

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: Аналіз та обґрунтування вибору сучасних опалубочних систем
для зведення монолітних конструкцій

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1920-пцб-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

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

Даньков Д.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

доц., к.т.н. Данкевич Н.О.

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

Рецензент

проф., д.е.н. Анін В.І.

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

Запоріжжя
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
 ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
 проф. Арутюнян І.А.
 " " " 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ /ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Тема роботи (проекту) Даньков Дмитро Володимирович
 (прізвище, ім'я по батькові)
Аналіз та обґрунтування вибору сучасних опалубочних систем для зведення монолітних конструкцій

Лектор роботи Данкевич Н.О., доц., к.т.н.
 (прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

Затверджені наказом ЗНУ від " 30 " 06 2021 року № 975 - с

1. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

2. Вихідні дані до роботи конструктивні рішення опалубочних систем
технологія виконання опалубочних робіт, науково-технічна, навчальна,
нормативна та періодична література

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
вступ, аналіз стану зведення монолітних конструкцій,
технологічні властивості конструктивних рішень, технологія виконання монолітних конструкцій,
оцінка технологічної ефективності використання сучасних опалубочних систем

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
вступ, основні питання дослідження, проектування опалубочних систем,
технологічні та будівельно-технологічні властивості опалубочних систем.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 2	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 3	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		
Розділ 4	Данкевич Н.О., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання

30 червня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Приміт
1.	Аналіз сучасного стану монолітного будівництва	30.09.2021	
2.	Сучасний стан в сфері розробці опалубних систем перспективи та напрями їх вдосконалення	21.10.2021	
3.	Критерії оцінки опалубних систем	11.11.2021	
4.	Конструктивні рішення і розрахунок щитової опалубної системи з використанням бакелітової фанери		
5.	Оформлення та підготовка до захисту	02.12.2021	

Студент

(підпис)

Даньков Д.В.

(прізвище та ініціал)

Керівник роботи/проекту

(підпис)

Данкевич Н.О.

(прізвище та ініціал)

Нормоконтроль пройдено

(підпис)

Данкевич Н.О.

(прізвище та ініціал)

АНОТАЦІЯ

Даньков Д.В. Аналіз та обґрунтування вибору сучасних опалубочних систем для зведення монолітних конструкцій

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Н.О. Данкевич. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебня, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2021.

В роботі проаналізовано і досліджено стани монолітного будівництва і застосування сучасних опалубних систем, що дає можливість підвищити технологічність. Розглянуті варіанти сучасних опалубних систем, їх особливості, недоліки і переваги. Пропонується класифікація опалубки, підходи для індексації і маркування. Досліджені і приведені існуючі критерії оцінки ефективності застосування опалубних систем. Виявлені в процесі дослідження позитивні і негативні сторони різних конструктивних систем опалубки акцент зроблено на використання конструкції дрібнощитової опалубки, яка частково усуває недоліки її аналогів та забезпечує поліпшення якості зведених конструкцій, підвищення швидкості будівництва, зниження трудомісткості процесу та собівартості конструкцій.

Ключові слова: монолітне будівництва, опалубка, конструктивні рішення, **технологічність**.

Список публікацій магістранта:

1. Данкевич Н.О., Даньков Д.В. Аналіз та обґрунтування вибору сучасних опалубочних систем для зведення монолітних конструкцій. *Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону*: зб. тез міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 27-28 трав. 2021р. Запоріжжя, 2021. С. 188-190

ABSTRAKT

Dankov D.V. Analysis and substantiation of selection for modern formwork systems in construction of monolithic structures

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor N.O. Dankevych. Zaporizhzhya National University, Y.M Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2021.

The state of monolithic construction and application of modern formwork systems is analyzed and investigated in the work, which gives the chance to increase manufacturability. Variants of modern formwork systems, their features, disadvantages and advantages are considered. Formwork classification, approaches for indexing and marking are offered. The existing criteria for evaluating the effectiveness of formwork systems are studied and presented. The advantages and disadvantages of various structural formwork systems identified in the study focus on the use of small-panel formwork, which partially eliminates the shortcomings of its counterparts and improves the quality of erected structures, increases construction speed, reduces process complexity and cost of structures.

List of postgraduate publications: monolithic construction, formwork, constructive decisions, manufacturability.

1. Данкевич Н.О., Даньков Д.В. Аналіз та обґрунтування вибору сучасних опалубочних систем для зведення монолітних конструкцій. *Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону*: зб. тез міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 27-28 трав. 2021р. Запоріжжя, 2021. С. 188-190

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА	10
1.1 Аналіз сучасного стану монолітного будівництва.....	10
1.2 Цілі і завдання вдосконалення технології монолітного будівництва із застосуванням нових опалубних систем.....	15
2 СУЧАСНИЙ СТАН В СФЕРІ РОЗРОБЦІ ОПАЛУБНИХ СИСТЕМ ПЕРСПЕКТИВИ ТА НАПРЯМИ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ....	23
2.1 Роль опалубки в сучасному будівництві.....	23
2.2 Аналіз українського ринку будівельної опалубки.....	27
2.3 Сучасні опалубних систем.....	30
2.4 Особливостей сучасних опалубних систем, що вертикально переміщуються.....	47
3 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ОПАЛУБНИХ СИСТЕМ.....	56
3.1 Класифікація опалубних систем.....	56
3.2 Критеріїв оцінки ефективності застосування опалубних систем.....	68
3.3 Вибір оптимального варіанту опалубних систем і технології зведення монолітних будівель.....	71
3.3.1 Порівняльний аналіз трудомісткості декількох типів опалубки.....	86
4 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ І РОЗРАХУНОК ЩИТОВОЇ ОПАЛУБНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ БАКЕЛІТОВОЇ ФАНЕРИ.....	101
4.1 Визначення навантаження для розрахунку опалубки монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій.....	101
4.2 Розрахунок конструкції щитової опалубки з використання бакелітової фанери.....	107
4.3 Техніко-економічні показники щитової опалубної системи з використанням бакелітової фанери.....	114
ВИСНОВКИ.....	119
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	121

ВСТУП

Актуальність теми дослідження: Необхідність зведення об'єктів різного функціонального призначення, що вимагають індивідуальних архітектурних і унікальних конструктивних рішень, в останні десятиліття привела до змін будівельної галузі України і багатьох країн, зменшилося використання збірного залізобетону, і всюди впроваджуються технології монолітного будівництва.

Інноваційний підхід до питань монолітного будівництва, вибір і обґрунтування методів технології і організації робіт стали пріоритетним напрямом не лише для розвитку будівельної галузі, якісного забезпечення будівель і споруджень різного функціонального призначення, але і стратегічного прориву у вдосконаленні нових опалубних систем, наукового підходу їх вибору і обґрунтування.

Нині зведення монолітного каркасного будівництва є одним з перспективних напрямів, як в Україні, так і за кордоном. З монолітного залізобетону стали будувати житлові і промислові будівлі, гідроелектростанції, резервуари і інші споруди. Об'єм монолітного залізобетону, що укладається щорічно, у зв'язку з цим широке застосування отримали методи будівництва з монолітного залізобетону, що має потенційні можливості зниження ресурсоемкості будівництва.

Застосування технології монолітного житлового будівництва дозволяє значно понизити собівартість будівлі, і, отже, зробити житло доступнішим для населення країни. Переваги монолітного будівництва перед іншими технологіями полягають в наступних чинниках [1,2]:

- скорочення витрати цементу і арматури в несучих конструкціях будівель на 20% через відсутність монтажне-транспортних навантажень;
- скорочення енергоемності виробництва на 30 %;

- монолітні будівлі легше цегляних на 15-20%, істотно зменшується товщина стін і перекриття. За рахунок полегшення ваги конструкцій зменшується матеріаломісткість фундаментів, відповідно здешевлюється облаштування фундаментів;

- за умови, що монолітне будівництво ведеться за чітко відпрацьованою схемою, зведення будівель здійснюється в коротші терміни. Окрім цього, якісно виконана робота виключає необхідність мокрих процесів, стіни і стелі практично готові до фінішної обробки;

- монолітне будівництво забезпечує практично «безшовну» конструкцію. Завдяки цьому підвищуються показники тепло і звуконепроникності, в той же час конструкції довговічніші;

- скорочення капітальних вкладень у виробничу базу на 60% в порівнянні з повнозбірною і цегляною технологією.

Одним з найбільш трудомістких технологічних процесів в монолітному будівництві є опалубні роботи, а саме установка, демонтаж опалубки і її переміщення на наступний ярус бетонування. Нині завдяки опалубці можна зводити найскладніші будівлі і споруди незалежно від їх призначення. У останні 100 років технологічні операції монолітно-бетонного будівництва із застосуванням опалубки не зазнали відчутних змін, але опалубні системи удосконалювалися і удосконалюються з року в рік.

Свідченням підвищеного інтересу до опалубних систем є різні публікації, монографії, підручники і навчальні посібники, дисертаційні роботи, які висвітлюють питання технології виробництва, матеріалів конструктивних частин, сфери застосування, розрахунків під навантаження, вибору опалубки та ін.

З ранніх робіт підвищений інтерес представляють роботи С.С. Атаєва, Н. Н. Данилова, Б.В. Прикина, А.А. Афанас'єва, О.М. Шміта [4-7] та ін. До останніх (почало ХХІ ст. і по теперішній час) значиміших робіт відносяться роботи наступних ведучих учених в області монолітного житлового будівництва і опалубних систем: С.М. Анпілова [1], Д.Ю. Червоного, Ю.М.

Червоного, Ю.С. Волкова [8], А.І. Звездова, В.І. Теличенко, А.А. Лapidуса, О.М. Терентьєва, В.В. Соколовського, Л.В. Зиневича, С.А. Амбарцумяна, А.С. Мартиросяна, А.В. Галумяна [6], П.П. Олейника, А.О. Адамцевича, А. П. Пустовгара [5] та ін.

За останні роки будівельний комплекс перейшов на ринкові стосунки, що дає усі підстави вважати, що вже найближчими роками станеться помітне кількісне і якісне зрушення у бік підвищення технічного рівня будівництва з монолітного бетону.

Тому виникає завдання систематизувати положення про основні аспекти опалубних робіт.

Метою магістерської роботи: є аналіз і обґрунтування стану монолітного будівництва та застосування сучасних опалубних систем, використання яких сприяє підвищенню технологічності та ефективності.

Об'єктом дослідження: сучасні опалубні системи їх конструктивні рішення та критерії ефективності застосування опалубних систем для зведення монолітних конструкцій.

Предмет дослідження - принципи і методи оцінки ефективності організаційно-технологічних рішень опалубних систем.

Для досягнення поставленої в процесі дослідження мети вирішені **наступні завдання:**

- проаналізований стан монолітного будівництва з урахуванням рівня урбанізації і долі застосування монолітного бетону і залізобетону;
- проаналізована роль опалубки в сучасному будівництві;
- визначити основні критерії ефективності застосування опалубних систем.
- виконати пошук раціонального рішення заснованого на порівняльній оцінці взятих до розгляду варіантів опалубних систем за одному або декількома показниками ефективності, основними з яких є собівартість, трудомісткість і тривалість виконання процесу.

Методами дослідження послужили: аналіз функцій і завдань системи оцінки ефективності використання опалубних систем для монолітного будівництва з урахуванням якості проектного рішення, методи системного аналізу, економіко-математичні методи, експертне оцінювання, метод математичної статистики.

Наукова новизна: Зроблено аналіз та вибір найбільш ефективних опалубних систем за геометричними, фізико-механічними та експлуатаційними характеристиками.

Практична цінність: впровадження в практику використання сучасних опалубних систем при будівництві об'єктів, що значно покращує технологічні характеристики конструкцій, підвищують продуктивність монолітних роботи. Застосовуючи сучасні опалубні системи, ми отримуємо конструкції високої якості, що забезпечують у кінцевому підсумку економію трудовитрат і скорочення строку будівництва.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення роботи докладалися в 2021 році на міжнародній науково-практичній конференції «Європейський вектор модернізації інженерної та економіко-управлінської освіти в умовах сталого розвитку промислового регіону» (Запоріжжя, 2021 р.) за результатами якої опублікована збірка тез доповідей.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з введення, чотирьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 123 сторінок тексту, у тому числі 25 рисунки, 22 таблиць. Список використаних джерел містить 31 найменування.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МОНОЛІТНОГО БУДІВНИЦТВА

1.1 Аналіз сучасного стану монолітного будівництва

Інноваційний підхід до питань монолітного будівництва, вибір і обґрунтування методів технології і організації робіт стали пріоритетним напрямом не лише для розвитку будівельної галузі, якісного забезпечення будівель і споруджень різного функціонального призначення, але і стратегічного прориву у вдосконаленні нових опалубних систем, наукового підходу їх вибору і обґрунтування. Архітектурна виразність, індивідуальність, підвищена якість, довговічність, надійність будівель і споруд, найменші матеріальні, трудові, енергетичні витрати на їх зведення зробили монолітне будівництво самим високотехнологічним видом будівництва у всьому світі.

Про це цілком може свідчити доля монолітного бетону і залізобетону від загального об'єму бетонних конструкцій, вироблюваних в різних країнах світу. Проте статистичні дані, дослідження і навіть світові рейтинги, в області монолітного будівництва, виконані відповідними організаціями, що входять в ООН, настільки суперечливі, що не показують реальну картину динаміки і чинників розвитку монолітного будівництва.

Приведені на рис. 1.1 дані[1] характеризують долю зведення конструктивних частин будівель і споруд з монолітного бетону і залізобетону у вказаних дванадцяти країнах, тобто інша частина спрямована на виробництво збірних залізобетонних конструкцій.

Максимальне уявлення про об'єми монолітного будівництва у вищезгаданих дванадцяти країнах можна отримати, знаючи душовий показник застосування монолітного бетону і залізобетону. На рис. 1.2

приведені дослідження десятирічної давності [1,2], згідно з якими Ізраїль, Японія і Італія займають перші три місця по виробництву монолітного бетону на одного жителя країни.

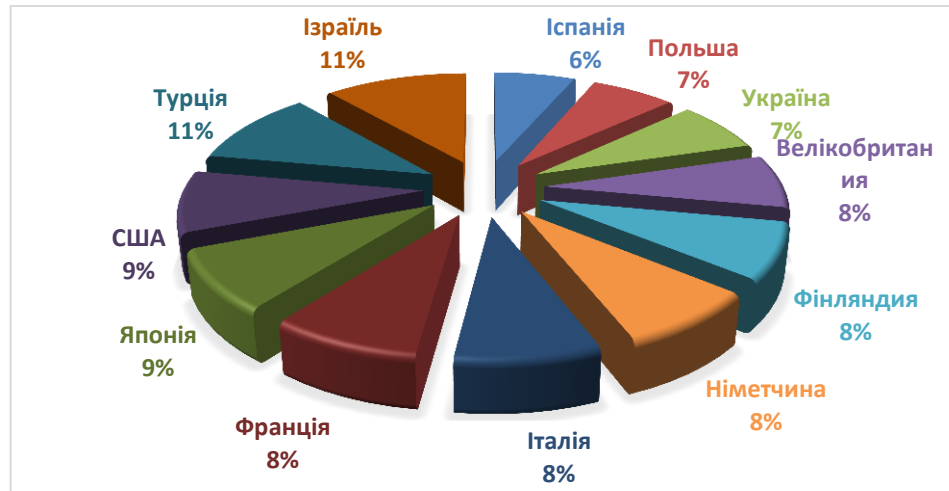


Рисунок 1.1 - Доля монолітного бетону і залізобетону від загального об'єму бетонних конструкцій, вироблюваних в різних країнах, %

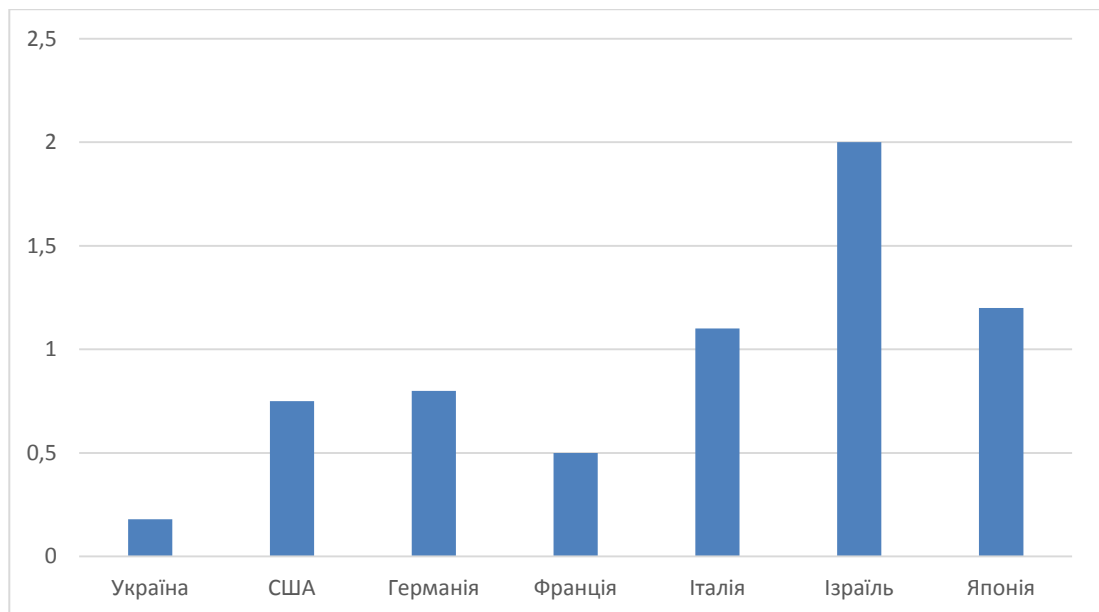


Рисунок 1.2 - Душовий показник застосування монолітного бетону і залізобетону, м³, [1]

Для повного представлення динаміки розвитку монолітного будівництва в інших країнах, вказаних на рис. 1.1, в табличній формі приведені значення по рівню урбанізації, долі застосування монолітного бетону і залізобетону на тис. чол. та інших порівняльні показників (таблиця. 1.1).

Таблиця 1.1 - Обсяг виробництва бетону в різних країнах залежно від урбанізації*.

№ з/п	Країна	Доля виробленого бетону і залізобетону від загального об'єму бетонних конструкцій, %	Населення країни тис. чол.	Рівень урбанізації, %	Площа країни тис. км	Значення %
1	Ізраїль	95	8132	91,9	22	0,01168
2	Туреччина	89,4	75627	70,1	781	0,00118
3	США	72,6	317321	82,6	9519	0,00023
4	Японія	71,9	146039	67	378	0,00049
5	Франція	70,7	63929	85,9	547	0,00111
6	Італія	68	59685	68,6	310	0,00114
7	Німеччина	67,7	80524	74	357	0,00084
8	Фінляндія	65,9	5456	85,4	337	0,01208
9	Великобританія	62,9	63888	79,8	245	0,00098
10	Україна	60	42545	73,2	604	0,00037
11	Польща	56	38533	60,9	313	0,00145
12	Іспанія	54	46006	77,6	505	0,00117

* — дані згідно[2].

На підставі табличних показників на рис. 1.3 і 1.4 приведена доля застосування монолітного бетону і залізобетону на тис. чол. Аналіз показує (порівняння рис. 1.2 і 1.3), що високо урбанізована країна Ізраїль займає провідне місце у будівництві будівель і споруд з монолітного бетону. Знизилися об'єми використання монолітного бетону в Японії, США і Німеччині. У Україні, де традиційно нарівні з монолітним бетоном використовується і збірний залізобетон, навпаки, йде різкий стрибок на користь монолітного залізобетону.

Порівняння приведених на рис. 1.2 і 1.4 значень показує тенденцію розвитку будівництва будівель і споруд з монолітного залізобетону в останні

десять років в таких країнах як Фінляндія, Польща, Туреччина, Іспанія. Це пояснюється тим, що монолітні будівлі мають ряд переваг

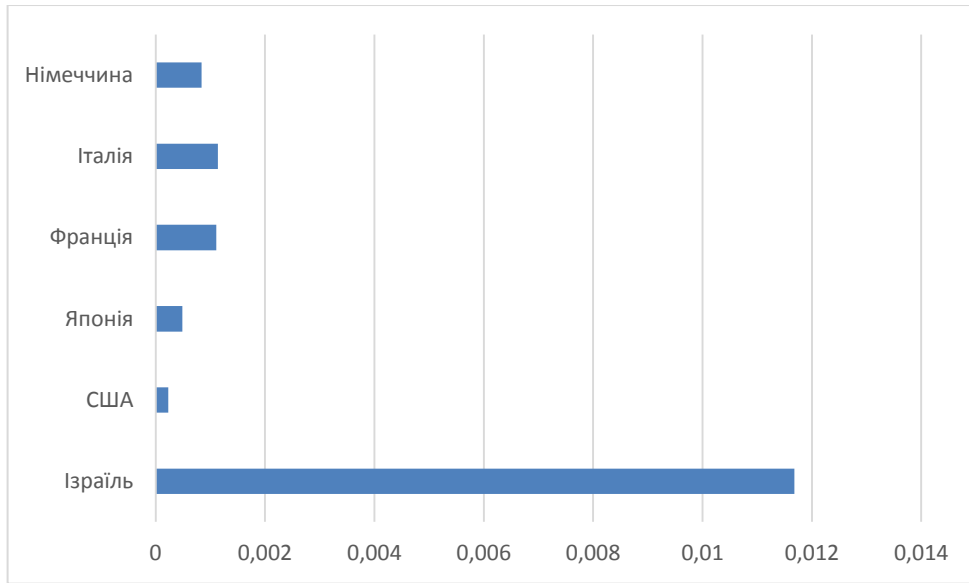


Рисунок 1.3 - Доля застосування монолітного бетону і залізобетону на тис. чол. для досліджуваних семи країн

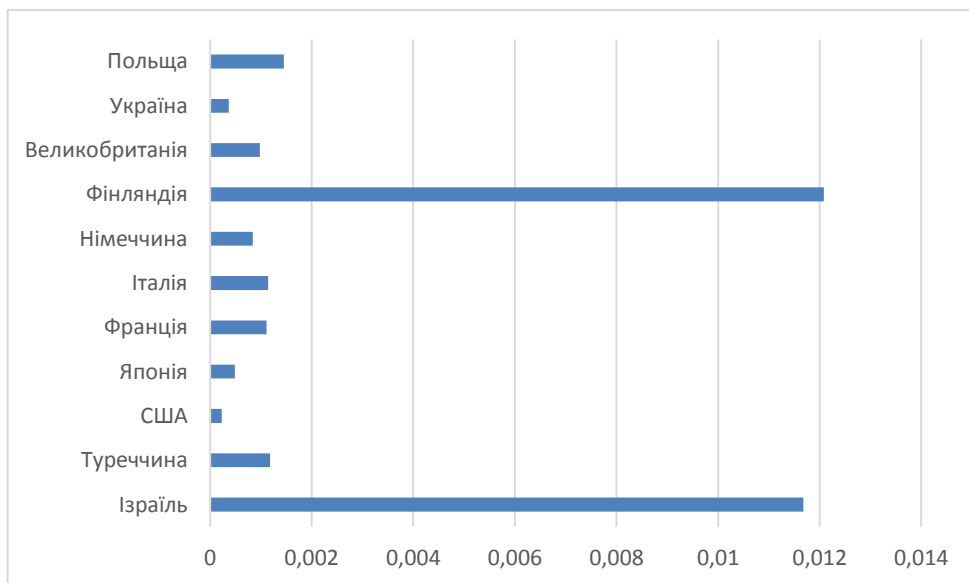


Рисунок 1.4 - Доля застосування монолітного бетону і залізобетону на тис. чол. для досліджуваних дванадцяти країн

. В силу технологічних особливостей, монолітні будівлі стійкіші до впливу техногенних і інших несприятливих чинників довкілля, володіють

високою сейсмостійкістю, що забезпечується жорсткістю і особливою міцністю конструкцій [1].

Інші переваги монолітного будівництва :

- 1) безшовна конструкція, що забезпечується відсутністю стиків;
- 2) низькі терміни зведення будівель і споруд;
- 3) довговічність, насчитують 150.200 років;
- 4) невелика вага будівель, які на 15.20 % легше за цегляних;
- 5) здешевлення обробних робіт, оскільки стіни і стелі готові до обробки практично відразу після зведення;
- 6) можливість роботи в зимовий період при температурі повітря до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- 7) економічність зведення опалубних і монолітних конструкцій [1].

Вказані переваги стали основними чинниками зведення грандіозних споруд. Сталеві гіганти у поєднанні з монолітним бетоном збільшили масштабність застосування монолітного бетону в різних континентах світу. Але хмарочоси - це не лише характерна ознака сучасного розвиненого мегаполісу, центру ділової і політичної активності, а також потужний двигун розвитку інноваційних технологій монолітного будівництва, змагань інженерної і архітектурної думки, конструкторських і технологічних рішень.

Технологія виготовлення бетону для кожного хмарочоса має свої особливості. Наприклад, компанія CAPITAL GROUP (девелопер проекту «ОКО») використала бетон марки міцності B100, спеціально розробленою під цей проект. Високо-міцний бетон дав можливість робити переріз колон, що несли, на поверсі вужчим, що, у свою чергу, дозволило без збитку для опорних характеристик скоротити товщину конструкцій [1,2]. При зведенні 828-метрового хмарочоса «Бурдж Халіфа» в Дубаї тільки на облаштування фундаменту було використано 45000 м^3 бетону, в який додавали лід, враховуючи кліматичні особливості країни. Для облаштування фундаменту кожній из 452-метрових веж-близнюків PETRONAS TOWERS в Куала-Лумпурі використали 13000 м^3 бетону, при цьому у бетон додавали кварц.

Зведенню над велетенських споруд із сталі і монолітного бетону сприяє збільшення населення міст (рівень урбанізації) в умовах нестачі землі: Ізраїль, Франція, Фінляндія (див. таблицю. 1.1). Не менш яскравим прикладом є також столиця хмарочосів Дубай.

