

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ  
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І ГОСПОДАРСТВА (МБГ)  
(повна назва кафедри)

## Кваліфікаційна робота

Магістра  
(рівень вищої освіти)

на тему Удосконалення конструктивних і організаційно-технологічних рішень будівель з монолітного залізобетону

Виконав: студент VI курсу, групи БУД-18-5мз  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Міське будівництво та господарство

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації Міське будівництво і господарство

(код і назва спеціалізації)

Глебов Олег Володимирович

(ініціали та прізвище)

Керівники Сазонова О.Ю., Полікарпова Л.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Федченко О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя  
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Будівництва та цивільної інженерії  
Кафедра Міського будівництва і господарства  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код та назва)  
Освітня програма Міське будівництво та господарство  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри П. Шах А. В.  
« 13 » 09 20 19 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гребову Олександру Валерійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Удосконалення конструктивних і організаційно-технологічних рішень будівель із монолітного залізобетону  
керівник роботи доц. Сазанова О. Ю. к. арх., Пелікерова Т. В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом ЗНУ від « \_\_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_\_ року № \_\_\_\_\_

2 Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_  
3 Вихідні дані до роботи Проаналізувати технологічні процеси монолітного будівництва.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вибір розрізів 1-4. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Схематична картина у вигляді різних масел в твердій, та електричній версії.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання видав
Розділ I	доц. Сазонова О.Ю.	[Signature]
Розділ II	доц. Толікарнова Л.В.	
Розділ III	доц. Сазонова О.Ю.	
Розділ IV	доц. Сазонова О.Ю.	

7 Дата видачі завдання 03.08.2019 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1.	Дослідження технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд.	19 жовтня
2.	Сучасні методи дослідження технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд.	В листопад
3.	Розробка програмних та програмних схематизованого розрахунку.	10 грудня

Студент [Signature] (підпис) Гребень О.В. (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) [Signature] (підпис) Сазонова О.Ю. (ініціали та прізвище)  
[Signature] (підпис) Толікарнова Л.В. (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер [Signature] (підпис) Фосейт ашкенко О.М. (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Глебов О.В. Удосконалення конструктивних і організаційно-технологічних рішень будівель з монолітного залізобетону.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, наукові керівники О.Ю. Сазонова, Л.В. Полікарпова. Запорізький національний університет. Інженерний інститут. Факультет будівництва та цивільної інженерії, кафедра міського будівництва і господарства, 2020.

Досліджено технологічні процеси монолітного будівництва залізобетонних споруд, проаналізовано сучасні дослідження технологій монолітного будівництва залізобетонних споруд, поставлена мета та завдання досліджень. Досліджено сучасні методи технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд, технологічні рішення будівництва вертикальних монолітних залізобетонних споруд, технологічні процеси методами технічного нормування (хронометражу). Застосовані методи: операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії прийняття рішень і методів лінійного та нелінійного програмування, математичні методи планування експерименту, що використовуються в дослідженнях.

Розроблено програму автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд в залежності від виду бетонованих конструкцій.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА, ЗАЛІЗОБЕТОНІ КОНСТРУКЦІЇ, РІШЕННЯ, ЯКІСТЬ ВИКОНАННЯ БМР, ОРГАНІЗАЦІЙНІ РІШЕННЯ, ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ.

## SUMMARY

Glebov O.V. Improvement of structural and organizational and technological solutions of buildings made of monolithic reinforced concrete.

Qualification work for higher master's degree in specialty 192 - Civil Engineering and Civil Engineering, supervisors O.Y. Sazonova, L.V. Polikarpova. Zaporizhzhya National University. Engineering Institute. Faculty of Civil Engineering and Civil Engineering, Department of Urban Construction and Economics, 2020.

The technological processes of monolithic construction of reinforced concrete structures are investigated, the modern researches of the technologies of monolithic construction of reinforced concrete structures are analyzed, the aim and tasks of the researches are set. Modern methods of technological processes of monolithic construction of reinforced concrete structures, technological solutions for construction of vertical monolithic reinforced concrete structures, technological processes by methods of technical normalization (timekeeping) have been investigated. Applied methods: operational research, cognitive structuring of knowledge, system analysis, decision theory and methods of linear and nonlinear programming, mathematical methods of experiment planning used in research.

The program of automated calculation of organizational and technological parameters of concrete concrete concreting, depending on the type of concrete structures, has been developed.

**Keywords: MONOOLITE CONSTRUCTION TECHNOLOGY, CONCRETE CONSTRUCTIONS, SOLUTIONS, QUALITY OF CONSTRUCTION WORKS IMPLEMENTATION, ORGANIZATION ORGANIZES, ORGANS**

## АННОТАЦИЯ

Глебов А.В. Совершенствование конструктивных и организационно-технологических решений зданий из монолитного железобетона.

Квалификационная работа для получения степени высшего образования магистра по специальности 192 - Строительство и гражданская инженерия, научные руководители А.Ю. Сазонова, Л.В. Поликарпова. Запорожский национальный университет. Инженерный институт. Факультет строительства и гражданской инженерии, кафедра городского строительства и хозяйства, 2020.

Исследованы технологические процессы монолитного строительства железобетонных сооружений, проанализированы современные исследования технологий монолитного строительства железобетонных сооружений, поставленная цель и задачи исследований. Исследованы современные методы технологических процессов монолитного строительства железобетонных сооружений, технологические решения строительства вертикальных монолитных железобетонных сооружений, технологические процессы методами технического нормирования (хронометража). Применены методы: операционных исследований, когнитивной структуризации знаний, системного анализа, теории принятия решений и методов линейного и нелинейного программирования, математические методы планирования эксперимента, используемых в исследованиях.

Разработана программа автоматизированного расчета организационно-технологических параметров бетонирования железобетонных сооружений в зависимости от вида бетонных конструкций.

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖЕЛЕЗОБЕТОН КОНСТРУКЦИИ, РЕШЕНИЯ, КАЧЕСТВО ВЫПОЛНЕНИЯ СМР, ОРГАНИЗАЦИОННЫМ РЕШЕНИЯМ, ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД.....	10
1.1 Сутність монолітного будівництва.....	10
1.2 Аналіз сучасних технологій монолітного будівництва залізобетонних споруд.....	12
1.3 Сучасні опалубні системи.....	66
РОЗДІЛ 2. СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД.....	83
2.1 Дослідження технологічних процесів методами технічного нормування (хронометражу).....	83
2.2 Застосування методів поопераційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії ухвалення рішень і методів лінійного і нелінійного програмування.....	87
2.3 Математичні методи планування експерименту, використовувані в дослідженнях.....	92
2.4 Висновки по розділу.....	94
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗРАХУНКУ ЗМІННОГО ЗАВДАННЯ ДЛЯ БРИГАДИ БЕТОНУВАЛЬНИКІВ ПРИ БЕТОНУВАННІ МОНОЛІТНИХ СПОРУД.....	95
3.1 Різновиди конструкцій, що бетонуються.....	95
3.2 Розробка методу автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд.....	97
3.3 Програма автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд залежно від виду бетонованих конструкцій.....	100
3.4 Висновки по розділу.....	109
РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ БУДІВНИЦТВІ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД.....	110
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	116
ПРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	117

## ВСТУП

В Україні існує проблема суттєвого підвищення ефективності бетонування залізобетонних споруд. В існуючих нормативних документах ДБН та інших документах нормативні показники трудомісткості виробництва робіт по: встановленню опалубки, арматурних каркасів і укладання бетонних сумішей не враховують: об'єми робіт, види бетонувальник конструкцій, в залежності від їх товщини, площі, масивності тощо. А при вкладанні бетонних сумішей не враховується характеристика рухомості бетонної суміші (литі, малорухливі, жорсткі, особливо жорсткі).

В магістерській роботі необхідно провести дослідження технологій бетонування залізобетонних конструкцій в залежності від їх різновиду та призначення з використанням методів технічного нормування (хронометражу).

Дослідити технологічні процеси монолітного будівництва залізобетонних споруд. Вивчити сучасні методи досліджень технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд.

Розробити алгоритм та програми автоматизованого розрахунку змінного завдання для бригади бетонувальників при бетонуванні монолітних споруд, в залежності від виду конструкції, що бетонується.

**Актуальність** - обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення організаційно-технологічних процесів монолітного будівництва за допомогою автоматизованих розрахунків.

**Мета** – дослідження організаційно-технологічних систем монолітного зведення будівель, розробка пропозицій щодо удосконалення та поліпшення параметрів операцій за допомогою алгоритмізації та автоматизації їх розрахунків

Для вирішення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

1. Провести аналіз технологічних процесів монолітного будівництва
2. Проаналізувати сучасні методи досліджень технології монолітного будівництва;
3. Розробити алгоритм розрахунку поопераційного технологічного



ланцюга ведення монолітних робіт;

4. Вибір та розробка засобів програмування програмного автоматизованого розрахунку.

**Об'єкт дослідження** – опалубні системи та їх оснащення у виконанні процесів монолітного будівництва.

**Предмет дослідження** - алгоритми автоматизованого розрахунку процесів виконання технологічних операцій монолітного будівництва.

**Методи дослідження** - робота являє собою теоретичне дослідження, яке виконано за допомогою комп'ютерних технологій та програмного забезпечення, операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії ухвалення рішень та методів лінійного та нелінійного програмування.

**Наукова новизна:**

1. Досліджені сучасні методи технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд, технологічні рішення будівництва вертикальних монолітних залізобетонних споруд, технологічні процеси методами технічного нормування (хронометражу).

2. Розроблена програма автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд залежно від виду бетонованих конструкцій

**Практичне значення:**

Обґрунтована можливість удосконалення організаційно-технологічних процесів монолітного будівництва за допомогою програм автоматизованих розрахунків.

**Особистий внесок.** Основні ідеї і результати досліджень, що характеризують наукову новизну і практичне значення, отримані автором особисто.

**Апробація.** Тематика даного дослідження була розроблена на кафедрі міського будівництва і господарства Запорізької державної інженерної академії.

## РОЗДІЛ 1

# ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД

### 1.1 Сутність монолітного будівництва

Монолітне будівництво являє собою сучасну технологію зведення будівель за допомогою використання знімних або цільних опалубок. Опалубки є основною інноваційною особливістю технології монолітного будівництва. Для виготовлення цих елементів використовуються різні види сталі з покриттям з алюмінієвих сплавів, також при виготовленні опалубних елементів використовується клесна деревина і фанера.

У сучасному будівництві зведення будівель і споруд з монолітних залізобетонних конструкцій становить понад 60% за обсягом.

З монолітного бетону зводять більшість будівель, підземні споруди, опори мостів, гідротехнічні споруди, резервуари, труби, підпірні стінки і багато іншого.

Будинки з монолітного залізобетону поділяються на монолітні та збірно-монолітні і виконуються за такими конструктивними схемами:

- монолітні несучі та огорожувальні конструкції;
- монолітний каркас (колони і перекриття), зовнішні і внутрішні стіни збірні або з кам'яних матеріалів;
- монолітні зовнішні і внутрішні стіни, перекриття та перегородки збірні;
- окремі частини будівель з монолітного залізобетону (ядра жорсткості, суцільні плити перекриттів).

Будинки з монолітного залізобетону мають ряд переваг по відношенню до будівель інших конструкцій:

- висока архітектурна виразність фасадів будівель за рахунок вільних (від розмірних модулів) об'ємно-планувальних рішень, можливість будівництва будівель складної конфігурації в плані;
- виключаються численні стики збірних елементів (або знижується їх

кількість), що веде до зменшення номенклатури видів БМР, зниження трудомісткості, підвищення якості будівництва;

- економляться основні будівельні матеріали (метал-арматура, цемент, цегла, лісоматеріали) за рахунок раціональних конструктивних рішень;

- економічний ефект зниження сумарної трудомісткості і наведених трудовитрат (зниження витрат на створення і експлуатацію виробничої бази, економія матеріалів, зменшення енерговитрат).

Разом з тим монолітне житлове будівництво має особливості, стримуючий його більш широке застосування:

- збільшена трудомісткість деяких процесів (опалубні, арматурні роботи, ущільнення бетонної суміші та ін.);

- необхідність ретельного виконання технологічних регламентів виробництва робіт і контролю їх якості;

- відносно складні технологічні процеси, що диктує підвищену вимогливість до кваліфікації працівників. Подальший розвиток монолітного будівництва базується на вдосконаленні технологій опалубних, арматурних і бетонних робіт:

- використання інвентарної, швидкознімної опалубки модульних опалубних систем; полімерних, антиадгезійних покриттів, що знижують витрати праці з очищення і змащення щитів опалубки;

- більш широке застосування ефективних незнімних опалубок, застосування самопідйомних опалубок;

- вдосконалення бетоноукладочних комплексів (транспортування і укладання бетонних сумішей) за рахунок застосування високопродуктивність механізації;

- перехід на високорухливих та литих сумішей, що виключають (або знижують обсяг) роботи по їх ущільненню, вдосконалення засобів укладання і ущільнення бетонних сумішей.

Комплексний процес зведення будівель з монолітного залізобетону складається з заготівельних і будівельних робіт.

Заготівельні роботи включають виготовлення опалубки, арматурних виробів, армоопалубочних блоків, приготування бетонної суміші.

Ці процеси виконуються поза будівельним майданчиком (або за межами зони робіт), як правило в заводських умовах.

Будівельні процеси які виконуються безпосередньо на будівельному майданчику, це: - установка опалубки і арматури; - транспортування, розподіл і укладання бетонної суміші; - витримування і догляд за бетоном; - демонтаж опалубки.

Організація робіт повинна передбачати максимальну сумісність робіт по часу і потоковість на базі комплексної механізації всіх робіт.

Ведучий процес в монолітному житловому будівництві – укладання і догляд за бетоном, тому в основі комплексної механізації лежить застосування того чи іншого бетоноукладального комплексу.

## 1.2 Аналіз сучасних технологій монолітного будівництва залізобетонних споруд

### 1.2.1 Механізація та автоматизація монолітного будівництва

Для виявлення критеріїв поліпшення організаційних шляхів підвищення продуктивності монолітного виробництва були проаналізовані основні механізми задіяні у процесах будівництва, такі як засоби механізації та засоби монолітного виробництва.

Головним напрямком підвищення ефективності бетонних робіт є індустріалізація заготівельних процесів, широкомасштабне впровадження комплексної механізації та автоматизації на основі використання досягнень робототехніки та мікропроцесорної техніки.

Зведення конструкцій з монолітного бетону та залізобетону включає комплекс робіт, який складається з заготівельних, транспортних і монтажньо-укладальних операцій. Напрямки розвитку технології бетонних робіт передбачають першочергове вирішення завдань комплексної механізації подачі, розподілу і укладання бетонної суміші. На будівельних майданчиках потрібні маши-

ни і обладнання, які б виконували безперервну подачу і укладання бетонної суміші в конструкції і забезпечували б заданий темп бетонування. Причому місця укладання бетону можуть розташовуватися як нижче нульової позначки, так і на значній висоті від неї. Вони можуть мати значні габарити і обсяги. Скоротити трудомісткість подачі і укладання бетонної суміші, усунути важку ручну працю і підвищити продуктивність праці дозволяє використання бетононасосів, трубопровідного транспорту, спеціальних бетоноукладачів, бетоноукладальних стріл-маніпуляторів і роботів. Особливо вони ефективні при бетонуванні великих площ і зведенні монолітних залізобетонних будівель. Шарнірно-розподільні стріли є маніпуляторами з бетонопроводами, що мають ручне, дистанційне або програмне управління. Вони монтуються на автобетононасос, поворотних платформах, тимчасових і стаціонарних опорах, баштових кранах.

Найбільше застосування на будівельних майданчиках знаходить автобетононасос з шарнірно-розподільною стрілою. На рисунку 1.1 показаний автобетононасос, обладнаний стрілою-маніпулятором з гідравлічним управлінням.

Стріла автобетононасосу складається з шарнірно-з'єднувальної секцій, по яких проходить бетонопровід, що закінчується гнучким рукавом.

Стріла-маніпулятор має від 3 до 5 секцій. Такий маніпулятор дозволяє з однієї стоянки машини подавати бетонну суміш на висоту до 22 м в будь-яку точку, до конструкції, що бетонується, в радіусі до 20 м.

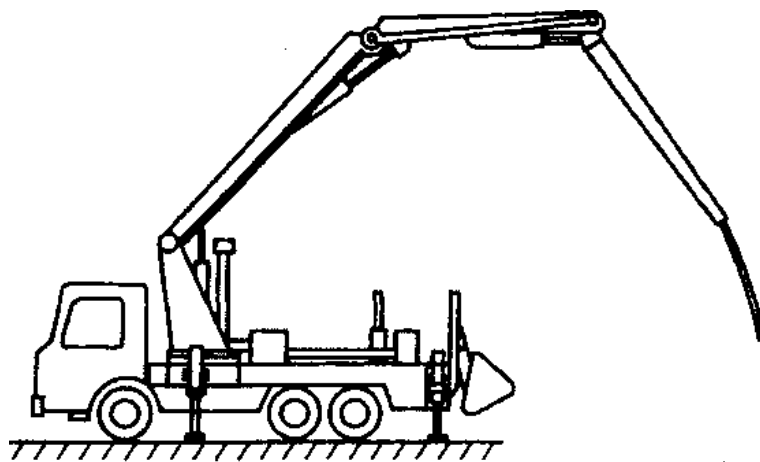


Рисунок 1.1 – Автобетононасос з шарнірно-розподіленою стрілою

На ринку представлено багато профільованих фірм що займаються розробкою та виробництвом такої техніки, розглянемо декілька з них, та проведемо загальний аналіз.

Перша з розглянутих є німецька фірма Putzmeister, вона пропонує широкий асортимент штукатурних станцій, поршневих, шнекових, змішувальних насосів, пневмоподатчиків та бетононасосів (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2 – Автобетононасос М 36-4,М 36-4 (BSF 36.16 Н)

*Технічні характеристики:* - стріла (ТММ 25-4); - висота подачі 35,6 м; - дальність подачі 31,4 м; - діаметр бетоноводу 125 мм; - глибина подачі макс. 23,9 м; - тиск подачі 85 бар; - діаметр циліндра 230 мм; - довжина кінцевого розпредшлангу 4,0 м; - кількість секцій розпредстріли 4; - обсяг подачі 160 м<sup>3</sup>/год; - тип складання розпредстріли Z-образне; - хід поршня 2100 мм; - шасі MAN.



Рисунок 1.3 – Робота автобетононасосу М 36-4,М 36-4 (BSF 36.16 Н)



Рисунок 1.3 – Автобетононасос М 56-5, М 56-5.16 Н

*Технічні характеристики:* - стріла (ТММ 25-4); - висота подачі 55,1 м; - дальність подачі 49,9 м; - діаметр бетоноводу 125 мм; - глибина подачі макс. 40,3 м; - тиск подачі 85 бар; - діаметр циліндра 230 мм; - довжина кінцевого розпредшлангу 3 м; - кількість секцій розпредстріли 5; - обсяг подачі 160 м<sup>3</sup>/год; - тип складання розпредстріли RZ; - шасі MB, Volvo.



Рисунок 1.4 – Робота автобетононасосу М 56-5, М 56-5.16 Н

Також компанія Putzmeister виробляє кругові механічні розподільні

стріли, які можуть використовуватись у різних виробничих потребах.

Кругові механічні розподільні стріли Putzmeister використовуються для укладання бетону там, де прямий розподіл за допомогою автобетононасосу або стаціонарного насосу і стаціонарної розподільної стріли стикається з перешкодами технічного або економічного характеру, наприклад:

- при роботі на великій площі або висоті, яка перевищує можливості автобетононасосу;
- якщо перекриття і колони ускладнюють використання стаціонарних розподільчих стріл;
- при виготовленні окремих елементів та блоків.

Кругові механічні розподільні стріли RV 10, RV 12 Lift і RV 13 ідеальні для роботи на перекриттях великої площі. Вони забезпечують укладання бетону на площі від 320 до 500 м<sup>2</sup> відповідно і можуть бути швидко переміщені на нове місце роботи за допомогою крану. Для роботи на заводах ЗБВ та ДБК ідеально підходять Автоматичні стріли RV-16 і RV-22.



Рисунок 1.5 – Робота та схеми кругових механічних розподільних стріл



*Технічні характеристики:* - площа укладання бетону ( $m^2$ ) 800; - радіус дії (м) 16; - транспортні розміри залежать від типу та марки; - транспортна вага (кг) 5050.

Другою з розглянутих фірм є німецька фірма LIEBHERR, вона також як Putzmeister пропонує широкий асортимент насосів, пневмоподатчиків та бетононасосів.

Першою машиною з розглянутих був автобетононасос 50 M5 ХХТ. Робоча вага автобетононасоса 50 M5 ХХТ становить 40 т. Завдяки цьому 50 M5 ХХТ є одним з найбільш компактних автобетононасосов з дальністю подачі понад 44 м. Це розширює можливості його застосування і дозволяє йому працювати навіть в сильно обмежених умовах.



Рисунок 1.6 – Автобетононасос LIEBHERR 50 M5 ХХТ

*Технічні характеристики:* - вертикальна досяжність 49,1 м; - горизонтальна досяжність 44,4 м; - висота розкладання 13,70 м; - довжина кінцевого шлангу 4 м.

В залежності від насосу: - макс. продуктивність (з боку штока) [ $m^3/год$ ] 138 або 163; - макс. тиск (з боку штока) [бар] 80; - цикли накачування (з боку штока) [об / хв] 28 або 32.

Другою машиною від LIEBHERR розглянуто автобетононасос 47 M5 ХХТ (рисунок 1.7).

Автобетононасос 47 M5 ХХТ оснащений 5-секційної розподільної щог-

лою з М-кінематикою складання. Продумане розташування бетоноводів черзі з обох сторін щогли гарантує спокійну і рівномірну роботу бетононасоса.



Рисунок 1.7 – Автобетононасос LIEBHERR 47 M5 XHT

Технічні характеристики: - вертикальна досяжність 46,2 м; - горизонтальна досяжність 42,2 м; - висота розкладання 9,60 м; - довжина кінцевого шлангу 4 м.

В залежності від насосу: - макс. продуктивність (з боку штока) [м<sup>3</sup>/год] 138 або 163; - макс. тиск (з боку штока) [бар] 80; - цикли накачування (з боку штока) [об/хв] 28 або 32.

Також були проаналізовані мобільні бетононосои на гусеничному ході, зокрема бетононасос 140 D-K він має міцну конструкцію і високу маневреність. Він був спроектований для роботи в тандемі з буровими установками в ході виготовлення буронабивних паль (рисунок 1.8).

Технічні характеристики: - макс. продуктивність (з боку штока) 135 м<sup>3</sup>/год; - максимальний тиск бетону (з боку поршня) 95 бар.

Також компанія LIEBHERR як і Putzmeister виробляє кругові механічні розподільні стріли, які можуть використовуватись у різних виробничих процесах.

Зокрема круговий бетонорозподільчі RV 12 H з гідравлічним механізмом зміни положення стріли є оптимальним рішенням для розподілу бетону на об'єкті будівництва, або виробництва залізобетонних виробів (рисунок 1.9).



Рисунок 1.8 – Бетононасос LIEBHERR 140 D-K



Рисунок 1.9 – Бетонорозподільувач RV 12 Н

Технічні характеристики: - максимальна досяжність 12,0 м; - бетоноводи DN 125 мм; - загальна вага \* 3 813 кг.

У проаналізованих системах механізації монолітного будівництва були виявлені наступні аспекти, що суттєво впливають на продуктивність виробництва робіт, їх загальну стабільність та безпечність.

Розподільні щогли пропонуються в наступних виконаннях: R-складання, Z-складання і M-складання (в залежності від типу автобетононасосу) з трьома, чотирма або п'ятьма щогловими секціями.

Рівномірний розподіл навантажень, досягається за рахунок попереминого розташування бетоноводу з лівого і з правого боку розподільної щогли, в поєднанні зі стійкою до скручування металокопструкцією забезпечує низький рівень коливань при подачі бетону. Розташування бетоноводу близько до щогли і

використання міжсекційних втулок і гідравлічних циліндрів великого діаметра сприяють плавному і безпечному керуванню розподільної щоглою.

Переважно однакові коліна бетоноводу полегшують створення складу запасних частин. Також, завдяки збільшеному радіусу поворотних секцій ( $R = 275$ ), вдається знизити опір в бетоноводів.

Фільтри високого тиску, передбачені в конструкції розподільної щогли, забезпечують ефективну очистку гідравлічного масла і, тим самим, безпечну роботу устаткування. Завдяки даній системі фільтрації, з контурів високого тиску можуть бути усунені навіть найдрібніші забруднення.

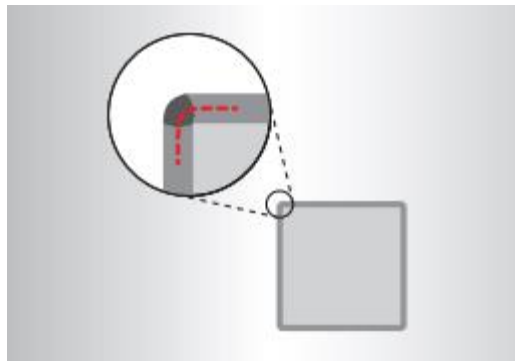


Рисунок 1.10 – Спеціальна технологія зварки конструкцій

Завдяки застосуванню спеціальної технології зварювання розподільні щогли відрізняються високою надійністю та стійкістю до скручування.



Рисунок 1.11 – Гідравлічні циліндри управління робочим устаткуванням

Гідравлічні циліндри великого діаметра і надійні міжсекційні втулки забезпечують рівномірний рух щогли і розраховані на тривалий термін служби.

При подачі бетону через вікна та інші отвори в споруджуваних будинках істотною перевагою є мала конструктивна ширина розподільної щогли.



Рисунок 1.12 –  
Мала ширина мачти

У сучасних системах механізації монолітного будівництва значну роль відіграє гнучкість розташування систем на будівельному майданчику та їх безпека, наприклад при розкладці аутригерів (рухомих опор).

Система аутригерів - ідеально підходить для установки машини в умовах обмеженого простору.

Сучасні виробники пропонують різноманітний асортимент систем опор. В результаті, оптимальна конфігурація системи опор може бути підібрана з урахуванням специфіки поставлених завдань. Зокрема, великим набором інноваційних рішень відрізняються системи опор ХХТ.

Вони надають цілий ряд переваг в ході щоденної експлуатації на різних будівельних майданчиках.

Так, наприклад, при установці автобетононасоса на опори в умовах обмеженого простору передні аутригери можуть бути телескопіровані далеко вперед, що дозволяє збільшити робочу зону розподільної щогли до 70% (зелена зона).

Істотною перевагою даних систем опор є можливість подачі бетону через кабінку шасі, що неможливо реалізувати при використанні інших опорних систем.

Переваги системи опор ХХТ:

- Пряма передача навантажень від щогли до опор.
- Ніяких навантажень від розподільної щогли на раму шасі.
- Оперативне і просте телескопування передніх опор.
- Передні і задні опори розкриваються з однієї точки.
- Оптимальна можливість для установки в обмежених умовах.
- Установка автобетононасоса на складних будмайданчиках.

- Мала власна вага конструкції.

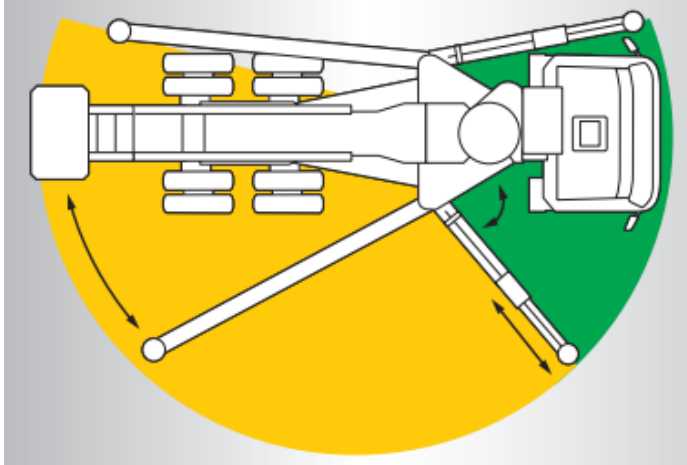


Рисунок 1.13 – Схема розкладки опор



Рисунок 1.14 – Система управління опорами

Незалежно від положення щогли і аутригерів, системою будуть допущені тільки некритичні рухи.

