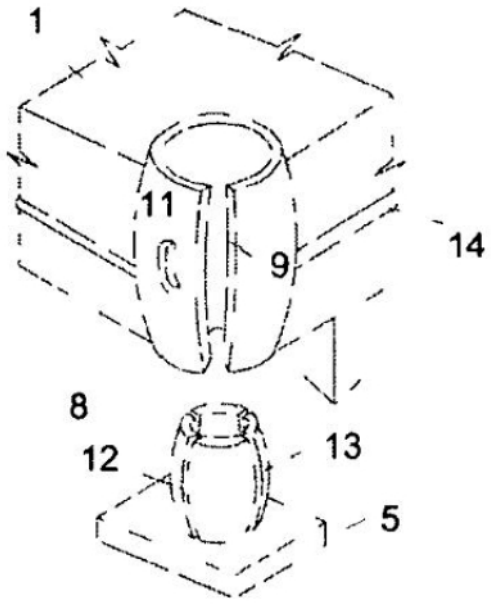


Рисунок 2.10 - Пропонована будівельна операція монтажу розрізний муфти на розрізний шип

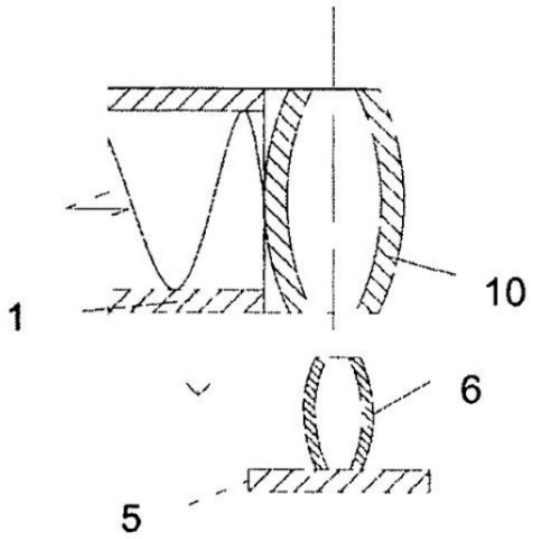


Рисунок 2.11 - Будівельна операція №1 - наведення монтажу. Монтаж сендвіч-панелей на шип

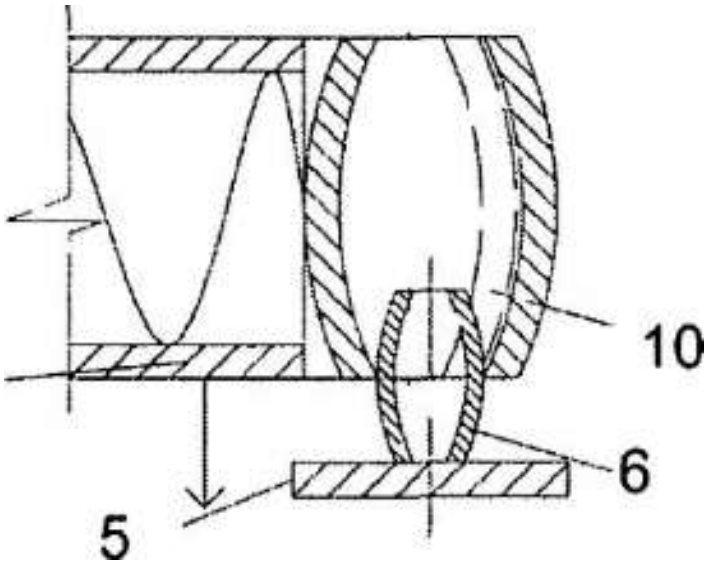


Рисунок 2.12 - Будівельна операція №2 - безболтове з'єднання шипа і гнізда

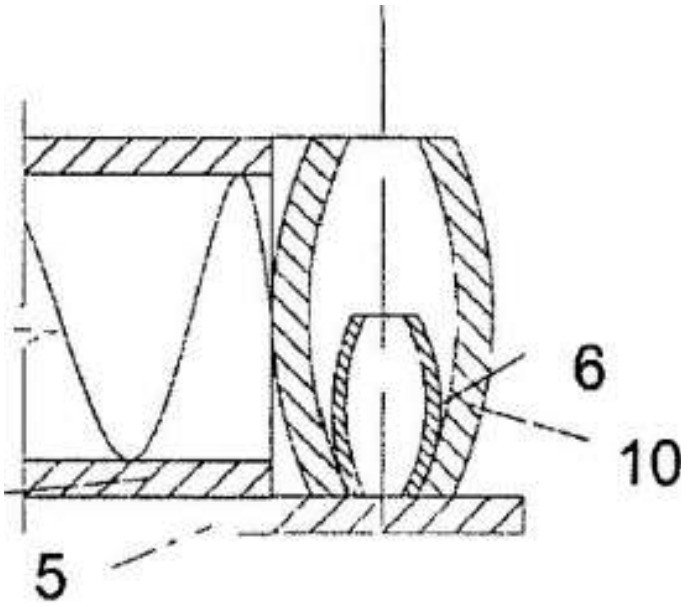


Рисунок 2.13 - Будівельна операція №3 - шарнірне з'єднання шипа і гнізда

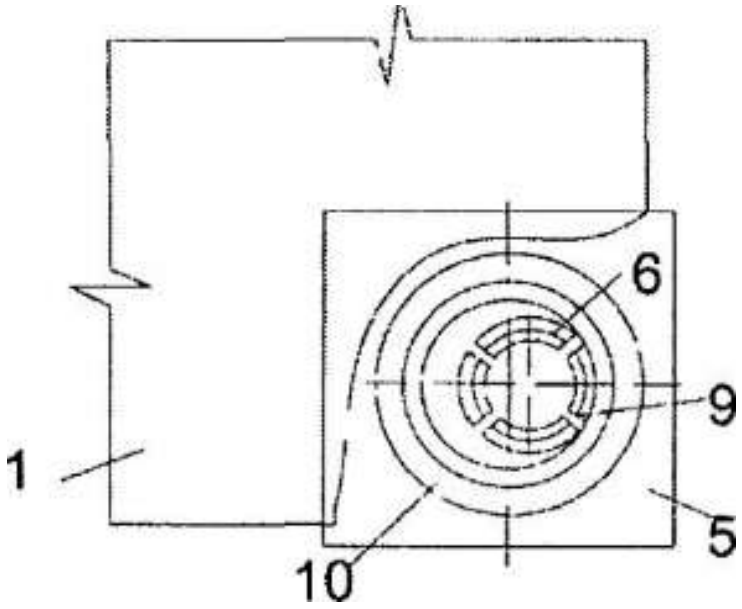


Рисунок 2.14 - Опирання гнізда на шип

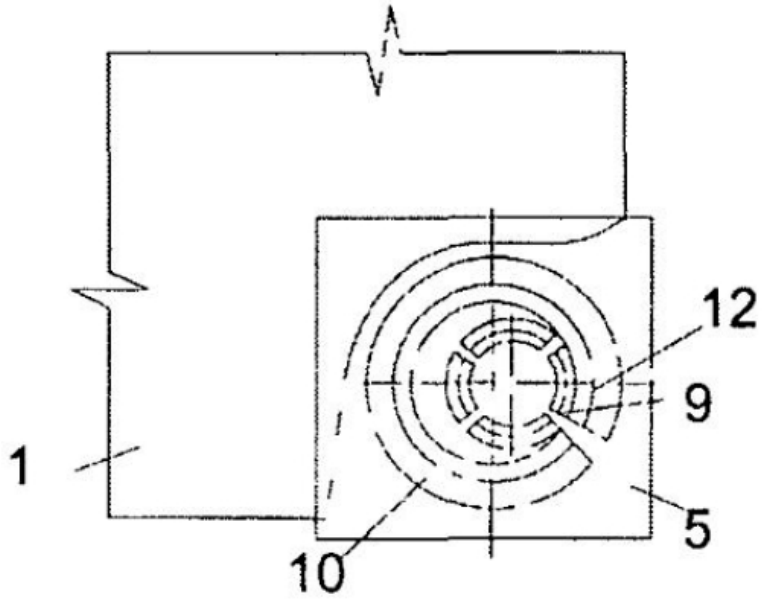


Рисунок 2.15 - З'єднання гнізда і шипа

Таким чином, розроблений разом із науковим керівником з'єднувальний вузол для несучих елементів індивідуального житлового будинку включає горизонтальні несучі елементи 1, вертикальні несучі елементи у вигляді стійок 2 і панелей 3, а також фундаментні подушки 4 з пластинами 5. На вертикальних елементах 2, 3, 4 закріплено принаймні один шип 6, тоді як горизонтальні несучі елементи обладнані муфтами 7 і 8. Шип 6 вставляється в муфту 7 або 8 з можливими співвісними або не співвісними з'єднаннями. Панелі перекриття і підлоги оснащені муфтами 8, що дозволяють монтаж шипів 6 як зверху, так і знизу муфти.

Муфти 7 і 8 мають бочкообразну форму і вертикальні прорізи 9 на всю висоту, що утворюють два пружних пелюстки 10. У стінках муфт 7 і 8 є отвори 11 для фіксаторів, що полегшують монтаж панелей за допомогою вантажопідйомних механізмів. Шип 6 виконаний у вигляді бочкообразної гільзи. Муфти мають вертикальні прорізи 12, що формують пружні пелюстки 13. Ущільнення між горизонтальними і вертикальними панелями досягається автоматично завдяки двошаровому ущільнювачу 14 (наприклад, з силікону або вилатерму), закріпленому на торцях панелей.

Під час експлуатації будинку навантаження, що діють на з'єднання, компенсуються завдяки взаємодії зовнішньої бочкообразної поверхні шипа 6 з внутрішньою бочкообразною поверхнею муфти 7. При динамічному навантаженні, спрямованому вертикально вгору, виникає сила тертя між частинами внутрішньої поверхні муфти 7 і зовнішньої поверхні шипа 6, що компенсує навантаження. Щільне притискання забезпечується вертикальними прорізами 9 на всю висоту муфти 7 або 8, що утворюють пелюстки 10, які при монтажі розпрямляються під дією бочкообразної гільзи шипа 6 і прагнуть повернутися у вихідну форму. Це створює надійне з'єднання сендвіч-панелей у будинку.

У кваліфікаційній роботі автором розроблено вдосконалену технологію з'єднання сендвіч-панелей для будівництва індивідуальних житлових будинків. Ця технологія включає муфту, що закріплена на горизонтальному несучому

елементі, та шип, прикріплений до вертикального несучого елемента і вставлений у муфту. Муфта може бути співвісною або не співвісною, в залежності від типу з'єднання.

Запропоноване рішення відрізняється від відомих аналогів [6, 9] тим, що для зменшення трудомісткості та вартості монтажу, муфти висотою та діаметром 10 см виготовлені з сталі марки Ст 3 товщиною 1 см і мають бочкообразну форму з вертикальним прорізом по всій висоті. Шип має форму бочкообразної гільзи. Обидві деталі, муфта і гільза, оснащені вертикальними прорізами завширшки 1 см на всю висоту, що забезпечує надійне з'єднання. Взаємодія між зовнішньою поверхнею шипа висотою 9 см і діаметром 7 см та внутрішньою поверхнею муфти забезпечує міцність з'єднання.

Таким чином, вдалося вирішити другу наукову задачу, поставлену в п.2.1, а саме – обґрунтувати оптимальний тип з'єднувальних вузлів панелей, орієнтуючись на два критерію оптимальності: мінімізацію трудомісткості монтажу та максимальну простоту і зручність ручного з'єднання панелей невеликою бригадою з 2-4 робітників з низькою кваліфікацією (2-3 розряд).

2.3 Удосконалення технологічних рішень для будівництва індивідуальних житлових будинків із оптимізованих сендвіч-панелей

Виходячи з розробок, представлених у п.2.2, автор продовжив роботу над вдосконаленням конкретних технологічних рішень для зведення індивідуальних житлових будинків, використовуючи оптимізовані за розміром сендвіч-панелі та нову технологію їх з'єднання. Розглянемо наукову новизну і практичну значимість цих рішень на прикладі конкретного проекту.