На рис. 1.1 не приведені країни, доля монолітного будівництва яких складає більше 98 %. Наприклад, Китай, де в таких мегаполісах, як Шанхай, Пекін, Харбін та ін., сейсмоактивність яких досягає 8-9 балів, основний упор робиться на будівництво хмарочосів з монолітного залізобетону. Китай по кількості найвищих споруд займає перше місце у світі. Про це свідчить зведення будівель Шанхайського всесвітнього фінансового центру висотою 492м (4 місце у світі), Міжнародного комерційного центру в Гонконзі заввишки 484м (5 місце у світі), фінансового центру Наньцзин «Гринлэнд». У вежі заввишки 450м розмістився діловий центр китайського міста Нанкін (7 місце у світі), хмарочос KINGKEY 100 в Шэньчжэнь має висоту 441,8м (9 місце у світі), Міжнародний фінансовий центр Гуанчжоу - висоту 437,5м (10 місце у світі). Слід зазначити, що перераховані будівлі побудовані в останні п'ять років.

Зараз проектується не менш привабливі і грандіозні споруди, що свідчить про перспективу застосування, як монолітного бетону, так і розвитку найвищих технологій їх зведення.

1.2 Цілі і завдання вдосконалення технології монолітного будівництва із застосуванням нових опалубних систем

Ідея монолітного будівництва проста - за тим же принципом заливають фундаменти будинків. У масштабі будівлі це виглядає як зведення конструктивних елементів з бетонної суміші з використанням спеціальної опалубки - безпосередньо на будівельному майданчику.

Перші будинки такого типу з'явилися ще в сталінські часи, проте широке поширення «моноліт» отримав в останні 10 років. Саме слово «моноліт» переводиться з грецького як великий предмет, цілісна кам'яна брила або споруда. Ця технологія, що раніше використалася тільки в індустріальному будівництві, набуває усе більш широкого поширення в житловому будівництві.

Конструкції з монолітними зовнішніми стінами, що передбачають додаткове утеплення фасадів (зовнішнє), або розміщення утеплювача усередині стіни при заливці бетону в опалубку.

Монолітний несучий каркас будівлі, із зовнішніми не несучими стінами, виконаними з іншого матеріалу, що має кращі, ніж у важкого бетону, теплоізоляційні властивості.

Ця технологія економічно (за вартістю 1м^2 загальної площі будинку) ефективна тільки при значних об'ємах будівництва, наприклад, при зведенні декількох котеджів або котеджного селища. Стосовно будинку, що окремо будується, такий спосіб будівництва не має істотних переваг перед цегляним будинком.

Основна перевага незнімних опалубних систем полягає в їх невеликій вазі, нескладній технології і можливості вести будівництво без застосування важкої техніки, що і обумовлює популярність цієї технології серед власників котеджів. Широке поширення отримали незнімні опалубки з пінополістиролу, що є пустотним полістироловим блоком, що складається з двох панелей, пов'язаних між собою перемичками з полістиролу або іншого пластика. Після зборки з таких елементів частини стіни, порожнину, що утворилася між зовнішньою і внутрішньою панелями, замоноличивають армованим бетоном. Далі збирають наступну ділянку стіни, і технологічний цикл повторюється. Перевагою такого способу є можливість отримання за один технологічний цикл багат шарової стінної конструкції з достатнім опором теплопередачі, причому роль утеплювача виконує сама опалубка.

Пінополістирол є горючим матеріалом, тому особливу увагу слід приділити вибору обробних матеріалів, як зовнішніх, так і внутрішніх. Для внутрішньої обробки зазвичай застосовуються гіпсокартонні листи, що наклеюються на полістирол, або штукатурні матеріали, призначені для роботи по пінополістиролу; фасад будинку обштукатурюється або облицьовувався важко горючими панельними або плитковими матеріалами.

Наявна статистика дозволяє зробити висновок, що будівництво коробки будівлі із застосуванням описаної технології виявляється дешевше за зведення коробки з цеглини приблизно на 10 - 20% (залежно від проектного рішення будинку і прийнятого варіанту обробки фасаду)[1].

Важкий бетон має низьке значення коефіцієнта паропроникнення, внаслідок чого питання забезпечення хорошого повітрообміну і вентиляції внутрішнього простору у будинках з цього матеріалу стоїть особливо гостро. Як відомо, коефіцієнт паропроникнення характеризує здатність матеріалу пропускати газ і пару. У цьому плані найкращим з перелічених вище матеріалів є дерево, тому комфортність проживання і мікроклімат в дерев'яних будинках беруться за еталон. Дерев'яні стіни забезпечують додатковий вступ зовнішнього повітря (будинки «дихає»). У будинках з монолітними стінами ця складова зведена до мінімуму, що спричиняє за собою необхідність проведення конструктивних заходів, спрямованих на компенсацію цього недоліку, аж до організації припливно-витяжної вентиляції, тоді як зазвичай передбачається тільки витяжна вентиляція. Подібні проблеми можуть виникнути і при використанні як утеплювач пінополістиролу, який також відрізняється низьким коефіцієнтом паропроникнення. Зазвичай фірми, що пропонують технології незнімної опалубки з полістиролу, вирішують ці питання в процесі розробки проекту. Нехтувати їх рекомендаціями - означає заздалегідь погіршити експлуатаційні якості такого житла.

Спрощено технологію будівництва будинку монолітним способом можна представити таким чином. Безпосередньо на будмайданчику

монтуються спеціальні форми - опалубки, що повторюють контури майбутнього конструктивного елементу, наприклад, стіни, колони і так далі. У опалубку будь-яких видів за проектом встановлюється арматура і заливається бетон. Зараз застосовується дві монолітні технології: з щитовою опалубкою і з тунельною опалубкою. Остання дає можливість отримати цілі блоки квартир і зводити одночасно внутрішні стіни і перекриття - будь-хто по висоті, ширині і довжині. Після залишається побудувати тільки зовнішні стіни. Такі будинки навряд чи можна назвати елітними в повному розумінні цього слова із-за їх невеликий метраж: площа однокімнатної квартири в такому будинку не так вражаюча - від 50м.

Щитова ж опалубка менш швидкісна, але мобільніша. З її допомогою можна зводити будівлі каркасного типу без балок. Це відкриває масу можливостей : можна побудувати будівлю з будь-яким фасадом, будь-якій поверховості (і навіть різноповерхової) і розпланувати квартири так, як треба замовникові - будь-якої площі і будь-якої кількості кімнат. У покупця такої квартири є багато варіантів. Можна придбати її взагалі без перегородок і обробки. У такому разі відкривається маса можливостей в плануванні і обробки квартири виключно на свій власний смак. Можна вносити свої пропозиції і побажання відносно внутрішнього інтер'єру, кількості кімнат, перегородок на різних стадіях будівництва будинку. Навіть якщо покупець захоче багаторівневу квартиру.

Далі встановлюється система утеплення, комунікацій (уся електрична проводка в монолітних будинках також робиться у момент формування стін і перекриття, що зводить до мінімуму можливості її ушкодження). Зовнішні стіни можуть будь-якими - і цегляними, і панельними, і навісними. Перевага таких будинків в тому, що їх можна будувати навіть в самому густонаселеному центрі міста, де панельне або цегляне будівництво просто неможливе. Монолітна технологія припускає можливість поєднання моноліту з цеглиною, до якої усі так «прикипіли» душою. Окрім цього, поєднання

бетонний моноліт - цеглина забезпечує монолітним будинкам стовідсоткову звукоізоляцію.

Як відомо, робити фундаментальний ремонт в панельних або цегляних будинках варто тільки після того, як він дасть усадку, а для цього повинно іноді пройти декілька років. Усе це неактуальне для моноліту: облаштувати квартиру в такому будинку можна відразу, розраховуючи при цьому на багато років вперед. Це ж відноситься і до зовнішнього дизайну усієї будівлі. На монолітні будинки не впливають опади, тут немає стиків між плитами, які традиційно вважаються найслабкішим місцем у панельних будинків. [7]

Усе нове, особливо сьогодні, коли усі прагнуть піклуватися про своє здоров'я, прийнято ретельно перевіряти на предмет екологічності, відповідності нормам санітарних вимог. Вимоги зростають, якщо йдеться про житлову квартиру. Увесь світовий досвід монолітного будівництва говорить про те, що монолітне житло не дає ніякого негативного впливу на здоров'я людини. Доказом тому являється та обставина, що монолітні будинки будують сьогодні в усіх, у тому числі і в самих високорозвинених країнах світу, у тому числі у Франції, Великобританії, США, Швеції і багатьох інших. У багатьох з них живуть надзвичайно багаті люди, які, як відомо, дуже трепетно відносяться до свого здоров'я. Варто припустити, що вибір їх не випадковий.

Якщо в екологічному плані порівнювати монолітне житлове будівництво і панельне, то вони практично нічим не відрізняються. І там, і там той же бетон, в монолітному будинку його навіть менше. Просто один ллється на виробництві, а інший - безпосередньо на об'єкті. Щоб максимально поліпшити екологічну обстановку в квартирі, монолітні будинки обкладають цеглиною. Це не лише красиво, але і регулює вологість усередині будинку: цеглина краще вбирає вологу, ніж бетон.

І ще одне важливе питання: вартість квартир в монолітних будинках. Вартість метра житлової площі в монолітному будинку давно вже порівнянна

з вартістю метра в панельному. Останнім часом квартири в панельних будинках навіть дорожче. Найдешевші, тобто і найдоступніші монолітні будинки, де зовнішні стіни формуються з бетонних панелей. Іноді, щоб заощадити і запропонувати покупцям доступніше житло, для формування внутрішніх стін використовується гіпсокартон. Але жити в приміщенні з практично абсолютною акустикою мало кого спокушає, тому покупці вимушені самостійно зводити цегляні стіни.

Порівнюючи монолітне житло з цегляним, можна відмітити наступне. Завдяки пористій структурі у цегли найкраща тепло- і звукоізоляція.

Найбільше поширення отримали два типи цегли: керамічна (глиняний) і силікатна, яку виробляють з вапняно-піщаної суміші з різного роду добавками.

Силікатна цегла користується невисокою популярністю, тобто добре вбирає вологу і, як наслідок, має порівняно невисоку морозостійкість. Крім того, силікатна цегла відрізняється від керамічного підвищеною щільністю і зниженими теплоізоляційними характеристиками, стінні конструкції виходять важчими, що вимагає спорудження фундаменту підвищеної міцності.

Глиняна цеглина по структурі може бути повнотілими або пустотним. Порожнечі в матеріалі організуються при його формуванні і можуть бути наскрізними або ненаскрізними. Пустотна цегла легша за повнотілу, а кладка з них має кращі теплоізоляційні властивості. Зменшення маси цеглини, обумовлене наявністю порожнеч, дозволяє робити камінь більшого розміру, ніж стандартний (250x125x65мм). Використання полуторної (250x125x88 мм) і подвійної (250x125x138мм) цегли дає можливість понизити витрату розчину кладки, а також скоротити час, необхідний для зведення стін. [3]

Використання великоформатних блоків з поризованої кераміки із спеціально організованою пустотністю. Наявність мікропор знижує щільність і покращує теплоізоляційні характеристики кераміки. При цьому міцнісні характеристики таких виробів достатні для зведення несучих стінних

конструкцій. Використання подібних матеріалів дозволяє дотриматися останніх вимог будівельної теплотехніки при товщині стін 51 - 64 см

Застосування колодцевих кладок з подальшим заповненням порожнин, що утворюються, ефективним утеплювачем. Між зовнішньою (фасадною) кладкою, товщина якої, як правило, 125мм, і несучою внутрішньою, товщина якої вибирається з конструктивних міркувань (частіше всього 250мм), організовуються зв'язки з цегляних перев'язок. Така конструкція дозволяє зменшити витрату цегли, а поміщений всередину стіни утеплювач забезпечує необхідні теплофізичні властивості. Загальна товщина таких стін може складати 51 - 64см (залежно від товщини вживаного утеплювача).

Застосування різних систем зовнішнього утеплення фасадів. В цьому випадку товщина кладки і матеріал (тип і сорт цегли) вибираються тільки з міркувань міцності конструкції, а необхідний рівень теплоізоляції забезпечується системою утеплення. Загальна товщина стінної конструкції з системою утеплення може скласти 40 - 45 см

Використання нових марок цегли, що мають знижену об'ємну щільність і, як наслідок, низький коефіцієнт теплопровідності.

До недоліків можна віднести лише той факт, що для зведення цегляного будинку в порівнянні з панельними і монолітними вимагається набагато більше часу. Але цегляні будинки в столиці сьогодні будуються не часто. Навіть коли у своїх рекламних буклетах інвестори описують цегляний будинок, на практиці виявляється, що це цегляно-монолітна конструкція.

Зараз з «чистої» цегли будуються так звані елітні будинки - як правило, невисокій поверховості, по індивідуальних проектах. Зводяться вони в основному в центральній, престижній частині міста і якнайкраще вписуються в історичну забудову [1,2].

Раціональними сферами застосування монолітного житлового будівництва є регіони із складними геологічними умовами, переважно в південних сейсмічних районах країни.

Таким чином, підводячи підсумок, можна відмітити, що суть монолітного будівництва, можна назвати дещо найбільш вагомим переваг монолітної технології над традиційними панельним і цегляним житловим будівництвом :

– термін служби монолітного будинку складає від 150 до 300 років, а його конструктивні особливості дають можливість витримати землетрус силою до 8 балів.

– кожен монолітний будинок має індивідуальний фасад (зовнішні стіни можуть бути будь-якими - панельними, цегляними або навісними).

– вільне планування квартир, об'єднання декількох квартир.

– монолітні будинки легше реконструювати для продовження їх життєвого циклу.

– висока швидкість будівництва : можна зводити до одного поверху в день.

– нормативне навантаження на міжповерхове перекриття (600 кг на кв. метр) вище в три рази, чим в панельному будинку, що дозволяє встановлювати важке побутове устаткування (сауни, міні басейни).

Останніми роками в монолітні конструкції щорічно у світі укладають понад півтора мільярди кубометрів бетону. За об'ємом виробництва і застосування монолітний бетон набагато випереджає інші види будівельних матеріалів. У розвинених країнах на душовий показник застосування монолітного бетону складає: США - 0,75 м³, Японія - 1,2 м³, Німеччина - 0,8 м³, Італія - 1,1 м³.

У міру впровадження нових будівельних технологій, засобів механізації і вдосконалення конструктивних рішень будівель і споруд сфера застосування монолітного бетону у будівництві буде розширений.

2 СУЧАСНИЙ СТАН В СФЕРІ РОЗРОБЦІ ОПАЛУБНИХ СИСТЕМ ПЕРСПЕКТИВИ ТА НАПРЯМИ ЇХ ВДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Роль опалубки в сучасному будівництві

Необхідність зведення об'єктів різного функціонального призначення, що вимагають індивідуальних архітектурних і унікальних конструктивних рішень, в останні десятиліття привела до змін будівельної галузі України і багатьох країн, зменшилося використання збірного залізобетону, і повсюдно впроваджуються технології монолітного будівництва. Цей вид будівельного виробництва є основною сферою застосування бетону як конструкційного матеріалу у всьому світі [1,2]. Створення криволінійних форм при проектуванні і будівництві унікальних, великопротитних, висотних будівель і споруд, що мають особливу архітектурну виразність, вільне планування, неможливо без технологій монолітного житлового будівництва, без вдосконалення усіх, особливо опалубних, систем. Хоча монолітне будівництво стало популярним відносно нещодавно (першого досвіду був набутий в 30-х рр. ХХ ст.), його історія налічує не одне тисячоліття. Уперше цей "новітній" метод зведення будівель використовували древні єгиптяни при будівництві єгипетських пірамід. Вони заливали цементом спеціальні конструкції, в результаті виходили цементні блоки необхідної форми і розміру. Отже, перші опалубки (від слів «палуба», «опалубити», т. е. покрити дошками) теж виникли з часів зведення єгипетських пірамід. Відтоді спосіб монолітного будівництва зазнав ряд змін : покращувалися і варіювалися склади розчинів і матеріали, з яких виготовлялися опалубки, мінявся спосіб зведення каркасних конструкцій, крім того, на зміну опалубкам одноразового використання прийшла нова вдосконалена система, яка може застосовуватися багаторазово. Багатократне використання опалубки, яке

зараз характеризується її оборотністю, дозволило здешевити процес будівництва[2]. За іншими даними[3], перші згадки про використання опалубки зустрічаються в документах Римської імперії. За часів її розквіту будівництво там розвивалося величезними темпами. Як свідчить історія, для патриціїв зводили прекрасні палаци, на нових аренах проводилися бої гладіаторів. Тоді ж використовувався сучасний аналог бетону, застосування якого мало на увазі наявність спеціальних форм, т. е. опалубки, для заливки такого бетону. За допомогою опалубки зводили досить великі будівлі, наприклад пантеони, які і на сьогодні виглядають досить великими об'єктами, побудованими не без застосування опалубних систем. Далі опалубку використовували в інших країнах. Протягом віків вона змінювалася і стала одним з найголовніших атрибутів монолітного будівництва. В середні віки з її допомогою зводилися церкви, монастирі, невеликі храми. У дореволюційній Росії опалубка теж була одним з основних атрибутів будівництва, хоча вона мала простішу конструкцію, але вже тоді була досконалішою і ближче до сучасної по своїй конструкції [3].

Нині завдяки опалубці можна зводити найскладніші будівлі і споруди незалежно від їх призначення. У останні 100 років технологічні операції монолітно-бетонного будівництва із застосуванням опалубки не зазнали відчутних змін, але опалубні системи удосконалювалися і удосконалюються з року в рік.

Свідченням підвищеного інтересу до опалубних систем є різні публікації, монографії, підручники і навчальні посібники, дисертаційні роботи, освітлюючи питання технології виробництва, матеріалів конструктивних частин, сфери застосування, розрахунків під навантаженням, вибору опалубки та інше.

Підвищений інтерес представляють роботи С.С. Атаєва, Н.Н. Данилова, Б. В. Прикина, А.А. Афанасьєва, О.М. Шміта [10,21,27-31] та інших. До останніх (почало ХХІ ст. і по теперішній час) більше значущих робіт відносяться роботи наступних ведучих учених в області монолітного

житлового будівництва і опалубних систем: С.М. Анпилова [1], Д.Ю. Червоного, Ю.М. Червоного, Ю.С. Волкова[8], А.І. Звезда [8], В.І. Теличенко, А.А. Лapidуса, О. М. Терентьева, В. В. Соколовського [21,28], Л.В. Зиневича, С.А. Амбарцумяна, А.С. Мартиросяна, А.В. Галумяна [6,7], П. П. Олейника [27], А.О. Адамцевича, А.П. Пустовгара [5] та інших.

За останні роки будівельний комплекс перейшов на ринкові стосунки, що дає усі підстави вважати, що вже найближчими роками станеться помітне кількісне і якісне зрушення у бік підвищення технічного рівня будівництва з монолітного бетону.

На ранній стадії будівництва бетонних споруд опалубці і опалубним роботам не надавали належного значення. Опалубку, як правило, виконували безпосередньо на будівельному майданчику без попереднього проектування. З розвитком будівельних технологій, бетонні конструкції стали менш масивними і складаються з великого числа елементів, внаслідок чого сильно збільшилася витрата опалубки на 1 м³ укладеного бетону. Будівельна практика "монолітного бетону" показала необхідність в проектуванні, в промисловому виготовленні конструкцій і виборі матеріалів опалубок; порівняльного аналізу техніко-економічних показників. Опалубка - важливий чинник, що впливає на технологію і вартість будівництва. Аналіз витрат на зведення залізобетонного каркаса будівлі показує, що для зниження вартості будівництва потрібна першочергова увага приділяти опалубкам і опалубним роботам (рис. 2.1).

Опалубка - сукупність елементів і деталей, призначених для утворення форми монолітних бетонних або залізобетонних конструкцій і споруд, що зводяться на будівельному майданчику. Опалубка визначається характером бетонованих конструкцій (споруд), співвідношенням їх геометричних розмірів, прийнятою технологією виробництва робіт, кліматичним умовам.

Опалубка повинна забезпечити задані розміри і форму конструкції, що зводиться; бути міцною, жорсткою і незмінною в робочому положенні і при зведенні усіх виробничих навантажень мати мінімальну адгезію (зчеплення)

поверхні з бетоном; бути індустріальною і такою, що багато обертається, економічною і технологічною при зборці і розбиранні, а також не створювати утруднень при установці арматури і укладанні бетонної суміші.



Рисунок 2.1 - Витрати на зведення залізобетонного каркаса будівлі.

Опалубка визначає також якість поверхні бетону, його міцність і інші властивості. Усім цим вимогам в найбільшій мірі відповідає уніфікована опалубка заводського виготовлення.

Розрізняють наступні види опалубки : розбірно-переставну (у тому числі блок-форми), пересувну котючу, що горизонтально ковзає, тунельну, підйомну переставну, підйомну ковзану, переставну об'ємну, опалубку-облицювання (незнімну) і пневматичну.

Конструкції опалубки, підтримувальних її лісів або стійок, кріпильних і інших пристроїв мають бути жорсткими, міцними і стійкими, забезпечувати легкість установки і розбирання, а також відповідати класу точності і прийнятим для зведення цієї споруди способам армування, укладання і ущільнення бетонної суміші. Поверхня опалубки, що безпосередньо

примикає до бетону, має бути щільною, мати малу з бетоном адгезію і не мати щілин, щоб не витікало цементне молоко.

Найважливішим показником якості опалубки є її оборотність, т. е. можливість багатократного використання. Застосування інвентарної опалубки, що багато-обертається, з уніфікованих елементів з модульною зміною розмірів і укрупнених блоків сприяє зниженню трудомісткості і вартості опалубних робіт, які все ще залишаються високими. Опалубні роботи складають 24-40 % трудових витрат на зведення залізобетонної конструкції.

2.2 Аналіз українського ринку будівельної опалубки

За даними Державної служби статистики, загальна площа нових житлових будинків, зведених з монолітного бетону, в 2020 р в Україні склала 214,8 тис.м², але це без обліку об'єктів, побудованих з інших матеріалів, але із застосуванням монолітно-каркасної технології. Сьогодні технологія монолітного будівництва використовується в 15 регіонах країни, але найбільш широко - в Києві (93,7 тис, м²), Дніпропетровська (19,8 тис.м²) і Одеська (13 тис.м²) області. В цілому, статистика свідчить про те, що в даний час близько 50% об'єктів зведені із застосуванням монолітно-каркасної технології. Слід зазначити, що важливе місце в структурі процесу монолітного будівництва займає опалубка.

Ринкова ситуація. Ще не так давно, монолітне житлове будівництво можна було віднести до експериментального будівництва, і українські будівельники вчилися працювати з повноцінними опалубними системами.

Сьогодні український ринок опалубки - це багаторівневий і дуже важливий сегмент будівельного комплексу, який знаходиться на етапі

динамічного розвитку і включає не тільки реалізацію, а й оренду різних типів опалубних систем як вітчизняних, так і зарубіжних виробників.

Однак якщо українська і імпортна горизонтальна опалубка на ринку займають приблизно однакові позиції, то вертикальні опалубні системи вітчизняного виробництва, значно поступаються зарубіжним брендам і займають лише частину українського ринку 1/3.

За обсягами (в м²) реалізації горизонтальної опалубки вітчизняна продукція займає українського ринку 70-75%. Решта дістається зарубіжні компанії 25-30%. Пояснюється це тим, що імпортні, зокрема, німецькі системи, значно дорожче, ніж українські, а тому обладнання зарубіжних виробників вигідніше брати в оренду.

У сегменті вертикальної опалубки 70-80% доводиться на обладнання з Німеччини, Австрія, в меншій мірі Італії, а частина, що залишилася ринку займає продукція з України та країни СНГ [1,2,25].

На ринку орендованої вертикальної і горизонтальної опалубки безумовним лідером є імпортна продукція.

Найбільш відомі зарубіжні виробники опалубних систем, представлені на ринку - HUNNEBECK, великодній, Peri, HE-Schaltechnik, Meva (Німеччина) DoKa (Австрія) SGB (Великобританія) Utinor (Франція) PILOSIO (Італія) Алума Systems (Канада) Altrad - Mostostal Baumann - Mostostal (Польща). Є на ринку й системи опалубки російського виробництва («Агрисовгаз», «Крамос»), однак істотного впливу на ринкову ситуацію вони не роблять.

Щорічно на український ринок опалубних систем намагаються вийти від 2 до 5 нових зарубіжних брендів. Так, в 2006 р. вітчизняні будівельники познайомилися з продукцією італійського концерну Manitou, виробника модульної будівельної опалубки.

Намагаються знайти своїх «прихильників» і виробники з Туреччини, проте в цьому питанні вони досягли поки незначних успіхів. Подібна

ситуація фахівців пояснює як специфіка сама опалубки, так і лояльність замовників до свого постійним постачальникам цих виробів.

За оцінками фахівців заводу «Павлоградспецмаш», імпортна продукція займає близько українського ринку будівельної опалубки 70%, а решта 30%-це виробу вітчизняних підприємств. При цьому слід зазначити, що частка ринку, яку займають українські виробники, з кожним роком збільшується. Так, в 2019 р. вітчизняна продукція відвоювала близько 17% ринку, доводячи на практиці, що українська продукція якістю і технічними характеристиками не поступається імпортній.

У той же час не можна не помітити одну характерну особливість українського ринку, яку можна було спостерігати останнім часом. Так, якщо для ринку будівельних лісів останні 5 років, можна назвати епохою «європеїзації» вітчизняного будівельника, то для ринку будівельної опалубки цей період більш схожий на «українізацію» будівельника. Справи в тому, що в цьому час доводилося ретельно пояснювати, «привчати» вітчизняний забудовник працювати з якісною вітчизняною опалубкою, в заміні та імпортна опалубні систем і не завжди краща якість, а в більшості - вживані, які масово заповнював український ринок. В цей же час відбувався процес відмови від використання тієї примітивної опалубки, з якої звикли працювати українські будівельники.

Ситуація кардинально змінюється, і сьогодні значна частина вітчизняного ринок займає продукція заводу «Павлоградспецмаш», яка виготовляє опалубочні системи чотири типів: стіновий, перекриття, колони і стійко-рамна. В цілому частка продажу опалубки ТМ «Будмайстер» на ринку зросла з 15-20% в 2005 р до 35% в 2020 р/[17].