Сучасні конструкції приймального бункера та великі всмоктувальні отвори подаючих циліндрів бетононасоса дозволяють здійснювати безперервне прокачування великих обсягів бетону. Змішувальні шнеки справа та зліва приводяться в рух окремими гідромоторами. Таким чином, для приводу даних гідромоторів непотрібний поперечний вал.

У сучасних конструкціях приймальних бункерів відсутні горизонтальні поверхні. Завдяки цьому бункер практично не має місць застигання бетону, забезпечуючи пряму подачу суміші до циліндрів. Також, конструкція бункера забезпечує його швидку і просту промивку.

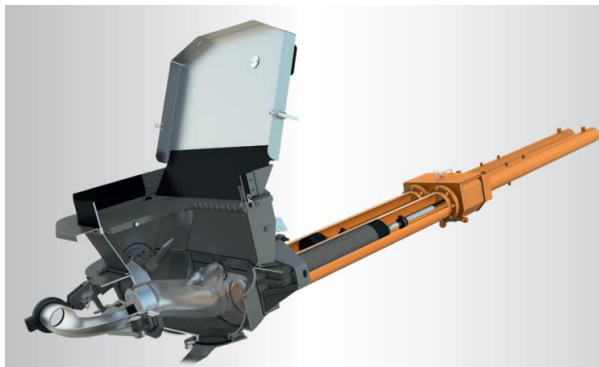


Рисунок 1.15 – Високопродуктивні насосні групи

Гідравлічні циліндри великого діаметра виконують потужні перемикання S-клапана при робочому тиску до 320 бар. Подвійне демпфірування забезпечує спокійну і рівномірну роботу обладнання.



Оптимальна форма приймального бункера забезпечує пряме попадання бетону до всмоктуючих отворів і не має місць, де може застигнути суміш (рисунок 1.16).

Рисунок 1.16 –Приймальний бункер



Сучасний пульт радіоуправління дозволяє дистанційно контролювати всі функції обладнання з максимально зручної позиції. Рухи розподільної щогли при цьому виконуються гранично точно та рівномірно.

Рисунок 1.17 – Кольоровий дисплей управління подавачу бетону

Пульт радіоуправління оснащений кольоровим дисплеєм, є невід'ємним атрибутом сучасної механізації монолітного будівництва, на ньому відображаються різні системи роботи машин. Наприклад система безпечної стійкості ХХА у час установки опор. Альтернативно можна керувати машиною при допомозі пропорційного пульта кабельного управління. Його не можна замінити на територіях, де заборонені радіосигнали. Наприклад на військових об'єктах.

Застосування маніпуляторів для укладання бетонної суміші в монолітному будівництві дозволяє виключити ручну працю і автоматизувати цей процес. Особливо перспективні маніпулятори при бетонуванні в ковзаючій опалубці, різні типи систем опалубки розглянуті нижче у розділах.

В цьому випадку йдеться про роботизовані ковзаючі комплекси, що забезпечують автоматизоване укладання бетонної суміші, її ущільнення, установку арматури і управління підйомом опалубки. Створення таких комплексів справа найближчого майбутнього. Вони дадуть можливість значно розширити обсяг монолітного будівництва і знизити його собівартість.

З метою зниження вартості роботизованих систем та забезпечення високої уніфікованості вже зараз [1] пропонується застосовувати модульний принцип синтезу їх структури.

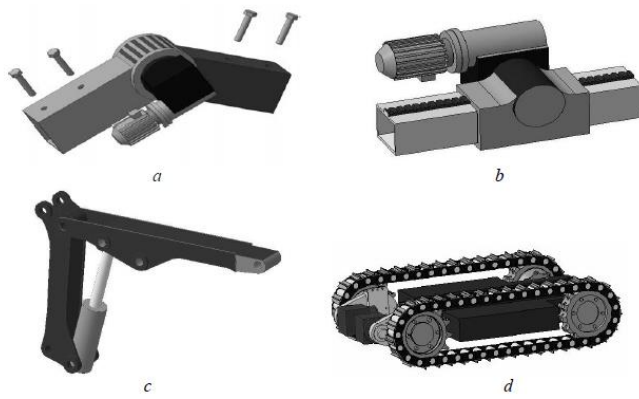
Конструктивний модуль (блок) – функціонально та конструктивно незалежна одиниця, яку можна використовувати як індивідуально, так і в різних комбінаціях з іншими модулями. Роботизовані системи модульної конструкції можна отримати шляхом з'єднання автономних модулів, при цьому кількість ступенів рухливості та кінематичну схему роботи бажано вибирати згідно конкретних умов.

Для побудови модульних конструкцій будівельних роботів пропонується використовувати такі типові модулі: несучі металоконструкції; циліндричні та лінійні шарніри п'ятого класу із зубчасторейковим приводом від електро-, гідро- або пневмо- двигуна; набір захоплюючих механізмів; механізми робочих переміщень з приводами; модулі окремих блоків (енергоблок, силовий блок, системи електро-, пневмо- або гідрокерування); системи комунікації.

На рисунку 1.18 наведено основні агрегатно-модульні елементи силової частини системи переміщення будівельного робота, а на рисунку 1.19 – загальну концепцію роботизованого комплексу в цілому.

Основний кінематичний модуль складається з приводу та апаратури керування із роз'ємами для приєднання до пристрою керування. У модулях із гідро- або пневмо- приводами зворотний зв'язок за положенням пропонується реалізувати за допомогою шляхових датчиків та пропорційних гідро- або пневморозподільників із вмонтованими витратомірами. В модулях із електроприводом зворотний зв'язок реалізується за рахунок датчика положення із контролером керування сервопривода або крокового електродвигуна.





а – циліндричний шарнір з приводом від черв'ячного редуктора, циліндричної передачі та електродвигуна; б – лінійний шарнір з приводом від черв'ячного редуктора, рейкової передачі та електродвигуна; с – шарнірний модуль з лінійним гідродвигуном; д – гусеничний рушій у зборі

Рисунок 1.18 – Агрегатно-модульні конструкції систем робота

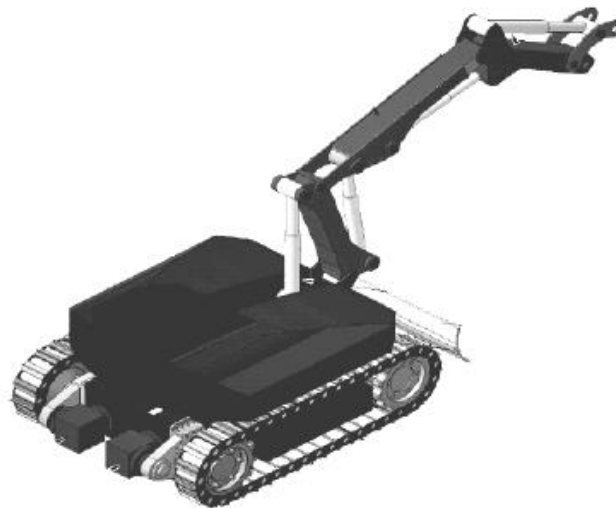


Рисунок 1.19 – Концепція автономного будівельного робота

Для опису всіх можливих структур кінематичної схеми робота використаємо метод морфологічних таблиць. Для цього сформуємо елементарні структури  $A_i$  та  $B_j$  та скомбінуємо відповідні елементи. В таблиці зображено варіанти комбінацій схем стрілової системи маніпулятора робота (рисунок 1.20).

Рішення подібної морфологічної таблиці представимо у вигляді добутку матриць  $[A_i] \times [B_j]^T$ :

$$[A_1, A_2, A_3, \dots, A_n] \times [B_1, B_2, B_3, \dots, B_m]^T =$$

$$= \begin{bmatrix} A_1 B_1 & A_1 B_2 & \dots & A_1 B_m \\ A_2 B_1 & A_2 B_2 & \dots & A_2 B_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_n B_1 & A_n B_2 & \dots & A_n B_m \end{bmatrix}.$$

Якщо елементи матриць  $[A_i]$  та  $[B_j]$  використовувати як вагові коефіцієнти кожного запропонованого технічного рішення, то елементи результуючої матриці відобразять загальну вартість отриманого технічного рішення.

Для опису кінематики маніпуляційної системи будівельного робота застосуємо матричний підхід, згідно з яким для кожної кінематичної пари записують матриці переходу між ланками, а результуюча матриця переходу від основи робота до захоплюючого пристрою визначатиметься як добуток матриць переходу [2 – 5].

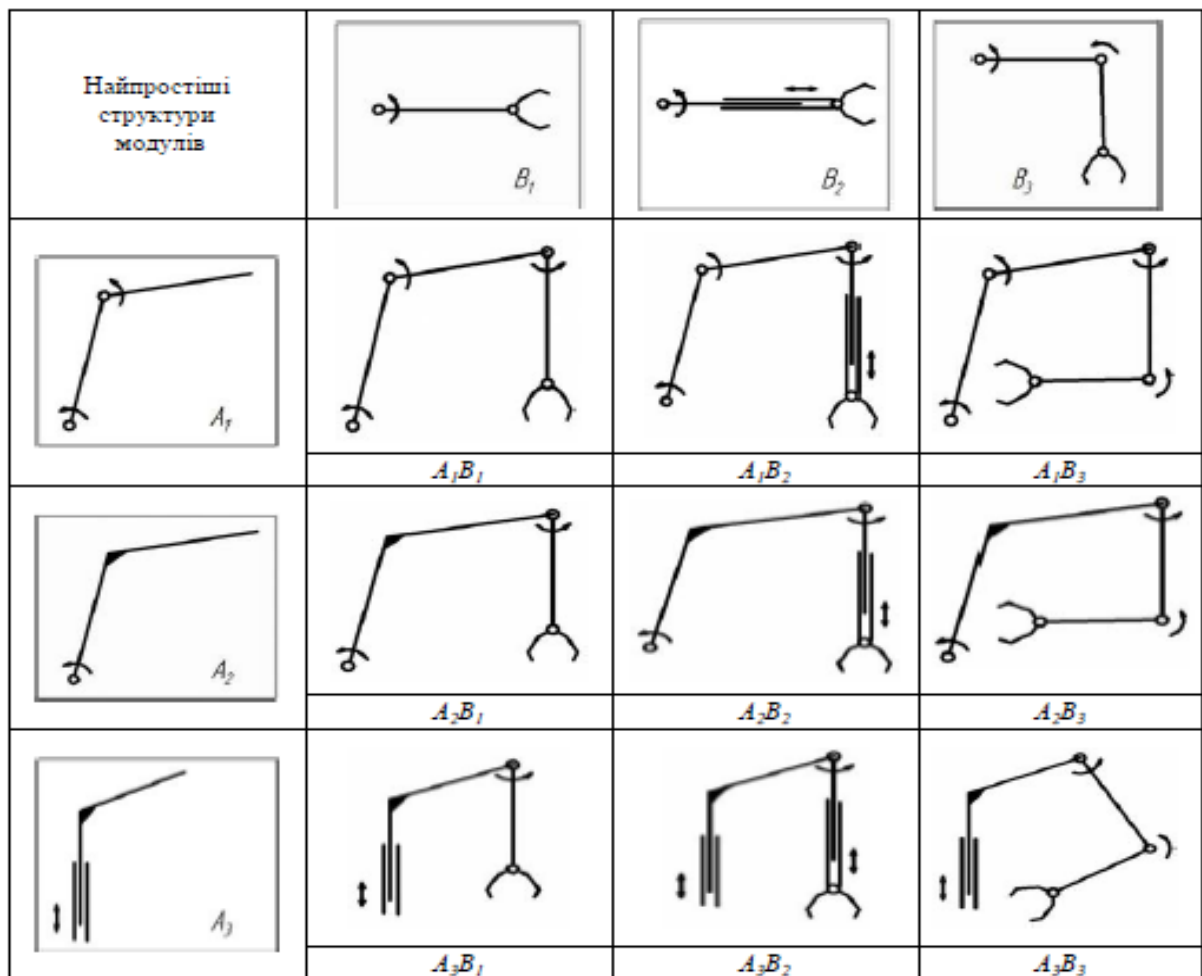


Рисунок 1.20 – Структурні схеми маніпулятора будівельного робота

$$C_3 = \begin{pmatrix} \cos \varphi & 0 & -\sin \varphi & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$C_4 = \begin{pmatrix} \cos Q_3 & -\sin Q_3 & 0 & 0 \\ \sin Q_3 & \cos Q_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{\text{КОП}} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

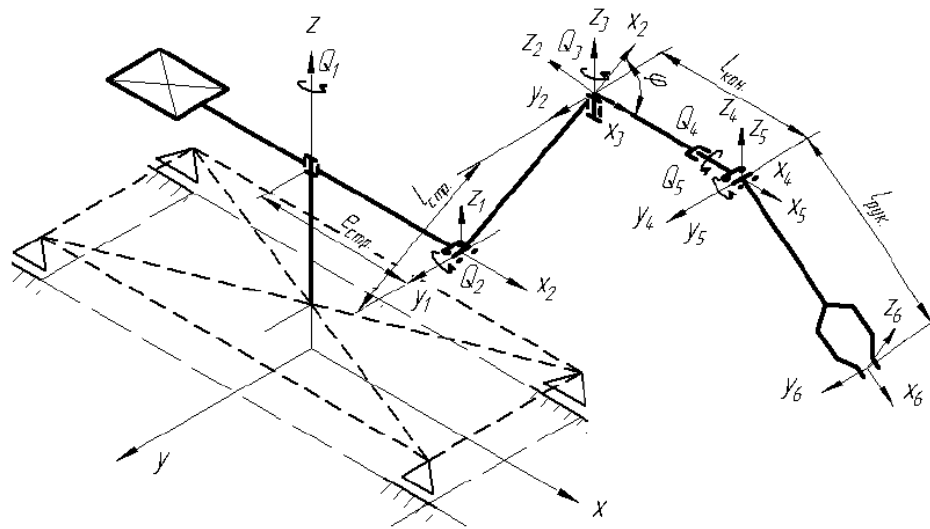


Рисунок 1.21 – Кінематична схема маніпулятора з просторово орієнтованою стріловою системою

$$C_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & h_b \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos Q_1 & -\sin Q_1 & 0 & 0 \\ \sin Q_1 & \cos Q_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & e_{cmp} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$C_2 = \begin{pmatrix} \cos Q_2 & 0 & -\sin Q_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin Q_2 & 0 & \cos Q_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{cmp} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$C_5 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos Q_4 & -\sin Q_4 & 0 \\ 0 & \sin Q_4 & \cos Q_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$C_6 = \begin{pmatrix} \cos Q_5 & 0 & \sin Q_5 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin Q_5 & 0 & \cos Q_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & l_{рук} \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Результуюча матриця буде наступною:

$$T_{0-6} = C_1 C_2 C_3 C_4 C_5 C_6$$

Розглянутий модульний підхід синтезу конструкцій будівельних роботів дозволяє швидко визначити кінематичну схему робота із попереднім представленням її відносної типізації у вигляді вагових коефіцієнтів.

Матричний метод дозволяє легко описувати кінематичні взаємозв'язки між ланками маніпулятора та потребує подальшого розвитку для дослідження оптимізаційних задач.

Створивши номенклатуру ефективних елементарних модулів кутових та лінійних шарнірів для маніпулятора робота, можна значно скоротити витрати на його виготовлення в цілому, проте подальші дослідження потребують чіткої відповіді на питання уніфікації подібних технічних рішень.

Такі системи насамперед можуть служити як об'єкти механізації армування при виробництві монолітних робіт та системи для подальших досліджень з автоматизації маніпулювання розподілення бетону на будівельному майданчику.

Шарнірно розподільні стріли з напівавтоматизованим дистанційним управлінням вже зараз знайшли широке поширення за кордоном. Вони мають до п'яти секцій загальною довжиною до 32 м і випускаються в комплекті з бетононасосами в стаціонарному або в орендованому варіантах.

Провідними виробниками такого обладнання є Німеччина і Японія. В Японії розроблений робот для горизонтального розподілу бетонної суміші в опалубки. Він зміцнюється за допомогою утримувачів на тимчасовій або постійній опорі (рисунок 1.22). Маніпулятор робота складається з чотирьох ланок коробчастої форми. У заклепках ланок встановлені пластмасові підшипники.

Кожна ланка повертається за допомогою гідравлічних двигунів. Для поліпшення операцій укладання бетонної суміші центри обертання ланок розташовані трохи ексцентрично по відношенню до осей. На передній ланці маніпулятора встановлений привід для переміщення гнучкого рукава у вертикальній площині (вгору-вниз), що дозволяє легко уникати в процесі бетонування арматури, що стирчить, та інших перешкод.

Для транспортування бетонної суміші на ланках маніпулятора укріплені труби діаметром 125 мм, що мають роз'ємні з'єднання. На останній ланці встановлений гнучкий рукав, з'єднаний з бетонопроводом.

Пульт управління виконаний рухомим і встановлений на четвертій ланці.

Передбачено також дистанційне керування роботом. Гідравлічний привід зазвичай розміщується на першій ланці і забезпечує плавне переміщення ланок. Маніпулятор забезпечується вібраторами для ущільнення бетонної суміші або інструментом для оздоблювальних робіт. Маса додаткового оснащення може досягати 100 кг. З метою безпеки робіт на кожній ланці маніпулятора встановлені миготливі сигнальні лампи і звукові зумери, які починають працювати при включенні робота.

Чотирьох секційна розподільна стріла маніпулятора забезпечує охоплення робочої площі до  $990 \text{ м}^2$ . Максимальна швидкість руху робочого органу при обертанні будь-якої ланки не перевищує  $1 \text{ м/с}$ . Час монтажу робота на об'єкті становить близько 1 год. Робот може працювати з продуктивністю подачі бетонної суміші до  $170 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Застосування описаного робота на будівництві ряду адміністративних будівель і промислових об'єктів з великим об'ємом бетонних робіт дозволило виключити важку роботу з укладання і ущільнення бетонної суміші, зменшити число робочих, зайнятих на цих операціях, і підвищити якість одержуваних залізобетонних конструкцій.

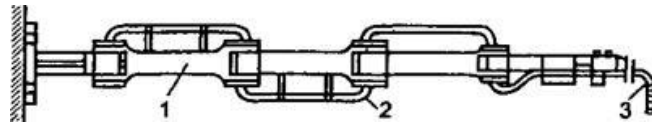


Рисунок 1.22 – Маніпулятор для горизонтальної укладки бетону

1 – ланки маніпулятора; 2 – бетонопровід; 3 – гнучка рукавичка

Цікавим є запропонована в Японії система подачі і розподілу бетону, що складається з баштового крана і маніпулятора, керованого одним оператором. Схема виконавчого пристрою крана-маніпулятора забезпечує кероване просторове орієнтування і позиціонування із заданою точністю. Для цього виконавчий пристрій на відміну від традиційних будівельних кранів побудовано по жорсткій кінематичній схемі.

При виробництві бетонних робіт на будівельних майданчиках доводиться виконувати великий обсяг ручних операцій, пов'язаних з установкою арматури. Незважаючи на застосування уніфікованих арматурних виробів, їх установка характеризується великою трудомісткістю. Підвищити продуктивність праці і виключити важку ручну працю дозволяє застосування маніпуляторів і робототехнічних пристроїв з комплектом змінних робочих органів для установки і зварювання арматурних сіток, що вже зараз використовуються на будмайданчиках японських та європейських будівельних корпорацій [6-13].

Значний внесок у подолання проблем з автоматизації будівельного виробництва та залучення до будівельних процесів роботизованих систем, вносять

корпорації та компанії із Японії, Австралії та США, що займаються безпосередньо реалізацією будівельних проектів, пред'являючи критерії системам автоматизації та роботизації технологічних операцій, або самі беруть участь в розробці таких систем.

Так в японській корпорації Kajima не враховуючи існуюче інтенсивне використання роботів при будівництві, регламентують вирішення проблем з нестачі кваліфікованої робочої сили, підвищення складності будівельного середовища, незадовільної продуктивності праці, пропонують шляхом розробки робототехніки з використанням інформаційних і комунікаційних технологій та просуванням інноваційних методів управління на місцях та впровадження новітніх методів забезпечення будівельного процесу до 2025 року. Поки йдеться мова про створення засобів з віддаленого управління проектом, повну цифризацію процесів, часткову автоматизацію із залученням до майже половини будівельних процесів роботів.

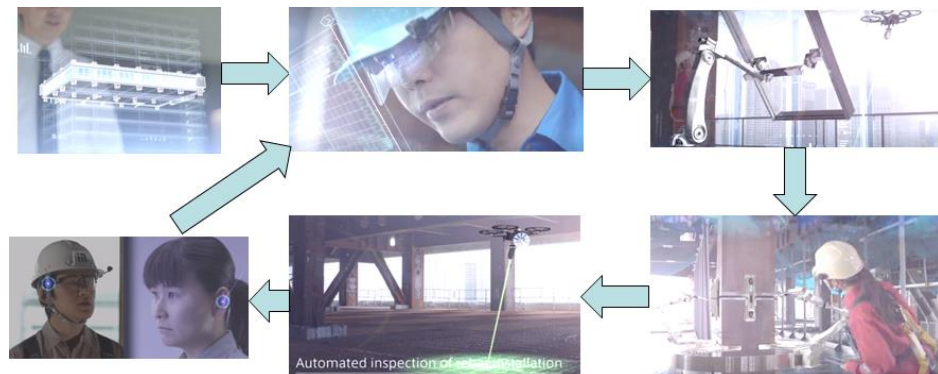


Рисунок 1.23 – Концепція реалізації будівельного проекту корпорацією Kajima: Створення інформаційної складової проекту – інтерактивні засоби контролю реалізації – координація та контроль робіт інтерактивними системами – виконання контролю із залученням датчиків, сенсорів на дронах та інших засобах – віддалена підтримка в реальному часі.

Перспективним напрямком використання засобів робототехніки є набризк-бетонування. У Норвегії поширення набув роботизований комплекс для набризку бетонування обводненими бетонними сумішами. Виконавче устаткування, кероване роботами, забезпечує продуктивність до 20 м<sup>3</sup>/год, при цьому осип становить 5-10%. Насосне і розподільне обладнання монтується на шасі

або на самохідних візках, а бетонна суміш надходить з автобетонозмішувача. Процесом набризг-бетонування управляє оператор.

Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду роботизації бетонних робіт показує, що в першу чергу необхідно забезпечити широке впровадження на будівельних об'єктах маніпуляторів, що забезпечують подачу, розподіл і укладання бетонної суміші. Ці комплекси повинні бути мобільні, мати програмне та дистанційне керування. Доцільно створити 3-4 типорозмірні групи такого обладнання, що відрізняються продуктивністю, висотою подачі, зоною обслуговування. Це обладнання забезпечить комплексну механізацію та автоматизоване управління укладанням і ущільненням бетонних сумішей при влаштуванні фундаментів, бетонних підлог, монолітних перекриттів, стін і колон. Крім того, необхідно створити комплекс обладнання в стаціонарному, виконанні для установки на перекриттях споруджуваних об'єктів і на робочих майданчиках опалубок. Перспективними слід вважати роботи зі створення роботизованих ковзаючих комплексів для будівництва монолітних залізобетонних будівель і споруд. Доцільно впроваджувати маніпулятори для установки арматурних каркасів, збирання та розбирання опалубок.

### 1.2.2 Сучасні тенденції розвитку опалубних систем монолітного будівництва

Збірно-розбірні опалубки багатократного застосування залежно від призначення повинні відповідати вимогам з допустимих навантажень конструктивної міцності, надійності і довговічності, мати високі механічні властивості.

Матеріал, вживаний для виготовлення опалубки, істотно впливає як на технічні характеристики, так і на вартість. В основному це оцинкована або сталь, що гальванізується, з порошковим покриттям, яке не лише захищає сталь від корозії, але і забезпечує швидке очищення опалубки в процесі експлуатації. Сталь, як відомо, володіє високою несучою здатністю, має добру опірність деформаціям.

Окрім сталі, для виробництва опалубних систем застосовується сплав

алюмінію і кремнію (для підвищення міцності). Алюміній – легкий, міцний та стійкий до дії агресивного середовища метал, але схильний до корозії. Тому алюмінієвим елементам опалубки потрібна спеціальна антикорозійна обробка. Використання принципу екструзії для їх виробництва дозволяє домогтися необхідної жорсткості конструкції. Алюмінієва опалубка легше сталевій в три рази, що істотно зменшує вартість і трудомісткість транспортування і монтажу.

**Типи опалубних систем для зведення стін.** Як показує світовий досвід застосування опалубного обладнання, та приклади, що наведені вище, рамна система включає: каркасні щити, підпірні елементи і деталі кріплення. При необхідності можна використовувати кутові елементи (зовнішні і внутрішні). Каркасні щити складаються з несучої металевої рами (сталевій або алюмінієвій), ребра жорсткості і опалубні плити. Рама із замкненого порожнистого профілю з фасоним гофром оберігає торці плити від ушкоджень і дозволяє з'єднати елементи у будь-якому місці. Металевий каркас не лише забезпечує необхідну жорсткість конструкції, але і значно полегшує і прискорює монтаж модульних елементів.

Для виготовлення дерев'яних елементів опалубки застосовують клеєну деревину, яка має властивості малої деформативності і високої міцності, але має і істотний недолік – гігроскопічність. Вбираючи воду з бетону, дерев'яні елементи змінюють свої розміри, прогинаються. При механічних ушкодженнях (сколах) вони не завжди піддаються відновленню, тобто потрібна їх часта заміна.

Опалубна плита виготовляється зазвичай з багатошарової фанери, яка, як будь-який дерев'яний матеріал, має усі вищеперелічені недоліки. В цілях збільшення кількості циклів експлуатації опалубки і поліпшення якості поверхні бетону, розроблений новий «сендвіч»-матеріал. Його відрізняють низька гігроскопічність, менша маса в порівнянні з фанерою, стійкість до ультрафіолетового випромінювання, механічних ушкоджень, мала додатковість до бетону і спрощення очищення. «Сендвіч»-матеріал складається з шару пінопропілену, облицьованого з двох сторін алюмінієвими листами і шарами РР-поліпропілену. Ціна одного квадратного метра такої плити приблизно в 2 рази вище, ніж фанерного щита, проте вона забезпечує більшу кількість циклів використання опа-



лубки і удосконалену якість бетонування. Аналогічні опалубочні плити пропонує фірма «РЕЮ». Це тришарові плити з двостороннім покриттям на основі мелаїнової смоли.

Для отримання рівної поверхні стіни, перекриття і тому подібне, важливим моментом є збереження геометрії опалубки в процесі замонолічування. Кожна фірма-виготовник приділяє величезну увагу розробці оригінальних сполучних деталей (замків, анкерних елементів, накладок та ін.), що дозволяють легко здійснювати надійне, міцне, з рівними стиками кріплення елементів опалубки. З'єднання між елементами опалубки повинні виконуватися так, щоб каркас системи міг сприймати високі навантаження на стискування, розтягнення і вигин.

Гідністю кріпильних систем опалубки вважаються можливість зборки вручну з використання простих інструментів, а також використання мінімальної кількості сполучних елементів для забезпечення необхідної жорсткості конструкції.

У номенклатуру кріпильних виробів входять спеціальні кутові затиски, накладки і інші елементи, що дозволяють сполучати опалубні модулі перпендикулярно по відношенню один до одного і під різними кутами (різні стаціонарні і шарнірні кутові елементи).

Балочна система включає: балки, щити, елементи кріплення, підпірні елементи, ригель, підмости для бетонування і ліси.

Балки, що є конструкціями з деревини двотаврового перерізу, є основою системи. Довжина балок нормована. Для забезпечення довговічності на них кріпляться сталеві або пластмасові наконечники, що запобігають відколювання поясів. Встановлюються балки з певним кроком і кріпляться до щита опалубки і між собою за допомогою сталевих елементів. Деталі з деревини можуть бути цілісними або клеєними по довжині і перерізу.

*Тунельна опалубка.* Основним елементом конструкції є напівсекція, яка складається з однієї горизонтальної і однієї вертикальної панелі. Тонельна опалубка призначена для одночасного зведення стін і перекриттів типових секцій.

Її монтаж здійснюється за допомогою крану. Подібного типу опалубка застосовується для серійного виробництва однакових секцій.



