

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКА ДЕРЖАВНА ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ**

Факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра промислового та цивільного будівництва
Промислове та цивільне будівництво

Сайков Данило Володимирович

УДК 691.32.022

**Дослідження концепції розвитку висотного будівництва
в Україні з використанням інноваційних
технологічних рішень**

Спеціальність – 8.06010101 “Будівництво”

Автореферат

до наукової роботи на здобуття ступеня магістра

Запоріжжя – 2017 р.

Реферат

Науково-дослідна робота містить 131 сторінку машинописного тексту, 59 рисунків та 16 таблиць.

Метою дослідження є розробка інноваційного технологічного рішення із зведення будівель з урахування сучасного вітчизняного стану висотного будівництва. Об'єкт дослідження: сучасний стан і процес розвитку висотного будівництва в Україні. Предмет дослідження: технологічні аспекти зведення висотних будівель.

Науково-дослідна робота складається із переліку умовних скорочень, вступу, 3 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел, що включає 70 найменувань, додатків А-Д.

В вступі обґрунтовано актуальність обраної теми, поставлена мета і задачі дослідження, наведені методи дослідження, наукова новизна, публікації автора, структура та обсяг роботи.

В першому розділі проведено аналіз світового розвитку сучасного висотного будівництва, розглянуто технологічні основи зведення висотних будівель. Особлива увага приділена огляду тенденції розвитку висотного будівництва в Україні, зокрема в м. Київ.

В другому розділі виконано комплексний аналіз технології зведення висотних будівель, зокрема опалубних робіт, на прикладі житлового комплексу в м. Київ. Розглянуто існуючі системи нез'ємних опалубок, методика їх розрахунку. Висунуто допущення щодо використання нез'ємної опалубки в технології зведення висотних будівель.

В третьому розділі виконана розробка моделі системи нез'ємної опалубки для вертикальних конструктивних елементів будівель як інноваційного технологічного рішення. Розглянуті вимоги до проектування опалубок, виконано розрахунок конструктивних елементів нез'ємної опалубки. Описана технологія зведення монолітних будівель з використанням запропонованої системи нез'ємної опалубки, наведені ефективність та техніко-економічні показники даного інноваційного рішення.

Виконані загальні висновки щодо результатів дослідження, вказано перелік використаних джерел та додатки.

ВИСОТНЕ БУДІВНИЦТВО, ВИСОТНА БУДІВЛЯ, РОЗВИТОК, ВЕРТИКАЛЬНА КОНСТРУКЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ, ОПАЛУБНІ РОБОТИ, НЕЗ'ЄМНА ОПАЛУБКА, СИСТЕМА, ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВА ПЛИТА, МОДЕЛЬ

Реферат

Научно-исследовательская работа содержит 131 страницу машинопечатного текста, 59 рисунков и 16 таблиц.

Цель исследования: разработка инновационного решения по возведению зданий с учетом технологического состояния современного высотного строительства в Украине. Объект исследования: современное состояние и процесс развития высотного строительства в Украине. Предмет исследования: технологические аспекты возведения высотных зданий.

Научно-исследовательская работа состоит из перечня условных сокращений, введения, 3 разделов, общих выводов, перечня использованных источников, включающего 70 наименований, приложений А-Д.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, поставлены цель и задачи исследования, приведены методы исследования, научная новизна, публикации автора, структура и объем работы.

В первом разделе выполнен анализ мирового развития современного высотного строительства, рассмотрены технологические основы возведения высотных зданий. Особое внимание уделено тенденции развития высотного строительства в Украине, в частности в г. Киев.

Во втором разделе исследовано современное технологическое состояние высотного строительства в Украине. Выполнен комплексный анализ технологии возведения высотных зданий на примере жилого комплекса в г. Киев. Рассмотрены системы несъемных опалубок, методика их расчета. Выдвинуто предположение использования несъемной опалубки в технологии возведения высотных зданий.

В третьем разделе разработана модель системы несъемной опалубки для вертикальных конструктивных элементов зданий. Рассмотрены требования к проектированию опалубок, выполнен расчет конструктивных элементов несъемной опалубки. Описана технология возведения монолитных зданий с использованием предложенной системы несъемной опалубки, приведены эффективность и технико-экономические показатели инновационного решения.

Выполнены общие выводы по результатам исследования, указан перечень использованных источников и приложения.

ВЫСОТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ВЫСОТНОЕ ЗДАНИЕ, РАЗВИТИЯ, ВЕРТИКАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ, ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ, НЕСЪЕМНАЯ ОПАЛУБКА, СИСТЕМА, ОРИЕНТИРОВАННО-СТРУЖЕЧНАЯ ПЛИТА, МОДЕЛЬ.

Abstract

The paper contains 131 pages of typewritten text, 59 figures and 16 tables.