Об'ємно-планувальне рішення: будівля має прямокутну форму з розмірами 12,0 х 12,6 м і висотою до карниза 7,0 м. Це двоповерховий будинок із висотою приміщення 2,7 м (від підлоги до стелі), який включає холодне

горище та тепле технічне підпілля. Конструктивні осі розташовані з кроком 2,4 м (згідно з оптимальним розміром панелі, визначеним у п.2.2) та 3,0 м (по осям 1-2 / А-Е і 3-4 / А-Е відповідно). У квартирах передбачені підсобні приміщення, кухні, санвузли, комори та вбудовані шафи (див. рис. 2.16 - 2.18).

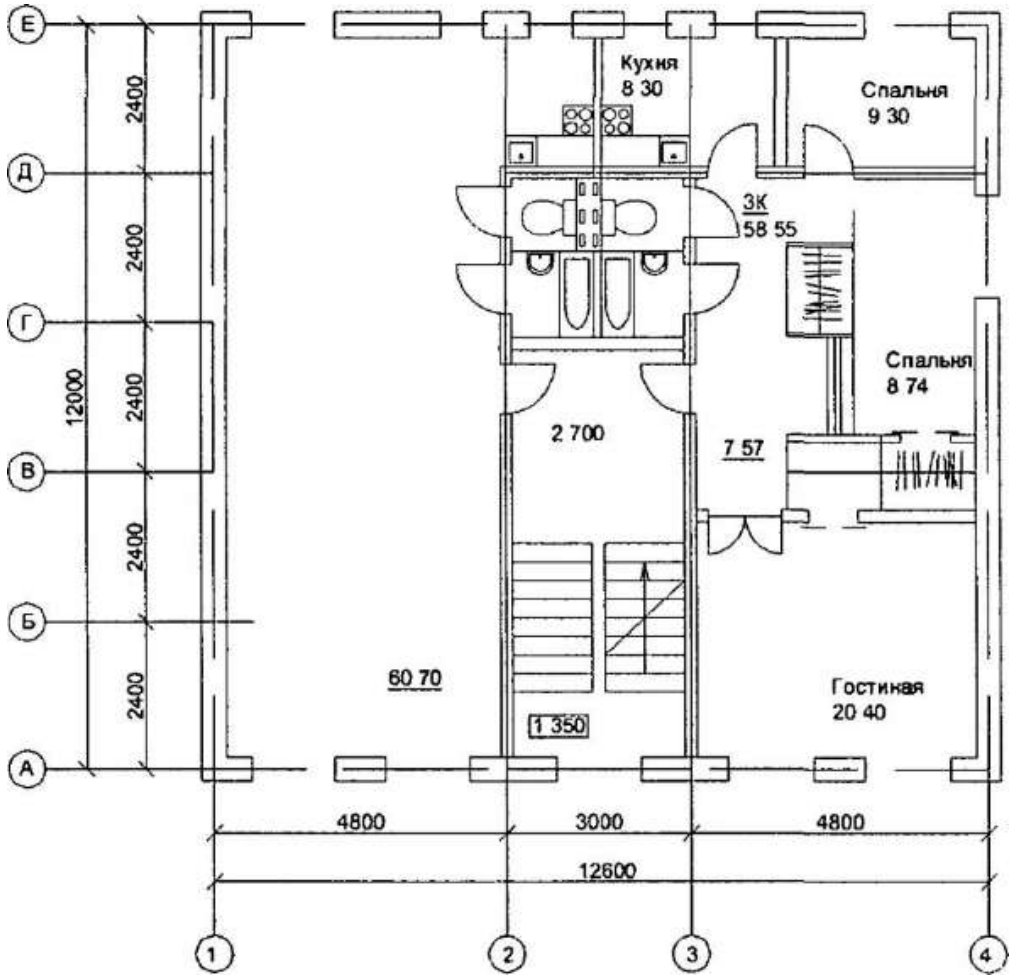


Рисунок 2.16 - План 2 поверху індивідуального житлового будинку, що зводиться за вдосконаленою технологією монтажу з оптимізованих індустріальних сендвіч-панелей

Конструктивне рішення: будівля має панельну конструкцію. В залежності від місцевих геологічних умов можуть використовуватися різні типи фундаментів: пальові, стрічкові або монолітні плити. Вертикальні огороджувальні конструкції вище рівня 0.000 включають зовнішні стіни з об'ємних блок-модулів, які відповідно до обґрунтувань у п.2.2 виготовлені з

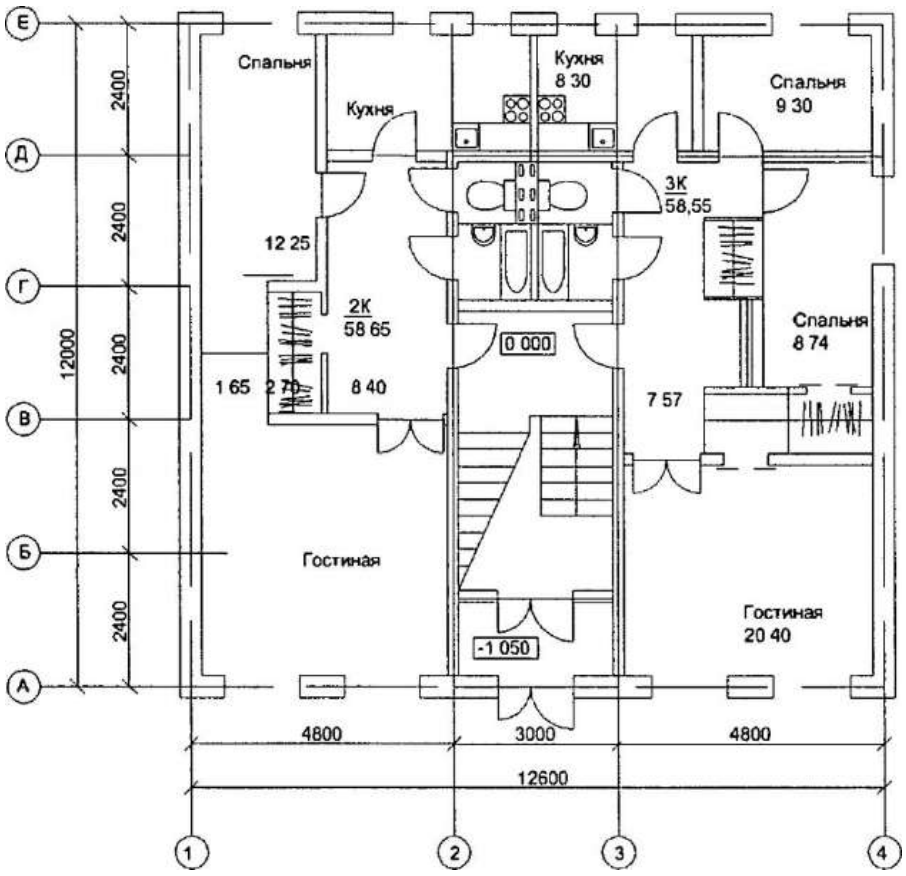


Рисунок 2.17 - План 1 поверху індивідуального житлового будинку, що зводиться за вдосконаленою технологією монтажу з оптимізованих індустріальних сендвіч-панелей

тришарових плит з ефективним утеплювачем ROCKWOOL. Перекриття також є тришаровими плитами з таким же утеплювачем. Монтаж конструктивних елементів здійснюється без використання мокрих процесів.

Сходові клітки виконані з металевого каркасу та залізобетонних сходів на металевих косоурах. Для зовнішнього оздоблення використовуються фасадні плити Cevstone двох типів відповідно до паспортного колірного рішення фасадів.

Крокви і покрівельна решітка виготовляються з деревини, обробленої антисептиками та вогнезахисними засобами. Покрівельний матеріал - металочерепиця з полімерним покриттям виробництва RANNILA. Зовнішні двері та віконні блоки виготовлені з металопластику, мають заводське полімерне покриття і двокамерні склопакети. Внутрішні дверні блоки дерев'яні,

поставляються в повній заводській комплектації, включаючи фарбування. Внутрішнє оздоблення проводиться відповідно до специфікацій обробки приміщень, зазначених у проектній документації.

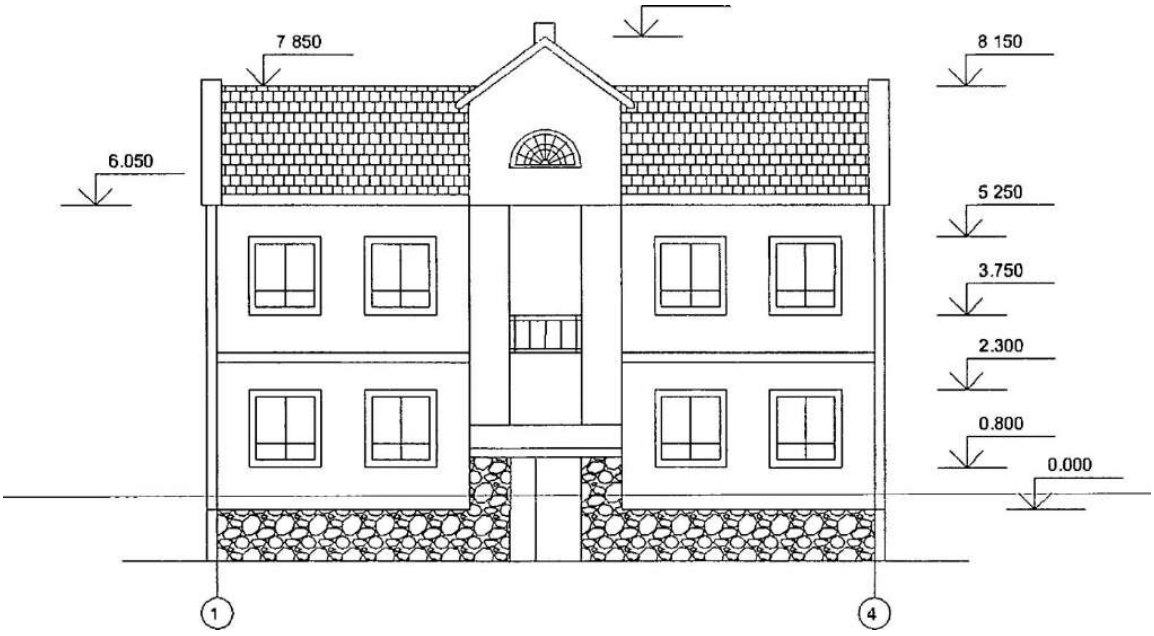


Рисунок 2.18 - Приклад головного фасаду індивідуального житлового будинку, що зводиться за вдосконаленою технологією монтажу з оптимізованих індустріальних сендвіч-панелей

Далі розглянемо конкретні технологічні рішення для монтажу індивідуального житлового будинку з сендвіч-панелей, використовуючи удосконалену технологію та нові вузлові з'єднання. Для підйому використовуватиметься кран АС-365 з вантажопідйомністю 3 тонни. Будівництво розгортається у м. Дніпро.

Час початку будівництва не підлягає регулюванню. Завершення будівельних робіт регулюється за допомогою календарного графіка, що залежить від монтажних елементів (див. табл.2.1).