Серед іншого українських виробників опалубних систем відома продукція ТОВ «ГИПРО - М» і виробнича компанія «Індастрі», яка на сьогоднішній день виготовляє тільки елементи горизонтальної опалубки.

В цілому обсяг українського ринку будівельної опалубки в 2020 р склав 45-50 млн. грн.

2.3 Сучасні опалубних систем

У період з 1997 по 2000 роки майже усі українські будівельні компанії в основному використовували імпортні опалубні системи. Багато хто рахує [1,25], що це пов'язано з порушенням «виробничих і товарних зав'язків між регіонами, малою потужністю українських компаній-виробників опалубних систем і низькою якістю самих систем, а також малою розвиненістю інженерної підтримки і асортименту продукції». У цей період основну частку ринку ділили між собою компанії DOKA, MEVA, ALUMA і PERI. Незначні постачання здійснювали компанії BAUMA і OUTINOOR. Західні компанії поставляли в Україну практично тільки сталеві системи, єдиним виключенням була компанія ALUMA SYSTEM, легкосплавну систему балочно-ригельної стінної опалубки і опалубки перекриття на алюмінієвих рамах. В той же час традиційні українські виробники опалубних систем не проявляли належної активності, зважаючи на що їх доля на ринку опалубного устаткування постійно скорочувалася. Проте новоутворені підприємства, що активно зайнялися виробництвом опалубних систем, організовані вже в період економічних реформ, добре оснащені і спочатку націлені на конкуренцію із західними компаніями, в період з 2001 по 2015 роки неухильно збільшували свою присутність на ринку опалубки таким чином, що до 2015 року більше 65 % потреб в опалубному устаткуванні в Україні покривалося українськими ж виробниками. Важливим чинником перерозподілу ринку стало виробництво високоякісних легкосплавних опалубних систем. Оскільки ці системи розроблялися в середині 90-х років, вони краще відповідали сучасним вимогам будівельної галузі. Низька питома вага полегшувала роботу з такими видами опалубок, а невисока вартість алюмінієвого профілю надавала цим системам додаткові конкурентні переваги. Важливо і те, що усі три системи почали вироблятися одночасно в різних регіонах країни і були цілком взаємозамінні, що відкривало

додатковий простір для споживачів відносно зміни постачальника і/або постачання основного устаткування або комплектуючих матеріалів і частин. В цей же час на ринок опалубки вийшли і виробники сталевих опалубних систем.

У зв'язку з посилення конкуренції в сфері виробництва та використання опалубочних систем з боку вітчизняних виробників і зростання якості вітчизняних опалубних систем, постачальники опалубних імпорتنних систем почали здали позиції. За оцінками Міністерства розвитку громад та територій України в 2015-2020 рр., потреба в опалубному устаткуванні в Україні задовольнялася за рахунок вітчизняних виробників на 79%.

Особливою популярністю користувалися «стінні опалубки»[1,25,26], призначені для зведення вертикальних елементів будівель (стін, колон, ліфтово-сходових вузлів, шахт і тому подібне). Величезний попит мали також «опалубки перекриттів»[1,2] для зведення горизонтальних елементів будівель і споруд (плит перекриття, балок і ригелів, іноді сходових маршів, пандусів і таке інше).

Для зведення вертикальних елементів будівель найчастіше застосовували наступні опалубні системи і устаткування.

Модульна опалубка. Ця інженерна система призначена для виробництва монолітних робіт, дозволяє виробляти формування бетонної суміші, складається з різного розміру інвентарних щитових елементів, що формують поверхню і кріпильних елементів, службовців як для кріплення щитів між собою, так і для сприйняття тиску бетонної суміші. Велику популярність таких систем обумовлює можливість їх застосування на найрізноманітніших об'єктах. Завдяки великому числу стандартних елементів і логічній компоновальній схемі ці види опалубних систем дозволяють реалізувати різноманітні архітектурні рішення. По суті, принцип компоновання модульної опалубки нагадує конструктор LEGO, зібрані в різній послідовності елементи системи утворюють карти опалубки практично будь-якої конфігурації. У сучасних системах взаємозамінювання

компонентів висока настільки, що елементи опалубки колон або ліфтових шахт при необхідності інтегруються в стінну карту, і навпаки, лінійні щити із стінної карти використовуються при заливці колон або ліфтових шахт.

Модульна опалубка підрозділяється:

- на великощитову - найбільш відомими системами є DOKA FRAMAX, PERI TRIO, MEVA MAMUT (рис. 2.2), а також російські аналоги Гамма, ДАК, Пекомо, Опрус, Агрисовгаз і Крамос. Меншу популярність мають системи компаній PILOSIO, FARESIN, RINGER MASTER;
- дрібнощитову - найбільш відомими є Арсенал, ХСИ, а також що не набули широкого поширення зважаючи на необґрунтовано високу вартість системи PERI DOMINO, PASCHAL, DALLI.

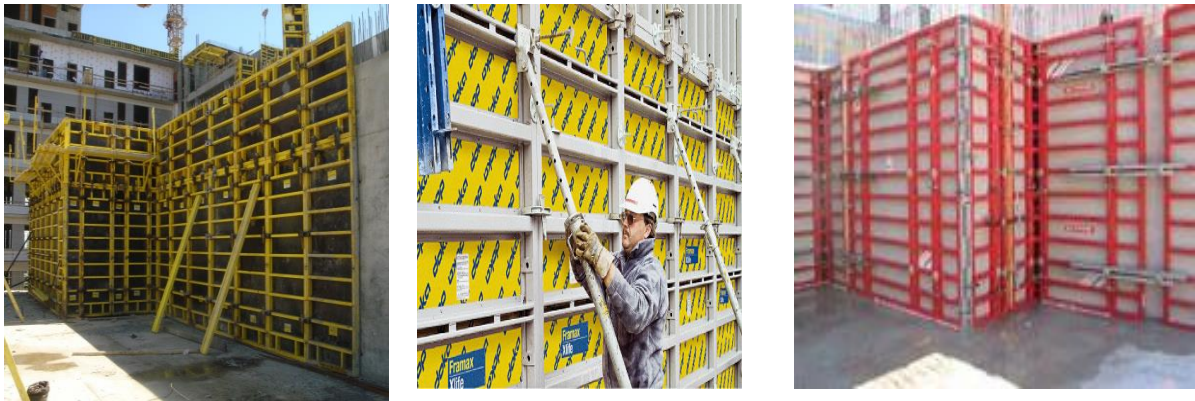


Рисунок 2.2 - Модульні багатощитові опалубки: а - PERI TRIO;
б - DOKA FRAMAX; в - MEVA MAMUT

Опалубка балочно-ригельна система (рис. 2.3). Цей вид опалубного устаткування є каркасною конструкцією, зібраною з ригелів, сполучених між собою спеціальними кріпильними елементами. Ця опалубка не припускає наявності готових каркасів щитів. Каркас набирається з балок і спеціальних ригелів, а також палуби, яка монтується до балок «по місцю». До недоліків такої системи можна віднести велику трудомісткість монтажу і демонтажу, проте у ряді випадків ця система є незамінною (наприклад, при будівництві градирен). Як палуба щита використовується фанера, що ламінує, завтовшки

18 і 21 мм. Перевагою опалубки балочно-ригельної є її невелика вартість в порівнянні з іншими видами опалубки, а також можливість використання фанери, що ламінує, і балок для опалубки перекриття. Опалубка Балочно-ригельна забезпечує високу якість бетонної поверхні, що виключає необхідність їх наступної обробки.

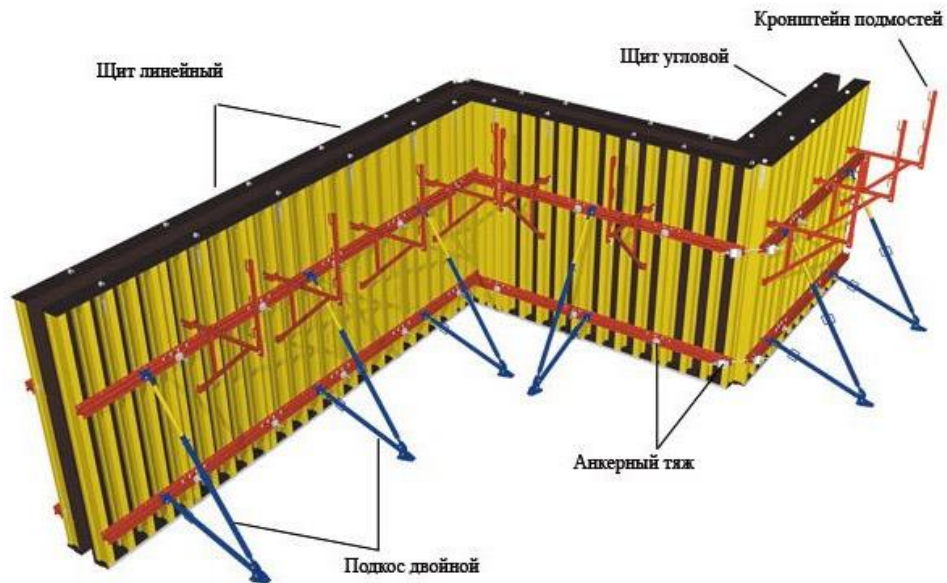


Рисунок 2.3 - Опалубка балочно-ригельна

Тунельна опалубка є системою, що дозволяє одночасно виробляти заливку і стін і перекриттів, по суті - коробку, поставлену догори дном і забезпечену домкратами, полегшуючими розпалублення, і часто роликami для зручнішого витягання з готового приміщення. Застосовується для масового будівництва однотипних будівель.

В Україні застосовувалася тунельна система OUTINOOR (Франція) і MESA (рис. 2.4). У СРСР існували і вітчизняні аналоги. Тунельна опалубка не дуже поширена на території України. Проте, у всьому світі ця система зарекомендувала себе як одна з найперспективніших для житлового будівництва багатоповерхових багатоквартирних будівель, забезпечуючи високий темп і якість роботи, у тому числі для районів з високою сейсмічною

активністю (тобто виходить тільки один шов бетонування - в районі підлоги кожного поверху). Тунельні опалубки турецького виробництва MESA IMALAT мають наступні системи:

1) Система TRTF - класична система, являється більше простій, ніж інші системи. Вона легше і тому не вимагає значних початкових інвестицій. Недолік цієї системи - не модульність. Є найбільш вигідною і відповідною для проектів з декількох будівель з однаковим плануванням;

2) Система ERTF - модульна система тунельної опалубки. Безперечна перевага цієї системи в тому, що її можливо пристосувати під будь-який проект за рахунок добірних вставок, як на вертикальні, так і на горизонтальні елементи.

3) Система KR на сьогодні, мабуть, сама інноваційна система тунельної опалубки. Об'єднує в собі усі переваги попередніх систем. Товща палуба (сталевий лист $t=4$ мм), зменшена кількість лонжеронів (горизонтальних ребер жорсткості), що призводить до зменшення кількості тяжій, зменшена маса панелей. Також спрощена технологія зборки і підвищена зручність роботи з системою.



Рисунок 2.4 - Тунельна опалубка: а - MESA IMALAT; б – OUTINOOR

Спеціальні види опалубних систем застосовуються при зведенні мостових конструкцій, естакад, биків і ін. Як правило, виготовляються під конкретний проект, мають украй високу вартість і дуже вузьку спеціалізацію. В Україні застосовуються як українські системи, виготовлені під замовлення,

так і білоруські, виготовлені в БелНІС, відомі системи компанії ULMA, ENKOFORM VMK (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 - Спеціальна опалубна система ENKOFORM VMK

Радіусна опалубка. Варіант опалубної системи, що дозволяє формувати радіальні конструкції (рис. 2.6). Можливі різні по складності системи: від звичайної БРС, забезпеченої спеціальними пристроями, які задають радіус вигину, і системи, набраної з лінійних і шарнірних щитів, дозволяють отримувати радіуси з дискретністю, рівній ширині щита, або системи, набраної з лінійних щитів і дугоутворюючих елементів (найчастіше щитів, в яких як палуба використовується сталевий лист і пристрій, який задає радіус вигину), до складних систем, що дозволяють виробляти роботи по заливці конструкцій радіусів, із змінюваною протяжністю сектора. Такі системи виробляють в Німеччині, Іспанії, Туреччині. Наприклад, турецька компанія TMS виробляє опалубки радіусів, призначені для зведення градирень.

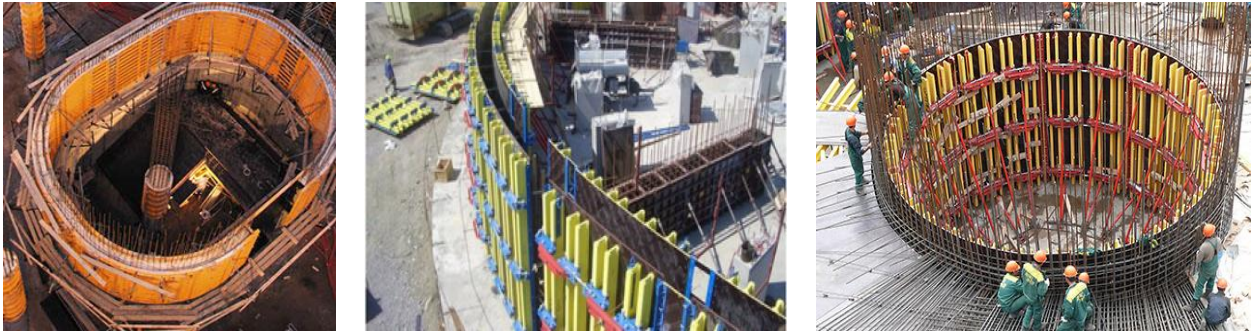


Рисунок 2.6 - Опалубки радіусів виробництва Німеччини (а), Іспанії (б), Туреччини (в)

РАХ - колони. Вузькоспеціалізована система для заливки колон (рис. 2.7). Дозволяє істотно збільшити швидкість бетонування. Конструкція представлена в системах RINGER, MESA, MEVA, PERI та ін.



Рисунок 2.7 - Опалубка РАХ - колони : а - PERI; б - RINGER

Контрфорсна або одностороння опалубка. Ця система застосовується у випадках, коли необхідно виробляти заливку бетону в умовах, що виключають застосування сторони «у відповідь щитів» (рис. 2.8). Застосовується для бетонування стінок котлованів, підпірних стін або

підстав, товщина, конфігурація або діаметр яких унеможлиблює закріплення стяжних болтів на стороні (наприклад, бетонування ядерного острова (підстави під реактор) для атомної електростанції) у відповідь.

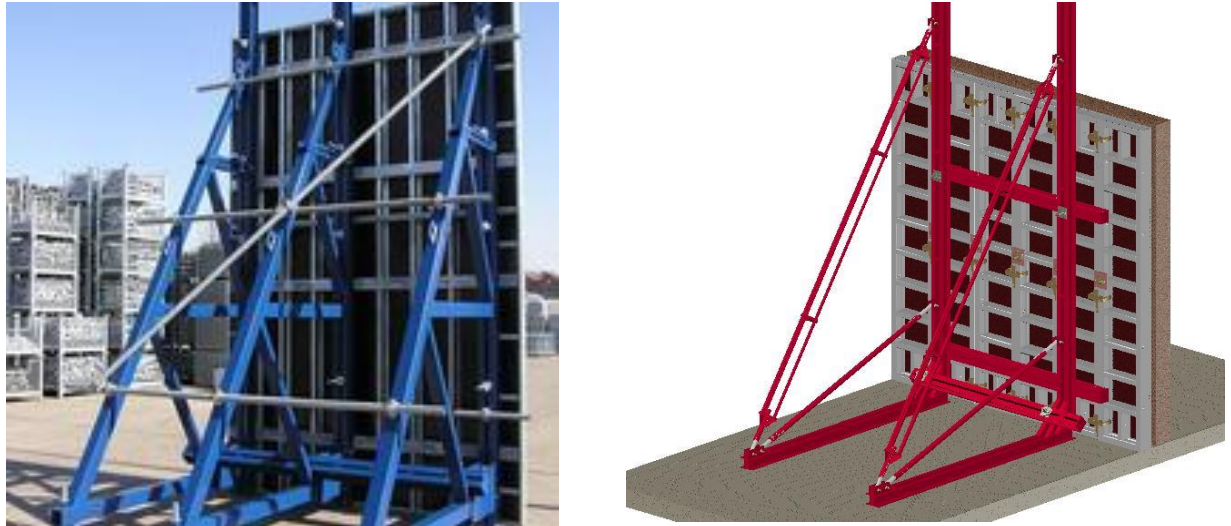


Рисунок 2.8 - Контрфорсна або одностороння опалубка : а - MESA IMALAT;
б - OUTINOOR

Технічний прогрес будь-яких систем, у тому числі і опалубних, заснований на вдосконаленні існуючих, раніше розроблених систем, що мають конкретні недоліки або переваги (таблиця. 2.1). Тому приведені сучасні опалубки мають взаємозамінні аналоги (таблиця. 2.2).

Таблиця 2.1 - Позитивні і негативні сторони найбільш поширених систем[1.]

Переваги	Недоліки
Виробник/ найменування	
PERI / PERI TRIO	
Висока інженерна розвиненість системи. Можливість вирішувати практично будь-які завдання. Надійність і якість виготовлення.	Завищена ціна. Велика вага конструкцій, які утрудняють монтаж. Висока вартість запчастин і витратних матеріалів
ТехноКом БМ/ Гамма	
Гідна якість. Конструкція, за деякими показниками що перевершує "материнську" систему. Невисока ціна. Виробництво, підготовлене фахівцями PERI	Велика маса елементів. Менша "розвиненість" і недостатній рівень інженерного супроводу для складних об'єктів

Продовження таблиці 2.1

Пекомо/ Пекомо	
Невисока ціна	Якість, поступлива Гаммі. У іншому - те ж
Крамос / TEMBO	
Німецький інжиніринг. Копія турецького TMS. Виробник стверджує, що для виробництва застосовується профіль австрійського виробництва	Невиправдано завищена ціна (вартість турецького аналога, TMS, практично удвічі менше). Низька якість фарбування і антикорозійного захисту елементів. Мала кількість елементів і нерозвиненість системи. Повністю відсутній досвід застосування. Велика маса елементів
TMS / TMS	
Прийнятна якість виготовлення. Хороші відгуки споживачів з різних країн. Невисока ціна. Позитивне відношення власників бізнесу до покупців. Добре захищена від корозії	Невисока якість інженерного супроводу, що компенсується співпрацею з швейцарськими і німецькими компаніями. Велика маса елементів
DOKA / DOKA FRAMAX	
Простота і надійність в кожній деталі. Оцинковані елементи стійкі до корозії.	Спрощеність системи. Оцинковані елементи дуже адгезивні для бетону. При ремонті опалубки оцинковані елементи заважають проведенню зварювальних робіт. Завищена ціна. Велика маса елементів
AGS St2 (Агрисовгаз) / AGS St2	
Сумісна з DOKA. Каркаси оцинковані, отже, мають хороший антикорозійний захист	Каркаси оцинковані, отже, висока адгезійність до бетонних сумішей, ускладнено очищення щитів. Велика вага елементів
RINGER / RINGER STAHL MASTER	
Повна копія DOKA. У кожній з названих компаній зберігається копія рішення австрійського арбітражу про неможливість з'ясування першості в розробці даній системи опалубки. Абсолютна взаємозамінюваність елементів на тлі дуже невисокої ціни і високої якості. Порошкове забарвлення каркасів. Дуже маленькі терміни постачань. Розвиненість регіонального сервісу.	Велика маса елементів. Системі властиві плюси і мінуси DOKA
AGS AL / AGS AL	
Сумісна з ДАК, Крамос. Мала вага елементів. Малий асортимент щитів і елементів, логічна і виразна система розмірів. Гідна якість виготовлення	Має усі недоліки, властиві системам-близнюкам (ДАК, Крамос)
Крамос/ Крамос	
Висока розвиненість системи. Сумісна з ДАК і AGS. Багато інновацій	Необґрунтовано завищена ціна. Неритмічність постачань. Низький рівень сервісу.

ДАК/ ДАК	
Сумісна сAGS AL і Крамос. Малий вага елементів і низька ціна. 1460 типорозмірів і конструкцій щитів. Найменший термін постачання. Високий рівень сервісу в регіонах. Гідна якість виготовлення	Зважаючи на велику кількість підробок необхідно працювати тільки з офіційними дилерами головного підприємства
Надійність і якість виготовлення. Добра інженерія. Хороша антикорозійна стійкість.	Застаріла система. Велика маса елементів. Висока ціна
Опрус/ Опрус	
Невисока вартість	Невисока якість виготовлення. Низька антикорозійна стійкість. Велика маса елементів.
FARESIN / FARESIN	
Невисока ціна. Прийнятна якість.	Великі терміни постачань. Висока вартість запчастин.

Таблиця 2.2 - Аналоги і взаємозамінні опалубні системи

Назва системи	Країна походження	Аналог або копія
PERI	Німеччина	TMS, TEMBO, Гамма, Пекомо
DOKA	Австрія	RINGER
MEVA	Німеччина	Опрус, "Старооскольская опалубка"
FARESIN	Італія	OFICINA VILALTA
Пекомо	Росія	TMS, TEMBO, Гамма, PERI
TMS	Туреччина	TEMBO
RINGER	Австрія	DOKA
Гамма	Росія	PERI, TMS, TEMBO, Пекомо

Опалубка перекриттів. Для зведення перекриттів розрізняють наступні види опалубки:

– опалубка плоских перекриттів використовується при заливці прольотів доб м, як опалубка використовують ригелі разом з щитами. Ригелі встановлюють з пересувних риштувань, вишок тур, або приставних сходів з майданчиками[1]. По встановлених ригелях укладають щити опалубки. Замість щитів можуть бути використані стругані дошки, деревостружкові плити (ДСП), фанера, що ламінує, або інші матеріали;

– опалубка ребристих перекриттів складається з бічних щитів, висота яких дорівнює висоті балок, і щитів днища. Розсувна струбцина має спеціальні натяжні домкрати, за допомогою яких забезпечується щільне з'єднання вертикальних щитів опалубки і щитів днища балки;

– опалубка похилих перекриттів характеризується однією особливістю: окрім вертикального навантаження на неї діє ще і горизонтальна. Тому встановлюють опори і зв'язки, що сприймають горизонтальне навантаження.

Опалубну систему умовно можна розділити на дві основні частини: опорна частина (підтримувальна система) і власне сама «палуба», функціональна частина, куди заливається розчин бетону.

Залежно від опорної частини сучасні опалубки перекриттів діляться на наступні види:

Опалубка перекриттів на телескопічних стійках. Найдешевший і найбільш трудомісткий процес опалублення. Дозволяє заливати перекриття заввишки до 4,5 м, завтовшки 20-30 см. Для зборки опалубної системи використовують наступні комплектуючі: тринога, стійка телескопічна (домкрат опалубки), унівилка, балка дерев'яна, ламінуюча фанера (рис. 2.9). Невисока первинна вартість устаткування поєднується з великим об'ємом робіт при кожній перестановці системи (тобто при переході на кожен новий поверх). Це виправдано при роботі з малоповерховими будівлями або при конфігурації приміщень, що постійно змінюється, і невеликій висоті міжповерхових перекриттів. Велика парусність конструкції, трудомісткість, мала швидкість і нестійкість є додатковою платою за невисоку вартість.

Опалубки перекриттів на об'ємних стійках. Ця опалубка дозволяє заливати перекриття типу «прямий стіл», перекриття, посилені залізобетонною балкою, а також перекриття з капітелями (рис. 2.10).

Також можливе розставляння об'ємних стійок окремими турами і блоками. Характеризується здатністю сприймати різні навантаження залежно від маси, форми і конфігурації конструкції, що знаходиться згори.



Рисунок 2.9 - Опалубка перекриттів на телескопічних стійках

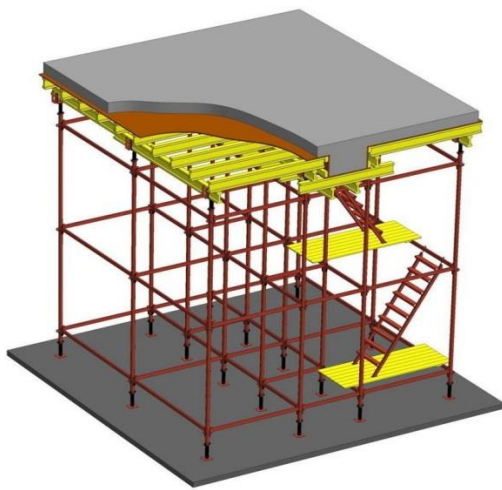


Рисунок 2.10 - Опалубки перекриттів на об'ємних стійках

Універсальна система об'ємних стійок - GW - модульна система розбірно-переставної опалубки для зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій.

Система стійок об'ємних опорних GW може застосовуватися як опалубка перекриттів і пролітних будов (мостів, естакад і інших подібних споруд), а також при проведенні монолітних робіт по прокладенню тунелів, що зводяться відкритим і закритим способом як тунельна опалубка.

Система стійок об'ємних опорних GW є металевою конструкцією, що складається з ряду вертикальних елементів, діагональних, вертикально-горизонтально розташованих елементів, а також додаткових комплектуючих.

Виконання виробу в частині дії кліматичних умов помірною клімату - при температурі довкілля від мінус 40 °С до плюс 40 °С. Стійка об'ємна опорна GW забезпечує простоту і безпеку робіт по зведенню високих перекриттів на порядок вище, ніж аналогічні системи. У основі опалубного столу розставляються опорні черевики або домкрати, на які встановлюються стартові стійки. Набір необхідної висоти столу забезпечується добірними стійками, що мають різну висоту, завдяки чому відстань від опорної поверхні до нижньої грані перекриття може бути будь-ким. На стійках є фланці для кріплення ригелів. Залежно від товщини перекриття задається осередок, що формується з ригелів стандартного номенклатурного ряду. На верхні добірні стійки встановлюються домкрати, вживані при монтажі нижнього ряду. Для укладання дерев'яних балок використовуються унівилки. Під'їм робітників при монтажі і демонтажі виробляється по сходах, верхній кінець закріплюється на ригелі за допомогою крюка, низ встановлюється на тимчасовий настил. Використання системи «Стійка об'ємна» дозволяє заливати перекриття різних типів :

- прямий стіл;
- прямий стіл, посилений залізобетонною балкою;
- перекриття з капітелями.

