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: **«Удосконалення технології зведення будівель і споруд із комбінованих конструктивних систем»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-пцб-1
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
освітньої програми «Промислове і цивільне будівництво»
Мовчан Л.А.
Керівник: доц., к.т.н. Самченко Р.В.
Рецензент: к.т.н. Шокарєв Є.О.

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

Мовчан Леонід Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Удосконалення технології зведення будівель і споруд із комбінованих конструктивних систем
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) *проаналізувати вітчизняний та зарубіжний досвід технології зведення монолітних будівель з різних конструктивних систем, опалубних і бетонних робіт і дати їх класифікацію. сформулювати поняття комбінованих конструктивних систем для житлового будівництва, запропонувати структурну схему і розробити методику технологічної реалізації проектів із використанням користуванням ККС*

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) *Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напряму досліджень, результатами 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	Примітка
1	Розділ 1 Аналіз і обгрунтування існуючих конструктивно-технологічних рішень житлових багатоповерхових будівель із монолітного залізобетону	27 вересня	
2	Розділ 2 Комбіновані конструктивні системи і особливості їх застосування при зведення житлових комплексів	25 жовтня	
3	Розділ 3 Дослідження нових технологій зведення монолітних і збірно-монолітних будинків з використанням комбінованих конструктивних систем	22 листопада	

Студент _____ Л.А.Мовчан
(підпис) *(ініціали та прізвище)*

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

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

АНОТАЦІЯ

Мовчан Л.А. Удосконалення технології зведення будівель і споруд із комбінованих конструктивних систем.

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.

Дослідження вітчизняного та міжнародного досвіду будівництва продемонструвало, що монолітне житлове будівництво має найбільший потенціал для реалізації складних архітектурних концепцій. Проте, широкий спектр будівельних об’єктів вимагає різноманітності у технологіях виконання робіт. У магістерській роботі було поглиблено теоретичні та практичні аспекти вдосконалення комбінованого монолітного домобудівництва. Обґрунтовано, що розвиток у сфері житлового будівництва можливий лише за умови комплексного підходу, що охоплює архітектурно-конструктивні, архітектурно-планувальні, конструктивно-технологічні та соціально-економічні рішення. Запропоновано модернізовані модулі та елементи комбінованих конструктивних систем (ККС), пов’язані між собою функціональними та технологічними зв’язками. До них належать опалубні системи, монолітні конструкції стін і перекриттів, сходово-ліфтові вузли, комбіновані огороджувальні конструкції, вузли вентиляційних блоків та мереж комунікацій. Ці рішення дозволяють організувати будівництво житлових комплексів за індустріальним та потоковим підходами.

Ключові слова: зведення будівель, комбіновані системи, конструктивні системи, технологічні процеси, залізобетон, удосконалення технології.

Список публікацій магістранта:

Мовчан Л.А., Самченко Р.В. Удосконалення технології зведення будівель і споруд із комбінованих конструктивних систем. 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. 408-410.

ABSTRAKT

Movchan L.A. Improving the technology of building and construction of buildings and structures from combined structural systems.

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

A study of domestic and international construction experience has shown that monolithic housing construction has the greatest potential for the implementation of complex architectural concepts. However, a wide range of construction projects requires diversity in the technologies of work execution. The master's thesis deepened the theoretical and practical aspects of improving combined monolithic housing construction. It is substantiated that development in the field of housing construction is possible only with an integrated approach, covering architectural and structural, architectural and planning, structural and technological and socio-economic solutions. Modernized modules and elements of combined structural systems (CSS) are proposed, interconnected by functional and technological connections. These include formwork systems, monolithic wall and ceiling structures, stair-elevator units, combined enclosing structures, ventilation unit and communication network units. These solutions allow organizing the construction of residential complexes using industrial and flow approaches.

Keywords: construction of buildings, combined systems, structural systems, technological processes, reinforced concrete, technology improvement.

List of master's publications:

Movchan L.A., Samchenko R.V. Improving the technology of construction of buildings and structures from combined structural systems. Materials of the IX International Scientific and Practical Conference "Perspectives of contemporary science: theory and practice" (November 14-16, 2024, Lviv). Lviv: National University "Lviv Polytechnic", 2024. P. 408-410.

ЗМІСТ:

ВСТУП 9

1 ІСНУЮЧІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ 10

1.1 Аналіз розвитку монолітного будівництва в Україні та за кордоном 10

1.1.1 Історія розвитку монолітного будівництва 12

1.1.2 Монолітне житлове будівництво 15

1.1.3 Комбінована конструктивна система 24

1.1.4 Монолітне будівництво за кордоном 33

1.1.5 Конструктивні та технологічні системи монолітних будівель 35

1.2 Індустріальні системи опалубки, що застосовуються в монолітному житловому будівництві за технологією ККС 42

1.2.1 Оцінка та класифікація опалубних систем і технологічних засобів 44

1.2.2 Ключові конструктивно-технологічні вимоги до опалубних систем 47

1.2.3 Розпалублення конструкцій 48

1.2.4 Вибір опалубних систем 49

1.2.5 Шляхи підвищення технологічних можливостей застосування опалубок 51

1.2.6 Використання опалубних систем за кордоном 53

2 КОМБІНОВАНІ КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ЗВЕДЕННІ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ 58

2.1 Класифікація будівель і споруд монолітного домобудівництва 58

2.2 Технологія будівництва монолітних споруд з використанням ККС 59

2.3 Підготовка до будівництва. Технологічне проектування житлового комплексу з монолітного залізобетону 62

2.3.1 Склад і зміст технологічної та виконавчої документації з ККС 62

2.3.2 Виконавча технічна документація ККС 64
2.4 Розробка технологічних нормалей, карт і схем виробництва робіт з використанням ККС 65
2.5 Проектування технологічних спеціалізованих потоків при будівництві житлових будинків з монолітного залізобетону з ККС 70
2.5.1 Технологія будівництва одноповерхових житлових будинків з монолітного залізобетону 70
2.5.2 Технологія зведення багатоповерхових будівель з монолітного залізобетону з використанням ККС 73
З ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА МОНОЛІТНИХ І ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ 78
3.1 Методика варіантного проектування технологічних процесів при будівництві з використанням ККС 78
3.2 Конструктивно-технологічні рішення для зовнішніх огороджувальних конструкцій у ККС 84
3.3 Особливості виконання бетонних робіт при зведенні будинків з ККС 92
3.3.1 Огляд методів прискорення процесу бетонування монолітних конструкцій із застосуванням ККС 92
3.3.2 Дослідження технології всесезонного бетонування з використанням ККС 100
3.3.3 Технологія віброелектробетонування 102
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 106
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 107

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі в Україні спостерігається серйозна житлова криза, що обумовлена економічними та політичними трансформаціями в країні. Економічна нестабільність негативно вплинула на будівельну галузь, що проявилося у низці проблем. Зокрема, майже повністю зникли державні замовлення, великопанельне будівництво втратило популярність на ринку нерухомості, а вимоги до житлових будинків зазнали суттєвих змін, особливо в аспектах енергоефективності та комфортності. Крім того, істотно змінилися принципи інвестиційної політики.

У таких умовах будівельна наука та практика стикаються з необхідністю розробки нових концептуальних підходів, які враховують сучасні виклики. Потрібно визначити основні напрямки розвитку міської інфраструктури та модернізації будівельної галузі.

Обраний напрямок дослідження є актуальним через потребу в науковому обґрунтуванні ефективних організаційно-технічних рішень для зведення житлових будинків із монолітного залізобетону із застосуванням комбінованих конструктивних систем (ККС).

Метою даної магістерської роботи є формування принципів та рекомендацій щодо технології й організації будівництва багатоповерхових житлових будинків із монолітного залізобетону із застосуванням комбінованих конструктивних систем (ККС) в умовах сучасної ринкової економіки.

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

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

- Провести аналіз вітчизняного та міжнародного досвіду технології будівництва монолітних споруд із застосуванням різних конструктивних систем, методів виконання опалубних і бетонних робіт, а також здійснити їхню класифікацію.

- Визначити поняття комбінованих конструктивних систем для житлового будівництва, запропонувати структурну модель і розробити методику технологічної реалізації проектів із використанням ККС.

- Сформулювати рекомендації та розробити практичні пропозиції для впровадження технології будівництва багатоповерхових житлових будинків на основі комбінованих конструктивних рішень.

Об'єктом дослідження виступають технологічні процеси будівництва житлових комплексів із застосуванням комбінованих конструктивних систем.

Предмет дослідження - конструктивно-технологічні рішення, що забезпечують ефективне зведення житлових комплексів на основі комбінованих конструктивних систем.

Методи дослідження охоплюють узагальнення та аналіз досвіду будівництва житлових комплексів із комбінованими конструктивними системами як в Україні, так і за кордоном. До них також належать вивчення сучасних теоретичних і практичних аспектів організаційно-технологічної підготовки будівельних процесів, аналіз існуючих технологічних рішень, застосовуваних у будівництві, теоретичні дослідження та оцінка отриманих результатів.

Наукова новизна роботи полягає у розробці структури житлового будівництва, заснованої на прогресивних комбінованих конструктивних системах. Це дає змогу зводити різні типи житлових будівель із використанням широкого спектра ефективних будівельних матеріалів і конструкцій.

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 108 сторінок. Включає 18 рисунків, 6 таблиць, список використаних джерел з 25 пунктів.

1 ІСНУЮЧІ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОНУ

1.1 Аналіз розвитку монолітного будівництва в Україні та за кордоном

Залізобетон як матеріал почав своє поширення у другій половині XIX століття завдяки піонерам цієї галузі — Ламбо, Гюатту, Куанье та Моньє. Спершу його використовували переважно для створення монолітних конструкцій. Однак у середині XX століття настала епоха збірного залізобетону, який став відповідати тодішньому напрямку будівництва на індустріалізацію. У цей період монолітні конструкції часто заміняли на збірні навіть у випадках, коли така заміна не була економічно доцільною.

З початку 1960-х років розпочався новий етап у розвитку монолітного залізобетону. Зберігаючи своє домінування у традиційних галузях — гідротехнічному, дорожньому та спеціалізованому будівництві, монолітний залізобетон почав проникати в житлове будівництво. Цьому сприяли дві основні тенденції: збільшення поверховості міської забудови та освоєння регіонів із сейсмічною активністю та нерозвиненою інфраструктурою для повнозбірного будівництва. Монолітні технології стали альтернативою, здатною задовольнити нові вимоги до забудови.

Накопичений досвід використання технологій монолітного домобудівництва показав низку техніко-економічних переваг цього методу в порівнянні з цегляним, великоблочним та навіть великопанельним будівництвом (КП) [22]:

- Початкові витрати на створення виробничої бази для монолітного будівництва на 35% менші, ніж у цегляному домобудуванні, і на 40–45% менші, ніж у великопанельному (КП).

- Витрати сталі для конструкцій багатоповерхових монолітних будівель зменшуються на 7–25% у порівнянні з КП, причому ця економія зростає зі збільшенням поверховості або в районах з підвищеною сейсмічною активністю (у 1–2-поверхових будинках витрати сталі скорочуються в 2–2,5 рази).

- Витрати сталі на опалубку (з урахуванням її оборотності: до 300 циклів для монолітних конструкцій і 500–700 для збірних) знижуються з 1,5 кг/м² до 1 кг/м².

- Енергетичні витрати на виготовлення і зведення монолітних конструкцій менші на 25–35% порівняно з КП і цегляними будівлями.

- Загальні трудовитрати на будівництво монолітних будинків (виробництво матеріалів + роботи на майданчику) в середньому на 25–30% менші, ніж у цегляному будівництві, а терміни зведення скорочуються на 10–25%. У порівнянні з КП терміни будівництва монолітних будинків вищі на 20%, а трудомісткість на будмайданчику зростає на 25–30%, хоча сумарні витрати праці залишаються майже однаковими.

- Тривалість інвестиційного циклу (від капіталовкладень до введення будівлі в експлуатацію) виявляється меншою у монолітному будівництві, ніж при інших способах зведення будівель [15].

Перелічені фактори визначили монолітне будівництво як перспективний напрям, що відіграє ключову роль у вирішенні житлової проблеми, освоєнні регіонів із недостатньо розвиненою базою збірного будівництва, покращенні архітектурного вигляду міст та підвищенні рівня сейсмостійкості забудови в районах з підвищеною сейсмічною активністю.

Індустріальне монолітне житлове будівництво є одним із наймолодших напрямків у галузі, що розвивається близько 30 років. Воно демонструє значний успіх у вирішенні технологічних, конструктивних, архітектурно-естетичних та економічних завдань. Однак не обходиться й без проблем. До недоліків можна

віднести використання необґрунтованих технологічних підходів до зведення будівель, невдалі конструктивно-планувальні рішення, а також розвиток монолітного будівництва без належної організації виробничої бази та без підготовки кваліфікованих кадрів. Усі ці аспекти підтверджують актуальність проведення відповідних досліджень.

За відносно короткий період цей вид будівництва пройшов випробування численними технологічними методами зведення споруд, використовуючи різні модифікації опалубних систем і види бетону.

1.1.1 Історія розвитку монолітного будівництва

Перші свідчення використання монолітного залізобетону на території СРСР датуються кінцем 50-х років XIX століття [10]. Проте аналіз покриттів Царськосільського палацу в місті Пушкін вказує на те, що ще у 1802 році російські майстри застосовували армований бетон. Вони, однак, не вважали це відкриттям нового будівельного матеріалу і не запатентували свого винаходу.

Офіційно датою створення залізобетону вважають 1850 рік, коли француз Ламбо виготовив човен із дротяної сітки, покритої цементним розчином. Цей човен був представлений на Всесвітній виставці в Парижі 1855 року. Перші ж патенти на вироби із залізобетону для будівництва були видані Уїлкінсону у 1854 році та Моньє у 1857–1870 роках .

Формування теоретичної бази для розрахунку і проєктування залізобетонних конструкцій стало можливим завдяки дослідженням і працям таких учених, як Консідер, Геннебік, Мерш та інших. У ці роки були розроблені методики, що базувалися на законах опору матеріалів.

Розвиток залізобетонних технологій у СРСР нерозривно пов’язаний із діяльністю професора Н.А. Белелюбського (1845–1922). У 1888 і 1896 роках він провів публічні випробування залізобетонних конструкцій у Москві та

Петербурзі, які перевершили результати закордонних дослідників і стали основою для широкого впровадження залізобетону у будівництві. Вже у 1904 році Н.А. Белелюбський розробив перші технічні умови для залізобетонних конструкцій, які офіційно затвердили та видали у 1908 році [12, 14].

Значний внесок у розвиток теорії залізобетону зробили такі вчені, як Н.М. Абрамов [1], С.І. Дружинін, Н.К. Лахтін, А.Ф. Лолейт [6], І.Г. Малюга та інші. Їхні дослідження досі залишаються основою для сучасної теорії залізобетонних конструкцій.

У 80-х роках XIX століття в Санкт-Петербурзі стіни та перекриття низки будівель були виконані з монолітного залізобетону, використовуючи в якості заповнювачів цегляний бій і кам'яновугільний шлак. У 1905 році було побудовано перше чотириповерхове промислове будівля, зведене з монолітного залізобетону.

У 1904 році в Миколаєві було побудовано перший у світі маяк, виконаний із монолітного залізобетону. Прикладом активного використання монолітного залізобетону в дореволюційному будівництві є залізнична лінія Вітебськ-Жлобин, на якій у 1901-1902 роках збудували 27 мостів і шляхопроводів загальною довжиною 412 м [7]. Це стало підставою для того, щоб у 1908 році Міністерство шляхів сполучення видало перші "Технічні умови для залізобетонних споруд" [8], які через три роки були оновлені й доповнені новими "Нормами для розрахунку міцності залізобетонних споруд". Надалі подібні нормативи почали розробляти й інші відомства, що застосовували залізобетон.

Після утворення Радянського Союзу монолітний залізобетон став активно використовуватись для відновлення та розвитку народного господарства. Особливо великі масштаби його застосування були у гідротехнічному будівництві. Лише за перші десять років (1918-1928 рр.) обсяг використання залізобетону досяг 18 млн. куб. м [5]. Були побудовані Волховська (1921-1926 рр.), Дніпропетровська (1927-1932 рр.) та Ніжнесвірська ГЕС (1928-1934 рр.).

У 1925 році були затверджені "Тимчасові технічні умови та норми проектування й впровадження залізобетонних споруд", які враховували накопичений досвід проектування та зведення різних залізобетонних конструкцій. Введення монолітного бетону та залізобетону в житлове будівництво стало важливим етапом, що було символізовано будівництвом 14-поверхового будинку в Харкові [3].

Введення монолітного залізобетону в житлове будівництво значною мірою стало можливим завдяки створенню спеціалізованих будівельних організацій, таких як трест «Теплобетон». Ці підприємства, використовуючи укрупнені дерев'яні щитові опалубки, побудували низку житлових будинків у Москві, Ленінграді, Тулі, Воронежі, Брянську та інших містах, зокрема шестиповерховий будинок на Тішінській площі в Москві.

У 30-х роках для виготовлення опалубки для стін будівель почали застосовувати метал. З її допомогою в Ленінграді було зведено шестиповерховий будинок з одношаровими внутрішніми стінами товщиною лише 10 см і тришаровими зовнішніми стінами, що включали 10 см важкого бетону, 26 см пемзошлакобетону і 4 см облицювальних плиток. Порівняно з аналогічними цегляними будівлями, трудовитрати на будівництво цього будинку знизились на 19%, а вартість — на 12%.

У 1931 році в Ленінграді був проведений конкурс на найкращу технологію зведення монолітних будівель, що свідчить про визнання монолітного житлового будівництва перспективним напрямком. Переможцями стали пропозиції В.А. Латиніна і Б.В. Дмитрівського, які передбачали використання литого ксілошлакобетону для зведення тонкостінних будівель.

У 1936 році під час наради з великоблочного та монолітного будівництва були підбиті перші підсумки використання монолітного залізобетону у житловому будівництві, і цей тип домобудівництва був класифікований як індустріальний. Проте рівень механізації трудомістких процесів на той час залишався досить низьким.

Великий внесок у розвиток технології бетону зробили дослідження І.П. Александріна, Н.М. Бєляєва, К.С. Заврієва, С.А. Миронова, Р.М. Михайлова, Н.А. Попова, Б.Г. Скрамтаєва, І.Г. Савалова та інших учених, які розробили нові методики підбору складу бетону, технології його приготування та укладання, методи прискорення тверднення та зимового бетонування.

З 1934 року в нашій країні були введені «Технічні умови та норми проектування та будівництва залізобетонних конструкцій і споруд». Під час Великої Вітчизняної війни та в післявоєнні роки обсяги використання монолітного залізобетону, особливо для відновлювальних робіт та реконструкцій, стабільно зростали. У 1950 році цей показник становив 20,8 млн. м³.

У 1948 році були прийняті «Норми та технічні умови для проектування залізобетонних конструкцій», які відображали підвищення технічного рівня застосування залізобетону.

1955 рік ознаменував початок ери збірного залізобетону, що призвело до зменшення використання монолітного. Якщо в 1954 році частка збірних конструкцій становила лише 12% від загального обсягу використаного залізобетону в будівництві, то до 1965 року цей показник зріс до 60%

1.1.2 Монолітне житлове будівництво

Особливістю індустріального монолітного домобудівництва є використання інвентарних опалубок та максимальна механізація трудомістких процесів, що стосуються зведення будівель. За короткий період розвитку цієї галузі в країні було створено багато різних типів опалубок, серед яких найбільш популярними стали змінні та переставні опалубки.

Одним із перших проектів високоповерхового монолітного будівництва з використанням ковзної опалубки став 16-поверховий житловий будинок для міста Фрязіно, розроблений інститутом «Мосгражданпроект». Зведення будівлі здійснювалося за допомогою двох захваток і триступеневого графіка роботи, де кожен поверх будувався за 2,5-3 доби, а весь каркас був готовий за 43 дні. Підйом опалубки здійснювався за допомогою гідравлічних домкратів ОГД-61 та ОГД-64У, а перекриття виконувались монолітно за допомогою чотирьох комплектів металевої опалубки.

У Тулі на основі проекту ЦНДІЕПжитла було побудовано 16-поверховий житловий будинок, де бетонування перекриттів здійснювалося паралельно зі зведенням стін з відставанням на два поверхи. Будівництво проходило за дев’ять змін, а підйом опалубки здійснювався за допомогою 130 гідравлічних домкратів.

Метод ковзної опалубки був також використаний для першого монолітного 9-поверхового житлового будинку в Кишиневі, де для зовнішніх тришарових стін застосовувався утеплювач з пінополістиролу. Перекриття виконувалися збірними після завершення зведення стін. Подібний 16-поверховий будинок був побудований у Донецьку, але цей проект був пов'язаний з високими витратами. Плитний утеплювач, що знаходився в середній порожнині стін, знижував міцність конструкцій, що впливало на сейсмостійкість будівлі. Крім того, виникли значні труднощі при укладанні збірних перекриттів, що мали шпонкове з'єднання зі стінами.

Ураховуючи попередній досвід, у 1972 році в Кишиневі було споруджено 11-поверховий житловий будинок із зовнішніми одношаровими стінами товщиною 35 см, виготовленими з керамзитобетону з об'ємною масою 1650 кг/м3. Перекриття товщиною 12 см були виконані з монолітного залізобетону одночасно зі зведенням стін.

У таблиці 1.1 представлено порівняння матеріальних та трудових витрат на будівництво монолітних будівель за допомогою ковзної опалубки.

Таблиця 1.1 – Порівняльні показники матеріальних і трудових витратах при зведенні монолітних будівель в ковзній опалубці

Найменування показників	Житловий будинок			
	16-поверховий	16-поверховий	9-поверховий	6-поверховий
1	2	3	4	5
Сумарна витрата бетону на стіни і перекриття, м'	4061	3644	2332,3	2410,5
Витрата стали на 1 м ° бетону, кг	42,0	41,9	67,4	68,1
Трудовитрати на 1 м2 загальної площі при зведенні, чол. - ч:				
- стін	6,16	6,02	5,45	3,72*
— перекриттів	3,86	3,30	3,86	
Трудовитрати на 1 м2 загальної площі на усунення дефектів, чол. - ч	4,16	2.24		0,774
Максимальна кількість працюючих протягом доби	152	150-185	70	106
* - нормативні дані.				

Протягом використання змінної опалубки постійно проводились удосконалення. Велика увага приділялася розробці автоматизованих систем опалубки. Так, «ПромбудНДІпроект» у Донецьку створив конструкцію безстрижневої опалубки, яка піднімалась за допомогою "крокуючого" механізму, що пересувався завдяки тертю між опалубкою та стіною. Швидкість підйому становила 4 м на добу. Крім того, цей інститут розробив горизонтальну змінну опалубку для бетонування прямолінійних та криволінійних стін, при постійному радіусі кривизни, із швидкістю бетонування 8 м/год.

У Харкові на будівництві 26-поверхового адміністративного будинку використовувалися поперечні монолітні залізобетонні стіни товщиною 160 мм для внутрішніх і 200 мм для зовнішніх стін. Просторова жорсткість цієї конструкції забезпечувалася двома ліфтовими шахтами, поздовжніми стінами і міцними перекриттями. Для бетонування стін застосовувалась металева змінна опалубка, а міжповерхові перекриття були зібрані із великих панелей з монолітними поясами.

До 1974 року в різних регіонах країни було побудовано близько 70 монолітних будівель різної поверховості. У 1973 році в Сочі був організований

Всесоюзний семінар, присвячений досвіду монолітного домобудівництва, за участю Госгражданстроя та інших інституцій. У 1976 році було проведено засідання, на якому розглянули подальший розвиток монолітного будівництва та прийняли рішення, спрямовані на підвищення його ефективності.

На початковому етапі розвитку індустріального монолітного будівництва в багатьох регіонах основним методом було використання ковзної опалубки, оскільки він вимагав менших витрат на виготовлення і дозволяв реалізовувати складні архітектурні рішення. Однак з часом, досвід застосування ковзної опалубки став демонструвати й негативні аспекти.

Якість монолітних конструкцій, особливо стін, часто виявлялася надзвичайно низькою, що призводило до значних матеріальних і трудових витрат на виконання оздоблювальних робіт і значного збільшення термінів будівництва.

Аналіз, проведений комісією Держбуду в 1984 році, показав, що на багатьох об'єктах у РРФСР, Україні, Молдові, Вірменії, Грузії, Туркменії, Узбекистані та інших країнах, що використовували ковзну опалубку, не забезпечувалася безперервність бетонування стін, їх однорідність та необхідна якість укладаємого бетону, а також правильність армування згідно з проектом. Це призводило до появи значних дефектів: раковин, порожнин, великих швів, пухкості матеріалу.

Приміром, у багатьох випадках геометрія стін не відповідала проектним вимогам, а прорізи мали неправильну форму. Важливим фактором були й численні тріщини, як горизонтальні, так і похилі, відшарування захисного шару бетону, зняття матеріалу з окремих ділянок та випинання арматури. Такі дефекти спостерігалися навіть у половині з перевірених будівель, а також були пошкоджені перемички. В 1983 році в Молдові, наприклад, для усунення дефектів на монолітних будівлях було витрачено 5000 людино-днів.