Рисунок 1.24 –Універсальні будівельні та захисні ліса FB 180

Застосування на поверху площею 1000 м<sup>2</sup> повного комплексу столів UNIPORTAL. Шви і стики між столами розміщувалися там, де передбачалася установка перегородок. Столи розміром 2,4х7,3 м (площею 17,52 м<sup>2</sup>) висувалися через парапети. Опалубка зовнішніх стін встановлювалася на консольні ліси FB 180 і KG 180. Згідно з рисунком 1.24 стіл перекриття встановлюється заново з поверху на поверх за допомогою «качиного носа»; при цьому огороження залишається на столі. Після висунення стойки автоматично повертаються у вертикальне положення.

*Очищення і відновлення опалубки.* Збільшити термін служби опалубок, а також поліпшити якість зовнішнього шару бетону можна, скориставшись послугою, яку пропонують провідні фірми-виробники, де виконують очищення і відновлення опалубок в заводських умовах.

Оскільки елементи опалубки виготовляються з різних матеріалів, то і термін їх служби різний. Покриття опалубок зношується швидше, ніж рама, у багатьох випадках його вигідніше відновити, ніж купувати нове. Повний ремонт зазвичай обходиться в третину вартості нового елемента. При необхідності елементи можна технічно удосконалити.

На нашому ринку опалубні системи представлені багатьма фірмами: «Aluma Systems» (Канада), «DA.LLI» (Франція), «ВОКА» (Австрія), «МЕУА» (Німеччина), «NOE» (Німеччина), «Outinord» (Франція), «PERI» (Німеччина), «THYSSEN HUNNENB ECK» (Німеччина) та ін.

*Системи незнімної опалубки.* Спосіб зведення стін з використанням незнімної опалубки об'єднує монолітне житлове будівництво і зведення стін з пустотних блоків або панелей. Суть цього способу полягає в тому, що елементи будівельної конструкції формуються з опалубки, яка заповнюється бетоном. Після схоплювання бетону вона не віддаляється, а стає частиною стіни, виконуючи декоративні або теплоізоляційні функції. На заході, системи незнімної опалубки получили досить широке поширення, у тому числі і в країнах із складними кліматичними умовами. Основна сфера їх застосування – житлові будинки, невеликі промислові і господарські будівлі. У більшості систем існують обмеження по висоті застосування – 5 поверхів.

Ще один перспективний напрям застосування незнімних опалубок – використання їх при зведенні мансард. Невелика маса конструкцій в цьому випадку не робить істотного впливу на несучу здатність стін і фундаментів.

Панелі для незнімної опалубки, як правило, виготовляються в заводських умовах: між плитами відповідно до вимог розрахунків по несучій здатності, встановлюється арматура, за проектом монтуються інженерні комунікації і електропроводка. Таким чином, на будмайданчику залишається тільки змонтувати панель і залити у внутрішні порожнечі бетон. Усі елементи опалубки мають поверхні, повністю готові для фарбування, білення або іншої обробки.

Основною перевагою незнімних опалубок є невелика маса виробів, нескладна технологія і можливість вести будівництво без застосування важкої техніки.

Недоліками є слабка несуча здатність, необхідність мати багато різного вигляду блоків для виконання архітектурних елементів будівлі, непроста додаткова обробка поверхні готової стіни. Відомі фірми-виробники незнімної опалубки «Ytong», «Plastbau», «Eltomation», «ЕкоВото» стійко утримують свій сектор ринку у Європі. Також помітна швейцарська фірма «Plastbau», що пропонує блоки з пінополістиролу.

На ринку нині є два види незнімних опалубок. Перший це доволі великі порожнисті блоки, з яких монтуються стіни і перекриття. Після монтажу вони

заповнюються бетонним розчином. Блоки виготовляють з пінопласту, на основі деревоцементних сумішей, застосовуються також порожнисті керамзито- і шлакобетонні блоки. Таким чином, бетонне ядро забезпечує міцність конструкції, а легка оболонка блоків – необхідну теплоізоляцію.

Інший вид незнімних опалубок – спеціальні щити, з яких збирається опалубка стін і перекриття. Простір між щитами заповнюється бетоном, керамзитобетоном або пінобетоном. У подальшому щити опалубки не знімаються, а лише піддаються декоративній обробці.

Матеріалами для щитів незнімної опалубки служать склофібробетон, пресована стружечноцементна плита, щільний пінополістирол. Для раціонального поєднання теплоізолюючих і міцностних властивостей часто прибігають до двошарових комбінацій цих матеріалів.

Як правило, кожен виробник пропонує свій спосіб монтажу щитів опалубки, що перешкоджає розпиранню при бетонуванні та забезпечує довговічне зчеплення опалубки з бетоном. Така технологія має ряд переваг перед блоковою. Це підвищена несуча здатність, відсутність різноманітних елементів (блоків) заводського виготовлення, широкі архітектурні можливості, легкість досягнення необхідної теплоізоляції і вогнезахисту. Найбільш відомими виробниками елементів незнімної щитової опалубки є фірми «VE.LOX» (Австрія) і «Eltomation» (Голландія).

Широко відомі нині незнімні опалубки, виконані з пінополістиролу, а також з ДСП. Необхідно відмітити, що в технології кладок з пустотних бетонних блоків застосовують спосіб замонолічування з армуванням окремих ділянок стіни для підвищення її несучої здатності (наприклад, облаштування несучих стовпчиків). Роль опалубок в даному випадку виконують бетонні пустотні блоки.

***Незнімна опалубка з пінополістиролу.*** Основною перевагою застосування незнімної опалубки з пінополістиролу є можливість зведення багатошарової конструкції, що захищає, з необхідним опором теплопередачі за один технологічний цикл, тобто стіна виходить утепленою. Отримана конструкція пред-

ставляє собою «сендвіч»: залізобетон, з двох сторін покритий шарами теплоізоляції. Подібна стіна має ще і гарну звукоізоляцією.

Пінополістирол, використовуваний в цій конструкції, є горючим матеріалом, тому особлива увага повинна приділятися захисно-декоративним покриттям з внутрішнього і зовнішнього боку стіни. За рекомендацією фахівців із зовнішнього боку теплоізоляційний шар (пінополістирол) має бути фанерований цеглиною або обштукатурений цементно-піщаною штукатуркою (завтовшки 25-30 мм) по закріпленій до стіни металевій сітці, а з боку приміщення – двома шарами гіпсокартонних листів товщиною по 12,5 мм кожен або цементно-піщаною штукатуркою не менше 20 мм. При цьому стики між окремими гіпсокартонними листами повинні розташовуватися по шарах врозбіжку.

Елементи опалубок можуть бути або у вигляді блоків (найбільш поширений варіант), або у вигляді панелей. Блоки з пінополістиролу є дві пластини, сполучені спеціальними стягувальними елементами.

Внутрішній простір між ними заповнюється бетоном, який після твердіння утворює монолітну стіну. В якості армуючих елементів у бетоні застосовуються вертикальні і горизонтальні стержні, які забезпечують геометричну незмінність стін під час бетонування. Для стягувань в пінополістирольних блоках використовуються пінополістирол і спеціальний пластик (наприклад, поліпропілен).

Основним елементом блокової системи є стінний модуль (базовий), виконаний в декількох типорозмірах. Крім того, система зазвичай включає кутові блоки (під 90°, зі змінним кутом), торцеві заглушки, а також додаткові елементи, наприклад, блок з виступом для цегляної кладки, кінцевий блок та ін.

Чим більше номенклатура системи, тим багатіше вибір архітектурного рішення пластику фасаду. Блоки є дрібноштучними елементами, та, отже, за їх допомогою можна досить легко будувати дома із складними криволінійними планами – закругленими кутами і тому подібне

Щоб виконати криволінійну стіну із стандартних блоків, з їх внутрішнього боку робляться вирізи, кількість яких залежить від необхідного радіусу.

Отриманий таким чином елемент перед заливкою бетону потрібно додатково зміцнити. Завдяки малій масі блоків, нескладності їх монтажу, не потрібно ніякої спеціальної будівельної техніки і високої кваліфікації робітників.

Монтаж блоків ведеться за принципом цегляної кладки зі зміщенням, що дозволяє забезпечити необхідну жорсткість стіни. Завдяки системі замків, розташованих на кромках блоків, здійснюється їх надійне з'єднання. Для зміцнення вертикальної арматури і збереження цілісності залізобетону використовується метод з'єднання арматури «внахлест» (за допомогою механічного зміцнення дротом).

Прокладення електропроводки, вентиляційних блоків і каналізаційних труб робиться до заповнення блоків бетоном в заздалегідь вирізаних отворах. Необхідна здатність несучих стін, забезпечується правильно підбраною маркою бетону і відповідним класом арматури. Технологія будівництва дозволяє застосовувати різні варіанти перекриттів: дерев'яні, з монолітного або збірного залізобетону.

Надзвичайно важливим при зведенні будівель з використанням незнімної опалубки являється дотримання технології виробництва робіт: забезпечення контролю за якістю бетонування (грамотний підбір бетонної суміші, особливо при негативних температурах) і правильна установка арматури. Панелі з пінополістиролу, на відміну від мілкоштучних блоків, є великорозмірними елементами з висотою зазвичай рівній висоті поверху, а завдовжки – 2-3 м. Частина внутрішніх порожнеч панелей (за розрахунком) армується і замонолічується, а інші використовуються для укладки комунікацій.

**Незнімна опалубка з ДСП.** Застосування незнімних опалубок ефективно при зведенні мансард, оскільки невелика маса конструкцій не впливає на несучу здатність стін і фундаментів.

У цій системі опалубки великорозмірні стінові елементи з ДСП зв'язуються один з одним через певні відстані за допомогою Х- і У-обрізних металевих або полімерних профілів, з ДСП виготовляються усі настінні, стельові і спеціальні елементи. У зонах, що піддаються будівельно-фізичним навантаженням,

використовуються каркасні плити ЦСП (виготовляються методом напівсухого пресування деревної дранки, попередньо що обволокла цементом). Поверхня такої плити забезпечує гарне зчеплення з будь-якими оброблювальними складами.

Незнімна опалубка з ДСП має високе звукопоглинання, має протипожежні властивості, добре обробляється (гатиться, пиляється, оштукатуриться і так далі), не розбухає, не гниє.

**Технологія ведення робіт.** У технології зведення монолітних будівель використовуються методи, в основі яких лежить використання принципово різних видів опалубок: тунельної, горизонтальної і вертикальної що витягується, ковзаючої, крупнощитової, невеликощитової.

Основними характеристиками ефективності технології служать показники технологічності при монтажі і демонтажі, тоді як армування і бетонування конструкцій для усіх видів опалубок мають багато загальних ознак. Кожен з видів опалубних систем має часткову універсальність, має технологічні особливості.

При зведенні будівель з використанням тунельних, горизонтально витягуваних опалубок додаткові трудовитрати утворюються за рахунок створення спеціальних майданчиків для витягання і розміщення опалубних блоків. Як відомо, такі системи вимагають облаштування зовнішнього стінного обгороджування, що також призводить до підвищення трудомісткості робіт і зниження технологічності процесу.

Прогресивнішою технологією монолітного житлового будівництва є використання вертикально витягуваних опалубок, які дозволяють поєднати виготовлення внутрішніх і зовнішніх стін. Ця обставина в деякій мірі підвищує технологічність і універсальність системи.

В той же час облаштування монолітного перекриття є менш індустріальним циклом. Підвищення технологічності цього процесу може бути досягнуто використанням стулкової опалубки перекриття або збірних конструкцій, що дозволяє істотно підвищити індустріальність робіт.

Використання тунельної опалубки дозволяє зводити будівлю за технологією, при якій вона пересувається в подовжньому напрямі. При цьому зведення усіх елементів будівлі, включаючи зовнішні стіни, стає безперервним. Деяку складність викликає облаштування внутрішніх поперечних стін. За технологією, в монолітному перекритті залишають поперечні щілини, через які за допомогою інвентарної опалубки влаштовують внутрішні стіни. Для облаштування ліфтових шахт і монтажу сантехнічних кабін залишають спеціальні монтажні отвори.

Представляє інтерес ступінчаста технологія зведення будівель і споруд з використанням горизонтально переміщуваної тунельної опалубки. Особливість технології полягає в одночасному зведенні осередків будівлі на декількох поверхах, зі зміщенням фронту робіт на один осередок відносно кожного подальшого поверху. Внутрішні стіни зводяться після переміщення опалубки в черговий осередок з використанням елементів незнімної залізобетонної опалубки або інвентарних щитів. Така технологія може бути використана при зведенні будівель, протяжних в плані.



Рисунок 1.25 – Тунель Ертинген. Баден-Вюртенберг, Німеччина.

Довжина водонепроникного тунелю 769 м. Тунель закладений на таку глибину, щоб місцева річка могла залишитися у своєму руслі вище за тунель. У областях в'їзду і виїзду стінна опалубка мала висоту від 0,8 до 6,67 м, що змінюється. Щоб залити підшову і стіни тунелю за один раз вимагалось підвісити внутрішню і зовнішню опалубку на мостову конструкцію. Ця конструкція дозволила також безступінчато міняти висоту і дотримуватися ухилу дороги.

На малюнку: услід за стінною опалубкою рухається опалубка перекриття, що складається з опор HD 200, сталевих ригелів і балок-ферм GT24 як конст-



рукція столу. Ця установка пересувається на роликах.

До нетрадиційних технологій слід віднести метод підйому поверхів, що виконуються в моноліті на рівні першого поверху. Це дає можливість раціональніше використовувати засоби вертикального транспорту і укладання бетонної суміші, а також вибрати ефективнішу технологію прискореного твердіння бетону.

**Технологія зведення будівель і споруд в опалубці, що ковзає.** Застосування опалубки, що ковзає, (рис. 1.26) особливо ефективно при будівництві висотних будівель і споруд з мінімальною кількістю віконних та дверних отворів, конструктивних швів і закладних елементів. До них відносяться силоси для сховища матеріалів, димарі і градирні, ядра жорсткості висотних будівель, резервуари для води, радіотелевізійні вежі. Інша потенційна область використання ковзаючої опалубки – будівництво будівель атомних реакторів, секцій арочних гребель, мостових опор, водонапірних веж, стін і колон промислових будівель. Важливою перевагою ковзаючої опалубки слід вважати підвищення темпів будівництва, завдяки чому скорочується його вартості.



Рисунок 1.26 – Висотна будівля. Нова Зеландія. Такапуна. Робоча платформа опалубки, що ковзає

*Приклад.* Будівля заввишки 134 м – сталевий каркас з двома залізобетонними ядрами, зведення яких випереджало монтаж сталевих конструкцій. Застосування системи PERI ACG. Для кожного ядра використовувались дві

внутрішні і десять зовнішніх одиниць, які могли підніматися як разом, так і по окремої. Всього було задіяно 1450 м<sup>2</sup> опалубки вагою 310 т, яка піднімалася за допомогою гідравліки. Опалубку піднімали на висоту 3,95 м за 20 хвилин без використання крану.

Монолітне житлове будівництво в опалубці, що ковзає, має відому технологічну гнучкість (рис. 1.27). За допомогою одного комплекту опалубки шляхом її переналадки можна зводити будинки з різними планувальними рішеннями із різною поверховістю, надаючи їм архітектурну виразність та оригінальність.

Зведення монолітних будівель і споруджень дозволяє знижувати загальні приведені витрати на 13- 25% в порівнянні з повнозбірним будівництвом. В той же час, зведення будівель і споруд в опалубці, що ковзає, вимагає висококваліфікованої робочої сили і чіткої організації робіт.



Рисунок 1.27 – Віадук автостради №20 між Орлеаном та Тулузою.  
Франція

Опори заввишки до 35 м виконані в залізобетоні. До опалубки були пред'явлені наступні вимоги: забезпечення триразової зміни перерізу по висоті опори; забезпечення переходу від гладкої поверхні бетону до структурованої; мінімальна кількість консолей лісів і забезпечення точності їх підвіски.

Використані стандартні елементи системи PERI. На кожній захватці елементи опалубки VARIO збирались на консолях SKSF в точній відповідності з

геометрією опори. Спеціальні кільця-підвіски несучою здатністю 250 кН, передавали навантаження від односторонньої опалубки на бетон бичка, що пролягав нижче будівель заввишки не менше 25 м, оскільки витрати на монтаж і демонтаж з урахуванням вартості опалубки не перевищують ефекту від інтенсивного ведення робіт.

Стримуючими чинниками розвитку і широкого поширення опалубки, що ковзає, є: різке удорожчання виробництва робіт в зимовий час; потреба у великій кількості робочих високої кваліфікації, у тому числі для обслуговування систем ковзаючої опалубки; різке зниження ефективності технологічного процесу бетонування при різних організаційних несправностей та перерв; великі витрати на ліквідацію всякого роду дефектів бетонування та на доведення.



Рисунок 1.28 – Міст Као-Пинг-Хзі, Тайвань

Опори моста мають вигляд перегорнутої букви «У». На висоті 42 м ніжки опори з'єднуються ригелем, який тримає проїжджу частину. На висоті 110 м ніжки з'єднуються і тримають прямий ствол заввишки 73,5 м. Використана система PERI ACS. Зовнішня опалубка сама піднімалася на лісах ACS за допомогою платформи, а внутрішню переставляли краном.

На малюнку: паралельно пов'язані одиниці ACS піднімаються під кутом  $72,5^\circ$ . Робоча платформа знаходиться в горизонтальному положенні. На трьох сторонах платформи є по дві консолі. На внутрішній стороні – дві платформи. Усі п'ять платформ піднімаються одночасно з постійною швидкістю.

Частина причин, стримуючих широке використання опалубки, що ковзає, може бути усунена технологічними прийомами. Так, бетонування можна роби-

ти не цілодобово, а з перервами, використовуючи спеціальні добавки до бетонних сумішей. Наприклад, уповільнювачі твердіння дозволяють продовжити період схоплювання до 18 годин. При бетонуванні в районах з холодним кліматом широко використовуються прискорювачі тверднення, а також теплова обробка бетону (інфрачервона обробка, електропрогрів і т. п.), які не знижують темпу бетонування.

Вдосконалення технічних рішень, зокрема, автоматизація роботи гідродомкратів в режимі «крок на місці», контроль горизонтальності системи, перенесення того, що спирається рам домкратів на виносні тимчасові опори і інші способи підвищують надійність опалубки і розширюють її технологічні можливості.

Існують системи ковзаючої опалубки, де стержні домкратів винесені за межі бетонувальної стіни. При цьому полегшується витягання домкратних стержнів, спрощується установка арматурних каркасів, але додатково виникає проблема забезпечення стійкості стержнів домкратів. Одним з конструктивних рішень, що підвищують технологічність зведення циліндричних місткостей, є використання збільшеного кроку рам домкратів і спеціалізованих засобів механізації розподілу бетонної суміші.

Розроблена технологія зведення заздалегідь напружених монолітних стін циліндричних силосів великого діаметру з високопластичних сумішей, що подаються бетононасосами; литу бетонну суміш транспортують в автобетонозмішувачах, а для збереження заданої рухливості тривалість її подачі в опалубку обмежується 20-30 хв.

Спочатку в нерухому опалубку вкладають два-три шари литої суміші на половину її висоти. Кожен подальший шар укладають в опалубку, не допускаючи схоплювання попереднього. Подачу суміші роблять рівномірними шарами по периметру конструкції за допомогою розподільної стріли маніпулятора СБ-136 з радіусом дії до 18 м.

Залежно від температурної вологості умов та інтенсивності набору міцності бетону назначають режим руху опалубки і швидкості подачі бетонної

суміші. Автономна розподільна стріла монтується на опорному пристрої, наявному в центрі силосу. До корпусу опори монтуються ланки бетонопроводу. Бетонування роблять ярусами заввишки близько 10 м. Після виконання робіт на кожному ярусі нарощують опорний пристрій і встановлюють додаткові ланки бетонопроводу, після чого зводять наступний ярус. Арматурні каркаси і інші необхідні матеріали подають баштовим краном.

В процесі виконання робіт здійснюється поопераційний контроль якості опалубних робіт, перевіряється положення арматурних каркасів і закладних деталей за допомогою геодезичних засобів. Однорідність і міцність бетону перевіряється ультразвуковими приладами, а наявність пір і тріщин – візуально. Розроблена технологія дозволяє, наприклад, при загальному об'ємі бетонних робіт 630 м<sup>3</sup> досягти вироблення на одного робітника в зміну 7,1 м<sup>3</sup> при працьових витратах 1,27 чол.-год на 1 м<sup>3</sup> бетону.

Зведення житлових будівель в опалубці, що ковзає – комплексний процес, який включає армовані конструкції, нарощування домкратів стержнів, установку заставних деталей, віконних і дверних блоків або вкладишів, облаштування спеціальних ніш, догляд за бетоном та ін. Перераховані роботи мають бути пов'язані в часі. Так, армування стін не повинне ні випереджати укладання бетону, ні відставати від нього. Стержні домкратів слідує нарощувати у міру підйому опалубки. Вкладиші для освіти отворів встановлюються до монтажу арматурних каркасів.

Кожен вид робіт виконує спеціалізована ланка, а увесь процес – комплексна бригада. При цьому дотримується строга технологічна послідовність ведення робіт. Оскільки ведучими є укладка і ущільнення бетонної суміші, то прийнятій швидкості бетонування підкоряються усі інші процеси.

Для потокового ведення робіт будівлю розбивають на захватки. На кожній з них ведеться певний технологічний процес. У міру виконання робіт ланка робітників переходить із захватки на захватку, надаючи іншій ланці фронт робіт. Особлива увага приділяється стану засобів механізації, оскільки вихід з ладу одного з механізмів призводить до порушення ритму усього потоку.

При зведенні стін в опалубці, що ковзає, перед бетонуванням готується запас необхідних матеріалів (заготівлі арматури, заставні деталі, утеплювач, стержні домкратів і т. п.), засоби механізації для транспортування матеріалів і напівфабрикатів, забезпечується надійне електропостачання об'єкту, перевіряються зварювальне устаткування, засоби для горизонтального переміщення бетону, заготовлюються арматура і заставні деталі. Зведення житлових будівель в опалубці, що ковзає, виконуються, як правило, з використанням кранів веж. Для будівель підвищеної поверховості використовуються приставні крани КБ-473, КБ-474, КБ-573, а заввишки 9-16 поверхів – крани на рейковому ході КБР-1 і 2, КБ-308А, КБ-405ЛА, КБ-408.21, КБ-415УХЛ, КБ-515.

На будівельному майданчику прокладаються тимчасові під'їзні шляхи, якими обладнуються місця для прийому бетону з автобетоновозів у бункери, майданчики для складування щитів опалубки, арматурних каркасів і стержнів, а також прийомоутворювачів. Прийняте розташування кранів повинне забезпечувати обслуговування вертикальним транспортом зони, необхідні при виконанні усього комплексу робіт. При подачі бетонної суміші бетононасосами передбачається спеціальний майданчик для прийому бетону з розрахунку одночасного перебування на ній не менше двох автобетонозмішувачів.

Спочатку бетонують опорний ярус заввишки 70-80 см. Бетон укладають по периметру будівлі шарами завтовшки 30-40 см з обов'язковим віброущільненням. Після набору бетоном міцності, рівної 1,5-3 МПа, плавно піднімають опалубку із швидкістю 20-30 см/год і одночасно укладають шар бетону товщиною 20-30 см. Швидкість підйому опалубки призначається з умови набору міцності і твердіння, бетону. З урахуванням часу доставки і перевантажень бетону суміш готують на цементях з початковим схоплюванням не менше 3 год.

Бетон подають до місця укладання безпосередньо в опалубку, що ковзає, мото- і ручними візками, звідки його завантажують в простір між щитами опалубки. Найбільш ефективним засобом транспортування є бетононасоси в комплекті з розподільними стрілами.

Початковий період підйому опалубки найбільш відповідальний. Потрібно

ретельно контролювати збереження геометричних розмірів опалубки, запобігати обпливанню бетону, деформації і втраті стійкості опалубки. Бетонну суміш рівномірно укладають по периметру опалубки. Кожний подальший шар укладають до схоплювання раніше за укладання.

При ущільненні бетону вібратори не повинні стосуватися частин опалубки, оскільки передача їй коливань може викликати руйнування раніше укладених шарів, що мають ще недостатньо високу міцність. Найкращі умови взаємодії опалубки, що ковзає, з укладеним бетоном створюються при міцності бетону, що виходить з-під щитів, в межах 0,2-0,3 МПа. При меншій міцності можливі деформації, а при більшій – погіршуються умови підйому, оскільки ковзання опалубки відбувається не по пластинчатій суміші, а по затверділому бетону.

Організаційно-технологічне вдосконалення ведення робіт пов'язано з використанням карт руху опалубці, що ковзає, які відбивають технологічні перерви, правильну і своєчасну установку отвороутворюючого, заставних деталей і арматурного заповнення, догляд за бетоном та інші роботи.

Усе це дозволяє підвищити технологічну дисципліну робіт, гарантувати повноту і правильність установки усіх елементів, добитися середньої швидкості зведення конструкції не менше 15 см/год.

При призначенні інтенсивності бетонування, а відповідно, і швидкості підйому опалубки слід враховувати характер взаємодії поверхні щитів опалубки з бетоном, що твердне на ранній стадії. При ковзанні опалубки зусилля підйому витрачаються на подолання сил тертя і зчеплення. Враховуючи цю обставину, можна зробити висновок, що дефекти бетонування у вигляді розривів бетону в горизонтальній площині, вигинів стержнів домкратів, а також утворення мікротріщин в структурі бетону цілком залежать від зчеплення бетону з опалубкою.

Організаційно-технологічну складність представляє процес зведення перекриттів. Міжповерхове перекриття влаштовують декількома способами: зі збірних залізобетонних плит розміром в кімнату після зведення стін; монолітні, бетонуванням «від низу до верху» також після зведення стін; поповерховим

способом, коли поєднують бетонування стін і перекриттів; бетонуванням «зверху-вниз»; бетонуванням в процесі зведення стін з відставанням на два-три поверхи. Кожен з перерахованих способів має свої переваги і недоліки.

**Будівництво із застосуванням монолітного залізобетону.** При облаштуванні монолітного перекриття «від низу до верху» використовується щитова інвентарна опалубка, яка спирається на інвентарні прогони та стійки. Арматурні сітки перекриттів фіксують за допомогою зварювання по армокаркасам через гнізда і штраби, що залишаються в стінах. Бетонну суміш в перекритті подають краном вежі і цебром, а також закачують бетононасосами з розподільними стрілами. До бетонування подальшого перекриття приступають після повного завершення робіт на попередньому. Демонтаж опорних стійок і ригелів роблять після придбання бетоном розпалубочної міцності з урахуванням навантажень, діючих від вищерозміщеного перекриття.

При поповерховому способі бетонування перекриттів, поєднують з бетонуванням стін. Для зручності ведення робіт внутрішні щити опалубки виконують коротше зовнішніх на товщину перекриття. Після завершення бетонування стін на висоту поверху опалубку, що ковзає, встановлюють строго на рівні перекриття. Потім встановлюють опалубку міжповерхового перекриття. Її щити спирають на прогони, які кріпляться за допомогою анкерів до стін. Армокаркаси і бетонну суміш подають краном через монтажні отвори в робочому настилі опалубки, що ковзає. Після завершення бетонування перекриттів продовжують зведення наступного поверху.

Спосіб бетонування перекриттів «зверху-вниз» знайшов поширення в Швеції, США і інших країн як найбільш технологічний. Цей спосіб використовують, коли стіни зводять на усю висоту. Не демонтуючи опалубку, що ковзає, на її робочій підлозі встановлюють спеціальні лебідки з гнучкою тягою, на якій підвішують інвентарну опалубку перекриттів, яка складається з телескопічних прогонів і щитів. Після установки опалубки і армування виконують бетонування за допомогою бетононасосів. Коли бетон придбає розпалубочну міцність, роблять демонтаж опалубки і переміщують її вниз на відмітку наступного



перекриття.

З метою механізації процесу відриву щитів опалубки від бетону використовуються пневматичні пристосування, які укладаються в спеціальні гнізда до укладання бетону. Після набору бетоном необхідної міцності за допомогою компресора подається надмірний тиск і опалубка відділяється від бетону.

Застосування литої бетонної суміші скорочує до мінімуму трудомісткість розрівнювання, ущільнення і обробки горизонтальних поверхонь перекриттів. За відсутності пластифікуючих добавок бетону суміш рухливістю 4-8 см може подаватися за допомогою пневмоустановок.