Також можливе розставляння стійок окремими турами і блоками.

Стійка і ригель системи GW з'єднуються і фіксуються між собою за допомогою клину, утворюючи надійний клиновий вузол, що самостійно замикаються.

Таким чином, система має наступні позитивні властивості:

- 1) новий клиновий вузол має підвищену надійність з'єднання;
- 2) система є такою, що само розклинаються;
- 3) не потрібно утримання клину при монтажі ригеля на відміну від старого клинового вузла;
- 4) зручність при розклинюванні і вибиванні клину;

5) ця система клинового вузла дозволяє переміщати зібрану конструкцію.

Універсальна система об'ємної стійки GW має цілий ряд економічно вигідних переваг:

- здатність сприймати різні навантаження залежно від вище розміщеної конструкції будь-якої конфігурації;
- висока гнучкість за рахунок кроку довжини, ширини і висоти;
- конструкція клинового вузла забезпечує надійне з'єднання, яке закріплює стійку відносно ригеля під кутом в 90° і надає конструкції підвищену жорсткість і стійкість конструкції;
- зборка на початковому етапі виробляється двома монтажниками, а згодом може вироблятися і однією людиною;
- максимально допустиме навантаження на ригель, що дає можливість одночасно із заливкою палуби виробляти і заливку ригеля;
- жорсткість конструкції в цілому і її надійність зводить можливість обвалення при неправильній експлуатації до мінімуму.

Опалубка перекриттів на опорних лісах. Вона влаштована схожим з попередньою опалубкою чином, тільки замість стійок використовуються рамні, або клинові опорні ліси. Характеризується підвищеною надійністю і максимальною стійкістю до навантажень. Дозволяє зводити горизонтальні конструкції будь-якої висоти і рівня складності. Міцність конструкції залежить від таких чинників, як горизонтальні і вітрові навантаження, кріпильні проміжки між вертикальними стійками і висота усієї споруди.

Наприклад, опорні ліси під опалубку і системи опалубки перекриттів LAYNER - це незамінне рішення скрізь, де потрібно підвищену здатність, що несе, при колосальних навантаженнях, будь то будівництво і ремонт мостів, обслуговування енергоустановок, заміна опор будівель або роботи бетонних укладань. За допомогою спеціальних деталей сталеві опорні ліси ALLROUND комбінуються в міцніші конструкції, що дозволяють витримувати навантаження в десятки тонн. Здатність опор, що несе, залежить

від таких чинників, як горизонтальні і вітрові навантаження, кріпильні проміжки між вертикальними стійками і висота споруди (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 - Опалубка перекриттів на опорних лісах

Опалубка перекриттів на рамах. Опалубка перекриттів на рамах має на увазі наявність в системі конструкції, що має високі характеристики навантажень і стійкість. За допомогою рам можливо опалубити перекриття до 60 м, а взаємозмінюваність рам дозволяє застосовувати одне і те ж устаткування як при будівництві жител, так і при зведенні складних інженерних конструкцій (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 - Опалубка перекриттів на рамах

Рамну опалубку перекриттів розрізняють по матеріалах, з яких вона виготовлена,:

1) Алюмінієві рами. Невисока порівняльна вартість і недосяжні для стійок характеристики навантажень укупі з феноменальною стійкістю і гнучкістю системи здобули рамній алюмінієвій опалубці широке визнання з боку будівельників. Опалубка перекриттів на алюмінієвих рамах збирається з окремих плоских рам, сполучених між собою хрестовими зв'язками. За допомогою вставки і скоби їх можна встановлювати в декілька ярусів для безпечного проведення робіт на великій висоті;

2) Сталеві рами. Останнім часом з'явилися системи, засновані на опорних лісах і/або так званих об'ємних стійках. По суті це сталеві рами, тому ці системи можна віднести до цієї групи.

3) Опалубка перекриттів на столах. Ця група також повинна підрозділятися на системи алюмінієвих (легкосплавних) столів і системи сталевих столів:

– Алюмінієві столи. Найбільш поширена система столів «MODULEX» - це система, яка дозволяє об'єднати в опалубку великі площі і, головне, виробляти перенесення столів без їх демонтажу. Така методика дозволяє істотним чином скоротити терміни будівництва. Крім того, ця система має неперевершену стійкість, що зменшує ризик шкоди здоров'ю робітників;

– Столова опалубка на основі систем з голівкою, що падає. Ця система є, по суті, опалубкою перекриттів на телескопічних стійках, обладнаних додатково пристроєм, що полегшує процес розпалублення і що дозволяє виробляти демонтаж поля одночасно, не знімаючи палубу з другорядних балок.

Поширення набули два конкуруючі інженерні рішення:

– TYSSON - HYNEBECK - системи опалубки німецької компанії «Thyssen Huennebeck GmbH» призначені для вирішення самих різних завдань, починаючи від бетонування окремих будівельних конструкцій і

закінчуючи зведенням великомасштабних об'єктів промислової архітектури, мостів, тунелів і т. д. Забезпечує стійки універсальними особливої конструкції, фіксувальними як самі стійки, так і балки, закріплені в них;

– RINGER - пропонує використовувати стійки і спеціальну головну балку, що забезпечує і розслаблення конструкції, і фіксацію другорядних балок. Така система дещо дешевше і менш трудомістка в застосуванні.

Технологічність опалубних систем характеризується їх оборотністю і трудовитратами на їх монтаж і демонтаж. Приведемо трудовитрати на монтаж і демонтаж різних опалубних систем при пристрої монолітних плит перекриттів будівель з різними в плані конфігураціями (рис. 2.13), виконаних на підставі досліджень [9,25,].

З існуючого різноманіття опалубних систем на ринку MEVA має найвищу ціну, вважається, що це застаріла і важка (по масі) система. Але надійність, якість виготовлення, хороша інженерія, антикорозійний захист, оборотність цих систем забезпечують їх використання при зведенні найунікальніших і відповідальніших будівель і споруд: Бурдж Халіфа (ОАЕ), будівля Q1 - апартамент Тауэр (Австралія); культурний і художній центр Дебрецена (Угорщина); гідроспоруда Лох Катрин (Шотландія); міст на швидкісній автотрасі Лидса (Англія) та інші.

При зведенні хмарочосів неможливо подавати бетонну суміш на самі верхні поверхи, тому влаштовуються проміжні бетонні станції на середніх поверхах, і за допомогою потужних pomp бетон подається на проектні відмітки. Враховуючи надійність опалубних систем MEVA, можна виготовляти пакети плит перекриттів на проміжних відмітках і далі піднімати їх на проектні відмітки по направляючих опорах, як які можуть бути монолітні стволи ядер жорсткості і залізобетонні колони [7].

2.4 Особливостей сучасних опалубних систем, що вертикально переміщуються

Ефективність виконання монолітного будівництва багато в чому залежить від вдосконалення опалубних систем - систем, що вимагають на сучасному етапі розвитку монолітного житлового будівництва як технічного супроводу, так і надання програмного забезпечення. Опалубні системи - складні конструкції, що складаються з формотворних, таких, що підтримують, сполучних, технологічних і інших елементів.

Іншими словами, сучасні опалубні системи значно підвищують технологічність сучасного будівництва. Згідно [11], опалубка - конструкція, що є формою для укладання і витримки бетонної суміші, і що забезпечує проектні характеристики монолітних конструкцій. Опалубки класифікуються по ряду ознак, але на жаль, до теперішнього часу немає універсальної класифікації. Усе це пов'язано з тим, що динаміка впровадження інноваційних опалубних систем набагато поступається динаміці розробки нововведень в області опалубних систем, отже, і в монолітному житловому будівництві, за прогнозами учених, приблизно в 4.5 разів.

Сучасні опалубні системи характеризуються наступними конструктивними особливостями: розбірно-переставною, підйомно-переставною, ковзаною, блок-форма, що котить, незнімна (опалубка-оболонка) та інші.

Накопичений міжнародний досвід забудови сучасних мегаполісів свідчить про те, що найунікальніші будівлі і споруди зводилися за допомогою опалубок, що вертикально піднімаються і котяться, тому детальніше зупинимося на деяких з них.

Ковзана опалубка. Ковзану опалубку застосовують для зведення монолітних висотних споруд, ядер жорсткості, житлових і громадських будівель з компактним периметром, постійним і змінним перерізом споруди

по висоті. Використання ковзаної опалубки дозволяє здійснювати одночасно велику кількість операцій (які при інших методах монолітного будівництва здійснюються послідовно), що призводить до значного скорочення термінів будівництва.

За рахунок чіткого кроку технологічного потоку, що обумовлено технологією бетонування в ковзана опалубка, забезпечується безперервність виробництва робіт і усуваються простої. Забезпечується висока еквівалентна оборотність щитів і інших елементів (близько 150.500 циклів). Вітчизняний і зарубіжний досвід застосування ковзаної опалубки показує, що одним комплектом з висотою щита 1...1,2 м можна звести декілька будівель із загальною висотою стін 200.600м для дерев'яної опалубки і 1800...2400м для металевої [9].

Ковзана опалубка дозволяє забезпечити високу швидкість зведення стін (до 6 м в добу), висока якість робіт при значній економії арматурної сталі за рахунок монолітності стін і перекриттів, розширити можливості архітектурно-планувальних рішень, забезпечити хорошу звукоізоляцію і експлуатаційні характеристики будівель.

Ефективність зведення монолітних будівель в ковзаної опалубці залежить від бездоганної організації робіт і будівельного майданчика, забезпечення безперервності бетонування, підбору спеціальних складів бетонів, характеру армування і інших чинників.

Ковзана опалубка складається з опалубних щитів, підвішених до рам домкратів, домкратів, станції з олією для змазування і маслопроводів до домкратів, робочих майданчиків і підвісних риштувань (рис. 2.12).

Рами домкратів є основними елементами, що несуть, на них закріплюються щити опалубки, які сприймають тиск бетонної суміші.

До рам домкратів підвішуються риштування і встановлюється робочий настил. Вони мають жорстку зварну конструкцію і розраховуються на сприйняття усіх навантажень, включаючи бічний тиск бетонної суміші, зчеплення з бетоном, тертя, тимчасові навантаження, власну вагу опалубки.

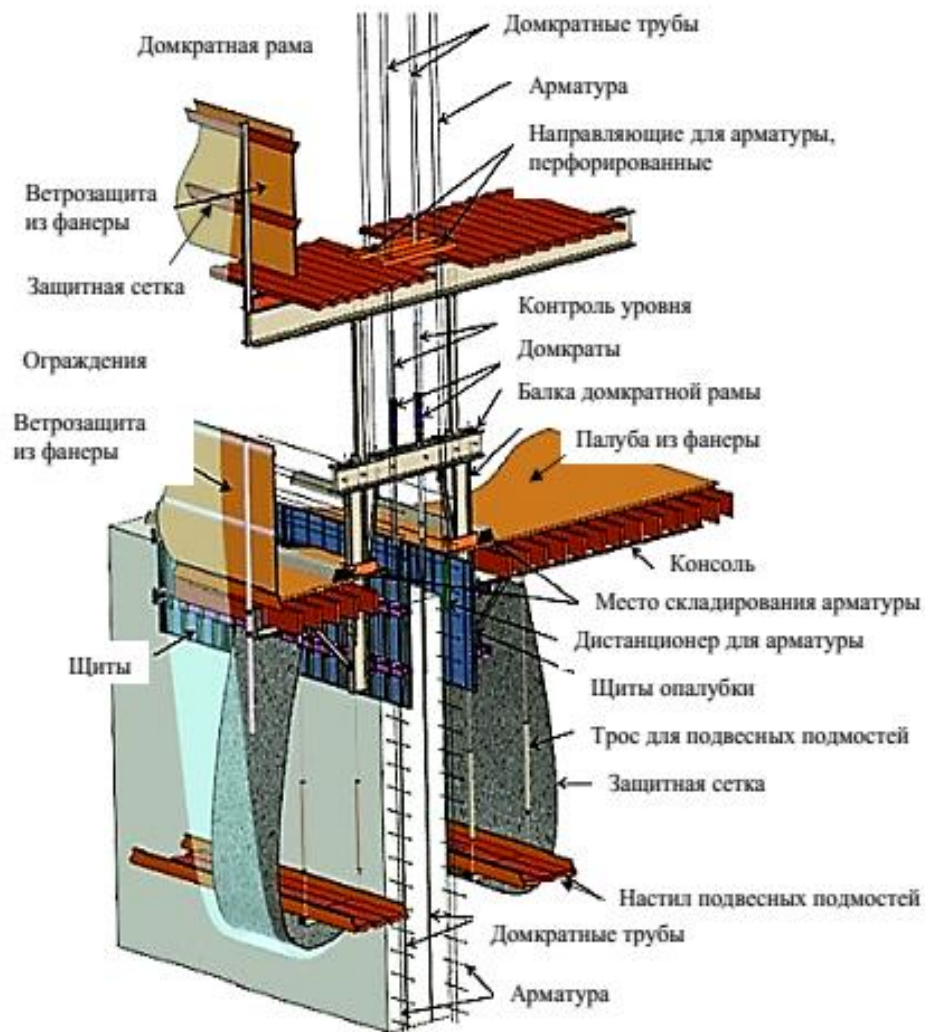


Рисунок 2.12 - Элементы і конструкція ковзаної опалубки [1]

На рами домкратів встановлюють домкрати (механічні, гідравлічні, електричні, електромеханічні), які, спираючись на стержні домкратів, піднімають усю конструкцію опалубки. Щити опалубки встановлюють так, щоб відстань між ними збільшувалася донизу, утворюючи конусність в межах $1/500$ - $1/200$ висоти щитів або 5.7 мм на кожную сторону при висоті щитів 1.1,2 м. Внутрішній щит опалубки встановлюють з нахилом. Зовнішній щит встановлюють без нахилу, що дозволяє отримувати вищу якість поверхні стін.

Рама домкратів виконують з двома, трьома і чотирма стійками. Трьох- і чотирьох стійкові рами встановлюють на перетині стін і застосовують при

зведенні будівель з великою кількістю різних перетинів в плані, віконних і дверних отворів. Частіше застосовуються двостійкові рами. Рама складається з вертикальних стійок і горизонтального ригеля. На стійках встановлюють кронштейни для кріплення ригелів, кружал і щитів. Для бетонування стін різної товщини рами домкратів виготовляють зі знімним ригелем декількох типорозмірів. Насосно-розподільна станція може розташовуватися на землі або на робочому настилі в зоні робіт. По настилу прокладають систему гідророзв'язок, що сполучають кожен домкрат з насосною станцією. Вантажопідйомність домкратів 6..10т, маса домкратів 15..21кг, число одночасно працюючих домкратів на об'єкті може досягати 160 - 200.

По конструкції щитів опалубку розділяють на велико- і дрібнощитову. Остання більше універсальна, але трудомісткість її монтажу і демонтажу значно вища. При використанні дрібних щитів їх укрупнюють за допомогою елементів укрупнених з'єднань. У великорозмірних щитах балки входять в конструкцію щита. Щити виконують плоскими і криволінійними, що дозволяє різноманітиту архітектурні форми фасадів будівель.

Щити опалубки зазвичай мають висоту 1,1..1,2м; їх роблять з 0,5% -ою конусністю (розширенням донизу), тому відстань між щитами у верхній частині менше на 10..12мм відстані в нижній частині опалубки. Для полегшення ковзання перед бетонуванням внутрішні стінки опалубки змащують соляровим маслом.

Мінімальна товщина стінок бетонованої конструкції визначається розрахунком і дорівнює 12 см. Необхідно забезпечувати порядок і темп робіт так, щоб при підйомі опалубки не відбувався відрив бетону за рахунок сил тертя. При товщині стінки 12 см маса бетону, свіжо укладеного вище проміжку, що утворився, між опалубкою і раніше укладеним бетоном, буде більше сил тертя між бетоном і стінками опалубки.

Отже, ковзана опалубка рухлива, її піднімають вгору без перерви в бетонуванні і застосовують при зведенні висотних залізобетонних споруд з монолітними вертикальними стінами постійного і змінного перерізів.

Застосування опалубки особливе ефективно при будівництві висотних і унікальних будівель і споруд з мінімальною кількістю віконних і дверних отворів, заставних деталей і елементів. До них відносяться сховища різних матеріалів, димарі заввишки до 400 м, градирні, ядра жорсткості висотних і унікальних будівель і споруд, резервуари для води, радіо- і телевізійні вежі. Важливою гідністю зведення таких об'єктів в ковзаній опалубці є значне підвищення темпів будівництва, зниження трудомісткості, вартості, термінів робіт.

У традиційній формі ковзаної опалубки з розташуванням усередині неї опорних стержнів є багато недоліків: складність, а іноді і неможливість установки арматури у вигляді сіток, пакетів, каркасів, неможливість пристрою великих отворів в стінах.

Застосування опалубки вимагає великого об'єму допоміжних робіт по пристрою отворів, висока трудомісткість улаштування перекриттів, усе це обмежує застосування опалубки в житловому будівництві. Додаткові недоліки опалубки - складність контролю вертикальності споруди і необхідність використання бетонів вищих марок.

Стримуючими чинниками розвитку і широкого поширення ковзаної опалубки являються:

- різке дорожчання робіт в зимових умовах;
- використання робітників тільки високій кваліфікації;
- різке зниження ефективності при порушенні технологічного процесу;
- великі витрати на ліквідацію дефектів бетонування.

Одним з конструктивних рішень може бути автоматизація роботи гідродомкратів, зокрема використання режиму "крок на місці", що дозволяє виключити прилипання опалубки до бетону при зупинці підйому системи. Цей режим служить і інший, важливіший меті - строге горизонтальне вирівнювання опалубки. При підйомі опалубки може статися її перекид. При

заданому рівні зупинки підйому домкратів той з них, який досяг цього рівня, починає топтатися, очікуючи вирівнювання інших [2].

Іншим рішенням, індустріальності, що підвищує, і технологічність робіт в ковзаній опалубці, являється перехід від ковзаній безперервного руху щитів до їх циклічного підйому. Для цієї мети використовують відривні щити з системою крокуючих електромеханічних підйомників. У основу технології покладений принцип зупинки опалубної системи після бетонування ярусу на висоту 1/4 висоти поверху, або на 70..80 см. Бетонування при цьому ведуть традиційно. Після досягнення бетоном заданої початкової міцності здійснюють відрив щитів від бетону і перестановку (переміщення) їх на нову відмітку ярусу. При цьому підйом усієї системи здійснюють електромеханічними підйомниками, що спираються на телескопічні стержні з опорними черевиками. Механізм підйому налаштовують на забезпечення ходу, рівного висоті бетонованого шару, або 70..80 см.

Розглянута технологія досить ефективна. Підвищується якість поверхонь, виключаються дефекти бетонування, пов'язані з перервами в подачі бетонної суміші. Технологічні перерви сприяють кращій організації виконання усіх супутніх робіт. Застосування відривних щитів дозволяє збільшити довговічність їх експлуатації, використовувати як палубу водостійку фанеру, що значно підвищує якість бетонованої поверхні і знижує масу щитів.

Існують системи ковзаній опалубки, де стержні домкратів винесені за межі бетонованої конструкції. Вони розташовані зовні з двох сторін від опалубки і розкріплюють в просторових каркасах. Таке рішення дозволяє полегшити витягання стержнів домкратів з конструкції, спрощує установку арматурних каркасів, пристрій віконних, дверних і інших отворів, укладання в опалубку будь-яких заставних деталей, але одночасно виникає проблема забезпечення стійкості стержнів домкратів.

При зведенні стін з використанням ковзаній опалубки можуть бути використані наступні варіанти пристрою міжповерхових перекриттів:

- а) із збірних залізобетонних плит розміром на кімнату після зведення стін;
- б) монолітні, бетоновані «від низу до верху» також після зведення стін;
- в) монолітні, коли поєднують бетонування стін і перекриттів поповерховим способом;
- г) монолітні перекриття, що бетонуються зверху «вниз»;
- д) монолітні перекриття, що бетонуються в процесі зведення стін з відставанням на два-три поверху.

Отже, ковзана опалубка - найпоширеніша опалубка, що вертикально-переміщається. Розрізняють наступні типи: опалубка гідравлічна ковзає для вертикальних конструкцій, опалубка гідравлічна ковзає для ядер жорсткості будівель, опалубка мостових опор гідравлічна ковзає, опалубка для капітального і поточного ремонту силосів, реконструкції силосів. До опалубок, що вертикально переміщаються, відносяться також само підйомні (для силосів і труб, градирень, ядер жорсткості багатопверхових житлових будівель) і консольно-переставні опалубки. Відмітні особливості цих опалубок приведені в таблицю. 2.3.

Таблиця 2.3 - Характерні особливості опалубки, що вертикально переміщається

Підтип опалубки	Характерні особливості
Тип опалубки - що ковзає	
Опалубка гідравлічна ковзає для вертикальних конструкцій	Швидкість підйому опалубки до 3 м/доб.
	Сталева палуба з оборотністю не менше 200 циклів
Опалубка гідравлічна ковзає для ядер жорсткості будівель	Економічно доцільно застосовувати цю технологію при висоті об'єкту від 40 м
	Значно дешевше за метод само підйомно-переставної гідравлічної опалубки
	Якість поверхні стін вища, оскільки відсутні численні горизонтальні холодні шви в стінах ядра жорсткості будівлі
	Висока швидкість монтажу опалубки на початку будівництва (2 тижні), швидкість демонтажу опалубки після будівництва (1,5 тижнів)

Продовження таблиці 2.3

Опалубка гідравлічна ковзає для ядер жорсткості будівель	Висока геометрична точність ядра жорсткості
	Можливість застосовувати високотехнологічні методи по стикуванню арматури LENTON
	Можливість ведення робіт в зимовий час
	Можливість сформувати ядро жорсткості швидкістю ковзання 3.6 м/доб.
	Значне зниження загального часу будівництва
Опалубка мостових опор гідравлічна ковзає	Має високі показники по здатності, що несе, і швидкості роботи (швидкість зведення опори моста складає 4.6 м в добу)
	Використовує німецькі і шведські комплектуючі
Підтип опалубки	Характерні особливості
Опалубка ковзає для капітального і поточного ремонту силосів, реконструкції силосів	Інженерний супровід кожного проекту також спільний
	Гідравлічне устаткування, використовуване в опалубці, - 100 % європейське
Тип опалубки - самопідйомна	
Опалубка гідравлічна самопідйомна для силосів і труб	Як щити опалубки застосовуються індивідуально виготовлені сталеві щити
	Можливе використання фанерної або дощатої палуби, що може значно понизити вагу підсумкової конструкції
Опалубка гідравлічна самопідйомна для ядер жорсткості будівель	Економічно доцільно застосовувати цю технологію при висоті об'єкту від 40 м
	Якість поверхні стін вища, оскільки відсутні численні горизонтальні холодні шви в стінах ядра жорсткості будівлі
	Висока швидкість монтажу опалубки на початку будівництва (3.4 тижнів), швидкість демонтажу опалубки після будівництва (2.3 тижнів)
Опалубка гідравлічна самопідйомна для градирен	Використовується при будівництві будь-яких типів градирень і труб
	Виробництво і розрахунок опалубки вимагає участі команди професіоналів, а виробництво робіт вимагає документації, що ретельно пропрацювала, на кожен етап
	Високоякісна опалубка
	Низька вартість
	Повний інженерний супровід об'єкту
Тип опалубки - консольно-переставна	
Консольно-переставна опалубка	Максимальна висота бетонування за один цикл складає 5,3 м
	При відсутній опалубці забезпечується монтажний майданчик шириною 650 мм

Продовження таблиці 2.3

Консольно-переставна опалубка	Консольно-переставні риштування ХСИ використовуються в складі як балочно-ригелем, так і з великощитової сталевіою і алюмінієвою опалубкою
	Висока здатність консолей, що несе, дозволяє складування арматури

Аналіз приведених в таблицю. 2.3 опалубних систем ще раз підтверджує, що ковзана опалубки ефективні при зведенні висотних будівель і споруд.

Хоча розроблені багатофункціональні універсальні опалубні системи, за допомогою яких виготовляють різнойменні конструктивні елементи, все ж тенденція застосування спеціальних опалубок для кожного конструктивного елементу зберігається. Застосування подібних опалубок збільшує перерви між окремими технологічними процесами при зведенні будівель і споруд. Монолітні стволи ядер жорсткості зазвичай зводяться як самостійні споруди в ковзаній або об'ємно-переставній опалубці. Усе це призводить до того, що збільшуються учасники технологічного процесу по зведенню конструкції, тривалість термінів виконання робіт і тому подібне.

Тому розробка технології зведення будівель, що дозволяє повністю виключити послідовну технологічну залежність, яка виникає при існуючому традиційному методі зведення стін і монолітних перекриттів, є важливим завданням, що дозволяє скоротити технологічні перерви між окремими будівельними процесами і зменшити термін будівництва об'єкту.

3 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ОПАЛУБНИХ СИСТЕМ

3.1 Класифікація опалубних систем

Обґрунтовуючи дослідження які проведені в першому та другому розділів даної роботи і як початкова класифікація опалубних систем в цій роботі використані матеріали [2, 11]. Надалі ця класифікація вдосконалена у зв'язку з наступними обставинами:

існуючі класифікації [2,11] виконані на основі ГОСТ 23478-79 «Опалубка для зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій. Класифікація і загальні технічні вимоги», статус дії якого втрачений;

діючий державний стандарт по опалубних системах введений з 2012 року ДСТУ Б В.2.8-41:2011[11], тоді як ринок виробництва опалубних систем за останні десять років зробив значний стрибок по нововведенням.

Система супідрядних понять опалубних систем, т. е. їх класифікація, завжди виконувалася, дотримуючись певних ознак або критеріїв. Запропонована класифікація опалубних систем (таблиця. 3.1) враховує вітчизняний досвід розвитку монолітного житлового будівництва і зарубіжний досвід розвитку опалубних систем. Пропонується виконати класифікацію за десятьма ознаками (рис. 3.1), раніше подібна класифікація виконувалася тільки за вісьмома ознаками.