Це призводило до значного перевитрату цементу при додаткових оштукатурювальних роботах, а також до збільшення часу будівництва. Термін

зведення 20-поверхових будівель часто перевищував норму в 1,7-2 рази: замість запланованих 22-28 місяців, будівництво тривало 54-57 місяців.

Інструментальні дослідження, зокрема радіоізотопне вимірювання щільності бетону, виявили велику неоднорідність матеріалу по щільності та міцності, що підтверджує наявність дефектів в стінах. У деяких випадках відхилення від середнього значення досягало 35-40%.

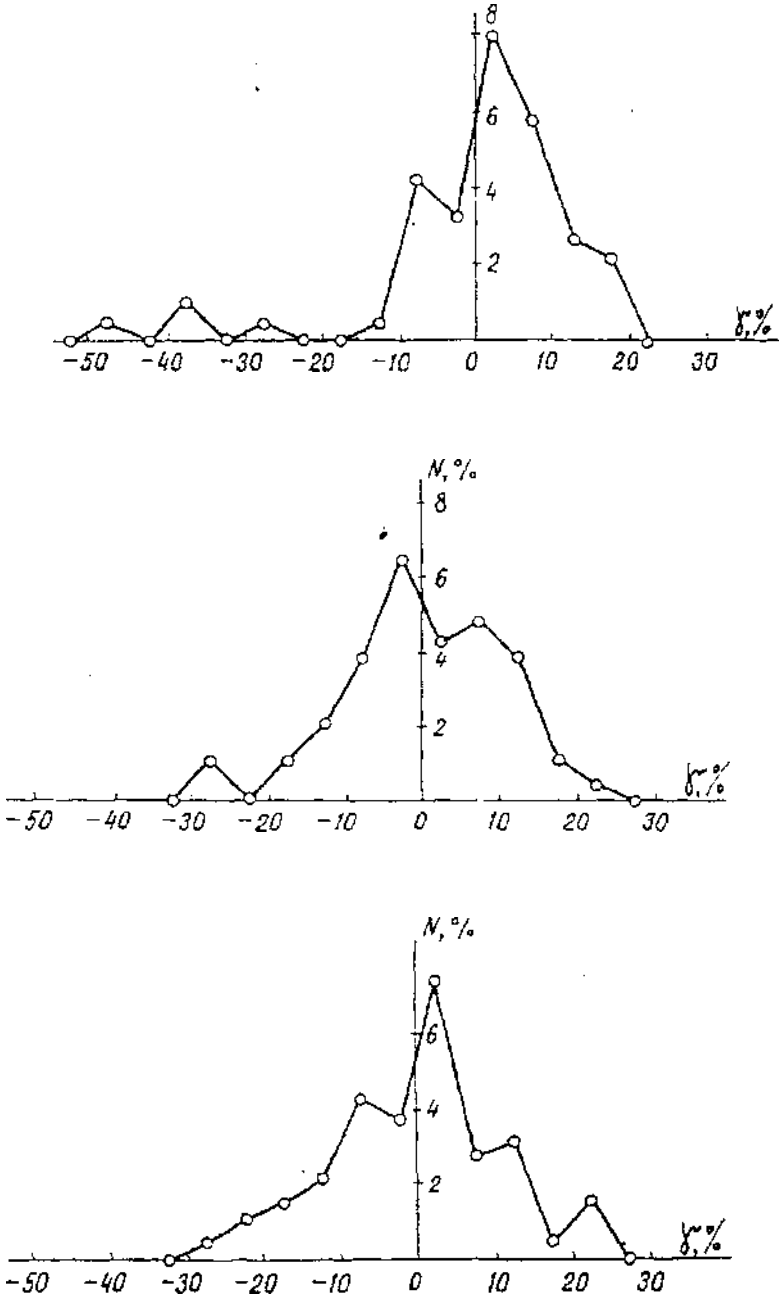


Рисунок 1.1 – Діаграми розподілу щільності бетону в стінах окремих монолітних конструкцій, що були перевірені за допомогою радіоізотопного методу.

З 1981 року спостерігалося зниження обсягів монолітного будівництва за допомогою ковзної опалубки через значні недоліки цього методу, що призводили до низької якості виконаних робіт. Серед основних проблем проектів, реалізованих з використанням ковзної опалубки, була невідповідність будівельних креслень актуальній комунікаційній ситуації, що змушувало проводити непередбачені зміни — пробивати отвори в стінах, вирізати борозни та коригувати арматуру.

Погіршення репутації методу будівництва в ковзній опалубці сталося також через поспішне впровадження монолітних будівель із керамзитобетону без необхідних технологічних досліджень. Такі стіни виявлялися неоднотипними, із численними пухкими ділянками, що виникали через "спливання" великих часток керамзиту.

Формування негативної думки про цей метод було пов'язане із загальною низькою культурою будівництва: порушенням технологічних норм для бетонних сумішей, недотриманням ритмічності доставки матеріалів, виготовленням бетону без протиморозних добавок в зимовий період, а також використанням неефективних методів укладання і ущільнення. В результаті технологія будівництва в ковзній опалубці не виправдала своєї мети та значною мірою була дискредитована.

Водночас, змішана опалубка демонструвала перспективи в зведенні спеціальних висотних залізобетонних конструкцій, таких як силоси, баштові копри, водонапірні вежі та промислові труби. Вона здобула популярність завдяки високій якості бетонування, особливо при використанні важкого литого бетону для стін.

Один із варіантів будівництва, що розглядається, включає використання Мелкощітової переставної опалубки для зведення стін. Основу цієї технології складає поярусне бетонування стін. Для підйому опалубної системи, що використовується для кожного нового ярусу стін, застосовуються електромеханічні підйомники. Стіни, побудовані за цією технологією, вирізняються високою якістю виконання.

Невипадково ковзну опалубку застосовують для зведення ліфтово-сходових шахт у багатоповерхових будівлях. Враховуючи це, можна зробити висновок, що, зважаючи на стабільне становлення монолітного житлового будівництва як одного з основних напрямків, варто повернутися до систематичного розроблення технічних умов для застосування ковзної опалубки, чітко визначивши області її ефективного використання.

Перший вітчизняний монолітний будинок, побудований за допомогою переставної опалубки, з'явився в Кишиневі в 1972 році. За відносно короткий час були розроблені різні типи переставної опалубки, зокрема тунельна, об'ємно-переставна та крупнощитові конструкції. Наприклад, в Молдові використовувалася трисекційна об'ємно-блокова опалубка, що дозволяла виконувати фасадні блоки через отвори в монолітному перекритті, що дозволяло створювати монолітні зовнішні стіни.

У Казахстані була розроблена конструкція блочно-щитової опалубки, що дозволяла спочатку бетонувати перекриття, а потім стіни. У Кишиневі при будівництві 22-поверхового готелю та 16-поверхового житлового будинку використовували блочно-щитову опалубку. Тунельна опалубка була широко застосована при будівництві санаторних корпусів в Одесі, та у Львові на площі Перемоги були побудовані два 22-поверхових житлових будинки, використовуючи об'ємно-переставну тунельну опалубку двох типів — квартирного і коридорного типу.

Використання різних типів переставних опалубок мало подвійний ефект. З одного боку, цей фактор дещо сповільнив темпи розвитку монолітного будівництва і погіршив його економічні результати, але з іншого боку, дозволив швидко виявити переваги та недоліки різних конструкцій опалубки. Підсумок цих досліджень і аналізу призвів до розробки уніфікованої системи переставних опалубок «Гражданстрой», призначеної для будівництва монолітних будівель з модульною сіткою, що має кратність 3 м. Висота поверхів у таких будівлях може варіюватися від 2,8 до 4,2 м, а крок поперечних стін – від 2,4 до 7,2 м. Внутрішні стіни в цих будівлях виконуються

монолітними, а зовнішні стіни та перекриття можуть бути як монолітними, так і збірно-монолітними або збірними, зі зміною товщини стін від 12 до 50 см і перекриттів від 12 до 22 см.

Система «Гражданстрой» передбачає використання крупнощитової опалубки для стін і перекриттів, Мелкощитової для стін, блочної для стін і ліфтових шахт, а також об'ємно-переставної опалубки. Вона також включає автономну систему термообробки, полігон для випробувань, а також набір механізмів і обладнання. Каркас опалубних щитів і несучих елементів виготовляється з гнутих швелерів і куточків, а формуючі поверхні – з металевого листа товщиною 4 мм. При проектуванні для конкретних об'єктів допускається виготовлення нестандартних елементів опалубки, які можуть становити до 10% її загальної ваги.

Масові обстеження будівель, зведених з використанням переставних опалубок, показали, що якість монолітних конструкцій, особливо стін, зазвичай відповідає сучасним вимогам. Однак, на жаль, досі недостатньо поширені методи обробки фасадів монолітних будівель за допомогою високоякісних білих цементів, стійких барвників та пластмасових матриць, які дозволяють створювати різноманітні малюнки на бетонних поверхнях. В останні роки в практику монолітного будівництва з переставними опалубками був введений метод роздільного бетонування стін, що значно зменшує обсяг застосовуваної опалубки та загальні трудовитрати.

У сучасному монолітному будівництві широко використовуються збірні залізобетонні елементи. Це можуть бути плити – «шкаралупи», що використовуються для створення збірно-монолітних зовнішніх стін і перекриттів, які виконують роль незнімної опалубки, а також блоки і панелі для зовнішніх стін, плити для перекриттів, перегородки, сходові марші та інші конструктивні елементи. Завдяки таким рішенням ступінь монолітності будівель знижується, що створює потребу в детальному дослідженні роботи стиків і з'єднань між монолітними та збірними елементами під час навантажень.

У цьому напрямку було проведено значну роботу в ЦНДІЕПжитла та інших проектних організаціях країни.

Протягом останніх 25 років досвід застосування переставної опалубки показав, що цей метод все більш впевнено займає провідні позиції в монолітному житловому будівництві. Серед різних варіантів переставних опалубок найбільш поширеною та визнаною серед будівельників стала крупнощитова. На сьогоднішній день за цією технологією зведено сотні будівель у різних містах країни.

Монолітне будівництво, яке на початкових етапах розвитку розглядалося як спосіб урізноманітнити міську забудову, поступово перетворюється на окрему підгалузь будівництва. Плановане розширення обсягів монолітного домобудівництва вимагає переходу від зведення окремих будівель до будівництва цілих житлових комплексів і мікрорайонів. Внаслідок цього в монолітному житловому будівництві може виникнути тенденція до стандартизації, що передбачає повторення індивідуальних проектів. Створення уніфікованої системи опалубок «Гражданстрой» для окремих конструкцій монолітних будівель, активне використання сучасних методів обробки фасадів, а також підхід комплексної забудови дозволяють ефективно вирішити це завдання.

У 1987 році був проведений Всесоюзний конкурс на розробку проектів житлових комплексів для міського будівництва з монолітного бетону на 3-5 тисяч осіб, де деякі конкурсні проекти виявилися новаторськими в підходах до проектування різноманітних житлових комплексів.

Досвід монолітного домобудівництва свідчить про тенденцію до зростання висоти будівель, що досягають 16, 20 або навіть 25 поверхів. Однак варто зазначити, що проживання в таких високих будівлях створює певні труднощі та психологічний дискомфорт для мешканців. Враховуючи це, в майбутньому очікується, що найбільш популярними в міському будівництві будуть 9-10-поверхові будинки. Згідно з думкою деяких експертів, монолітні

багатоповерхові будівлі вищої поверховості можуть бути оптимальними для розміщення адміністративних установ, готелів та подібних об'єктів.

1.1.3 Комбінована конструктивна система

Проблеми, що виникають у процесі масового індустріального монолітного будівництва, активно обговорюються та реалізуються на практиці. До недавнього часу вважалося, що основне застосування монолітного бетону полягає в зведенні багатоповерхових будівель. Однак останнім часом монолітний залізобетон став успішно використовуватися також у сільському будівництві, де застосовуються місцеві матеріали для виготовлення бетону. Наприклад, перед будівельниками «СпецБУД» у Львові було поставлено завдання збудувати житлові будівлі з комбінованими конструктивними системами (це поняття поки що не має чіткого визначення в сучасних довідниках).

Комбінована конструктивна система (ККС) включає в себе набір великих конструктивних елементів, з'єднаних між собою за допомогою функціональних і технологічних зв'язків для створення комплексної будівельної системи, що дозволяє зводити різноповерхові житлові будівлі нестандартного проекту. ККС охоплює не тільки несучі й огороджувальні конструкції, а й інші елементи, які в поєднанні з варіантним проектуванням сприяють досягненню архітектурної виразності, надійності та комфорту будівлі, а також мінімізації витрат. Це дозволяє здійснювати будівництво житлових комплексів з оптимальним поєднанням сучасних технологій використання монолітного бетону, збірних конструкцій, цегли, утеплювачів і полімерно-металевих труб.

Таблиця 1.2 – Взаємозв'язок наукових і виробничих завдань при зведенні житлових будівель з ККС

Етапи будівництва. Цикли виробництва.	**Науково-технічні задачі**
1. Підготовка заявки для тендерних торгів.	Маркетингові дослідження будівельного ринку.
2. Замовлення на будівництво.	Будівельний маркетинг - ТЕО
3. Завдання на проектування, і проектноізискательскіе і конструктивні роботи.	Варіантне проектування, порівняльний аналіз на основі експертних оцінок, вибір раціональних конструктивних інженерно-технічних рішень: - з фундаментів; - по каркасу будівлі; - по огороджувальних конструкцій; - - за елементами ККС.
4. Проектування (ПОС, ПНР, технологічні карти)	Організаційно - структурна модель зведення об'єктів з ККС. Вибір оптимальної технологічної структури будівництва з урахуванням функціональних та технологічних зв'язків. Теплотехнічний розрахунок стінових огороджень, експлуатаційних витрат та технологічних витрат на їх
5. Підготовка будівельного виробництва	Розробка гнучких технологічних схем зведення житлових комплексів. Календарне планування та розрахунок ресурсів. Методика варіантного проектування технологій і вибору раціональних організаційно-технологічних рішень.
6. Будівництво	Розробка технологій опалубних, бетонних робіт, в т.ч. в зимових умовах.
7. Експлуатація	Розрахунки експлуатаційних витрат, надійності, довговічності.

В умовах нових економічних реалій житлове будівництво вимагає впровадження принципів енергозбереження, а також раціонального використання трудових і фінансових ресурсів. Це потребує попереднього варіантного проектування, яке включає технологічні та організаційні рішення для зведення житлових комплексів з різними конструктивними варіантами.

Використання комбінованих конструктивних систем (ККС) дало змогу втілити в практиці систему варіантного моделювання для житлового будівництва.

Система варіантного моделювання передбачає опис кожного об'єкта за допомогою набору показників, які визначають якості та характеристики: самого об'єкта, умови виконання робіт, види і обсяг робіт, необхідні ресурси, кошторисну вартість. Набір цих показників може змінюватися в залежності від етапу проекту, доступності і детальності проектно-технологічної документації, а також рівня її розробки.

Моделі будівництва житлових комплексів можуть варіюватися в залежності від досягнення головних цілей, економічних (вартісних) показників, термінів здачі черг будівництва та специфічних функціональних, ресурсних і експлуатаційних завдань. Після визначення основних параметрів проводиться детальна розробка головної моделі. Календарні графіки розробляються та оптимізуються за допомогою програмного забезпечення.

Розрахунок варіантів включає проектування просторово-часової схеми здачі об'єктів по етапах, оскільки кожний етап завершення будівництва вказує на досягнення вищого рівня надійності і міцності об'єкта. Процес розрахунку варіантів зазвичай складається з кількох ітерацій, оскільки початково створюється «неопрацьована» модель, яка може мати піки та спади в розподілі ресурсів.

Сучасні технології значно прискорюють будівництво нових об'єктів і підвищують їх якість. Вони також стимулюють пошук нових композиційних рішень, що яскраво демонструє практика петербурзької компанії «СпецБУД» (усі приклади сучасного зодчества, розглянуті в магістерській роботі, стосуються саме цієї організації).

«СпецБУД» має унікальний архітектурний стиль, що поєднує відданість традиціям і культурній спадщині з відкритістю до новаторських ідей. Спеціалісти компанії активно використовують як соціальні, так і технічні досягнення, що раніше мали значний соціальний вплив на житлове

будівництво. Однією з основних характеристик їхніх об'єктів є індивідуальний підхід до дизайну. Це забезпечується завдяки конкурсний відбору проектів і тісній співпраці з численними творчими майстернями, які постійно співпрацюють з компанією.

Сучасна практика будівництва у Львові показує, що основним напрямком житлового будівництва стає застосування комбінованих конструктивних систем (ККС). Одним з найбільш перспективних варіантів є поєднання жорсткого монолітного каркаса з ефективними огороджувальними конструкціями.

У будівництві висотних будинків «СпецБУД» активно використовує метод, популярний у світі: будівництво з жорстким монолітним каркасом, цегляними зовнішніми стінами і теплоізоляційним прошарком. Така конструкція здатна витримувати значні навантаження, що дозволяє зводити дуже високі будівлі, де обмеження по висоті визначаються лише потужністю кранів та будівельної техніки.

Жорсткий каркас також впливає на інтер'єр. У монолітному домобудівництві «СпецБУД» використовуються три типи жорстких каркасів: поперечно-несучий, поздовжньо-несучий та з вільним плануванням. В останньому випадку можливості для перепланування майже безмежні: можна змінювати планування всередині квартир або навіть об'єднувати їх. Особливістю є система променевого планування, яка дозволяє розмістити від шести до дванадцяти квартир на одному сходовому майданчику. Підземні, цокольні та перші поверхи з вільним плануванням можуть бути адаптовані для різних цілей. Крім того, завдяки менші товщині монолітних перекриттів, ніж у збірних панелях, стелі в таких будинках вищі, що також додає комфорту.

В конструктивних системах з комбінованими елементами (ККС) важливу роль відіграє правильне розміщення сходово-ліфтових вузлів, оскільки це сприяє підвищенню загальної жорсткості будівель. З розвитком монолітного домобудівництва за допомогою ККС особливо важливим стає правильний вибір опалубних систем, що визначається такими факторами, як трудомісткість, вартість і якість виконуваних робіт. Спеціалісти компанії «СпецБУД» створили

власну систему опалубок, яка за характеристиками не поступається іноземним аналогам, таким як «Мева», «Дока», «Пері», «НОЕ», «Алюмо-Системс», але при цьому значно дешевша у виробництві, знімаючи витрати на транспортування та митні платежі. Вибір типу опалубки залежить від частоти її використання.

Аналіз та маркетингове дослідження дозволяють вже на етапі варіантного проектування зробити обґрунтований вибір технологічних рішень. Організаційно-структурна модель будівництва об'єктів за прогресивними технологіями включає чотири основні групи факторів, які в сукупності визначають високі споживчі характеристики якості житла, що будується:

1. Об'ємно-планувальні параметри, що враховують функціональне призначення, санітарно-технічні, екологічні, протипожежні та інші нормативи (як якісні, так і кількісні показники).

2. Конструктивні характеристики елементів та параметрів будівель (міцність, надійність, технологічність, несуча здатність, тепло- і звукоізоляція тощо).

3. Параметри виробничої системи забезпечення будівництва та якості виконання будівельно-монтажних робіт (кваліфікація працівників, рівень механізації, контроль якості тощо).

4. Техніко-економічні показники в процесі експлуатації об'єкта (питомі витрати палива, електроенергії, ресурсів, термін служби елементів ККС до капітального ремонту тощо).

Вибір ефективних організаційно-технологічних рішень передбачає визначення найкращих варіантів будівництва житлових комплексів, базуючись на порівнянні альтернативних підходів за критеріями ефективності та техніко-економічними показниками. Цей процес включає кілька етапів: створення реальних варіантів технологічних рішень, порівняння їх із базовими рішеннями та вибір оптимального варіанту, що відповідає усім вимогам і обмеженням.

Сучасні опалубні системи, завдяки своїм характеристикам — швидкості, гнучкості, легкості в експлуатації та довговічності — дозволяють будувати стіни різних форм максимально ефективно. Використання методу вакуумування дає можливість знімати опалубку вже на наступний день і застосовувати її на наступних поверхах. Для щитової опалубки використовуються новітні матеріали, що забезпечують відмінну якість поверхні без необхідності додаткової штукатурки, також вони ефективно захищають від негативних температурних впливів навколишнього середовища.

Монолітні стіни і перекриття забезпечують повну звукоізоляцію, а оптимальне розташування квартир по відношенню до сторін світу гарантує відповідність нормативам інсоляції та аерації. В облицюванні будівель, окрім цегли, активно використовуються енергозберігаючі і екологічно чисті матеріали, такі як утеплені штукатурки, що мають високу міцність і стійкість до атмосферних впливів, ультрафіолетового випромінювання та вологи, що підвищує довговічність будівель. Використання утеплювальних прошарків, таких як скловолокно, гіпсобетон або поліуретанова плівка, дозволяє зменшити товщину стін до 300-400 мм. Піноскло, новітній утеплювач, який відповідає високим екологічним і протипожежним вимогам, набуває популярності в будівництві. У вигляді герметичних металевих пакетів цей матеріал створює облицювальну конструкцію "шкаралупа", яка дозволяє імітувати цеглу та інші матеріали. Завдяки застосуванню утеплювачів і звукопоглинальних матеріалів, рівень теплоізоляції та шумоізоляції зростає на 20-40%, а витрати на їх виробництво зменшуються на 10%.

Інноваційна система вентиляції, розроблена фахівцями «СпецБУД», дозволила позбутися об’ємних вентиляційних колон та додати до кожної квартири 0,64 кв. м корисної площі. Завдяки цій технології зникла потреба в технічних поверхах, що дозволяє на верхніх поверхах проектувати просторі «пентхаузи» та створювати зимові сади з виходом на експлуатовані дахи.

Цікаво, що зараз, у відповідь на змінені умови попиту, майбутні мешканці можуть брати участь у «проектуванні» своїх квартир під час будівництва, вносячи власні ідеї та коригуючи планування. Вони можуть змінювати внутрішні приміщення, наприклад, об'єднувати кухню з вітальні або збільшувати площу ванної кімнати. Площа квартир варіюється від 40 до 200 кв. м, кухні можуть бути від 10 до 18 кв. м, а ванні кімнати — від 6 кв. м. Висота стель досягає 3 м. За бажанням мешканців можуть бути встановлені підлогове опалення, водяні фільтри та інші опції.

У своїй будівельній практиці компанія «СпецБУД» визначила три основні критерії для житлового будівництва:

1. Житло має бути сучасним, що включає надійність конструкцій, зручність і комфорт квартир, естетику фасадів і благоустрій.

2. Житло повинно бути доступним, що досягається через використання комбінованих конструктивних систем та оптимальних технологій для зниження витрат на будівництво.

3. Експлуатаційні та житлово-комунальні витрати повинні бути мінімальними, що передбачає використання багатошарових огороджувальних конструкцій для підвищеного теплоізоляційного ефекту.

Ці вимоги повністю відповідають будівлям з комбінованими конструктивними системами, які представляють майбутнє житлового будівництва.

Використання передових технологій значно впливає на архітектурне формоутворення, дозволяючи втілювати амбіційні конструктивні ідеї з оригінальними зовнішніми обсягами та широкими можливостями для перепланування інтер'єрів. Сучасні архітектори «СпецБУД», орієнтуючись на найкращі досягнення архітектури XX століття, вносять творчі корективи в історичну спадщину, зберігаючи структурну інноваційність і різноманіття. Це проявляється в проектах житлових будинків, що інтегруються в історичні квартали міста.

Одним із прикладів неокласицизму в архітектурі Львова є комплекс елітних три- та п'ятиповерхових житлових будинків. Це перший кондомініум у місті, що складається з п'яти корпусів, які формують закритий двір. На рис. 1.4 можна побачити плани «типового» будинку висотою від 5 до 9 поверхів, з квартирами, що мають гнучке планування від однокімнатних до чотирикімнатних.

У старій забудові Львова є так звані «незавершені» міські структури 1970-80-х років, що вимагають доопрацювання. Багато таких об’єктів можна знайти в різних районах міста. Наприклад, головний архітектор вдало вписав нове будівництво в архітектурний ансамбль, не порушуючи гармонії. Це 17-22-поверховий житловий комплекс, зовнішній вигляд якого показаний на рис. 1.8.