The Objective of research is a development of innovative solution for buildings erection, taking into account the technological state of modern high-rise construction in Ukraine. The Object of research is a current state and development process of high-rise construction in Ukraine. The Subject of research is a technological aspects of high-rise buildings erection.

The research work consists of List of Abbreviations, Introduction, three Chapters, Conclusions, References, including 70 titles, Appendices A-D.

In Introduction, the relevance of the chosen theme, objectives of the study, research methods, scientific novelty, publication of author, structure of work.

In the First Chapter, the analysis of the global development of modern high-rise construction, the technological foundations of high-rise buildings erection, the development trend of high-rise construction in Ukraine, particularly in Kiev.

In the Second Chapter, the research of modern technological state of high-rise construction in Ukraine, the comprehensive analysis of erection technology of high-rise buildings (including the formwork) in example of the residential complex in Kyiv, the consideration of existing systems of permanent formworks and methods of its calculation. It has been suggested the use of permanent formwork in erection technology of high-rise buildings.

In the Third Chapter, the development of model of permanent formwork system for the vertical constructions of buildings as an innovative technological solution, the requirements to the designing of formwork, the calculation of the structural elements of permanent formwork, the description of erection technology of buildings with the use of the proposed permanent formwork system, the efficiency, technical and economic indicators of innovative solution.

It has been presented the Conclusions, the List of references and Appendices.

HIGH-RISE CONSTRUCTION, HIGH-RISE BUILDING, DEVELOPMENT, VERTICAL CONSTRUCTION, ERECTION TECHNOLOGY, FORMWORK, PERMANENT FORMWORK, SYSTEM, ORIENTED STRAND BOARD, MODEL

Вступ

Актуальність теми. Дослідження характеру розвитку висотного будівництва в Україні дозволить визначити технологічний стан і ступінь його наближення до світових показників даного будівельного сектору, вирішити питання вартості зведення та житлової площі висотних будівель.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження: розробка інноваційного технологічного рішення із зведення будівель з урахування сучасного вітчизняного стану висотного будівництва. Об'єкт дослідження: сучасний стан і процес розвитку висотного будівництва в Україні. Предмет дослідження: технологічні аспекти зведення висотних будівель.

У відповідності до поставленої мети в науково-дослідній роботі розглядаються наступні задачі:

1. Дослідження напрямків розвитку висотного будівництва в Україні.
2. Визначення сучасного технологічного стану зведення висотних будівель в рамках вітчизняного досвіду.
3. Розробка та моделювання інноваційного технологічного рішення із зведення висотних будівель.

Методи дослідження: бібліографічний пошук, виробничі спостереження, системно-структурний і статистичний аналіз, метод кінцевих елементів, структурно-функціональне моделювання.

Наукова новизна. Розроблена модель системи нез'ємної опалубки для влаштування вертикальних конструктивних елементів висотних будівель, визначена ефективність її застосування в технології опалубних робіт.

Публікації. За результатами наукових досліджень опублікована 1 стаття у збірнику наукових праць ЗДІА, подана заявка на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Науково-дослідна робота складається із переліку умовних скорочень, вступу, 3 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел, що включає 70 найменувань, додатків А-Д. Робота містить 131 сторінку машинописного тексту, 59 рисунків та 16 таблиць.

Розділ 1

Теоретичні основи світового розвитку сучасного висотного будівництва

1.1 Роль використання будівельних матеріалів для висотного будівництва

Сталь і бетон є основними матеріалами для висотних будинків. Завдяки їх специфічним характеристикам вони можуть комбінуватися різними способами і створювати нові будівельні матеріали.

Вимоги до бетону як конструктивного будівельного матеріалу для висотних монолітних будівель стають особливо жорсткими. Без сучасних технологій модифікації монолітного бетону, що забезпечують необхідну морозо-, вогне-, ударостійкість і довговічність при агресивних впливах, у висотному будівництві не обійтися.

Світова практика показує, що в основному застосовують бетон класів В 40-В 60. В останні роки існує тенденція до застосування високоміцних бетонів класів В 60-В 90. Однак, використання високоміцних бетонів класу В 80 та вище не доцільно через його хрупкість, більш низьку технологічність в порівнянні зі звичайною, та високу вартість. Тому, з конструктивної точки зору доцільно використовувати клас бетону відповідно до чинних навантажень по висоті будівлі.

1.2 Розгляд технологічних основ зведення висотних будівель

Особливість залізобетонних робіт полягає в їх трудомісткості, яка складає в середньому 1,7-3,4 чол-дн на 1 м³ монолітних конструкцій. При цьому відносна трудомісткість опалубних робіт складає 35-50 %, арматурних – 20-25 %, бетонних – 20-25 %.

В монолітному висотному будівництві застосовують в основному дві технологічні схеми транспортування бетонної суміші:

1. В автобетонозмішувачах від централізованого бетонного вузла.
2. Застосовують приоб'єктний автоматизований бетонний вузол, що забезпечує приготування модифікованих бетонних сумішей.