Додані ознаки: функціональне призначення і основа опалубної системи.

Індексація опалубки - один з важливих етапів класифікації опалубних систем. Різноманіття опалубних систем вимагає їх чіткої індексації, т. е. умовного цифрового і буквенного умовного позначення.

Таблиця 3.1 - Класифікація опалубних систем

Тип	Підтип	Характеристика	Область і особливості застосування
1	2	3	4
1. Конструктивні ознаки			
Розбірно-переставна	Великощитова (масою більше 50 кг)	Модульна (щити і/або інші елементи з фіксованими розмірами, ратними певному модулю)	Для бетонування великорозмірних конструкцій, у тому числі стін і перекриттів будівель і споруд
		Розбірна (зі знімної палуби і набору елементів, що несуть, з яких в різному їх поєднанні збираються каркаси щитів, панелей, блоків, столів залежно від навантаження з наступним закріпленням палуби, а також необхідних підтримувальних, сполучних і монтажних елементів)	Те ж
	Дрібнощитова (масою до 50 кг, що допускає монтаж опалубки вручну)	Модульна (щити і/або інші елементи з фіксованими розмірами, кратними певному модулю)	Для бетонування конструкцій, у тому числі з вертикальними (стін, колон і т. п.), горизонтальними (перекриттів, ригелів і т. п.) і похилими поверхнями різного контуру. Для стиків, отворів монолітних конструкцій з невеликою опалубною поверхнею. Може застосовуватися разом з великощитовою опалубкою для бетонування невеликих за об'ємом і складних по конфігурації монолітних конструкцій у тому числі в обмежених умовах виробництва

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Розбірно-переставна		Розбірна (зі знімної палуби і набору елементів, що несуть, з яких в різному їх поєднанні збираються каркаси щитів, панелей, блоків, столів залежно від навантаження з наступним закріпленням палуби, а також необхідних підтримувальних, сполучних і монтажних елементів)	Те ж
Підйомно-переставна	З шахтним підйомником	Складається з щитів, відокремлюваних від бетонованої поверхні при підйомі, а також підтримувальних, кріпильних, технологічних елементів і пристосувань для підйому. Механізм підйому - підйомник	Для бетонування вертикальних висотних споруд із змінним перерізом, наприклад градирні, труби
Блокова	З тим, що спирається на споруду	Складається з щитів, відокремлюваних від бетонованої поверхні при підйомі, а також підтримувальних, кріпильних, технологічних елементів і пристосувань для підйому. При підйомі спирається на конструкції споруди	Те ж
	Зовнішнього контуру (блок-форма)	Складається з просторових блоків	Застосовується для бетонування замкнутих і окремо таких, що стоять конструкцій типу колон, ступінчастих фундаментів, ростверків та ін.
	Внутрішнього контур	Складається з просторових блоків внутрішньої поверхні замкнутих осередків	Застосовується для бетонування замкнутих внутрішніх поверхонь квартир, кімнат,

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Блокова	Внутрішнього (зовнішнього) контуру, роз'ємна	Складається з роз'ємних блоків	Для бетонування стін, фундаментів
	Внутрішнього (зовнішнього) контуру, нероз'ємна	Складається з нероз'ємних блоків	Для бетонування стін, фундаментів
	Внутрішнього (зовнішнього) контуру, переналаживаема	Допускає зміна розмірів в плані і по висот	Те ж
Об'ємно-переставна	П-образна	Складається з П-образних секцій, які при установці в робоче положення утворюють в поперечному перерізі опалубку П-образної форми	Для одночасного бетонування стін і перекриттів
	Г-подібна	Складається з Г-образних напівсекцій які при установці в робоче положення утворюють в поперечному перерізі опалубку П-образної форм	Те ж
	Універсальна	Складається з П-образних секцій, Г-подібних напівсекцій і додаткових елементів опалубки інших конструкцій, що поєднуються	Для одночасного бетонування стін і перекриттів, колон, перегородок, діафрагм та ін.
Горизонтально-переміщувана	Катуча	Переміщення здійснюється на візках і за допомогою інших пристосувань	Для бетонування протяжних стін, тунелів, що зводяться відкритим способом, і інших подібних споруд

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Що ковзає		<p>Переміщається вертикально домкратами у міру бетонування монолітної конструкції.</p> <p>Складається з щитів, рам домкратів, стержнів домкратів, підйомних механізмів (домкратів, насосних або інших підйомних станцій) і технологічних елементів</p>	<p>Для бетонування вертикальних (головним образом заввишки більше 40 м) стін будівель і споруд, переважно постійного перерізу</p>
Горизонтально-переміщувана	Тунельна	<p>Переміщення здійснюється за допомогою спеціальних механізмів з гідравлічним, механічним</p>	<p>Для бетонування оброблення тунелів, що зводяться закритим способом</p>
Пневматична	Підйомна	<p>Складається з формотворної гнучкої воздухоопорної оболонки або пневматичних підтримувальних елементів з формотворною оболонкою, підтримуваних в робочому положенні надмірним тиском повітря. Формотворна оболонка піднімається в проектне положення разом з укладеною на неї бетонною сумішшю</p>	<p>Для бетонування просторових монолітних конструкцій криволінійного контуру, наприклад сфери, куполи і т. п.</p>

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Пневматична	Стационарна	Складається з формотворної гнучкої воздухоопорної оболонки або пневматичних підтримувальних елементів з формотворною оболонкою, підтримуваних в робочому положенні надмірним тиском повітря. Формотворна поверхня піднімається в робоче положення, після чого здійснюється бетонування	Те ж
Незнімна	Що включається в розрахункове переріз конструкції	Включена в розрахунковий переріз бетонованої конструкції	Для бетонування конструкцій без розпалублення
	Не включаючи в розрахунковий переріз конструкції	Не включена в розрахунковий переріз бетонованої конструкції	Те ж
	Із спеціальними властивостями	Може включатися або не включатися в розрахунковий переріз монолітної конструкції	Гідроізоляція, декоративна обробка, захисне облицювання та ін.
2. Вид бетонованої конструкції			
Вертикальна		Модульна	Для бетонування вертикальних монолітних конструкцій різних конфігурацій, у тому числі стін, колон і інших подібних конструкцій
Похило-вертикальна			Для бетонування похило-вертикальних монолітних конструкцій різних конфігурацій, у тому числі стін, колон і інших подібних конструкцій

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
5Горизонтальна			Для бетонування горизонтальних монолітних конструкцій, у тому числі перекриттів, естакад, пролітних будов мостів і інших подібних споруд
Горизонтально-похила монолітна			Для бетонування горизонтально-похилих монолітних конструкцій, в тому
Фундаменти			Тільки для бетонування фундаментів
Ростверки			Тільки для бетонування ростверків
Стіни			Тільки для бетонування стін
Колони			Тільки для бетонування колон
Перекриття (у тому числі балочні і ребристі)			Для бетонування балочних і ребристих перекриттів
Куполи (сфери, оболонки, зведення)			Для бетонування оболонок, зведень, сферичних поверхонь, тонкостінних конструкцій
Пролітних будов мостів, естакад і інших подібних споруд			Для бетонування пролітних будов мостів, естакад
3. Матеріал формотворних елементів			
Металева	Алюмінієва		Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих тонкостінних монолітних конструкцій різних конфігурацій

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Металева	Сталева	Виготовляється з листової сталі завтовшки 1,5.2 мм і прокатного профілю (куточок, швелер), або з алюмінію. Така опалубка є багаторазовою і може витримувати понад 200 циклів. Металевою буває як дрібнощитова, так і великощитова інвентарна опалубка вертикального або горизонтального призначення	Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих монолітних конструкцій різних конфігурацій
На основі цементних терпких	Залізобетонна		Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих монолітних конструкцій різних конфігурацій
	Азбестоцементна		Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих тонкостінних монолітних конструкцій різних конфігурацій
	Склоцементна		Те ж
	Армоцементна		Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих монолітних конструкцій різних конфігурацій
Пластикова	З поліефірних покриттів		Для бетонування вертикальних, горизонтальних і похилих тонкостінних монолітних конструкцій
	Листові пластики		Те ж
	Пластикові форми		Те ж

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Дерев'яна	З пиломатеріалів	Виготовляється з хвойної деревини вологістю не більше 25 %, а також з водостійкої фанери і ВІСПИ, ДСП і ДВП. Залежно від виду деревного матеріалу, виготовлена з нього опалубка служить від 5 до 15 разів	Для бетонування похило-вертикальних монолітних конструкцій різних конфігурацій, у тому числі стін, колон і інших подібних конструкцій
	З обшивкою з деревних плит		Те ж
	З обшивкою з фанери		Те ж
Комбінована	Є сталевими щитами з дерев'яними монтажними елементами	Вона довговічніша за дерев'яну, але оборотність у неї нижча, ніж чисто металевою	Те ж
1	2	3	4
З м'яких матеріалів	З неармованої гуми		Для бетонування оболонок, зведень, сферичних поверхонь, тонкостінних конструкцій
	З прогумованих тканин		Те ж
	З армованих плівок		Те ж
4. Клас забезпечення точності геометричних параметрів			
			Для бетонування практично усіх конструкцій
5. Вживаність при різній температурі зовнішнього повітря			
Що не утеплює			Для бетонування конструкцій при позитивних температурах зовнішнього повітря
Що утеплює			Для оберігання бетону від замерзання і охолодження в зимових умовах, від перегрівання в умовах жаркого клімату

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Що гріє			Для бетонування монолітних конструкцій в умовах низьких температур навколишнього повітря (від +5 °С), а також для прискорення тверднення бетону, в літніх і в зимових умовах
6. Характер її дії на бетон			
Спеціальна			Застосовується для надання бетону або поверхні бетону спеціальних властивостей, у тому числі створення рельєфу, поверхні з підвищеною щільністю, а також із змінним термічним опором та ін.
7. Оборотноість			
Разового застосування			Застосовується один раз
Інвентарна			Застосовується один раз або має обмежену оборотноість; для унікальних, неповторюваних конструкцій
8. Функціональне призначення			
Універсальна (багатофункціональна)			Застосовується для безлічі будівельних цілей
Спеціалізована			Для бетонування конкретного конструктивного елемента будівлі стін, перекриттів, ліфтових шахт, колон
9. Основа опалубної системи			
Блокова		Система включає опалубні плити, балки, ригелі, підпірні елементи, елементи кріплення. Балки двотаврового перерізу, виконані з деревини, є основою системи	Для бетонування практично усіх конструкцій

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Рамна		Рамна система включає каркасні щити, підпірні елементи і деталі кріплення. Щити складаються з металевої рами, що несе, ребер жорсткості і опалубної плити	Для бетонування практично усіх конструкцій
10. Клас опалубки			
1	Усі типи опалубки залежно від точності виготовлення, точності монтажу і оборотності		Бетонування особливо відповідальних монолітних конструкцій, відхилення швів не більше 0,8 мм
2			Відхилення швів не більше 1,5мм
3			Обмовляється із замовником



Рисунок 3.1 - Класифікація опалубних систем за десятьма ознаками

Існуюча індексація [2] не відповідає міжнародним стандартам, наприклад міжнародній асоціації EAN (European Article Numbering) (Брюссель), і підробити будь-яку опалубку не складе великих труднощів, що може привести до неякісного виконання як опалубних, так і бетонних робіт. Слово індексація також не відповідає суті виконуваної операції : у всі часи опалубки маркірували.

Маркування (від нем. markieren, від фр. marquer, англ. Marking - відмічати, ставити знак) - нанесення умовних знаків, букв, цифр, графічних знаків або написів на об'єкт з метою його подальшої ідентифікації (пізнавання), вказівки його властивостей і характеристик.

Опалубні системи повинні мати промислове маркування, яке відображує різні характеристики і особливості товарів, місце і час їх

виробництва, відповідність товарів стандартам якості, різну інформацію про виробника, наприклад його нагороди або привілеї.

На наш погляд, опалубочні системи також повинні пройти маркування по екологічній безпеці, особливо незнімні пінополістирольні опалубки, які небезпечні для довкілля. Знак петлі Мебиуса регулює екологічне маркування згідно з міжнародним стандартом ISO 14020. І цей знак має бути на конструктивних елементах усіх опалубних систем.

Маркування опалубних систем повинна чітко відповідати вимогам міжнародної асоціації EAN (національній організації - ЮНИСКАН/EAN Україна), на підставі якої виконується штрих кодуванням усієї продукції, міжнародному стандарту ISO 14020 і українському класифікаторові продукції, що випускається.

3.2 Критеріїв оцінки ефективності застосування опалубних систем

Як показує світовий ринок опалубних систем, практично будь-яке металообробне підприємство здатне виконувати замовлення по виготовленню елементів опалубних систем. На сьогодні більше 200 підприємств виробляє ті або інші компоненти, комплектуючі або елементи опалубного устаткування постійно, а кількість підприємств, що виконують разові замовлення по виготовленню тих або інших елементів, врахувати не представляється можливими[2,16].

Тому для визначення ефективності застосування сучасних опалубних систем враховуватимуться тільки ті, виробники яких роблять увесь комплекс послуг, зв'язаних з постачаннями опалубних систем, продають не штучний товар, а підходять до постачань опалубки як до просування інженерної системи, забезпечують пропоновану продукцію достатньою інженерною підтримкою і відомі на ринку більше за 1 рік.

Основними критеріями визначення ефективності застосування опалубних систем служать: можливості продукції, що представляється, спектр застосування, рівень інженерної підтримки, доступність європейських консультантів (можливість залучення експертів для вирішення складних інженерних завдань), цінова політика.

Таблиця 3.2 - Оцінка ефективності застосування опалубних систем, вироблених різними компаніями.

Назва компанії	Критерії оцінок і бали за критеріями					Сума
	Продукція яку представляють	Спектр застосування	Рівень інженерної підтримки	Доступність європейських консультантів	Цінова політика	
ТОВ ДОКА	7	6	3	4	1	21
ТОВ PERI	7	5	3	5	1	21
ЗАТ "Фарезин"	7	4	2	3	3	19
Альянс Гарантбуд	4	1	2	1	1	9
ТОВ "БЕТОНРОФОРМ	2	3	3	0	3	11
ЗАТ "СтальФорм Інженірінг"	2	5	1	0	3	11
СЛОН Альянс	2	3	3	4	3	15
ТОВ "ТВП Гарант"	2	5	3	0	3	13
Компаній "ГИПРО"	2	5	2	1	1	11
ТОВ Атлант	2	5	2	0	3	12

На підставі показників ефективності застосування опалубних систем, вироблених різними компаніями, складені діаграми (рис. 3.2, 3.3), де чітко вказано, які опалубні системи ефективніші від застосовувати.



Рисунок 3.2 – Дані ефективності використання опалубочних систем за різними критеріями

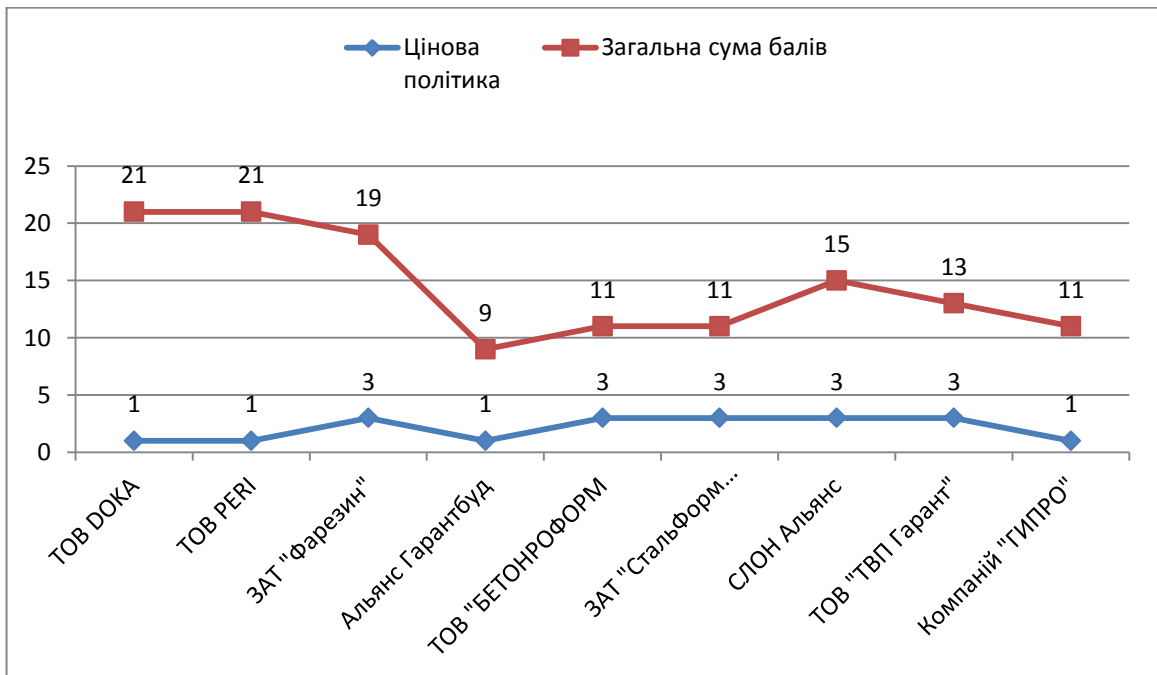


Рисунок 3.3 - Ефективність застосування опалубних систем, вироблених різними компаніями, за сумарними показниками і ціновій політиці

Вибір опалубної системи для зведення будівельного проекту повинен включати декілька чинників:

1) Компанія-постачальник повинна мати достатній досвід по зведенню складних висотних об'єктів.

2) Застосована система повинна враховувати складність монтажу-демонтажу опалубного устаткування на висотах більше 54 м, необхідно враховувати вітрові навантаження і вагу системних елементів.

3) Для зведення висотних будівель потрібне застосування підйомних механізмів (кранів) з системою гідравлічної стабілізації і пристроєм транспортування вантажів негабаритів.

Використання стандартних опалубних систем перекриттів на висотах більше 70 м зв'язане з великим ризиком. Отже, потрібна участь компаній-виробників, що мають в розпорядженні технології висотного і надвисотного монолітного будівництва.

На сьогодні рішення такої інженерної задачі під силу як деяким вітчизняним, так і західним компаніям. Приймаючи рішення про вибір постачальника, слід оцінювати вартість і якість пропонованої продукції і послуг, а також швидкість постачань і можливості по екстреному до постачанню комплектуючих елементів.

3.3 Вибір оптимального варіанту опалубних систем і технології зведення монолітних будівель

Завдання проектування полягає в ухваленні раціонального рішення по термінах і послідовності виконання процесу, складі технічних засобів, технічних нормалях, кількості і складі ланок (бригад) робітників для виконання опалубних робіт при зведенні будівель і споруд.

Процес проектування приймає варіантний характер, коли у кожному конкретному випадку рішень буває декілька. В цьому випадку з наявного арсеналу або технологічних рішень виконання ідентичних процесів, що знову розробляються, може бути вибрано найбільш раціональне в заданих умовах конкретного об'єкту[2,9,25].

Пошук раціонального рішення заснований на порівняльній оцінці взятих до розгляду варіантів за одному або декількома показниками ефективності, основними з яких є собівартість, трудомісткість і тривалість виконання процесу. Ефективним варіантом, що приймається до подальшої розробки і здійснення, є варіант, що має найменші значення за усіма показниками. Проте на практиці часті випадки, коли немає однозначності у відмінності показників (наприклад, при найменшій собівартості велика тривалість і однакові трудомісткості і тому подібне). Інтегральні критерії оцінки ефективності варіантів виконання будівельних процесів доки не розроблені. Тому у кожному конкретному випадку доцільно визначати головний показник і вести порівняння з урахуванням цього чинника. При цьому слід мати на увазі, що собівартість виконання процесу непрямым чином враховує витрати праці і тривалість виконання робіт і відбиває технічний і організаційний рівень цього процесу.

Оскільки опалубні роботи зв'язані із зведенням монолітних будівель і споруд, розглянемо також варіантне проектування технології зведення монолітних будівель.

Практично будь-яка будівля або споруда може бути зведена різними методами. При варіантному проектуванні технології зведення будівлі або споруди встановлюють склад робіт і склад будівельних процесів, а також об'єми робіт і умови їх виконання. За початковими даними розробляють можливі технічно доцільні варіанти зведення будівлі. Для даних варіантів визначають техніко-економічні показники: собівартість, трудомісткість, тривалість будівництва і прибуток від дострокового введення. У таблиці 3.3

за пропонованою технологією приведено варіантне проектування опалубних систем і технології зведення конкретної монолітної будівлі.

Таблиця 3.3 - Опалубка стінна і для перекриттів

Найменування	Відмітні особливості
<p>Опалубка великощитова "Гамма-каскад"</p> 	<p>Допустиме навантаження: 80 кН/м²; прогин при допустимому навантаженні: не більше L/400; висота щитів: 3,3м/3 м/1,5 м; ширина щитів : від 0,3 м до 1,2 м; вага 1 м²: ~ 45 кг; швидкість бетонування : не обмежена</p>
<p>Опалубка стін великощитова Гамма (аналог PERI TRIO)</p> 	<p>Сталевий високоміцний цельнокатаний профіль завтовшки 3,5 мм замкнутого перерізу гарантує високу жорсткість, геометричну точність щитів; забезпечує довговічність щитів опалубки при роботі в найважчих умовах; універсальний замок «Гамма 3 в 1» вирівнює, стягує щити опалубки, дозволяє використовувати вставку до 100 мм і обходитися без зовнішнього кута; конструкція опалубки дозволяє швидко і без зусиль очистити отвір під стягування від бетону (допустима навантаження 90 кН/м, швидкість бетонування не обмежена); 100 % фосфатація і порошкове забарвлення щитів надають опалубці корозійну стійкість і привабливий зовнішній вигляд</p>
<p>Опалубка стін великощитова DOKA FRAMAX</p> 	<p>Висока оборотність завдяки прекрасній якості обробки і надзвичайно високій довговічності плити XLIFE; мінімальна кількість дорогих компенсаційних вставок завдяки постійному кроку модульної сітки; економія до 12 % на анкерах і доводочних роботах за рахунок збільшення інтервалів між анкерами до 1,35 м; тривалий термін експлуатації завдяки оцинкованій сталевій рамі з лаковим покриттям; скорочення часу крану завдяки компактним переставним секціям; підлагоджена схема опалубних робіт навіть в обмеженому просторі завдяки односторонній анкерній системі MONOTEC</p>



Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p>Опалубка стін великощитова Крамос</p> 	<p>Стінна опалубка Крамос Симба може застосовуватися як на великих, так і на малих будівельних об'єктах, що забезпечується наявністю необхідної кількості типорозмірних щитів і комплектуючих; відповідає I класу згідно ДСТУ Б В. 2.8-41:2011, Розрахунки і випробування елементів опалубки показують їх можливості, зокрема, усі щити мають високу жорсткість конструкції (прогини не більше $1/400$ прольоту при тиску бетонної суміші 80 кН/м^2), опалубка дозволяє отримувати якісні поверхні стін, що не вимагають наступної обробки</p>
<p>Опалубка стін великощитова сталева AGS - М (аналог ДОКА)</p> 	<p>Сумісність з опалубкою ДОКА; гаряче цинкування сталевих каркасів щита; наявність розпалубочних кутів; наявність великоформатного щита шириною 2,4 м; два стяжні болти на щит при висоті конструкції до 3,3 м</p>
<p>Опалубка стін великощитова універсальна Мекос Прима</p> 	<p>Опалубка є формою для монолітних конструкцій; щит складається з каркаса і палуби, виконує функцію формотворного елемента; палуба є елементом щита, що утворює його робочу поверхню; опалубна панель перепризначувала для опалублювання усієї поверхні, складається з декількох сполучених між собою щитів; блок опалубки - просторовий елемент, замкнений по периметру</p>
<p>Опалубка стін великощитова Мекос</p> 	<p>Опалубка виробляється відповідно до ТУ5225-009-56813011-2011; кліматичне виконання опалубки У, категорія 1 по ГОСТ 15150; оборотність сталевих каркасів - не менше 300, палуби - не менше 80; здатність, що несе, - 8 тс/м^2</p>
<p>Опалубка стін великощитова алюмінієва Агрисовгаз</p> 	<p>Допустиме навантаження на щити 80 кПа; оборотність алюмінієвого каркаса до 300 циклів</p>

Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p data-bbox="272 275 772 309">Опалубка великощитова PERI TRIO</p> 	<p data-bbox="847 275 1444 562">Універсальна рамна опалубка; легка алюмінієва система сумісна із сталевією системою PERI TRIO; панельна опалубка для промислового будівництва; різновид TRIO для особливої лицьової поверхні бетону; найшвидша версія TRIO; версія TRIO, що забезпечує найвищий рівень безпеки</p>
<p data-bbox="316 640 732 712">Опалубка стін великощитовая Фаворит-ДАК</p> 	<p data-bbox="847 640 1310 712">Лінійні щити; універсальні щити; кутові щити</p>
<p data-bbox="264 958 783 1030">Опалубка фундаментів дрібнощитова сталевя МСК</p> 	<p data-bbox="847 958 1444 1285">Сумісна з опалубкою PASCHAL; мала вага щита; можливість формування будь-яких висот з кроком 250 мм; висока ремонтпридатність в умовах будмайданчика; унікальні кріпильні елементи і наявність розпалубочних елементів; фанерна палуба WISA - FORM (Фінляндія) і комплектуючі виробництва DSI (Німеччина)</p>
<p data-bbox="264 1357 783 1391">Опалубка сталевя дрібнощитовая ХСИ</p> 	<p data-bbox="847 1357 1444 1610">Маса найбільшого щита складає менше 50 кг, що дозволяє здійснювати монтаж вручну; швидке з'єднання щитів за допомогою ударного замку; монтаж дрібнощитової опалубки дуже простий і не вимагає спеціальної підготовки будівельників</p>
<p data-bbox="272 1727 772 1760">Опалубка балочно-ригельна радіусу</p> 	<p data-bbox="847 1727 1444 1944">Гарантує ідеальна якість поверхні бетону і геометрії стін; дає можливість зміни кривизни щитів і підстроювання під розміри; дає можливість формування стін з радіусом від 2,5 м і заввишки до 4,5 м за одну заливку.</p>

Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p data-bbox="284 277 762 344">Опалубка ліфтових шахт балочно-ригельна</p> 	<p data-bbox="847 277 1445 779">Ідеальна якість поверхні; висока здатність, що несе, і можливість бетонувати стіни великої висоти за один етап; універсальність опалубки, що дозволяє виконувати роботи будь-якої складності і конфігурації; можливість збирати великі карти, що помітно полегшує час монтажу опалубки; унікальна конструкція, що дозволяє використовувати цю систему там, де застосування інших видів опалубних систем не допускається; відносна дешевизна; власне виробництво, що дозволяє в найкоротші терміни поставити опалубку на об'єкт</p>
<p data-bbox="272 792 778 860">Опалубка стін великощитова Дельта (аналог Meva)</p> 	<p data-bbox="847 792 1445 1182">Розрахункове навантаження: 9 т/м²; оборотність сталевго каркаса : не менше 400 циклів; прогин при доступному навантаженні: не більше L/400; висота щитів : 3 м і 3,3 м (за бажанням 0,6 м, 1,2 м, 1,5 м); ширина щитів : від 0,3 до 1,2 м; матеріал: сталь; універсальний замок дозволяє застосовувати доборний брус до 280 мм; на щитах є елементи безпеки у вигляді приварених скоб; сумісна з опалубкою MEVA і DOKA</p>
<p data-bbox="256 1196 794 1263">Опалубка Гамма-радіус із змінюваною геометрією</p> 	<p data-bbox="847 1196 1445 1630">Опалубка складається з комплекту щитів, що сприймають усі навантаження при бетонуванні, і допоміжних пристроїв, що забезпечують установку її в проектне положення, вивіряння і обслуговування опалубки при виробництві робіт; щити з'єднуються в монтажні панелі за допомогою універсальних замків "Гамма"; щити мають висоту 3м і 3,3м. При необхідності можливе виготовлення щитів заввишки до 6м; розрахункове навантаження на щити 80 кН/м</p>
<p data-bbox="363 1644 687 1711">Опалубка контрфорсна балочно-ригельна</p> 	<p data-bbox="847 1644 1445 2033">Може використовуватися спільно з іншими видами стінних опалубних систем; конструкція системи розрахована таким чином, що надійно захищає усю конструкцію від перекидання і спливання при виникаючих навантаженнях; можливість праці до висоти 6 м при односторонньому бетонуванні, при дотриманні правил заливки бетону; власне виробництво, що дозволяє в найкоротші терміни поставити опалубку.</p>

Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p data-bbox="284 277 762 344">Опалубка перекриттів на об'ємних стійках ХСИ</p> 	<p data-bbox="847 277 1445 965">Надійність в експлуатації, зведення до мінімуму ролі людського чинника. Навіть при неякісній зборці система трохи втрачає в жорсткості, окрім того, сам факт помилки робітника легко виявити при простому огляді; можливість використання об'ємної стійки як будівельні ліси клинового типу; простота і висока швидкість монтажу/демонтажу об'ємних стійок (можлива будь-яка геометрія будови при допустимій висоті); максимально допустиме навантаження на ригель, що дозволяє одночасно заливати палубу і ригель; зборка на початковому етапі виробляється двома робітниками, потім одним; висока гнучкість за рахунок кроку довжини, ширини, висоти; немає необхідності у вертикальному юстируванні</p>
<p data-bbox="277 972 770 1081">Опалубка перекриттів виробництва OPALUBKA.COM ((штапельні вежі, вишки-тури)</p> 	<p data-bbox="847 972 1445 1335">Висока швидкість монтажу; не вимагає трудомістких статичних розрахунків; зборка конструкції здійснюється без застосування дрібних деталей(пальці, шплінти), які зазвичай втрачаються; монтаж можливий у вертикальному і горизонтальному положеннях; знижує кількість металоконструкцій для опори палуби перекриття. складається всього з п'яти елементів, що спрощує зборку.</p>
<p data-bbox="240 1341 807 1408">Опалубка перекриттів на основі системи Столів</p> 	<p data-bbox="847 1341 1445 1592">Розрахована на велику висоту і велике навантаження; столи швидко переміщуються за допомогою транспортного візка з домкратом; окремі елементи просто монтуються за допомогою фіксатора, що самоблокується.</p>
<p data-bbox="245 1632 802 1700">Опалубка гідравлічна самопідйомна для силосів і труб</p> 	<p data-bbox="847 1632 1445 1812">Як щити опалубки застосовуються індивідуально виготовлені сталеві щити; можливе використання фанерної або дощатої палуби, що може значно понизити вагу підсумкової конструкції.</p>

Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p data-bbox="349 277 699 342">Опалубка перекриттів на телескопічних стійках</p> 	<p data-bbox="847 277 1445 996">Стійка СО заввишки 3,7 м має робочий діапазон по висоті, який відповідає більшості висот, закладених в проектах, і складає від 2025 до 3715 мм; інші стійки СО3 можуть мати діапазон робіт від 1485 до 4950 мм; опорна гайка стійки виконана з кованиго чавуну, який Європейські інститути рекомендують для використання в будівництві при високих ударних навантаженнях; абсолютно усі стійки будь-якої партії показують стовідсоткову відповідність заявленим технічним показникам; вантажопідйомність до 3 т (допустиме навантаження залежить від схеми кріплення); робочі діапазони по висоті дозволяють здійснювати прив'язку до проектів будь-якої складності; легка конструкція; висока швидкість монтажу і демонтажу; зручність транспортування і зберігання.</p>
<p data-bbox="245 1010 802 1075">Опалубка гідравлічна самопідйомна для ядер жорсткості будівлі</p> 	<p data-bbox="847 1010 1445 1332">Економічно доцільно застосовувати цю технологію при висоті об'єкту від 40 м; якість поверхні стін вища, оскільки відсутні численні горизонтальні холодні шви в стінах ядра жорсткості будівлі; висока швидкість монтажу опалубки на початку будівництва (3.4 тижнів), швидкість демонтажу опалубки після будівництва (2.3 тижнів)</p>
<p data-bbox="300 1346 746 1373">Консольно-переставна опалубка</p> 	<p data-bbox="847 1346 1445 1700">Максимальна висота бетонування за один цикл складає 5,3 м; при відсутній опалубці забезпечується монтажний майданчик шириною 650 мм; консольно-переставні приштування ХСИ використовуються в складі як з балочно-ригельної, так і з великощитової сталевую і алюмінієвою опалубкою; висока здатність консолей, що несе, дозволяє складування арматури</p>
<p data-bbox="316 1711 730 1776">Опалубка гідравлічна ковзає для вертикальних конструкцій</p> 	<p data-bbox="847 1711 1445 1809">Швидкість підйому опалубки до 3 м/доб.; сталеві палуби з оборотністю не менше 200 циклів.</p>

Продовження таблиці 3.3

Найменування	Відмітні особливості
<p data-bbox="264 277 783 344">Опалубка гідравлічна ковзає для ядер жорсткості будівель</p> 	<p data-bbox="847 277 1445 927">Економічно доцільно застосовувати цю технологію при висоті об'єкту від 40 м; значно дешевше за метод самопідйомна - переставної гідравлічної опалубки; якість поверхні стін вища, оскільки відсутні численні горизонтальні холодні шви в стінах ядра жорсткості будівлі; висока швидкість монтажу опалубки на початку будівництва (2 тижні), швидкість демонтажу опалубки після будівництва - (1,5 тижнів); висока геометрична точність ядра жорсткості; можливість застосовувати високотехнологічні методи по стикуванню арматури LENTON; можливість ведення робіт в зимовий час; можливість сформувати ядро жорсткості із швидкістю ковзання 3.6 м/доб.; значне зниження загального часу будівництва.</p>
<p data-bbox="352 938 695 1005">Опалубка мостових опор Гідравлічна (ковзана)</p> 	<p data-bbox="847 938 1445 1117">Має високі показники по здатності, що несе, і швидкості роботи (швидкість зведення опори моста складає 4.6 м в добу); використовує німецькі і шведські комплектуючі</p>

Сьогодні вітчизняний ринок презентує досить широкий асортимент опалубних конструкцій різних типів. При виборі опалубного системи будівельні компанії підбирають тип опалубки, який відповідає ряду показників які детально розглянуті в розділах першому та другому.

Основним показником є клас опалубка – це якісна характеристика опалубка. [2,16,25,27]. Опалубка повинна мати достатню міцність, твердість і незмінюваність в робочому положенні під впливом технологічних навантажень. Всі типи опалубки в залежності від точності виготовлення, точності монтажу та оборотності поділяються на класи: 1, 2, 3.

Показник якості опалубки в залежності від класу наведені в табл.3.4.

Таблиця 3.4 - Показники якості опалубки.

Найменування показників, одиниця виміру	Значення показників для класів		
	1	2	3
1	2	3	4
Точність виготовлення і монтажу * :			
відхилення лінійних розмірів швів на довжині до 1 м(до 3 м), мм, не більше	0,8 (1,0)	1,5 (2,0)	За потребу замовника
відхилення лінійних розмірів панелей на довжині до 3м, мм, не більше	1,5	3	Те ж
перепади на формотворних поверхнях:			
стикових з'єднань щитів, мм, не більше	1	2	-
стикових з'єднань палуби, мм, не більше	0,5	2	-
спеціально організований виступ, що утворює захід на бетонній поверхні, мм, не більше	2	3	-
відхилення від прямолінійності горизонтальних елементів опалубки перекриттів на довжині 1м, мм	1/1000,але не більше 10	1/800	-
відхилення від прямолінійності формотворних елементів на довжині 3м, мм, не більше	2	4	-
відхилення від прямолінійності вертикальних елементів(стійок, рам), що несуть, опалубки перекриттів на висоті h, мм, не більше	h/1000	h/800	
відхилення від площинної формотворних елементів на довжині 3 м, мм, не більше	2	4	-
різниця довжин діагоналей щитів заввишки 3м і шириною 1,2м, мм, не більше	2	5	-
відхилення від прямого кута щитів формотворних елементів на ширині 0,5м, мм, не більше	0,5	2	-
наскрізні щілини в стикових з'єднаннях, мм, не більше	0,5	1	2
висота виступів на формоутворюючих поверхнях, мм, не більше	1	2	-

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
кількість виступів на 1м ² , шт., не більше	2	4	-
висота западин на формотворних поверхнях, мм, не більше	Не допускається	1	-
кількість западин на 1м ² , шт., не більш	Те ж	2	-
Якість бетонної поверхні монолітної конструкції після зняття опалубки: відхилення від площинної на довжині до 1м(до 3м), мм, не більше:	Категорія А3	Категорія А4	
А3	4,5 (9,5)	-	-
А4	-	7,5 (14)	-
діаметр або найбільший розмір раковини, мм, не більше:			
А3	4	-	-
А4	-	10	-
глибина западини, мм, не більше:			
А3	2	-	-
А4	-	3	-
висота місцевого напливу(виступу) мм, не більше:			
А3	Не допускається	-	-
А4	-	2	-
* Характеристика точності - по ГОСТ 58938-2020			
Примітка - Знак « - » означає необов'язковість установки показника якості цього класу опалубки.			

Оборотність - кількість використання опалубки(циклів бетонування), визначена на основі досвіду використання статичних даних або розрахунковим методом. Зараз це, напевно, один з найголовніших показників опалубки на яке обертають увагу будівельні компанії при виборі типу опалубки і фірми виробника.

Оборотність опалубки, по-перше, залежить від матеріалу виготовлення палуби опалубної системи(таблиця.3.5), і якості обробки поверхні палуби, а вже по-друге, від типу опалубки.

Таблиця 3.5 - Оборотність опалубки.

Тип опалубки, матеріал елементів опалубки	Оборотність опалубки					
	Для формотворних елементів, одиниць оборотів*			Для тих, що підтримують і несучі елементів, одиниць оборотів*		
	1-й клас не менш	2-й клас не менш	3-й клас до	1-й клас не менш	2-й клас не менш	3-й клас до
1	2	3	4	5	6	7
Дрібнощитова						
сталь, алюміній	200	100	100	250	150	150
дерево, пластик	20	15	15	30	20	20
Фанера**:						
для опалубки стін	60	30	30	-	-	-
для опалубки перекриття	20	10	10	-	-	-
Великощитова:						
сталь, алюміній	300	200	200	400	250	250
Дерево, пластик	30	20	20	-	-	-
Фанера**:						
для опалубки стін	80	60	60	-	-	-
Блокова	300	150	150	300	150	150
Об'ємно - переставна	500	300	300	500	300	300
Ковзана:						
сталь	200*	100*	100*	300*	200*	200*
дерево	40*	30*	30*	100	50	50
Підйомно-переставна	100*	60*	60*	120*	80*	80*
Горизонтально переміщувана -	150*	80*	80*	200*	100*	100*
Пневматична	10	5	5	-	-	-
* Для тієї, що ковзає, підйомно-переставний і горизонтально - переміщуваної опалубки - в м підйому або переміщення.						
** При застосуванні з одного боку.						

Кожен виробник на свою опалубку дає гарантійну кількість оборотності опалубки, тільки при правильній експлуатації опалубних систем.

Наприклад: Українська компанія ТМ «Будмайстер» пропонує оборотність своєї опалубки в 100 циклів. Германська фірма PASCHAL гарантує оборотність своїх систем до 200 заливок з одного боку при фанерній палубі, а при металевій палубі експлуатація до 15 років. Германська фірма Delli використовує у своїх опалубних системах 5-слойную дерев'яну плиту завтовшки 21мм з двостороннім облицюванням, що дозволяє при регулярному очищенні і мастилi застосовувати кожен елемент опалубки не менше 350 разів. А відомий європейський бренд в області виготовлення опалубки германська компанія NOE - Schfltechnik гарантує оборотність своїх систем не більше 79-90 разів для фанерної палуби, і 500 циклів заливки бетонної суміші для сталеві рами. Французька фірма Unitor пропонує різні типи опалубки з опалубною поверхнею у вигляді 4-міліметрового сталеві листа з нормативною оборотністю опалубки 800 циклів. Російські виробники опалубних систем на даний момент не досягли великих успіхів в оборотності опалубки. Для усіх російських опалубки характерно нормативна оборотність опалубки до 150 циклів. [1,2,6,9,16-19]

Трудомісткість опалубних робіт - витрати праці(чол.-год) на монтаж і демонтаж опалубки.

При будівництві монолітних будівель і споруд опалубні роботи займають до 35-40% усієї загальної трудомісткості будівельно-монтажних робіт. Тому будівельні організації намагаються, якомога менше скоротити трудовитрати на цей вид робіт. Буквально 10-15 років тому вважалося, що причиною високої трудомісткості опалубних робіт полягало в низькому технічному рівні, і відсутності необхідної кількості надійної інвентарної опалубки, що багато обертається, недостатній якості окремих її елементів, а у більшості випадків використання опалубки виготовленої кустарним способом. Але нині ця тенденція змінилася, оскільки на українському ринку з'явилася велика кількість різних видів опалубки, і кожен виробник бореться за скорочення трудомісткості облаштування своєї опалубки. А споживачі

вважають це одним з найважливіших показників опалубної системи(таблиця.3.6).

Таблиця 3.6 - Середня трудомісткість опалубних робіт на 2020 рік

Тип опалубки	Вартість 1м ² опалубки грн..	Трудомісткість чол.-год/м ²		Оборотність	
		монтажу, демонтажу	ВИГОТОВЛЕННЯ	до зносу	річна
1	2	3	4	5	6
Дрібнощитова - для стін - для перекриттів	700-800	0,51 0,46	0,85	200	30-40
Великощитова - для стін - для перекриттів	900-1500	0,2 0,4	0,75	300	60-70
Блокова	1200-1600	0,66	1,8	300	60
Об'ємно-переставна - для стін - для перекриттів	1200-1650	0,86 0,44	2,2	300	100
Що ковзає (з гідро- устаткуванням)	3500-5000	3,75*	140	200 м підйому	150 м підйому
Горизонтально- переміщувана	1400-1600	1,01	2,9	150 м підйому	90-100 м підйому
Незнімна	200-700	0,42- 0,82	4,2	-	1
* - трудомісткість для 1м підйому опалубки					
Примітка: - ціни на опалубні системи представлені за станом на 30 вересня 2021; - трудомісткості монтажу і демонтажу узяті згідно з розрахунками одиничної вартості різних типів опалубки, в поточних цінах на 1 вересня 2021 року; - трудомісткості виготовлення узяті з каталогів і інформаційних показників відомих європейських брендів.					

Зниження трудовитрат досягається диференційованим застосуванням різних типів опалубки для бетонування монолітних різних конструкцій.

Доцільне застосування опалубки з раціонально підібраним перерізом(підбором профілів і матеріалів) для бетонування не лише певних монолітних конструкцій, але і для кожної конкретної розрахункової схеми опалубки. Значний ефект(у тому числі зниження маси і тим самим вартості опалубки і трудомісткості робіт) досягається, наприклад, при використанні спеціальних полегшених опалубки при бетонуванні замкнутих конструкцій невеликого перерізу з частим розташуванням тяжій.

Замкнуті конструкції відносно невеликого об'єму(фундаменти під колони будівлі, ростверки, колони і так далі) найдоцільніше бетонувати у блоковій опалубці. Причому найбільше зниження трудовитрат при бетонуванні ступінчастих фундаментів досягається при використанні індивідуальних(на один типорозмір) блок-форм нероз'ємної конструкції. При зведенні великорозмірних конструкцій з досить великою опалубною поверхнею завжди вдається заздалегідь спланувати номенклатуру щитів опалубки і добитися як високої оборотності щитів, так і темпу оборотності в течії року з використанням мінімальної кількості доборних і дрібних елементів.

Диференційоване застосування опалубки найбільш раціональних типів для різних монолітних конструкцій можливо при досить великій програмі будівництва однотипних споруд однією будівельною організацією. Таке використання припускає спеціалізацію будівельних управлінь або ретельну організацію із створенням мобільних підрозділів, що виконують опалубні роботи на субпідряді або здають опалубку напрокат.

При різнотипності конструкцій, що виконуються однією організацією, найбільш доцільним і економічно виправданим є застосування розбірно-переставної дрібнощитової опалубки універсального призначення. Використання такої опалубки призводить до збільшення трудомісткості робіт, проте дозволяє понизити їх вартість завдяки повнішому використанню опалубки до зносу. При використанні дрібнощитової опалубки також доцільне застосування великорозмірних панелей і блоків, що заздалегідь

збираються з дрібних елементів, що значно підвищує продуктивність праці. Слід заздалегідь планувати застосування такої опалубки для зведення серії однотипних конструкцій з метою значно більшого використання великорозмірних панелей і блоків без перегородки вручну на інші розміри. [5, 9, 16].

3.3.1 Порівняльний аналіз трудомісткості декількох типів опалубки

Для порівняння деяких типів опалубки приведено на прикладі їх застосування для будівля 2 складів виконаних з монолітного залізобетону бетону (рис.3.4).

Для порівняння були прийняті такі типи опалубки:

- великощитова;
- блокова для стін і дрібнощитова для перекриття;
- об'ємно-переставна;
- горизонтально-ковзана з дрібних щитів для перекриття.

Вході порівняння для прийнятої будівлі були складені локальні кошториси з розрахунком одиничної розцінки для кожного варіанту опалубки на програмному комплексі АВК -5. По ходу побудови локальних кошторисів з них видалялися усі матеріали для того щоб отримати безпосередньо вартість самих робіт(заробітна плата, і експлуатація машин і механізмів що вимагаються для облаштування певного типу опалубки). Також були отримані трудомісткості для облаштування певного типу опалубки, і середній розряд робіт.

Даньков

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-1 з розрахунками одиничної вартості
на Зведення в великощитової опалубці
зведення в великощитової опалубці**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 280,741 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 3,783 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 122,709 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,3 розряд

Складений в поточних цінах станом на "25 жовтня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ЕД6-50-54	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки для улаштування стін і перегородок площею до 5 м2, товщина, мм до 80	100м3	1,58	<u>117967,61</u> 59331,41	<u>3575,79</u> 1113,52	186389	93744	<u>5650</u> 1759	<u>1945,93</u> 59,4864	<u>3074,57</u> 93,99	
		<i>Розрахунок одиничної вартості</i>					ЕД6-50-54					
		<i>Заробітна плата</i>		1945,93						30,49	59331,41	
	СН202-129	<i>Машини та механізми</i> Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	38,88		<u>91,97</u> 28,64			<u>3575,79</u> 1113,52			
		<i>Разом машин та механізмів</i>							<u>3575,79</u> 1113,52			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>М а т е р і а л и</i>									
	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4, 0x100 мм	m	0,28	6921,04		1937,89				
	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	m	1,03	846,60		872,00				
	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	m3	0,6	1519,84		911,90				
	C112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	m3	7,78	1581,99		12307,88				
	C122-45	Тяги анкерні	m	0,0295	22435,61		661,85				
	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	m2	324,5	118,24		38368,88				
		Разом матеріалів					55060,41				
2	ЕД6-50-37	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки для улаштування перекриттів [безбалкових] з площею між осями колон до 5 м2, товщина, мм понад 120 до 200	100м3	0,534	<u>27838,79</u> 11738,53	<u>718,29</u> 223,68	14866	6268	<u>384</u> 119	<u>380,38</u> 11,9493	<u>203,12</u> 6,38
		<i>Р о з р а х у н о к</i>	<i>о д и н и ч н о ї</i>	<i>в а р т о с т і</i>	ЕД6-50-37						
		<i>З а р о б і т н а п л а т а</i>									
		Витрати труда робітників - будівельників Середній розряд робіт 3,4			380,38					30,86	11738,53
		<i>М а ш и н и т а м е х а н і з м и</i>									
	СН202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	7,81		<u>91,97</u> 28,64			<u>718,29</u> 223,68		
		Разом машин та механізмів							<u>718,29</u> 223,68		
		<i>М а т е р і а л и</i>									
	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головкою 4, 0x100 мм	m	0,079	6921,04		546,76				
	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	m	0,206	846,60		174,40				
	C111-818	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 3,0 мм	m	0,014	7522,22		105,31				
	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	m3	1,86	1519,84		2826,90				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	C112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	м3	2,09	1581,99		3306,36				
	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм Разом матеріалів	м2	71,23	118,24		8422,24 15381,97				
		Разом прямі витрати по кошторису					201255	100012	<u>6034</u> 1878		<u>3277,69</u> 100,37
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.					201255 95209 101890 79486 405,37 20819 280741				
		----- Всього по кошторису					280741				
		Кошторисна трудомісткість, люд.год.					3783				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					122709				

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Даньков

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-2 з розрахунками одиничної вартості
на зведення в об'ємно-переставної опалубці
зведення в великощитової опалубці**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 213,691 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 3,012 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 108,599 тис. грн.
Середній розряд робіт 5,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "25 жовтня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ЕД6-58-2	Збирання і розбирання об'ємно-переставної ["тунельної"] опалубки стін	м2	622	<u>200,77</u> 108,37	<u>43,02</u> 13,40	124879	67406	<u>26758</u> 8335	<u>2,84</u> 0,7171	<u>1766,48</u> 446,04	
		Розрахунок одиничної вартості					ЕД6-58-2					
		Заробітна плата										
		Витрати труда робітників - будівельників		2,84							38,16	108,37
		Машини та механізми										
	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,01		<u>71,30</u> 22,21			<u>0,71</u> 0,22			
	СН202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	0,46		<u>91,97</u> 28,64			<u>42,31</u> 13,17			
		Разом машин та механізмів				<u>43,02</u> 13,40			<u>43,02</u> 13,40			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>М а т е р і а л и</i>									
	C111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головою 1, 6x50 мм	m	0,00001	8853,12		0,09				
	C111-797	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	m	0,002	6787,46		13,57				
	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	m3	0,002	1519,84		3,04				
	C123-515-Y	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 40 мм Разом матеріалів	m2	0,2	163,39		32,68 49,38				
2	ЕД6-58-1	Збирання і розбирання об'ємно-переставної ["тунельної"] опалубки перекриттів	m2	267	<u>79,19</u> 54,19	<u>21,87</u> 6,81	21144	14469	<u>5839</u> 1818	<u>1,42</u> 0,3652	<u>379,14</u> 97,51
		<i>Р о з р а х у н о к</i>	<i>о д и н и ч н о ї</i>				<i>в а р т о с т і</i>		ЕД6-58-1		
		<i>З а р о б і т н а</i>									
		<i>п л а т а</i>									
		Витрати труда робітників - будівельників Середній розряд робіт 5,0		1,42						38,16	54,19
		<i>М а ш и н и</i>									
		<i>т а</i>									
		<i>м е х а н і з м и</i>									
	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,01		<u>71,30</u> 22,21			<u>0,71</u> 0,22		
	СН202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	0,23		<u>91,97</u> 28,64			<u>21,15</u> 6,59		
		Разом машин та механізмів							<u>21,87</u> 6,81		
		<i>М а т е р і а л и</i>									
	C111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головою 1, 6x50 мм	m	0,00001	8853,12		0,09				
	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	m3	0,002	1519,84		3,04				
		Разом матеріалів					3,13				
		Разом прями витрати по кошторису					146023	81875	<u>32597</u> 10153		<u>2145,62</u> 543,55
		Разом будівельні роботи, грн. в тому числі:					146023				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					31551				
		всього заробітна плата, грн.					92028				
		Загальновиробничі витрати, грн.					67668				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					322,7				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					16571				
		Всього будівельні роботи, грн.					213691				

		Всього по кошторису					213691				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					3012				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					108599				

Склав

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*

Перевірив

_____ *[посада, підпис (ініціали, прізвище)]*

Даньков

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-3 з розрахунками одиничної вартості
на блочна
зведення в великощитової опалубці**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 126,701 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,829 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 64,131 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,8 розряд

Складений в поточних цінах станом на "25 жовтня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.		
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин		
										в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ЕД6-56-1	Збирання і розбирання блочної опалубки стін	м2	622	<u>114,90</u> 66,40	<u>32,90</u> 10,25	71468	41301	<u>20464</u> 6376	<u>1,74</u> 0,5488	<u>1082,28</u> 341,35	
		Розрахунок одиничної вартості					ЕД6-56-1					
		Заробітна плата										
		Витрати труда робітників - будівельників		1,74						38,16	66,40	
		Середній розряд робіт 5,0										
		Машини та механізми										
	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,01		<u>71,30</u> 22,21			<u>0,71</u> 0,22			
	СН202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	0,35		<u>91,97</u> 28,64			<u>32,19</u> 10,02			
		Разом машин та механізмів				<u>32,90</u> 10,25			<u>32,90</u> 10,25			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		<i>М а т е р і а л и</i>										
	C111-179	Цвяхи будівельні з плоскою головою 1, 6x50 мм	m	0,00001	8853,12		0,09					
	C111-797	Катанка гарячекатана у мотках, діаметр 6,3-6,5 мм	m	0,002	6787,46		13,57					
	C112-118	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 2-3, 75 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, IV сорт	m3	0,002	965,81		1,93					
		Разом матеріалів					15,60					
2	ЕД6-50-37	Збирання і розбирання дерев'яної щитової опалубки для улаштування перекриттів [безбалкових] з площею між осями колон до 5 м2, товщина, мм понад 120 до 200	100м3	0,534	<u>27838,79</u> 11738,53	<u>718,29</u> 223,68	14866	6268	<u>384</u> 119	<u>380,38</u> 11,9493	<u>203,12</u> 6,38	
		<i>Р о з р а х у н о к</i>	<i>о д и н и ч н о ї в а р т о с т і</i>				ЕД6-50-37					
		<i>З а р о б і т н а п л а т а</i>										
		Витрати труда робітників - будівельників Середній розряд робіт 3,4			380,38						30,86	11738,53
		<i>М а ш и н и т а м е х а н і з м и</i>										
	СН202-129	Крани баштові, вантажопідйомність 8 т	маш-год	7,81		<u>91,97</u> 28,64				<u>718,29</u> 223,68		
		Разом машин та механізмів								<u>718,29</u> 223,68		
		<i>М а т е р і а л и</i>										
	C111-175	Цвяхи будівельні з конічною головою 4, 0x100 мм	m	0,079	6921,04		546,76					
	C111-253	Вапно будівельне негашене грудкове, сорт 1	m	0,206	846,60		174,40					
	C111-818	Дріт сталевий низьковуглецевий різного призначення світлий, діаметр 3,0 мм	m	0,014	7522,22		105,31					
	C112-53	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, III сорт	m3	1,86	1519,84		2826,90					
	C112-57	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 32,40 мм, III сорт	m3	2,09	1581,99		3306,36					
	C123-514-У	Щити опалубки, ширина 300-750 мм, товщина 25 мм	m2	71,23	118,24		8422,24					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>Разом матеріалів</i>					15381,97				
		Разом прямі витрати по кошторису					86334	47569	<u>20848</u>		<u>1285,4</u>
		Разом будівельні роботи, грн.					86334		6495		347,73
		в тому числі:									
		вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн.					17917				
		всього заробітна плата, грн.					54064				
		Загальновиробничі витрати, грн.					40367				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					195,98				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					10067				
		Всього будівельні роботи, грн.					126701				

		Всього по кошторису					126701				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					1829				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					64131				

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Локальний кошторис на будівельні роботи № 2-1-4 з розрахунками одиничної вартості
на ковшана
зведення в великощитової опалубці

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 314,699 тис. грн.
 Кошторисна трудомісткість 4,622 тис.люд.-год.
 Кошторисна заробітна плата 177,490 тис. грн.
 Середній розряд робіт 5,0 розряд

Складений в поточних цінах станом на "25 жовтня" 2021 р.