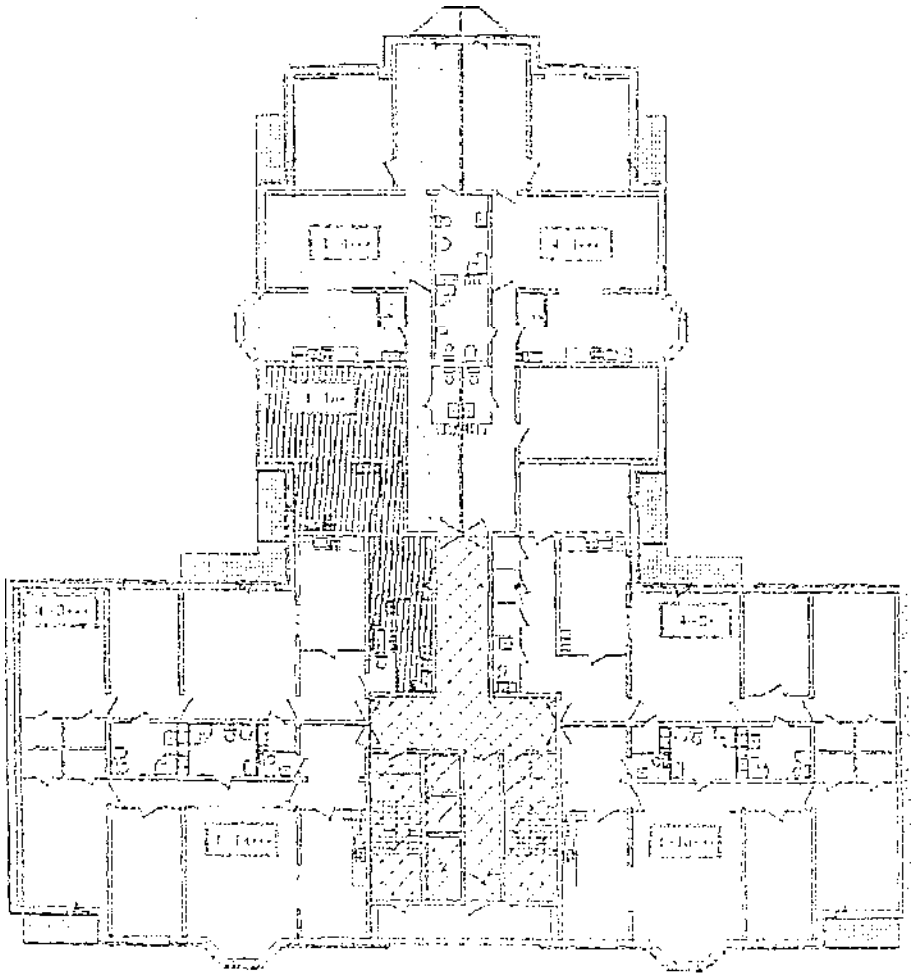


Рисунок 1.4 – План поверхів житлового комплексу

Каркас будівлі виконано з монолітного залізобетону, а зовнішні стіни зроблені з газобетону власного виробництва, облицьованого цеглою. Спеціальна технологія штукатурення захищає стіни від вологи, корозії та кислотних дощів. Оскільки район схильний до сильних вітрів з затоки, захисний шар стін має високу ефективність. Максимально велике скління будівлі (вікна «скляної» башти та монолітні вертикальні лоджії) забезпечує захист від вітрів і відкриває приголомшливий вид на місто. У цьому комплексі передбачено багато варіантів квартир, включаючи одно- та двоярусні, а також апартаменти класу люкс.

На рис. 1.5 представлена схема поліпшеного планування квартир.

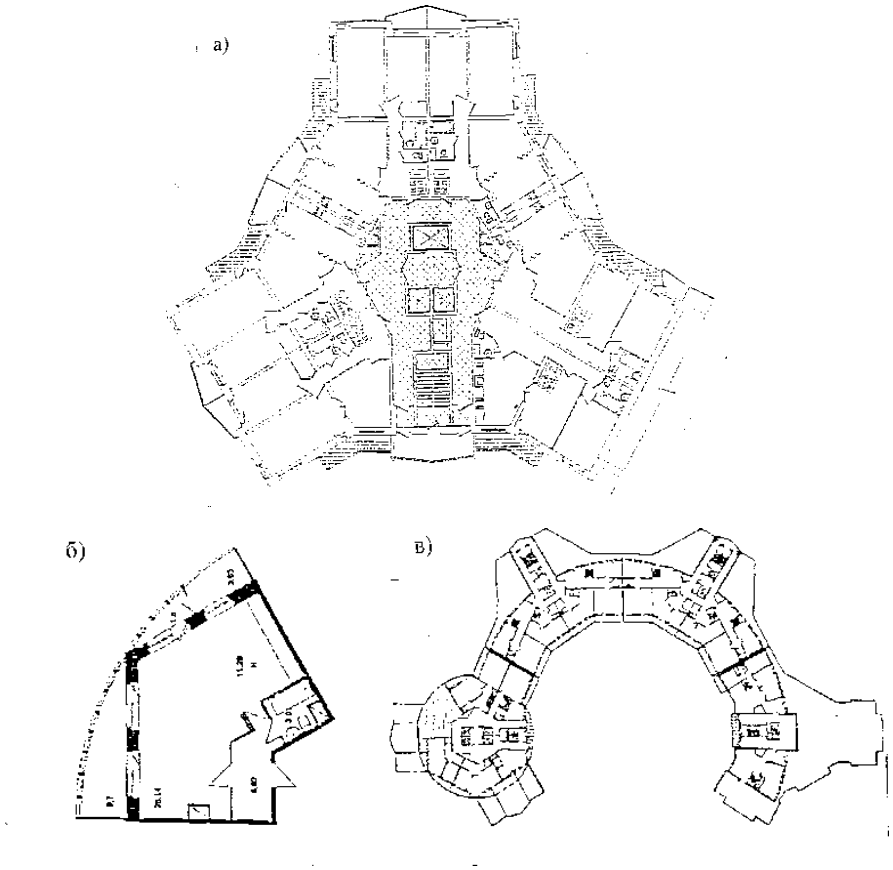


Рисунок1.5 – Планування квартир житлового комплексу

а) планувальне рішення квартир в «вежі»;

б) планувальне рішення «вставок»

в) загальний план всього комплексу

1.1.4 Монолітне будівництво за кордоном

Одним із унікальних проектів є адміністративна будівля висотою 1600 м, яка складається з 400 поверхів і була розроблена компанією «CBM Engineers» для Х'юстона (штат Техас, США). Ця будівля має сходову пірамідальну форму (рис. 1.6.) [9] і базується на багатосекційній коробчатій конструктивній системі з монолітних залізобетонних стін, як зовнішніх, так і внутрішніх. Для перекриттів передбачено використання плит з перехресними ребрами. Товщина монолітної фундаментної плити під будівлею досягає 550 см. Розрахунки показали, що застосування цієї конструктивної схеми з монолітного залізобетону замість звичайної сталевої каркасної системи суттєво збільшило жорсткість будівлі і поліпшило її динамічні характеристики, а також покращило вогнестійкість. Оцінка вартості показала, що будівля з залізобетону виявилася дешевшою за сталеву конструкцію.

Зокрема, варто зазначити високу якість поверхонь монолітних стін і перекриттів, які зазвичай не потребують додаткових доопрацювань, окрім незначної шпаклівки, і після демонтажу опалубки готові до фарбування чи наклеювання шпалер. Такий результат досягається завдяки ретельній підготовці опалубки перед бетонуванням і використанню високопластичних бетонних сумішей. Крім того, значну роль у цьому відіграють підвищена жорсткість опалубних щитів, точність їх монтажу за допомогою геодезичних інструментів і надійне кріплення. Уся технологія зведення будівлі спрямована на досягнення високої якості монолітних конструкцій.

Ще однією особливістю монолітного будівництва за кордоном є висока швидкість зведення: будівля може збільшуватися на один поверх за 3-5 робочих днів. У Іспанії, поблизу Валенсії, за 12 місяців було збудовано навчальний комплекс для 5 тисяч студентів. Він складається з 45 будівель і актового залу на 5100 осіб, виконаних з монолітного переднапруженого залізобетону.

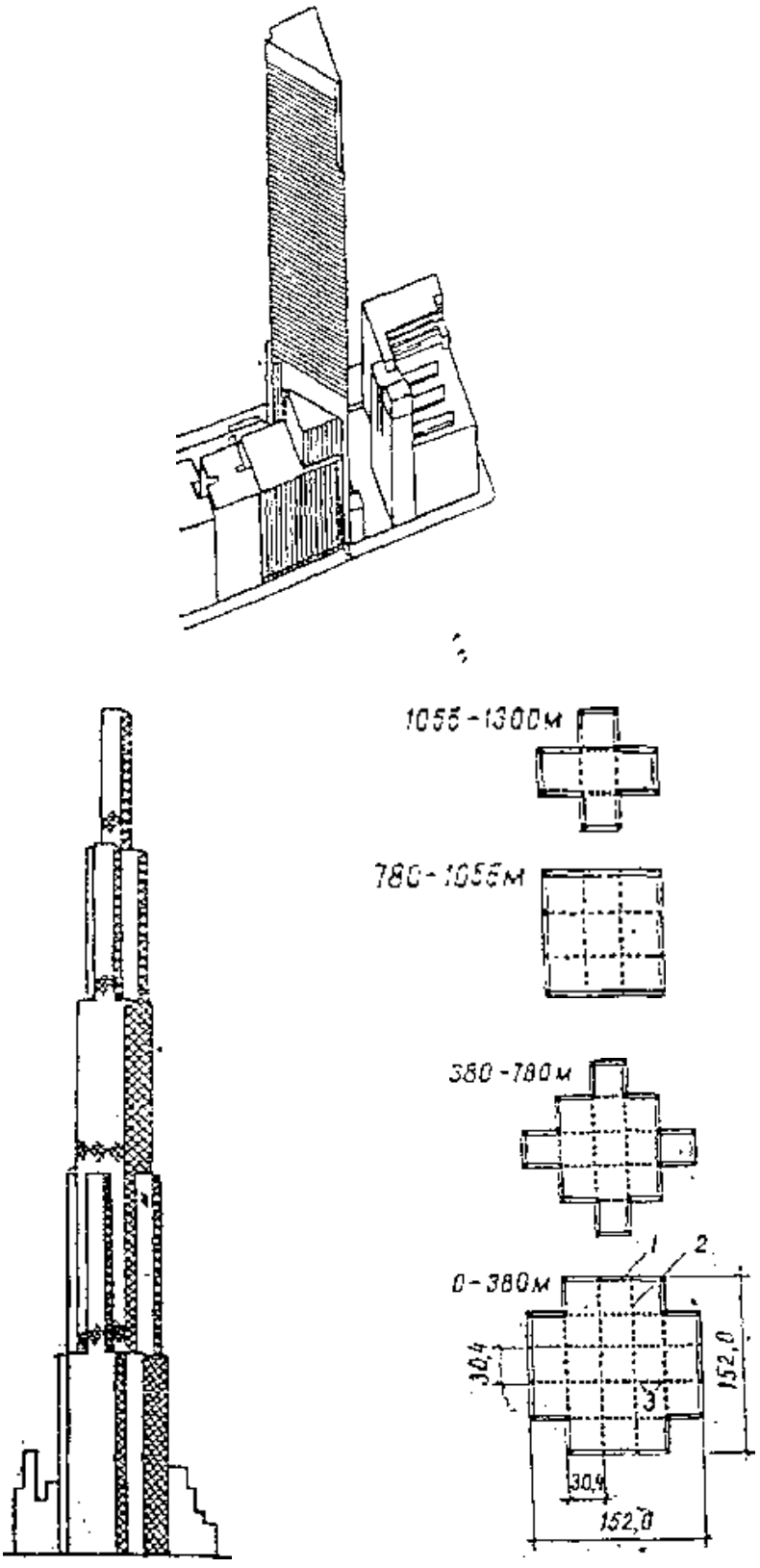


Рис.1.6 – Монолітні будинки в США

а) 66-поверхова будівля «Metropolitan Tower» (Нью-Йорк)

б) Загальний вигляд і плани адміністративної будівлі висотою 1600 м в Х'юстоні (штат Техас)

У багатьох країнах для монолітного будівництва були створені спеціалізовані технології та обладнання. Наприклад, в Італії та Бельгії для зведення монолітних будівель використовують метод «Домус-80», який базується на застосуванні спеціальних підйомних самохідних монтажних механізмів для металевої опалубки. У Японії компанія «Ота кенсецу» розробила автоматизовану систему, що контролює процес вібраційного ущільнення бетонної суміші під час її укладання в монолітні конструкції. Ця система оснащена високочутливими контактними датчиками, що керують роботою вібраторів [11].

1.1.5 Конструктивні та технологічні системи монолітних будівель

Конструктивна система являє собою сукупність взаємопов'язаних елементів, які несуть та передають вертикальні й горизонтальні навантаження, забезпечуючи просторову стійкість і жорсткість будівлі. Найбільш поширеними типами конструктивних систем для монолітних будівель є:

а) безкаркасні,

б) каркасні,

в) каркасно-стінові,

г) стовбурні,

д) ствольно-стінові,

е) каркасно-стовбурні.

Плити перекриттів у цих системах виконують роль горизонтальних дисків, які передають вертикальні й горизонтальні навантаження на несучі елементи. Каркасні конструкції та їх варіанти надають найбільшу свободу у плануванні, що робить їх ідеальними для організації просторих приміщень, характерних для громадських будівель. Такі системи також ефективні для проектування житлових будинків підвищеного комфорту в умовах сучасного

ринку, де фактично скасовані обмеження на максимальну площу та кількість кімнат у квартирах. Для будівель з нормальним рівнем комфорту, таких як житлові комплекси, готелі, спальні корпуси (наприклад, санаторії), найефективнішою є стінна система, у якій більшість перегородок виконують роль несучих, утворюючи жорстку коробчатну конструкцію. Стіни, що сприймають вертикальні та горизонтальні навантаження, повинні мати відповідну товщину (у будівлях, побудованих компанією «СпецБУД», товщина стін складає 160 мм), а також забезпечувати належну тепло- та звукоізоляцію, вогнестійкість та інші вимоги.

Конструктивні системи монолітних будівель поділяються на малопролітні (до 4,8 м), середньопролітні (до 7,2 м) і великопролітні (понад 7,2 м). В житловому будівництві здебільшого використовуються малопролітні та середньопролітні системи. Наприклад, 16-поверхові збірно-монолітні житлові будинки у місті Вільнюс мають прогоновий крок 7,2 м.

Стінові конструктивні системи, які відрізняються розташуванням стін у плані, можна поділити на такі типи:

- з поперечними несучими стінами — паралельними, непаралельними, радіальними;

- з поздовжніми несучими стінами;

- з перехресними несучими стінами.

У монолітних будівлях з поперечними несучими стінами горизонтальні навантаження, що діють перпендикулярно до цих стін, сприймаються:

- окремими діафрагмами жорсткості, які розташовані по довжині будівлі;

- рамами, що утворюються через жорстке з’єднання поперечних стін та плит перекриттів;

- радіальними поперечними стінами, якщо форма плану будівлі складна.

У будівлях з поздовжніми несучими стінами горизонтальні навантаження, що діють перпендикулярно до стін, сприймаються поперечними стінами сходових клітин, торцевими та міжсекційними стінами.

Будівлі з перехресними несучими стінами сприймають горизонтальні навантаження через поздовжні або поперечні стіни (залежно від напрямку навантаження). Ця конструктивна система дозволяє будувати найміцніші (жорсткі та стійкі) споруди.

Конструктивні системи можна класифікувати на регулярні та нерегулярні за М.Є. Соколовим.

До регулярних відносяться системи, де стіни мають однакові розміри по висоті будівлі та рівномірно розміщені отвори. Такі системи стали популярними в Україні на початкових етапах монолітного будівництва.

Нерегулярні конструктивні системи включають вертикальні та горизонтальні елементи різних типів і розмірів. Наприклад, на першому поверсі можуть бути колони, а на верхніх — стіни, або будівля може мати стіни, що розширюються чи звужуються по висоті, з різними висотами. Класичними прикладами таких систем є Храм Христа Спасителя в Ужгороді, а також деякі житлові будинки у Львові, побудовані спеціалізованим будівельно-монтажним об'єднанням «СпецБУД».

- Житловий комплекс, об'єднує найкращі традиції архітектури з інноваційними підходами сучасного житлового будівництва. Це 18-поверхова будівля, що нагадує форму «зігнутої гребінки» з висоти пташиного польоту. Чотири 14-поверхових секції утворюють три окремі двори. Всього в будівлі є сім парадних, доступ до яких здійснюється через підняту над землею терасу з величною колонадою. Перші два поверхи призначені для комерційних об'єктів, таких як магазини, офіси та кафе. Проект виконаний у стилі північного модерну.

Конструктивна схема будівлі — монолітний каркас з монолітними перекриттями товщиною 160 мм. Зовні будівля облицьована цеглою за авторською технологією, а перший поверх має оздоблення, що імітує натуральний камінь. Планування квартир орієнтоване на елітні апартаменти,

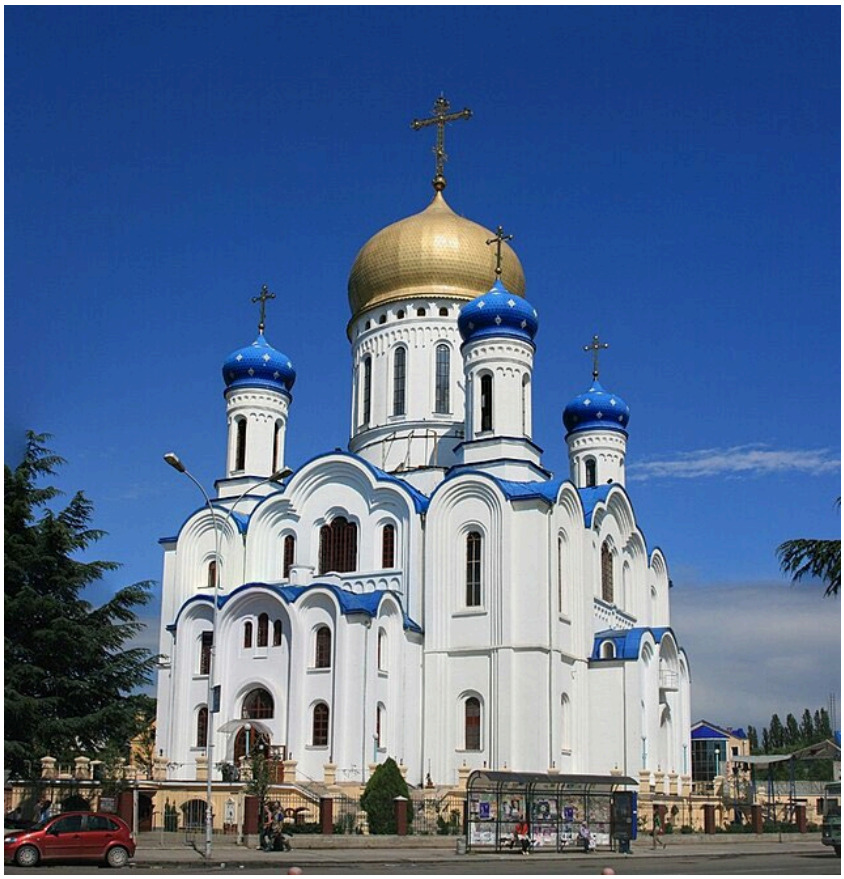


Рисунок 1.7 – Будівля Храму Христа Спасителя



Рисунок 1.8 – Житловий комплекс з ККС на 518 квартир



Рисунок 1.8 – Житловий 17-22-поверховий комплекс з ККС баштового типу на 313 квартир

подібні до квартир у «сталінських» будинках. На верхньому рівні розташовані скляні оглядові тераси та зимові сади. Будівля оснащена трьома ліфтами (одним вантажним і двома пасажирськими), що знижує час очікування мешканців. Автор ГАП — М.А. Мамошін. Термін введення в експлуатацію 1-ї черги — 2000 рік, 2-ї — 2002 рік.

- Житловий комплекс на вул. Одоєвського, квартал 22, будинок 28, біля станції метро «Приморська» (див. Рис. 1.8.), з архітектурним проектом під керівництвом Ю.К. Мітюрова. Комплекс складається з трьох 17-поверхових секцій та однієї 22-поверхової баштової секції з повністю заскленим фасадом, що містить 313 квартир. Висота поверхів становить 2,85 м. Передбачено квартири різної планування — одно- та дво-рівневі, а також кілька преміум-класу з підвищеним рівнем комфорту. З боку річки Смоленки двір обрамляє двоповерхова прибудова для розміщення гаражів і офісів. Внутрішній каркас будівлі виконано за сучасними технологіями.

Зовнішні конструкції фасаду — комбіновані, стіни облицьовані цеглою, з газобетоном як утеплювачем. Поверх стін покрито спеціальним довговічним шаром штукатурки, що не поглинає вологу, стійкий до корозії і кислотних дощів. Враховуючи особливості місцевості, всі лоджії у будівлі засклені, що сприяє енергозбереженню. Здалеку здається, що вся вежа будівлі складається з прозорого скла.

За словами доктора архітектури Ю.І. Курбатова [4], «... житлові комплекси «СпецБУД» є новим етапом розвитку житлової архітектури, що є природним результатом еволюції функціоналізму».

Зазвичай конструктивно-технологічний тип будівлі визначається методом її зведення (див. 1.1.2). При першому методі спочатку зводять всі стіни, як внутрішні, так і зовнішні, після чого влаштовують перекриття. За другим методом спочатку зводять внутрішні стіни разом із перекриттями з монолітного бетону (ця операція може виконуватись одночасно або поетапно), а зовнішні стіни будуються після них.

Другий метод є основним при зведенні багатоповерхових монолітних будівель у Львові будівельною компанією ЗАТ ССМО «СпецБУД». У цьому випадку використовуються комбіновані конструктивні системи, розроблені автором цієї роботи.

Однією з головних переваг монолітних будівель є їх здатність до роботи в просторі та явне вміння перерозподіляти навантаження.

Удосконалення методів розрахунку стінових конструкцій і принципів їх проектування за різних навантажень з різними знаками активно вивчали такі вчені: А.А. Аділходжаев, Г.Н. Ашкинадзе, В.С.Г. Боріев, Б.П. Брусків, Ю.В. Ізмайлов, А.Ф. Кирпа, В.І. Коноводченко, Б.А. Косіцин, М.М. Кукебаев, Р.А. Кулієв, Н.В. Морозов, В. ЛІ. Мусієнко, С.В. Поляков, М.Е. Соколов, В.Г. Цимблер та інші, а за кордоном: C.M. Alexander, F. Barda, F.J. Vecchio, A.E. Cardenas, M.P. Collins, W.G. Corley, M.Priestley, R. Park, T. Paulay, P. Gergeley, R.N. White, H.G. Russell, A. Sunge, J.M. Hanson, A.E. Fiorato та інші.

Більшість досліджень, зокрема зарубіжних [10, 11, 12], вказують, що для стінових діафрагм монолітних будівель характерним є деформування, що пов'язане з їх згинальним характером. На відміну від цього, зсувні деформації для них є нетиповими.

Монолітні стіни можуть бути виготовлені за різними технологіями, що впливають на їх конструктивні характеристики. Вони можуть бути безшовними (з використанням змінної опалубки) або з регулярними швами (при застосуванні переставної опалубки). Це має значний вплив на поведінку стін у процесі експлуатації багатоповерхових монолітних будівель.

При натурних вібраційних випробуваннях 16-поверхової монолітної будівлі, зведеної за допомогою ковзної опалубки в Тулі, виявилося, що при великій інерційній навантаженні (що в 2,5 рази перевищувала розрахункове вітрове навантаження) жорсткість будівлі та частота власних коливань зменшилися на 14% і 17% відповідно. Це вказує на те, що будівля деформувалася переважно в межах пружної стадії, а зниження жорсткості можна пояснити піддатливістю підстави.

Інакше поводилася модель 10-поверхового монолітного будинку з регулярними технологічними швами (ап = 0,25) під час аналогічних випробувань. При великих інерційних навантаженнях з'являлися горизонтальні тріщини в технологічних швах, а згодом — похилі тріщини в простінках другого поверху. Також чітко проявився нелінійний характер деформації будівлі. В кінці випробувань частота власних коливань знизилася в 2,2 рази порівняно з початковим значенням. Попри це, монолітна будівля виявила більшу жорсткість та несучу здатність у порівнянні з аналогічною моделлю великопанельної будівлі, що можна пояснити більшою кількістю не лише горизонтальних, а й вертикальних стиків у конструкції панелей.

Отже, технологічні шви призводять до утворення тріщин на ранніх етапах, що веде до зниження жорсткості конструкції в цілому. При зведенні житлових будівель за технологією ККС у Львові для кожного об'єкта вибираються індивідуальні рішення щодо технології зведення монолітних стін,

складу бетонів, температурних режимів укладання та інших параметрів, з урахуванням специфічних умов.

1.2 Індустріальні системи опалубки, що застосовуються в монолітному житловому будівництві за технологією ККС

1.2.1 Оцінка та класифікація опалубних систем і технологічних засобів

Опалубні системи — це спеціалізовані набори формувальних елементів, що використовуються для багаторазового формування при бетонуванні конструкцій в монолітному житловому будівництві.

Процес встановлення опалубки при будівництві бетонних і залізобетонних конструкцій є ресурсомістким етапом. Наприклад, на 1989 рік, для виготовлення опалубки та кріпильних елементів використовувалося близько 7 млн. м³ пиломатеріалів, 40 тис. т листового та дрібносортного прокату, більше 200 тис. т дроту і 3 тис. т алюмінієвого кабелю. При цьому на збірку, розбирання та ремонт опалубки працювало понад 140 тис. осіб, а матеріальні витрати на опалубку складали близько 400 млн рублів щорічно.