Баштовим кранам відводиться роль допоміжного засобу подачі будівельних

матеріалів та бетонної суміші в баддях на монтажний горизонт.

Автобетононасоси з розподільною стрілою подають бетонну суміш при зведенні підземної частини і перших поверхів будівлі. Стаціонарний бетононасос з переналагоджуваним бетоноводом забезпечує безперебійну подачу бетонної суміші на всю висоту будівлі. Розподіл і подачу суміші в конструкції виконують гідравлічної розподільною стрілою, яка монтується на технологічній захватці монтажного горизонту.

Підвищені вимоги пред'являють і до арматурних робіт. Як правило, зварювання арматури для висотних будівель неприпустиме. Тому рекомендується застосовувати для стику арматури з'єднувальні муфти або технологію в'язки арматури в будівельних умовах, наприклад, з використанням спеціального ручного пістолета.

Опалубні системи і технології в основному визначають темпи будівництва і трудомісткість бетонних робіт. При будівництві будівель заввишки більше 30 поверхів необхідно застосовувати ковзні опалубки з гідравлічним приводом. Монолітне будівництво у ковзній опалубці має технологічну гнучкість. За допомогою одного комплекту опалубки шляхом її переналагодження можна зводити будинки з різними планувальними рішеннями та різної поверховості, надаючи їм архітектурну виразність і оригінальність.

Оздоблювальні роботи можуть суміщатися із зведенням каркаса і загальнобудівельними роботами, або виконуватися відразу на всю висоту будівлі після завершення зведення надземної частини. При суміщенні до оздоблювальних робіт приступають на першому поверсі першої захватки, коли починається зведення каркаса на 6-10 поверхах на другий захватці.

При зведення висотних будівель використовують самопідйомні баштові крани, що не мають обмежень по висоті підйому вантажу. Монтажні крани подібного типу кріпляться до ядра жорсткості будівлі і забезпечують виробництво робіт на ярусі висотою від 30 до 40 м.

1.3 Основні тенденції розвитку висотного будівництва в Україні

На сьогодні у різних країнах світу класифікація будівель за висотністю значно різниться в силу історичних, культурних та інших причин.

Під час проектування висотних будинків необхідно керуватись існуючими нормативними документами у сфері будівництва, основним з яких є ДБН В.2.2-24 “Проектування висотних житлових і громадських будинків”.

В Україні термін “висотне будівництво” використовується при зведенні будинків вище 25 поверхів (з умовною висотою верхнього поверху, що експлуатується, 73,5 м).

Визначено збільшення собівартості будівництва верхньої частини будівлі: як світова, так і вітчизняна будівельна практика показує суттєве зростання питомої вартості будівництва зі збільшенням висоти будинку, і орієнтовно, починаючи із 20-го поверху вартість зведення кожних 5-ти поверхів зростає на 10%, що підтверджує і досвід спорудження деяких висотних будинків в м. Києві, де собівартість 1 м² площі висотних секцій на 30-35% вища собівартості 1 м² площі секцій до 23-х поверхів.

У відповідності до наказу Президента УАА В. Г. Штолько розроблено “Містобудівну концепцію розміщення висотних будинків і споруд в Києві на період до 2020 р.”

Прикладами реалізованих проектів висотних житлових будівель в Україні можуть бути: ЖК “Башти”, висота 123 м, 2005 р. в м. Дніпро; ЖК “Корона” № 1, висота 128 м, 2007 р., ЖК “Корона” № 2, висота 128 м, 2008 р.; ЖК “Срібний бриз”, висота 111м, 2009 р. в м. Київ; ЖК “Ark Palace” №1, висота 106 м, 2009 р. в м. Одеса,

Таким чином, висотне будівництво в Україні не має чіткого нормативного обґрунтування, а лише настанови та рекомендації щодо їх зведення. Зокрема, висотне будівництво класифікується, як експериментальне, що не вписується в чіткі технологічні рамки вітчизняного будівельного досвіду. На сьогодні існує велика кількість проектів висотних будівель, зокрема в м. Києві, що чекають реалізації та розробки нормативного та технологічного обґрунтування.

Розділ 2

Дослідження сучасного технологічного стану висотного будівництва в Україні

2.1 Комплексний аналіз технології зведення висотних будівель на прикладі житлового комплексу в м. Київ

Об'єктом дослідження є житловий комплекс з соціальною інфраструктурою і паркінгом та благоустроєм прилеглої території для загального користування населення, по вул. Генерала Жмаченка, 28 у Дніпровському адміністративному районі м. Києва (перша черга).

При зведенні висотної житлової будівлі, що досліджується, транспортування бетонної суміші на будівельний майданчик виконується в автобетонозмішувачах від ТОВ “Бетон Комплекс”.