Вибір методів виконання робіт і організація процесу будівництва. Відповідно до рекомендацій [3], обрана наступна оптимальна організація монтажного процесу:

- напрямок виконання монтажних робіт - вертикальний,

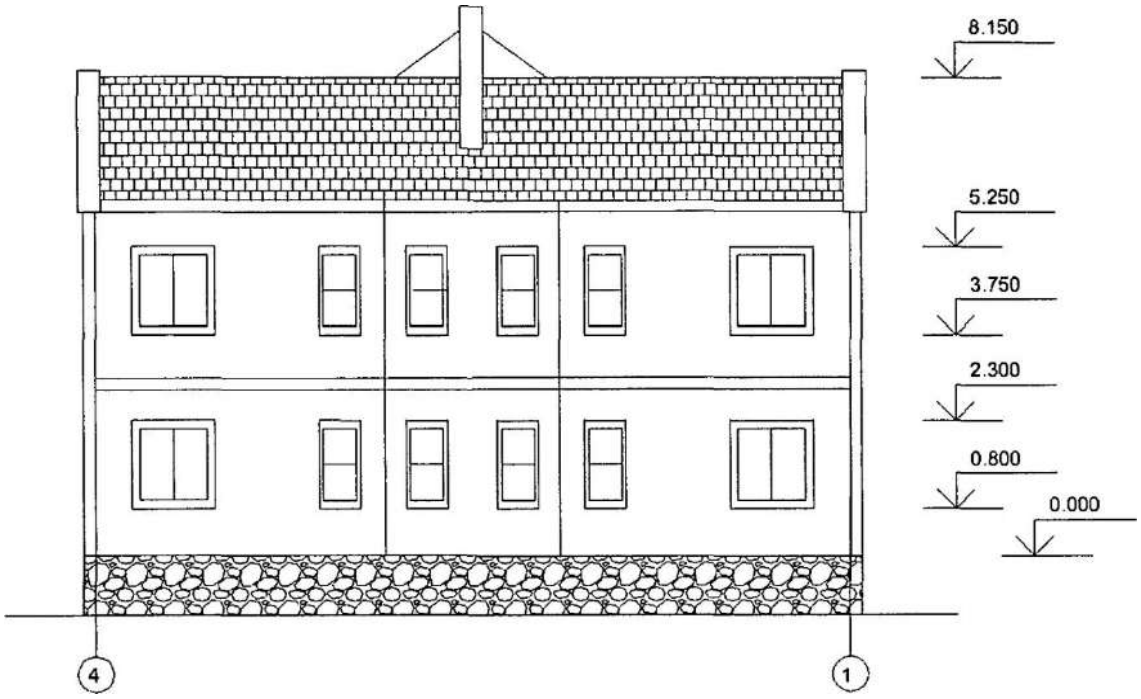


Рисунок 2.19 - Приклад головного фасаду індивідуального житлового будинку, що зводиться за вдосконаленою технологією монтажу з оптимізованих індустріальних сендвіч-панелей

Таблиця 2.1 – Розрахунок кількості монтажних елементів

№	Назва елементу	Загальна кількість елементів	Маса елементу, т
1	Панелі перекриття	24	0,1
2	Наружні стінові панелі	36	0,06
3	Внутрішні стінові панелі	6	0,5
4	Торцьові панелі даху	2	0,14
5	Плити покриття	22	0,09
5	Сантехнічні кабіни	4	0,54

- послідовність установки конструкцій - комбінована,
- укрупнення конструкцій - без укрупнень,
- доставка конструкцій до місця монтажу - без попередньої розкладки.

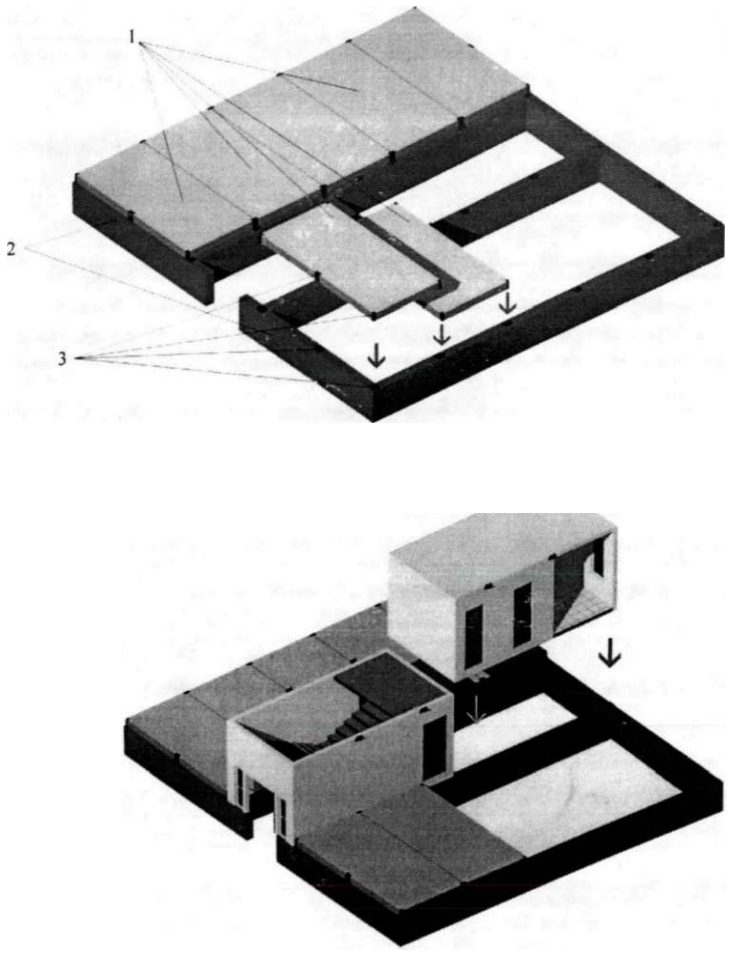


Рисунок 2.20 - Модель послідовності монтажу котеджу з індустріальних сендвіч панелей 1,2 на 3,6 м з використанням безболтові вузла з'єднання «гільза-муфта»:
а) монтаж плит перекриття: 1 - плита перекриття, 2 - фундамент, 3 - вузловий елемент «гиль через-муфта», б) монтаж елементів першого поверху (монтаж модулів 100% готовності)

Автор пропонує використовувати комбінований метод монтажу конструкцій, який об'єднує елементи окремого і комплексного встановлення панелей. Цей підхід передбачає складання будівлі поелементно з заводських частин без попереднього укрупнення. При організації подачі конструкцій автор вважає важливими наступні умови:

- Регулярна подача транспорту,

- Технологічна послідовність установки елементів,
- Підготовленість конструкцій до монтажу,
- Підготовленість місць для установки,
- Мінімальна кількість необхідного обладнання,
- Наявність запасу дрібних елементів.

Виходячи з цих вимог, автор розробив модель послідовності монтажу котеджу з великих індустріальних сендвіч-панелей, яка використовує безболтові вузли з'єднання «гільза-муфта». Ця модель представлена на рис. 2.20.

Розміщення конструкцій має бути організоване таким чином, щоб їх монтаж здійснювався без необхідності зміни вильоту стріли крана, оскільки робота з вантажем на стрілі є небезпечною. Підйом конструкцій здійснюється за допомогою поліспаста, що кріпиться до крюка обоймою.

Для вибору крана, що буде використовуватися при зведенні індивідуального житлового будинку з сендвіч-панелей, автор пропонує наступний двоетапний підхід:

1. Оцінити технічну можливість використання кранів даного типорозміру, з різними ходовими пристроями, для монтажу конструкцій.

2. Провести економічний аналіз і визначити доцільність використання кранів з оптимальним ходовим пристроєм, що відповідає умовам будівництва, обсягу та виду робіт.

Вибір кранів на основі технічних характеристик здійснюється шляхом порівняння об'ємно-планувальних і конструктивних параметрів будинку з паспортними даними кранів, включаючи їх вантажопідйомність та висоту підйому. При цьому враховуються габарити і конфігурація будівлі, вага, розміри та розташування сендвіч-панелей, а також методи монтажу і умови виконання робіт.

Монтажна маса конструкції включає вагу самої конструкції та необхідне оснащення для захоплення, підйому, тимчасового закріплення і забезпечення

безпеки на робочому місці. Розрахунок витрат праці (трудомісткості) Q, у людино-днях, на весь обсяг робіт проводиться за спеціальною формулою:

$$Q = H_{тр} \cdot V / 8, \quad (2.5)$$

де: $H_{тр}$ - витрати праці на одиницю, чол-год;

V - об'єм робіт, в одиницях, на яке наводиться норма часу;

8 - кількість годин в робочій зміні, год.

Приклад розрахунку даних:

$$Q = H_{тр} \cdot V / 8 = 1{,}27 \cdot 26 / 8 = 4{,}1 \approx 4{,}0, \quad (2.6)$$

Оцінка витрат праці та машинного часу, необхідних для монтажу будівлі, є ключовою для вибору оптимального комплекту монтажних машин, визначення складу монтажних бригад та розробки календарного графіка. Для порівняння різних варіантів комплектів кранів ще на етапі складання відомості витрат праці можна здійснити розрахунок кількості машино-змін, необхідних для монтажу конструкцій краном, згідно з нормами, використовуючи таку формулу:

$$M_{Н} = Q_{р} / N_{р} = Q_{м} / N_{м}, \quad (2.7)$$

де: $M_{Н}$ - кількість машино-змін;

$Q_{р}$ - трудомісткість робіт монтажників, чол-дн;

$N_{р}$ - кількість монтажників, чол .;

$Q_{м}$ - трудомісткість робіт машиніста, чол-дн .;

$N_{м}$ - кількість машиністів, чол.

Розрахунок складу комплексної бригади.

Будівельні процеси, включаючи монтаж сендвіч-панелей для індивідуальних житлових будинків, зазвичай складаються з ряду різних операцій, які виконуються фахівцями з різних областей і рівнів кваліфікації (монтажники, зварювальники, теслі, бетонщики, ізоляційники). Організація роботи таких фахівців може бути розділена на окремі етапи і синхронізована в часі і просторі, використовуючи принципи організації будівельних потоків і календарного планування. Хоча часто складаються погодинні графіки, їх точне дотримання може бути проблематичним, тому зазвичай формуються комплексні бригади, що об'єднують фахівців різного профілю. Для кожного типу крана і виду робіт створюється окрема бригада.

Основні правила формування комплексних бригад такі:

- всі члени бригади працюють однакову або кратну кількість змін,

- час роботи бригади визначається відповідно до часу роботи провідної ланки (яка визначається в залежності від конкретного будівельного процесу),

- у бригаді передбачається комбінування спеціальностей (наприклад, тесля і бетонщик, монтажник і зварювальник).

У монтажному процесі провідною ланкою є монтажники, і на основі їхнього часу роботи (кількості машино-змін) визначається час роботи зварювальників, бетонників та інших фахівців.

Оптимізація календарного плану. Календарний план демонструє хід монтажного процесу у часі, а також, при розбивці на захватки та координації роботи кранів (у випадку використання декількох) в просторі. План складається у вигляді лінійного графіка і умовно ділиться на три основні частини:

1. Вихідні дані:

- Назви робіт (підготовчі роботи, монтаж панелей, закладення швів, обробка);

- Обсяги виконуваних робіт;

- Трудомісткість кожної операції;

- Кількість машино-змін, потрібних для монтажу конструкцій.

2. Планові показники:

- Тип крана, кількість змін роботи крана за добу, склад бригади, тривалість монтажу конструкцій (Т, дні), яка розраховується за відповідною формулою.

$$T = M /(m \cdot n), \tag{2.8}$$

де: M - машиноємність монтажу конструкцій, маш-см .;

m - кількість кранів в зміну;

n - кількість роботи крана на добу.

Отже, у другому розділі кваліфікаційної роботи автор розробив новий алгоритм для формування оптимальної моделі технології монтажу індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей. У цьому розділі представлені принципово вдосконалені конструктивно-технологічні рішення для монтажу таких будинків, а також обґрунтовані конкретні технологічні рішення для зведення індивідуальних житлових будинків з оптимізованих сендвіч-панелей розміром 1,2 на 3,6 м з використанням вузлів типу «муфта-гільза».

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ІЗ ІНДУСТРІАЛЬНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ

3.1 Особливості удосконаленої технології

У цьому дослідженні автором було виявлено ряд переваг використання сендвіч-панелей при будівництві котеджів:

1. Сендвіч-панелі перевершують традиційні будівельні матеріали в 10 разів за теплофізичними характеристиками.

2. Швидкість зведення будівель із сендвіч-панелей може бути до 80 разів вищою порівняно з будівництвом із цегли.

3. Мінеральний утеплювач панелей забезпечує високу вогнестійкість, що робить їх придатними для зовнішніх стін і протипожежних перегородок, особливо в I та II кліматичних зонах України.

4. Завдяки невеликій масі, сендвіч-панелі не створюють значного навантаження на несучі конструкції та фундамент, що дозволяє знизити металоємність і матеріальні витрати.

5. Сендвіч-панелі відповідають санітарним та екологічним нормам, що робить їх сумісними з технологіями харчової промисловості.

6. Вони зручні для транспортування, що є важливим фактором для зниження вартості житла.

7. Стійкість панелей до агресивних середовищ забезпечує їх надійність у I та II кліматичних зонах України.

8. Якісна поверхня панелей не потребує додаткової обробки, що знижує витрати на будівництво.

9. Високий рівень звукопоглинання є важливим при щільній забудові котеджів.

10. Панелі можна використовувати повторно при модернізації будівель, а також легко замінити пошкоджені елементи.