Основні технічні напрямки для вдосконалення опалубки, згідно з рекомендаціями, включають:

- підвищення рівня уніфікації, інвентаризації та зниження матеріаломісткості опалубних систем;

- зменшення відносної маси опалубки при одночасному підвищенні її жорсткості, з урахуванням збільшення інтенсивності бетонування та використання бетононасосів;

Таблиця 1.3 – Класифікація опалубок

Тип опалубки	**Конструкція**	**Доцільність застосування в монолітному житловому будівництві**
1	2	3
Ідивідуальна	Форма з оригінальних елементів в поєднанні з інвентарними. Проектують спеціально для даної	Оригінальні конструкції типу прогонових будов мостів, монолітних оболонок, фундаментів під складне енергетичне і
Незнімна	Складається із залізобетонних, азбестоцементних, склопластикових плит, оболонок кільцевого перерізу, сіток і ін., Що залишаються в тілі бетонируемой конструкції і інвентарних підтримуючих елементів.	Застосування такої опалубки технічно необхідно або економічно виправдано. Може нести конструктивні, формотворчих, захисні і декоративні функції (гідроізоляція, облицювання, утеплення, зовнішнє армування). Всі види і типи: "Пери« Тріо »".
Разборно-переставна мелкощітовая	Складається з щитів підтримують, кріпильних настановних і інших елементів невеликої маси і розмірів, що допускають монтажі демонтаж вручну. Можлива укрупнена збірка і подальший монтаж.	Може застосовуватися для бетонування невеликих за обсягом і складних по конфігурації монолітних конструкцій і вставок, в т.ч. в обмежених умовах виробництва робіт. Переважно тонкостінні конструкції. типи: "Пери« Варіо »". Бетонування великорозмірних конструкцій, в т.ч. стін і перекриттів.
Крупнощитова я	Форма з металевих або металлодеревянних великорозмірних щитів. Укомплектована механізованими засобами підмощування і кріпильний-виверочной оснащенням. Розбирають і переставляють з позиції на позицію механізмами.	Висотні споруди, компактні в плані, з незмінним і змінним перетином. "Пері", "Алума-Системс" Пері «Рундфлекс» "НОЕ", "ДОКА".
Підйомно переставна	Металева або металлодеревяннимі форма, що складається з несучої конструкції по периметру споруди, підвішених до неї щітовпанелей, робочого майданчика, пристроїв для поярусно перестановки опалубки по висоті і контролю точності переміщення і	Житлові будинки відповідної планувальної структури, компактні в плані висотні споруди «СпецБУД», «Мева». Бетонування конструкцій однотипних великого обсягу

Продовження табл. 1.3.

1	2	3
Блок-форма	Металева форма, жорстка цельнос'емная або частково роз'ємна, призначена для бетонування однакових конструкцій і переналагоджувані для конструкцій різних типорозмірів. Знімають і переставляють краном.	Окремо стоять фундаменти або інші конструкції із замкнутим контуром.
Об'ємно переставна (Тунельна)		Житлові і громадські будівлі протяжної компонування з монолітними поперечними несучими стінами і монолітними перекриттями.
П-образна Г-подібна	Металева форма, зібрана із секцій і складається з П-образного каркаса або з Г-образних полусекцій з шарнірно-закріпленими опалубними панелями стін і перекриття; ручного, механічного або гідравлічного пристрою для розпалублення і приведення форми в транспортне положення.	
Ковзаюча		Високі, компактні в плані будівлі та споруди з незмінним перерізом по всій висоті.
Катучая (горизонтально переміщувана)	Металева або метало-дерев'яна форма, що складається з опалубки, підвішеною до домкратних рам і жене в процесі бетонування за допомогою домкратів.	Однотипні монолітні споруди великої протяжності (підпірні стіни, колектори, тунелі).
	Металева і металлодеревяннимі форма, що складається з трансформується каркаса з підвішеними щитами, пристрої для приведення в робочий і транспортне положення. Має системи	
Пневматична	Повітроопірна (рідше пнемо-несуча) форма з повітро-і вологонепроникною тканини, яка бере під впливом надлишкового тиску повітря задану форму. Перевозять до місця чергової установки в згорнутому вигляді	Найпростіші, що окремо стоять оболонки, труби, колектори кільцевого перетину
Механізований опалубочний агрегат	Спеціальна опалубочная система з повністю механізованим і автоматизованим робочим циклом.	Перı «Рапıд», Перı «Скейдек».

1.2.2 Ключові конструктивно-технологічні вимоги до опалубних систем

До основних вимог, що пред'являються до опалубних систем, належать: міцність, жорсткість і стабільність форми при впливі робочих навантажень:

- висока оборотність;

- точність геометрії монолітних конструкцій та якість їх поверхні;

- наявність швидкороз'ємних елементів з можливістю усунення зазорів, що утворюються під час тривалої експлуатації;

- зручність для ремонту та заміни несправних елементів;

- швидке встановлення та демонтаж форми без пошкодження її частин і бетонного моноліту;

- мінімальне зчеплення з бетоном (за винятком незнімної опалубки);

- можливість укрупнення та переналагодження (зміна розмірів чи конфігурації) прямо на будівельному майданчику.

Щодо конструкції термоактивної опалубки, вона повинна забезпечувати:

- контроль за температурно-вологісним режимом, необхідним для тверднення бетону і досягнення його проектної міцності;

- можливість коригування і регулювання режимів прогріву.

З розвитком опалубних систем з'явилися додаткові вимоги щодо їх індустріалізації та технологічної надійності, а саме: підвищення рівня уніфікації; зростання швидкості монтажу, демонтажу та комплектування в транспортабельні одиниці; покращення якості поверхонь, що контактують з бетоном; зниження матеріаломісткості опалубних систем.

Дерев'яна опалубка має обмежений строк служби, не гарантує високу якість лицьових поверхонь і тому не є перспективним варіантом. У разі суцільнометалевої опалубки всі її елементи виконуються зі сталі. Однак її недоліком є відносно велика маса і висока металоємність, хоча вона має кращу оборотність порівняно з дерев'яною опалубкою.

- впровадження термоактивної опалубки, що використовується як при зимових умовах, так і при позитивних температурах для покращення оборотності опалубки та прискорення процесу витримки бетону;

- поліпшення адгезійних властивостей поверхні опалубки для зменшення зусиль при розпалубці та забезпечення бездефектних поверхонь;

- створення різноманітних систем незнімної опалубки.

Класифікація опалубних систем за конструктивними та технологічними ознаками наведена в таблиці 1.3.

Останніми роками у будівельній практиці як вітчизняного, так і міжнародного масштабу все більший попит має комбінована опалубка. У таких системах каркасні елементи, що забезпечують підтримку, а також кріпильні та виверочні деталі виготовляються зі сталі, в той час як палуби та щити опалубки — з водостійкої фанери або пластику. Для зменшення ваги в таких конструкціях використовують спеціальні гнуті, штамповані та перфоровані профілі, а також сталь високих марок.

Широке застосування здобула водостійка фанера, що обумовлено її гладкою поверхнею, стійкістю до деформацій при вологих умовах та відносно невеликою масою. Особливо зручна фанера при створенні опалубки для конструкцій з криволінійними поверхнями завдяки її здатності до вигину.

Щоб підвищити фізико-механічні властивості фанери, використовуваної в опалубці, її покривають плівкою з паперу, склотканини або скловолокна, що оброблені модифікованими фенольними смолами. Таке покриття підвищує твердість поверхні, зносостійкість фанери, а також зменшує зчеплення з бетоном і підвищує водонепроникність (до 20-30 г/м² на добу). Використання фанери з плівковим покриттям також є оптимальним для термоактивної опалубки, оскільки під плівку можна вбудувати нагрівальні елементи.

В обох типах опалубки, як вітчизняних, так і міжнародних, застосовуються пластикові елементи. Однак опалубки, повністю виготовлені з пластику, не отримали широкого поширення через високу вартість, складність у кріпленні та крихкість матеріалу.

Навантаження для проектування опалубки для монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій визначаються згідно з нормативними документами та стандартами.

При проектуванні опалубки важливо враховувати різні нормативні навантаження, серед яких виділяються:

а) Вертикальні навантаження:

- маса самої опалубки;

- вага свіжезалитого бетону;

- навантаження від людей та транспортних засобів;

- вага арматурних елементів;

- навантаження від вібрацій, що виникають під час ущільнення бетонної суміші.

б) Горизонтальні навантаження:

- нормативні вітрові навантаження, кг [4];

- вага свіжезалитої бетонної суміші;

- навантаження від коливань, що виникають при укладанні суміші в опалубку, а також від її вібрації під час ущільнення.

При розрахунку опалубки та підтримуючих конструкцій слід враховувати найбільш несприятливі комбінації навантажень. Наприклад, при розрахунку несучої здатності плит та підтримуючих елементів обчислюються поєднання постійних навантажень (вага опалубки, бетону та арматури) з тимчасовими. Для розрахунку деформацій враховуються поєднання навантажень від ваги опалубки, бетону та арматури. Для розрахунку бічних щитів на несучу здатність конструкцій, таких як коробки, балки, прогони, та інших елементів, враховується бічний тиск від свіжезалитої суміші та навантаження від її вібрації. При розрахунку несучої здатності елементів опалубки також вводяться коефіцієнти перевантаження.

1.2.3 Розпалублення конструкцій

При проектуванні та розрахунку опалубки важливо враховувати монтажні навантаження, які виникають під час розпалублення конструкцій і обумовлені зчепленням бетону з опалубкою. Це зчеплення є результатом взаємодії сил адгезії, когезії та усадки бетону.

Адгезія — це сила, що виникає внаслідок молекулярних взаємодій між бетоном та опалубкою, а когезія — це сила зв'язку між частинками бетону. Разом ці сили сприяють зчепленню, але при усадці бетону виникають напруги, які порушують ці зв'язки і зменшують зчеплення. Важливими факторами, які впливають на силу зчеплення, є характер поверхні опалубки та технологічні процеси, такі як вібрація бетонної суміші. У результаті між бетоном і опалубкою можуть утворюватися мікропори, обсяг яких збільшується в процесі усадки бетону.

Оскільки бетон має грубу структуру, а опалубка — шорстку поверхню, контакт між ними має точковий характер. Ступінь цього контакту залежить від реологічних властивостей бетонної суміші, режимів ущільнення та інтенсивності бетонування, а також від структури поверхні опалубки. Якщо опалубка виготовлена з матеріалів, що мають низьку схильність до прилипання, наприклад, пластика чи текстоліту, то зчеплення буде слабким. Якщо ж опалубка виготовлена з матеріалів, схильних до прилипання, як дерево чи сталь, і має шорстку поверхню або пористу структуру, зчеплення з бетоном буде значно сильнішим. Наприклад, зчеплення між необробленою сталлю і бетоном М150 становить 0,185 МПа, а між склопластиком — лише 0,031 МПа.

Шорсткість поверхні гідрофільних матеріалів зменшує кут змочування, тим самим знижуючи зчеплення, а у гідрофобних матеріалів — навпаки. Відрив опалубки від бетону може відбуватися за трьома типами: у першому випадку площина відриву збігається з площиною контакту, при цьому бетону не завдається шкоди; в другому випадку відрив відбувається по бетону, що

призводить до прилипання бетону до опалубки; в третьому випадку площина відриву частково збігається з контактом, що може призвести до місцевого пошкодження бетону та забруднення опалубки.

Зусилля відриву опалубки від бетону можна визначити як:

$$P_{от} = k_0 \text{ x } \sigma_н \text{ x } F_о, \quad (1.1)$$

де $\sigma_н$ - нормальне зчеплення, МПа; $F_о$ - площа відривати опалубки, м2; k_0 - коефіцієнт, що враховує жорсткість опалубки (коливається від 0,15 для Мелкощітовая опалубки до 0,55 для блок-форм).

Сили адгезії між бетоном та опалубкою можуть бути знижені шляхом використання для виготовлення формуючих поверхонь опалубки матеріалів з гідрофобними властивостями, а також застосування спеціальних мастил і антиадгезійних покриттів. Одним із варіантів є комбіновані мастила, що включають зворотні емульсії, які містять гідрофобізатори, сповільнювачі схоплювання і пластифікатори. Ці добавки пластифікують бетон на зоні контакту з опалубкою, полегшуючи її відрив.

Застосування таких мастил або покриттів значно знижує силу зчеплення бетону з опалубкою. Наприклад, обробка сталевої опалубки спеціальними мастилами зменшує сили зчеплення з бетоном в 4-5 разів вже через добу після нанесення.

1.2.4 Вибір опалубних систем

Вибір конкретної опалубної системи визначається з урахуванням її відповідності технологічним вимогам об'єкта будівництва та економічної ефективності. Основним чинником є технологічні характеристики, оскільки

вони безпосередньо впливають на якість бетонованої конструкції. Крім того, від технологічної сумісності опалубки з об'єктом залежить і швидкість бетонування, що в свою чергу має великий вплив на економічну доцільність її використання.

Отже, на першому етапі розглядаються технологічні переваги обраної опалубної системи, враховуючи швидкість монтажу та демонтажу, забезпечення якості лицьових поверхонь, універсальність і інші важливі фактори.

Трудомісткість опалубних робіт визначають як:

$$T_0 = T_E + T_И \times [1 + T_р \times (n-1) / 100] / n + T_д, \quad (1.2)$$

де T_E - трудомісткість монтажу демонтажу та змащування щитів опалубки, люд.-дн .; $T_И$ - трудомісткість виготовлення опалубки, люд.-дн .; $T_д$ - трудомісткість пристрою і розбирання добірних елементів, люд.-дн .; $T_р$ - частка трудомісткості ремонту, в загальній трудомісткості виготовлення опалубки,%.

Витрата матеріалів на один оборот опалубки;

$$M_о = M_и \times [1 + M_р \times (n-1) / 100] / n, \quad (1.3)$$

де $M_и$ - витрата матеріалів на виготовлення опалубки, кг; $M_р$ -частка витрат матеріалів на ремонт в загальній витраті матеріалів на виготовлення опалубки,%.

Таким же чином можуть бути встановлені такі істотні показники для вибору системи опалубки, як питома металоємність і енергоємність.

Економічний ефект від застосування будь-якої нової опалубної системи може бути визначений лише в зіставленні з найбільш вдалою раніше застосовувалася конструкцією опалубки.

З числа технологічно прийнятних варіантів відбирають найбільш економічний за показником витрат, віднесених до одного обороту опалубки.

В цьому випадку вартість опалубних робіт визначають за формулою (1.4):

$$C_0 = \{C_e + [1 + a \times (n-1) / 100]\} / n + C_д + C_в, \quad (1.4)$$

де C_e - вартість експлуатації опалубки, що включає заробітну плату робітників, монтується і демонтується опалубку, вартість машинного часу, вартість залишаються в бетоні (втрачаються) матеріалів, вартість змазування опалубки, грн .; n - нормативна оборотність опалубки (встановлюють на стадії проектування на підставі експерименту або аналогів); а - частка вартості ремонту в загальній вартості виготовлення опалубки,%; $C_д$ - вартість пристрою і розробки добірних елементів, включаючи заробітну плату робітників і вартість матеріалів, грн .; $C_в$ - вартість повернення матеріалів, грн.

Формула може бути використана і для підрахунку фактичних витрат. При цьому враховують фактичну вартість опалубки і число оборотів, які вона витримала.

1.2.5 Шляхи підвищення технологічних можливостей застосування опалубок

Згідно з розрахунками, вартість опалубних робіт у процесі монолітного житлового будівництва становить майже 50% від загальних витрат на зведення будівлі. Тому зниження витрат на опалубні роботи та підвищення їхньої якості є надзвичайно важливими завданнями.

Одним з ефективних способів скоротити витрати є правильний вибір опалубних систем та удосконалення технології їх встановлення та демонтажу.

Іншим підходом є впровадження нових економічних рішень, які дозволяють підвищити якість робіт. Одним із таких рішень є проникна опалубка, що складається з фільтра, дренажної системи та вертикальних

елементів жорсткості (рис. 1.2.1.). Ця конструкція дозволяє пропускати повітря і вологу з бетонної суміші, одночасно затримуючи дрібні частинки цементу.

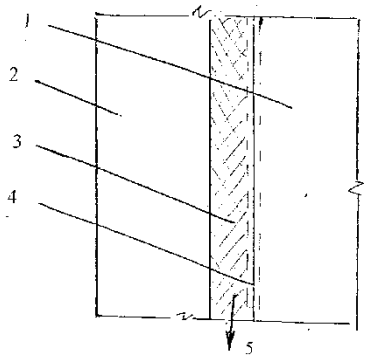


Рисунок 1.2.1 – Основні елементи проникної опалубки

1 – свіжоуложена бетона суміш; 2 - конструктивний елемент жорсткості; 3 – дренаж; 4 – фільтр; 5 – видалена из суміші влага

Ця опалубка значно знижує водоцементне (В/Ц) відношення бетонної суміші, що сприяє підвищенню вмісту цементного тесту в зовнішній частині бетонируємого об'єкта. Це в свою чергу покращує щільність бетону, уповільнює процес карбонізації і підвищує морозостійкість конструкції. Поверхня бетону при цьому практично не має пористих утворень, а її структура забезпечує високу адгезію для наклеювання оздоблювальних плиток або нанесення штукатурки. Додатково, швидше досягнення необхідної міцності бетону сприяє прискореному демонтажу опалубки.

Попри високу вартість та обмежений термін служби, проникна опалубка активно використовується в Японії. Наприклад, компанія «Kumagai Gumi Textile Form» застосовує спеціальну тканину, яка виконує роль фільтра та дренажної системи. Ця тканина, площею 1 м², може пропускати до 2 літрів води, причому 30-50% води фільтрується під час ущільнення бетонної суміші, а решта — протягом наступних двох годин.

Іншим варіантом проникної опалубки, що використовується в Японії, є система з полістиролу для фільтрації та поліетиленового дренажу. У Великобританії проникну опалубку застосовує компанія «Tarmac Construction». Перші спроби її створення відбулися ще в 1987 році під час будівництва шляхопроводу, коли необхідно було бетонувати підпірні стіни висотою 8 м. Фахівці вважають, що цей тип опалубки має великий потенціал у майбутньому.

1.2.6 Використання опалубних систем за кордоном

Монолітне будівництво активно практикується в багатьох країнах світу. У деяких з них воно стало основним напрямом в житловому будівництві. За даними ЦНИИОМТП, в США та ряді європейських країн частка монолітного бетону і залізобетону в загальному обсязі використовуваних будівельних матеріалів складає 60-70%. У 1980 році в таких країнах, як Румунія, Болгарія, Угорщина і Польща, частка монолітного будівництва в житловому секторі досягла 50%, 33%, 18% та 16% відповідно. У Франції, Німеччині, Італії, США та Іспанії цей показник варіюється від 20% до 50%. У Пекіні, столиці Китаю, близько 85% будівель (переважно 16-25 поверхів) зводяться з монолітного залізобетону.

У міжнародному будівництві монолітних конструкцій, як і в нашій країні, використовуються різноманітні системи опалубки: змінна, самопідйомна, об'ємно-переставна, а також мелкощітова і крупнощитова.

Змінна опалубка була вперше застосована в 1903 році в США для будівництва силосних башт. З того часу конструкція цієї опалубки та технологія її використання зазнали значних змін. Спочатку підйом опалубки здійснювався за допомогою стійок і кривошипних механізмів з ручним приводом. Пізніше були розроблені гідравлічні та пневматичні підйомники. Також значно розширилася область застосування ковзної опалубки. Вона

широко використовується у Франції, США, Китаї, Австралії, Румунії, НДР, Угорщині, Польщі та багатьох інших країнах для зведення як інженерних споруд, так і висотних будівель. Наприклад, житлові будинки архітектора Е. Айо в Парижі, 25-поверхова панорамна вежа в Ліоні, різноманітні будівлі в Пекіні та інші об'єкти.

Завдяки ковзній опалубці були зведені 90-метрові готелі в місті Карл-Маркс-Штадт, науково-дослідний інститут в Єні, 17-23-поверхові будівлі в місті Печ (Угорщина), а також 8-18-поверхові споруди в Болгарії. У Польщі розроблена оригінальна технологія застосування ковзної опалубки — «Сліцг Рів». У більшості випадків у зарубіжних будівництвах для перекриттів у ковзній опалубці використовуються монолітні конструкції.

Змінна опалубка також широко застосовується в будівництві комбінованих технологічних об'єктів, таких як ліфтово-сходові шахти та окремі пілони. Прикладами таких споруд є 200-метрова будівля «Мен Монпарнас» в Парижі, 47-поверховий житловий будинок у Кельні, готель в Пекіні та інші.

Дані про швидкість підйому опалубки та тривалість будівництва монолітних залізобетонних будівель, зведених за кордоном за допомогою ковзної опалубки, наведені в таблиці 1.2. Як показує таблиця, швидкість підйому ковзної опалубки варіюється від 10 до 20 см на годину (від 2,4 до 4,8 м на добу). Зі збільшенням швидкості підйому скорочується загальна тривалість будівництва.

Модифікацією ковзної опалубки є самопідйомна опалубка, яка була розроблена для зведення будівель з варіативним перетином по висоті [2].

Примітка: У цю таблицю не включено будівництво в країнах СНД та ближньому зарубіжжі.

При застосуванні ковзної опалубки за кордоном велика увага приділяється досягненню рівної та гладкої поверхні стін, що дозволяє мінімізувати обробку. Зазвичай фасадні поверхні не штукатурять, а обробляють шпаклівкою та фарбують кремнеорганічними фарбами або наносять синтетичні покриття.

Об'ємно-переставна опалубка використовується в таких країнах, як Франція, Великобританія, Югославія та інших для бетонування стін і перекриттів будівель.

Найбільшу популярність здобула тунельна опалубка французької компанії «Утінор». Її варіантами стали опалубки «Батіментал» та розробка угорських спеціалістів — опалубка «ПЕВА» [8].

Сфера застосування тунельної опалубки обмежена тим, що зовнішні стіни будівель можна бетонувати лише після її демонтажу. Тому ці стіни часто роблять збірними та самонесучими. Однак тунельну опалубку ефективно використовують в південних регіонах для зведення спальних корпусів, санаторіїв, туристичних комплексів тощо. У деяких випадках така опалубка застосовується і в інших кліматичних умовах. Так, за 75 робочих тижнів за допомогою 10 комплектів опалубки «Утінор» було збудовано три корпуси готелю на 300 номерів в Лондоні, з бетонними стінами і перекриттями товщиною 140 і 150 мм відповідно [8].

Варто зазначити, що тунельна опалубка має найнижчі трудозатрати, але її формотворчі можливості обмежені. Використовуючи цей тип опалубки, можна отримати лише два варіанти осередків у плані: прямокутний та трапецієподібний. Однак з трапецієподібних елементів можна створювати будівлі з криволінійними обрисами в плані.

Мелкощітова опалубка не має широкого використання в монолітному житловому будівництві і здебільшого застосовується для створення складних конструктивних форм. Прикладом такої опалубки є англо-польська система «АСГОЛУЕЯЕМВ», яка використовується для облаштування фундаментів, зовнішніх та внутрішніх стін будівель, а також для зведення різних інженерних споруд [6].

Крупнощитова опалубка є найбільш поширеною в країнах, де активно застосовують монолітне будівництво. Вона має значні формотворчі можливості завдяки тому, що комплект включає щити різних розмірів. Щити можуть бути не лише плоскими, а й опукло-увігнутими або складними. Зазвичай щити

виготовляються з високоякісної фанери з пластмасовим покриттям, а їх жорсткість досягається за рахунок ребер зі спеціальних профілів. Такі щити здатні витримати до 40-50 циклів використання.

У США, Китаї, Франції та деяких інших країнах поряд із фанерними щитами використовуються сталеві варіанти опалубки. У світі існує чимало систем крупнощитної опалубки, серед яких: датська «СКЕНФОРМ», «Універсал», польська система WU, західнонімецька «НштеЬеск» і багато інших.

При використанні крупнощитної опалубки для перекриттів можуть використовуватися як збірні, так і монолітні елементи, а для зовнішніх стін — здебільшого збірні панелі великого формату. Однак це зменшує можливості для створення різноманітних форм в монолітному будівництві.

В зарубіжному монолітному житловому будівництві широко використовується важкий бетон, що дозволяє досягати високої якості поверхонь конструкцій, особливо при використанні ковзної опалубки. В Угорщині застосовують бетон, в якому інертна частина складається лише з крупного заповнювача. Такий бетон є дуже ефективним у малоповерховому будівництві.

Бетон для монолітних конструкцій виготовляється як централізовано на заводах, так і на приоб'єктних установках. У першому випадку доставку бетону здійснюють спеціальні автобетоновози. У другому варіанті бетонозмішувальні установки на об'єктах обладнані контейнерами для цементу, інертних матеріалів, пластифікаторів і води, а також дозаторами для їх правильного дозування. Існують установки з автоматизованою системою приготування бетону, яка враховує вихідну вологість заповнювача, бажану рухливість суміші та інші параметри.

Останнім часом більшість закордонних експертів сходяться на думці, що для забезпечення високої якості бетону та своєчасного виконання робіт оптимальніше використовувати бетонні змішувальні установки безпосередньо на будівельних майданчиках, особливо в великих містах з інтенсивним рухом

транспорту. Таке рішення дозволяє точно виконувати графік будівництва, забезпечуючи при цьому необхідну якість бетону. Наприклад, в Пекіні, де одночасно зводиться близько 80 висотних монолітних будівель, активно використовують цей підхід.