Технологічна і техніко-економічна ефективність зведення будівель в опалубці, що ковзає, визначається засобами комплексної механізації процесів укладання, ущільнення, подачі бетонної суміші, методами теплової обробки і способами поточного ведення робіт.

***Зведення будівель в блочно-щитовій опалубці.*** Конструктивне рішення блочно-щитової опалубки дозволяє зводити громадські і житлові будівлі підвищеної поверховості як в повністю монолітному, так і у збірно-монолітному варіанті. У практиці житлового будівництва широко застосовується поєднання монолітного і збірно-монолітного залізобетону: монолітні внутрішні і зовнішні стіни зі збірними перекриттями; монолітні внутрішні стінові і збірні зовнішні стіни і перекриття; монолітні внутрішні стіни, збірні перекриття і збірно-монолітні зовнішні стіни.

У блочно-щитовій опалубці зводять будівлі точкового типу, а також будівлі з розвиненою в плані площею. Для монтажу елементів опалубки і збірних конструкцій використовують крани веж вантажопідйомністю до 10 т, що забезпечує можливість установки найбільш важкого блоку масою 7 т.

Для прикладу наведена схема розбиття на захватки 16-поверхової житлової будівлі з використання поточкових методів виробництва робіт по монтажу опалубки, арматури та бетонування стін.

Необхідний комплект опалубки залежно від технології робіт придатний для виконання робіт на I, II і III захватках. У міру виконання бетонування опа-

лубка з I захватки переставляється на IV, а з II - на V. Опалубка із захватки III (ліфтова шахта і сходові клітини) опускається на майданчик складування і далі монтується на наступному поверсі. У такій послідовності цикл повторюється на кожному поверсі. Досвід зведення будівель у блочно-щитовій опалубці показує, що у більшості випадків її очищення і мастило здійснюють на майданчику складування.

Комплект опалубки включає блоки, зовнішні та внутрішні панелі, торцеві і кутові щити, отвороутворювачі та вкладиші, кріпильні та з'єднувальні деталі. Усі зовнішні панелі мають робочий настил з обгороджуванням. При облаштуванні перегородок і внутрішніх стін панелі опалубки встановлюють за допомогою підкосів, а протилежні панелі сполучають між собою тягою. Першими встановлюють блоки опалубки, а потім роблять монтаж панелей та окремих щитів.

Монтаж опалубки ліфтової частини виконується в наступному порядку: спочатку монтують блоки ліфтової шахти та сходової клітки, а потім панелі і щити. Блок опалубки ліфтової шахти встановлюється на його опорне днище, має поворотні кронштейни для того, що спирається на гнізді в забетонованих стінах.

Отвороутворювачі для віконних отворів розкладають уздовж зовнішніх панелей відповідно до проектного розбиття. Для забезпечення герметичності стиків опалубки з низом панелей і щитів по їх периметру закладають джгут з мікропористої гуми діаметром 40 мм. Точність змонтованої опалубки має бути на один клас вище за точність бетонованої конструкції. Щілини в стикових з'єднаннях не повинні перевищувати 2 мм. Армування, монолітної конструкції рекомендується вести методом в'язки, оскільки при використанні дугового зварювання краплі розплавленого металу та іскри пропалюють мастило опалубних щитів, що призводить до погіршення якості поверхні.

Для потокового виробництва робіт по монтажу опалубки, установці арматури і бетонуванню стін кожен поверх будівлі в плані розділяється на захватки з приблизно однаковими об'ємами робіт.

Бетонування конструкцій робиться після монтажу усіх елементів опалубки на захватці, установки арматури і заставних деталей. Бетонна суміш до місця укладання подається цебрами. Безпосередньо перед бетонуванням вимагається з поверхні раніше укладеного шару видалити цементну плівку. Бетонну суміш укладають в конструкцію горизонтальними шарами завтовшки не більше 50 см без перерв. Кожен шар укладається до початку схоплювання попереднього та ретельно ущільнюється глибинними вібраторами. Висота вільного скидання бетонної суміші не повинна перевищувати 3 м. В процесі бетонування необхідно встановити каналоутворювачі і вкладиші для облаштування електропроводки. При ущільненні бетонної суміші крок перестановки вібраторів не повинен перевищувати полуторного радіусу дії, а глибина занурення вібратора в раніше укладеному шару має бути не менше 5-10 см. Забороняється контакт вібратора з арматурним каркасом, заставними деталями і стінками опалубки. Для ущільнення суміші під отвороутворювачами у верхній і нижній стінках передбачені отвори, в які пропускають вібратор. В процесі бетонування ведеться післяопераційний контроль якості і журнал робіт. При бетонуванні стін складається акт на приховані роботи.

Демонтаж опалубки виконується при досягненні розопалубочної міцності не менше 1 МПа. Для стін з керамзитобетону класу В12 при використанні швидко твердіючого портландцементу М 400 розопалубочна міцність досягається через 24 год.

Демонтовані елементи опалубки опускають на майданчик складування для очищення і мастила. Послідовність демонтажу опалубки здійснюється в наступному порядку. Спочатку демонтуються усі зовнішні і внутрішні її панелі, торцеві і кутові щити, а потім блоки опалубки. При демонтажі опалубки використовуються спеціальні пристрої для відриву щитів: клини, струбцини, механічні домкрати і інші пристосування.

При одночасному зведенні 3-4 будівель точкового типу комплект опалубки розраховується на бетонованому поверху. За захватку береться відповідно один поверх кожної будівлі. Усі роботи ведуться потоковим методом. Техноло-

гія і організація робіт передбачає армування і монтаж опалубки стін на захватці I, тоді як на захватці II роблять монтаж елементів збірного залізобетону (сходових маршів, блоків санвузлів, перегородок, сміттепроводів і т. п.), а на захватці III – установку опалубки перекриття та армування їх. Окремим потоком ведеться бетонування стін і перекриттів. Робота спеціалізованими потоками і ланками дозволяє більш раціонально використовувати комплект опалубки і устаткування крану, виключити технологічні перерви, підвищити ритмічність робіт і їх якість.

Наявність великого фронту робіт дозволяє раціональніше використовувати прогресивні технології. Наприклад, при облаштуванні перекриттів може бути використане вібровакуумування бетону. Це покращує структурну міцність у віці трьох діб на 85%, а у віці 28 діб – на 20%. Застосування вібровакуумної технології не лише скорочує час, необхідний на набір розопалубочної міцності, але і знижує витрату цементу до 15%.

При будівництві житлового будинку в республіці Молдова, розміром в плані 33,36 x 26,28 м, заввишки 44 м з внутрішніми стінами з монолітного залізобетону, збірними перекриттями, сходовими маршами, ліфтовими шахтами і зовнішніми стінами з керамзитобетонних блоків, була прийнята технологія зведення монолітних стін у блочно-щитовій опалубці. Для виконання монтажних робіт і бетонування конструкцій використовувався кран КБ-160.1.

Зведення типового поверху велось захватками. За допомогою крану вежі на перекриття подавали стінні блоки і встановлювали їх в проектне положення спочатку з тимчасовим, а потім з остаточним кріпленням за допомогою електрозварювання заставних деталей. Змонтувавши стінні блоки на захватку, приступали до армування внутрішніх стін, установки блоків опалубок, отворотворювачів, каналотворювачів та інших елементів. Потім виконувалося бетонування конструкцій.

Якість забезпечувалася контролем рухливості та однорідності бетонної суміші (8-10 см), визначенням щільності і однорідності укладеного бетону, контролем ущільнення суміші і правильністю дошляду за бетоном.

Після набору бетоном розопалубочної міцності виконувався демонтаж опалубки. Потім приступали до монтажу перегородок, сантехкабін, плит перекриттів і балконних плит, сходових маршів та майданчиків, вентблоків, шахт ліфтів і сміттєпроводів.

Зведення типового поверху виконувала комплексна бригада з 24 чоловік. Загальна тривалість зведення однієї захватки складала 6 днів при двозмінній роботі. Витрати праці на зведення типового поверху склали 170,6 чел.-дн. Вироблення на одного робітника в зміну досягло 0,45 м<sup>3</sup>.

Подальший розвиток отримало використання блокової опалубки, що вертикально витягається, з опалубкою перекриттів конструкції Оргтехбуду республіки Казахстан. У конструктивному рішенні опалубки використано блокуючий вузол з широким діапазоном переналадки, що дозволяє істотно підвищити універсальність опалубної системи і поліпшити якість робіт.

Конструктивні особливості опалубної системи вносить досить великі технологічні зміни та в виробництво робіт. Цей спосіб відрізняється тим, що монтаж опалубки перекриттів виконують до монтажу блоків опалубки стін, і бетонують спочатку перекриття, а потім стіни.

Демонтаж опалубки робиться в зворотній послідовності. На відміну від широко поширених опалубок, щити зовнішніх стін включають додатково нижній і верхній опорні пояси. Причому панель опалубки після бетонування демонтується разом з нижнім поясом, а замонолічуваний верхній пояс служить маяком для установки на нього щита опалубки наступного поверху. Таке конструктивне рішення і технологія ведення робіт істотно підвищують точність зведення конструктивних елементів і вирішують проблему кріплення зовнішніх майданчиків і панелей опалубки.

Опалубка перекриттів конструктивно виконана у вигляді стулкових блоків. Наявність шарніра дозволяє складати щити, при їх розопалубці. Для демонтажу опалубки в перекритті влаштовують спеціальні щілини, через які її витягають. Розміри стулок повинні бути на 2-4 см менше габаритної висоти поверху. Для типового житлового будівництва довжина стулок складає 2,6 м. При

облаштуванні опалубки перекриття більшого розміру використовують добірні щити.

Монтаж опалубки перекриттів починається з установки опорних столів або телескопічних стійок. В першу чергу встановлюють чотирьохстійкові, а потім двостійкові столи, які об'єднуються розпірками. За допомогою гвинтів опорні столи вирівнюють під відмітку низу опалубки перекриття, потім встановлюють сам блок опалубки перекриття. По периметру блоку для ліквідації проміжку між стінами встановлюються асбестофанерні листи.

До початку бетонування перекриття необхідно на забетонований опорний пояс навісити блоки зовнішніх лісів з робочим настилом. При бетонуванні перекриття передбачаються отвори для витягання складеного стулкового блоку і колодязі для проходження строп і опускання ступок панелей.

Отвір виходить установкою отвороутворювача шириною 400 мм на усю ширину приміщення.

Демонтаж блоків перекриття виконується після набору бетоном 70% проектної міцності і зняття опалубки стін в цьому осередку. Для рівномірного опускання ступок опалубки використовуються ручні лебідки і запобіжні стійки. Складений блок витягають через монтажний отвір і подають в зону підготовки, де опалубку приводять в робочий стан, і цикл повторюється. Після зняття опалубки із захватки, здійснюється замонолічування отворів.

Монтаж блоків опалубки стін виконують після бетонування перекриття. Опалубний блок стін готують шляхом навішування на нього арматурного каркаса. Крім того, встановлюються отвороутворювачі вікон і дверей, розлучні електрокоробки. Монтаж опалубки розпочинають з блоку шахти ліфтів, інші блоки монтують в шаховому порядку, що забезпечує зручність при зварюванні арматурних каркасів. Для захисту щитів опалубки від бризок електрозварки їх поверхню закривають переносними запобіжними щитами.

Монтаж подальших блоків опалубки стін виконують з раніше встановлених блоків і з перекриття. Їх встановлюють на спеціально забетоновані маяки, поверхня яких має загальний горизонт. Блоки з'єднуються стяжними болтами з

конусами через кожні 1,5 м. Верх блоків опалубки розкріпляється талрепами з кроком до 1 м, або стяжними болтами по верхній панелі опалубки в зоні балок жорсткості.

Зовнішні панелі опалубки встановлюються на опорний пояс з щитів, що забезпечують точну фіксацію і закріплення низу панелі. Монтаж панелей розпочинають з кута будівлі, поступово приєднуючи послідовні панелі. Проектне положення верху панелей вивіряється за допомогою талрепних скоб і виконується інструментальна прив'язка до осей будівлі.

Бетонування стін робиться шарами товщиною 50-60 см. Зовнішні стіни з керамзитобетону бетонуються з випередженням бетонування з важкого бетону на один шар. Для розділення керамзитобетону і важкого бетону в місцях перетину стін встановлюється металічна сітка, яка прив'язується до арматурного каркасу.

Після набуття бетоном розопалубочної міцності виконують демонтаж опалубки. Спочатку знімають нижній опорний пояс, потім демонтують зовнішні опалубні щити. Верхній опорний пояс залишається не демонтованим. Він потрібний для установки вище розміщеного поверху опалубки і навішування блоків зовнішніх лісів. Потім виконується демонтаж блочної опалубки. Після набору перекриттям проектної міцності не менше 70% приступають до демонтажу опалубки панелей перекриття. Далі цикл повторюється.

Ця технологія забезпечує високу якість зовнішніх стін, їх архітектурну виразність і повне виключення обробних робіт по фасаду. Це досягається шляхом виготовлення фактурного шару зовнішніх стін безпосередньо на опалубних щитах до їх установки в проектне положення. Технологією передбачено, що обробний шар з розчину або рухливих бетонів наноситься на опалубний щит в горизонтальному положенні на приоб'єктному полігоні.

Ущільнення розчину або бетонної суміші виготовляється поверхневими вібраторами або на вібромайданчику з кутовою формою коливань. На поверхню бетонного шару укладаються куточки, що дає можливість утворенню подовжніх шпонок, що забезпечують адгезію шкаралупи з монолітним бетоном.

Після набору 40-50% проектної міцності щит опалубки разом з фактурним шаром монтується в проектне положення.

Для зчеплення шкаралупи з поверхнею опалубного щита передбачається облаштування анкерних систем, що витягаються перед демонтажем опалубки, а для збільшення адгезії – облаштування випусків арматури діаметром 2-3 мм і завдовжки 180-200 мм.

Досить широке поширення отримав метод зведення житлових і громадських будівель з використанням блочно-щитової горизонтально опалубки, що витягається. Цим методом переважно зводяться будівлі точкового типу заввишки 12-18 поверхів. Технологія і організація робіт передбачає розбиття поверху на захватки з приблизно рівними об'ємами для забезпечення потокового ведення робіт і ефективнішого використання комплектів опалубки.

*Приклад.* Зведення типового поверху 16-поверхового 95-квартирного житлового будинку. Конструкції внутрішніх стін виконуються з керамзитобетону товщиною 200 мм, зовнішніх – з керамзитобетону товщиною 500 мм, перекриття – з важкого бетону товщиною 160 мм.

Для облаштування внутрішніх стін і перекриттів поверх розбивається на 4 захватки. Середня тривалість монтажу опалубки стін і їх армування на захватці складає 6 змін, а бетонування – 1 зміну. Армування і бетонування перекриттів здійснюється у дві зміни. Зведення зовнішніх стін ведеться з відставанням на один поверх спеціальним потоком. Об'єм робіт розбивається на дві захватки. Тривалість монтажу опалубки на захватці складає 4 зміни, а їх бетонування – 1 зміну.

Для поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші і скорочення термінів набору міцності у бетонну суміш вводиться суперпластифікатор С-3 з розрахунку 4 л/м<sup>3</sup>. При негативних температурах додатково вводиться нітрит натрію з розрахунку 6-8% маси цементу.

Інтенсифікація робіт при зведенні будівель в тунельній опалубці залежить від багатьох технологічних чинників і, передусім, від швидкості набору міцності бетоном конструкцій. Так, при твердненні бетону в літніх умовах цикл зве-



дення поверху складає 15-17 діб, а при негативних температурах від -5 до -10°C – 30-35 діб. Чинником, що визначає терміни розопалубління, є придбання перекриттями не менше 70% проектної міцності. При зниженні розопалубочної міцності виникають пластичні деформації, істотно перевищуючої допустимі значення.

Скорочення термінів набору розопалубочної міцності досягається шляхом раціонального використання різних засобів, у тому числі теплової обробки (інфрачервоне прогрівання, використання опалубок, що підігріваються, укладання розігрітої бетонної суміші до ~50-60°C та ін.). Ці засоби доцільні і в літніх умовах. Використання додаткових коштів на теплову обробку у вигляді інфрачервоних випромінювачів дозволяє отримувати розопалубочну міцність перекриття за 18-24 годин. Ця обставина забезпечує введення типового поверху за 8-10 діб при комплекті опалубки на поверх і 15-13 діб при комплекті опалубки на половину поверху. На тривалість зведення конструкцій досить сильно впливає правильний вибір комплекту опалубки. Як правило, скорочення термінів досягається при використанні його на увесь поверх.

***Зведення будівель в крупнощитовій опалубці.*** Конструктивні рішення будівель, що зводяться в крупнощитовій опалубці, передбачають виготовлення захищаючих елементів, у вигляді збірних панелей заводського виробництва, цегляних стін, трьохшарових панелей з ефективним утеплювачем або керамзитобетонних. Внутрішні несучі стіни, виконуються в монолітному залізобетоні, як правило, технологією зведення монолітних зовнішніх стін. При їх зведенні передбачається їх відставання на один поверх від зведення монолітної внутрішньої частини, а для цегляного варіанту зовнішніх стін – їх випередження.

Опалубку стін встановлюють в два етапи. Спочатку монтується опалубка з одного боку стіни на усю висоту поверху, а після установки арматури – другої сторони. Готова опалубка підлягає прийманню. Передбачається перевірка відповідності форми і геометричних розмірів опалубки робочим кресленням, збіг осей опалубки з розбивочними осями конструкцій, точність відміток окремих опалубних площин, вертикальності і горизонтальності опалубних щитів, пра-

вильності установки заставних деталей, щільності стикування швів.

Після приймання робіт по монтажу опалубки і улаштуванню арматурного заповнення починають укладання бетонної суміші. Її подають до місця укладання краном у бункерах місткістю  $1 \text{ м}^3$  з бічним вивантаженням і секторним затвором. Розвантаження бункера виконується в декількох точках. Бетонування стін ведеться послідовно, ділянками, ув'язненими між дверними отворами. Суміш укладається шарами завтовшки 30-40 см з ущільненням глибинними вібраторами.

У початковий період тверднення бетону необхідно підтримувати сприятливий температурно-вологісний режим і оберігати бетон від механічних ушкоджень. Після набору розопалубочної міцності щити опалубки демонтуються, опускаються на майданчик для очищення і мастила і потім встановлюються на наступній захватці.

Облаштування монолітного перекриття робиться після зведення стін. Встановлюється опалубка перекриттів на телескопічних стійках. Далі виконується армування і бетонування. Вироблення на одного працюючого в зміну –  $11,7 \text{ м}^2$  опалубки і  $4,46 \text{ м}^3$  бетону. Тривалість зведення поверху складає 10 днів при двозмінній роботі.

Використання крупнощитової опалубки доцільно не лише при зведенні типових житлових будівель, але і при будівництві будівель по індивідуальним проектам.

***Зведення будівель з використанням незнімної опалубки.*** Подальший розвиток і інтенсифікація монолітного житлового будівництва йде шляхом раціонального використання елементів збірного залізобетону. Найбільша ефективність досягається при комбінованому застосуванні збірно-монолітних огорожуючих конструкцій стін, перекриттів і інших конструктивних елементів. Висока якість лицьових поверхонь дозволяє істотно понизити трудовитрати на обробні роботи і скоротити трудомісткість робіт за рахунок виключення циклу демонтажу елементів опалубки, понизити завантаження кранів. Виготовлення елементів збірного залізобетону на приоб'єктних полігонах дозволяє скоротити

витрати на їх транспортування та виключити ушкодження, викликані динамічними навантаженнями. Інтенсивність робіт істотно підвищується шляхом використання засобів теплової обробки при виготовленні елементів в індивідуальних переналагоджуваних формах.

Існують конструктивні схеми рішення зовнішніх стін у вигляді шкаралуп з монолітного керамзитобетону, шкаралуп з наклеюваним утеплювачем з пінополістиролу і внутрішнім шаром з важкого бетону, а також варіант рішення з використанням незнімної опалубки із зовнішньою і внутрішньою сторін і заповненням простору теплоізоляційно-конструктивним матеріалом пінобетон, пористого бетону, пінофосфогіпсом та ін. Таке рішення дозволяє істотно поліпшити теплотехнічні характеристики конструкцій зовнішніх стін, а також інтенсифікувати процес їх зведення шляхом використання високопродуктивних агрегатів для приготування таких матеріалів безпосередньо на перекритті поверху.

Використання незнімної опалубки перекриттів з ребристих тонкостінних залізобетонних елементів з подальшим їх омонолічуванням приводить до значного скорочення трудовитрат і термінів будівництва, поліпшення звукоізоляційних характеристик перекриттів шляхом використання, наприклад, пінобетону.

Незнімна опалубка перекриттів виготовляється з бетону у формах на приоб'єктному полігоні. Її товщина складає 6-8 см. Армування виконується сітками і V-образними каркасами, виведеними за межу шкаралупи.

Особлива увага в конструкції збірно-монолітних перекриттів повинно приділятися забезпеченню надійності зчеплення шкаралупи і монолітного бетону, яке потрібне для спільної роботи шарів при вигині. Розрахунок і конструювання збірно-монолітних перекриттів на стадії експлуатації робиться так само, як для суцільної плити. Досвід зведення монолітних будівель в Запоріжжі, Дніпрі та інших містах показав, що використання збірно-монолітних перекриттів дозволяє скоротити цикл зведення будівель, прийняти менш трудомістку технологію бетонування перекриттів, ефективніше за використання засобів для

вертикального транспортування бетонних сумішей. Конструкції збірно-монолітних перекриттів можуть бути рекомендовані для масового будівництва при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні.

Особливістю зведення стін в незнімній опалубці є створення умов, що знижують динамічні навантаження від завантаження, що піддається вібрації бетону на елементи опалубки і запобігаючих їх деформації. Для цієї мети можуть бути використані спеціальні конструктивні системи, що знижують вільний проліт опалубки і сприймаються навантаження від бетонної суміші на стадії укладання і початкового періоду твердіння, коли спостерігаються явища усадки і повзучості бетону. Це дозволяє істотно понизити міру армування і зменшити переріз залізобетонної панелі опалубки, залишивши за нею функцію облицювання.

Досвід зведення зовнішніх стін багатопверхових будівель в незнімній опалубці, показує доцільність подальшого розвитку цього методу. Найбільший ефект використання незнімної опалубки досягається при малоповерховому будівництві і зведенні будинків садибного типу.

Експериментальними дослідженнями, що були проведені за останні 15 років, та набутому досвіді, встановлено, що перехід на незнімну опалубку на 35-60 % знижує витрати праці на оздоблювальні роботи, виключає використання металоємних опалубних систем (масою до 60 т на дім), скорочує терміни зведення будинків садибного типу на 25-30%. При цьому істотно покращується якість конструкцій.

***Зведення будівель і споруд в пневматичній опалубці.*** Вітчизняний досвід зведення тонкостінних просторових конструкцій з використанням пневматичної опалубки базується на застосуванні двох різновидів технології укладання бетону: шляхом нанесення на розстелену в горизонтальному положенні опалубку з подальшим приведенням її в проектне положення подачею повітря і методом набризку на надуту опалубку.

По першому різновиду технології попередньо зводиться фундамент, до якого прикріплюють пневмоопалубку. Поверх розкладеної опалубки укладається-

ся арматура, а потім бетонна суміш, котра накривається еластичним рушником з полімерної плівки. При нагнітанні повітря опалубка разом з бетонною сумішшю піднімається в проектне положення. Бетонна суміш і арматурне заповнення деформується, збільшуючи свою площу в 1,5-2 рази.

Вказаним способом зводяться купольні і склепінчасті покриття діаметром до 12 м і прольотом 6-18 м. Основними недоліками цієї технології є: некерована деформація свіжоукладеного бетону при його підйомі, випадковий характер зміни геометричного положення арматурного каркаса, руйнування структури бетону і погіршення його фізико-механічних характеристик. Істотну важкість доставляє процес збереження вертикальності стін, що примикають до основи фундаменту. Більш досконала технологія заснована на використанні спеціальних конструктивних елементів вертикальних стінок, що забезпечують підвищення якості робіт і технологічність.

Технологія зведення тонкостінних циліндричних оболонок (циліндричне склепіння однакової кривизни) складається з трьох стадій. Після завершення споруди фундаментів циліндрична пневмоопалубка розстеляється на горизонтальній основі на рівні фундаментів і кріпиться до них. Оскільки в розкладеному стані пневматична опалубка займає площу дещо більшу, ніж площа основи споруди, то в місцях кріплення до фундаменту влаштовуються складки. До них прикріплюються спеціальні відкритки, на яких до виконання основного процесу по бетонуванню зведення кріпляться в горизонтальному положенні монолітні ділянки вертикальних стін.

Основний етап зведення включає рівномірне укладання тонкого шару бетону на поверхню пневмоопалубки, установку арматурної сітки і укладання верхнього накритего шару бетону. Суміш ущільнюється поверхневими вібраторами або віброрейками. Після закінчення циклу бетонування всередину опалубки нагнітається повітря, і вона піднімається, згинаючи укладений шар бетону.

В процесі підйому армована бетонна суміш випробовує деформації вигину, при яких не проходить значного переміщення арматури. Опливання бетонної суміші і інші деструктивні процеси виключаються використанням полот-

нища з полімерної плівки, яке укладають поверх ущільненої бетонної суміші і герметично прикріплюють по контуру пневмоопалубки до її підйому.

Зведення купольних і склепінчастих конструкцій не позбавлене ряду недоліків: велика кількість процесів з низьким рівнем технологічності, що виключають післяопераційний контроль якості робіт; висока деформативність конструкції, що зводиться, що не гарантує заданої несучої здатності; велике число ручних операцій по устрою і забезпеченню герметичності опалубки і верхнього полотнища та інші роботи. Усе це знижує ефективність запропонованого методу зведення тонкостінних конструкцій.

Прогресивнішою технологією є метод зведення просторових тонкостінних конструкцій на пневмоопалубці з нанесенням бетонної суміші набризком. При зведенні наземної частини будівлі застосовується метод хвилястого зведення з армоцементу розміром в плані 12х24 м. До складу робіт входять: планування майданчика бульдозером; облаштування пальового монолітного фундаменту і монолітного ростверку; облаштування бетонної підлоги; установка елементів кріплення пневматичної опалубки; розкладка, вивірка і закріплення пневматичної опалубки; приготування до роботи повітряпадаючої установки і обладнання для нанесення бетонної суміші; армування споруди готовими сітками: нанесення бетонної суміші; догляд за бетоном і демонтаж пневматичної опалубки. Етапом, що завершує зведення наземної частини, є облаштування торців з цегляної кладки.

До початку пневмобетонування армоцементної хвилястої споруди із застосуванням пневматичної опалубки мають бути виконані усі роботи по облаштуванню монолітного (пального) фундаменту, змонтована пневмоопалубка, зроблено армування споруди готовими сітками з попередньою в'язкою їх в зоні виробництва робіт і здійснене комплектування будівельного процесу відповідним робочим устаткуванням.

Пневматична опалубка, що поступила із заводу-виготівника в упакованому виді, розкладається на заздалегідь підготовлену основу (фундаменти, підлоги). Кріплення пневмоопалубки до фундаменту здійснюється за допомогою

болтових з'єднань в послідовності: до анкерних болтів фундаменту кріпляться швелери з неповним закручуванням гайок. Після установки швелерів по усьому периметру фундаменту в проміжок між полицею швелера і фундаментом закладають канат нижнього поясу пневмоопалубки та закручують до кінця гайки.

Сферичні пневмоопалубки кріпляться до гвинтових паль. До початку монтажу опалубки гвинтові палі угвинчують в ґрунти, та болтами до них прикріплюють зігнуті швелери і металеві смуги так, щоб в проміжок між швелером і смугою вільно проходить канат нижнього поясу пневмоопалубки. Проектне кріплення торців здійснюють повним закручуванням болтів та притисненням нижнього поясу опалубки до смуги. Остаточне закріплення пневмоопалубки роблять відразу по усьому периметру споруди.

Для створення необхідного надмірного тиску усередині опалубки і для запобігання втратам повітря в процесі її експлуатації через кріпильні елементи по усьому периметру опалубки передбачений фартух, прикріплений безпосередньо до канату нижнього поясу. Після кріплення опалубки до фундаменту фартух зсередини по усьому периметру привантажується піском. Паралельно з монтажем пневматичної опалубки робиться монтаж повітряподаючої установки. Перед початком експлуатації пневмоопалубки необхідно перевірити правильність включення та наявність заземлення вентиляторів. Після виконання усіх робіт включається повітряподаюча установка та візуально перевіряється правильність геометричної форми пневмоопалубки. У разі відхилення від проектних розмірів дефекти усуваються регулюванням довжини формотворних канатів.