Автобетононасоси з розподільною стрілою подають бетонну суміш при зведенні підземної частини і перших поверхів будівлі. Стаціонарний бетононасос з переналагоджуваним бетоноводом забезпечує безперебійну подачу бетонної суміші на всю висоту будівлі.

Розподіл і подачу суміші в конструкції виконують механічною розподільною стрілою, яка монтується на технологічній захватці монтажного горизонту. Застосування механічної розподільної стріли на монтажному горизонті технологічно доцільно застосовувати лише для бетонування горизонтальних конструкцій. Тому в технології бетонних робіт на об'єкті дослідження бетонування вертикальних конструктивних елементів виконується за допомогою бадді об'ємом 1-2 м³, яка транспортується на монтажний горизонт баштовим краном.

Зварювання арматури для висотних будівель неприпустиме внаслідок появи наплавляючого шару металу, зменшення товщини арматури, внаслідок чого, це веде до крихкості та піддатливості зварного з'єднання. Тому, на об'єкті дослідження застосовується технологія в'язки арматури в будівельних умовах з використанням спеціального в'язального гачка.

Отже, технологічний стан висотного будівництва в Україні наближений до світової практики та набуває розвитку у даному технологічному напрямку.

2.2 Дослідження технології опалубних робіт на прикладі житлового комплексу в м. Київ

Для бетонування стін житлового будинку використовується рамна опалубка “Дока”. Виходячи з планувальних особливостей будинку та холодного періоду року, вертикальні конструкції в межах однієї секції виконуються за 3 захватки.

Монтаж опалубки виконується в технологічній послідовності операцій, черговість яких дозволяє дотриматись технологічних вимог до бетонування.

Встановлення щитів опалубки в проектне положення виконується за рисками, нанесеними на перекриття поверху згідно базису з одночасною вивіркою вертикальності щитів по розбивочним осям теодолітами. По виконаних оцінках за допомогою крана, починаючи з кута, встановлюється внутрішній кутовий щит. До нього кріпиться лінійний щит опалубки за допомогою замків. Щити до розстропування закріплюються до основи за допомогою монтажних підкосів. Кріплення повинне бути виконано особливо ретельно, щоб уникнути перекидання щитів опалубки. За допомогою монтажних розкосів проводиться вивірка вертикальності встановлених щитів. Установлюється лінійний щит опалубки з іншої сторони кутового щита й розкріплюється монтажним підкосом.

Всі інші лінійні щити опалубки встановлюються по периметру стіни, скріплюються один з одним замками й відразу ж фіксуються монтажними підкосами від зрушення й вітрового навантаження. Установлені щити опалубки приводять у вертикальне положення за допомогою гвинтів монтажних підкосів. Точність установки перевіряється по схилу. Монтажні підкоси встановлюються до кожного щита й кріпляться до основи за допомогою дюбелів для більших навантажень. Для установки замків може використовуватися монтажний столик.

Для сприйняття бокового тиску від укладеної бетонної суміші застосовуються внутрішні кріплення з анкерних стяжок, що з'єднують протилежні щити опалубки. Між щитами встановлюються втулки з полівінілхлориду (ПВХ) крізь спеціально виконані отвори в палубі щитів. У втулки пропускаються анкерні стягуючі стрижні, які затягуються гайковим ключем.

По верхній частині скріплених щитів через 1,25 м навішуються консолі з робочим настилом для виконання бетонних робіт. Для підйому на робочий настил

передбачається начіпні сходи.

При демонтажі опалубки анкерні стяжки витягуються з втулок, які залишаються забетонованими в стіні. Утворені отвори для втулок в тілі конструкції в подальшому замоноличуються.

Готовність змонтованої опалубки до бетонування стін і колон повинна бути оформлена актом. Після закінчення робіт на одній захватці й пред'явлення їх технічному нагляду, приступають до робіт по зведенню конструкцій наступної захватки.

Отже, в сучасній технології бетонування вертикальних конструктивних елементів висотних будівель застосовується інвентарна щитова опалубка. Вибір такої опалубної системи обумовлений багаторічним вітчизняним досвідом застосування щитової опалубки при зведенні конструкцій будівель та споруд.

2.3 Аналіз існуючих систем нез'ємної опалубки в сучасному будівництві

Нез'ємною опалубкою (опалубка-облицювання, неінвентарна) називають опалубку, що залишається після бетонування в тілі монолітної конструкції. Деталі кріплень та підтримуючі елементи в залежності від конструктивних рішень можуть буди з'ємними та нез'ємними.

Основною перевагою такої опалубки є її багатофункціональність, так як спочатку вона служить формою для бетонної суміші, а на стадії експлуатації конструкції може виконувати інші функції (гідроізоляції, облицювання).

Нез'ємні опалубки класифікують:

- за матеріалом – армоцементні, залізобетонні, склоцементні, фібробетонні, металеві;
- по конструкції – плоскі, ребристі, профільні, уніфіковані дірчасті блоки;
- за функціональним призначенням – формотворчі, облицювальні, тепло- та гідроізоляційні.