Для подачі бетонної суміші до місця укладання в монолітному будівництві за кордоном широко використовують бетононасоси. Так, при будівництві 42-поверхового будинку у Франкфурті-на-Майні бетон подавали на висоту понад 160 м. Рекорд висоти подачі бетонної суміші становить 314 м, досягнутий під час будівництва 75-поверхового «Texas Commerce Tower» у Х'юстоні, США. Використання бетононасосів вимагає застосування сумішей з високою рухливістю, для чого додають суперпластифікатори, що забезпечують пластичність і легкість укладання бетонної суміші без необхідності додавання води і без шкоди для міцності матеріалу.

У монолітному житловому будівництві за кордоном можна виділити два основних напрями: зведення стандартних житлових і громадських будівель та будівництво унікальних споруд. Конструктивно-технологічні рішення для звичайних будівель орієнтовані на досягнення оптимальних економічних результатів. Архітектурна виразність таких об'єктів досягається за рахунок правильного планування, використання балконів і лоджій, а також колірного оформлення фасадів. Однак для цих будівель не характерні складні форми, такі як закруглення або надмірні злами стін. Добрим прикладом є масове монолітне будівництво в Пекіні, зокрема, будинки у вигляді «трилисника» та будівлі з зсунутими блок-секціями.

Унікальні будівлі, зазвичай високі, часто вирізняються складними об'ємно-планувальними рішеннями та активним використанням широких можливостей монолітного бетону для формотворення. Прикладами таких споруд є 195-метровий «Lake Point Tower» в Чикаго, 50-поверхова житлова будівля в Х'юстоні висотою 217,5 м, 200-метровий «Men Montparnasse» в Парижі, 66-поверховий «Metropolitan Tower» у Нью-Йорку, а також кілька готелів у Пекіні та адміністративна будівля в Окленді, Нова Зеландія.

2 КОМБІНОВАНІ КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ЗВЕДЕННІ ЖИТЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

2.1 Класифікація будівель і споруд монолітного домобудівництва

Будівлі та споруди, що складаються із монолітних і збірно-монолітних елементів (як житлові комплекси, так і об'єкти соціальної інфраструктури), класифікуються за будівельно-технологічними критеріями на однорідні та неоднорідні типи об'єктів (див. Рис. 2.1.).

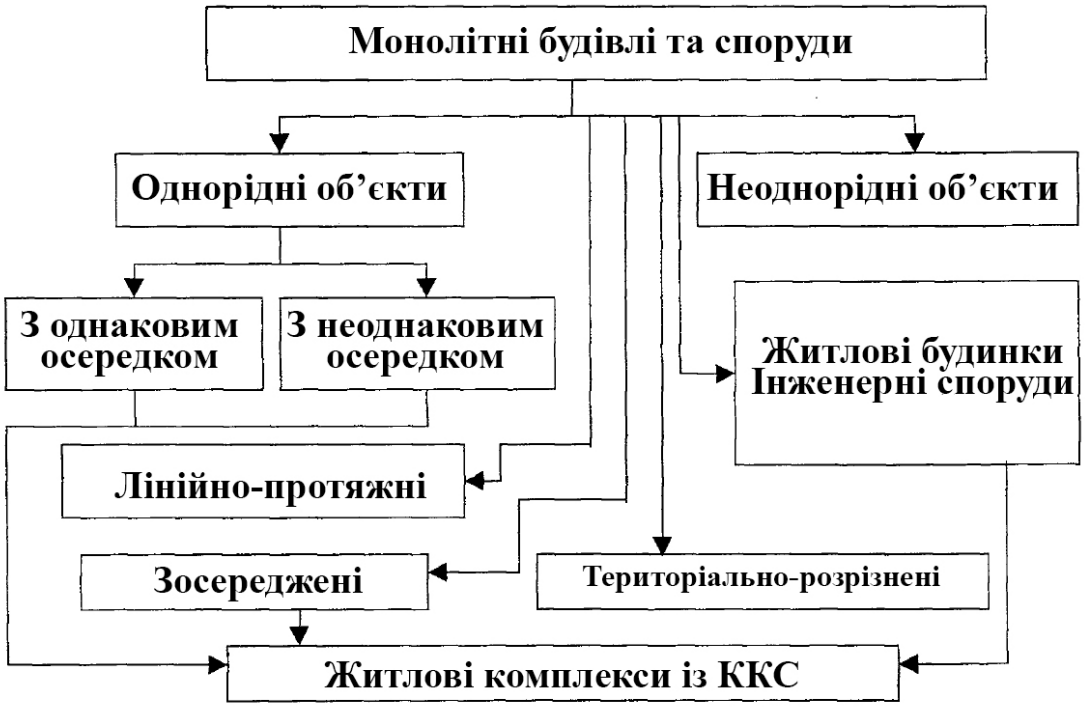


Рисунок 2.1 – Класифікація монолітних будівель і споруд

Однорідні будівельні об'єкти складаються з однакових конструктивних елементів, що формують просторові осередки, рівномірно розподілені по всьому фронту робіт. Це дає змогу застосовувати єдину технологію для зведення монолітних будівель. Осередки можуть бути як однаковими, так і

різними за розмірами, обраними в залежності від методів зведення та технології, з наявністю відповідного комплекту опалубки. Якщо осередки будівлі мають однакові розміри та обсяги, то це дозволяє організувати ритмічний потік роботи з високою оборотністю комплектів опалубки. У разі різних розмірів осередків, незмінність технології веде до різної тривалості будівельних потоків, що в свою чергу збільшує кількість необхідних комплектів опалубки і підвищує загальні витрати на будівництво.

Неоднорідні об'єкти не можуть бути поділені на стандартні, багаторазово повторювані осередки, ділянки або секції, оскільки вони характеризуються нерівномірним розподілом обсягів робіт по фронту. Такі об'єкти є індивідуальними або унікальними, і для їх зведення потрібен повний комплект опалубки для всієї будівлі, що значно знижує оборотність опалубки, якщо такі будівлі будуються рідко. Нерівномірний розподіл робіт і використання як монолітних, так і збірних конструкцій вимагає застосування різних технологій з різною послідовністю виконання етапів будівництва, що, в свою чергу, призводить до неритмічного потоку робіт і організаційних пауз.

2.2 Технологія будівництва монолітних споруд з використанням ККС

Процес зведення житлових об'єктів з монолітного залізобетону в межах житлового комплексу здійснюється за допомогою комплексного потоку:

- для окремих будівель - використовується об'єктний комплексний потік, який базується на затвердженій будівельній технології;

- для окремих етапів будівництва, які включають виконання різних видів робіт (бетонування, монтаж опалубки, зведення зовнішніх стін, оздоблювальні роботи тощо) - застосовуються спеціалізовані комплексні потоки (див. рис. 2.2).

Процес зведення однорідних об'єктів розподіляється на чотири основні етапи:

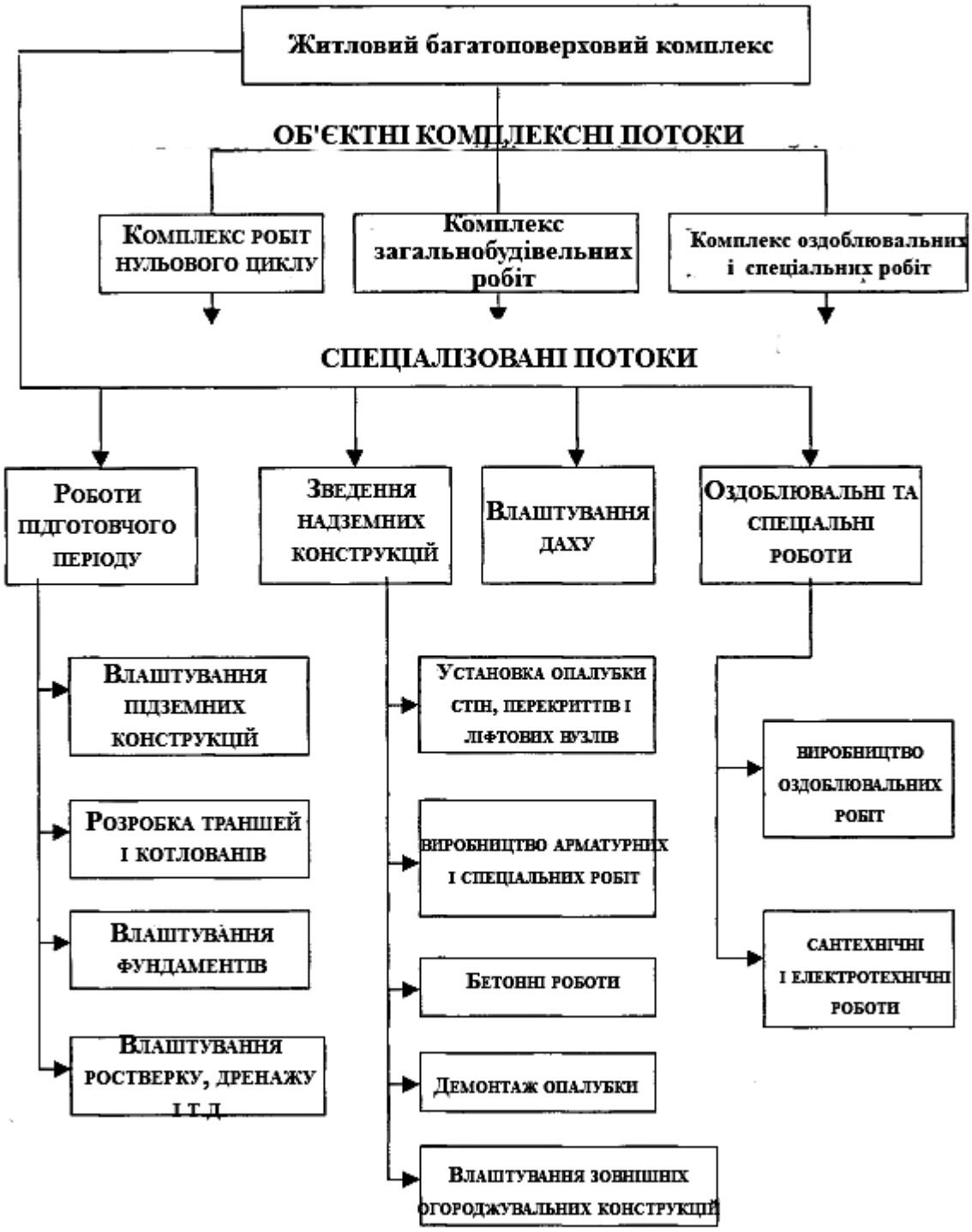


Рисунок 2.2 – Структура і склад етапів зведення монолітних житлових будинків з ККС

- влаштування підземних конструкцій;
- зведення надземних конструкцій;
- влаштування даху;

- виконання спеціальних і оздоблювальних робіт.

Кожен з етапів виконується одним або кількома спеціалізованими потоками, які складають об'єктний потік.

Серед спеціалізованих потоків, що входять до об'єктного потоку, виділяється основний потік, який визначається трудомісткістю робіт, пов'язаних із зведенням надземної частини будівлі та роботою монтажного крана. Потужність цього потоку визначає загальну тривалість об'єктного потоку.

Практика будівництва монолітних житлових будинків у різних регіонах України та за кордоном показала, що організація короткострокових потоків для зведення однієї або кількох будівель призводить до переривань у виробничому процесі, що порушує рівномірність споживання ресурсів і ритмічність виконання робіт.

Ефективність потокового будівництва зростає із збільшенням тривалості усталеного потоку, що забезпечує рівномірніше використання трудових і матеріальних ресурсів, а також більш ефективне застосування будівельних машин та механізмів.

Дослідження використання виробничих потужностей будівельних організацій, оцінених через витрату виробничих ресурсів, показали, що для п'ятиповерхових житлових будинків із річним потоком цей показник становить 60% для цегельних, 76% для великоблочних і 80% для панельних будинків. При подовженні потоку до двох років ці показники зростають до 80%, 88% і 91% відповідно. Для монолітного будівництва аналогічні дані відсутні, але теоретичні розрахунки свідчать, що застосування довгострокового потоку з одним оборотом опалубки за два дні дозволить досягти нормативного терміну оборотності опалубки, що підвищить загальну ефективність будівництва.

2.3 Підготовка до будівництва. Технологічне проектування житлового комплексу з монолітного залізобетону

2.3.1 Склад та зміст технологічної та виконавчої документації для ККС

До обов'язкової технологічної документації відносяться:

- проект організації будівництва (ПОС) житлового комплексу;
- конструктивно-технологічна документація (КТД) для житлового комплексу з ККС;
- проект виробництва робіт (ПНР) для житлового комплексу.

ПОС, КТД та ПНР розробляються на основі спеціального технічного завдання на проектування будівлі або житлового комплексу з ККС, з урахуванням комплексності рішень і включають:

- календарні строки будівництва об'єкта;
- відомості про монтажні крани, транспортні засоби та механізацію, а також їх характеристики;
- інформацію про наявність комплекту опалубки або можливість її виготовлення;
- дані щодо забезпеченості основними матеріалами, напівфабрикатами та деталями (включаючи можливість використання місцевих матеріалів та відходів виробництва), а також постачанням теплової та електричної енергії для технологічних потреб.

Проект організації будівництва житлового комплексу з монолітного залізобетону включає всі основні елементи, зокрема:

- календарний план будівництва;
- генеральний план будівництва, що включає розміщення монтажних кранів, складу опалубки, поста для очищення та змащення опалубки,

майданчиків для укрупненого арматурного виготовлення та розвантаження товарної бетонної суміші тощо.

- дані про обсяги основних будівельних, монтажних і спеціалізованих робіт, з розрахунком трудових витрат на виконання бетонних, арматурних та опалубних робіт;

- графік потреби в основних будівельних машинах та транспортних засобах, включаючи технічний транспорт;

- обґрунтування обраного методу зведення будівлі з зазначенням, якщо необхідно, способів виконання бетонних робіт в зимовий період, а також методи контролю якості конструкцій та заходи з охорони праці.

Склад проекту організації будівництва (ПОС) формується відповідно до технічного завдання на проектування будівлі або комплексу.

Технологічну документацію для ККС розробляють на основі технічного завдання та проекту організації будівництва, включаючи:

- поверхові плани з поділом на захватки і схеми монтажу опалубки. На схемах зазначають всі елементи опалубки та додаткові пристрої (стяжки, накладки, підмостки, драбини, проємні утворювачі тощо) з уточненням послідовності їх монтажу;

- специфікації опалубки, оснащення, допоміжних елементів (риштування, лісів, монтажних майданчиків тощо);

- схеми, що визначають послідовність будівництва, включаючи перестановку опалубки і оснащення між захватками;

- робочі креслення опалубки і захваток (елементів для нетипових риштувань, лісів, допоміжного обладнання), включаючи складальні і монтажні креслення, а також технічні умови для транспортування, зберігання і експлуатації;

- монтажні схеми панелей (щитів) стін або розгортки блоків по маркам з вказівкою місць розташування стяжок, риштування, сходів, проємних утворювачів, накладок тощо;

- технологічні карти для основних процесів і операцій;

- відомість трудомісткості опалубних, арматурних і бетонних робіт, графік їх виконання та технологічні вказівки.

Проект виконання робіт для ККС розробляється на основі проекту організації будівництва та технологічної документації наступним чином:

- на основі аналізу умов будівництва та характеристик об'єктів визначають структуру комплексних і об'єктних потоків, а також черговість включення об'єктних потоків у загальний комплексний потік;

- розробляються технологічні норми та технологічні карти, що включають варіантне проектування і заходи з управління якістю.

Проект виконання робіт для будівель із монолітного залізобетону містить:

- календарний план виконання робіт по об'єкту або комплексний сітьовий графік;

- генеральний план будівництва;

- графік постачання будівельних конструкцій, виробів, матеріалів, обладнання та інших елементів ППР;

- графік руху робітників і основних будівельних машин по об'єкту;

- опис методів виконання геодезичних робіт;

- вимоги з техніки безпеки;

- списки технологічного інвентарю та монтажного обладнання, схеми стропування вантажів.

2.3.2 Виконавча технічна документація ККС

До виконавчої технічної документації входять:

- акт передачі геодезичного обґрунтування замовнику;

- виконавчі схеми для розбивки осей будівлі;

- опис методу перенесення геодезичної основи на монтажний горизонт і виконавчі схеми;

- журнал для контролю виконання робіт та геодезичних робіт по поверхах;

- акти на приховані роботи;

- сертифікати та паспорти на матеріали та вироби;

- акти на приймання робіт субпідрядними організаціями;

- робочі креслення, на яких зазначені відхилення від проекту, погоджені з проектною організацією;

- акти лабораторних випробувань та аналізів;

- журнал зварювальних і бетонних робіт;

- паспорт комплекту опалубки з відомостями про його оборотність, ремонти, амортизацію тощо.

2.4 Розробка технологічних норм, карт та схем для виконання робіт з використанням ККС

Для забезпечення повторюваності елементів, що є необхідною для підтримки безперервного (рівномірного та ритмічного) процесу будівництва, важливо розподілити об'єкт на ділянки або захватки по фронту робіт. Цей поділ дозволяє забезпечити рівномірний потік ресурсів і продукції. Як ділянки приймаються секції будівель або частини поверхів багатоповерхових споруд, яруси або інші частини конструкцій. В однорідних об'єктах ділянки або їх групи мають постійну технологію для основних робіт (бетонування, монтаж опалубки).

Монтажною одиницею є найменша частина будівлі, наприклад, осередок, де можна виконувати роздільний монтаж (опалубки або окремих елементів збірних конструкцій) з дотриманням технологічних перерв для забезпечення належної міцності бетону. При зведенні будівель із ККС надзвичайно важливо точно розподіляти об'єкт на окремі частини, захватки, де повторюються

однакові комплекси робіт, що виконуються протягом однієї одиниці часу, що відповідає ритму потоку (1–3 доби). Розміри захваток і ділянок дозволяють тимчасово припиняти або відновлювати роботи без порушень вимог Сніпів і ТУ. По фронту робіт можуть бути визначені кілька систем захваток для кожної групи робіт конструктивних частин будівлі.

Технологічні норми – це проектний документ, що містить необхідні дані для виконання робіт. Зазвичай вони розробляються для кожної окремої ділянки (наприклад, таблиці 2.1 і 2.2).

Таблиця 2.1 – Технологічна нормаль при зведенні монолітного одноповерхового будинку (приклад)

стадії будівництва	Комплексні процеси (спеціалізовані або комплексні роботи, що	одиниця виміру	обсяг робіт	Норма вироблення	Машини та механіз	змінність	тривалість (Дні)	дні роботи
і	2	3	4	5	6	7	8	9
і	1 Працюючи траншей і котлованів. періоду. 2.Устройство фундаментів						3 ”	
п	2.Монтаж опалубки, 2.Монтаж арматури. Спеціальні бетонні роботи,			фактичні дані			3	
ш	4.Устройство покриття покрівлі.			калькуляції			3	
IV	5.Отделка поверхонь. 6.Устройство підлог. 7. Скляні та фарбувальні роботи. 8.Сантехніческіе та електромонтажні роботи. Інші роботи, що передують здачі			трудовитрат			6 6 6 о	

Технологічні карти для ККС. Технологічні карти розробляються тільки для основних видів робіт, які визначають темпи будівництва та строки здачі об'єкта в експлуатацію (роботи, що знаходяться на критичному шляху).

Процес складання технологічної карти полягає або в адаптації типової карти до специфічних умов будівництва, або в розробці нової індивідуальної карти для конкретних робіт, таких як зведення підземної частини будівлі (комплексна карта) або монтаж конструкцій (каркаса) наземної частини. Для інших видів робіт, які не охоплені картами, розробляються 4-5 схем виконання робіт.

Індивідуальна або адаптована типова технологічна карта повинна включати такі розділи:

- область застосування;
- техніко-економічні показники;
- організація та технологія будівельного процесу;
- матеріально-технічні ресурси.

У розділі "Область застосування технологічної карти" зазначається:

- короткий опис виконуваних робіт і умов їх проведення; темп роботи, механізація, зміна робітників;
- геологічні, гідрогеологічні, кліматичні та інші умови;
- перелік робіт, які охоплюються картою, з вказівкою їх обсягів та кошторисної вартості;
- рекомендації щодо підготовки об'єкта та вимоги до готовності попередніх робіт і конструкцій, що забезпечують необхідний фронт для виконання будівельних процесів, передбачених картою;
- методи виконання робіт, механізація та новітні технології.

У розділі "Техніко-економічні показники" вказуються:

- витрати праці в людино-днях на весь обсяг робіт і на одиницю вимірювання;
- вироблення на одного робітника за зміну в натуральних показниках;

Таблиця 2.2 – Технологічна нормаль при зведенні монолітного багатоповерхового будинку

Стадії будівництва	**Загальнобудівельні та спеціалізовані комплекси СМР**	**дні роботи**								
		1								
I	1. Планування майданчика. Розробка котловану. 2.Отривка траншей. 3.Монтаж опалубки, арматури; бетонування; термообробка; распалубліваніі фундаментів. 4. Гідроізоляція, зворотна засипка фундаментів і котлованів, відсипання технічного підпілля. 5.Пристрій вводів, випусків; пристрій нижньої розводки інженерних мереж. 6. Пристрій вимощення і ґанків.	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18			
и	1. Монтаж (демонтаж) опалубки, армування. 2. Бетонування зовнішніх і внутрішніх стін. 3.Опалубочние і арматурні роботи бетонування перекриттів.	1-3	4-6	7-9						
III	1. Пристрій пароізоляції і термоизолирующей підготовки під рулонну покрівлю. 2. Пристрій рулонної покрівлі.	1-3	4-6							

Продовження таблиці 2.2

Стадії будівництва	**Загальнобудівельні та спеціалізовані комплекси СМР**	**дні роботи**								
		1								
IV	1. Підготовка під поли. Обліцовка. 2. Настилання підлог. 3. Установка столярних виробів. 4. Електромонтажні роботи. 5. Встановлення санітарно-технічного обладнання. 6. підмазування поверхонь, шпалерні роботи 7. Клейове фарбування. 8. Масляне фарбування. 9. Прибирання приміщень.	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	19-21	22-24	25-28

- витрати праці в машинозмінах і енергетичних ресурсах для всього обсягу робіт та інші необхідні показники;

- ефективність, включаючи підвищення продуктивності праці.

Розділ "Організація і технологія будівельного процесу" включає:

- опис вибраного методу виконання робіт, послідовність виконання, розподіл будівлі на захватки, ділянки, яруси;

- способи транспортування матеріалів і конструкцій до місць роботи;

- типи риштування та пристосувань, що використовуються.

- напрямок переміщення і місця для стоянки будівельних машин; інструкції щодо термінів зберігання і запасів конструкцій, виробів та матеріалів на будівельному майданчику (робочій зоні);

- рекомендації з контролю та оцінки якості виконаних робіт;

- чисельність та кваліфікація бригад;

- розрахунок трудових витрат та заробітної плати, зокрема в зимовий період;

- перелік робочих операцій із зазначенням їх технологічної послідовності, з посиланням на відповідні карти трудових процесів або опису методів виконання робіт, із зазначенням використання малої механізації, раціональних інструментів, пристосувань та обладнання;

- графік виконання робіт з урахуванням повного завершення конструкційних елементів, передпускових робіт та підготовки до здачі об'єкта;

- графік пересування робітників.

Розділ «Матеріально-технічні ресурси» включає:

- графік потреби в конструкціях, виробах, деталях та матеріалах;

- графік потреби в будівельних машинах, механізмах і автотранспорті в машино-змінах;

- Нормокомплекти.

2.5 Проектування технологічних спеціалізованих потоків при будівництві житлових будинків з монолітного залізобетону з ККС

Будівництво монолітних і збірно-монолітних житлових і громадських будівель з ККС здійснюється за горизонтально-поверховою схемою із застосуванням спеціальних опалубних систем.

2.5.1 Технологія будівництва одноповерхових житлових будинків з монолітного залізобетону

Схема потоку визначається на основі фрагмента генерального плану, де вказана черговість будівництва об'єктів. Далі розглядається процес потокового будівництва п'яти однотипних одноповерхових будинків з монолітного

залізобетону, для якого вибрані самохідні стрілові крани з урахуванням їх вантажопідйомності, радіусу дії та максимального підйому гака, що дозволяє мінімізувати кількість точок стоянки.

Для мінімізації витрат на введення будинків в експлуатацію визначають послідовність будівництва: 3, 1, 2, 4, 5 (див. рис. 2.3.а). Це означає, що першим будується об'єкт, який знаходиться найближче до інженерних комунікацій селища. Далі розробляється технологічна норма для зведення будинку, яка включає в себе опис основних етапів і тривалість кожного з них. На основі цієї норми створюється циклограма виконання робіт, що відображає графік будівництва, його хід у часі та просторі (рис. 2.3.б).

Тривалість першого потоку для зведення першого будинку (№ 3) становить три дні. Потім цей потік переходить до будівництва інших будинків (№№ 1, 2, 4, 5). Потік розвивається з однаковим ритмом, оскільки всі будинки однакові, тому похилі лінії приватних потоків першої стадії паралельні. Другий потік починається після завершення першого, коли відкривається фронт робіт для нього.

Друга стадія, яка триває три дні, включає зведення наземних конструкцій і представлена одним потоком, що охоплює монтаж опалубки, арматури, бетонування стін та їх розпалубку. Третя стадія також займає три дні. Потоки для другої та третьої стадій є паралельними. Четверта стадія, що включає оздоблювальні та спеціалізовані роботи, виконується чотирма приватними потоками: 5-й, 6-й і 7-й потоки тривають шість днів, а 8-й — три дні. Лінії потоків 5, 6 і 7 не паралельні через різний ритм виконання робіт. Потоки 7-й і 8-й також не паралельні з тієї ж причини.