11. Сендвіч-панелі підходять для створення мобільних, збірно-розбірних споруд, таких як лазні, сараї, гаражі.

Аналіз літературних джерел [2-13] показав, що металеве облицювання є оптимальним варіантом для сендвіч-панелей. У виробництві панелей і профнастилу використовується оцинкована тонколистова сталь з різноманітними полімерними покриттями (рис.3.1).

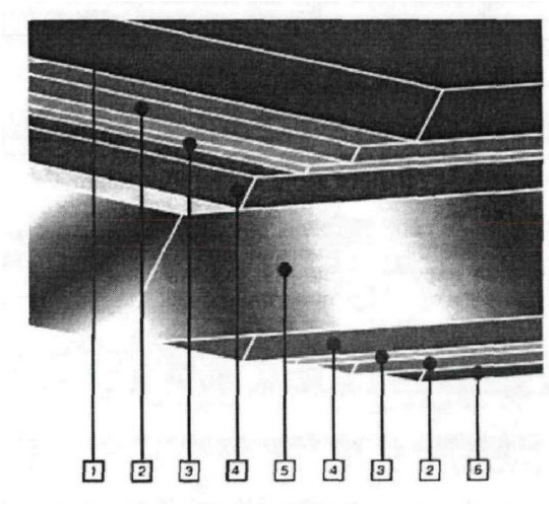


Рисунок 3.1 - Структура листової сталі з полімерним покриттям для сендвіч-панелей: 1-полімерне покриття; 2-грунт; 3-шар пасивації; 4-цинк; 5-сталевий лист; 6 покриття зворотного боку

1. Поліестер (PE). Рекомендується для внутрішніх поверхонь огороджувальних конструкцій. Хоча його товщина складає лише 25 мкм, покриття має хороші механічні властивості.

2. Пурал (Ріга1). Підходить для захисту як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь. З товщиною 50 мкм, це покриття відзначається відмінними антикорозійними властивостями та високою пластичністю.

3. Полівінілдифторид (PVF2). Використовується при специфічних експлуатаційних вимогах. Має підвищену міцність і стійкість до корозії, а також високий рівень формовки та стійкість до ультрафіолетового випромінювання.

4. Пластизоль (PVC200). Рекомендується для захисту як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь. Відзначається високими декоративними якостями і значною товщиною (200 мкм). Володіє чудовими антикорозійними властивостями та високою пластичністю.

Колірна палітра. Покриття можуть відповідати кольоровим картам RR (RaColor з 22 основними кольорами) та RAL (RAL 841 GL – 202 кольори, RAL 840 HR – 17 кольорів), що включають усі основні відтінки. За запитом замовника можливий підбір будь-якого іншого кольору.

При виборі кольору важливо враховувати його вплив на коефіцієнти світлопоглинання та відображення, що впливають на температуру зовнішньої обшивки панелей, а відтак, і на їх деформацію. Деформація панелей має залишатися в межах допустимих норм для кожного типу. Від цих параметрів також залежить максимальна довжина панелей, що впливає на ширину прольотів огороджувальної конструкції. Чим темніший колір зовнішньої обшивки, тим вища температура її нагрівання, що спричиняє більші деформації та напруги.

Кольорові карти RR і RAL надаються для вибору панелей при замовленні. Розглянемо приклад профілювання металевого облицювання панелей (рис. 3.2). Для мінераловатних панелей типу VPS, оптимізованих у розділі 2 та шириною 1200 мм, передбачено 4 види профілювання металевого облицювання:

A. Shadowline без канавки;

B. Shadowline з канавкою;

C. Гладкий лист з канавкою через 150 мм;

D. Гладкий лист з канавкою через 200 мм.

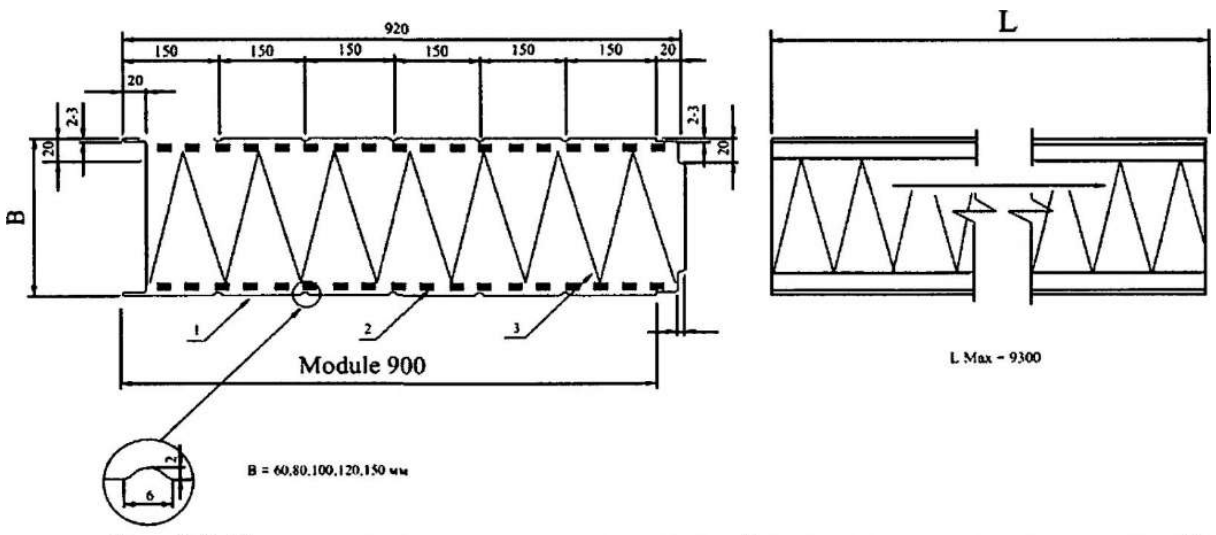


Рисунок 3.2 - Сендвіч-панель металева тришарова з утеплювачем з мінеральної вати типу ВПС (НПМ) для монтажу котеджів

Для пінополіуретанових панелей типу ЗК і мінераловатних панелей шириною 900 мм існує один варіант профілю металевого облицювання – 5 поздовжніх канавок розміром 6*2 мм з кроком 150 мм по ширині листа.

Панелі шириною 1200 мм оснащені сучасним замком типу "Intalock", що забезпечує надійне з'єднання сусідніх панелей як при горизонтальному, так і при вертикальному монтажі. Панелі шириною 900 мм мають П-подібний замок, який також підходить для будь-якого типу монтажу.

1. Профільований лист з полімерним покриттям товщиною 0,5-0,6 мм;

2. Однокомпонентний клей типу "Henkel";

3. Утеплювач - мінеральна вата ("Rockwool").

Різноманітні варіанти профілювання металевих обшивок панелей шириною 1200 мм представлені на рисунку 3.3.

Порівняння теплоізоляційних властивостей різних будівельних матеріалів для котеджів наведено на рисунку 3.4.

Безкаркасні металеві тришарові панелі з утеплювачем із мінераловатних плит на синтетичному сполучному або пінополіуретані використовуються для створення стінових огороджень і підпокрівельних стельових покриттів будівель

і споруд, відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.2-3:2006, з неагресивним або слабоагресивним ступенем впливу газового середовища.

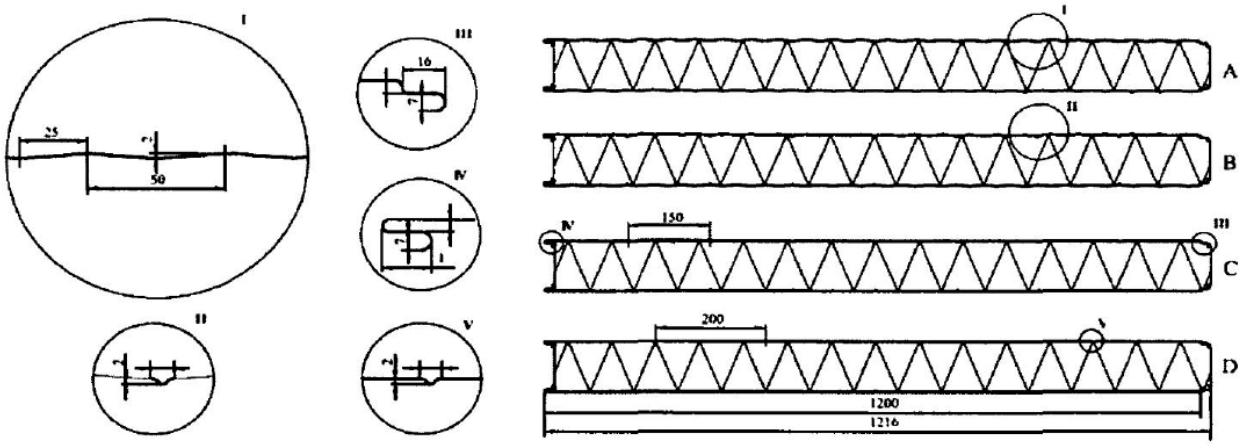


Рисунок 3.3 - Види профілювання металевих обшивок панелей шириною 1200 мм

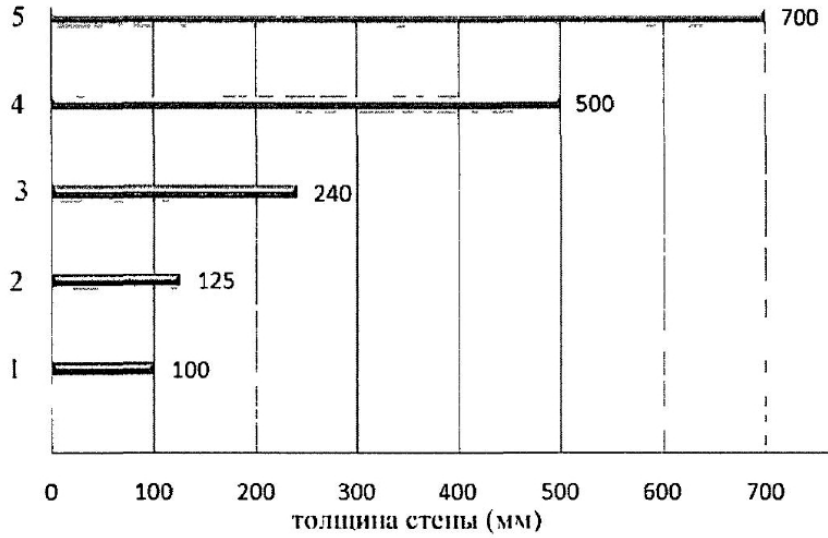


Рисунок 3.4 - Порівняння теплоізоляційної здатності різних видів будівельних матеріалів для котеджів:

1 - сендвіч-панель для покрівлі та стін виробництва NordProfil; 2 - пробка; 3 - дерево; 4 - пористий бетон; 5 - повнотіла цегла

Панелі типу VPS - з мінераловатним утеплювачем шириною 1200 мм і 900 мм.

Панелі типу ЗКЗ - з пенополіуретановим утеплювачем шириною 900 мм.

Приклад позначення панелей при замовленні:

4000 VPS900-100 0,5 A-PE RR20 / 0,5B-PE RR20,

де: 4000 - довжина панелі в мм;

VPS - тришарова мінераловатная панель;

900 - ширина панелі в мм;

100 - утеплювач товщиною 100 мм;

0,5 A (B, C, D) - товщина металу обшивки панелі (мм) і види профілювання обшивки (наводяться на малюнках);

PE RR20 - вид і колір полімерного покриття по каталогу RR або RAL виробників металопрокату з полімерним покриттям.

В якості теплоізоляційного матеріалу прийнятий мінераловатний утеплювач виробництва "Rockwool" з теплопровідністю = 0,034 Вт/м°С, розрахункова температура внутрішнього повітря прийнята +18°С.

Таким чином, запропоновану технологію можна використовувати в різних регіонах України.

3.2 Організація та технологія виконання робіт зі зведення індивідуальних житлових будинків

Пакети з панелями слід розміщувати на складському майданчику таким чином, щоб забезпечити доступ до тих панелей, які будуть монтуватися першими. Послідовність операцій у будівельному процесі монтажу індивідуальних житлових будинків методом «сухої» збірки сендвіч-панелей з оптимізованими розмірами 1,2х3,6 м та 95% заводської готовності на основі швидкозбірних вузлів «муфта-гільза» відображена на рис. 3.5.