Конструкції нез'ємних опалубок за експлуатаційною взаємодією з бетоном класифікують:

1. Структурно не сприймаючі (не несучі).
2. Структурно сприймаючі (несучі).

Структурно не сприймаюча нез'ємна опалубка композиційно не взаємодіє з

бетоном та не впливає на міцність перетину монолітної конструкції в процесі експлуатації. Така опалубка може виконувати функції захисту, облицювання, тепло- та гідроізоляції.

Структурно сприймаюча нез'ємна опалубка впливає на міцність перетину монолітної конструкції (збільшення граничного стану за міцністю), а на стадії експлуатації може виконувати вищезазначені функції структурно не сприймаючої опалубки.

Розрахунки показують, що застосування незнімної опалубки дозволяє в порівнянні з інвентарною металевою опалубкою знизити на 35-40% трудомісткість опалубних робіт і на 15-40% – їх вартість. Використання нез'ємної опалубки, що виконує роль гідроізоляції, знижує загальну трудомісткість робіт в 2-2,5 рази при одночасному зменшенні собівартості на 30-40%.

Отже, нез'ємна опалубка має великий обсяг конструктивних рішень, широкий спектр застосування в різних сферах сучасного будівництва. Досвід застосування неінвентарних типів опалубки показує зниження трудомісткості та вартості опалубних робіт.

Таким чином, аналізуючи сферу застосування та конфігурацію видів нез'ємної опалубки, допускаємо можливість її використання в технології бетонування конструкцій висотних монолітних будівель.

2.4 Методика розрахунку елементів нез'ємної опалубки

Елементи нез'ємної опалубки (плити, щити, шкарлупи, листи тощо) розраховують за першим (по міцності) або за другим граничним станом (по жорсткості). Опалубні елементи гідроізоляційної або облицювальної опалубки слід також розраховувати за тріщиностійкістю.

Вид та величина характеристичних навантажень залежать від орієнтації опалубки у просторі. При великих розмірах та значної парусності опалубки необхідно враховувати вітрове навантаження згідно ДБН В.1.2-2:2006 “ Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи. Норми проектування”.

Згідно СНиП 3.03.01-87 “Несущие и ограждающие конструкции” на вертикальну опалубку фундаментів, стін, колон, пілонів діють наступні

горизонтальні навантаження:

1. $P_{в.н.}$ – вітрове навантаження.
2. $P_{б.д.}$ – боковий тиск бетонної суміші.
3. $P_{дин}$ – динамічний вплив на опалубку від укладання бетонної суміші.
4. $P_{віб}$ – навантаження від ущільнення бетонної суміші.

В світовій практиці, зокрема Німеччини, Великобританії, Франції та США, існують й інші методики визначення тиску укладеної бетонної суміші в конструкції опалубок, які враховують різні фактори впливу.

Моделювання навантажень, отриманих за результатами розрахунків, може проводитися в ПК “ЛИРА”, “Strand7”, “PASCHAL Plan-light”.

Техніко-економічна ефективність нез’ємної опалубки розраховується на стадії проектування (розробки ТК, ПВР) шляхом порівняння з найбільш ефективними варіантами інвентарних опалубок.

Порівняння варіантів опалубок для монолітного залізобетону рекомендується виконувати за двома основними показниками:

1. Вартість опалубних робіт в розрахунку на 100 м^2 опалубної поверхні.
2. Трудомісткість робіт в розрахунку на 100 м^2 опалубної поверхні.

Порівняння може бути виконано в розрахунку на 100 м^3 монолітного залізобетону в ділі. Ефективність використання різних варіантів опалубок в першу чергу, визначаються видом, конфігурацією, габаритами конструкцій.

Розрахунок техніко-економічних показників опалубок може виконуватися в ПК “АВК-5”.

Розділ 3

Розробка моделі системи нез'ємної опалубки для вертикальних конструктивних елементів монолітних будівель

3.1 Вимоги до проектування конструктивних елементів опалубки

Загальні задачі при проектуванні нез'ємної опалубки:

1. Обрати об'єкт дослідження (будівлю) з різнотипними монолітними конструкціями, задана технологія їх бетонування.
2. Визначити вид нез'ємної опалубки, тіпорозміри опалубних елементів, їх влаштування і способи кріплень.
3. Розрахувати та спроектувати елементи і способи їх кріплень, визначити основні ТЕП нез'ємної опалубки в порівнянні з іншими варіантами.

На практиці завдання може бути спрощене, якщо відомі характеристики монолітних конструкцій, задана технологія їх бетонування, відомі параметри опалубних елементів, масовий випуск яких налагоджено в будівельному підрозділі або регіоні.