П'ятий потік починається після завершення робіт 4-го потоку на першому будинку, але для наступних будинків №№ 1, 2, 4 і 5 його старт відбувається після тривалої організаційної перерви, що є необхідною умовою для безперервності п'ятого потоку.

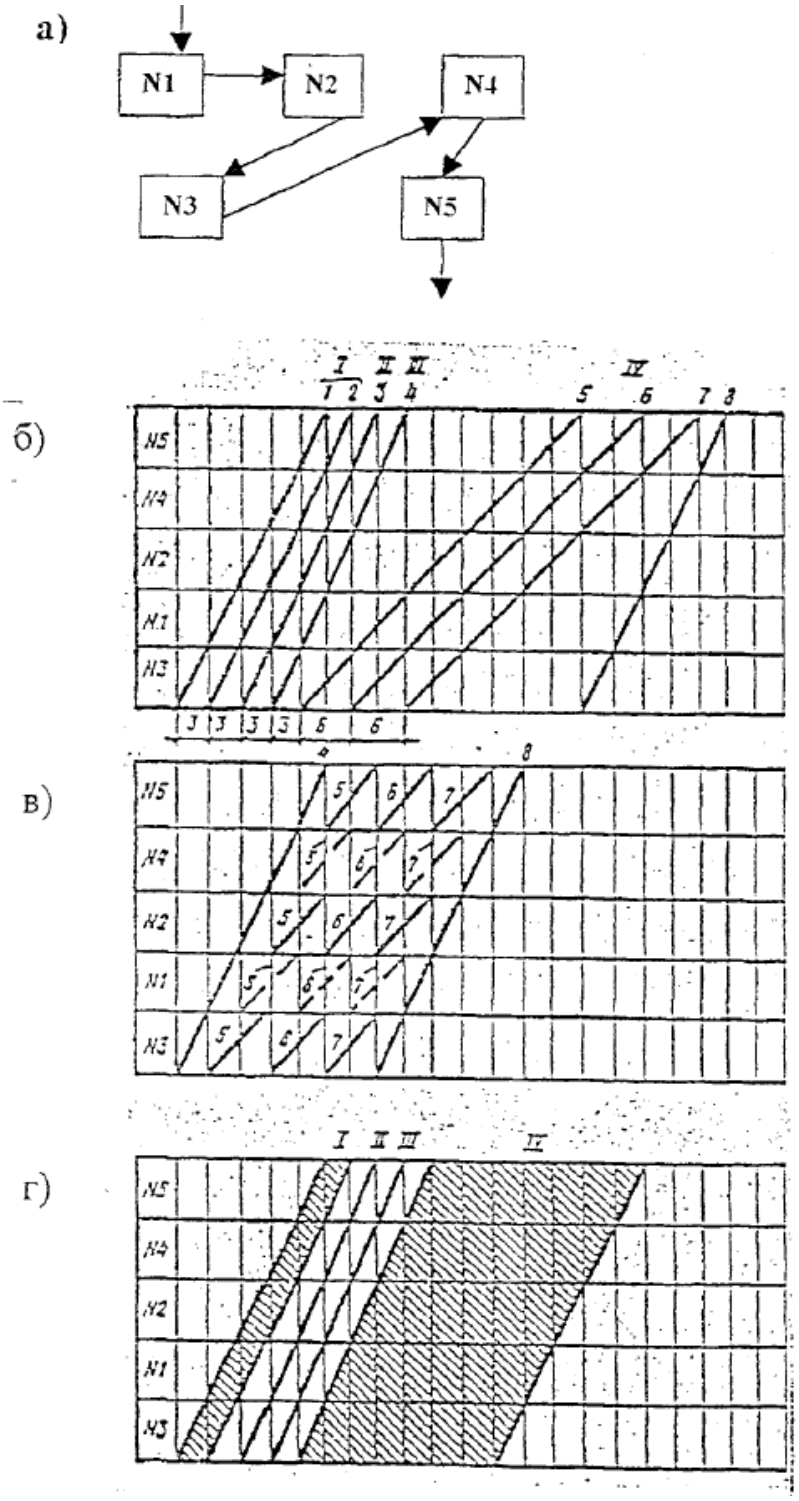


Рис.2.3 - Графіки зведення одноповерхових монолітних будівель

1, 2, 3, 4 - номери будинків; а - схема черговості зведення будівель; б - графік будівельного потоку; в - оптимізація циклограми з узгодженням потоків; г - зведена циклограмма; I, II, III, IV - стадії будівельного процесу; 1, 2, 3, 4, 5 - номери будинків в порядку зведення.

Найдовші перерви виникають при завершенні будівництва будинку № 5, внаслідок чого 4-й та 5-й потоки перериваються. Восьмий потік також має значну організаційну перерву і розпочинається з урахуванням умов безперервності роботи, мінімізуючи відкритий фронт після завершення 7-го потоку на будинку № 5. Також вводяться додаткові бригади для виконання 6-го та 7-го потоків.

Після побудови циклограми по етапах відбувається її оптимізація, шляхом узгодження потоків і збільшення їх темпів на етапах оздоблювальних та спеціальних робіт. Це досягається шляхом паралельного виконання робіт двома бригадами, які по черзі працюють на відкритих фронтах (див. рис. 2.3.В). Завдяки узгодженню темпів потоків, організаційні перерви усуваються, що дозволяє значно скоротити загальний час будівництва.

Після оптимізації створюється зведена циклограма (див. рис. 2.3.г), де на кресленні виділяються спеціалізовані потоки, що відповідають певним стадіям будівництва.

2.5.2 Технологія зведення багатоповерхових будівель з монолітного залізобетону з використанням ККС

Для ефективної організації виконання робіт при будівництві багатоповерхових будівель з монолітного залізобетону з застосуванням комбінованих конструктивних систем, спочатку визначають просторові та територіальні можливості. Фронт робіт кожної стадії будівництва поділяється на ділянки, захватки, а також на окремі частини будівлі в межах одного поверху або ярусу.

Роботи з кожного виду поділяються на захватки та ділянки, при цьому фронт робіт вимірюється в метрах погонних довжин, площі будівлі, об'ємі укладеного бетону, або за частинами будівлі — поверх, секція, осередок.

На прикладі, показаному на рис. 2.4, шестиповерховий будинок (а на рис. 2.5 — одинадцятиповерхова монолітна будівля з детальною розбивкою стадій) розподіляється по висоті на яруси, які включають поверхи, підвальний рівень і дах, а по горизонталі — на ділянки, що відповідають секціям будівлі. Кожен поверх має чотири ділянки. Стадії будівництва I, II, III та IV включають такі етапи:

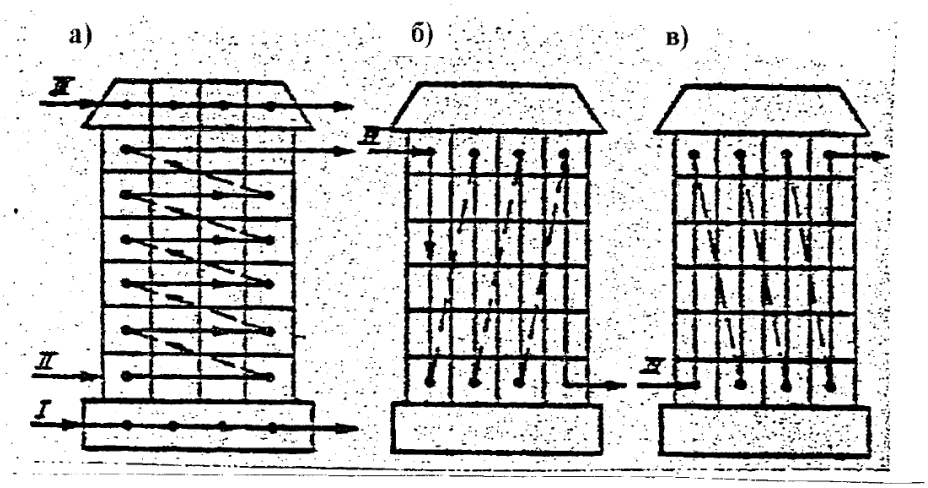


Рис.2.4 – Схема зведення шестиповерхового монолітного будівлі
а - здійснення I і III стадій за горизонтальною схемою;
II - по горизонтально-висхідної схемою;
б - здійснення IV стадії за вертикально-низхідній схемі (під захистом даху); в - те ж по вертикально-висхідної схемою (під захистом двох перекриттів); I, II, III, IV - стадії будівельного процесу.
Стрілками вказано напрямок розвитку процесу

- I — зведення підземних конструкцій;

- II — будівництво поверхів за горизонтально-висхідною схемою;

- III — влаштування даху;

- IV — виконання спеціальних робіт за вертикально-низхідною або вертикально-висхідною схемою.

Під час будівництва багатоповерхових об'єктів роботи IV стадії, як правило, виконуються з використанням захисту даху в житлових секціях зверху вниз (див. рис. 2.4.6 та 2.5.г).

Для багатоповерхових і висотних будівель, роботи здійснюються під захистом мінімум двох перекриттів, розташованих вище, у той час як зведення

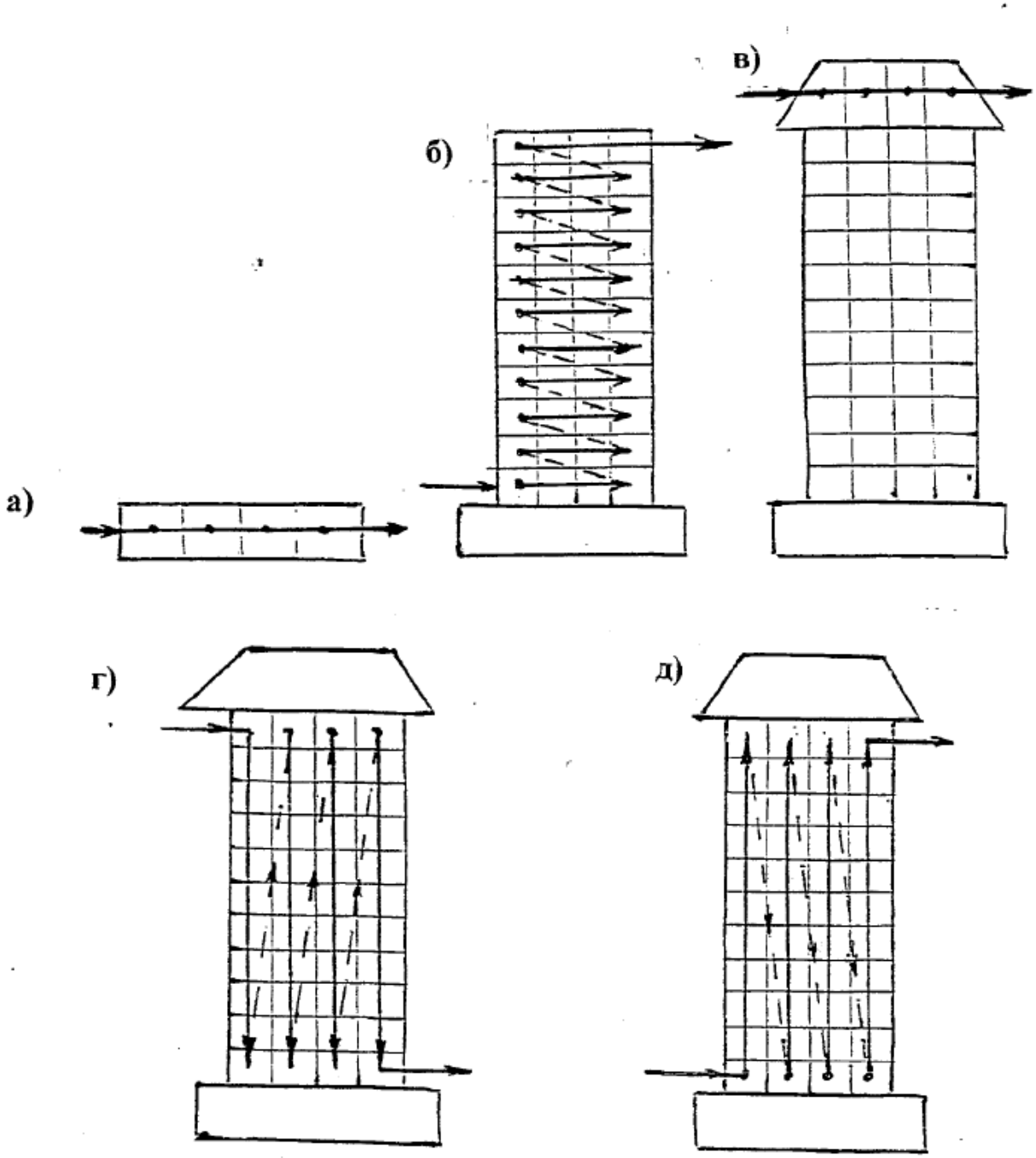


Рис. 2.5 – Схема зведення багатоповерхового будинку з монолітного залізобетону (Стрілки показують напрямок спеціалізованих стадій зведення)

а) здійснення 1-й стадії за горизонтальною схемою;

б) здійснення II-й стадії по горизонтально-висхідної схемою;

в) здійснення III-й стадії за горизонтальною схемою;

г) здійснення IV-й стадії по вертикально-низхідній схемі;

д) здійснення IV-й стадії по вертикально-висхідної схемою;

основних конструкцій (у тому числі самонесучих огороджувальних стін із застосуванням ККС) та оздоблювальні роботи виконуються паралельно.

Далі розробляється технологічна норма, яка розбиває процеси будівництва на окремі приватні потоки. Цей проектний документ визначає технологію сукупності будівельних робіт, необхідних для виконання одиничної будівельної продукції, в даному випадку — житлової секції.

Після цього створюється циклограма для зведення монолітної будівлі (рис. 2.6), яка відображає розвиток процесів у часі та просторі, а також календарний план будівництва (рис. 2.7), що є інтерпретацією автора.

Тривалість кожного етапу зведення підземних конструкцій для конкретної ділянки становить 3 дні, а для всього будинку — 12 днів (підземна частина розподіляється на чотири ділянки). Загальний час виконання робіт I стадії складається з часу, необхідного для розгортання спеціалізованого потоку, а також завершального приватного потоку.

Тобто Т'1 = до (Щ 1) = 3 (6 - 1) = 15 дн., А загальна тривалість:

Т1 = Т ': + Й = 15 + 12 = 27 дн.

Так як модулі циклічності у всіх стадіях однакові, то про-тривалість розгортання потоку другій стадії:

Т'п = до (пп - 1) = 3 (3 - 1) = 6 дн.,

третій: Т'щ = до (пш - 1) = 3 (2 +1) = 3 дн.,

четвертої: Т'1У = до (щу - 1) = 3 (9-1) = 24 дн.,

Для визначення тривалості будівництва за допомогою циклограми необхідно узгодити виконання потоків на кожній стадії будівництва як за часом, так і за простором.

Роботи другої стадії доцільно розпочати після завершення зведення підземних конструкцій всього об'єкта або хоча б половини його (у такому випадку — в межах перших двох ділянок). Загальна тривалість робіт на цій стадії становить суму часу для організації спеціалізованого потоку та часу завершення потоку на всіх захватках поверхів: Т'ц = Т'ц + 1ц = 6 + (3 х 4 х 6) = 78 днів. Однак оскільки зведення наземних конструкцій починається після

завершення підземних робіт на половині будівлі, для осі абсцис буде враховано лише 72 дні.

Технологія зведення даху (III стадія, див. Рис. 2.10.а і 2.11.в) зазвичай стартує після завершення робіт з основними та огороджувальними конструкціями третьої ділянки шостого поверху, тривалість цього етапу становить 3 дні. Якщо застосовується ККС, огороджувальні конструкції можна почати встановлювати після завершення даху.

Роботи IV стадії, як правило, розпочинаються після встановлення даху і покрівлі на першій ділянці. У такому випадку на графіку тривалості будівництва житлового об'єкта відображається завершення робіт із даху для першої ділянки. Тривалість виконання робіт IV стадії (під дахом) дорівнює:

Tiv = T'rv + tiv = 24 + (3 x 4 x 6) = 96 днів.

Отже, загальна тривалість зведення шестиповерхового монолітного будинку з ККС складає:

T = Ti + Tп + Tих + Tiv = 27 + 72 + 3 + 96 = 198 днів.

Якщо спеціальні і оздоблювальні роботи (IV стадія) виконуються паралельно з будівництвом коробки будівлі, що можливо при використанні комбінованої конструктивної системи, загальна тривалість зведення значно скорочується.

Таким чином, застосування комбінованої конструктивної системи в організації робіт при монолітному житловому будівництві дозволяє значно зменшити час будівництва, що є надзвичайно важливим у умовах ринкової економіки, де «ЧАС — це ГРОШІ».

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ БУДІВНИЦТВА МОНОЛІТНИХ І ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМБІНОВАНИХ КОНСТРУКТИВНИХ СИСТЕМ

3.1 Методика варіантного проектування технологічних процесів при будівництві з використанням ККС

У сучасних умовах однією з найбільш ефективних і прогресивних технологій для зведення монолітних житлових будинків є застосування комбінованих конструктивних систем (ККС) [3, 4, 5, 7]. Детальніше про концепцію ККС викладено в першому розділі цієї роботи. Досвід будівництва у Львові також підтверджує високий потенціал застосування цієї технології.

При виборі конкретної конструктивної системи потрібно виконати детальну техніко-економічну оцінку. Визначення найкращого варіанту ККС базується на порівнянні різних альтернатив з урахуванням вимог проекту. У процесі формування, аналізу та оцінки варіантів організації будівельних робіт з використанням ККС слід застосовувати блок-схему послідовного проектування, як показано на рис. 3.1.

Процес проектування будівель з ККС включає кілька етапів:

1. Збір, аналіз і категоризація початкових даних для будівництва об'єкта (терміни виконання, вартість, черговість робіт, умови реалізації, доступні ресурси: енергетичні, матеріальні, людські та інші).

2. Визначення основних параметрів проекту, що стосуються конструкцій, технологічних процесів, набору механізованих засобів, а також характеристик ресурсів і часу. Проводиться порівняння основних елементів ККС різних типів, їх сумісність і можливість реалізації в рамках комплексно-механізованих

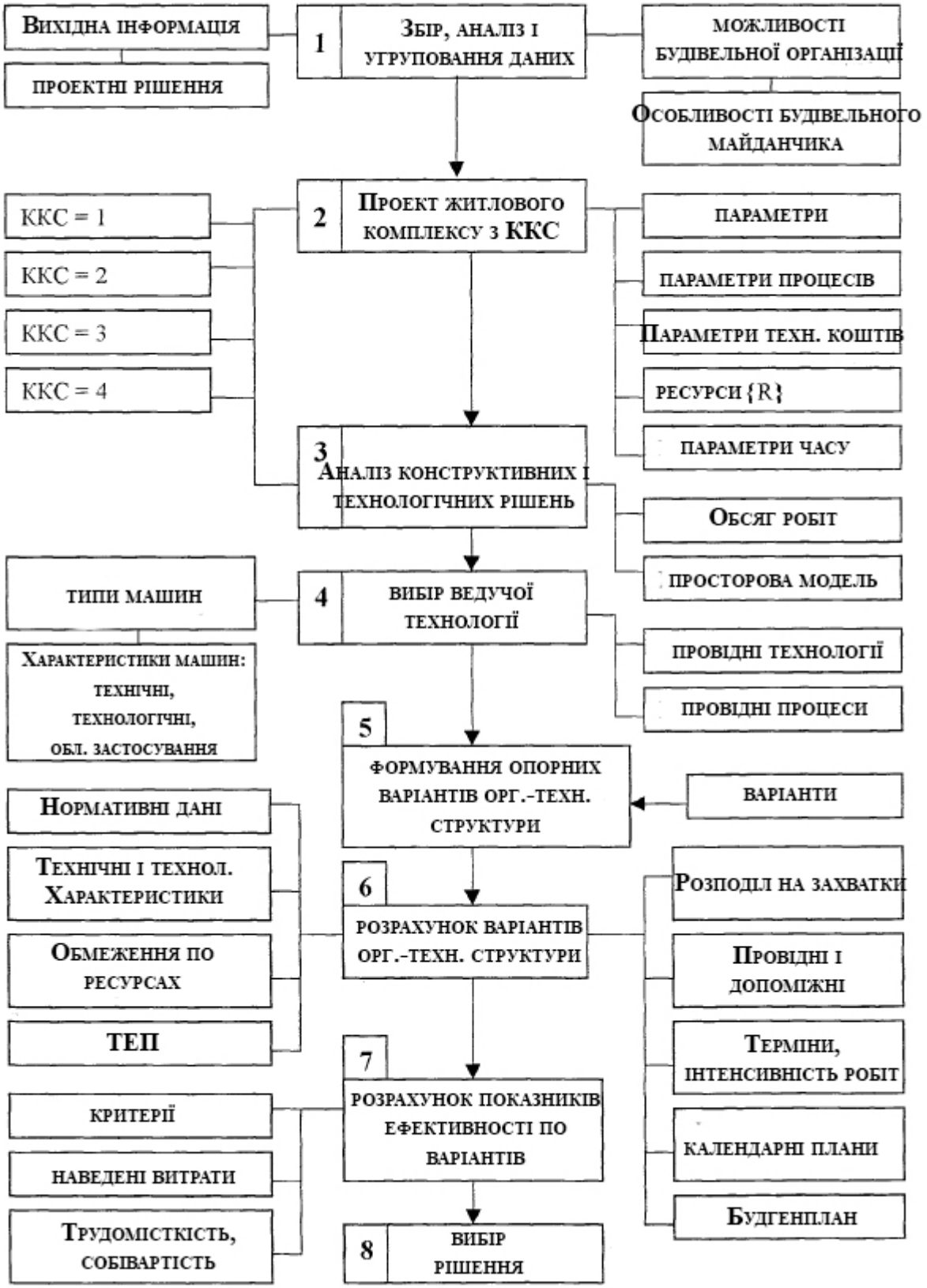


Рисунок 3.1 – Блок - схема послідовного проектування організаційно-технологічних рішень ККС

процесів, що можуть виконуватися як послідовно, так і паралельно, залежно від вибору організації робіт.

На цьому етапі можуть з'являтися різноманітні варіанти реалізації будівельного об'єкта.

3. Оцінка сумісності конструктивних і технологічних рішень полягає у виборі такого проекту, який задовольняє вимоги всіх учасників будівництва, включаючи забудовника, замовника, підрядника та інших сторін. На цьому етапі уточнюються обсяг робіт, строки виконання та укладаються відповідні договори.

4. Вибір основної технології також здійснюється через порівняння кількох реальних конкурентних варіантів для виконання робіт. Визначаються типи техніки, технологічне обладнання та засоби оснащення, зокрема для робіт з опалубкою та бетоном.

5. На основі варіантних розробок формуються основні варіанти організаційно-технологічної структури будівництва з використанням ККС. На цьому етапі оцінюється сумісність і ефективність конструктивних, технологічних і організаційних рішень.

6. Розрахунок варіантів по завершених технологічних циклах проводиться на етапі 6, з урахуванням розподілу об'єкта на захватки, термінів виконання робіт, інтенсивності та обмежень. Згідно з нормативними вимогами, розробляються календарні та мережеві графіки, а також уточнюється та узгоджується Будгенплан для різних етапів будівництва об'єкта, з визначенням типів і схем на місці.

7. Остаточний розрахунок ефективності за варіантами проводиться з урахуванням обраних критеріїв, а також розрахунок техніко-економічних показників (ТЕП).

8. Прийняття фінального рішення.

Блок-схему варіантного проектування технології будівництва з використанням ККС можна побачити на рис. 3.2.