Залежно від проекту, підготовлюється основа для першої (нижньої) панелі. До цоколю (бетону) або дерев'яної балки, за допомогою спеціальних анкерів (з кроком 500-600 мм) або самонарізних гвинтів (до бруса/балки з

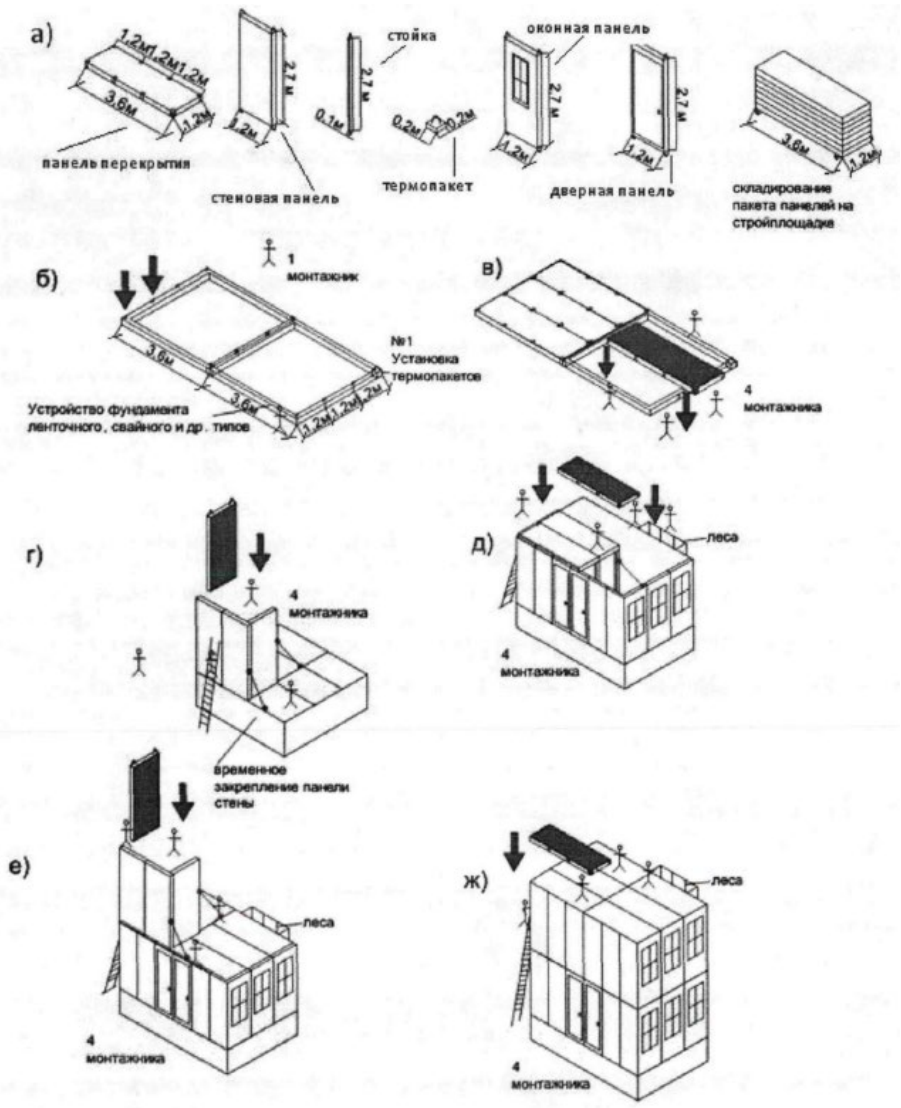


Рисунок 3.5 - Процес монтажу індивідуальних житлових будинків за технологією «сухого» монтажу сендвіч-панелей розміром 1,2х3,6 м з 95% заводською готовністю, використовуючи швидкосбірні вузли «муфта-гільза». Схема включає: а) основні типи уніфікованих модульних сендвіч-панелей та компонентів; б) ручну установку дерев'яних термопакетів з гільзами на ростверк фундаменту з кроком 1,2х3,6 м; в) монтаж панелей перекриттів шляхом ручного наведення муфт на гільзи термопакетів; г) монтаж панелей стін першого поверху вручну, з наведенням гільз на муфти перекриттів і тимчасовим закріпленням; д) монтаж панелей перекриттів за допомогою автокрана; е) монтаж панелей стін другого поверху автокраном і тимчасове закріплення; ж) монтаж панелей перекриттів другого поверху, з подальшою «сухою» збіркою стінових панелей і кроквяної системи мансарди, а також покрівлі, монтаж інженерних систем та оздоблювальні роботи

кроком 500 мм), кріпляться горизонтальні напрямні: це може бути або П-подібний профіль, або куточок (товщиною не менше 1,0 мм). Попередньо у напрямних роблять отвори для кріплення до фундаменту.

Напрямні на фундаменті встановлюються з урахуванням рівня, щоб забезпечити горизонтальність панелей, які будуть монтуватися. За потреби між напрямними, цоколем і панеллю вкладають ущільнювач (герметик). Панель піднімається спеціальними захоплювачами за допомогою підйомного механізму і встановлюється на напрямні таким чином, щоб власна вага притискала ізоляцію і нижню частину відливу (якщо відлив складний) у пазі панелі. Кількість захоплювачів залежить від товщини та довжини панелей: для панелей товщиною до 100 мм і довжиною не більше 6 м достатньо одного захоплювача; для панелей товщиною понад 100 мм - довжиною не більше 4,5 м. Після установки перевіряють горизонтальність панелі за допомогою рівня, і якщо необхідно, підлаштовують її положення, регулюючи струбцини.

Таким же чином встановлюються інші панелі першого ярусу (першого поверху будинку) і наступні. Якщо проєктом передбачено використання герметика в замках панелей, то його наносять безпосередньо перед установкою кожної нової панелі. В ущільнювач панелей шириною 1200 мм герметик може бути нанесений ще на заводі.

Після завершення монтажу однієї стіни переходять до встановлення наступних стін за тією ж схемою, при цьому спочатку монтуються стикові панелі, а потім накладні. Кутові з’єднання встановлюються так само, як і стикові.

Після закінчення монтажу панелей приступають до встановлення фасонних елементів відповідно до вузлів кріплення панелей. Установку починають знизу вгору, розпочинаючи з відливу, а потім монтують інші елементи в будь-якій послідовності, дотримуючись єдиної умови: наклад вертикально розташованих нащельників виконується зверху вниз, щоб запобігти потраплянню вологи під нащельник. При необхідності накладні шви також обробляються герметиком.

На завершення встановлюються вікна та двері разом із відповідними елементами, такими як лиштви та відливи.

Автором було розроблено технологічні процеси і операції для вертикального монтажу сендвіч-панелей.

1) Вертикальний монтаж в основному аналогічний горизонтальному, але слід приділити особливу увагу забезпеченню достатнього зусилля при з'єднанні сусідніх панелей. Це особливо важливо при роботі з панелями великої довжини та маси.

2) З'єднання панелей здійснюється за допомогою спеціальних притискних пристроїв, які забезпечують надійне фіксування замкових частин. Використання інших методів з'єднання, таких як ударні впливи, не допускається.

Враховуючи вимоги безпеки, міцності, жорсткості і теплозахисту, автором також були розроблені наступні будівельні операції в технології кріплення сендвіч-панелей (рис. 3.6-3.9).

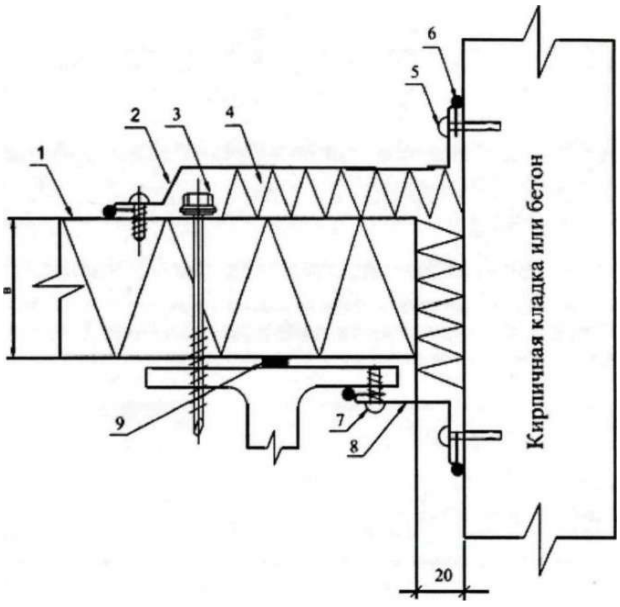


Рисунок 3.6 - Технологія примикання панелі до стіни котеджу: В - товщина панелі; 1 стінна панель; 2-нащельник зовнішній; 3-самонарезающий болт; 4-термоізоляція (мінвата); 5-дюбель; 6-силіконова ізоляція; 7-самонарезающий гвинт; 8-нащельник внутрішній; 9-ущільнювач INSEAL 3209

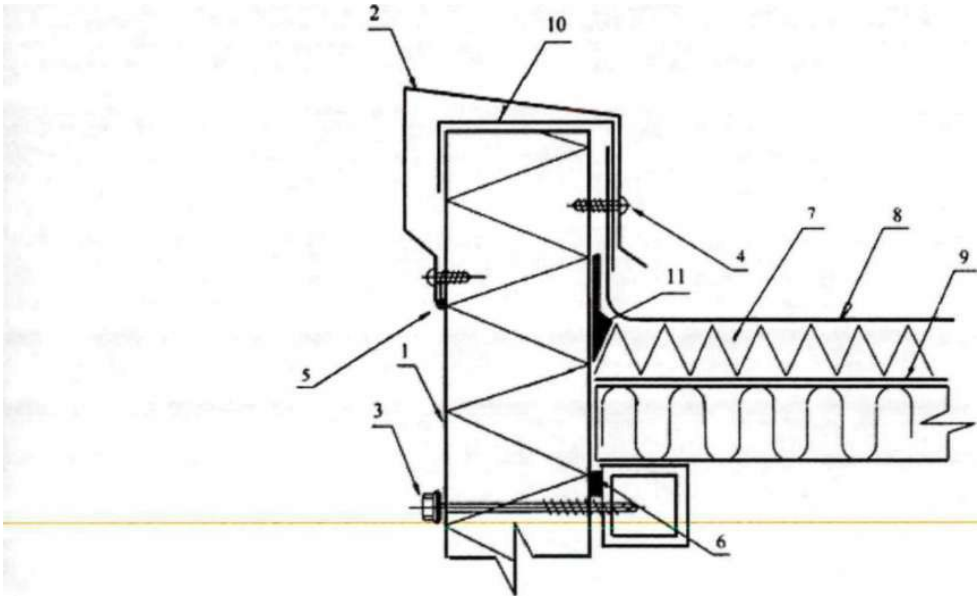


Рисунок 3.7 - Технологія пристрою парапету: 1-стінова панель; 2-нащельник (обрамлення парапету); 3-самонарезающий болт; 4-теплоізоляція; 5-саморіз 4,3 * 13, крок 300 мм; 6 силіконова ізоляція; 7-ущільнювач INSEAL 3209 (ізолон); 8-гідроізоляційний килим; 9-пароізоляція; 10-нащельник (Zn); 11-герметик