№ п/п	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.-год.			
					Всього	експлуатації машин	Всього	заробітної плати	експлуатації машин	не зайнятих обслуговуванням машин			
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати	тих, що обслуговують машини	
												на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	ЕД6-57-1	Збирання і розбирання ковшної опалубки стін, збирання	м	69	<u>1955,42</u> 1145,56	<u>275,92</u> 68,66	134924	79044	<u>19038</u> 4738	<u>30,02</u> 3,4805	<u>2071,38</u> 240,15		
		<i>Розрахунок одиничної вартості</i>					ЕД6-57-1						
		<i>Заробітна плата</i>		30,02						38,16	1145,56		
		<i>Витрати труда робітників - будівельників</i>											
		<i>Середній розряд робіт 5,0</i>											
		<i>Машини та механізми</i>											
	СН201-12	Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,9		<u>71,30</u> 22,21			<u>64,17</u> 19,99				
	СН202-1143	Крани на автомобільному ходу, вантажопідйомність 16 т	маш-год	1,23		<u>168,88</u> 38,63			<u>207,72</u> 47,51				
	СН203-101	Автовантажувачі, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,05		<u>80,62</u> 23,21			<u>4,03</u> 1,16				
		<i>Разом машин та механізмів</i>							<u>275,92</u> 68,66				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		<i>М а т е р і а л и</i>									
	C111-584	Масло антраценове	<i>т</i>	0,035	1433,88		50,19				
	C112-29	Бруси обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 100, 125 мм, III сорт	<i>м3</i>	0,034	1928,25		65,56				
	C112-52	Дошки обрізні з хвойних порід, довжина 4-6, 5 м, ширина 75-150 мм, товщина 25 мм, II сорт	<i>м3</i>	0,013	1927,71		25,06				
	C152-6	Кабелі силові гнучкі шахтні з гнучкими мідними жилами, з гумовою ізоляцією, з екраном із електропровідної гуми зверху основних жил у гумовій оболонці, марка КГЭШ, число жил та переріз 3x35+1x10 мм ²	<i>1000м</i>	0,001	169625,00		169,63				
	C152-174	Кабелі силові переносні з мідними жилами підвищеної гнучкості з осердям у маслостійкій гумовій оболонці, марка КПГСН, число жил та переріз 3x4+1x2,5 мм ²	<i>1000м</i>	0,00016	29362,44		4,70				
	C152-176	Кабелі силові переносні з мідними жилами підвищеної гнучкості з осердям у маслостійкій гумовій оболонці, марка КПГСН, число жил та переріз 3x10+1x6 мм ²	<i>1000м</i>	0,0001	62383,73		6,24				
	C157-367	Проводи мідні, марка М, переріз 10 мм та 16 мм	<i>т</i>	0,0006	38749,60		23,25				
	C157-368	Проводи з мідною жилою в неспалювальній гумовій оболонці, марка ПРН, переріз 6 мм ²	<i>1000м</i>	0,0088	4363,97		38,40				
	C157-369	Проводи з мідною жилою в неспалювальній гумовій оболонці, марка ПРН, переріз 16 мм ²	<i>1000м</i>	0,001	9901,06		9,90				
	C1547-2	Лампи розжарювання електричні для місцевого освітлення, тип МО36-60	<i>10шт</i>	0,157	36,28		5,70				
	C1547-3	Прожектор з відбивачем металевим, тип ПЗМ-35АУ1	<i>шт</i>	0,04	376,53		15,06				
	C1547-4	Світильники з розсіювачем із силікатного скла, настінні, циліндричної форми та форми усіченого конуса, тип НБ006x100/Р2,0-01УХЛ4 та НБ006x100/Р2,0-03УХЛ4	<i>шт</i>	1,54	78,09		120,26				
		Разом матеріалів					533,94				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	ЕД6-57-2	Збирання і розбирання ковзної опалубки стін, розбирання	м	69	<u>1037,08</u> 973,84	<u>63,24</u> 15,64	71559	67195	<u>4364</u> 1079	<u>25,52</u> 0,788	<u>1760,88</u> 54,37
Розрахунок одиничної вартості ЕД6-57-2											
		Заробітна плата Витрати труда робітників - будівельників Середній розряд робіт 5,0		25,52						38,16	973,84
	СН201-12	Машина та механізми Автомобілі бортові, вантажопідйомність 5 т	маш-год	0,2		<u>71,30</u> 22,21			<u>14,26</u> 4,44		
	СН202-1143	Крани на автомобільному ході, вантажопідйомність 16 т Разом машин та механізмів	маш-год	0,29		<u>168,88</u> 38,63			<u>48,98</u> 11,20 <u>63,24</u> 15,64		
Разом прямі витрати по кошторису							206483	146239	<u>23402</u> 5817		<u>3832,26</u> 294,52
Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн.							206483				

Всього по кошторису							314699				
Кошторисна трудоємність, люд.год.							4622				
Кошторисна заробітна плата, грн.							177490				

Склав

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів

_____ [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

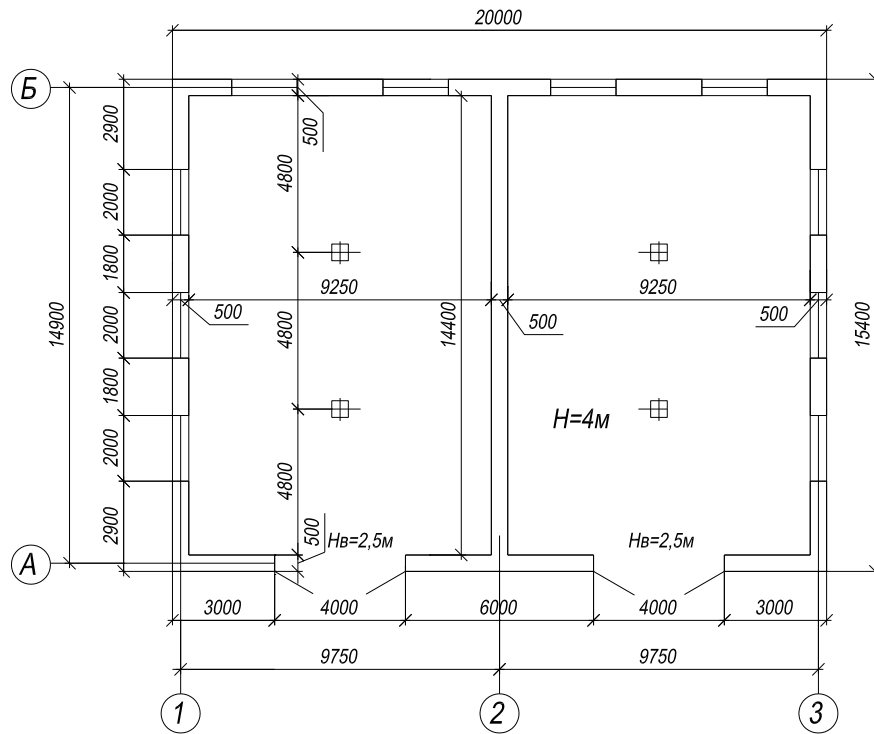


Рисунок 3.4 - План будівлі для порівняння трудомісткості

На підставі отриманих кошторисів були складені діаграми трудомісткості, вартості робіт, середнього розряду робіт (рис.3.5-3.7).

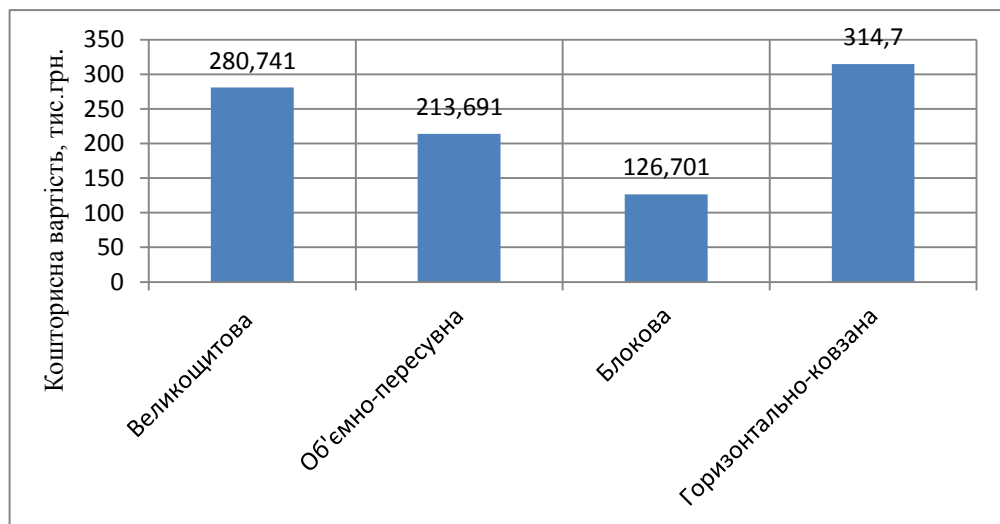


Рисунок 3.5 - Діаграма вартості опалубних робіт залежно від типу опалубки.

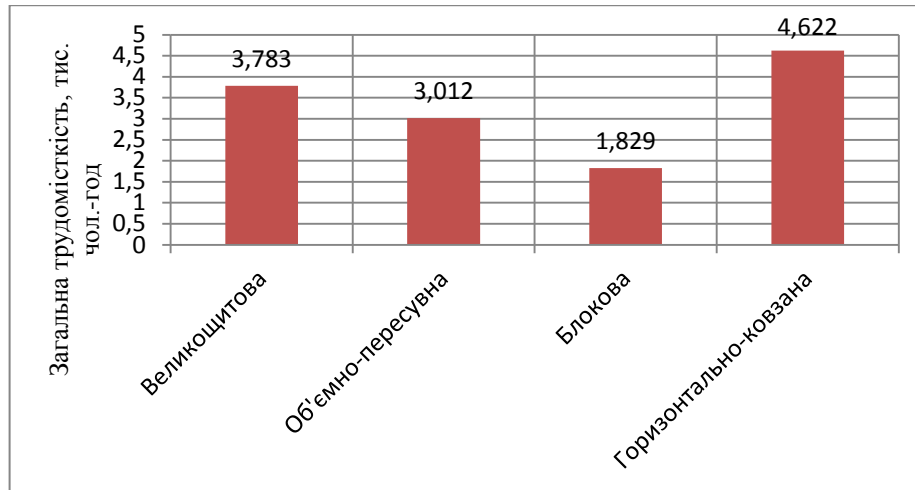


Рисунок 3.6 - Діаграма трудомісткості опалубних робіт залежно від типу опалубки.

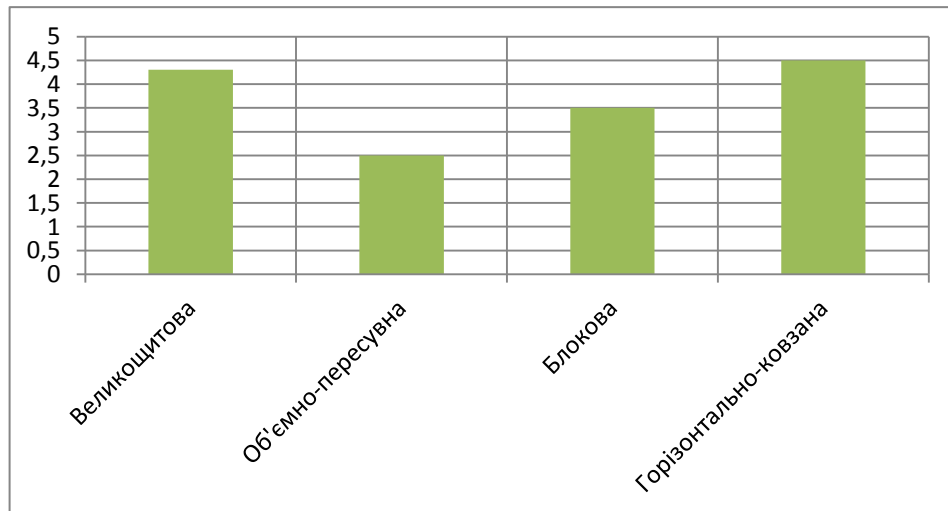


Рисунок 3.7 - Діаграма розряду опалубних робіт залежно від типу опалубки.

Проаналізувавши побудовані діаграми приходимо до висновків що найбільш менш трудомісткою є великощитова опалубка, в той час вона вимагає великих фінансових вкладень і вище розряд робіт чим блокова опалубка. Але у зв'язку з тим що великощитова опалубка є більше універсальною, має менші показники по трудомісткості виготовлення, і вартості, вона має найбільший попит зараз.

4 КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ І РОЗРАХУНОК ЩИТОВОЇ ОПАЛУБНОЇ СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ БАКЕЛІТОВОЇ ФАНЕРИ

4.1 Визначення навантаження для розрахунку опалубки монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій

1. При розрахунку опалубки, риштувань і кріплень повинні прийматися наступні нормативні навантаження:

1) Вертикальні навантаження:

а) власна маса опалубки і риштувань, визначена по кресленнях. При облаштуванні дерев'яної опалубки і риштувань об'ємну масу деревини слід приймати: для хвойних порід - 600 кг/м^3 , для листяних порід - 800 кг/м^3 .

б) маса свіжо укладеної бетонної суміші, що приймається для бетону на гравії або щебені з каменю твердих порід, - 2500 кг/м^3 , для бетонів інших видів - по фактичній вазі;

в) маса арматури повинна прийматися за проектом, а за відсутності проектних даних - 100 кг/м^3 залізобетонної конструкції;

г) навантаження від людей і транспортних засобів при розрахунку палуби, настилів і безпосередньо підтримувальних їх елементів лісів - $2,5 \text{ кПа}$; палуби або настилу при розрахунку конструктивних елементів - $1,5 \text{ кПа}$.

Примітки. Палуба, настили і безпосередньо підтримувальні їх елементи повинні перевірятися на зосереджене навантаження від маси робітника з вантажем (1300Н) або від тиску коліс двоколісного візка (2500Н) або іншого зосередженого вантажу залежно від способу подання бетонної суміші (але не менше 1300Н). При ширині дощок палуби або настилу менш 150мм вказаний зосереджений вантаж розподіляється на дві суміжні дошки.

д) навантаження від вібрації бетонної суміші - 2 кПа горизонтальної поверхні(враховуються, тільки за відсутності навантажень по подп. "г");

2) Горизонтальні навантаження:

е) нормативні вітрові навантаження - відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи»;

ж) тиск свіжо укладеної бетонної суміші на бічні елементи опалубки, визначається по таблиці. 4.1.

Примітка. У усіх випадках величину тиску бетонної суміші слід обмежити величиною гідростатичного тиску

$$P_{\max} = \gamma h \quad (4.1)$$

де P_{\max} - максимальний бічний тиск бетонної суміші, кПа;

γ - об'ємна маса бетонної суміші, кг/м³;

H - висота укладеного шару бетонної суміші, що чинить тиск на опалубку, м.

Результуючий тиск при трикутній епюрі:

$$P = \frac{\gamma \cdot h^2}{2}, \quad (4.2)$$

з) навантаження від струсів, що виникають при укладанні бетонної суміші в опалубку бетонованої конструкції, приймаються по таблиці.2.2

Таблиця 4.1 - Тиск свіжо укладеної бетонної суміші на бічні елементи опалубки.

Спосіб ущільнення	Розрахункові формули для визначення максимального бічного тиску бетонної суміші, кПа	Межі застосування формули
За допомогою вібраторів:	$P = \gamma H$ $P(0,27 + 0,78) K_1 K_2$	
внутрішніх		$H \leq R$ $v < 0,5$ $v \geq 0,5$ за умови, що $H \geq 1$ м
зовнішніх		$H \leq 2R1$ $v < 4,5$ $v > 4,5$ за умови, що $H > 2$ м

Позначення, прийняті в таблицю. 4.1:

P - максимальний бічний тиск бетонної суміші, кПа;

γ - об'ємна маса бетонної суміші, кг/м³;

H - висота укладеного шару бетонної суміші, що чинить тиск на опалубку, м;

v - швидкість бетонування конструкції, м/ч;

R, R_1 - відповідно радіуси дії внутрішнього і зовнішнього вібратора, м;

K_1 - коефіцієнт, що враховує вплив консистенції бетонної суміші : для жорсткої і малорухомої суміші з осіданням конуса 0-2см - 0,8; для сумішей з осіданням конуса 4-6см - 1; для сумішей з осіданням конуса 8-12см- 1,2.

K_2 - коефіцієнт для бетонних сумішей з температурою: 5-7°C - 1,15; 12-17°C - 1; 28-32°C - 0,85.

і) навантаження від вібрації бетонної суміші - 4 кПа вертикальної поверхні опалубки.

Примітка. Вказані навантаження повинні враховуватися тільки за відсутності навантажень [13,20].

2. При зовнішній вібрації опалубки(ребра, сутички, хомути і тому подібне), що несуть елементи, їх кріплення і з'єднання повинні додатково розраховуватися на місцеві дії вібраторів. Навантаження приймаються згідно із законом гідростатичного тиску. [13,20]

Таблиця 4.2 - Навантаження від струсів, при укладанні бетонної суміші.

Спосіб подання бетонної суміші в опалубку	Горизонтальне навантаження на бічну опалубку, кПа
Спуск по лотках і хоботах, а також безпосередньо з бетоновозів	4
Вивантаження з цебрів місткістю, м ³ : від 0,2 до 0,8 св. 0,8	4 6

Примітки.

1. Вказані динамічні навантаження повинні враховуватися повністю при розрахунку дощок палуби і підтримувальних її ребер. Балки(прогони), що підтримують ребра, слід розраховувати відповідно до фактичної схеми конструкцій, враховуючи динамічні дії у вигляді зосереджених вантажів від двох суміжних ребер при відстані між ними до 1 м і від одного ребра при відстані між ребрами 1 м і більше. При цьому повинне враховуватися найбільш не вигідне розташування цих вантажів.

2. Конструктивні елементи, що служать опорами балок(прогонів), наприклад, підкоси, тяжи та ін., слід розраховувати на навантаження від двох суміжних ребер, розташованих по обидві сторони елемента(при відстані між ребрами менше 1 м), що розраховується, або від одного ребра, найближчого до цього елемента(при відстані між ребрами 1 м і більше).

3. Вибір найбільш не вигідних поєднань навантажень при розрахунку опалубки і підтримувальних лісів повинен здійснюватися відповідно до таблиці.2.3.

4. При розрахунку елементів опалубки і лісів по здатності, що несе, нормативні навантаження, вказані в п.1, необхідно множити на коефіцієнти перевантаження, приведені в таблицю.4.4.

При спільній дії корисних і вітрових навантажень усі розрахункові навантаження, окрім власної маси, вводяться з коефіцієнтом 0,9.

5. Розподіл тиску по висоті опалубки прийнятий по аналогії з гідростатичним тиском по трикутній епюрі.

6. Прогин елементів опалубки під дією сприйманих навантажень не повинен перевищувати наступних значень:

- $1/400$ прольоту елемента опалубки;
- $1/500$ прольоту для опалубки перекриттів.

7. Розрахунок лісів і опалубки на стійкість проти перекидання слід робити при обліку спільної дії вітрових навантажень і власної маси, а при установці опалубки спільно з арматурою - також і маси останньої.

Коефіцієнти перевантажень повинні прийматися рівними: для вітрових навантажень $1/2$, для утримуючих навантажень - $0,8$.

Таблиця 4.3 - Найбільш вигідні поєднання навантажень.

Елементи опалубки	Види навантажень на опалубку, ліси і кріплення для розрахунку (див. п. 1)	
	по несучої здатності	по деформації
1. Опалубка плит і зведень і підтримувальні її конструкції	$a + b + v + g$	$a + b + v$
2. Опалубка колон із стороною перерізу до 300 мм і стін завтовшки до 100 мм	$ж + і$	$ж$
3. Опалубка колон із стороною перерізу більше 300 мм і стін завтовшки більше 100 мм	$ж + з$	$ж$
4. Бічні щити коробів балок, прогонів і арок	$ж + і$	$ж$
5. Днища коробів балок, прогонів і арок	$a + b + v + d$	$a + b + v$
6. Опалубка масивів	$ж + з$	$ж$

Таблиця 4.4. - Коефіцієнти перевантаження.

Нормативні навантаження	Коефіцієнти перевантаження
1. Власна маса опалубки і риштувань	1,1
2. Маса бетону і арматури	1,2
3. Від руху людей і транспортних засобів	1,3
4. Від вібрації бетонної суміші	1,3
5. Бічний тиск бетонної суміші	1,3
6. Динамічні від струсу при вивантаженні бетонної суміші	1,3

8. Розрахунок опалубки-облицювання, що залишається в тілі споруди, необхідно виконувати як розрахунок основних елементів споруди з подальшою перевіркою на дію навантажень, приведених в п. 1.

9. Для розрахунку пристроїв, що забезпечують попередній відрив ступок блок-форм великощитової опалубки, об'ємно-переставної і тунельної опалубки, слід приймати нормативні навантаження по таблиці.4.5 і 4.6. Для розрахунку зусиль зриву катучої опалубки слід приймати нормативні навантаження по таблиці.4.7. [13,20]

10. Розрахункові опори матеріалів приймаються з коефіцієнтом К. Збільшення розрахункових опорів при короткочасності дії навантаження До для деревних матеріалів приймається рівним 1,4.

Зусилля відриву опалубки від бетону рекомендується визначати по формулі:

$$P_{от} = K_{со} \sigma_{н} F_{к} \quad (2.3)$$

де $K_{со}$ - коефіцієнт, що враховує умови відриву і міру жорсткості опалубки, визначається по таблиці.4.6;

$\sigma_{н}$ - нормативне навантаження зчеплення, кПа;

$F_{к}$ - площа контакту опалубки з бетоном, м².

Таблиця 2.5. - Нормативне навантаження зчеплення при відриві опалубки.