Отримання економічних переваг системи нез'ємної опалубки можливе при її ефективному використанні, як на стадії будівництва (в якості опалубки), так і на стадії експлуатації (у складі готової конструкції). Для досягнення цих переваг необхідна оптимізація структурної форми, геометрії, товщини елементів опалубки

Отже, при проектуванні опалубки висувається ряд вимог до конструктивних елементів, необхідно вдаватися до оптимізації конструктивних рішень для досягнення позитивного економічного ефекту.

3.2 Проектування конструктивних елементів нез'ємної опалубки

Опалубка для монолітного бетону складається з двох основних елементів – палуби (щитів опалубки) і підтримуючих конструкцій.

Для проектування щитів нез'ємної опалубки (палуби) приймаємо

орієнтовано-стружкові плити (OSB).

Орієнтовано-стружкова плита – щільна тришарова деревна плита, яку виготовляють методом гарячого пресування великорозмірної (3-8 см) тонкої стружки хвойних порід, змішаної зі зв'язуючим матеріалом, із наступним шліфуванням розрізаного полотна плити.

Для скріплення щитів опалубки приймаємо втулки та анкерні стяжки, що застосовуються при влаштування традиційних опалубних систем. В отвори щитів встановлюють ПВХ втулки, крізь які пропускають стрижень анкерного тяжа. Для фіксації суміжних щитів опалубки по верхній грані приймаємо металеву струбцину. В якості підтримуючих конструкції приймаємо монтажний однорівневий розкіс.

Проектування елементів опалубки виконується для вертикальних конструктивних елементів монолітних будівель.

Щити нез'ємної опалубки є структурно не сприймаючими та влаштовуються з плит OSB-3 товщиною 22 мм. Усі щити мають технологічні отвори діаметром 35 мм, які розташовані на центральній осі по довжини плити, та призначені для влаштування конусів та ПВХ втулок. Поєднання щитів по поверхні опалубки виконується за допомогою дерев'яних монтажних рейок (брусів) з перетином 40x50 мм. Торцеві щити нез'ємної опалубки (для покриття товщини вертикального елемента) шириною 300, 250 та 200 мм фіксуються за допомогою самонарізних шурупів 3,5x55 мм. Опорні розкоси закріплюютьсявилкою до вертикальних рейок крізь технологічні отвори за допомогою болта M16x80 з гайкою. П'ята розкоса фіксується в бетонній основі розпірим болтом (анкером) M12x120 мм. По верхній грані щити нез'ємної опалубки фіксуються струбцинами, корегуючи положення плит гвинтом.

Однак, описана система нез'ємної опалубки має обмеження щодо влаштування вертикальних конструкцій, зокрема:

1. Зовнішніх стін та вертикальних елементів, поверхні яких співпадають с контуром плити перекриття.

2. Діафрагм жорсткості.

Усунення обмежень досягається шляхом розробки додаткових проектних, інженерно-конструкторських та технологічних рішень, зокрема:

- можливості укрупненої збірки щитів опалубки;
- створення просторової опалубної системи за аналогією блок-форм;
- покращення системи кріпильних та підтримуючих елементів, геометрії їх розташування на щитах;
- влаштування захисту щитів зовнішніх стін від прямого впливу атмосферних умов.

Дотримання зазначених рекомендацій дозволить оптимізувати витрати матеріалів та інвентарних елементів на одиницю поверхні палуби, досягнути підвищення універсальності нез'ємної опалубки з OSB.

3.3 Розрахунок та моделювання навантажень елементів нез'ємної опалубки

Метою розрахунку є визначення напружено-деформованого стану (НДС) щитів опалубки, зокрема величин стискуючих та розтягуючих напружень, лінійних переміщень поверхні палуби, які виникають від впливу горизонтальних навантажень.

Розраховано величини вітрового навантаження та бокового тиску бетонної суміші. Моделювання навантажень та визначення НДС нез'ємної опалубки виконується в ПК “ЛИРА” (версія 9.6). Розрахунок в ПК “ЛИРА” дозволяє визначити навантаження на конструкцію та полягає у:

1. Складанні розрахункової схеми, яка найближче відповідає дійсній роботі елементів конструкції.
2. Визначенні зовнішніх навантажень і впливів, які прикладаються на систему, що розраховується.
3. Визначенні внутрішніх зусиль (згинаючих моментів, поперечних і подовжніх сил) в перерізах елементів, що проектуються, з урахуванням їх жорсткості і стійкості.

Розрахунок моделі нез'ємної опалубки в ПК “ЛИРА ” виконується за методом кінцевих елементів (КЕ). Суть методу полягає в тому, що задана

безперервна (континуальна) система розбивається для розрахунку на окремі (дискретні) елементи кінцевих розмірів. КЕ повинні бути такої форми, яка доступна для дослідження їх напружено-деформованого стану під навантаженням і відповідними їм переміщеннями.

Для створення розрахункової схеми призначено тип КЕ, що найбільше відповідають конфігурації та роботі конструктивних елементів нез'ємної опалубки, враховуючи властивості матеріалів палуби, підтримуючих та кріпильних конструкцій.