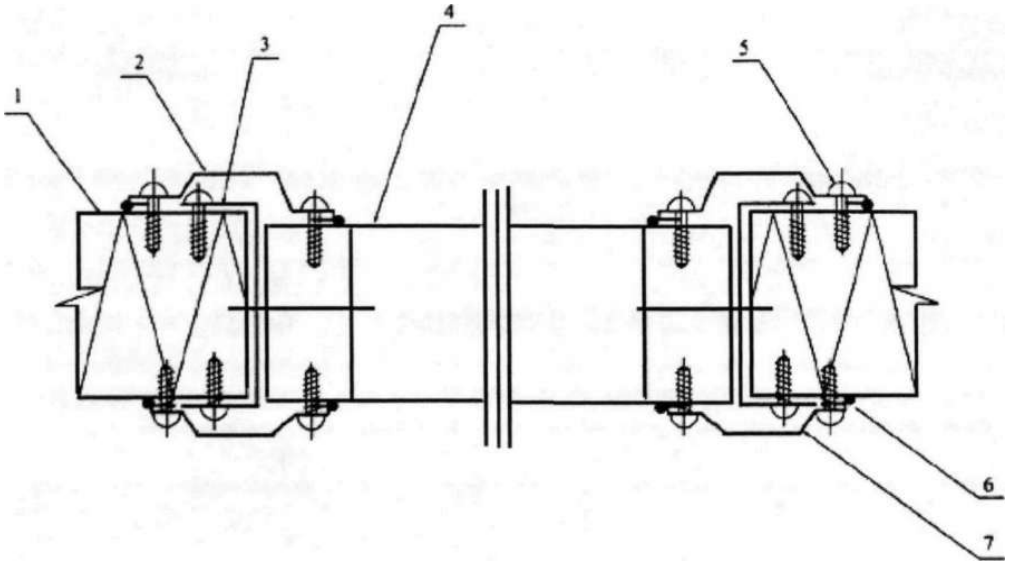


Рисунок 3.8 - Технологія примикання панелі до дверного блоку: 1-стінова панель; 2-лиштва (внутр.); 3-підсилює профіль (1,2-1,5 мм); 4 дверний блок; 5-самонарезающий гвинт; 6-силіконовий герметик; 7-лиштва (зовнішній)

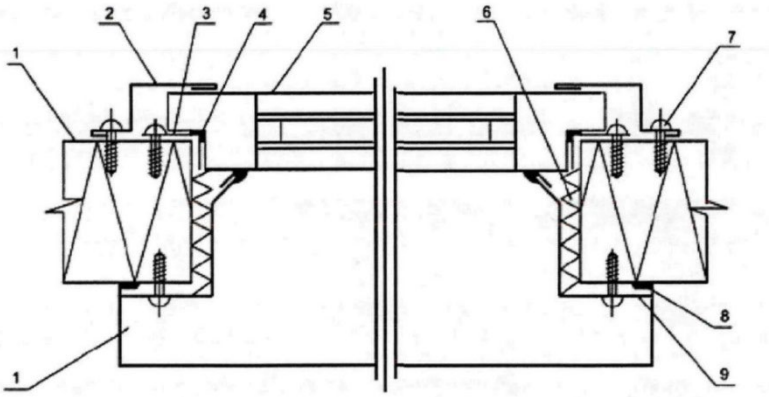


Рисунок 3.9 - Технологія установки вікна:
1-стінова панель; 2-обрамлення вікна; 3-підсилює профіль; 4-ущільнювач; 5 віконний блок; 6-мінеральна вата; 7-самонарезающий гвинт; 8-силіконовий герметик; 9-лиштва; 10-карниз

Панелі в пакеті мають необхідну жорсткість, що забезпечує можливість проведення вантажно-розвантажувальних робіт, складування та зберігання без деформації та пошкодження. Конструкція пакета передбачає використання автонавантажувача для навантаження та розвантаження. Панелі, складені в пакет, обтягуються поліетиленовою плівкою з усіх боків, краї якої запаюються для захисту від несприятливих погодних умов, що дозволяє зберігати панелі протягом тривалого часу без додаткових захисних заходів, таких як навіси або складські споруди.

За умови правильного закріплення панелей на транспортному засобі та дотримання правил розвантаження, забезпечується збереження вантажу. Кожна панель маркується відповідно до специфікації замовника. На пакет прикріплюється паспорт, де вказуються дані про завод-виробник, тип, кількість та маркування панелей у пакеті. Це дозволило автору провести експериментальне будівництво будинків за запропонованою технологією.

3.3 Проведення експериментальних будівельних робіт і обґрунтування оптимальних технологічних параметрів удосконаленого методу будівництва індивідуальних житлових будинків

Згідно з розробленою в цій главі теорією технології монтажу котеджів з великих сендвіч-панелей, було реалізовано її практичне застосування. У 2019 році в селі Сонячне поблизу Запоріжжя автор збудував три котеджі за цією технологією в літній та осінній періоди. Основні етапи будівництва детально ілюстровані на рисунках 3.10-3.17.

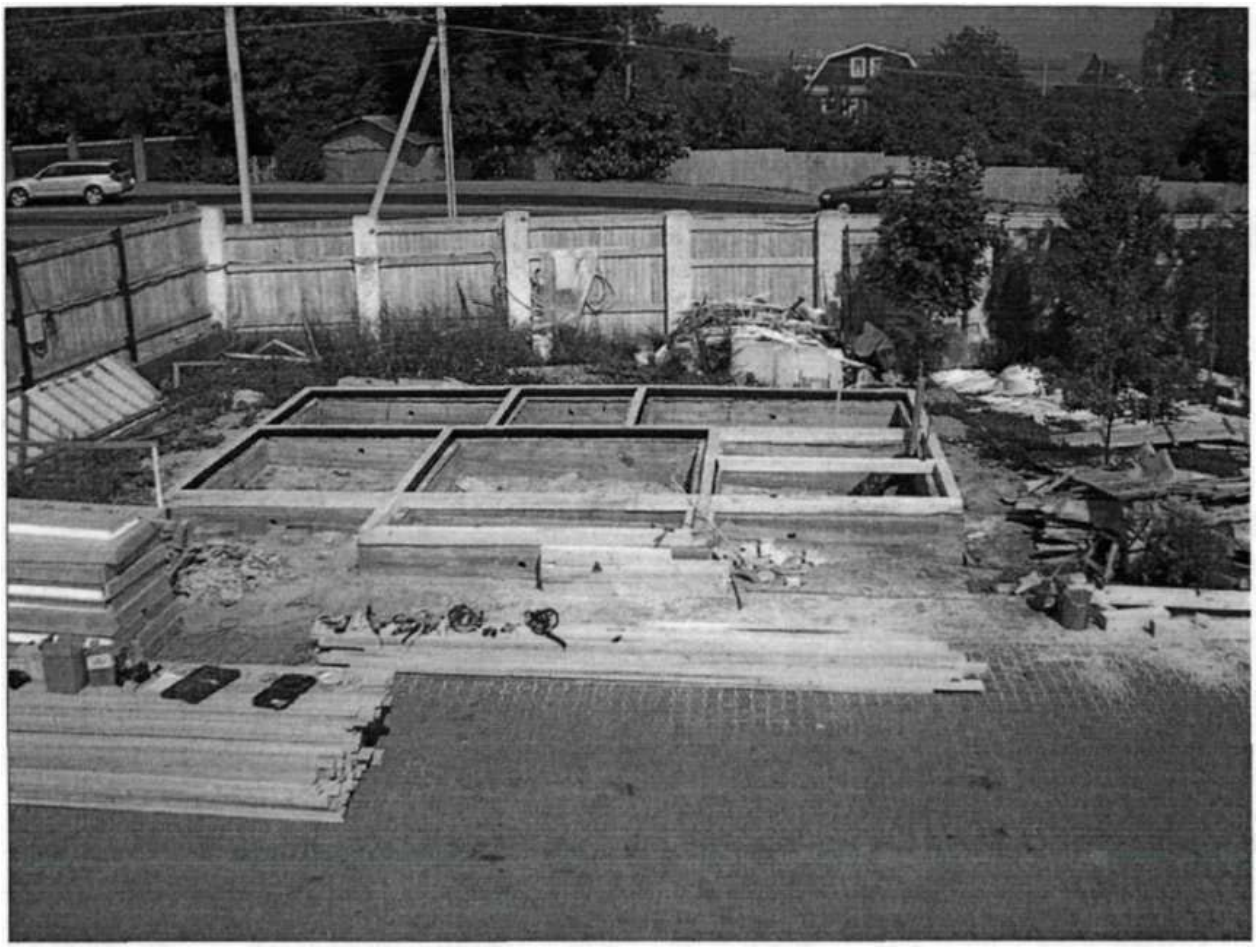


Рисунок 3.10 - Влаштуванння стрічкового бетонного фундаменту під експериментальний котедж



Рисунок 3.11 - Безкрановий монтаж панелей надпідвальних перекриттів з сендвіч-панелей вручну - основний будівельний процес в експериментальній технології

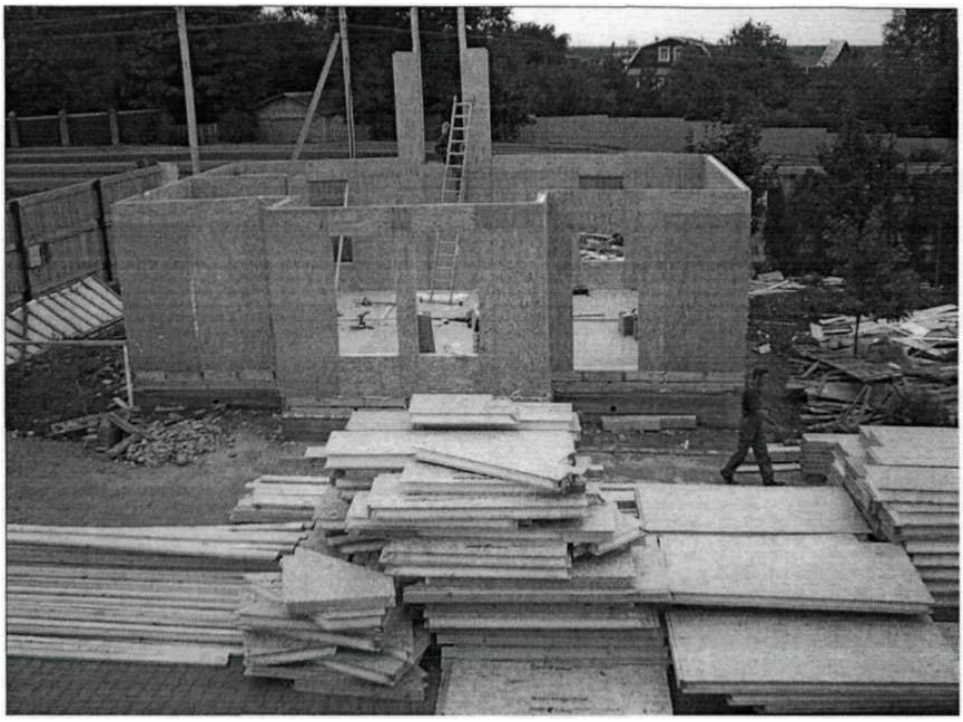


Рисунок 3.12 - Монтаж зовнішніх стінових панелей 1-го поверху з сендвіч-панелей 1,2 на м вручну, ланкою з 3-х робочих 2-го розряду в експериментальній технології



Рисунок 3.13 - Установка зовнішніх стінових панелей 2 поверху з сендвіч-панелей



Рисунок 3.14 - Установка панелей перегородок із сендвіч-панелей

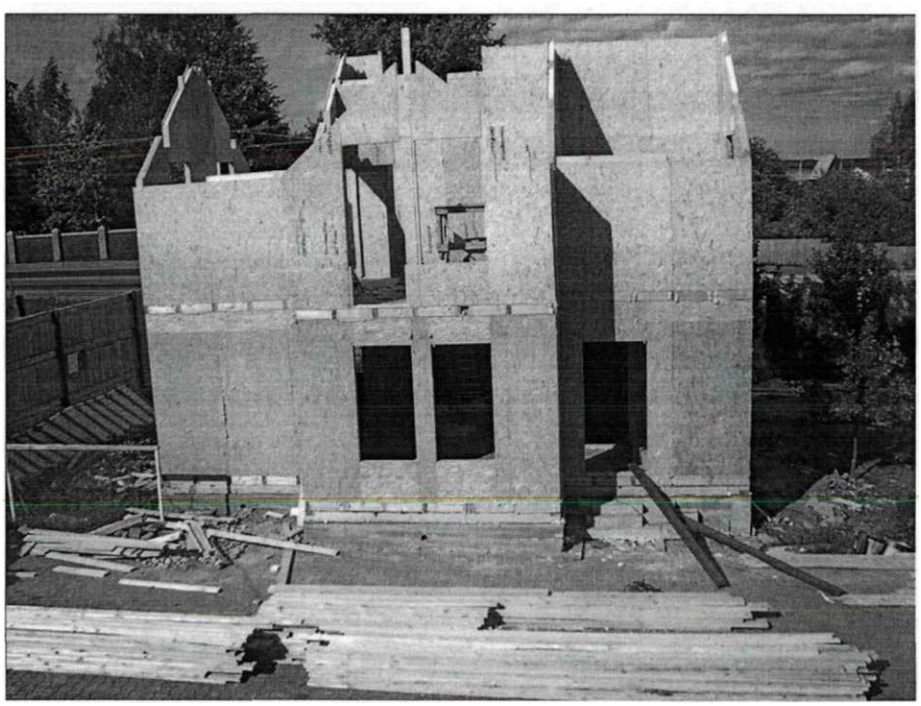


Рисунок 3.15 - Влаштування каркаса і стін горищного простору з сендвіч-панелей



Рисунок 3.16 - Влаштування даху та кровлі



Рисунок 3.17 - Зовнішнє оздоблення котеджу, зведеного за експериментальною технологією з швидкозбірних сендвіч-панелей

Під час монтажу було проведено вимірювання ключових технологічних параметрів, таких як трудомісткість (люд.-зм), машиноємкість (маш.-зм), продуктивність (м²/люд.-зм.), вартість (грн/м²), допуски (мм) та показники якості. Аналіз отриманих даних підтвердив високу ефективність, безпеку та якість усіх будівельних процесів. Це забезпечило значні переваги розробленої технології над традиційними методами, такі як зменшення трудомісткості, поліпшення якості монтажу, зниження вартості збірки та підвищення теплозахисних властивостей зовнішніх конструкцій (рис. 3.18).