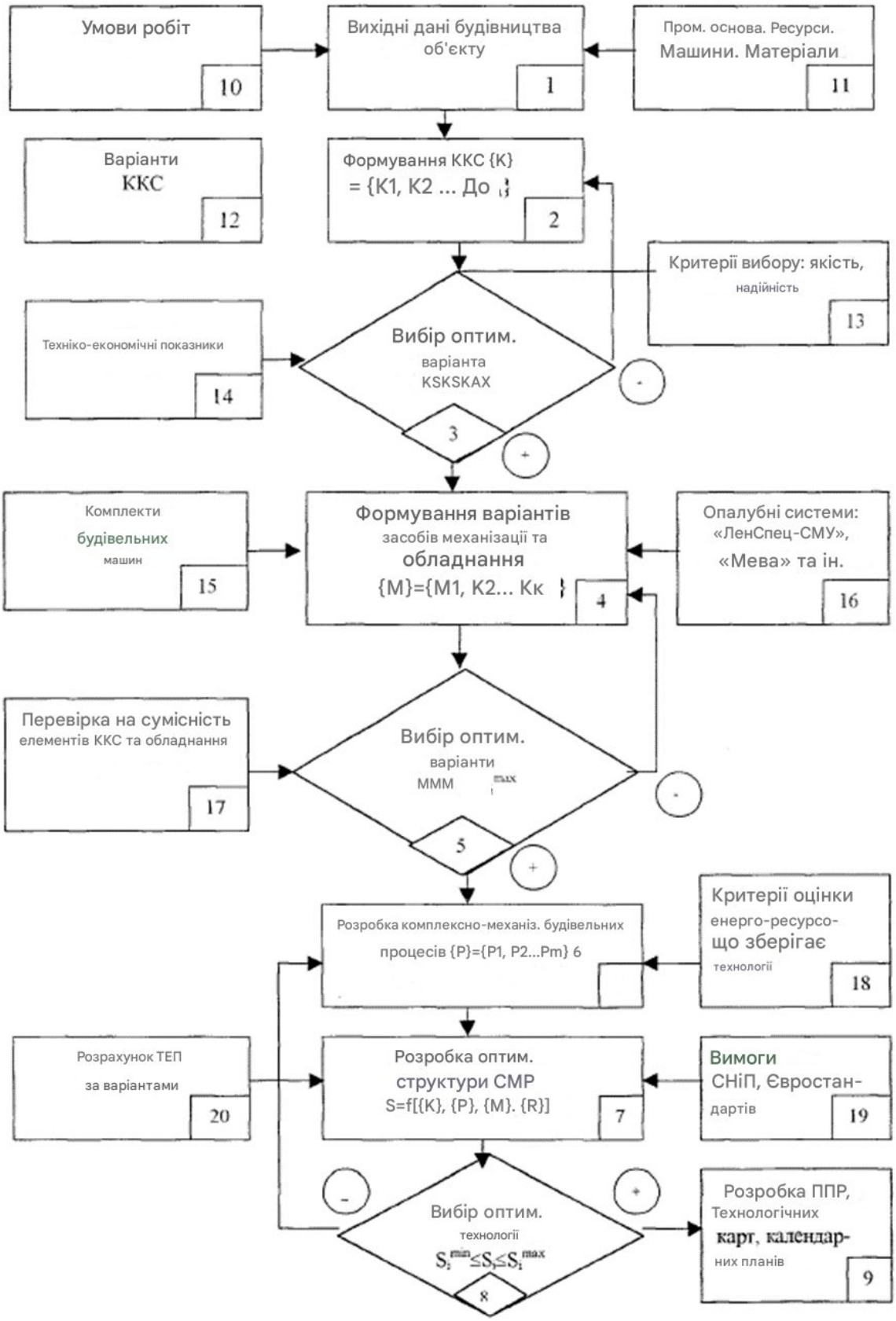


Рисунок 3.2 – Варіантне проектування житлових будинків з використанням ККС

Тривалість виконання робіт визначається відношенням норми часу на обсяг у вигляді:

$$T_i=H_{вр\ i}/V_i, \quad (3.1),$$

де Нвр - норма часу на виробництво одиниці роботи 1-го процесу, V_i - обсяг робіт при часу і - процесу.

Інтенсивність ведення робіт:

$$J_0=V_0/T_0, \quad J_{ij}=V_{ij}/T_{ij} \quad (3.2)$$

де T_0 - термін виконання комплексного процесу,

V_0/- загальний обсяг робіт, J_{ij} - час виконання робіт на) j захватке.

Якщо прийняти інтенсивність виконання ведучого процесу ФВ, то продуктивність ведучої машини:

$$П_{ВМ} = J_{ІВ} \quad (3.3),$$

а продуктивність і інтенсивність допоміжних і транспортних машин повинна бути:

$$П_{ВМ} \le П_{ВСМ}(П_Т) \quad (3.4)$$

Сукупність параметрів і характеристик, що визначають ККС позначимо через:

$$\{K\} = \{K_1,K_2, \ldots K_n\} \quad (3.5);$$

де K i= 1 .. .n- комбіновані конструкції елементів.

Для виконання обсягу будівельних робіт необхідно здійснити комплекс технологічних процесів:

$$\{P\} = (P_1, P_2, \ldots P_m\} \quad (3.6);$$

де Pi = 1 ... m - набір видів будівельних робіт з використанням комплектів машин і обладнання

$$\{M\} = \{M_1, M_2, \ldots M_K\} \quad (3.7);$$

де Mi = 1 ... k - парк будівельних машин, обладнання, технологічного оснащення

і залученням необхідних ресурсів

$$\{R\} = \{R_1, R_2 \ldots R_b\} \quad (3.8);$$

де Ri= 1 .. .b - види трудових і матеріальних ресурсів.

Сукупність усіх складових: конструкція - процес - машина - ресурси дозволить виконати комплексно-механізований технологічний процес з необхідною якістю при мінімальних затратах праці, вартості, матеріалів і засобів.

Комплексний технологічний процес може бути в загальному вигляді представлений у вигляді такої моделі:

$$S = f\{K, P, M, R\} \quad (3.9);$$

Методика варіантного проектування технологій зведення будівель з ККС полягає в наступному:

На основі зібраної та проаналізованої інформації щодо будівництва об'єкта і можливостей будівельної компанії визначаються можливі варіанти комбінованих конструктивних систем (ККС). До складу систем включаються елементи каркаса, перекриття, перегородки, вентиляційні блоки, вузли сходів і ліфтів, покрівля та інші конструктивні частини. Далі, використовуючи техніко-економічні показники та критерії оптимізації, здійснюється вибір найбільш відповідного варіанту ККС із дотриманням нормативних вимог якості [5].

Після цього формуються варіанти засобів механізації та обирається оптимальний набір техніки й обладнання, доступного будівельній організації. На основі цих рішень створюються комплексно-механізовані процеси, які забезпечують оптимальну організаційно-технологічну структуру робіт. Вони включають проекти виконання робіт (ПВР), технологічні карти, календарні плани, генеральний план будівництва, а також графіки постачання матеріалів.

Методика багатокритеріального аналізу та вибору найраціональнішої технології представлена у вигляді алгоритму на рис. 3.2. У ході послідовних ітерацій багатоетапного процесу здійснюється оцінка альтернатив, що дозволяє визначити найбільш ефективну технологію для реалізації будівельного проекту.

3.2. Конструктивно-технологічні рішення для зовнішніх огороджувальних конструкцій у ККС

Згідно з новими нормативними вимогами [7], для умов клімату Львову товщина зовнішньої цегляної стіни має сягати майже 2 м. Зрозуміло, що такі конструкції не є доцільними для зведення.

Відповідно до цих стандартів, ключовим показником якості сучасного житла стає його теплоізоляційна й енергозберігаюча здатність. Для оболонки будівлі це визначається ефективністю теплозахисту різних огороджувальних конструкцій у перерізах окремих типів стін. Особливо важливо забезпечити рівномірність захисних властивостей у різних зонах тепловтрат. У сучасних ринкових умовах, що склалися в Україні, це питання стає критичним, адже потрібно обрати оптимальну конструктивну систему й конструкцію зовнішніх стін.

Згідно з класифікацією В.Н. Богословського [18], залежно від теплоізоляційних і енергозберігаючих характеристик [9], будівлі поділяються на чотири класи, що наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Класифікація будівель

Категорія (Клас) будівлі	**Опір теплопередачі оболонки будівлі. R_0, м² °С/Вт**	**Питома потреба в тепловій енергії будівлі, qоп, Вт/м² ГСОП**	**Питома установча потужність будівлі,$\omega_{зд}$, Вт/м² °С**
I	**$R_0^{мин.доп.}$**	**120-90**	**1,0-1,5**
II	**$R_0^{опт}$**	**85-65**	**0,65-1,0**
Ш	**$R_0^{эн.сб.}$**	**60-25**	**0,25-0,6**
IV	**$R_0^{макс.возм.}$**	**20-10**	**0,1-0,2**

І-й клас будівель з мінімально допустимої по санітарно- гігієнічним вимогам теплозахистом зовнішніх огороджень і підвищеним енергоспоживанням;

ІІ-й клас будівель з економічно оптимальним рівнем теплозахисту і енергоспоживання;

ІІІ-й клас будівель з ефективним використанням енергії та можливо підвищеним теплозахистом;

IV-й клас будівель з максимальною можливою теплозахистом і мінімальним використанням органічного палива (близьким до теплового режиму будівлі із замкнутим енергетичним циклом).

Запропонована класифікація спростовує раніше прийняте уявлення про те, що тепловитрати будівлі протягом опалювального сезону прямо пропорційні різниці між внутрішньою та зовнішньою температурами. Насправді ж на ці витрати впливають й інші фактори, такі як сонячна радіація в періоди осені та весни, зміни інтенсивності інфільтрації, побутові тепловиділення та інші менш враховані явища.

На тлі глобальної енергетичної кризи, особливо у країнах з холодним кліматом, за останні чверть століття були реалізовані численні заходи щодо зниження паливно-енергетичних витрат (ПЕВ), зокрема в галузі будівництва. Ці заходи охоплюють зменшення ПЕВ-1 (витрат на виробництво будівельних матеріалів, їх транспортування та монтаж завдяки використанню легших і менш енергоємних виробів), а також ПЕВ-2 (енерговитрат на опалення, водопостачання та освітлення будівель через удосконалення огороджувальних конструкцій, модернізацію опалювальних систем, встановлення приладів обліку та регулювання споживання енергії).

В Україні, зокрема в Північно-Західному регіоні, тривалість опалювального сезону становить від 200 до 250 днів, що значно перевищує аналогічний період у Західній Європі (100–180 днів). Це призводить до суттєво вищих показників ПЕВ-2 у порівнянні з європейськими країнами. До того ж, в Україні для зовнішніх огороджувальних конструкцій часто використовуються легкі бетони на основі енергоємного керамзитового гравію, а витрати арматури у залізобетонних конструкціях удвічі перевищують показники, характерні для США.

Основні тепловтрати у монолітних будинках припадають на зовнішні огороджувальні конструкції (до 45% усіх втрат). Для порівняння: через вікна і двері втрачається до 33% тепла, а через горища та перекриття над підвальними приміщеннями — близько 22%.

У зв’язку з цим оптимальний вибір конструкцій зовнішніх стін у монолітному житловому будівництві набуває особливого значення. При цьому стіни мають відповідати численним будівельним, енергетичним та іншим вимогам.

Зовнішні стіни повинні відповідати високим вимогам з теплотехнічних властивостей, бути зручними для виготовлення і монтажу, гарантувати довговічність будівлі та забезпечувати ефективність з точки зору техніко-економічних показників. Це передбачає врахування не лише витрат на їх

зведення, але й експлуатаційних витрат протягом усього життєвого циклу конструкцій.

Залежно від способу зведення, зовнішні стіни можуть бути виконані зі збірних панелей (виготовлених на заводі або будівельному майданчику), збірно-монолітними, монолітними або із штучних матеріалів. Збірно-монолітні конструкції передбачають застосування плит-оболонок, виготовлених на полігоні, які служать постійною опалубкою, або використання переставної опалубки з укладанням штучних стінових матеріалів вручну.

Конструктивно зовнішні стіни можуть бути одношаровими, двошаровими або тришаровими. У тришарових стінах зазвичай використовується теплоізоляційний матеріал (термопакет), що розміщується у формі або опалубці як середній шар.

У монолітному житловому будівництві в Україні та країнах СНД реалізовані практично всі можливі варіанти конструкцій зовнішніх стін. Однак найбільше поширення отримали одношарові монолітні стіни на основі пористих бетонів. Це пояснюється обмеженими обсягами виробництва ефективних теплоізоляційних матеріалів, відсутністю виробничих потужностей для виготовлення сучасних багатошарових стін і відносною економічністю та простотою зведення таких конструкцій.

Проте одношарові монолітні стіни з пористих бетонів мають суттєві недоліки. Зокрема, їхня товщина через конструктивні та теплотехнічні вимоги сягає 45–50 см і більше, що збільшує матеріаломісткість будівель. Теплотехнічні властивості таких стін значно поступаються багатошаровим конструкціям із застосуванням сучасних теплоізоляційних матеріалів. Це призводить до підвищення витрат на опалення будівлі, що ускладнюється високою початковою вологістю конструкцій, яку важко усунути.

Проведений автором техніко-економічний аналіз показав, що зовнішні стіни з бетонів на пористих заповнювачах, хоча й відзначаються простотою виготовлення, виявляються найменш економічними серед усіх можливих конструкцій для використання.

Наприклад, витрати на 1 м² керамзитобетонних панелей щільністю 1200 кг/м³ і товщиною 40 см складають 80,3 грн, враховуючи експлуатаційні витрати на компенсацію тепловтрат через стіни. Їх енергоємність дорівнює 1,36 тонни умовного палива з урахуванням виготовлення та експлуатації протягом усього терміну служби будівлі.

Зменшення щільності одношарових легкобетонних панелей товщиною 40 см з 1200 до 850 кг/м³ дозволяє знизити енергоємність конструкцій із 1,86 до 1,34 тони умовного палива на 1 м² стіни. Проте навіть це значення все ще на 40% перевищує енерговитрати шаруватих панелей.

Одношарові панелі з пористого бетону товщиною 30 см і щільністю 600 кг/м³ мають витрати 61,9 грн/м² і енергоємність 1,35 тони умовного палива. У порівнянні з ними шаруваті панелі тієї ж товщини, але з теплоізоляційним шаром пінополістиролу завтовшки 10 см, мають витрати 50,9 грн/м² і енергоємність лише 0,85 тони умовного палива.

Таким чином, одношарові панелі з бетонів на пористих заповнювачах демонструють високі експлуатаційні витрати на компенсацію тепловтрат, значну матеріаломісткість та енергоємність.

Ситуація з енергоємністю ще гірша для одношарових монолітних стін з пористих бетонів щільністю 1400 кг/м³: на 1 м² стіни витрачається 2,3 тони умовного палива, що на 20–25% перевищує показники керамзитобетонних панелей. Для порівняння, монолітні шаруваті стіни мають енергоємність лише 0,9 тони умовного палива на 1 м².

Серед одношарових конструкцій заводського виготовлення найекономічнішими є стіни з газобетонних блоків або панелей щільністю не більше 600 кг/м³, виробництво яких планується суттєво збільшити найближчим часом.

У сучасних умовах Україна має можливість вирішити подібні проблеми. Після розпаду Радянського Союзу стали доступними розробки військово-промислового комплексу (ВПК), які раніше були засекречені. Співробітники науково-дослідної лабораторії швидкомонтованих і мобільних будівель

Міністерства оборони України у співпраці з іншими підприємствами ВПК створили універсальну, інноваційну систему швидкомонтованого будівництва. Попри перспективність цієї технології, її впровадження гальмується через недостатнє фінансування. Унікальність системи полягає в застосуванні новітніх матеріалів, які суттєво зменшують тепловтрати через зовнішні конструкції та прорізи (вікна і двері).

Однім із прикладів є одношарові стіни з легкого бетону товщиною не більше 400 мм, які відповідають вимогам підвищеного термічного опору огороджень (у 3,5 рази з 2000 року). Для створення такого матеріалу в умовах підприємств ВПК використовувалася інноваційна методика підбору складів бетону, що включає двостадійне змішування компонентів.

Застосування цієї технології забезпечує такі переваги:

- врахування реальних характеристик заповнювачів;

- стабільність властивостей бетону навіть при використанні нових заповнювачів;

- підвищення щільності та міцності цементного каменю;

- виготовлення одношарових панелей, які поєднують конструктивну міцність і теплоізоляційні властивості;

- повне використання цементу, включно із цементом зі зниженою активністю чи злежаними грудками до 60 мм;

- зменшення водопоглинання виробів до 4–10% і підвищення їх морозостійкості до 300 циклів;

- триразове збільшення міцності бетону на розтяг під час згинання;

- значне зниження ваги конструкцій (у 2–3 рази) завдяки застосуванню пуансонів, що суттєво зменшує навантаження на перекриття та фундаменти;

- запобігання розшаруванню бетонної суміші під час використання ковзної опалубки для створення зовнішніх конструкцій.

Ця система представляє перспективу значного вдосконалення сучасного будівництва, забезпечуючи високу ефективність та економічність матеріалів.

Новий тип конструкційного бетону має такі ключові характеристики:

- міцність на стиск до 15 МПа;
- щільність у межах 700–900 кг/м³
- економія цементу при виробництві бетонної суміші до 40%.

Зовнішні стінові конструкції, виготовлені з цього матеріалу, можуть мати не тільки плоску поверхню, але й барельєфи будь-якої форми та кольору, що виключає необхідність у зовнішній штукатурці чи фарбуванні. Крім того, такі стіни забезпечують захист від радону та наведеної радіації. Бетон має високу пластичність і дозволяє вбивати цвяхи без утворення тріщин. Технологія укладання матеріалу легко інтегрується в існуючі процеси будівництва монолітних будівель і передбачає термообробку, яка забезпечує якісну обробку поверхонь. Внутрішня сторона стін одразу готова до фарбування чи обклеювання шпалерами, що виключає додаткову підготовку.

У цій будівельній системі також вирішується проблема підвищення термічного опору для вікон, які відповідають за майже третину тепловтрат. Використання литих полімерних заповнень для вікон і дверей під час бетонування зовнішніх стін дозволяє досягти якісної герметизації. Це не тільки запобігає тепловим втратам у цих зонах, але й знижує потребу в деревині для виготовлення рам. Окрім того, це відкриває архітекторам можливості інтеграції в фасади будівель віконних заповнень будь-якої форми.

Для забезпечення герметичності віконних та дверних заповнень у новій системі використовується інноваційний метод із застосуванням магнітних та магнітоактивних матеріалів. Експериментальні дослідження, проведені в ЦНІІСК, підтвердили ефективність герметизації у будь-яких кліматичних умовах при температурах від -60 до +90 °C.

Для визначення впливу теплопровідності цієї конструкції була проведена серія просторових розрахунків за програмою COSMOS / M (версія 1.70). Для

порівняння додатково були виконані два варіанти фрагмента (див. Рис. 3.3) по плоскій розрахунковій схемі.

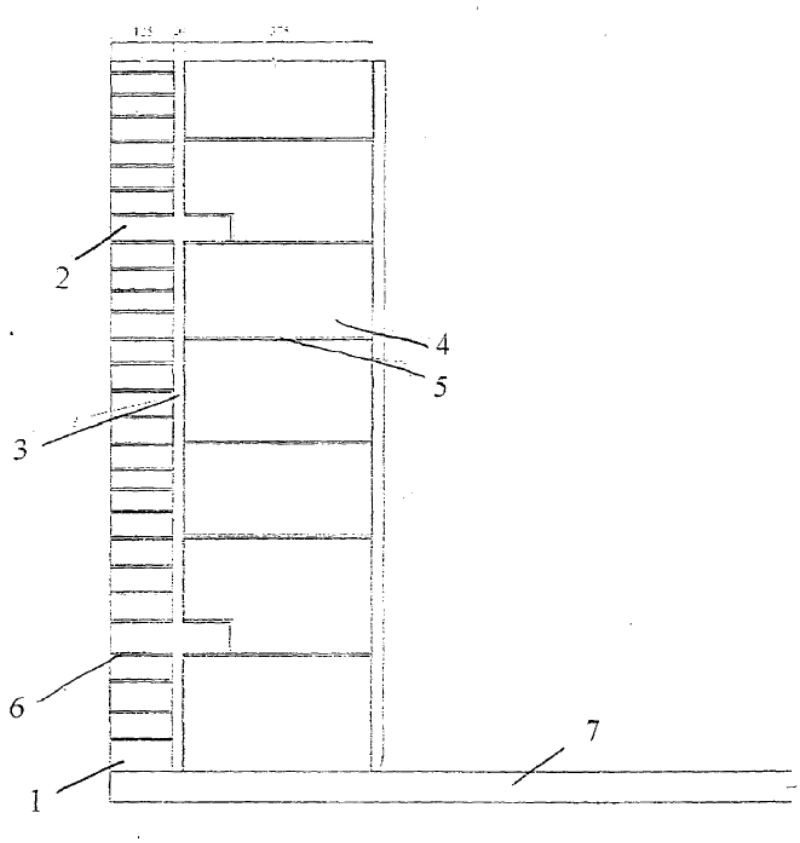


Рисунок 3.3 – Конструктивне рішення самоутримних огороджувальних конструкцій в ККС:1 - цегла; 2 - перев'язувальний цегла; 3 - повітряний зазор (20 мм); 4 - газобетонний блок 375х250х100 мм; 5 - клей виробництва КЖБІ211 для склеювання газобетонних блоків; б - розчин М75; 7 - монолітна плита перекриття Ь = 160 мм; 8 - штукатурка

При цьому було зроблено висновок, що розподіл температури в даній конструкції має не лінійний характер.

У запропонованій конструкції забезпечено опір теплопередачі стіни Ronp = 2,857 м2 - ° С / Вт.

На вимогу [7] для другого етапу будівництва опір теплопередачі стіни повинно бути не менше Ro143 = 2,948 м2 - ° С / Вт.

У наведеній нижче таблиці 3.3. представлено зіставлення енергопоказателей для різних стінових конструкцій при опорі теплопередачі дорівнює 1,2 м2 - ° С / Вт.

3.3 Особливості виконання бетонних робіт при зведенні будинків з ККС

3.3.1 Огляд методів прискорення процесу бетонування монолітних конструкцій із застосуванням ККС

Ще у 1963 році, на основі аналізу методів зимового бетонування, які були розроблені лауреатом Державної премії проф. С.А. Мироновим, була вдосконалена технологія витримування бетонних конструкцій у термосі, що призвело до створення електротермосу бетону.

Одним із перших запропонованих методів бетонування був метод термоса, розроблений у 1910 році проф. Киреєнком. Ця технологія забезпечує високу якість бетону завдяки поступовому охолодженню конструкції. Проте вона має свої недоліки, зокрема потребує попереднього підігріву заповнювачів, застосування утеплювальних матеріалів та тривалого витримування (до 14 діб при морозі нижче -20 °С).

Електропрогрів бетону, впроваджений А.К. Реті у 1932 році, значно скоротив час витримування конструкцій до 20–30 годин. Однак цей метод супроводжувався порушенням структури бетону через нерівномірний нагрів, високими витратами на дроти та електроди, а також необхідністю попереднього підігріву заповнювачів.

У 1951 році В.Ф. Утенков запропонував метод холодного бетонування, який дозволив обійтися без попереднього нагрівання компонентів. Але він

також мав істотний недолік — надто повільне тверднення бетону. Наприклад, при температурах -15…-20 °С процес займав від 1 до 3 місяців, що не відповідало вимогам швидких темпів будівництва.

При вивченні та вдосконаленні зимових методів бетонування постійно виникали питання:

- Чи є сенс підігрівати заповнювачі на виробництві, якщо їх температура все одно знижується під час транспортування?

- Чи можна уникнути використання електродів у конструкціях і потреби в знижуючих трансформаторах?

- Чи раціональніше розігрівати бетонну суміш безпосередньо в інвентарному обладнанні, що працює від мережі 380 В?

- Як уникнути руйнування структури бетону через перегрів?

- Чи не краще ущільнювати бетон одразу після внесення тепла для забезпечення його стабільності?

Ці питання залишаються актуальними, вимагаючи пошуку оптимальних рішень для прискорення бетонування в умовах низьких температур.

Багаторічні дослідження підтвердили ефективність внесення тепла безпосередньо на будівельному майданчику за допомогою інвентарних пристроїв, що працюють від мережі з напругою 300 В. Такий підхід дозволяв уникнути порушень структури бетону завдяки розігріву суміші перед її ущільненням. Використання короткочасного електричного розігріву до високих температур розширило можливості методу термоса. Цей підхід об'єднав переваги основних зимових методів бетонування: поступове охолодження бетону за технологією термоса, підвищені температури електропрогріву, а також відмову від підігріву заповнювачів, характерну для холодного бетонування. При цьому були усунуті недоліки кожного з методів, зокрема: необхідність підігріву заповнювачів, порушення структури бетону та повільне тверднення.

Розігрів суміші безпосередньо перед укладанням усуває потребу в підігріві заповнювачів, що дозволяє нагрівати лише воду. Це забезпечує економію до 20 кВт·год умовного тепла на 1 м³ бетону. Фактична економія ще більша: за даними московських заводів, витрати палива на ці потреби перевищують нормативні майже вдвічі. Додатково, використання холодних заповнювачів виключає необхідність у трудомісткому паросиловому обладнанні. При нижчих температурах замішування суміші відбувається більш глибока гідратація цементу, оскільки розчинність силікатних фаз підвищується.

Розігрів суміші до ущільнення мінімізує ризики порушення структури бетону. Після ущільнення бетон охолоджується та стискається, що усуває можливі деформації. У разі прогріву готового бетону через нерівномірне розширення компонентів утворюються великі порожнечі, що вимагає перевитрати цементу для збереження міцності.

Метод термосного витримування бетону при високих температурах усуває необхідність прогріву фундаментів, що дозволяє обійтися без монтажу електродів, проводів і трансформаторів. Це економить 2 людино-години на 1 м³ бетону та скорочує час тверднення на 6–8 годин.

Для короткочасного розігріву суміші використовувався стандартний поворотний бункер зі сталевими електродами. До електродів підключалася напруга мережі 380 В, що дозволяло за 15–20 хв нагріти суміш до 50–70 °С. Для цього потрібно 220–330 кВт потужності трансформатора з ККД 0,7. Успішність роботи такого бункера залежала від правильного розташування електродів, їх якісної електроізоляції та застосування підвищеної напруги. Сучасні моделі бункерів постійно вдосконалюються і зараз оснащені вібруючими електродами для ще більш ефективної роботи.

Новий метод прискорення твердіння бетону із застосуванням електричного розігріву суміші заснований на трьох ключових етапах: сконцентрованому внесенні тепла, вібрації в нагрітому стані та поступовому охолодженні.