Для досягнення стабільних проектних розмірів пневмоопалубку рекомендується витримати під робочим тиском 1,2 кПа до початку її експлуатації. Контроль робочого тиску робиться манометрами, встановленими на пульті управління. Для проходу робітників під оболонку опалубки влаштовують вхідний шлюз з двома щільними дверями, що закриваються. Внутрішній тиск в оболонці регулюється через окремий випускний канал (клапан), не зв'язаний з входом під пневмоопалубку. Каркас споруди армується після візуальної перевірки про-

ектних параметрів пневмоопалубки. Заздалегідь відключивши повітряподачу, пневмоопалубку «завалюють» на один бік за допомогою притискних канатів, закріплених за хомути, встановлені у фундаменті. Після цього притискні канати складаються біля місця їх кріплення.

Паралельно з монтажем опалубки і пробним підйомом робиться укрупнення арматурних полотнищ. Укрупнені полотна зовнішнього шару арматурного каркасу укладаються по внутрішньому шару з розбіжкою в'язальних швів. Для фіксації каркасу робиться його тимчасове закріплення до арматурних випусків фундаменту. Потім притискні канати укладаються поверх сітчастої арматури в ребрах споруди і здійснюється підйом опалубки з каркасом при внутрішньому тиску 0,7 кПа, після чого тимчасове кріплення каркаса до фундаменту знімається.

При виробництві робіт використовують бетонні суміші проектної марки, приготовані безпосередньо на будівельному майданчику. Тому необхідно ретельно робити підбір складу дрібнозернистого (піщаного) розчину, здійснювати контроль приготування і нанесення суміші, а також міцності розчину.

Нанесення суміші робиться установкою «Пневмобетон» в комплекті з автогідропідйомником АГП-18, починаючи від низу до верху до замку по зонах на повну конструктивну товщину. При нанесенні піскобетону товщина шару контролюється шляхом установки спеціальних маяків, фіксуючих проектну товщину конструкції. Укладання бетону слідус розпочинати з міжхвильових ділянок (ребер) для запобігання засмічення арматури і поверхні опалубки в цих місцях частками з відскоку з опуклих ділянок поверхні конструкції.

При укладанні бетонної суміші в декілька шарів для забезпечення надійного зчеплення з поверхнею раніше укладеного бетону, її має бути ретельно зволожено. Різниця по термінах нанесення бетону на суміжних ділянках опалубки не повинна перевищувати 2-4 години, оскільки при великих термінах струс поверхні оболонки при торкретуванні бетонної суміші може викликати порушення структури твердіючого бетону на сусідній ділянці.

Для запобігання висушування твердіючого бетону від дії вітру і сонячної



радіації, його поверхню відразу після укладання шару проектної товщини покривають (також методом напилення) захисною плівкою з води, що перешкоджає активному випару. З цією метою застосовують водорозчинну емульсію або речовини (наприклад ПВА, помороль, СБС Н-80 і т. п.), що полімеризуються, що швидко тверднуть на повітрі. Можливо також застосування бітумно-азбестової емульсійної мастики (БАЗМ) і швидко незамерзаючої холодної асфальтової мастики (БСНХА), що стабілізується. Після закінчення будівництва ця захисна плівка служить в якості гідроізоляційного покриття.

При досягненні бетоном проектної міцності здійснюють розопалубку конструкції. Її роблять після зняття внутрішнього тиску в системі і демонтажу кріпильних пристроїв. Опалубка легко відділяється від вертикальних і горизонтальних поверхонь і потім, після її очищення, згортається.

Тривалість зведення наземної частини бригадою з 7 чоловік складає 12-15 днів, а уся споруда зводиться за 23-25 робочих днів. Трудомісність зведення армоцементного зведення розміром 12x24 м складає 72 чол.-дн. Вироблення при пневмобетонуванні складає  $7,8 \text{ м}^2$  за 1 чол.-зміну. Витрата основних матеріалів на  $100 \text{ м}^2$  поверхні, що перекривається: цементу – 4,8 т; металу – 5,8 т; піску –  $10 \text{ м}^3$ . Зведення конструкцій у пневмоопалубці дозволяє скоротити терміни будівництва майже в 2 рази, скоротити витрати по трудомісності до 70% і 25-30% – за собівартістю. При зведенні колекторів і інших лінійно протяжних споруд досягається зниження собівартості до 25 % і трудомісності робіт – до 50%.

Подальший розвиток пневмоопалубочних систем йде шляхом використання їх для зведення вертикальних і лінійно протяжних споруд, елементів будівель елеваторів, сенажних веж, насосних станцій, шляхо- і трубопроводів, колекторів і тунелів, частин адміністративних будівель і інших конструктивних елементів. Низькі трудовитрати та незначна маса опалубки при багатократній оборотності (20 разів і більше) дозволяють широко використовувати її у будівництві.

### 1.3 Сучасні опалубні системи

Сучасні опалубні системи можна класифікувати за різними критеріями. По області застосування: - опалубки для стін, перекриттів, колон, ліфтових шахт та ін. Для цього вистачає умовного ділення, оскільки за допомогою опалубних систем для стін можна виготовляти і колони. Розроблено також і багатофункціональні, універсальні опалубки. По конструктивним особливостям опалубки можуть бути рамними або балочними.

Для виконання спеціальних завдань застосовують: опалубку для кільцевих стін зі змінюваним радіусом, переставну, тунельну, односторонню та ін.

*Приклади.* Реконструкція собору і забезпечення безпеки експлуатації споруди, створення основи для майбутньої санації (рис. 1.29). Підтримка зведень шарнірними ригелями PERI GRV і балками-фермами GT 24. Навантаження від ригелів GRV передаються через опори HD200 на стійки MULTIPOR. Настил для реставрації стелі і монтажу ригелів GRV створювався з балок-ферм GT 24 і тришарової фанери.

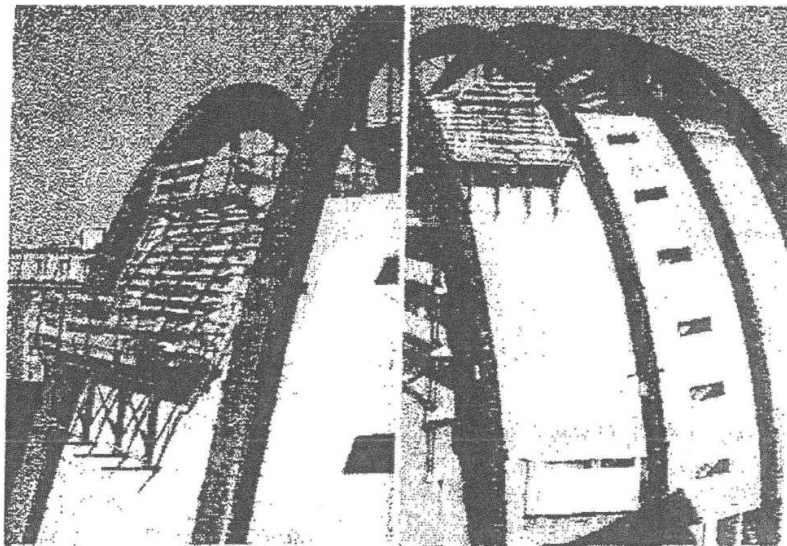


Рисунок 1.29 – Собор Святого Мартіна. Пиетросанта. Італія.

Стандартизована система будівельних систем, а також планування і постачання опалубки та будівельних рішень робить рішення завдяки системам PERI RUNDFLEX, рентабельними порівняно зі стандартними системами та гнучкими в використанні будівництва найрізноманітніших об'єктів. VARIOKIT

та MULTIPROP компоненти утворюють сумісну систему для рухливих столів перекриття. Зокрема відповідно до геометричних форм система PERI UP Rossett Flex може бути оптимально адаптована для задоволення різних конструктивних потреб (рис. 1.30).



Рисунок 1.30 – Нова штаб-квартира Банку Буенос-Айресу.  
Буенос-Айрес, Аргентина.

Використання набору лісів PERI UP, що забезпечують підвищену безпеку ведення робіт. Т-подібна рама системи PERI UP Flex Stair 100/125 включає підіймаючу на наступний ярус стійку, яка при монтажі на ярусі, що пролягає нижче, відразу піднімає перила верхнього поверху (рис. 1.31).



Рисунок 1.31 – Комплекс будівель Сквайр. Франкфурт на Майні.  
Німеччина.

Завдяки системі SKYDECK, в цьому проекті було здобуто ідеальне перекриття для раннього демонтажу, а також за допомогою стінової опалубки MAXIMO було прискорено на 25 відсотків процес будівництва цього проекту.

За допомогою систем опалубки PERI MAXIMO та SKYDECK стіни та плити були зведені значно швидше. Таким чином, з одного боку було досягнуто економії часу, з іншого – була використана технологія анкерівки MX, що дозволяє встановлювати тяжі з одного боку. Сама анкерівка складається з MX тяжів та шарнірних гайок.

Кожний отвір з'єднання в панельній системі MAXIMO задіяний таким чином, що не потрібно впевнюватися, чи незадіяні отвори закриті пробками. Це виключає наявність джерела допущення помилок та послідуєчих перероблень.

Добре продумане розташування самих елементів у панельній опалубці MAXIMO зробило систему цілісною як в горизонтальному, так і у вертикальному вигляді. Таким чином можна було досягти рівності та привабливого вигляду стін при житловому будівництві.

Міжповерхневі плити зазвичай зводилися за допомогою легкої опалубки SKYDECK. Зручні розміри та незначна вага окремих алюмінієвих елементів у системі забезпечували легкість робіт. Завдяки використанню системи падаючої

голівки, панелі та головні балки могли бути демонтовані раніше ніж перекриття набере 70% міцності.

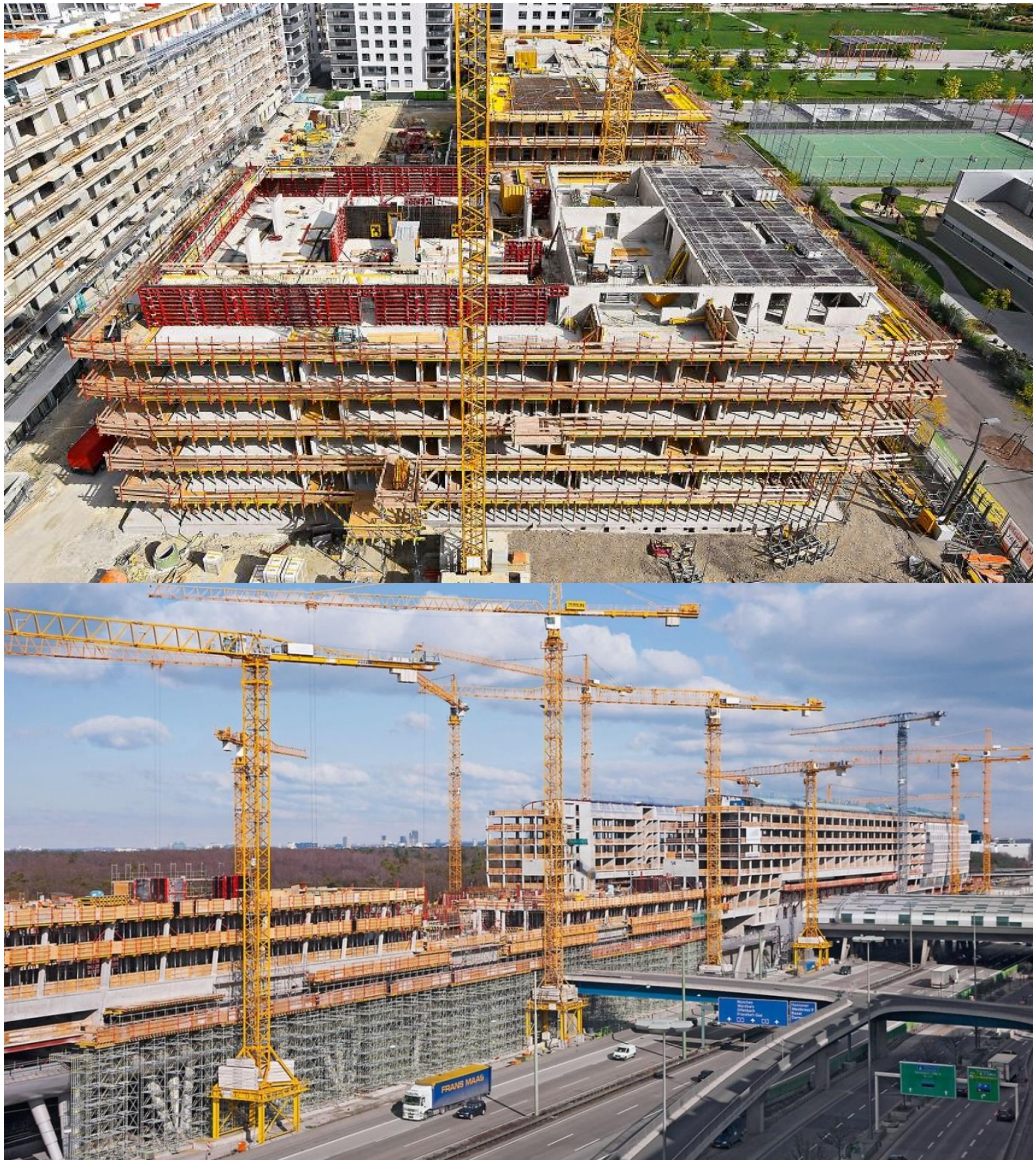


Рисунок 1.32 – Житловий будинок. Відень. Австрія.

Для нижніх балконних плит балконів була обрана система опалубки MULTIFLEX, яка спирається на башти MULTIPROP, що задовольнило вимоги до якості бетонної поверхні і безпеки виконання робіт. Система одночасно виконувала роль консольної опалубки та несучих риштувань.

#### ***Основні опалубні системи та матеріали проєктів:***

1. MAXIMO – опалубка для стін. PERI технологія одностороннього встановлення тяжів MX значно спрощує роботу з системою MAXIMO. Монтаж та демонтаж цієї опалубки здійснюється значно швидше, незважаючи на те, що в

процесі задіюється менше число робочих процесів, ніж при роботі з традиційними системами. З огляду на інноваційну технологію встановлення тяжів та оптимальне число отворів під них, витрачений час на складання скорочується до 50% (рис. 1.33).



Рисунок 1.33 – Опалубка MAXIMO з анкерною системою MX

Інноваційні анкери системи MX мають конічну форму і не потребують використання дистанційних трубок або конусних елементів. Точки встановлення анкерів на всіх деталях опалубки розташовуються по центру, завдяки чому кількість необхідних анкерів зменшується приблизно на 40%. Використовується кожен отвір для анкерного болта, немає необхідності в периферійно розташованих анкерах (рис. 1.34-1.35).



Рисунок 1.34 – Анкерне кріплення з пружинним шплінтом, та значенням товщини стіни відзначеному на тяжі.



Рисунок 1.35 – Анкери MX 15 або MX 18

Вся робота з системою здійснюється з одного боку, що максимально зменшує трудомісткість та значно економить робочий час і ресурси. Крім того, розташовані по центру отвори під тяжі забезпечують симетричний візерунок як

по горизонталі, так і по вертикалі. Замок VFD, встановлюється однією рукою що дозволяє виконати всі з'єднання елементів рівними та щільними.

Порошкове покриття щитів запобігає налипанню бетону і, тим самим, спрощує очищення опалубки. Підвищений ступінь захисту від корозії завдяки спеціальному покриттю прихованих порожнин і внутрішніх поверхонь профілів.

*Технічні характеристики:*

- система кріплення: Одностороння кінцева система анкерування MX 15 і MX 18;

- товщина стіни: 15-60 см;

- максимальний тиск свіжозалитого бетону: 80 кН/м<sup>2</sup>;

- висота елементів: 2,70 м | 3,00 м | 3,30 м | 3,60 м;

- висота добірних елементів: 0,30 м | 0,60 м | 0,90 м | 1,20 м;

- ширина елементів: 0,30 м | 0,45 м | 0,60 м | 0,90 м | 1,20 м | 2,40 м;

- сумісність: TRIO, RUNDFLEX, RUNDFLEX Plus, SRS;

- техніка безпеки: Платформи MXP, системи консолей MXK, платформи для бетонування TRIO, консолі TRG 80.

2. SKYDECK – *опалубка для перекриттів*. Завдяки системі спадаючої голівки SKYDECK вже через день можна виконувати ранню розопалубку (залежно від товщини перекриття і міцності бетону). З кожним ударом молотка опалубка (панель і поздовжня балка) опускається на 60 мм. Панелі легко відділяються від бетону і можуть знову використовуватись на інших ділянках опалубки. У такий спосіб зменшується загальна кількість елементів опалубки (рис. 1.36). Завдяки поздовжній балці, яка суттєво зменшує потрібну кількість стійок, на площу 3,45 м<sup>2</sup> з товщиною перекриття до 40 см потрібна лише одна стійка для перекриттів. Це заощаджує час і спрощує поперечне транспортування матеріалу опалубки.

Елементи SKYDECK виготовлені з алюмінію. Жоден з елементів не важить більше 15 кг. Завдяки невеликій індивідуальній масі панелей SKYDECK опалубка виконується легко і без зайвих зусиль.



Рисунок 1.36 – SKYDECK опалубка для перекриттів



Рисунок 1.37 – Звільнення верхньої відкидної частини одним ударом молотка

SKYDECK мінімізує витрати на чищення: поздовжня балка з пластмасовою зубчастою рейкою надійно розміщена під панелями – тому немає потреби у чищенні бокових сторін балок. Елементи системи по краях оснащені слізницями і мають порошкове покриття.

SKYDECK має поздовжню балку, яка суттєво зменшує потрібну кількість стійок, що означає значну економію часу і більше вільного простору для опалублення, а також для поперечного транспортування матеріалу опалубки.

*Технічні характеристики:*

- площа на 1 стійку: 3,45 м<sup>2</sup>;
- розмір панелей: 150x75 | 150x50 | 150x37,5 | 75x75 | 75x50 | 75x37,5 м;
- довжина ригеля: 375 | 225 | 150 см;
- допустиме навантаження на консолі: 150 кг/м<sup>2</sup>;
- товщина перекриттів: до 109 см.

3. PER Ergo – *несучі ліса*. Стійки PER Ergo в основному використовуються в якості опор для столів перекриття. Забезпечують швидке та безпечне користування. До переваг відноситься, регулююча гайка та ергономічний G-подібний гак із захистом від заклинювання. Гарячі оцинковані деталі гарантують довгий термін служби. Якщо в процесі експлуатації стійка пошкоджується, внутрішня або зовнішня її частини можуть бути замінені окремо (рис. 1.38).

Діапазон регулювання в 12 см усуває необхідність частого перевстановлення G-образного гака. При цьому вимірювальна шкала на внутрішній стійці ще



більше прискорює процедуру встановлення необхідної висоти (рис. 1.39).

Простий монтаж за рахунок кріплення головки стійки як до внутрішньої, так до зовнішньої труби.



Рисунок 1.38 – Оцинковані стійки PEP Ergo з несучою здатністю до 50 кН



Рисунок 1.39 – Регулююча гайка забезпечує безпеку при опусканні стійки

Несуча спроможність PEP Ergo при порівняно малій вазі самої стійки (19,4 кг) досягає 50 кН.

*Технічні характеристики:*

- PEP Ergo B-300 1,97 - 3,00 м | 14,0 кг | 30 кН;
- PEP Ergo B-350 2,25 - 3,50 м | 15,6 кг | 30 кН;
- PEP Ergo D-150 0,96 - 1,50м | 9,1 кг | 30 кН;
- PEP Ergo D-250 1,47 - 2,50 м | 13,1 кг | 35 кН;
- PEP Ergo D-350 2,26 - 3,50 м | 19,7 кг | 40 кН;
- PEP Ergo D-400 2,51 - 4,00 м | 23,2 кг | 40 кН;
- PEP Ergo D-500 3,26 - 5,00 м | 30,7 кг | 40 кН;
- PEP Ergo E-300 1,96 - 3,00 м | 19,4 кг | 50 кН;
- PEP Ergo E-400 2,51 - 4,00 м | 26,6 кг | 50 кН.

4. MULTIFLEX – *опалубка для перекриттів*. Основними компонентами опалубки MULTIFLEX є балки VT 20K або GT 24. Можливість їх розташування з заданим кроком, а також використання фанери необхідного розміру роблять їх використання максимально гнучким для бетонування перекриттів. У поєдна-

нні з GT 24 (балкою високої несучої здатності), ця опалубка чудово підходить для заливки великих прольотів, перекриттів складного планового контуру, а також в умовах монтажу системи в обмеженому просторі (рис. 1.40).

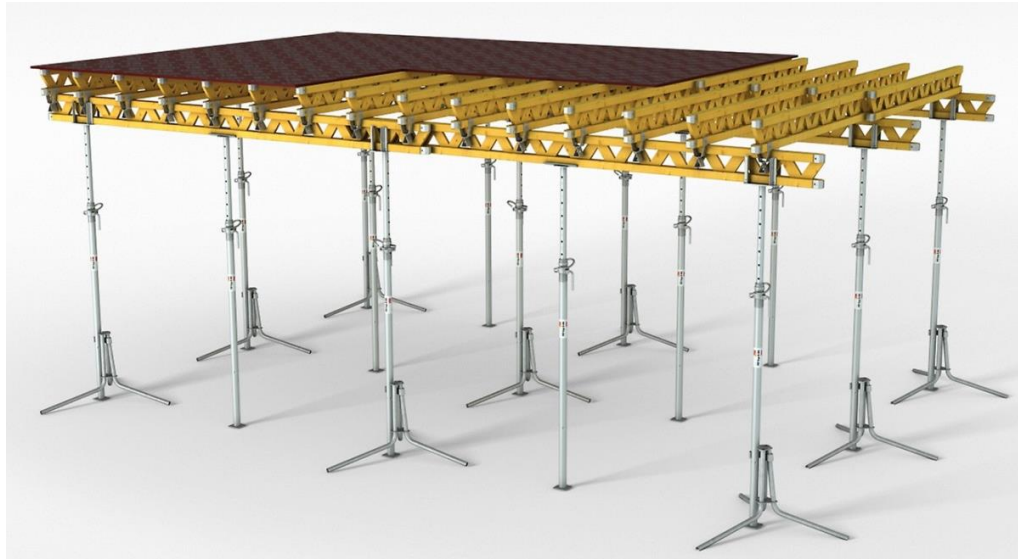


Рисунок 1.40 – Опалубка для перекриттів MULTIFLEX

Застосування універсальної, стабільної за формою решітчастої балки GT 24 дає можливість зробити великий прогін і зменшує кількість елементів, які потрібно опалубити чи розпалубити. Через балку GT 24 на стійку переносяться великі навантаження. Подібна конструкція горизонтальних з'єднувальних і поперечних балок спрощує підготовчі роботи і переміщення цих елементів на будівельному майданчику (рис. 1.41-1.42).



Рисунок 1.41 – Фіксуючі кліпси що з'єднують балки без використання цвяхів



Рисунок 1.42 – Балочна ферма GT24 та балка з суцільною стінкою VT20K

Залежно від товщини перекриття оптимізується використовуваний матеріал, тобто для тонших перекриттів потрібно менше балок і стійок. Балка VT 20 з високоякісною дошкою стінки є найбільш економічним варіантом для тонких перекриттів.

Завдяки телескопічній балці система MULTIFLEX підганяється під поверхню, на якій проводиться опалубка. При цьому вид прикінцевої підгонки спрощує всю систему. В опалубці MULTIFLEX останнє комплексне системне поле підганяється під решту поверхні і відповідно змінюється довжина балки.

*Технічні характеристики:*

- несуча спроможність: 22 кН/28 кН в залежності від типу балки;
- згинальний момент: 5 кН/м до 7 кН/м в залежності від типу балки;
- форма опалубки: вільний вибір.

5. MULTIPROP – *алюмінієві стійки*. Стійки MULTIPROP виготовлені з алюмінію і дуже легкі. Монтажна висота MP 350 становить 1,95-3,50 м, а вага не перевищує 18,8 кг. Запатентований профіль і їх конструкція в значній мірі подовжують термін служби порівняно із стійками зі сталевих рам. Стійки MULTIPROP мають вбудовану розмітку для точного виконання попередньої установки стійки без додаткових замірів. Завдяки наскрізній різьбі на внутрішній трубі вони можуть застосовуватися на великих висотах (рис. 1.43-1.44).



Рисунок 1.43 – Алюмінієві стійки MULTIPROP



Рисунок 1.44 – Вимірювальна вбудована стрічка для швидкого та точного налаштування стійок по висоті.

Стійки MULTIPROP мають: - високу несучу здатність – 90 кН при невеликій власній вазі; - вбудовану вимірювальну стрічку для зручного регулювання висоти; - самоочисне різьблення та вихрову регулювальну гайку для швидкого встановлення; - защіпки на зовнішній трубі, що запобігають випадання внутрішньої труби в процесі роботи, складуванні та транспортуванні.

Зв'язані між собою рамами MULTIPROP, окремі стійки MULTIPROP можуть використовуватись в якості опалубних столів і опорних веж. Рами MULTIPROP мають різну довжину від 62,5 см до 296 см, що дозволяє оптимально підібрати їхню конструкцію під індивідуальні умови конкретного проекту і тип опалубки перекриттів. За допомогою замка з клином, що не випадає, рама MULTIPROP може кріпитись до зовнішньої і внутрішньої труби. Рами також можуть використовуватись в якості опор для брусів або елементів настилу для робочих. Окремі стійки MULTIPROP оснащені неперервною різьбою по всій довжині внутрішньої труби.

Рами більшості типорозмірів служать для оптимальної передачі навантаження залежно від системної опалубки перекриттів. З'єднання з внутрішньою і зовнішньою трубою стійки виконується за допомогою удару молотком, спеціальні інструменти непотрібні.

*Технічні характеристики:*

- розмір сталевих рам MRK (см): 62,5 | 75 | 90 | 120 | 137,5 | 150 ;
- розмір алюмінієвих рам MRK (см): 201,5 | 225 | 230 | 237 | 266 | 296 ;
- діапазон регулювання висоти: до 2,20 м (MP 480);
- крок повороту гайки становить: 36 мм.

	Довжина, м	Вага, кг	Несуча здатність, кН
MP 120	0,80-1,20	10,10	78,5
MP 250	1,45-2,50	15,40	78,5
MP 350	1,95-3,50	19,40	91,0
MP 480	2,60-4,80	24,80	88,5
MP 625	4,30-6,25	34,60	57,9

6. VARIO GT 24 – опалубки для стін. Опалубка VARIO GT 24 дозволяє виконувати опалублення поверхні будь-якої форми та призначення, шляхом

безступінчастого з'єднання її елементів. Дана опалубка застосовується в промисловому та житловому будівництві, для опалублення берегових опор мостів, для опорних стін будь-якої геометрії та при любій висоті (рис. 1.45-1.46).



Рисунок 1.45 – Гнучка балково-ригельна опалубка стін

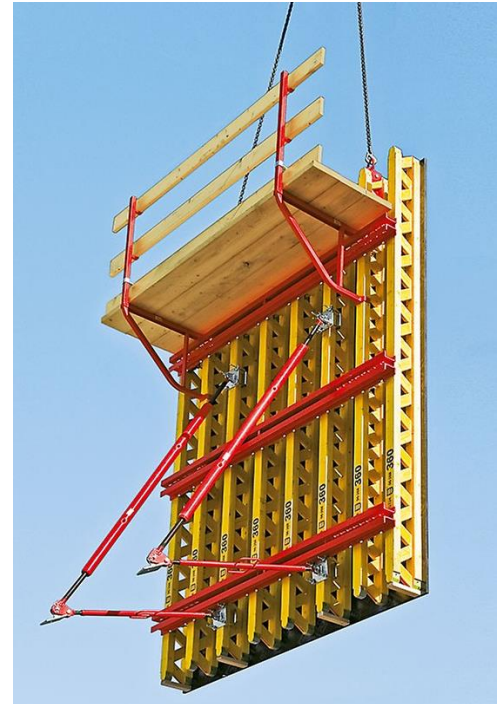


Рисунок 1.46 – Стандартні панелі з елементів системи VARIO GT 24

Застосування балки-ферми GT 24, що має велику жорсткість на вигин забезпечує високий тиск свіжого бетону при мінімальних прогинах.