З визначених типів кінцевих елементів виконуємо побудову розрахункової схеми нез'ємної опалубки. Розрахункова схема має 5 ступенів свободи. Елементи схеми завантажуються згідно розрахованих величин навантажень, що діють на конструкцію опалубки.

За отриманими результатами розрахунку НДС в щитах опалубки встановлені максимальні стискуючі та розтягуючі напруження, що дорівнюють $12,81 \text{ Н/мм}^2$ та $8,02 \text{ Н/мм}^2$ відповідно. Гранично допустимі стискуючі напруження для OSB складають $14,8 \text{ Н/мм}^2$, розтягуючі – 9 Н/мм^2 .

Максимальні лінійні переміщення в щитах складають 2,1 мм, що є допустимою величиною та забезпечує геометричну точність опалубки.

Таким чином, несуча здатність опалубної системи забезпечена.

3.4 Технологія зведення монолітних будівель за допомогою системи нез'ємної опалубки з OSB

Технологія передбачає влаштування нез'ємної опалубки для бетонування вертикальних конструктивних елементів монолітно-каркасних будівель.

Система нез'ємної опалубки включає:

- плоскі щити з OSB;
- дерев'яні монтажні рейки;
- анкерні тяжі;
- однорівневі розкоси з монтажною вилкою, вертикальні опори;
- металеві фіксуючі струбцини.

Влаштування опалубки для вертикальних конструкцій в межах однієї секції виконуються за 3 захватки.

В умовах будівельного майданчика виконується:

1. Приймання елементів опалубки, сортування і складування.
2. Підйом елементів опалубки на монтажний горизонт.
3. Влаштування, вивірка і остаточне з'єднання щитів та підтримуючих елементів.
4. Приймання робіт зі складанням акту прихованих робіт.

Монтаж системи нез'ємної опалубки виконується в наступній послідовності:

1. Влаштування щитів з OSB в проектне положення виконується за рисками, нанесеними на перекриття поверху згідно базису з одночасною вивіркою вертикальності щитів по розбивочним осям теодолітами.

2. По виконаних оцінках, починаючи з кута, одночасно влаштовуються внутрішній та зовнішній основний щит. В технологічні отвори першого ряду вставляються конуси та втулки з ПВХ. Протилежні щити тимчасово скріплюються анкерними тяжами без влаштування монтажних рейок. Аналогічно встановлюються лінійні щити. Основні щити опалубки влаштовуються по всьому периметру вертикального елемента.

3. Влаштовуються втулок та арматурних стрижнів тяжів другого і третього ряду технологічних отворів. На арматурні стрижні другого ряду монтуються дерев'яні рейки і закріплюються гвинтовими замками тяжів. Встановлення розпірних трубок та тяжів вище першого ряду отворів виконується зі стрем'янок загальною висотою 2,7 м або з розбірно-переставних риштувань, які в подальшому застосовуються для укладання бетонної суміші в опалубку та оздоблювальних робіт.

4. Виконується влаштування рейок першого ряду. Для цього відкручуються гвинтові замки тяжів на величину товщини бруса, монтуються дерев'яні рейки та закріплюються гвинтовими замками.

5. Монтуються додаткові щити опалубки. В технологічні отвори протилежних плит встановлюються ПВХ втулки та арматурні стрижні тяжів, на

які влаштовуються вертикальні дерев'яні бруси та фіксуються гвинтовими замками. По верхній грані додаткових щитів встановлюються металеві струбцини з кроком 2,5-3 м.

6. На вертикальних рейках закріплюється вилки підтримуючих розкосів за допомогою болта та гайки. Грубе виставлення щитів за допомогою розкоса відбувається за рахунок виймання внутрішньої труби і закріплення вилки розкоса до рейці. Точне виставлення положення щита відбувається за допомогою нарізного вузла з фланцевої гайкою. Підтримуючі розкоси закріплюються до рейок через 2-3 щита в залежності від розмірів та конфігурації вертикальної конструкції.

7. Влаштовуються торцеві щити (дверних прорізів включно), які закріплюються самонарізними шурупами з кроком 250-300 мм. Додаткові (верхні) торцеві щити влаштовуються зі стрем'янок або розбірно-переставних риштувань.

Точність установки щитів опалубки перевіряється по схилу. Готовність змонтованої опалубки до бетонування стін і колон повинна бути оформлена актом.

Після укладання бетонної суміші та набуття нею необхідної міцності анкерні тяжі, рейки та струбцини демонтуються. Отвори під втулки в тілі конструкції закладаються розчином або бетонними конусами.

Після закінчення робіт на одній захватці й пред'явлення їх технічному нагляду, приступають до робіт по зведенню конструкцій наступної захватки. На всі роботи виконані в межах однієї захватки повинні бути складені відповідні акти на приховані роботи.