Матеріал палуби	Нормативне навантаження зчеплення, кПа, при відриві					
	нормальному			під кутом 45°		
	тривалість контакту бетону з опалубкою, ч					
	12	24	72	12	24	72
1. Сталь	<u>4,8*</u>	<u>5,5</u>	<u>11,7</u>	<u>5,8</u>	<u>6,5</u>	<u>15,3</u>
	6,2	7,6	13	7,4	8,3	17,1
2. Текстоліт	<u>1</u>	<u>2,5</u>	<u>3,3</u>	<u>2</u>	<u>3,8</u>	<u>5,6</u>
	1,6	2,9	3,6	2,7	4,1	6
3. Склопластик	<u>1,7</u>	<u>2,8</u>	<u>5,9</u>	<u>2,7</u>	<u>4,5</u>	<u>7</u>
	3,1	3,6	7,7	4	6,3	9,1
4. Фанера без покриття	<u>3,9</u>	<u>6,4</u>	<u>7,5</u>	<u>4,7</u>	<u>7</u>	<u>12</u>
	5,4	8,2	11	6,9	9,5	15
5. Фанера із захисною фенол формальдегідною плівкою	<u>2,5</u>	<u>3,8</u>	<u>4,5</u>	<u>4</u>	<u>6</u>	<u>9</u>
	4	5,1	6	5,8	7,5	12

* Над рисою - для бетону класу В7,5, під рисою - для бетону класу С15/20.

Таблиця 4.6. - Коефіцієнти умов відриву.

Опалубка	K_{co}
1. Дрібнощитова: дерев'яна комбінована сталева	0,15 0,35 0,40
2. Великопанельна(панелі з дрібних щитів)	0,25
3. Великощитовая Об'ємно-переставна Блок-форми	0,30 0,45 0,55

Для визначення розрахункових значень навантаження дотичного зчеплення данні в таблиці. 4.6 слід множити на коефіцієнт 1,35.

Таблиця 4.7. Нормативні навантаження відриву для катучої опалубки.

Матеріал труби	Нормативне навантаження дотичного зчеплення, кПа, після контакту з бетонною сумішшю і бетоном в течію			
	20 мін	30 мін	2 ч	24 ч
1. Сталь	1,6*	1,7	3,1	11
2. Текстоліт	1,4	1,5	3	9,5
3. Склопластик	2,2	2,4	5	12
4. Фанера із захисною фенол формальдегідною плівкою	1,2	1,3	2,7	8

* Для бетону класу С8/10. [13,20]

4.2 Розрахунок конструкції щитової опалубки з використання бакелітової фанери

Для розрахунку візьмемо конструкцію опалубки яка складається з фанерної палуби і металевого каркаса з листової сталі марки ВСтЗсп5.

Початкові дані для розрахунку:

Розмір щита 1х1м, що розраховується.

Швидкість бетонування $V=5\text{м/ч}$.

Щільність бетонної суміші $\rho=1800\text{кг/м}^3$.

$K_1=1,2$ - коефіцієнт враховує рухливість бетонної суміші.

$K_2=1$ - коефіцієнт, який залежить від температури суміші, що укладається.

Розрахунок.

Збір навантажень.

Бічний тиск бетонної суміші складає:

$$P_{\max} = \rho(0,27V + 0,78) = 1800(0,27*5 + 0,78) = 3834 \text{ кгс/м}^2 = 38,34 \text{ кПа} \quad (4.4)$$

де P_{\max} - максимальний тиск бетонної суміші;

$\rho=1800 \text{ кг/м}^3$ - щільність бетонної суміші; $V=5 \text{ м/ч}$ - швидкість бетонування.

Для розрахунку дрібнощитової опалубки приймемо бічний тиск - 40 кПа.

Замінюємо трикутну схему вантаження на рівномірно розподілену:

$$P'_{\max} = \frac{40}{2} = 20 \text{ кПа} \quad (4.5)$$

Розраховуючи по здатності, що несе, нормативне навантаження множимо на коефіцієнт перенавантаження 1,3:

$$q_1 = 20 * 1,3 = 26 \text{ кПа} \quad (4.6)$$

Динамічне навантаження від подання бетонної суміші приймається максимальним при укладанні за схемою «кран-цебер» - 600 кгс/м^2 .

Сумарне навантаження:

$$q = q_1 + q_2 = 1,3(20 + 6) = 33,8 \text{ кПа} \quad (4.7)$$

Розрахунок палуби.

Фанерна палуба спирається на декілька ребер жорсткості. Максимальний момент береться за опорний, який дорівнює:

$$M = \frac{ql^2}{10} \quad (4.8)$$

де M – опорний момент, кН·м;

q – сумарне навантаження на опалубку від бетонної суміші, кПа;

l – проліт ребер жорсткості, м.

Спершу задамося фанерою Сиктивкара завтовшки 15 мм. Беремо ділянку палуби L по довжині стінки такий, що дорівнює 1м.

Розрахунок листа по міцності:

$$\frac{M}{W} = R_u \quad (4.9)$$

де M – опорний момент, кН·м;

W – момент опору, м³;

$R_u=320\text{кгс/см}^2$ – розрахунковий опір вигину.

З формули(4.9) отримуємо наступні формули:

$$M=R_u \cdot W \quad (4.10)$$

$$R_u W = \frac{q l^2}{10} \quad (4.11)$$

З формули(2.10) знаходимо проліт ребер жорсткості:

$$l^2 = \frac{10 R_u W}{q L} = \frac{10 R_u L h^2}{6 q L} = \frac{10 \cdot 320 \cdot 100 \cdot 1,5^2}{6 \cdot 0,338 \cdot 100} = 3550 \text{см}^2 \quad (4.12)$$

Отримали $l=59,58\text{см}^2$.

Перевіряємо на прогин:

$$y = \frac{q l^4}{60 E I} = \frac{0,338 \cdot 59,58^4 \cdot 100 \cdot 12}{60 \cdot 150000 \cdot 1,5^2 \cdot 100} = 2,52 \text{см} \quad (4.13)$$

де E – модуль пружності, кгс/см²;

I – момент інерції, см⁴.

Нормативний прогин:

$$\frac{l}{400} = \frac{59,58}{400} = 0,14 \text{см} \quad (4.14)$$

У зв'язку з перевищенням розрахункового прогину над нормативним зменшуємо l до 25 см і приймаємо товщину фанерного листа 18 мм.

Тоді прогин складає:

$$y = \frac{q l^4}{60 E I} = \frac{0,338 \cdot 25^4 \cdot 100 \cdot 12}{60 \cdot 150000 \cdot 1,8^2 \cdot 100} = 0,055 \text{см} \quad (4.15)$$

Нормативний прогин:

$$\frac{l}{400} = \frac{25}{400} = 0,0625 \text{см} \quad (4.16)$$

Нормативний прогин вищий, ніж прогин з прийнятими величинами, отже приймаємо лист фанери завтовшки 18 мм і крок установки горизонтальних ребер 25 см

Перевірка палуби на сколювання.

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot b} \leq R_{СК} \quad (4.17)$$

де τ - дотична напруга в листі фанери, кПа;

Q- подовжня сила, кН;

S- статичний момент, см²;

I- момент інерції, см⁴;

R_{СК} – опір фанери сколюванню, кгс/м².

З формули(4.17) отримуємо залежність

$$Q = \frac{2}{3} \tau \cdot b \cdot h = \frac{2}{3} R_{СК} \cdot b \cdot h \quad (4.18)$$

Маючи з курсу опір матеріалів формулу

$$Q = \frac{5}{8} q \cdot l \quad (4.19)$$

Отримуємо формулу для знаходження необхідного кроку горизонтальних ребер :

$$l = \frac{8 \cdot 2 \cdot b \cdot h \cdot R_{СК}}{5 \cdot q \cdot L \cdot 3} = \frac{16 \cdot 100 \cdot 1,8 \cdot 18}{5 \cdot 0,338 \cdot 100 \cdot 3} = 102,24 \text{ см} \quad (4.20)$$

Оскільки отриманий крок значно більше прийнятого раніше, то перевірка виконується. [8,13,20]

Розрахунок каркаса.

Приймаємо крок встановлених горизонтальних ребер 25см. Кожне ребро утримуватиме штабу палуби шириною 25см. Навантаження на 1м ребра складає:

$$q = 0,0338 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 100 \cdot 25 = 845 \text{ кгс/ м} = 845 \text{ кН/ м} \quad (4.21)$$

Розрахунок вертикального ребра.

Схему вантаження вертикальних ребер від горизонтальних ребер зводимо до рівномірно розподіленого навантаження(рис.4.1).

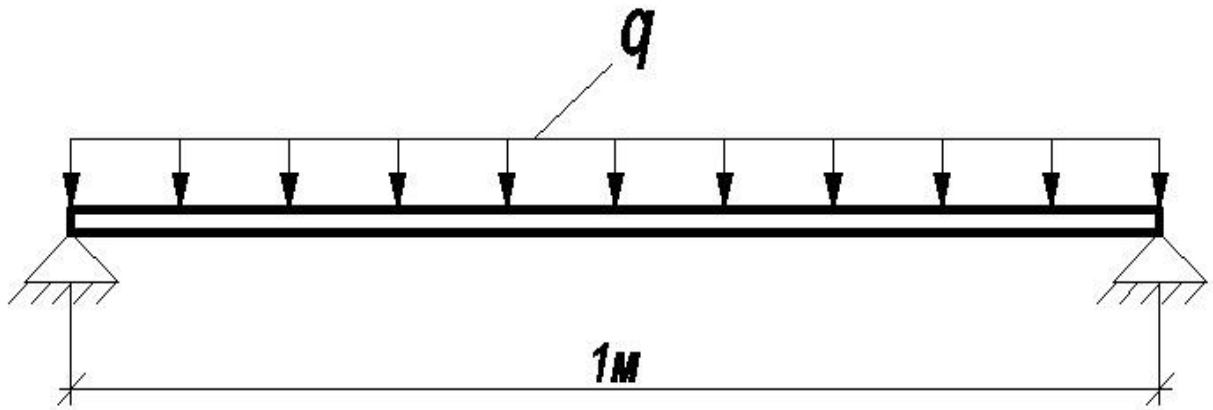


Рисунок 4.1 - Схему вантаження вертикальних ребер.

Тоді

$$q_2 = 4 \cdot 8450 \cdot 0,25 = 8450 \text{ Н / м} \quad (4.22)$$

Момент, що вигинає, рівний:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{8450 \cdot 1}{8} = 1056,25 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (4.23)$$

де M – момент, що вигинає, що діє на вертикальне ребро, Н · м;

q – рівномірно розподілене навантаження на вертикальне ребро, Н/м;

l – проліт балки, м.

Момент опору :

$$W = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{1056,25}{210} = 5,03 \text{ см}^3 \quad (4.24)$$

де $[\sigma] = 210 \text{ МПа}$ – межа плинності для сталі ВСт3сп5.

З формули визначення моменту опору для прямокутного профілю знаходимо ширину профілю, заздалегідь задавшись розміром висоти 6 см

$$b = \frac{6 \cdot W}{h^2} = \frac{6 \cdot 5,03}{36} = 0,8012 \text{ см} \quad (4.25)$$

де b - ширина прямокутного профілю;

h - висота прямокутного профілю.

Перевіряємо на прогин:

$$y = \frac{ql^4}{60EI} = \frac{8,45 \cdot 1^4 \cdot 12}{60 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 2,13 \cdot 10^{-4} \cdot 0,008} = 0,0046 \text{ м} \quad (4.26)$$

де E - модуль пружності, кгс/см²;

I - момент інерції, см⁴.

Нормативний прогин:

$$\frac{l}{400} = \frac{1}{400} = 0,0025м \quad (4.27)$$

У зв'язку з перевищенням розрахункового прогину над нормативним зменшуємо збільшимо висоту листа до 7,5см

Тоді прогин складає:

$$y = \frac{ql^4}{60EI} = \frac{8,45 \cdot 1^4 \cdot 12}{60 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 4,21 \cdot 10^{-4} \cdot 0,008} = 0,0023м \quad (4.28)$$

Нормативний прогин згідно формули(4.27) складає 0,0025м.

Нормативний прогин вищий, ніж прогин з прийнятими величинами, отже приймаємо вертикальні елементи опорні 7,8х0, 8см і рядові 6х0, 8см. [1,2,13].

Розрахунок горизонтального каркаса.

Навантаження на горизонтальні ребра складає згідно(4.21) $q=845$ кН/м.

Знаходимо відстань максимально можливої відстані установки вертикальних ребер, якщо по конструктивних значеннях задаємося розмірами горизонтального ребра 6х0, 6см.

$$l^2 = \frac{8 \cdot b \cdot h^2 \cdot [\sigma]}{6 \cdot q} = \frac{8 \cdot 0,006 \cdot 0,06^2 \cdot 210 \cdot 10^6}{6 \cdot 8,450 \cdot 10^3} = 0,071м^2 \quad (4.29)$$

З формули(4.29) $l=0.26$ м. Прийmemo для однакових геометричних розмірів крок вертикальних ребер 25см.

Перевіряємо на прогин:

$$y = \frac{ql^4}{60EI} = \frac{8,45 \cdot 0,25^4 \cdot 12}{60 \cdot 2,1 \cdot 10^8 \cdot 2,13 \cdot 10^{-4} \cdot 0,006} = 0,000024м = 0,0024см \quad (4.30)$$

де E – модуль пружності, кгс/см²;

I – момент інерції, см⁴.

Нормативний прогин:

$$\frac{l}{400} = \frac{25}{400} = 0,0625см \quad (4.31)$$

Нормативний прогин вищий, ніж прогин від навантаження отже перевірка виконується [2,13,20,30].

Розрахунок стягувань.

Збираємо навантаження на один тяж. На одне вертикальне ребро встановлюватиметься два тяжа.

Навантаження на щит 1x1 складає $q=33,8\text{кПа}$.

Навантаження на один тяж складатиме:

$$P = 33,8 \cdot \frac{2}{3} = 22,5\text{кН} \quad (4.32)$$

Площа тяжа.

$$F = \frac{P}{[\sigma]} = \frac{225000}{21000} = 1,098\text{см}^2 \quad (4.33)$$

де F – площа тяжа, см^2 ;

P – навантаження на один тяж, кН;

$[\sigma]=210\text{МПа}$ – межа плинності для сталі ВСт3сп5.

Діаметр тяжа :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,098}{3,14}} = \sqrt{1,45} = 1,2\text{см} \quad (4.34)$$

Приймаємо діаметр тяжа 14мм. [2,13,20,30].

Розрахунок універсального кріплення.

Діаметр кріплення підбираємо з умови міцності на зріз:

$$\frac{N}{F} \leq [\tau] \quad (4.35)$$

де $N=22,5\text{кН}$ – розтягуючі зусилля;

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ - площа круглого перерізу кріплення; $[\tau]=200\text{МПа}$ – допустима

напруга на зріз.

З формули(4.35) отримуємо вираження для знаходження необхідного діаметру кріплення :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot N}{[\tau] \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 22,5}{3,14 \cdot 20}} = 1,19 \text{ см} \quad (4.36)$$

Приймаємо діаметр круглого профілю рівний 12мм. [2,13,20,30].

4.3 Техніко-економічні показники щитової опалубної системи з використанням бакелітової фанери

Незважаючи на розвиток технічного прогресу, традиційна опалубка з щитів продовжує залишатися незамінним елементом. Останнім часом все частіше дерево поступово замінюється фанерою.

Однією з головних причин заміни конструкцій на фанерні при спорудженні опалубки стала деформація дерева під дією розчину. Згодом вартість дерев'яної та фанерної опалубки стала практично однаковою, що тільки сприяло процесу заміни.

Крім цього, застосування фанери має додаткові плюси:

- 1) Гладка поверхня дозволяє створити ідеальну форму.
- 2) Процес установки і складання може здійснюватися своїми силами.
- 3) Зводиться до мінімуму можливість видавлювання окремих елементів під дією розчину.
- 4) Скорочується час монтажу опалубки.
- 5) Використання окремих марок дозволяє витримати кілька циклів заливок.

Бакелітова фанера має шари склеєні бакелітової смолою. Вона надає матеріалу особливу міцність і стійкість до агресивного середовища. Завдяки цьому її можна використовувати в різних кліматичних умовах. Бакелітова фанера стійко витримує перепади температур, навіть суттєві - від -50 °С до +50 °С

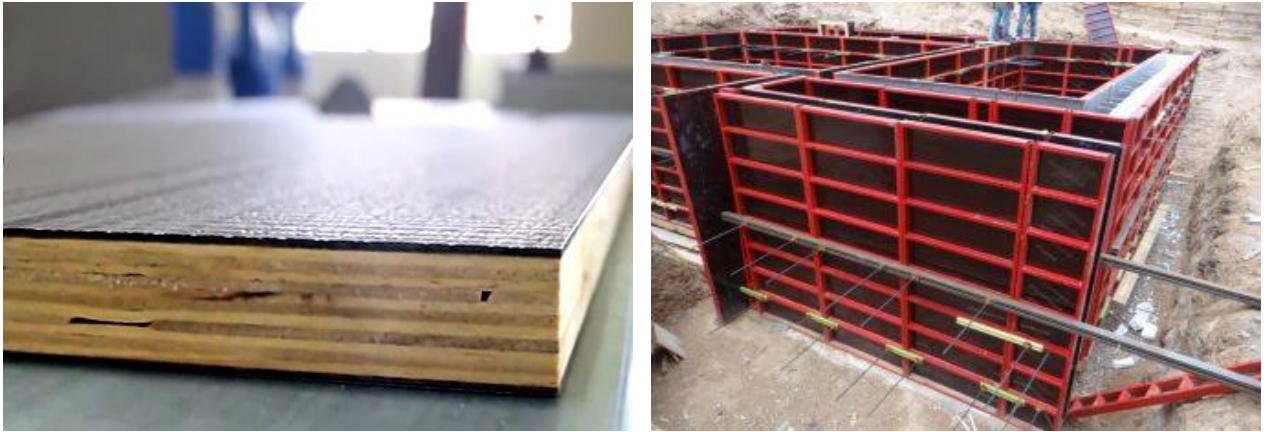


Рисунок 4.2 – Бакелітова фанера для щитової опалубки

Вартість і трудомісткість виготовлення. Вартість і трудомісткість виготовлення опалубної системи розрахована за допомогою програмного комплексу АВК-5. В результаті був складений локальний кошторис на виготовлення опалубки таблицею.4.8.

Отримана вартість в цінах на 1 червня 2021 року при зіставленні з опалубками інших виробників значно менше, і це є істотною перевагою.

Вага найбільшого щита. Найбільший щит в цьому типі опалубної системи розмірами 1x1м має масу 47,8 кг Тому цей тип опалубки можна називати дрібнощитової опалубкою, для роботи з бетонними сумішами тиск яких на бічні елементи опалубки не перевищує 40 кПа.

Оборотність опалубки. Згідно з технічними даними на бакелітову фанеру Сиктивкара її оборотність при повному відході у відповідності інструкції по застосуванню фанери і постійному мастилу мінімум 120 циклів заливки бетону.

Оборотність сталевого каркаса опалубки згідно ДСТУБ В.2.8-41:2011 «Опалубка для зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій».

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Загальновиробничі витрати, грн.					164				
		трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год.					0,72				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.					37				
		Всього будівельні роботи, грн.					801				

		Всього по кошторису					801				
		Кошторисна трудоємність, люд.год.					9				
		Кошторисна заробітна плата, грн.					272				

Склав _____
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірів _____
 [посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Класифікація і загальні технічні вимоги» повинна складати мінімально 250 циклів бетонування.

Після аналізу українських і зарубіжних опалубних систем аналогічного типу можна виділити ряд переваг опалубної системи:

1. Низька вартість виготовлення опалубки - 801грн/м²;
2. Простота виготовлення. Солідні будівельні компанії ті, що мають велику виробничу базу можуть виготовити цю опалубку власними силами, яка відповідатиме 1-у класу;
3. Модульний принцип, коли усі елементи при з'єднанні завжди підходять один до одного у вертикальному або горизонтальному напрямках;
4. Застосування універсальних сполучних болтів;
5. Можливість регулювання монтажу з точністю до 1 мм;
6. Невелика вага елементів опалубки дозволяє робити ручний монтаж і демонтаж опалубки;
7. Елементи опалубки прості в обслуговуванні(зберігання, мастило, ремонт і так далі);
8. Універсальність. За допомогою опалубки можна зробити опалубку для стін, колон, ліфтових шахт і так далі;
9. Можливість регулювання товщини конструкцій, використовуючи одні і ті ж елементи;
10. Можливість збільшення об'єму опалубки без зниження технологічності робіт.

ВИСНОВКИ

1. Використання різних сучасних опалубних систем дає можливість підвищити технологічність будівельного процесу. При цьому терміни будівництва і його якість безпосередньо залежать від якості використовуваної опалубки. Тому украй важливо, щоб опалубні системи були надійними, міцними і довговічними і мали хороші механічні характеристики. Вони мають різне призначення. Від цього залежать вимоги, що пред'являються до прогинів, навантажень і точності їх виготовлення.

2. Ефективність опалубки визначає її здатністю видозмінюватися і підлаштовуватися до вимог об'єкту будівництва, а також легкістю і простотою зборки. Спосіб з'єднання і зборки компонентів і інші тонкощі у кожної торговельної марки свої. Кожну систему виготовляють, керуючись розробками її фахівців.

3. Якісні опалубочні системи можуть бути виготовлені тільки на сучасному технологічному устаткуванні використовуючи передові технології. Виробництво вітчизняної опалубки засноване на запозиченні світового досвіду, оскільки, на відміну від України, в Європі опалубками використовуються вже досить давно.

4. Порівняльний аналіз вартісних показників і оборотності найбільш вживаних типів великощитової опалубки виробництва України, Туреччини та Німеччини показав, що за величиною питомої вартості провідне місце займають німецькі опалубні системи.

5. Зведення будівель з монолітного залізобетону дозволяє оптимізувати їх конструктивні рішення, перейти до нерозрізних просторових систем, врахувати спільну роботу елементів і тим самим понизити їх переріз. У монолітних конструкціях простіше вирішується проблема стиків, підвищуються їх теплотехнічні і ізоляційні властивості, знижуються експлуатаційні витрати.

6. Виявлені в процесі дослідження позитивні і негативні сторони різних конструктивних систем опалубок дозволили обґрунтувати використання конструкції дрібнощитової опалубки, яка частково усуває недоліки її аналогів.

7. Економічність зведення будівель і споруд з монолітного бетону і залізобетону, їх довговічність, мінімальні терміни будівництва, невелика вага будівель в порівнянні з будівлями з інших матеріалів, зокрема цегляних, виконання робіт в різних кліматичних і в обмежених умовах, індивідуальність, зведення будівель різної висоти і функціонального призначення, застосування інноваційних технологій сприяють не лише розвитку монолітного будівництва, але і розробці і впровадженню нових опалубних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Анпилов С.М. Опалубочные системы для монолитного строительства: учебное издание. Москва : Изд-во АСВ, 2005. 280 с.
- 2 Абрамян, С.Г. Современные опалубочные системы: учебное пособие. Волгоград: ВолгГАСУ, 2015. 71с.
- 3 Афанасьев А.А. Интенсификация работ по возведению зданий и сооружений из монолитного бетона. Москва : Стройиздат, 1990. 384 с.
- 4 Афанасьев А.А. Бетонные работы : Москва : Высш. шк., 1991. 288 с.
- 5 Адамцевич А.О., Пустовгар А.П. Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства. *Вестник МГСУ*. 2013. №11. С. 242-248.
- 6 Амбарцумян С.А., Мартиросян А.С., Галумян А.В. Нормы выполнения опалубочных работ при скоростном монолитном домостроении *Промышленное и гражданское строительство*. 2009. №2. С. 39-41.
- 7 Абрамян С.Г., Ахмедов А.М., Халилов В.С., Уманцев Д.А. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы. *Вестник ВолгГАСУ. Серия «Архитектура и строительство»*, №36 (55), 2014. С. 231-240.
- 8 Волков Ю.С., Звездов А.И. Бетон - основа для современных небоскребов. *Всероссийский отраслевой журнал. Строительство*. 2004. №5. С. 15-21.
- 9 Вильман Ю.А. Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы : учеб. пособ. Москва : АСВ, 2011. 336 с.
- 10 Гуденко В.М. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2010. 481 с.

11 ДСТУ Б В.2.8-41:2011. Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Классификация и общие технические требования. [Чинний від 2012–12–01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2012. 19 с.

12 ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. : Основні положення :. - [Чинний від 2012–04–01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2012. 94 с.

13 ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. [Чинний від 2015–01–01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014. 206 с.

14 Инструкция по эксплуатации опалубки «КРАМОС» - Москва : 2005. 74с.

15 Козик В.В., Гавриляк А.С., Петрушка Т.О. Організація будівництва : підручник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 256 с.

16 Красный Д.Ю., Красный Ю.М. Обеспечение качества при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона. Екатеринбург : «Центр качества строительства», 2003. 448 с.

17 Каталог елементів опалубки ТМ «БудМайстер». Павлоград : 2006 30с.

18 Каталог элементов опалубки «КРАМОС». Москва : 2005. 128 с.

19 Каталог опалубки «РОБУД» . Киев, 2006. 85с.

20 Королев П.Г. Сборник задач по сопротивлению материалов. Изд.2. Киев : Высшая школа, 1977 288с.

21 Косенков Е.Д. Возведение высотных зданий и сооружений из монолитного железобетона. Киев : Будівельник, 1982 144с

22 Олейник П. П. Организация строительного производства. Москва : Изд-во АСВ, 2010. 576 с.

23 Опалубка DOKA. URL: <https://www.doka.com/ua/solutions/wall-formwork> (дата звернення 20.09.2021).

- 24 Руководство к опалубочным системам PASCHAL Германия, 2006. 258с.
- 25 Сучасні технології в будівництві : підручник / за. ред. О.І. Менайлюка. Київ : Освіта України, 2011. 534 с.
- 26 Стінова опалубка ROBUD. [URL:https://robud.info/ru/wall-formwork](https://robud.info/ru/wall-formwork) (дата звернення 20.09.2021).
- 27 Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. В.К. Черненко. Київ : Вища шк., 2002. 430 с.
- 28 Технологія будівельного виробництва : підручник / за ред. М.Г. Ярмоленко. Київ : Вища школа, 2005. 341 с.
- 29 Технологія монтажу будівельних конструкцій : навч. посіб. / за ред. В.К. Черненко. Київ : Горобець Г.С., 2010. 372 с.
- 30 Шмит О. М. Опалубки для монолитного бетона/ Пер. с нем. Айнгорн Л. М.; под ред. Евдокимова Н. И. Москва : Стройиздат, 1987. 160 с.
- 31 Якіменко О.В. Технологія будівельного виробництва : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 410 с.