Сконцентроване внесення тепла - здійснюється через електротепловий імпульс у найсприятливіший момент твердіння, коли розчинність компонентів цементу максимальна. Це дозволяє значно прискорити фізико-хімічні процеси, зокрема екзотермію цементу, що сприяє підвищенню міцності бетону. Чим раніше відбувається тепловий вплив після розчинення силікатних фаз, і чим вище температура та швидкість її підйому, тим більше теплової енергії зберігається в процесі охолодження. Такий підхід зменшує витрати тепла до 40 кВт·год/м³, що вигідно порівняно з ізотермічним прогрівом середньомасивних конструкцій. На відміну від традиційного електропрогріву, де процес нагріву триває довше, у цьому випадку більшість енергії з екзотермії використовується ефективніше.

Вібрація у нагрітому стані - застосовується до початку схоплювання суміші, що дозволяє видалити 2–3% повітря, яке розширилося через нагрівання. Подальше поступове охолодження викликає самоущільнення бетону завдяки температурним усадкам і переміщенню вологи. Це забезпечує підвищену міцність і морозостійкість матеріалу, знижуючи при цьому витрати цементу до 30 кг/м³.

Поступове охолодження - відбувається в опалубці, яка має низьку теплоємність і щільно прилягає до бетону. Така опалубка не поглинає тепло, що дозволяє зберігати високі температури у перші години твердіння, коли активно зростає міцність. На поверхні бетону утворюється теплоізоляційний шар, що уповільнює охолодження. Це дає змогу використовувати сталеву опалубку, яка потребує менше часу та трудових ресурсів. Відмова від теслярських робіт дозволяє зекономити до 3,5 людино-годин на кубометр бетону.

Активна екзотермія цементу компенсує знижену тепловіддачу, тому бетон остигає у 10 разів повільніше, ніж вважалося раніше. Це не тільки зберігає поверхневі шари від замерзання, але й створює сприятливий температурний режим, що підвищує тріщиностійкість конструкцій.

Для рівномірного нагрівання суміші були розроблені вдосконалені пристрої з перфорованими занурюваними електродами. Ці установки дозволяють нагрівати бетонну суміш за 10–15 хвилин до температури 70–90 °С при споживанні 330–500 кВт електроенергії. При цьому одночасно нагрівається до 2,2 м³ суміші з коефіцієнтом корисної дії 0,8.

Для розігріву бетонної суміші використовувалися кузова вантажних автомобілів або спеціальні ємності бетоноукладачів, в яких знаходилася закрита рама з перфорованими електродами. Така конструкція дозволяла повністю занурювати електроди в бетон і забезпечувала можливість їх очищення. Завдяки отворам знижувався контактний опір, а також припинялося обростання електродів цементною сумішшю. Повітряні бульбашки, що мігрують у холодну зону вирізів, конденсувалися і омивали поверхню електродів, не даючи сформуватися ізоляційній пароповітряній плівці. Вода, додана до складу бетону, компенсувала інтенсивно зв'язану й випаровується вологу, зберігаючи водоцементне співвідношення і полегшуючи укладку суміші.

Новий метод бетонування передбачав своєчасне і концентроване внесення тепла, що дозволяло більш ефективно використовувати внутрішню енергію, при цьому температура покладеної суміші майже не знижувалася завдяки використанню малотеплоємної опалубки. Необхідна міцність бетону досягалася завдяки застосуванню високих температур на ранніх етапах твердіння, що залежало від температури суміші, мінералогічного складу цементу та часу затвердіння.

У 1971 році в Новосибірському інженерно-будівельному інституті були створені різноманітні установки з занурюваними електродами, що підтвердило перевагу вирізів в електродах та ефективність сталевої опалубки. Вже в 1973 році на об'єктах Електроважмаш було вдосконалено бетонування в сталевих формах. До 1976 року електрообігрів бетону та суміші був впроваджений на всіх будівництвах Главсібірскбуду. До 1980 року за цим методом було укладено

20 млн м³ бетону, а в деяких підрозділах обсяги зимового бетонування з електрообігрівом досягли 70-90%.

Безперервний електропрогрів бетону був запропонований професором Б.А. Криловим як спосіб зниження електричної потужності, механізації і конвеєризації процесу з використанням сучасного обладнання. Головною метою було досягнення більш інтенсивного твердіння бетону та ефективніше використання електричної енергії у нових технологіях.

Для створення такої технології застосовувалися різноманітні технічні рішення, які показали свою ефективність при різних схемах бетонування. Вже в 1930-х роках активно використовувався вібротранспорт бетону, але він мав значний недолік — високу трудомісткість через необхідність частого переміщення вібролоток. У 1950-х роках з'явилися крани, що значно спростили монтаж і демонтаж вібролоток і дозволили організувати процес розігріву суміші. Цей процес став циклічним, але обсяг бетону, що укладається за зміну, не перевищував 20 м³ через необхідність виконання супутніх робіт (монтажу опалубки, арматурних і транспортних робіт). У 1970-х роках почали використовувати стрічкові бетоноукладчики, які дозволяли працювати швидше завдяки застосуванню конвеєрів, але обмежували використання лише малорухливими сумішами.

На основі аналізу існуючих схем для умов Львова та інших регіонів країни було запропоновано відновити використання вібротранспорту бетону, зробивши його мобільним. Для цього планувалося монтувати систему на екскаваторі, тракторі, автомобілі чи іншому транспортному засобі. Також була запропонована ідея управління процесами твердіння, комбінуючи транспортування суміші з її розігрівом та вібрацією. У цьому випадку використовувалися блок-форми, які не вимагали додаткового складання або виготовлення опалубки, оскільки після розігріву бетон стискався, що дозволяло легко зняти форми.

Суть нової технології з безперервним електрообігрівом суміші полягає в постійному та своєчасному розігріві бетонної суміші, багаторазовому її вібруванні та укладанні бетону за допомогою конвеєра без необхідності застосування вібраторів. Безперервний розігрів, завдяки постійному струму (без циклічних коливань) і без простоїв, дозволяє знизити витрати енергії на 30 кВт·год/м³ та зменшити споживану електричну потужність майже в три рази, порівняно з циклічними процесами. Менший контактний опір, відсутність випаровування (закрита труба) і постійне вібрування забезпечують додаткову енергоефективність.

Багаторазове вібрування розігрітої суміші дозволяє гомогенізувати бетон, витісняючи повітря і подрібнюючи цементні зерна, що забезпечує їх кращу реакцію. Попередні результати показують збільшення міцності бетону на 150-200% та підвищення швидкості проходження ультразвуку в матеріалі, що дає можливість знизити витрату цементу на 10%.

Конвеєрне безвібраційне укладання бетону дозволяє уникнути необхідності у стропальниках (без використання крана) та вібраторних установках, а також скорочує потребу в електриках, оскільки їх функції можна поєднати з обов'язками машиніста. Завдяки цьому зменшується кількість необхідних слюсарів, оскільки потрібно лише встановити і налаштувати блок-форми. Загальне скорочення трудовитрат становить 3,5 людино-години на м³ бетону.

Для віброелектробетонування було розроблено та протестовано кілька конструкцій електричних нагрівальних пристроїв: віброелектролоток (а.с. 974 714), вібротруба (а.с. 1303410), віброелектродвигун (а.с. 1403510) та віброелектрореактор (а.с. 145-3965). В планах — створення автоматизованої версії віброелектролотка з повною автоматизацією всіх процесів.

Вібролоток представляє собою суцільну сталеву трубу, в якій встановлені секційні трубчасті електроди, підключені до електричної мережі. Довжина труби складає 5 м, її перетин — 300 мм, а трубчасті електроди мають діаметр 100 мм. За 5–10 хвилин вдається досягти температури 90–95 °С при коефіцієнті

корисної дії 0,9. При пропусканні бетону в обсязі 16–24 м³ за зміну необхідна електрична потужність виявляється втричі меншою порівняно з традиційними методами електричного обігріву бетону.

Розроблена нова технологія бетонування, яку запропонував А.С. Арбеньєв разом з його учнями, є подальшим розвитком електротермоса та електрообігріву суміші. Вона дозволяє безперервно подавати тепло, усуваючи втрати тепла під час приготування та транспортування суміші, а також забезпечує більш повне використання внутрішньої енергії матеріалу.

Повільне впровадження цієї технології обумовлене необхідністю виготовлення спеціальних машин, а не бункерів, і централізованим виробництвом, а також необхідністю відмови від старих методів бетонування. Багато будівельних організацій досі не готові відмовитися від традиційних методів, оскільки нова технологія вимагає переосмислення підходів до термообробки бетону та деякого часу для освоєння.

Методи обігріву бетону добре розроблені на об'єктах монолітного будівництва «Спец-БУД» у Львові, де застосовуються різні електричні нагрівачі, розташовані в опалубці. Найбільш поширений спосіб — це використання нагрівальних дротів та кабелів, що забезпечує технологічність процесу в монолітному житловому будівництві.

Нова технологія бетонування є універсальною та простішою порівняно з традиційними методами. Вона включає різні методи електрообігріву суміші та різні види електрообігрівальних пристроїв, які вибираються в залежності від необхідної міцності бетону, умов експлуатації, наявності енергії та необхідного обладнання.

3.3.2 Дослідження технології всесезонного бетонування з використанням ККС

Частка монолітного бетону в цивільному будівництві нашої країни складає лише 8%, і ця цифра в основному стосується окремих міст, таких як Київ (30%) та Львів (25%). В той час як у Швеції цей показник досягає 88,8%. Така невелика частка в нас обумовлена низьким рівнем індустріалізації, недостатньо розвиненими технологічними процесами та неефективним використанням ресурсів, що також негативно впливає на екологічну ситуацію. З кожним роком збільшується потреба в ресурсах: витрати цементу на 1 МДж бетону зросли з 200 до 600 кг, а енергії — з 50 до 200 кВт-год. Це призводить до здорожчання бетону та одночасного погіршення його якості.

Ще в Стародавній Греції вважали, що світ — це рухома матерія, яка складається з землі, води, повітря і вогню, що сучасними термінами відповідає твердим, рідким, газоподібним та плазмовим фазам. Властивості будь-якої речовини залежать від кількості електронів на її орбіті, а також від їх взаємодії між собою. Ці взаємодії можуть бути описані як енергія, що проявляється в зміні речовини через її розкладання на іони та утворення нових сполук. Відомо, що енергія може перетворюватися в матерію за формулою Ейнштейна.

Наше завдання полягає в ефективному використанні як зовнішньої, так і внутрішньої енергії, щоб вона не пропала даремно і не завдала шкоди природі. Для того, щоб вивести матеріал зі стану рівноваги (інерції), потрібно оптимально впливати на нього енергетично, керуючи процесом твердіння так, як це відбувається в природі. Тому необхідно не лише знати теоретичні основи, а й вміти застосовувати їх на практиці. Технологія є одним із найбільш революційних елементів виробництва, і саме в цій галузі ми відстаємо найбільше.

Монолітне будівництво житла в Україні є складним завданням. Як вже зазначалося, тривалість зимового періоду з температурою близько +5 °C

вимагає прискореного твердіння бетонних сумішей навіть у весняно-осінній період. В нашій країні накопичено великий досвід як у теорії, так і на практиці, з використання розігрітих сумішей.

Автор провів оптимізацію методів бетонування для різних температурних умов, що варіюються від -20 °С до +20 °С, і довів високу економічну ефективність форсованого розігріву бетонної суміші. Це пов'язано з тим, що розігріті суміші набагато краще реагують на прискорення твердіння та є більш транспортабельними порівняно з холодним бетоном.

Були проаналізовані основні фундаментальні закони фізики, від класичних законів Ньютона до рівняння Максвелла, що описують від механічного руху до хвильових електромагнітних процесів. Було виявлено 10 ключових енергетичних впливів, що діють на бетон в різні етапи його обробки: на етапі приготування суміші (змішування) - розумово-раціональні та гравітаційно-обертальні сили; на етапі обробки суміші (розкладання) - вібромеханічні, електроімпульсні, електромагнітні, а також термохімічні і барофазові впливи; на етапі витримки бетону (з'єднання) - теплообмінні, фізико-механічні та термодинамічні.

Перші дослідження в нашій країні були проведені в 60-х роках на базі Новокузнецького відділення Академії будівництва і архітектури СРСР, де була розроблена технологія електричного розігріву суміші. Всі експерименти проводилися на тих самих матеріалах, за однакових умов і одночасно. В результаті отримано 120-150 зразків з одного замісу, де змінювався лише один параметр. Подальші уточнення проводилися в інститутах СВАН СРСР і неодноразово перевірялися на практичних виробничих майданчиках.

На основі цих досліджень були розроблені формули, які описують вплив кожного фактора на міцність бетону. Ці дані співпали з розрахунками витрат енергії, заснованими на фундаментальних фізичних формулах. Встановлено, що 1 кВт/год енергії сприяє підвищенню міцності бетону на приблизно 2 кг/см². Такий аналіз дозволив розкрити механізм впливу різних енергетичних факторів

на бетонну суміш, що має підвищену чутливість до таких впливів, що сприяють оптимальному процесу витримки бетону.

3.3.3 Технологія віброелектробетонування

Використання розігрітих сумішей кардинально змінює процес бетонування [3]:

1) Для приготування бетону замість піщаного використовується гравійно-щебеневий каркас із заповненням пустот природним піском. Це дозволяє зменшити кількість цементу, оскільки він потрібен лише для створення клеючого з'єднання, що знижує його витрату майже вдвічі.

2) Час змішування збільшується з 1-1,5 хвилин до понад 2 хвилин, щоб досягти максимальної гомогенності суміші, при цьому використовуються непідігріті наповнювачі для досягнення дисоціації та гідратації.

3) Суміш не вібрується глибинним вібратором, який всмоктує повітря, а в процесі руху різної амплітуди, використовуючи бетоносмеситель або трубу під тиском у бункері, щоб уникнути заторів. Це дозволяє зробити суміш більш пластифікованою та покращити взаємодію цементних зерен із заповнювачами.

4) Для нагріву використовується не бетон, а суміш, причому кращий ефект досягається за допомогою електричного струму для іонізації та електровібрації.

5) Для нагріву використовуються не звичайні електроди, а тонкі трубчасті, які розташовані коаксіально в трубі, що спричиняє індукцію, магнетизацію та пульсацію струму.

6) Висока температура досягається не в самому бетоні, а на початку схоплювання суміші, що активізує процес і прискорює твердіння в 20-40 разів.

7) Бетон не прогрівають, а запарюють суміш при миттєвому тиску 0,2-0,3 МПа.

8) Після укладання бетон не утеплюється, а захищається і укладається в малотеплопровідну опалубку для забезпечення сприятливого тепло- та вологообміну без температурних деформацій.

9) Бетон не переміщається по тверднучій масі, а залишають його в спокої, щоб уникнути механічних імпульсів. Використовуються природні навантаження для досягнення самообжаття з кращою кристалізацією.

10) Форму не знімають передчасно, а витримують виріб протягом 12-24 годин для більш повної трансформації тепла в міцність, щоб температура на поверхні бетону не знизилася до 20-30 °С.

Отже, нова технологія бетонування передбачає відмову від використання бункерів для підігріву заповнювачів, віброплощадок і вібраторів. Наразі розроблені більш ефективні нагрівальні системи, що працюють на парі або електриці. В якості інновації створено віброелектрореактор, який об'єднав в собі функції вібролотка, електробункера, соленоїда, автоклава і пульсатора.

Цей віброелектрореактор спроектовано з урахуванням біонічних принципів, і він працює за аналогією з біологічними організмами. На початку процесу в бетоносмесителе за допомогою лопатей перемішується бетон, після чого суміш вивантажується в бункер. До корпусу підключається електричне живлення для подачі іонів, а сама суміш переміщається під дією вібратора. Обробка суміші відбувається в трьох етапах: іонізація, нагрів та запарювання. Одночасно вона піддається впливу електромагнітних полів, створюваних коаксіально розташованими електродами, які нагадують хребет (вольтовий стовп).

Для застосування вібромеханічних впливів без зупинки руху бетонної суміші, опори (підвіска) були винесені за межі виходу суміші. Для покращення ефективності електроімпульсних впливів (запобігання замиканню струму) дроти розташовані всередині фаолітової електроізоляційної труби. Це також допомагає мінімізувати електричні витрати на замикання.

Для підвищення ефективності електромагнітних впливів і зменшення енергетичних втрат, електроди були встановлені коаксіально. Для кращих термодинамічних результатів (щоб уникнути накопичення тепла на електродах) вони виготовлені з покрівельного металу, який має меншу теплову інерцію. Крім того, для оптимізації барофазових впливів створено безелектродний запарочний відсік, що виключає втрати тепла та вологості.

Для поступового охолодження при бетонуванні тонкостінних конструкцій передбачено використання контактного обігріву за допомогою інфрачервоних або сіткових нагрівачів, встановлених на щитах опалубки. Для легкого бетону було передбачено застосування другого віброелектрореактора. Далі бетон витримується під укриттям, забезпечуючи поступовий теплообмін при температурі 0,5-1 °С/год, що триває від 12 до 24 годин. Процес реалізується при змінному потоці бетону в межах 20-80 м³ при споживаній потужності від 100 до 400 кВт, що втричі менше порівняно з традиційним електропрогріванням бетону. Така технологія дозволяє значно зменшити кількість операцій і забезпечити безперервний процес.

Таким чином, бетонування із застосуванням розігрітих сумішей - це справді індустріально-ресурсозберігаюча технологія, що дозволяє бетонувати вироби і конструкції в будь-яких природно-кліматичних умовах і підвищувати якість бетону при високих економічних показниках.

Вакуумування бетону – це процес ущільнення бетонної суміші через видалення з неї вільної води та повітря, які не пов'язані хімічно. Цей метод забезпечує наступні переваги:

- досягнення міцності бетону в межах 0,3-0,5 МПа вже після вакуумування, що дозволяє часткову або повну розпалубку бетонної конструкції;

- прискорене твердіння бетону, при якому міцність на стиснення через 1-2 дні досягає 40-60%, а через 5-7 днів — майже 100%;

- зменшення усадкових деформацій порівняно з вібруючим бетоном;

- підвищення морозостійкості бетону.

Цей метод є найбільш ефективним для тонкостінних конструкцій (до 25-30 см товщиною) з великою площею поверхні.

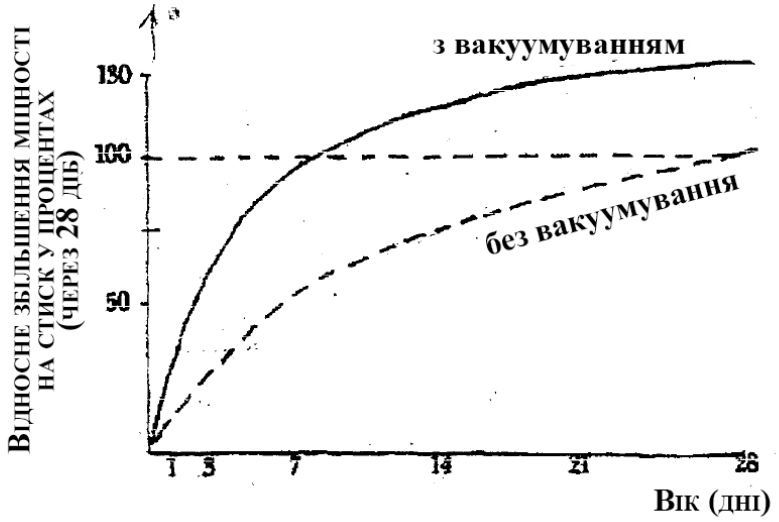


Рисунок 3.4 – Порівняльний графік набору міцності бетонної суміші

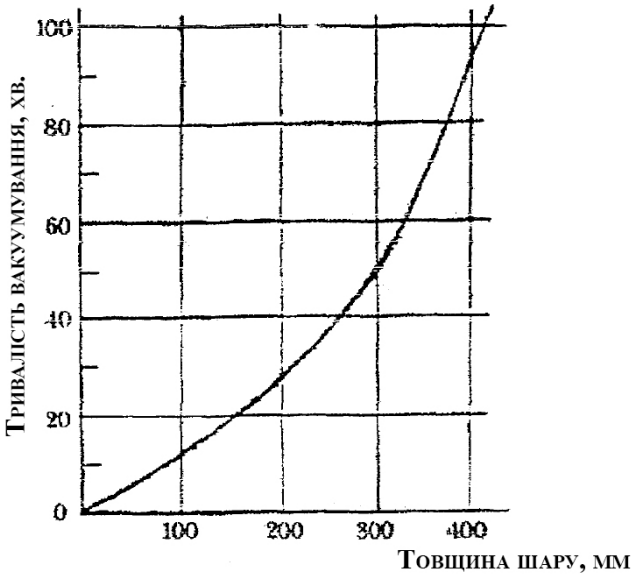


Рисунок 3.5 – Графік залежності тривалості вакуумування від товщини бетонної суміші

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Порівняльний аналіз досвіду будівництва як в Україні, так і за кордоном, показав, що максимальні можливості для реалізації архітектурних ідей забезпечуються саме в монолітному житловому будівництві. Проте велика різноманітність будівельних об'єктів вимагає різноманітних підходів і технологій для їх реалізації.

2. У рамках магістерської роботи поглиблено дослідження теоретичних та практичних аспектів вдосконалення комбінованого монолітного будівництва. Підтверджено, що розвиток сфери житлового будівництва можливий лише за умови комплексного вирішення архітектурно-конструктивних, архітектурно-планувальних, технологічних та соціально-економічних завдань.

3. Розроблено та запропоновано вдосконалені модулі і елементи комбінованої конструкції (ККС), що об'єднані функціональними і технологічними зв'язками. До них відносяться опалубні системи, монолітні конструкції стін і перекриттів, сходово-ліфтові вузли, комбіновані огороджувальні конструкції, а також вузли вентиляції і комунікацій, що дозволяє організувати будівництво комплексів за допомогою індустріального і потокового методів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бубес Е.Я., Попов Г.Т., Шарлигіна К.А. Про подальший розвиток металевих конструкцій : навч. посіб. Київ : КНУБА, 2008. 190 с.

2. Булгаков С.Н. Попередня напруга сталевих баштових споруд, що здійснюється в процесі монтажу. Київ : СИ, 2005. 303 с.

3. Кутуков В.Н. Реконструкція будівель: навч. посібник. Київ : ВШ, 2008. 263 с.

4. Матвєєв Е.П. Розрахунок стрижневих систем: дис…канд.техн.наук : 05.23.08 /Одеса:ОДАБА, 2005. 286 с

5. Мешічек В.В., Ройтман А.Г. Капітальний ремонт, модернізація та реконструкція житлових будинків: навч. посібник. Київ : СІ, 2005.241 с.

6. Миловидов Н.Н., Осин В.А., Шумилов М.С. Ефективні способи монтажу будівельних конструкцій. Київ,2000. 240 с.

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

8. Олейник П.П., Фомиль Л.Ш. Інженерна підготовка території будівельного майданчика промислового підприємства : навч. посібник. Київ. :СІ, 2006. 240 с.

9. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Розрахунок металевих конструкцій та пристроїв при виконанні монтажних робіт. Київ : Наука, 2003. 254 с.

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

11. Попов Г.Т., Бурак Л.Я. Технічна експертиза житлових будинків старої споруди. Львів : СІ, 2003. 254 с.

12. Ройтман А.Г. Технологія монтажу металевих конструкцій. Харків : СИ, 2003. 176 с.

13. Соколов В.К. Аварії металевих конструкцій будівель та споруд: навч.

посібник. Київ, 2003. 204 с.

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

15. Шумилов М.С. Будівлі ТЕС та їх технічна експлуатація. К: ВШ, 2005. 376 с.

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

17. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навч. посіб. для студ. ВНЗ . 3-тє вид., доп. та перероб. Харків, 2006. 319 с

18. Мещеряков, Г.Н., 2012. Исследование и моделирование процессов взаимодействия шпунтовых свай, погружаемых вдавливанием. *Наук. -тех. жур.НДІБВ: Нові технології в будівництві* . Вип. No 1-2 (23-24), Україна, С. 27.

19. Gillingham K., Palmer R. Bridging the energy efficiency gap: Policy insights from economic theory and empirical evidence. Review of Environmental Economics and Policy. 2014. Vol. 8, P. 18-38.

20. Hamilton G. The challenges of capacity building in PPP in Central Asia: speech on the III Astans Economic Forum, Kazakhstan, 1-2 July, 2010

21. Andrea Chegut, Piet Eichholtz, Rogier Holtermans Energy efficiency and economic value in affordable housing. Energy Policy. 2016. Vol. 97, P. 39-49.

22. Kayakutu G., Mercier-Laurent E. Intelligence in Energy (1st ed.). 2016.

23. Medrano-Gomez L.E., Izquierdo A.E. Social housing retrofit: Improving energy efficiency and thermal comfort for the housing stock recovery in Mexico. Energy Procedia. 2017. Vol. 121, P. 41-48.

24. Jian Zuo, Zhen-Yu Zhao Green building research – current status and future agenda: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 30, P. 271-281.

25. Miller W, Liu L.A, Amin Z., Gray M. Involving occupants is net-zero-energy solar housing retrofits: An Australian sub-tropical case study. Solar Energy. 2018. Vol. 159, P. 390-404.