Таким чином, друга наукова задача, сформульована в другій главі, була успішно вирішена: на практиці підтверджено і обґрунтовано оптимальність вузлів з'єднання панелей, що враховує два критерії оптимальності — мінімум трудомісткості монтажу та максимальну простоту і зручність з'єднання панелей вручну невеликою групою робітників з невисокою кваліфікацією.

Виявлено нову залежність, що демонструє зниження питомої трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків з сендвіч-панелей

високого ступеня заводської готовності (90-95%) при збільшенні площі будинків (рис. 3.19).

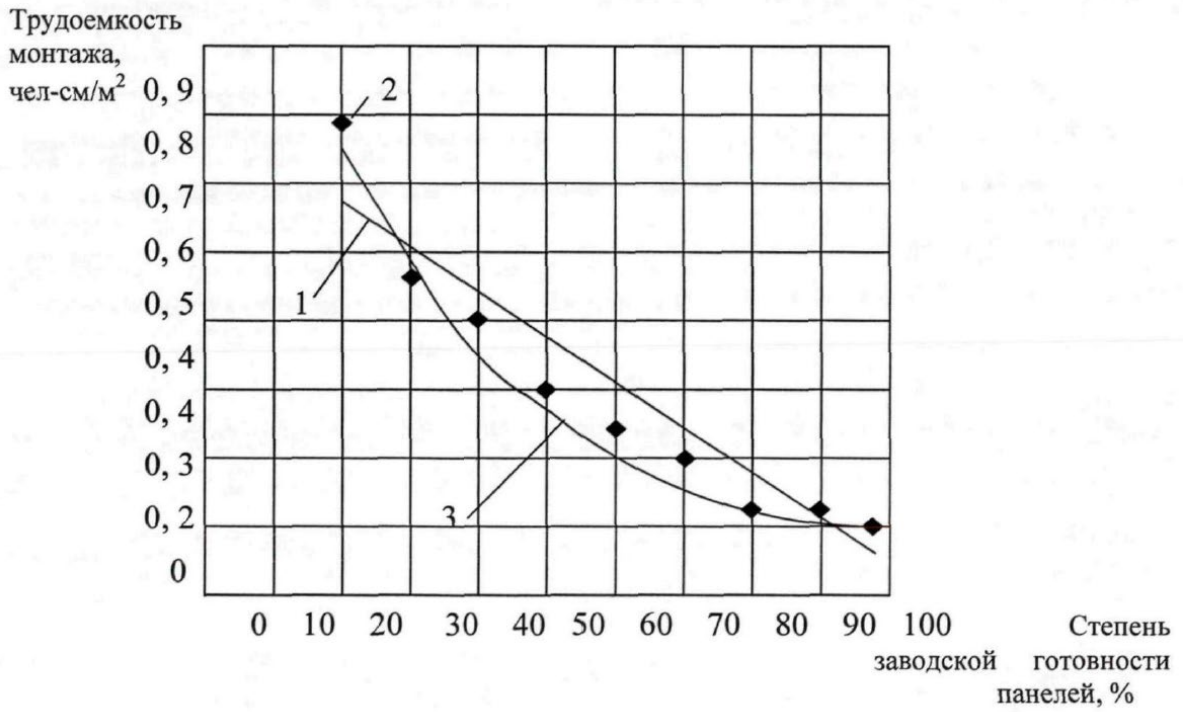


Рисунок 3.18 - Залежність зниження трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків від фактора впливу - підвищення ступеня заводської готовності сендвіч-панелей: 1 - теоретичні (розрахункові) значення; 2 - експериментальні (натурні) значення; 3 - апроксимація

Далі проведено порівняльний аналіз інноваційних технологічних переваг розроблених рішень у порівнянні з існуючими технологіями (табл. 3.2). Розроблено склад операцій і засоби контролю, до яких відносяться: вимірювальна лінійка, будівельний схил і рулетка. Контроль на етапах виконання здійснює майстер або виконроб, а приймальний контроль — служба якості, майстер або виконроб, а також представники технічного нагляду замовника.

Після завершення монтажу конструкцій стін, їх необхідно перевірити для всієї будівлі, окремих температурних блоків або прольотів. Це дозволяє точно визначити потреби в матеріально-технічних ресурсах для монтажу котеджів.

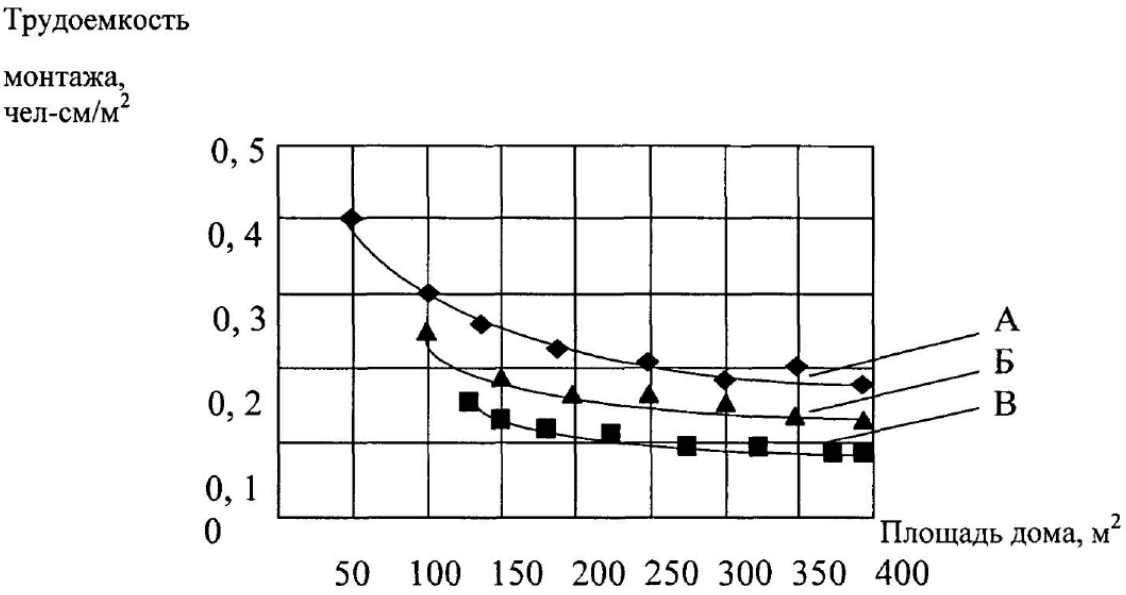


Рисунок 3.19 - Залежність зниження питомої трудомісткості монтажу індивідуальних житлових будинків з сендвіч-панелей високого ступеня заводської готовності (90-95%) від підвищення площі будинків: А - одноповерхові будинки; Б - двоповерхові будинки; В - триповерхові будинки; 1 - експериментальні значення; 2 - апроксимації

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНІ РЕСУРСИ.

Типи, марки та технічні характеристики панелей:

- Фізико-механічні властивості утеплювачів:

- Мінераловатні панелі. Для утеплення цих панелей використовують негорючу базальтову вату. У випадках підвищених вимог до механічної міцності, теплоізоляції та протипожежної безпеки, в замковій частині панелей може застосовуватися брусок з мінеральної вати сендвіч-баттс підвищеної щільності.

- Сполучні матеріали. При виробництві панелей використовується однокомпонентний клей фірми "Henkel". Теплоізоляційним матеріалом служить заливний поліуретан.

- Комплектуючі елементи:

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз технологічних переваг розробленого методу монтажу індивідуальних житлових будинків і існуючих технологій

№	Показники технологічних переваг	Од. вим.	Види будівельних технологій						
			традиційні				Швидкомонтовані		
			монолітний бетон	Цегляна кладка	Монтаж панелей з бетону	Пристрій каркаса і обшивка його утеплювачем	Монтаж дрібних сендвіч-панелей на болтах	Монтаж середніх сендвіч-панелей на накладках	Монтаж великих сендвіч-панелей (удоск. техн.)
1	Трудомісткість монтажу	чол.-ч/м^2	20	10	5	3	1	0,4	0,2
2	Ступінь заводської готовності	%	50	60	70	75	80	85	95
3	Трудомісткість демонтажу	чол.-ч/м^2	-	-	-	-	1	0,5	0,2
4	Вартість монтажу	грн/м^2	3000	2000	1000	600	200	80	40
5	Маса панелі	кг	3000	3000	3000	200	150	300	100
6	Розряд робочих	-	5-6	5-6	4-5	3-4	3-4	3-4	1-2
7	Догляд за конструкціями	-	+	+	+	+	-	-	-
8	Каркас панелі	-	ЗБК	ЗБК	ЗБК	дерево	дерево	дерево	сталь
9	Теплоізоляція	-	газобетон, кераміка	керамік а, газобетон	газобетон, кераміка	пінопласт	склова та	мін.вата.	базальт.

- Окрім основних панелей та профнастилу, завод виготовляє всі необхідні компоненти для монтажу: нащельники, кріплення та ущільнювачі.

- Фасонні елементи:

- Фасонні елементи, такі як нащельники, які закривають шви і відкриті частини панелей, виготовляються за типовими ескізами або за індивідуальними вимогами замовника. Зазвичай вони зроблені з оцинкованої сталі або сталі з полімерним покриттям в необхідних кольорах.

- Кріплення фасонних елементів здійснюється саморізами або заклепками з кроком 300 мм. Нащельники рекомендується встановлювати з нахлестом 100 мм, використовуючи силіконовий герметик відповідно до специфікацій кріплення панелей.

- Елементи кріплення:

- Поставка сендвіч-панелей може включати всі необхідні кріпильні елементи: від самонарізних болтів для панелей до саморізів і заклепок для фасонних елементів.

Ці компоненти забезпечують не лише функціональність і міцність конструкцій, а й естетичний вигляд будівлі.

Самонарізні болти або дюбелі вибираються відповідно до товщини панелей і матеріалу несучих конструкцій, а їх кількість визначається на основі навантажень і довжини панелей (розмірів прольотів). Зазвичай, на одну панель припадає 4 кріпильних елементи, але для коротких панелей (менше 0,8 м) достатньо 2 болтів. У випадках великих прольотів (понад 6,5 м), значних навантажень (понад 0,7 кН/м) або особливих вимог до пожежної безпеки, кількість кріпильних елементів на панель може досягати 6-8 одиниць.

Саморізи для монтажу фасонних елементів можуть бути пофарбовані в потрібний колір. Вірний вибір кріпильних елементів, які поєднують безпеку та міцність, забезпечує тривалий термін експлуатації конструкцій. Наприклад, болти з нержавіючої сталі, які не мають магнітних властивостей, мають високу стійкість до корозії і не дорожчі у використанні. Крім того, вартість кріпильних елементів має незначний вплив на загальну вартість будівництва.

Витрати на кріпильні елементи для поліуретанових самоклеючих стрічок, що використовуються між панеллю і несучою конструкцією, зазвичай невеликі. Для забезпечення герметичності та запобігання промерзанню з'єднань між панелями, на замкові частини наноситься герметик, переважно силіконовий. Нанесення герметика на зовнішню сторону замкового з'єднання може бути необхідним для забезпечення підвищеної герметичності і витримування вітрових навантажень.