Високі вимоги до лицьової поверхні бетону або високий тиск свіжого бетону забезпечуються вільним вибором типу та розміру фанери, способу її кріплення, ширини і висоти окремого елемента, кроку балок та ригелів, їх профілю та довжини. Сам елемент може бути прямим або зігнутим.

Попередньо зібрані підмости забезпечують високу безпеку та економію трудовитрат.

Нарощування елементів виконується за допомогою накладки для нарощування VARIO GT 24 з кроком 30 см по висоті. Швидко та просто – без свердління та бруса – через вузли балки PERI GT 24 за допомогою всього двох накладок та швидкого з'єднання за допомогою трьохкрильчатої гайки. З'єднання є жорстким та має вирівнювальну функцію.

*Технічні характеристики:*

- система кріплення: DW 15 або DW 20;
- максимальний тиск свіжозалитого бетону: 150 кН/м<sup>2</sup>;
- висота та ширина щитів: на вибір.

7. PERI UP Flex – *несучі будівельні ліса*. PERI UP Flex – це універсальна модульна система риштувань для широкого кола завдань. Системний крок довжини ригелів 25 см і висоти стійок 50 см дозволяють оптимально пристосувати PERI UP Flex до самих різних геометричних форм та навантажень. Опорні вежі, що стоять окремо, вежі з підвищеною несучою здатністю, а також просторові опорні конструкції можуть бути зібрані з одних і тих же системних елементів. Ригель з гравітаційним замком та настилом який не перевертається, повністю покриває робочу зону, та забезпечує найвищий рівень безпеки при використанні PERI UP Flex (рис. 1.47).



Рисунок 1.47 – Гнучкі будівельні ліса PERI UP Flex

Для значного збільшення несучої здатності до вежі необхідно тільки додати (ригель, діагональ) або замінити (шпindel) кілька елементів. При цьому немає необхідності збирати нову вежу.

Вежі PERI UP Flex можна переміщати великими модулями: спеціальна кріпильна скоба надійно утримує стійки та запобігає їх випаданню.

8. ROUNDFLEX – опалубка для стін. Балкова система ROUNDFLEX складається зі стандартних панелей для круглих стін, які не потребують попереднього складання. Ці панелі швидко підлаштовуються під новий радіус і не вимагають зміни конфігурації. Робота з системою ROUNDFLEX особливо ефективна при будівництві очисних споруд, стін з'їздів з парковок та силосних башт.

Попередньо зібрані елементи швидко та просто виставляються під будь-який радіус від 1,00 м (рис. 1.48-1.49).

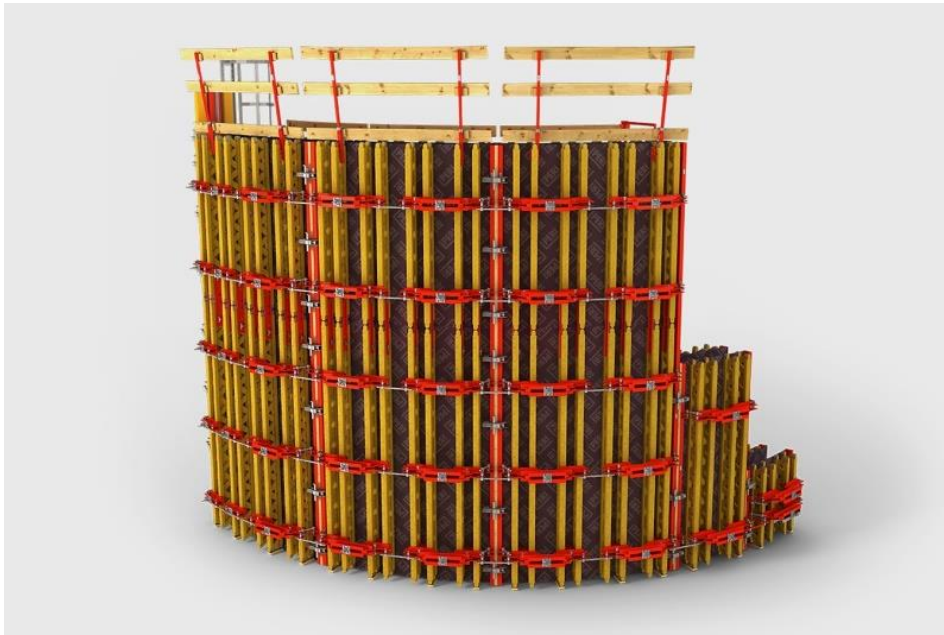


Рисунок 1.48 – Опалубка для стін радіусом від 1 м, ROUND FLEX



Рисунок 1.49 – Панелі системи ROUND FLEX висотою 3,6 м для будівництва очисної станції радіусом 13,76 м

Шпинделі з самоочисним різьбленням забезпечують швидке та безступінчасте регулювання елементів.

Висока жорсткість елементів на вигин мінімізує необхідність повторного регулювання після переміщення краном.

За допомогою трьох типів елементів по ширині та шести типів по висоті можна реалізувати будь-які спіральні й криволінійні конструкції.

За допомогою випрямляючих замків BFD можна не тільки швидко з'єднувати елементи RUNDIFLEX між собою, але також стикувати їх із системами рамної опалубки, такими як MAXIMO або TRIO.

Панелі нестандартних розмірів розраховуються індивідуально та доставляються на майданчик "лежачи" в попередньо зібраному вигляді. Рівне, щільне з'єднання забезпечується за рахунок вирівнюючого замку BFD.

Можливий добір до 38 см за допомогою вирівнюючого замку BFD 38.

Інші опалубні матеріали.

1. Фанера Fin, що ламінує, - ply представляє собою хрестоподібно проклеєні березові шари, має посилене фенольно-смільне покриття щільністю по  $240 \text{ г/м}^2$  на кожній стороні. Проклеювання VFU 100 відповідно DIN 68705 частина 3 або DIN EN 314-2.

Товщина – 21/18/15/12/9 мм. Щільність – 6,65/8,80/10,75/12,70/14,25  $\text{кг/м}^2$ .  
Розмір – 1,50x3,00 м; 1,25x2,50 м; 1,50x4,00 м.

Сфера застосування: стіни, перекриття, особливо гладкі поверхні бетону, від 30 до 70 оборотів опалубки, рівна і гладка бетонна поверхня.

2. Фанера Fin, що ламінує, - ply Maxі є фанерою для облицювального бетону з високоякісною безшовною поверхнею. 15 хрестоподібно проклеєних березових шарів, має двостороннє посилене фенольно-смільне покриття по  $400/400 \text{ г/м}^2$  (7,50x2,70 м) або  $400/240 \text{ г/м}^2$ . Краї покриті лаком. Проклеювання VFU 100 згідно DIN 68705 частина 3 або DIN EN 314-2.

Товщина – 20 мм. Щільність – 14,25  $\text{кг/м}^2$ . Розмір – 7,2x2,7; 5,4x2,0 м.

Сфера застосування: стіни, перекриття, особливо гладкі поверхні бетону, від 30 до 70 оборотів опалубки, рівна і гладка бетонна поверхня.

3. Фанера PERI Birch, є високоякісною фанерою, що ламінує, з міцною структурою для практично усіх сфер застосування, має 15-тишарове проклеювання, усі шари з берези, двостороннє покриття з фенольної смоли щільністю  $120 \text{ г/м}^2$ . Проклеювання VFU 100 згідно DIN 68705 частина 3 або DIN EN 314-2.

Товщина – 21 мм. Щільність – 14,25  $\text{кг/м}^2$ . Розмір – 1,25x2,5 м.



Сфера застосування: стіни, перекриття, підвищені вимоги до поверхні бетону, від 20 до 50 оборотів, рівна бетонна поверхня.

4. Фанера PERI B etc і Beto S, що ламінує. Фінська фанера типу «Combi-Mirror» – 11-тишарова структура, облицювальні шари з берези, прошарки по черзі з ялини і берези. Проклеювання BFU 100 згідно DIN 68705 частина 3 або DIN EN 314-2.

PERI Velo – двостороннє покриття з фенольної смоли щільністю 120 г/м<sup>2</sup>.

PERI Beto S – одностороннє водовбирне покриття; покриття з фенольної смоли щільністю 120 г/м<sup>2</sup> на зворотному боці.

Товщина – 21 мм. Щільність – 11,9 кг/м<sup>2</sup>. Розмір – 0,62x2,50; 1,25x2,5; 1,50x3,0 м. PERI Beto S – 1,50x3,0 м.

Сфера застосування: PERI Beto використовується переважно для перекриттів з підвищеними вимогами до поверхні бетону, дає від 15 до 30 оборотів, майже не дає структури на поверхні бетону.

PERI Beto S дозволяє отримати високоякісну, матову, облицювальну поверхню бетону з низькою пористістю, дає від 10 до 15 оборотів.

5. Фанера PERI Spruce, що ламінує, – це економічна фанера для перекриттів. Має невелику вагу при високій міцності, 11-тишарову структуру з північних хвойних порід, двостороннє покриття з фенольної смоли щільністю 120 г/м<sup>2</sup>. Проклеювання BFU 100 згідно DIN 68705 частина 3 або DIN EN 314-2.

Товщина – 21 мм. Щільність – 10,9 кг/м<sup>2</sup>. Розмір – 0,5x2,50; 1,25x2,50 м.

Сфера застосування: переважно для перекриття з підвищеними вимогами до поверхні бетону, від 10 до 25 оборотів, досить гладка поверхня, можлива легка структура.

6. Тришарові плити (жовті). Великогабаритні плити з двостороннім покриттям із смоли меламіну, краї покриті лаком, три хрестоподібно проклеєних семиміліметрових шари з ялини. Внутрішній шар за бажанням з тонких рейок.

Товщина – 21 мм. Щільність – 10,5 кг/м<sup>2</sup>. Розмір – 0,5x2,0; 0,5x2,50 м; 1,0x2,0; 1,0x3,0; 1,0x5,0; 2,0x5,0 м.

Сфера застосування: стіни і перекриття поверхні бетону високих вимог,

від 10 до 40 оборотів, рівна поверхня із слабо вираженою деревною структурою.

7. Фанера з тирси FinNa - plv. Фінська фанера з хвойних порід, семишарова структура, якість II/III, поверхня відшліфована, одна сторона гладка, високоякісна обробка. Проклеювання BFU 100 згідно DIN с 5715 частина 3 або DIN EN 314-2.

Товщина – 21 мм. Щільність – 10,0 кг/м<sup>2</sup>. Розмір – 1,0x2,0; 1,0x3,0; 1,22x2,44; 1,25x2,5 м

Сфера застосування: багатоцільова фанера, від 2 до 5 оборотів, формує поверхню бетону із структурою «під дерево».

## РОЗДІЛ 2

### СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД

#### 2.1 Дослідження технологічних процесів методами технічного нормування (хронометражу)

При розробці технологічних карт і проектів виробництва робіт на комплексно-механізовані будівельні процеси, при визначені експлуатаційної продуктивності провідних машин (чи комплекту машин), в конкретних методах і способах виробництва робіт виникає необхідність використання значень післяопераційних витрат праці (ручного і машинного часу). Ці дані потрібні у зв'язку з тим, що нормативні документи дають нормативи витрат ручних операцій і машинного часу в залежності, від виду конструкцій і не враховують можливих резервів витрат ручного і машинного часу залежно від реальних умов виробництва робіт. При оптимально запроектованому технологічному процесі виробництва робіт продуктивність може бути збільшена в порівнянні з нормативною в результаті оптимально розробленого процесу виробництва робіт, приоб'єктного складу, поєднань операцій та ін. Тому будь-яка будівельна організація повинна уміти науково обґрунтувати і встановити свій внутрішній норматив витрат ручної праці і машинного часу, а від нього перейти до оплати праці. Ці дані можна отримати конкретним дослідженням будівельних процесів використовуючи метод технічного нормування, зокрема хронометраж.

Хронометражу на будівельному майданчику передуює підготовча робота, в яку входить: - ознайомлення з нормаллю процесу виробництва робіт; - виявлення недоліків на досліджуваному об'єкті; - вибір місця спостереження; - форми і точність запису показників.

Після підготовчих робіт проводять спостереження, обробку даних, аналіз результатів і розробляють рекомендації по використанню отриманих результатів в рішеннях поставленої задачі. При вибіркового хронометражі та циклічній обробці результатів запис часу вимірів роблять в технологічній послідовності.

При проведенні хронометражу слід пропускати 2-3 цикли до наступного спостереження при "n" спостереженнях в ряду. Точність вимірів часу операцій 0,2 с (при безперервному хронометражі – до 1 с). Число циклів в кожному хронометражному спостереженні визначається у відповідності із заданою точністю Е арифметичної середини в % і залежить від середньої тривалості одного циклу (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Мінімальне число циклів в спостереженні

При середній тривалості одного циклу, хвил:	до 1	до 1	до 1	до 1	більше 10
Мінімальне число циклів в спостереженні повинно бути	21	15	10	7	5

Після отримання ряду показників витрат часу робиться їх очищення від грубо-помилкових спостережень, а потім математична перевірка ряду.

За граничних значень показників ряду –  $\lim a_{\min}$  та  $\lim a_{\max}$ , якщо коефіцієнт розкиду  $K_p$  ( $K_p = a_{\max}/a_{\min}$ ) знаходяться в межах від 1,3-2,0.

Методом відносної середньої квадратичної помилки, якщо  $K_p > 2,0$ . Не проводиться при  $K_p < 1,3$ , що свідчить про стійкість ряду. Після перевірки та очистки ряду знаходиться арифметична середина  $a_{cp}$ , котра являє показником витрат часу на ту чи іншу операцію досліджуваного процесу.

Наприклад, в результаті спостережень отриманий ряд показників "а", витрат часу, на одну операцію процесу з 10 циклів (при часі циклу до 5'): 28"; 14"; 16"; 12"; 14"; 18"; 17" 16"; 15".

Грубо помилковим спостереженням є перше – 28", яке виключаємо. Коефіцієнт розкиду:  $K_p = a_{\max}/a_{\min} = 18/12 = 1,5$ , що знаходиться в межах 1,3-2,0. Отже, необхідно провести перевірку по допустимих граничних показниках ряду

$$\lim a_{\max} = a_{cp, \max} + K(a_{\max} - a_{\min}) = 14,6 + 1,1(17 - 12) = 20,1;$$

$$\lim a_{\min} = a_{cp, \min} + K(a_{\max} - a_{\min}) = 15,3 - 1,1(18 - 13) = 9,8.$$

Де К визначається по таблиці 2.2, в залежності від числа спостережень, а середнє арифметичне значення ряду за вирахуванням  $a_{\min}$  та  $a_{cp, \max}$   $a_{\max}$  -  $a_{cp, \min}$  з відношенням:

$$a_{cp, \min} = \frac{\sum a - a_{\min}}{n - 1} = 15,3$$

$$a_{cp, \max} = \frac{\sum a - a_{\max}}{n - 1} = 14,6$$

Таблиця 2.2 – Значення К, що враховує число спостережень

Число спостережень	4	5	6	7-8	9-10	11-15	16-30	31-53	54 та >
Значення К	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Як бачемо  $\lim a_{min}$  и  $\lim a_{max}$ , нижня межа ряду  $9,8 < 12$  – найменшого показника спостереження, а верхня межа ряду  $20,1 > 18$  – найбільшого показника спостереження, що дозволяє зробити висновок в тому, що ряд достатньо стійкий та додаткового поліпшення не потребує.

У випадку, якщо найбільше та найменше значення ряду виходять за межі  $\lim a_{min}$  и  $\lim a_{max}$ , вони з ряду виключаються. При цьому виключено з ряду може бути не більше двох любих значень, так як велика кількість підозрюваних грубо-помилкових значень ряду свідчать про неякісне проведення спостережень.

Наприклад, при часі циклу до 5 хв. в результаті спостереження отримано ряд значень  $a$ , що складається з  $n = 12$  показників:

$$2-2-1,3-1,9-1,7-2,1-2,0-1,9-2,8-2,3-2,1-2,0-2,2$$

Визначаємо  $K_p = \frac{a_{max}}{a_{min}} = \frac{2,8}{1,3} = 2,1$  що більше 2, означає що ряд потребує

перевірки за методом відносної середньої квадратичної помилки. Ряд показників доцільно вести в табличній формі (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Ряд показників

Показники	Номер спостереження						
	1	2	3	4	5	6	7
$a$	2,20	1,30	1,90	1,70	2,10	2,00	1,90
$a$	4,84	1,69	3,61	2,89	4,41	4,00	3,61
Номер спостереження					Сума	Позначення	
8	9	10	11	12			
2,80	2,30	2,10	2,00	2,20	24,50	$\sum a$	
7,84	5,29	4,41	4,00	4,84	51,43	$\sum a^2$	

Величина фактичної відносної середньої квадратичної помилки хронометражного ряду буде рівна:

$$l_{\phi} = \pm \frac{1}{\sum a} \sqrt{\frac{n \sum a^2 - (\sum a)^2}{n-1}} = \pm \frac{1}{2,45} \sqrt{\frac{12 \cdot 51,43 - 24,5 \cdot 24,5}{12-1}} = \pm 0,18$$

Отриману  $l_{\phi}$  перевіряємо по допустимим величинам відносної середньої квадратичної помилки середнього значення ряду  $\pm l_{д}$ , у відповідності з даними таблиці 2.4.

Якщо  $l_{\phi} < l_{д}$ , то поліпшення ряду не вимагається. В прикладі  $l_{\phi} = 18\%$ ,  $l_{д} = 10\%$ , тобто  $l_{\phi} > l_{д}$ , значить потрібно поліпшення ряду.

Таблиця 2.4 – Значення  $\pm l_{д}$

Число циклічних елементів складу роботи	$\pm l_{д}$ , %
До 5	До 7
Більше 7	Більше 10

При поліпшенні ряду по методу середньої квадратичної помилки, для того щоб визначити, яке з крайніх значень ряду ( $a_{max} = 2,8$  або  $a_{min} = 1,3$ ) необхідно піддати перевірці, слід підрахувати коефіцієнти  $K_1$  та  $K_2$ , які рівні:

$$K_1 = \frac{\sum a - a_{min}}{\sum a - a_{max}} = \frac{24,5 - 1,3}{24,5 - 2,8} = \frac{23,2}{21,7} = 1,06$$

$$K_2 = \frac{\sum a^2 - a_{min} \sum a}{a_{max} \sum a - \sum a^2} = \frac{51,43 - 1,3 \cdot 24,5}{2,8 \cdot 24,5 - 51,43} = \frac{19,58}{18,17} = 1,07$$

Якщо  $K_1 < K_2$  то слід виключити  $a_{min}$ .

Якщо  $K_1 > K_2$  – виключаємо  $a_{max}$ .

Так  $K_1 < K_2$  виключаємо  $a_{min} = 1,3$ , після чого ряд знову перевіряємо в тій же послідовності, тобто визначаємо  $K_p$  покращеного ряду та таке інше.

Поліпшений ряд тоді буде 2,2-1,9-1,7-2,1-2,0-1,9-2,8-2,3-2,1-2,0-2,2.

$K_p = \frac{2,8}{1,7} = 1,65$ , ряд потребує перевірки по граничним значенням показників  $\lim a_{min}$  та  $\lim a_{max}$ . Середнє арифметичне значення ряду за вирахуванням  $a_{max}$  буде рівно:

$$a_{\phi, max} = \frac{\sum a - a_{max}}{n-1} = 2,0 \quad \lim a_{max} = 2,0 + 1(2,3 - 1,7) = 2,64, \quad a_{max} = 2,8 > 2,64,$$

тоді одне повинно бути виключено з ряду. Знову поліпшений ряд отримає вид:

$$2,2-1,9-1,7-2,1-2,0-1,9-2,3-2,1-2,0-2,2, \text{ в котрому } K_p = \frac{2,3}{1,7} = 1,35, \text{ що}$$

свідчить про необхідність нової перевірки ряду по методу граничних значень:

$$a_{\phi, \max} = \frac{\sum a - a_{\max}}{n-1} = 2,01 \quad \lim a_{\max} = 2,01 + 1(2,23 - 1,7) = 2,51, \text{ що більше у поліп-}$$

шеному ряду, тобто  $a_{\max}$  з ряду не виключається. Середнє арифметичне значення ряду за вирахуванням  $a_{\min}$  складає:

$$a_{\phi, \min} = \frac{\sum a - a_{\min}}{n-1} = 2,08 \quad \lim a_{\min} = 2,08 - 1(2,3 - 1,9) = 1,68, \text{ що менше } a_{\min} = 1,7 \text{ в}$$

ряду, та виключити його з ряду не слід ( $1,68 < 1,7 = a_{\min}$  ряду).

В цілому ряд з даними  $a_{\min} = 1,7$  та  $a_{\max} = 2,3$  стійкий, в очищенні більше не має потреби і забезпечує достовірну арифметичну середину показника витрат часу на операцію, яка в нашому випадку буде рівна:

$$a_{\phi} = \frac{\sum a}{n} = \frac{20,2}{10} = 2,02$$

При очищенні рядів показників спостережень за результатами перевірки методом відносної середньої квадратичної помилки при загальному числі значень в ряду до 10 може бути виключене одне значення, що відхиляється, до 25 – два, більше 25 – 10% загального числа значень (з округленням до цілого). Виключення необхідно робити послідовно, починаючи зі значення, що найбільш відхиляється. Інакше потрібно провести додатковий хронометраж. При первинній обробці поліпшеного ряду середнє значення визначається як просте середнє арифметичне.

## 2.2 Застосування методів поопераційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії ухвалення рішень і методів лінійного і нелінійного програмування

При розробці організаційно-технологічних рішень виробництва робіт по відновленню і будівництву залізобетонних споруд з високоморозостійким поверхневим шаром бетону був використаний метод операційного дослідження.

При усьому різноманітті змісту конкретних робіт в області дослідження

операцій кожне операційне дослідження проходило послідовно через декілька етапів: постановка завдання і розробка концептуальної моделі, розробка моделі, вибір (розробка) методу і алгоритму, перевірка адекватності і коригування моделі, пошук рішення на моделі і реалізація знайденого рішення на практиці.

При цьому застосовувалась когнітивна структуризація знань, необхідна для змістовної постановки завдання, що вимагає ухвалення рішення, визначення мети моделювання (тобто типу вирішуваної задачі – завдання оптимізації) і розробки концептуальної моделі.

Це надзвичайно важливий і відповідальний етап операційного дослідження. Спочатку мету і завдання операційного дослідження формулює замовник. Як правило, ця мета і постановка завдання має загальний характер: досліджувати технологію, організацію виробництва робіт і розробити конкретні рекомендації відносно її поліпшення.

На цьому етапі створюється операційна група в області технології і організації виробництва. Операційна група детально обстежує відповідну систему (об'єкт), вивчає інформаційні і матеріальні потоки як в середині самої системи, так і її зв'язки із зовнішнім середовищем. Одночасно вивчається організація підсистеми, управління цією системою (об'єктом), а також функціонування системи (показники якості, критерії ефективності) і зовнішні чинники, які впливають на ці характеристики.

Після збору результатів обстеження проводиться їх детальний аналіз, в результаті якого виявлялися істотні чинники і зміни, обґрунтовувався вибір тих або інших показників якості функціонування системи, а також істотних зовнішніх чинників, структура самої системи, склад його елементів, їх взаємозв'язки, внутрішні змінні. Проводиться додаткове обстеження організаційної системи з метою виявлення неврахованих чинників і їх взаємозв'язків.

Результатом цього етапу є концептуальна модель досліджуваної системи (завдання), в якій в змістовній формі описується склад системи, її компоненти і їх взаємозв'язки, перелік основних показників якості, змінних, як контрольованих так і неконтрольованих зовнішніх чинників, а також їх взаємозв'язків з



показниками якості системи, перелік стратегій ухвалення рішень, які потрібно визначити в результаті рішення поставленої задачі.

Системний аналіз і математичне моделювання були потрібні для формалізації завдання і розробки математичної моделі (тобто визначення цільової функції і обмежень).

Після отримання концептуальної моделі системи (змістовної постановки завдання) складала завдання і будували її математичну модель. Цей процес називається формалізацією завдання.

Відповідно до теорії ухвалення рішень будь-яке завдання, що вимагає ухвалення рішень характеризується наступними елементами:

- Безліччю змінних, значення яких вибирає особа, що приймає рішення (ЛПР). Називатимемо їх стратегіями або керівниками змінними і позначатимемо  $X=\{x_j\}$ . Безліччю змінних, які залежать від вибору стратегій. Їх називатимемо вихідними змінними завдання ухвалення рішень або рішеннями  $Y=\{y_i\}$ .

- Безліччю змінних, значення яких не регулюються ЛПР. Ці змінні можуть бути внутрішніми змінними і тоді їх називають параметрами системи  $A=\{a_k\}$ . У інших випадках ці змінні можуть бути зовнішніми, які змінюються незалежно від ЛПР, і тоді їх називають обуреннями або зовнішнім середовищем  $\Omega=\{\omega_j\}$ .

Обмеженнями на змінні, що управляють і вихідні, а також ресурси системи, які задаються у вигляді ресурсних функцій від керівників змінних і вихідних змінних.

Цільовою функцією – критерієм ефективності  $f$ , який залежить від прийнятих стратегій, параметрів системи і обурень  $f : X * A * \Omega \rightarrow Y$ . Цей критерій може бути як скалярним, так і векторним. І в останньому випадку ми маємо багатокритерійне завдання ухвалення рішень.

У загальному випадку математична модель завдання ухвалення рішень

$$\text{має такий вигляд:} \quad F = f(X, Y, A, \Omega) \xrightarrow{x} \max(\min) \quad (2.1)$$

$$\text{при обмеженнях:} \quad g_i(X, A, \Omega) \leq b_i, c = 1, m \quad (2.2)$$

$$X_{\min} \leq X \leq X_{\max} \text{ зад,} \quad (2.3)$$

$$Y_{\min} \leq Y \leq Y_{\max \text{ зад}}, \quad (2.4)$$

де  $f(X, Y, A, \Omega) = [f_k(X, Y, A, \Omega)]$ ,  $k = 1, k$  цільова функція (критерії якості);

$g_i(X, A, \Omega)$  – функція витрат  $i$ -го ресурсу;

$b_i$  – наявна величина  $i$ -го ресурсу в системі.

Обмеження (2.2), (2.3) можуть мати такий вигляд (умови позитивності):  $X \geq 0, Y \geq 0$ .

Залежно від виду відображення існують різні типи моделей. Так, залежно від міри мінливості параметрів і зовнішніх факторів, моделі можуть бути статичними або динамічними. Якщо параметри  $P$  і зовнішні фактори  $\Omega$  залишаються незмінними в часі, то математична модель буде статичною. Інакше, маємо динамічну модель ситуації ухвалення рішень. Відображення  $u$ , що описує динамічну модель, може бути задане різними класами диференціальних рівнянь.

Математичні моделі розрізняються також видом зовнішніх змінників, які можуть бути як детермінованими, так і випадковими.

Зробимо формалізацію завдання ухвалення рішень.

Позначимо для представленого завдання через  $X$  безліч векторів стратегій;  $P$  – безліч векторів параметрів завдання;  $\Omega$  – безліч векторів зовнішніх змінників (станів зовнішнього середовища);  $Y$  – безліч векторів вихідних змінних. Тоді математична модель завдання ухвалення рішень описується відображенням  $u$  у виді:

$$u: X \times P \times \Omega \rightarrow Y \quad (2.5)$$

Якщо змінники не випадкові, то їх можна віднести до параметрів  $P$  завдання, і тоді детермінована модель описуватиметься відображенням виду:

$$u: P \times X \rightarrow Y \quad (2.6)$$

Якщо ж обурення є випадковими, то маємо стохастичну модель завдання ухвалення рішень, яка описується загальним відображенням (2.6). В цьому випадку вихідні змінні будуть також випадковими, їх розподіли при заданих параметрах  $P$  визначатимуться розподілами зовнішніх змінностей.

Залежно від умов зовнішнього середовища і міри інформованості особи,

що приймає рішення, існує така класифікація завдань ухвалення рішень: - в умовах визначеності; - в умовах ризику; - в умовах невизначеності; - в умовах конфліктних ситуацій або протидій (активного супротивника).