3.5 Розрахунок техніко-економічних показників нез'ємної опалубки

Визначення ефективності опалубки виконуємо шляхом порівняння показників трудомісткості та вартості робіт зі зведення вертикальних конструктивних елементів будівлі з використанням комбінованої рамної опалубки "Doka" та запропонованої системи нез'ємної опалубки з OSB.

Визначення собівартості опалубки виконуємо шляхом оцінювання витрат на

матеріальні ресурси, необхідних для її влаштування. При визначенні вартості окремих матеріалів необхідно брати до уваги їх оборотність, яка для ламінованої фанери складає 15 циклів, дерев'яних монтажних рейок – 20 циклів.

Розрахунок вартості матеріалів виконується по середнім показникам цін регіону будівництва. Витрати на опалубні щити “Дока”, кріпильні та підтримуючі елементи визначаються згідно величини добової орендної плати на одиницю виміру.

Розрахунок виконується в ПК “АВК-5” (версія 3.1.6). За отриманими значеннями трудомісткості визначена тривалість опалубних робіт на 100 м² опалубної поверхні.

Аналіз отриманих результатів показує ефективність використання нез'ємної опалубки з OSB. Спостерігається зменшення вартості опалубних робіт на 12% та трудовитрат на 27%. Це пояснюється відсутністю демонтажу і змащення щитів, зниженням часу роботи крану при влаштуванні опалубки. Відбувається зменшення тривалості робіт в 1,5 рази, що дозволить прискорити темпи зведення каркасу.

Крім того, припускаємо збільшення техніко-економічних показників нез'ємної опалубки з OSB при усуненні конструктивних обмежень щодо влаштування опалубки для окремих вертикальних конструкцій.

Отже, застосування інноваційних технологічних рішень таких, як нез'ємна опалубка з OSB, дозволить прискорити темпи будівництва, зменшити вартість опалубних робіт і зведення висотних монолітних будівель загалом.

Висновки

Розвиток висотного будівництва в Україні на сучасному етапі характеризується наближенням технологічних аспектів до світового рівня. Однак, інженерно-конструкторські рішення повинні визначатись згідно чітких норм проектування, виникає потреба в інноваційних підходах до технологічних методів будівництва. За таких тенденцій стає актуальним дослідження технології зведення висотних будівель в рамках вітчизняного досвіду. Для вирішення цієї задачі в умовах визначеної проблеми в науково-дослідній роботі було зроблено наступне:

1. Встановлено, що рівень розробки нормативно-технологічної документації в Україні відстає від темпів вітчизняного розвитку та світового рівня показників висотного будівництва. За відсутності широкої практики та набутого досвіду проектування висотних будівель існують лише настанови та рекомендації щодо їх зведення. Проте на сьогодні існує низка реалізованих проектів висотних будівель в українських мегаполісах, розробляються концептуальні підходи до проектування та розміщення нових висотних домінант.

2. Аналіз розвитку висотного будівництва показав зростання вартості зведення будівель на 10% зі збільшенням поверховості. Зокрема відзначається зростання собівартості 1 м² площі висотної секції на 30-35%.

3. Визначені основні технологічні принципи зведення висотних будівель, які відповідають закордонному досвіду висотного будівництва. Це характеризує закономірність розвитку відзначеного сектору будівництва, однак технічна озброєність висотного будівництва залишається в рамках вітчизняного рівня. Також виявлено, що опалубні роботи мають найбільшу відносну частку трудовитрат із зведення висотних монолітних будівель.

4. Розглянуто існуючі типи нез'ємних опалубок, їх конфігурацію та конструктивні особливості. Аналіз ефективності використання неінвентарних типів опалубок показав зниження трудомісткості опалубних робіт на 35-40% і вартості на 15-40%. Таким чином, допущена можливість застосування нез'ємної опалубки як інноваційного технологічного рішення в процесі зведення висотних монолітних будівель.

5. Розроблена структурно-функціональна модель системи нез'ємної опалубки для влаштування вертикальних конструктивних елементів висотних будинків. На основі обраного матеріалу спроектовані конструктивні рішення опалубки, розраховано вплив навантажень та НДС щитів в ПК “ЛИРА”. Виявлено обмеження щодо влаштування нез'ємної опалубки для певних типів вертикальних конструкцій, дано рекомендації щодо їх усунення і, як наслідок цього, підвищення універсальності опалубки.

6. Розраховано техніко-економічні показники опалубки в ПК “АВК-5”, визначена ефективність її застосування. Встановлено зменшення вартості опалубних робіт на 12%, трудовитрат – на 27%. За показниками трудомісткості визначено скорочення тривалості опалубних робіт в 1,5 рази. Таким чином, застосування інноваційних технологічних рішень таких, як нез'ємна опалубка, дозволить прискорити темпи будівництва, зменшити собівартість опалубних робіт, а отже, зменшити вартість зведення висотних будинків.