Витрати на герметики складають менше 1% від загальної вартості будівництва, в той час як втрати тепла через нещільність можуть досягати 12% від витрат на експлуатацію.

Для захисту панелей від механічних пошкоджень під час транспортування і монтажу, на їх металеві поверхні може бути наклеєна захисна поліетиленова плівка, яка легко видаляється після завершення монтажних робіт.

Останніми, автор пропонує заходи для охорони навколишнього середовища і правила техніки безпеки під час монтажу котеджів з сендвіч-панелей.

Монтажні роботи є найбільш небезпечними серед усіх будівельних завдань, оскільки передбачають переміщення та установку важких конструкційних елементів (до 100 кг) на значній висоті (до двох поверхів).

На будівельному майданчику необхідно чітко позначити технологічні зони: робочу зону, складування, попереднє складання та транспортування сендвіч-панелей від землі до місця установки. Особливу увагу слід приділити зонам підвищеного ризику, таким як одночасна робота декількох монтажних механізмів на сусідніх ділянках або на різних висотах.

До монтажу та допоміжних робіт, таких як розвантаження, складання і стропування збірних елементів, допускаються лише ті працівники, які пройшли вступний інструктаж. Для виконання верхолазних робіт потрібен досвідчений монтажник не молодше 18 років, з мінімум дворічним стажем та відповідною

кваліфікацією не нижче 4-го розряду. Також необхідно пройти навчання з техніки безпеки та пройти перевірки знань не рідше одного разу на рік, а медичний огляд — не рідше двох разів на рік.

Вантажозахоплювальні пристрої, стропи та інший інвентар повинні бути марковані бірками з інформацією про вантажопідйомність. Вони мають проходити перевірку на подвійне навантаження не менше двох разів на рік, а за результатами огляду видаються спеціальні паспорти.

При роботі на висоті монтажники повинні використовувати монтажні пояси та кріпити себе до петель змонтованих конструкцій або натягнутих тросів за допомогою ланцюга з кріпильним пристроєм. Інструмент необхідно зберігати в ящиках або сумках, щоб уникнути падінь. Для запобігання розгойдуванню або крутінню елементів, що піднімаються, їх слід закріплювати на розтяжках. Підняті елементи не можна залишати у висячому положенні під час перерв у роботі. Підйом вантажів дозволяється тільки при вертикальному положенні поліспаста монтажного крана, без підтяжки піднімається елемента. Вантаж не повинен перевищувати вантажопідйомність крана для даного вильоту стріли; відповідна таблиця повинна бути розміщена біля робочого місця машиніста.

На будівельному майданчику організовують проходи та проїзди, а також розміщують на видних місцях покажчики небезпечних і заборонених зон. У нічний час територія повинна бути належно освітлена.

Після кожного ремонту вантажозахоплювальні пристрої повинні проходити випробування на навантаження, що в 1,25 рази перевищує їх нормальну вантажопідйомність, з тривалістю витримки 10 хвилин. Результати перевірок заносять у журнал обліку. Періодичність оглядів: траверси — кожні 6 місяців, стропи і тари — кожні 10 днів, інші захоплення — кожен місяць.

Забороняється виконання монтажних і послемонтажних робіт на одній захватці, але на різних рівнях. Допускається виняток, але при цьому відстань між рівнями повинна бути не менше трьох перекриттів.

Небезпечна зона визначається відстанню по горизонталі від можливого місця падіння вантажу при його переміщенні краном. Для максимальних висот підйому до 20 метрів ця відстань має бути не менше 7 метрів, для висот до 100 метрів — не менше 10 метрів. Для більших висот відстань визначається в проекті.

Міжповерхові перекриття та покриття котеджу, змонтовані з сендвіч-панелей, повинні бути огороджені до початку наступних робіт.

Особливу увагу слід приділити запобіганню небезпек при зміні погодних умов. Не можна виконувати монтажні роботи на висоті в відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані. Переміщення і установка великих панелей з великою парусністю повинні припинятися при швидкості вітру 10 м/с і більше.

Пожежну безпеку на будівельному майданчику та на робочих місцях слід забезпечувати відповідно до встановлених вимог. Особи, які порушують правила пожежної безпеки, несуть відповідальність відповідно до чинного законодавства, включаючи кримінальну, адміністративну або дисциплінарну.

Відповідальність за забезпечення пожежної безпеки на будівельному майданчику покладається на спеціально призначену особу з числа інженерно-технічного персоналу організації, що проводить роботи.

Всі працівники повинні бути допущені до роботи лише після проходження навчання з протипожежної безпеки, яке включає інструктаж з попередження і гасіння пожеж.

На робочих місцях повинні бути розміщені таблички з контактними номерами для виклику пожежної охорони і схемами евакуації у разі пожежі.

На території виконання робіт мають бути обладнані протипожежні пости з вогнегасниками, ящиками з піском і інструментами, а також попереджувальні плакати. Вся протипожежна техніка повинна перебувати в належному стані.

Відкритий вогонь, розведення багать і паління заборонені на території будівельного майданчика. Палити можна лише в спеціально відведених для цього місцях, де повинна бути наявна бочка з водою.

Електромережа повинна бути завжди в належному стані. Після закінчення роботи необхідно вимикати електрорубильники всіх установок і робочого освітлення, залишаючи тільки чергове освітлення.

Робочі місця і проходи до них повинні бути освітлені відповідно до вимог ДСТУ Б А.3.2-15:2011. Освітлення має бути рівномірним, без сліпучих ефектів для працівників. Роботи в погано освітлених зонах заборонені.

Робочі місця та підходи до них повинні підтримуватися в чистоті, регулярно очищаючи від сміття.

Зовнішні пожежні драбини і огородження на даху повинні бути в справному стані.

Не допускається блокування проїздів, проходів або під'їздів до місць зберігання пожежного обладнання та до вхідних воріт сигналізації.

Системи протипожежного водопостачання повинні бути в належному стані і забезпечувати відповідний об'єм води для гасіння пожеж. Перевірка їх функціонування повинна проводитися щонайменше двічі на рік (навесні і восени).

Для опалення тимчасових мобільних будівель необхідно використовувати парові або водяні калорифери, а також електричні обігрівачі, які виготовлені заводським способом.

Сушіння одягу та взуття слід здійснювати лише у спеціально відведених для цього приміщеннях, обладнаних центральним водяним опаленням або водяними калориферами.

Заборонено сушити текстиль та інші матеріали на опалювальних приладах. Промаслений спецодяг, ганчір'я і тари з-під легкозаймистих матеріалів мають зберігатися в закритих контейнерах і видалятися після завершення роботи.

Не можна розміщувати на території бази машини з витоками пального або масла, а також з відкритими горловинами паливних баків.

Запаси пального і масел, а також тари з-під них, не повинні зберігатися поза спеціально відведеними для цього місцями.

Миття деталей машин і механізмів за допомогою пального дозволяється тільки в спеціально призначених для цього приміщеннях.

Пролите пальне і масло слід засипати піском і прибрати.

Електрозварювальне обладнання має бути заземлене під час роботи. Над переносними і пересувними електрозварювальними установками, які використовуються на відкритому повітрі, необхідно встановлювати навіси з негорючих матеріалів для захисту від атмосферних опадів.

Робітники та ІТП, які займаються монтажем котеджів з сендвіч-панелей, повинні:

- дотримуватися вимог пожежної безпеки та підтримувати протипожежний режим на виробництві;

- обережно поводитися з небезпечними у пожежному відношенні матеріалами, речовинами та обладнанням;

- у разі виникнення пожежі терміново повідомити пожежну охорону і вжити заходів для порятунку людей та ліквідації пожежі.

Таким чином, в цьому розділі були проведені експериментальні будівельні роботи та обґрунтовані оптимальні технологічні параметри удосконаленого методу зведення індивідуальних житлових будинків.

ВИСНОВКИ

1. Запропоновано інноваційний теоретичний підхід до розробки сучасної технології зведення швидкомонтованих індивідуальних житлових будинків. Методика "сухого" складання індустріальних сендвіч-панелей вдосконалена за допомогою моделювання та багатокритеріальної оптимізації, що орієнтована на скорочення трудових витрат і фінансових ресурсів під час монтажу.

2. Розроблено нові технологічні рішення для складання сендвіч-панелей оптимальних розмірів 1,2×3,6 м. Панелі складаються зі сталевого або цементного облицювання, мінераловатних утеплювачів та каркасних конструкцій. Використання інноваційних швидкоз'єднувальних шарнірних вузлів типу «муфта-гільза» та пружних теплоізоляційних шнурів із силікону й вилатерму, які встановлюються у пази до монтажу, дозволяє забезпечити герметичність та досягти оптимальних характеристик за критеріями скорочення трудовитрат, економії ресурсів і зниження загальної вартості.

3. Встановлено ключові фактори та закономірності, що впливають на ефективну оптимізацію технологій зведення будинків із сендвіч-панелей. Основні аспекти включають зменшення витрат праці та фінансів завдяки збільшенню розмірів панелей, підвищенню їхньої заводської готовності, спрощенню з'єднувальних вузлів і скороченню строків будівництва шляхом посилення механізації процесів, підвищення змінності та залучення кваліфікованого персоналу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галумян А.В. Можливості інтенсифікації термінів будівництва у монолітному домобудуванні. *Науково-технічна творчість молоді - шляхи до суспільства, заснованого на знаннях: зб. тр. І Міжнародної науково-практичної конференції.* 2009. С. 110-111.

2. Михалко В.Р. Монтаж сталевих та залізобетонних конструкцій. Київ.: СІ, 2000. 311 с.

3. Швець В.Б., Фёклін В.І., Гінзбург Л.К. Посилення і реконструкція фундаментів. Харків : СІ, 2002. 203 с.

4. Данилкін М.С., Шубін А.А Технологія будівельного виробництва. Підручник для ВНЗ. Київ, 2009. 317 с.

5. Giacomo Di Foggia Energy efficiency measures in building for achieving sustainable development goals. Heliyon. 2018. Vol. 4, Issue 11.

6. Долгінін Є.А. Перспективи застосування монолітного бетону та залізобетону. *Бетон та залізобетон.* 2017. №12, С. 4-5.

7. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво [чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014.

8. ДСТУ А.3.1–22:2013. Визначення тривалості будівництва об’єктів. [Чинний з 2014–01–01]. Вахович І., Галінський О., Григоровський П., Максимов А. та ін. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2014. 30 с. (Національний стандарт України)

9. Єфименко І.Б. Економіка будівництва. Навчально-практичний посібник. Київ, 2008. 200 с.

10. Зіневич Л.В. Деякі організаційно-технологічні питання витримування монолітних конструкцій різної масивності із застосуванням ранньої розпалубки. *Технології бетонів.* 2009 №3, С. 67-68.

11. ДСТУ Б В.2.6-187:2013 Теплогідроізоляція монолітна пінополіуретанова, що напилюється. Загальні технічні умови. [Чинний з

2014–07–01 Бабічева П.; Войналович І.; Галінський О., Максимов А. та ін. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2014. 36 с. (Національний стандарт України).

12. Офіційний сайт Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України. URL: https://mtu.gov.ua/.

13. Яворский В.Г. Монтаж строительных конструкций при реконструкции зданий: уч.пос. Киев : Будівельник, 2001. 233 с.

14. Поляков Е.В. Реконструкція та ремонт житлових будинків: навч. посібник. Київ : НЕДРА, 1997. 192 с.

15. Комаров І.К. Вдосконалення будівельного виробництва: посібник. Харків, 2007. 208 с.

16. Соколов Г.К. Технологія та організація будівництва: посібник. Дніпро: центр .2006. 528 с.

17. Пашечко О. А. Виробництво робіт з влаштування монолітних залізобетонних конструкцій. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія: Економіка*. 2013. Вип. 24. С. 39-43.

18. Сердюк В.Р., Франишина С.Ю. Технологія індустріального будівництва з монолітного бетону. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2009. №4. С. 17-21.

19. Щербініна С.А. Опалубні системи для монолітного будівництва. *Вісник ПДТУ*. 2014. № 28. С. 117-121.

20. Дрожжин Д.Ю. Технологія будівельних процесів. *Державне будівництво.* 2012. № 2. С. 1-9.