У магістерській роботі були використані методи лінійного і нелінійного програмування для вирішення поставлених завдань оптимізації (для вирішення моделі).

Завдання, що вирішуються методами дослідження операцій, були сформульовані так: максимізувати

$$F(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

при обмеженнях

$$g_1(x_1, \dots, x_n) \leq b_1;$$

$$g_2(x_1, \dots, x_n) \leq b_2;$$

. . . . .

$$g_m(x_1, \dots, x_n) \leq b_m;$$

де  $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – цільова функція, або критерій ефективності (наприклад, вартість перевезень і тому подібне);

$X = \{x_1, \dots, x_n\}$  – варійовані параметри;

$g_1(x), \dots, g_m(x)$  – функції, які задають обмеження на наявні ресурси.

Серед різних розділів математичного програмування найбільш розвиненим і закінченим є лінійне програмування, коли цільова функція і усі обмеження є лінійними. Для вирішення математичних моделей інших типів призначені методи нелінійного програмування, цілочисельного програмування і деякі інші.

Незважаючи на вимогу лінійності функцій критеріїв і обмежень, в рамки лінійного програмування потрапляють численні завдання розподілу ресурсів, управління запасами, мережевого і календарного планування, транспортні завдання і інші.

Практично усі методи дослідження операцій породжують обчислювальні алгоритми, які є ітераційними за своєю природою. Це має на увазі, що завдання вирішується послідовно (ітераційно), коли на кожному кроці (ітерації) отримуємо рішення, що поступово сходяться до оптимального рішення. Ітераційна природа алгоритмів зазвичай призводить до об'ємних однотипних обчислень. У

цьому і полягає причина того, що ці алгоритми розробляються, в основному, для реалізації за допомогою обчислювальної техніки.

Оптимальне рішення задачі лінійного програмування можна знайти шляхом простого перебору усіх базисних (допустимих) рішень або за допомогою алгоритму симплекс-методу, який знаходить оптимальне рішення, розглядаючи обмежену кількість допустимих базисних рішень.

Універсальних алгоритмів рішення завдань нелінійного програмування не існує, і пов'язано це, головним чином, з різноманітністю нелінійних функцій.

Алгоритми рішення завдань нелінійного програмування умовно можна розділити на непрямі і прямі. У непрямих алгоритмах рішення задачі нелінійного програмування зводиться до рішення однієї або декількох лінійних завдань, породжених початковою. Прямі методи безпосередньо мають справу з початковим нелінійним завданням.

До непрямих алгоритмів рішення завдань нелінійного програмування відносяться, алгоритми сепарабельного, квадратичного, геометричного і стохастичного програмування.

До прямих алгоритмів належать алгоритми лінійних комбінацій і послідовної безумовної максимізації, а також простий перебір усіх допустимих рішень.

Після досягнення задовільного рівня адекватності моделі застосовують відповідний метод або алгоритм для знаходження оптимального (чи субоптимального) рішення на математичній моделі. Це рішення може приймати різні форми: аналітичну, чисельну, або алгоритмічну (у вигляді набору процедур, правив, і тому подібне).

### 2.3 Математичні методи планування експерименту, використовувані в дослідженнях

Процес складання багатofакторних математичних моделей був розділений на наступні основні етапи: вибір чинників, планування і проведення експерименту, обробка експериментальних результатів, розрахунок математичної

моделі, аналіз отриманого рівняння регресії.

Локальну область експерименту визначали вибором основних рівнів чинників і інтервалів їх варіювання. Останні приймали з урахуванням схеми плану експерименту і областей визначення чинників. Чинники, залежно від вживаного плану експерименту, варіюються на трьох основних рівнях: верхньому, нижньому і нульовому (основному). Рівні і інтервали варіювання чинників представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Фактори	Верхній рівень	Нульовий рівень	Нижній рівень	Інтервал варіювання
$x_1$	$(x_1)_{\max}$	$x_{01}$	$(x_1)_{\min}$	$\Delta x_1$
$x_2$	$(x_2)_{\max}$	$x_{02}$	$(x_2)_{\min}$	$\Delta x_2$
$x_3$	$(x_3)_{\max}$	$x_{03}$	$(x_3)_{\min}$	$\Delta x_3$
$x_4$	$(x_4)_{\max}$	$x_{04}$	$(x_4)_{\min}$	$\Delta x_4$

Для спрощення обчислювальних операцій і забезпечення заданих властивостей матриць, при плануванні експерименту вводили кодовані змінні  $x_i$ , замість натуральних  $x_i$ . Кодовані і натуральні змінні значення зв'язуються співвідношенням:

$$x_i = \frac{x_i - x_{oi}}{\Delta x_i} \quad (2.7)$$

де,  $x_{oi}$  – координата центру експерименту по  $x_i$  – у чиннику, так званий нульовий рівень, що обчислюється за формулою:

$$x_{oi} = 0,5(x_{imax} - x_{imin}) \quad (2.8)$$

Представлене перетворення полегшує розрахунки, так як для верхнього рівня фактор  $x_i = +1$ , для нижнього –  $x_i = -1$ .

Вибравши Д-оптимальний план, складаємо матрицю планування повного факторного експерименту типу  $2^n$ , де  $n$  – число чинників. У таблиці 2.6 представлена матриця планування для Д-оптимального плану, яка відбиває послідовність реалізації можливих комбінацій чинників. У векторах-стовпцях знак "+" означає, що в цьому досвіді цей чинник повинен знаходитися на верхньому рівні, знак "-" на нижньому рівні, знак "0" – на основному, "нульовому" рівні.

При заданому числі паралельних вимірів параметру, експеримент ділить-

ся на  $m$  серії в досвіді, в кожному з яких повністю реалізується матриця планування. Середнє числове значення величини  $Y_i$  (де  $i$  – номер досвіду) заносять у відповідний рядок стовпця  $Y$  таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Матриця планування експерименту

№ опиту	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_{1,2,3}$	№ опиту	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_{1,2,3}$
1	+	+	+	+		13	-	-	+	+	
2	+	+	+	-		14	-	-	+	-	
3	+	+	-	+		15	-	-	-	+	
4	+	+	-	-		16	-	-	-	-	
5	+	-	+	+		17	+	0	0	0	
6	+	-	+	-		18	-	0	0	0	
7	+	-	-	+		19	0	+	0	0	
8	+	-	-	-		20	0	-	0	0	
9	-	+	+	+		21	0	0	+	0	
10	-	+	+	-		22	0	0	-	0	
11	-	+	-	+		23	0	0	0	+	
12	-	+	-	-		24	0	0	0	-	

У цій роботі усі математичні моделі були розраховані за допомогою програм.

## 2.4 Висновки по розділу

1. Проаналізовано існуючі методи дослідження технологічних рішень будівництва монолітних залізобетонних споруд. Визначені завдання подальшого шляху розглядання проблематики.

## РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО  
 РОЗРАХУНКУ ЗМІННОГО ЗАВДАННЯ ДЛЯ БРИГАДИ  
 БЕТОНУВАЛЬНИКІВ ПРИ БЕТОНУВАННІ МОНОЛІТНИХ СПОРУД

## 3.1 Різновиди конструкцій, що бетонуються

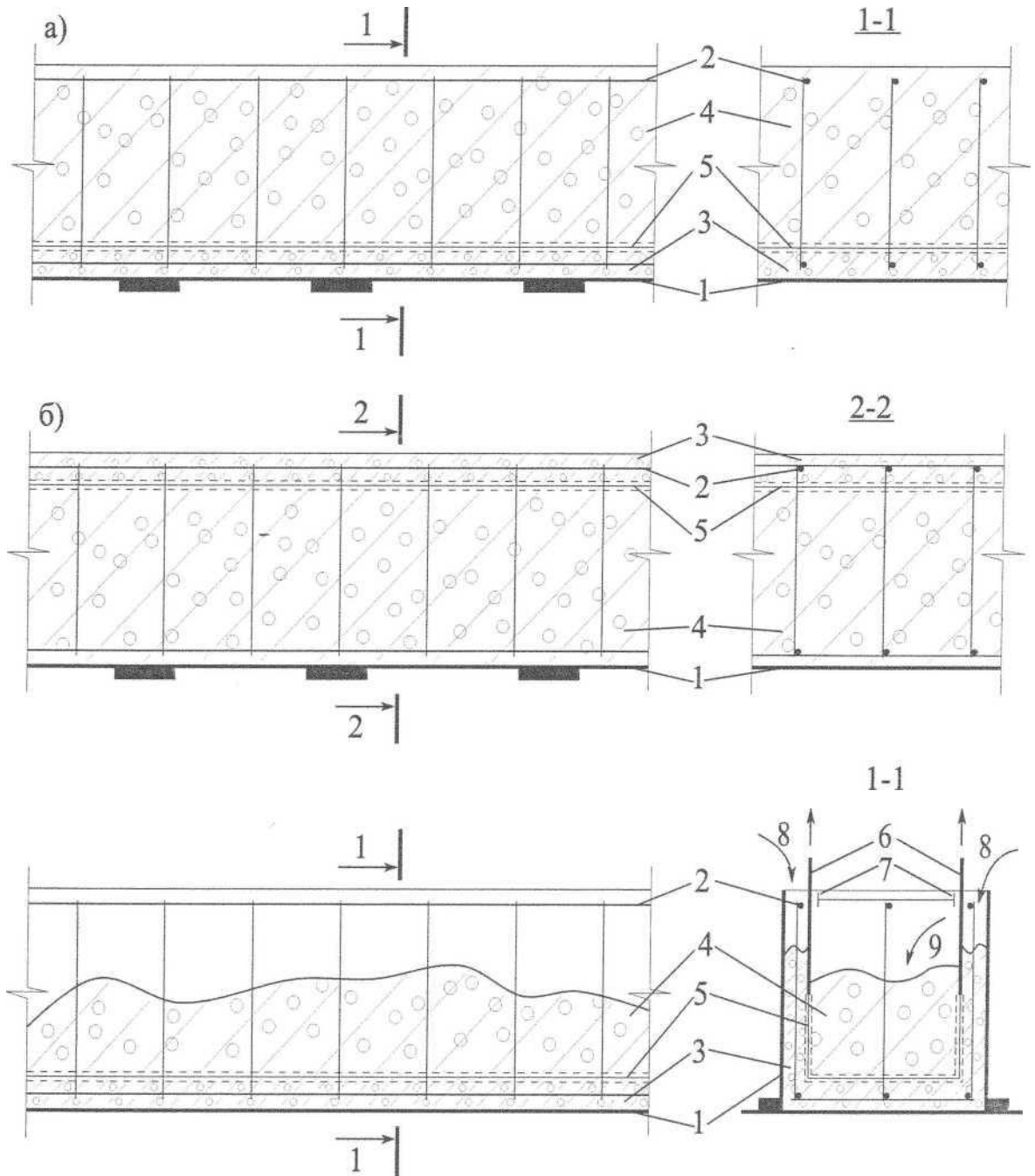


Рисунок 3.1 – Схема бетонування несучої залізобетонної балки

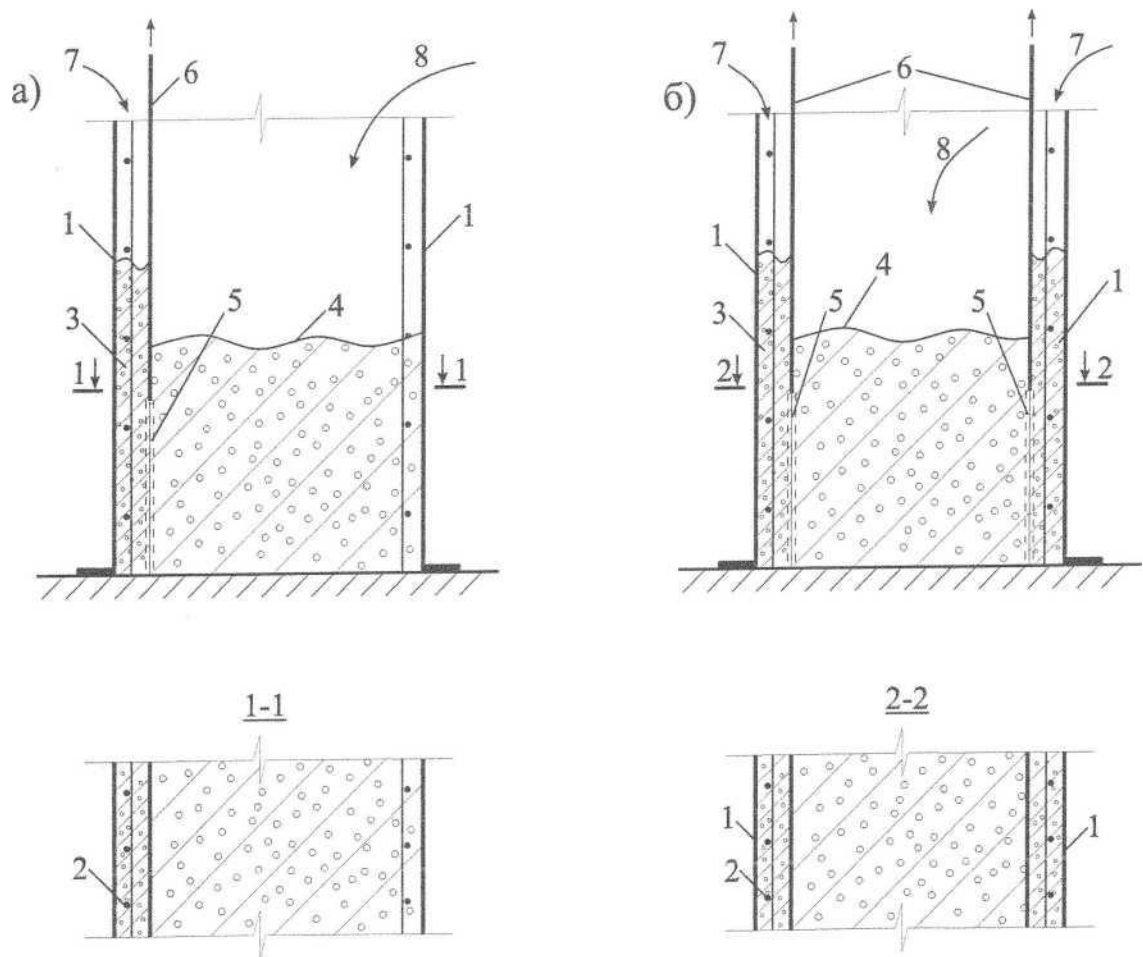


Рисунок 3.2 – Схема бетонування зовнішніх несучих залізобетонних стін

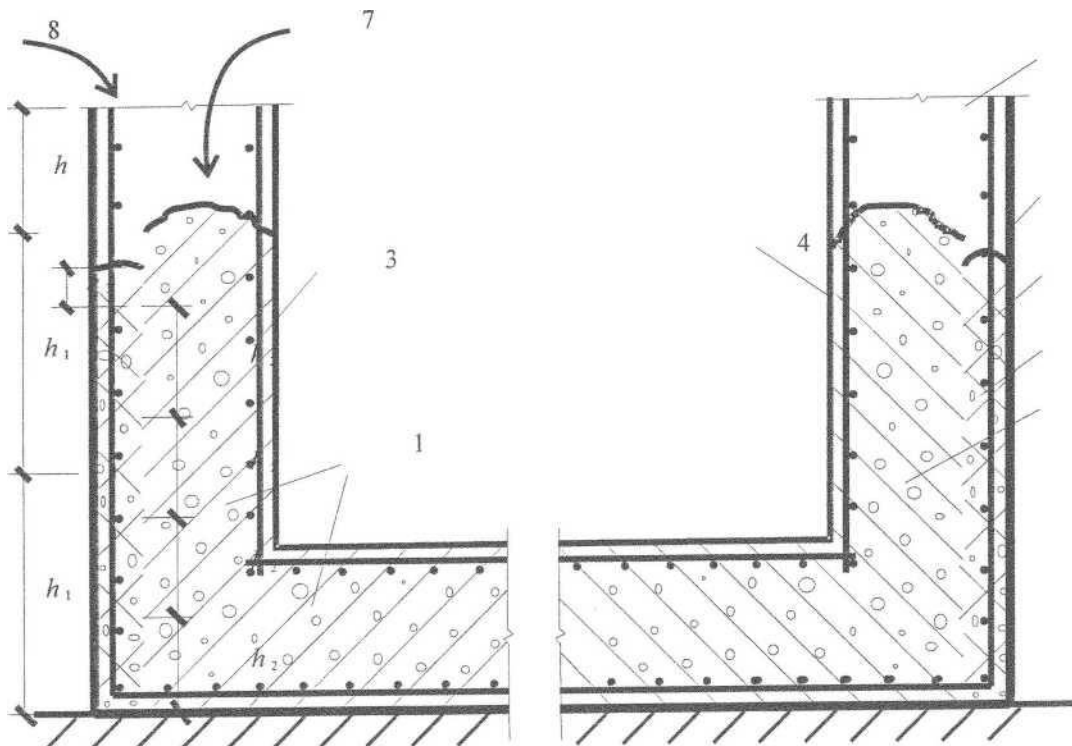


Рисунок 3.3 – Схема бетонування спеціальних залізобетонних споруд



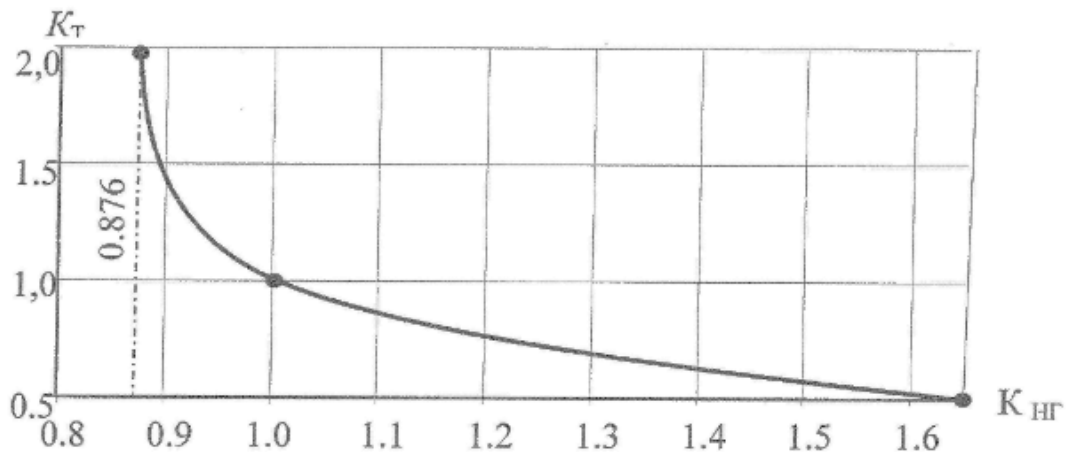


Рисунок 3.4 – Залежність коефіцієнту трудомісткості укладки бетонних сумішей  $K_T$  від  $K_{НГ}$  цементного тіста у застосовуваних бетонних сумішах

### 3.2 Розробка методу автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд

1. Розробляється алгоритм розрахунку тривалості приватних технологічних процесів, що становлять комплексний технологічний процес бетонування споруд, та похідних параметрів, таких як: трудомісткість; кількість ділянок в зміну; площа ділянки,  $m^2$ ; об'єм робіт і об'єм бетонної суміші за зміну.

Найважливіша умова в цьому завданні – необхідність обліку технологічних вимог до виконання приватних технологічних процесів: їх якості; тривалість; послідовність; дотриманню часу по хвиликах між окремими процесами; визначення необхідної якості початкових матеріалів та складу бетону; обліку термінів захоплення цементного тіста в бетонній суміші. Дотримання цих організаційно-технологічних умов забезпечить спільну роботу шарів бетону як структурно-цілісного матеріалу.

2. Розробляється додаток Excel, з використанням мови програмування VBA для автоматизованого розрахунку змінного завдання.

Використовуємо методи.

Алгоритм розрахунку представляємо як рішення задачі лінійного програмування методом послідовного перебору допустимих значень змінних.

Змістовна постановка завдання.

Розглянемо процес бетонування споруди в наступних умовах: - установка опалубки; - установка арматурного каркаса; - контроль якості установки опалубки; - контроль якості установки арматурного каркаса; - контроль загальних розмірів; - укладання бетонної суміші; - техноперерва; - укладання другої частини бетонної суміші; - приготування бетону; - визначена технологія виробництва робіт; - склад і послідовність виконання робіт; - умови взаємодії між роботами; - терміни початку і закінчення схоплювання цементного тіста в бетонній суміші.

Тобто, враховуємо усі необхідні умови технології виробництва робіт, що забезпечують спільну роботу шарів бетону як структурно-цілісного матеріалу.

Необхідно розрахувати щохвилинний графік виробництва робіт і визначити об'єм змінного вироблення в м<sup>2</sup>.

Алгоритм розрахунку.

Змінне завдання ділиться на ділянки  $S_{\text{опт}}$ , м<sup>2</sup>.

Визначаємо тривалість робіт на ділянці: установка опалубки ( $t_1$ ); установка арматурного каркаса ( $t_2$ ); контроль якості ( $t_3$ ); бетонування ( $t_4$ ).

$$t_1 = \frac{S_{\text{опт}}}{T_{p1}} \quad (3.1)$$

$$t_2 = \frac{S_{\text{опт}}}{T_{p2}} \quad (3.2)$$

$$t_3 = \frac{S_{\text{опт}}}{T_{p3}} \quad (3.3)$$

$$t_4 = \frac{S_{\text{опт}}}{T_{p4}} \quad (3.4)$$

Визначаємо сумарну тривалість робіт на ділянці (Т).

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + 2 \cdot t_4 + t_5 \quad (3.5)$$

Шукаємо максимум можливого значення  $S_{\text{опт}}$  на області допустимих значень.

Визначаємо кількість ділянок в 1/2 зміну ( $N_{\text{уч.}}$ ).

$$N_{\text{уч.}} = \frac{247,5 \cdot (t_1 + t_2 + t_3)}{2 \cdot t_4 + t_5} \quad (3.6)$$

де 247,5 – час роботи впродовж 1/2 зміни, хв.

Округляємо  $N_{уч}$  вниз до цілих. Якщо утворюється надлишок часу, вводимо додаткову технологічну перерву.

Визначаємо кількість ділянок в зміну ( $N_{зм}$ ):

$$N_{зм} = 2 \cdot N_{уч} \quad (3.7)$$

Визначуваний об'єм бетонування поверхні за зміну ( $S$ ):

$$S = S_{опт} \cdot N_{зм} \quad (3.8)$$

Визначуваний необхідний об'єм бетонної суміші  $V_{бс}$ , з урахуванням її ущільнення і відскоку в процесі торкретування:

$$V = S \cdot h \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (3.9)$$

де:  $h$  – товщина шару;  $K_1$  – коефіцієнт на ущільнення;  $K_2$  – коефіцієнт втрат бетонної суміші, залежно від виду бетонованої конструкції.

Потім, визначаємо кількість бетонної суміші, необхідної для бетонування усього об'єкту.

Створюємо додаток Excel та визначаємо кількісні значення даних параметрів, за введеними конкретними початковими даними, з урахуванням коефіцієнта трудомісткості робіт, визначуваного мірою руйнування поверхневого шару бетону. Автоматично видається щохвилинний графік виробництва робіт.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

№ п/п	Найменування робіт	Техн. норм.	Одиниця вимірювання		Трудомісткість по ведучій машині, маш-час		
					Стіни	Несучі балки та колони	Перегородки
1	Установка опалубки	хрон-ж	100	м2	27,30	43,20	21,45
2	Установка арм. каркаса	хрон-ж	100	м2	5,45	7,68	2,78
3	Контроль якості	хрон-ж	100	м2	0,50	0,84	0,32
4	Укладка бетони сумішей	хрон-ж	100	м2	12,45	16,78	8,70
5	Приготування бетону	хрон-ж	1	м2	1,02	1,02	1,02
					Відновлювальна площа, м2		
Макс. час до початку укладки слід шару бет. суміші, хвл.			45		Стіни	Несучі балки та колони	Перегородки
Час кінця схватування бетону, хвл.			120		243	105	367

Таблиця 3.2 – Розрахункові кількісні значення розглянутих параметрів

№ п/п	Найменування роботи	Тривалість робіт, хв.		
		Стіни	Несучі балки та колони	Перегородки
1	Установка опалубки	26	29	40
2	Установка арм. каркасу	15	15	15
3	Контроль якості установки опалубки	5	3	2
4	Контроль якості установки арматурного каркасу	6	4	3
5	Контроль загальних розмірів	4	7	2
6	Укладка бетонної суміші	35	34	48
7	Техноперерва	10	11	0
8	Укладка другої частини бетонної суміші	35	34	48
9	Приготування бетону	8	6	14
10	Техноперерва після ділянки	15	15	89
11	Час робіт на ділянці	124	129	157
12	Кількість ділянок в зміну, шт	4	4	2
13	Площа ділянки, м <sup>2</sup>	4,74	3,36	9,29
14	Об`єм робіт на зміну, м <sup>2</sup>	18,96	13,44	18,58
15	Об`єм бетону на ділянку, м <sup>3</sup>	20,25	8,75	30,58
16	Об`єм бетону за зміну, м <sup>3</sup>	81,00	35,00	122,33
17	Кількість змін на весь об`єм робіт, зміни	13	8	20

Розроблений та запропонований алгоритм та метод автоматизованого розрахунку технологічних рішень бетонування залізобетонних споруд ефективний та може бути використаний в технологічному проектуванні виробництва робіт.

3.3 Програма автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд залежно від виду бетонованих конструкцій

Sub SetScheduleQ

Dim a11, a12, a13, a21, a22, a23, a31, a32, a33, a41, a42, a43, a51, a52, a53, S1, S2, S3 As Double

Dim Ts, Te, u1, u2, u3, u4, u5 As Long

a11 = Sheets(1).Range("F3").Value

a12 = Sheets(1).Range("G3").Value

a13 = Sheets(1).Range("H3").Value

a21 = Sheets(1).Range("F4").Value

a22 = Sheets(1).Range("G4").Value

a23 = Sheets(1).Range("H4").Value

a31 = Sheets(1).Range("F5").Value

a32 = Sheets(1).Range("G5").Value

a33 = Sheets(1).Range("H5").Value

a41 = Sheets(1).Range("F6").Value

a42 = Sheets(1).Range("G6").Value

a43 = Sheets(1).Range("H6").Value

a51 = Sheets(1).Range("F7").Value

a52 = Sheets(1).Range("G7").Value

a53 = Sheets(1).Range("H7").Value

S1 = Sheets(1).Range("F11").Value

S2 = Sheets(1).Range("G11").Value

S3 = Sheets(1).Range("H11").Value

Ts = Sheets(1).Range("D10").Value

Te = Sheets(1).Range("D11").Value

If Sheets(1).Range("D3").Value = "" Then

    u1 = 1

Else

    u1 = Sheets(1).Range("D3").Value

End If

    If Sheets(1).Range("D4").Value = "" Then

        u2 = 1

    Else

        u2 = Sheets(1).Range("D4").Value

    End If

```
If Sheets(1).Range("D5").Value = "" Then
```

```
    u3 = 1
```

```
Else
```

```
    u3 = Sheets(1).Range("D5").Value
```

```
End If
```

```
If Sheets(1).Range("D6").Value = "" Then
```

```
    u4 = 1
```

```
Else
```

```
    u4 = Sheets(1).Range("D6").Value
```

```
End If
```

```
If Sheets(1).Range("D7").Value = "" Then
```

```
    u5 = 1
```

```
Else
```

```
    u5 = Sheets(1).Range("D7").Value
```

```
End If
```

```
Dim t11, t12, t13, t21, t22, t23, t31, t32, t33, t41, t42, t43, t51, t52, t53, t61, t62,
t63, t71, t72, t73, t81, t82, t83, topt11, topt12, topt13, topt21, topt22, topt23, topt31,
topt32, topt33, topt41, topt42, topt43, topt51, topt52, topt53, topt61, topt62, topt63,
topt71, topt72, topt73, toptS1, topt82, topt83
```

```
As Long
```

```
Dim T1, T2, T3, Topt1, Topt2, Topt3, Ssh1, Ssh2, Ssh3, Sopt1, Sopt2, Sopt3, V1,
V2, V3, Vopt1, Vopt2, Vopt3 As Double
```

```
Ssh1 = 0.01
```

```
Sopt1 = Ssh1
```

```
Do While Ssh1 <= S1
```

```
    V1 = Ssh1 * 0.02 * 1.25
```

```
t11 = Application.WorksheetFunction.Round(a11 / u1 * Ssh1 * 60, 0)
```

```
t21 = Application.WorksheetFunction.Round(a21 / u2 * Ssh1 * 60, 0)
```

```
t31 = Application.WorksheetFunction.Round(a31 / u3 * Ssh1 * 60, 0)
```

t51 = Application.WorksheetFunction.Round(a41 / u4 \* Ssh1 \* 60, 0)

If t51 < Ts Then

t61 = Application.WorksheetFunction.Round(Ts - t51, 0)

Else

t61 = 0

End If

t71 = Application.WorksheetFunction.RoundUp(a51 / u5 \* V1 \* 60, 0)

t81 = Application.WorksheetFunction.Round(247.5 - (t11 + t21 + 3\*t31 + 2\*t51 + t61), 0)

T1 = t11 + t21 + 3 \* t31 + 2 \* t51 + t61

If Application.WorksheetFunction.RoundDown(247.5 / (247.5 - t81), 0) > 1 Then

T1 = T1 /

Application.WorksheetFunction.RoundDown(247.5 / (247.5 - t81), 0)

t81 = Application.WorksheetFunction.Round(T1 \* 60 - (t11 + t21 + 3 \* t31 + 2 \* t51 + t61), 0)

End If

If T1 <= 247.5 And t21 <= 15 And t11 + t21 <= 90 And t31 <= 10 And t51 <= Te Then

Sopt1 = Ssh1

topt11 = t11

topt21 = t21

topt31 = t31

topt41 = t41

topt51 = t51

topt61 = t61

topt71 = t71

topt81 = t81

Topt1 = T1

Vopt1 = V1

End If

Ssh1 = Ssh1 +0,01

Loop

Ssh2 = 0.01

Sopt2 = Ssh2

Do While Ssh2 <= S2

V2 = Ssh2 \* 0.02 \* 1.3

t12 = Application.WorksheetFunction.Round(a12 / u1 \* Ssh2 \*60, 0)

t22 = Application.WorksheetFunction.Round(a22 / u2 \* Ssh2 \*60, 0)

t32 = Application.WorksheetFunction.Round(a32 / u3 \* Ssh2 \*60, 0)

t52 = Application. WorksheetFunction.Round(a42 / u4 \* Ssh2 \*60, 0)

If t52 < Ts Then

t62 = Application.WorksheetFunction.Round(Ts-t52, 0)

Else

t62 = 0

End If

t72 = Application.WorksheetFunction.RoundUp(a52 / u5 \* V2\* 60, 0)

t82 = Application.WorksheetFunction.Round(247.5 - (t12 + t22 + 3 \*  
t32 + 2 \* t52 +t62), 0)

T2 = t12 + t22 + 3 \* t32 + 2 \* t52 + t62

If Application. WorksheetFunction.RoundDown(247.5 / (247,5 -t82), 0)

> 1 Then

T2 = T2 /

Application.WorksheetFunction.RoundDown(247.5 /(247.5 - t82), 0)

t82 = Application.WorksheetFunction.Round(T2 \* 60 - (t12 + t22 + 3 \*  
t32 + 2 \* t52 +t62), 0)

End If



```

    If T2 <= 247.5 And t22 <= 15 And t12 + t22 <= 90 And t32 <=
10 And t52 <= Te Then
    Sopt2 = Ssh2
    topt12 = t12
    topt22 = t22
    topt32 = t32
    topt42 = t42
    topt52 = t52
    topt62 = t62
    topt72 = t72
    topt82 = t82
    Topt2 = T2
    Vopt2 = V2
    End If

    Ssh2 = Ssh2 + 0.01

    Loop

    Ssh3 = 0.01

    Sopt3 = Ssh3

    Do While Ssh3 <= S3

    V3 = Ssh3 * 0.02 * 1.15

    t13 = Application.WorksheetFunction.Round(a13 / u1 * Ssh3 * 60, 0)
    t23 = Application.WorksheetFunction.Round(a23 / u2 * Ssh3 * 60, 0)
    t33 = Application.WorksheetFunction.Round(a33 / u3 * Ssh3 * 60, 0)
    t53 = Application.WorksheetFunction.Round(a43 / u4 * Ssh3 * 60, 0)
    If t53 < Ts Then
    t63 = Application.WorksheetFunction.Round(Ts - t53, 0)

```

```

Else
t63 = 0
End If

t73 = Application.WorksheetFunction.RoundUp(a53 / u5 * V3* 60, 0)
t83 = Application.WorksheetFunction.Round(247.5 - (t13 + t23 + 3 * t33
+ 2 * t53 + t63), 0)

T3 =t13 + t23 + 3 * t33 + 2 * t53 +t63

If Application.WorksheelFunction.RoundDown(247.5 / (247.5
-183), 0)> 1 Then
T3 = T3 /
Application.WorksheetFunction.RoundDown(247.5 / (247.5 - t83), 0)
t83 = Application.WorksheetFunction,Round(T3 * 60 - (t13
+ t23 + 3 * t33 +2 * 153 + t63), 0)
End If

If T3 <= 247.5 And t23 <= 15 And t13 + t23 <= 90 And t33 <= 10 And
t53 <= Te Then
Sopt3 = Ssh3
topt13 = t13
topt23 = t23
topt33 = t33
topt43 = t43
topt53 = t53
topt63 = t63
topt73 = t73
topt83 = t83
Topt3 = T3
Vopt3 = V3
End If

Ssh3 = Ssh3 + 0.01

```

## Loop

```
Sheets(2).Range("C3").Value = topt11
Sheets(2).Range("D3").Value = topt12
Sheets(2).Range("E3").Value = topt13
Sheets(2).Range("C4").Value = topt21
Sheets(2).Range("D4").Value = topt22
Sheets(2).Range("E4").Value = topt23
Sheets(2).Range("C5").Value = topt31
Sheets(2).Range("D5").Value = topt32
Sheets(2).Range("E5").Value = topt33
Sheets(2).Range("C6").Value = topt31
Sheets(2).Range("D6").Value = topt32
Sheets(2).Range("E6").Value = topt33
Sheets(2).Range("C7").Value = topt31
Sheets(2).Range("D7").Value = topt32
Sheets(2).Range("E7").Value = topt33
Sheets(2).Range("C8").Value = topt51
Sheets(2).Range("D8").Value = topt52
Sheets(2).Range("E8").Value = topt53
Sheets(2).Range("C9").Value = topt61
Sheets(2).Range("D9").Value = topt62
Sheets(2).Range("E9").Value = topt63
Sheets(2).Range("C10").Value = topt51
Sheets(2).Range("D10").Value = topt52
Sheets(2).Range("E10").Value = topt53
Sheets(2).Range("C11").Value = topt71
Sheets(2).Range("D11").Value = topt72
Sheets(2).Range("E11").Value = topt73
Sheets(2).Range("C12").Value = topt81
Sheets(2).Range("D12").Value = topt82
```

```

Sheets(2).Range("E12").Value = topt83
Sheets(2).Range("C13").Value = Topt1
Sheets(2).Range("D13").Value = Topt2
Sheets(2).Range("E13").Value = Topt3
Sheets(2).Range("C17").Value = Sopt1
Sheets(2).Range("D17").Value = Sopt2
Sheets(2).Range("E17").Value = Sopt3
Sheets(2).Range("C19").Value = Vopt1
Sheets(2).Range("D19").Value = Vopt2
Sheets(2).Range("E19").Value = Vopt3
Sheets(2).Range("C 17").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt1, 0)
Sheets(2).Range("D17").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt2, 0)
Sheets(2).Range("E17").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt3, 0)
Sheets(2).Range("C18").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundUp(S1 / (Sopt1 *
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt1, 0)), 0)
Sheets(2).Range("D18").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundUp(S2 / (Sopt2 *
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt2, 0)), 0)
Sheets(2).Range("E18").Value =
Application.WorksheetFunction.RoundUp(S3 / (Sopt3 *
Application.WorksheetFunction.RoundDown(495 / Topt3, 0)), 0)

Sheets(2). Select

End Sub

```

### 3.4 Висновки по розділу

1. Запропоновані технологічні рішення будівництва залізобетонних споруд залежно від виду конструкцій, що бетонуються.

## РОЗДІЛ 4

ОСНОВИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ  
БУДІВНИЦТВІ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ СПОРУД

Контроль якості виробництва робіт повинен виконуватися відповідно до проекту виробництва робіт і здійснюватися керівництвом об'єкту, авторським наглядом і замовником.

В процесі виробництва робіт необхідно контролювати: технічні характеристики заповнювача; відповідність проекту виду і марки цементу; наявність паспортів на вживані матеріали та відповідність їх вимогам державних стандартів; ретельність дозування і перемішування матеріалів; вологість вживаних матеріалів; якість підготовки поверхні перед укладанням бетонних сумішей; правильність установки арматури, якщо вона передбачена проектом; дотримання основних параметрів приготування, доставки і укладання бетонних сумішей; правильність догляду за укладеним бетоном. А також контролювати вплив якості вживаних матеріалів і параметрів технологічних операцій: дозування; перемішування початкових компонентів; доставки; укладання; ущільнення і умов тверднення бетонних сумішей, на однорідність бетону по міцності і морозостійкості. При цьому слід використовувати методику, задану проектом.

При прийманні робіт мають бути пред'явлені наступні документи: паспорти і акти випробувань цементу і заповнювачів; сертифікати на арматуру; акти на приховані роботи (арматурні, підготовка поверхні опалубки та ін.); протоколи випробування бетону на міцність, водонепроникність, морозостійкість і т. д.; журнал виробництва робіт.

Основним документом, що визначає виробничі стосунки на будівельному майданчику і при виробництві робіт, є "Закон про охорону праці в Україні".

Усі роботи по будівництву залізобетонних споруд з високоморозостійким поверхневим шаром бетону повинні відповідати вимогам "Техніка безпеки в будівництві"; "правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів"; "правилам техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів";

"правилам техніки безпеки і виробничої санітарії при виробництві робіт",

Роботи, пов'язані з обслуговуванням стандартних машин, механізмів і пристосувань, повинні виконуватися відповідно до вимог типових інструкцій і вказівок по техніці безпеки для цього устаткування.

Здійснювати виробництво робіт дозволяється тільки після обгороджування місця роботи. На робочих місцях мають бути вивішені плакати та інструкції по техніці безпеки. Усі будівельні механізми та електричний інструмент мають бути заземлені. Усувати несправності, чистити і змащувати устаткування або окремі його вузли дозволяється тільки після повної зупинки і відключення мережі електроживлення.

Усі місця роботи, а також сходи і проходи повинні мати освітлення, що відповідає діючим нормам. У місцях укладання бетонних сумішей джерела світла мають бути розташовані так, щоб на робочі поверхні не падали тіні від того, що працює, його інструменту або елементів устаткування. Усі освітлювальні прилади розташовані в зоні роботи повинні мати захисні ковпаки з небиткого скла.

Робітники, зайняті виробництвом бетонних робіт, мають бути забезпечені спецодягом і індивідуальними захисними пристосуваннями, залежно від роду виконуваної роботи і шкідливості для здоров'я. Машиністи будівельних машин повинні працювати в спецодязі, передбаченому діючими нормами на спецодязі.

При роботі з хімічними добавками слід дотримувати правила роботи з їдкими речовинами. Частина тіла, на які потрапили добавки, необхідно ретельно промити водою, а потім нейтралізуючим 2%-ним розчином борної кислоти або 1 %-ним розчином оцтової кислоти. Основи контролю якості технологічних процесів і охорони праці при ремонті залізобетонних споруд.

Контроль якості технологічних процесів виробництва робіт по відновленню конструкцій і споруд повинен виконуватися відповідно до проекту виробництва робіт і здійснюватися керівництвом об'єкту, авторським наглядом і замовником.

Контроль якості укладеного торкрету полягає у візуальному огляді і регу-

лярному простукуванні торкретного покриття легким молотком. На поверхні торкрету не має бути усадкових тріщин, здуття і відшаровування. Глухий звук вказує на нещільність прилягання торкрету до поверхні або його відшарування.

У разі потреби виправлення дефектних ділянок поверхні, що покрита торкретом (опливи, відшаровування, вифарбовування, дрібні окремі тріщини), зрубання торкрету слід починати не раніше, ніж він досягне 50%-ої проектною міцності. Зрубувати слід лише той шар торкрету, який відшаровується від попереднього або від кладки.

При прийманні робіт мають бути пред'явлені наступні документи: паспорти та акти випробувань цементу і заповнювачів; сертифікати на арматуру; акти на приховані роботи (арматурні, підготовка поверхні); протоколи випробування торкрету на міцність, водонепроникність, морозостійкість і т. д.; журнал торкретних робіт.

Основним документом, що визначає виробничі стосунки між "замовником" і "підрядчиком" на будівельному майданчику і при виробництві робіт, є "Закон про охорону праці в Україні".

Усі роботи по відновленню бетонних і залізобетонних конструкцій і споруд високоморозостійким поверхневим шаром бетону повинні відповідати вимогам: ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві»; Правилам технічної експлуатації електроустановок споживачів; Правилам техніки безпеки і виробничої санітарії при виробництві робіт по реконструкції і капітальному ремонту штучних споруд; Правилам устрою і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском; Правилам устрою і безпечної експлуатації повітряних компресорів і парових котлів.

Робітники мають бути проінструктовані за правилами техніки безпеки на робочому місці, про що робиться відповідний запис в журналі інструктажу, а після проходження медичного огляду і навчання їх способам надання першої допомоги потерпілим при нещасних випадках допускаються до робіт.

Машиністи цемент-гармат, компресорних установок, розчинозмішувачів, а також нагнітачів повинні мати при собі посвідчення про проходження



техмінімуму і складання іспитів.

Роботи, пов'язані з обслуговуванням стандартних машин, механізмів і пристосувань, повинні виконуватися відповідно до вимог типових інструкцій і вказівок по техніці безпеки для цього устаткування. Напірні місткості (бак для води, ресивер та т. ін.) мають бути забезпечені паспортами, інструкцією по обслуговуванню та зареєстровані в Держпромнагляді.

Установки та трубопроводи, що працюють під тиском, не рідше за один раз в 3 міс. повинні піддаватися гідравлічним випробуванням під тиском, що перевищує робоче в 1,5 рази. Забороняється користуватися установками і апаратами, що працюють під тиском, за відсутності або несправності манометрів і запобіжних клапанів. Наносити торкрет на ремонтвану поверхню кладки інженерних споруд дозволяється тільки після обгороджування місця роботи. На робочих місцях мають бути вивішені плакати і інструкції по техніці безпеки. Цемент-гармату, при стаціонарній її установці, потрібно розташовувати на вирівняному майданчику. Навколо машини, за винятком сторони, з якою робиться її завантаження, необхідно мати прохід шириною не менше 1 м. Усі будівельні механізми і електричний інструмент мають бути заземлені.

Без сигналу нагнітача машиніст цемент-гармати не має права подавати повітря в машину і включати її в роботу. За відсутності між машиністом і нагнітачем прямого зорового зв'язку має бути організована звукова і світлова сигналізація.

Усувати несправності, чистити і змашувати устаткування або окремі його вузли, підтягувати з'єднання в трубопроводах дозволяється тільки після зняття тиску повітря і відключення мережі електроживлення.

Перед початком роботи матеріальні трубопроводи і шланги продувають стислим повітрям. Забороняється перегинати матеріальні шланги, а також усувати пробки шляхом подачі повітря під тиском, що перевищує робоче. Під час продування матеріального шлангу на початку і у кінці роботи або після усунення пробки забороняється тримати в руках сопло або вільний кінець матеріального шлангу; вони мають бути відведені убік від місця знаходження людей або

їх постійного руху і закріплені.

Роботи по нанесенню торкрету на висоті більше 2 м слід вести із спеціальних підмосток або технологічного візка. Пересування технологічного візка або переміщення підмосток на чергову ділянку торкретування можна робити тільки з дозволу особи, відповідальної за ведення робіт, після огляду ділянки, що покрита торкретом, і відповідного запису в журналі. Усі майданчики на візку на висоті більше 1,5 м мають бути обладнані перилами, що захищають, заввишки не менше 1 м і суцільним настилом з бортовою дошкою заввишки не менше 15 см.

В процесі торкретування склепінчастої і стельової поверхні робітники не повинні знаходитися під поверхнею свіжонанесеного торкрету. Забороняється вести роботи в двох ярусах по одній вертикалі за відсутності між ярусами суцільного настилу.

Запилення повітря в межах робочого місця не повинно перевищувати 2 мгр/м<sup>3</sup>. При більшому запиленні повітря на місці виробництва робіт необхідно влаштувати примусову вентиляцію відповідно до проекту виробництва робіт.

Усі місця роботи, а також сходи і проходи повинні мати освітлення, що відповідає діючим нормам. У місцях нанесення покриття джерела світла мають бути розташовані так, щоб на робочі поверхні не падали тіні від того, хто працює, його інструменту або елементів устаткування. Усі освітлювальні прилади, розташовані в зоні роботи нагнітача, повинні мати захисні ковпаки з небиткого скла.

Робітники, зайняті нанесенням торкретної суміші і її приготуванням, мають бути забезпечені спецодягом і індивідуальними захисними пристосуваннями (окулярами, шоломами, респіраторами, навушниками та ін.), залежно від роду виконуваної роботи і шкідливості для здоров'я.

Нагнітач та його помічник повинні працювати в спецодязі, передбаченому діючими нормами на спецодязь для бетонувальників. Роботи по нанесенню торкрету робітники повинні виконувати в головних уборах з твердим покриттям.

Однією з основних гігієнічних вимог, що пред'являються до спецодягу, є її повітря- та паропроникність, завдяки яким не порушується терморегуляція організму. Для спецодягу використовують м'які і такі, що легко очищаються від забруднюючих речовин тканини. Взуття не повинне мати ковзаючої підошви.

Для захисту від різкого шуму, що виникає в процесі підготовки поверхні і нанесення торкрету, застосовуються навушники-глушники, протишумовий облягаючий шолом, малогабаритні протишумові навушники. Для одноразового використання зручні фільтри Петрянова "Беруші". При піскоструминному очищенні поверхні бетону слід застосовувати наголовний щиток з прозорим екраном з оргскла або захисні окуляри з шкіряною напівмаскою.

У місцях виробництва робіт встановлюють бачки для питної кип'яченої води, щільно закриті кришками, з кранами-фонтанчиками або іншого типу.

На місці робіт, на видному місці, має бути аптечка із запасом необхідних медикаментів і перев'язувальних засобів. З числа тих, що працюють виділяється відповідальний за організацію, в необхідних випадках, першій медичній допомозі.

При роботі з хімічними добавками (прискорювачами термінів схоплювання для торкрету та ін.) слід дотримувати правила роботи з їдкими речовинами. Частини тіла, на які потрапили добавки, необхідно ретельно промити водою, а потім нейтралізуючим 2%-ним розчином борної кислоти або 1%-ним розчином оцтової кислоти.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Досліджені технологічні процеси монолітного будівництва залізобетонних споруд, проаналізовано сучасні дослідження технологій монолітного будівництва залізобетонних споруд, поставлена мета і завдання досліджень.

2. Досліджені сучасні методи технологічних процесів монолітного будівництва залізобетонних споруд, технологічні рішення будівництва вертикальних монолітних залізобетонних споруд, технологічні процеси методами технічного нормування (хронометражу).

3. Застосовані методи: операційних досліджень, когнітивної структуризації знань, системного аналізу, теорії ухвалення рішень і методів лінійного і нелінійного програмування, математичні методи планування експерименту, використовувані в дослідженнях.

4. Розроблена програма автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд залежно від виду бетонованих конструкцій.

## ПРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міщук Д., Воляннюк В., Горбатюк Є. Модульний принцип побудови будівельного робота. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. Київ, 2017. Вип. 89. С. 90-97. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm\\_2017\\_89\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/gbdmm_2017_89_13).
2. Міщук Д.О. Одноківшевий екскаватор з просторово-орієнтованою стрілою. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2014. Випуск 148. С. 43-48.
3. Пелевін Л.Є. Гідравліка, гідромашини, гідропневмоавтоматика: Підручник. Київ: КНУБА. 2015. 340 с.
4. Міщук Д.О. Підвищення ефективності маніпулятора за рахунок оптимального керування. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2015. №85. С. 43-50.
5. Міщук Д.О. Планування траєкторії руху маніпулятора будівельного робота. Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоощадні машини і технології». 29 вересня – 1 жовтня. 2015. С. 46-47.
6. Pentti Vähä, Tapio Heikkilä, Pekka Kilpeläinen, Markku Järviluoma & Rauno Heikkilä. Espoo 2013. VTT Technology 109. 82 p.
7. Байков А. А. О влиянии минеральных вод на портландцемент и о способах его устранения. Строительная промышленность, 1926, № 4.
8. Будников П. П. Роль гидроалюмината в процессе твердения гидравлических цементов. Цемент, 1949, № 3.
9. Кинд В. В. Коррозия цементов и бетона в гидротехнических сооружениях. Москва, 1955.
10. Кувыкин Б. А., Левтонов Л. А. Коррозия бетона под влиянием агрессивной средам. Труды конференции по коррозии бетона. Москва, 1937.
11. Шестоперов С.В. Контроль качества бетона транспортных

сооружений. Москва: Транспорт, 1975. 247 с.

12. Москвин В. М., Иванов Ф. М., Алексеев С. Н., Гузеев Е. А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. Москва: Стройиздат, 1980. 536 с.

13. Савицкий Н. В., Матюшенко И. Н., Никифорова Т. Д., Шляхов К. В. Экономическая эффективность прогнозирования долговечности бетона и железобетона. Строительство, материаловедение, машиностроение; сб. науч. тр. Днепропетровск : ПГАСА, 2008. № 47 С. 532-536.

14. Бушуев С. Д. Динамічне лідерство в управлінні проектами [Текст]. Українська асоціація управління проектами. 1999. 312 с.

15. Тянь Р. Б. Управление проектами. Дн-вськ : Дніпропетровська академія управління бізнесу та права, 2000. 224 с.

16. Вечеров В. Т. Модели и метода управления контракцией в строительстве [Текст]: автореф. дисс. докт. техн. наук: 05.23.081. СПб., 1993. 32 с.

17. Павлов І. Д. Системотехнічні основи вироблення оптимальних організаційно-технологічних рішень будівельного виробництва [Текст] : автореф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.02.21. Харків, 1997. 47 с.

18. Молодецкий В, Р. Управленческая реализуемость строительных проектов [Текст]. Д. : Наука і освіта, 2005. 261 с.

19. Шаленный В. Т. Организационно-технологические основы формирования энергосбережения на определяющих этапах жизненного цикла гражданских зданий [Текст] : дисс. ... докт. техн. наук: 05.23.08 Д, 2004, 406 с.

20. Белоконь А. И., Левчинский Д.Л. Основы принятия решений при управлении деятельностью организаций с помощью проектов. Новини науки Придніпров'я. Наук.-практ. журнал. Серія: Інженерні дисципліни. Дн-ськ: ДніпроVAL, 2004. с. 63-68.

21. Офіційний сайт компанії “ liebherr ” <https://www.liebherr.com/> (Дата звернення: 27.10.2019).

22. Офіційний сайт компанії “Kajima”  
[https://www.kajima.co.jp/english/tech/smart\\_future\\_vision/index.html](https://www.kajima.co.jp/english/tech/smart_future_vision/index.html) (Дата звернення: 27.09.2019).
23. Офіційний сайт компанії “Fastbrick robotics limited”  
<https://www.fbr.com.au/view/our-tech> (Дата звернення: 27.02.2019).
24. Офіційний сайт компанії “Obayashi ” <https://www.obayashi.co.jp/>  
(Дата звернення: 27.09.2019).
25. Офіційний сайт компанії “Taisei” <https://www.taisei.co.jp/> (Дата звернення: 27.09.2019).
26. Офіційний сайт компанії “Takenaka ” <http://www.takenaka.co.jp/> (Дата звернення: 27.09.2019).
27. Офіційний сайт компанії “Leica Geosystems” <https://leica-geosystems.com/> (Дата звернення: 27.09.2019).
28. Офіційний сайт компанії “Brokk” <https://www.brokk.com/us/> (Дата звернення: 27.09.2019).
29. Офіційний сайт компанії “Husqvarna”  
<https://www.husqvarnacp.com/int/machines/demolition-robots/> (Дата звернення: 27.09.2019).
30. Офіційний сайт компанії “Boston Dynamics”  
<https://www.bostondynamics.com> (Дата звернення: 27.02.2019).
31. Офіційний сайт компанії “Autodesk ” <https://www.autodesk.com/> (Дата звернення: 27.09.2019).
32. Офіційний сайт організації “International Federation of Robotics”  
<https://ifr.org/> (Дата звернення: 27.02.2019).
33. Офіційний сайт організації “Construction Robotics”  
<https://www.construction-robotics.com/> (Дата звернення: 27.02.2019).

**ВІДГУК**

керівника кваліфікаційної роботи

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Глебов Олег Володимирович  
(П.І.Б.)

Кваліфікаційна робота магістра на тему Удосконалення конструктивних і  
організаційно-технологічних рішень будівель з монолітного залізобетону

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 31 листів  
(не) згідно (не) відповідає  
графічного матеріалу і пояснювальну записку з 119 сторінок, підписана консультантами  
і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією)     

Обумовлена необхідністю забезпечення удосконалення організаційно-технологічних  
процесів монолітного будівництва за допомогою автоматизованих розрахунків, збільшення  
загальної ефективності технологій виробництва робіт.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-  
варіантності) Проаналізовані технологічні процеси монолітного будівництва  
залізобетонних споруд, обґрунтована можливість удосконалення технологічних процесів

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр»  
На високому рівні

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач  
Творчий потенціал на достатньому рівні

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина  
експериментальних досліджень на високому рівні



6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі Розроблено за допомогою мови програмування VBA, додатка Excel для автоматизованого розрахунку змінного завдання алгоритм розрахунку, що представлений, як рішення задачі лінійного програмування методом послідовного перебору допустимих значень

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів Робота оформлена згідно діючих норм та стандартів

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи графік дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість Розглянуті способи та можливості автоматизованого розрахунку організаційно-технологічних параметрів бетонування залізобетонних споруд, зокрема від виду бетонованих споруд

10. У кваліфікаційній роботі магістра можна відмітити такі недоліки:

Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана на високому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

кількість балів 90 еквівалентно вирібно ЕКТС A

Керівник доц. к. арх.  
(посадка, науковий ступінь)  
доц.

Ірина Володарівна О. П.  
(підпис) (ПІБ)  
Олександр Михайлович М. П.

## Рецензія

На кваліфікаційну роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» ст. гр. БУД-18-5мз  
Гасбов Олег Володимирович  
на тему Удосконалення конструктивних і організаційно-технологічних рішень будівель з  
монолітного залізобетону

Кваліфікаційна робота магістра виконана згідно до завдання відповідає темі,  
(не) згідно не (відповідає)

містить 31 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 119 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) На сучасному етапі будівництва цивільних і громадських будівель необхідно застосовувати такі індустріальні конструкції, які найбільш повно відповідає вимогам зменшення загальної трудомісткості робіт, зокрема при виробництві монолітних залізобетонних споруд, що ілюструє робота

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)

Аналіз сучасних досліджень монолітного будівництва залізобетонних споруд їх технологічні та організаційні процеси, аналіз методів зведення. Використані при написанні різні методи, зокрема операційних досліджень, когнітивних, системного аналізу та ін., маркують дану роботу з доброго боку

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу) Аналіз загальних світових тенденцій монолітної технології зведення будівель та технологічні особливості різних систем, що розглянуто у першому та другому розділах на високому рівні, написані на чіткому доступному рівні. Науковий стиль що викладено у третьому розділі відповідає вимогам викладення матеріалу.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) \_\_\_\_\_

Обґрунтована можливість удосконалення організаційно-технологічних процесів в монолітному будівництві за допомогою програм та різних підходів автоматизованих розрахунків \_\_\_\_\_

5. Недоліки кваліфікаційної роботи магістра \_\_\_\_\_

6. Кваліфікаційна робота магістра у цілому виконана (ний) на високому рівні і заслуговує оцінки:

кількість балів 90

за національною шкалою вирізняю

за шкалою ЄКТС A

Рецензент декан Факультету будівництва цивільної інженерії ЗНУ (посада, місце роботи)

(підпис)

(П.І.Б.)