

ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ СПЕЦІАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ

ЗМІСТ

1. Основні конструктивні рішення висотних будівель, що впливають на технологію їх спорудження. Монтажні механізми. Технологія зведення висотних будівель, послідовність будівництва.
2. Зведення висотних будівель за допомогою автоматизованих комплексів.
3. Зведення будівель методом «ЗВЕРХ-ВНИЗ» (TOP-DOWN) та «ЗНИЗУ - ВГОРУ» (BOTTON-UP)
4. Система моніторингу висотних будівель

1 Основні конструктивні рішення висотних будівель, що впливають на технологію їх спорудження. Монтажні механізми. Технологія зведення висотних будівель, послідовність будівництва

Висотні будівлі (вище 17 поверхів) частіше бувають компактними, невеликих розмірів у плані, значної маси й висоти.

Конструктивною основою багатоповерхових висотних будівель є сталевий, залізобетонний або комбінований каркас із плоскими діафрагмами-зв'язками або просторовим ядром жорсткості.

З розвитком висотного будівництва було розроблено кілька конструктивних систем (схем) таких будівель: рамно-зв'язкова, каркасна з діафрагмами жорсткості, безкаркасна з перехресно-несучими стінами, ствольна, каркасно-ствольна, коробчаста (оболонкова), ствольно-коробчаста («труба в-трубі» або «труба-в-фермі») (рис.). Вибір тієї чи іншої конструктивної схеми залежить від багатьох факторів, основними з яких є висота будівлі, умови будівництва (сейсмічність, ґрунтові особливості,

атмосферні, особливо вітрові, впливи), архітектурно-планувальні вимоги. Кожна з перерахованих систем має свої різновиди.

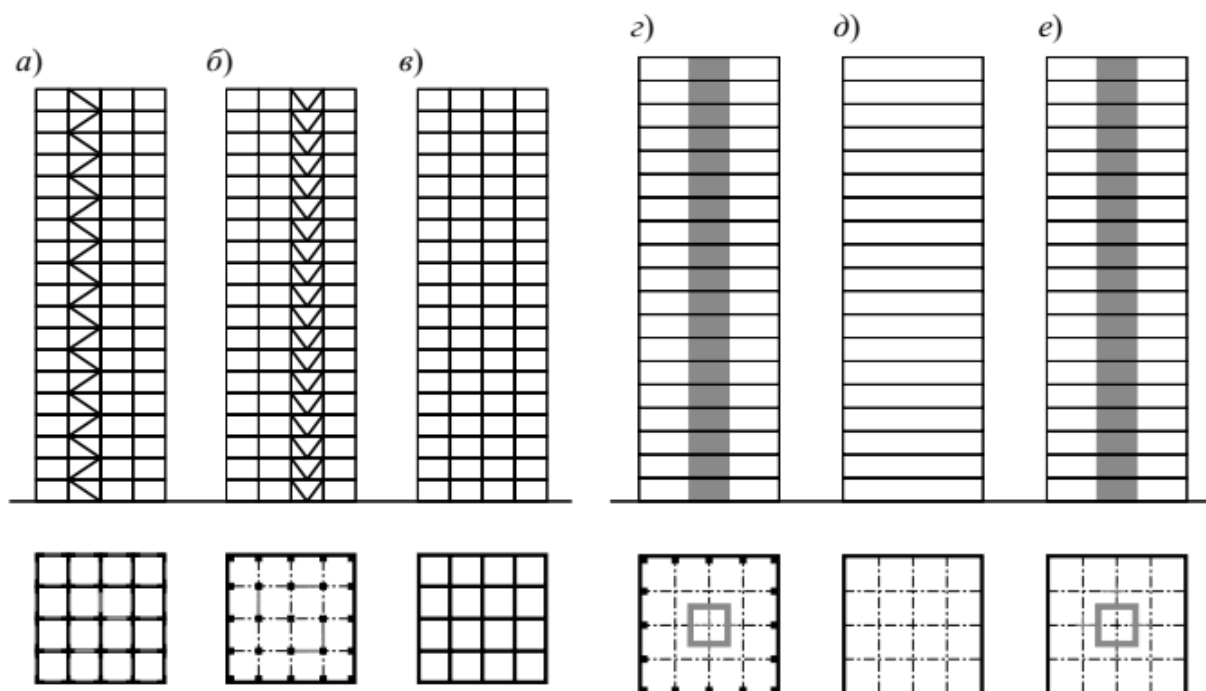


Рисунок 1 - Конструктивні системи будівель:

а - рамно-зв'язкова; б - каркасна з діафрагмами жорсткості; в – безкаркасна з перехресно-несучими стінами; г - ствольна; д – коробчаста (оболонкова);
е – ствольно-коробчаста («труба-в-трубі» або «труба-в-фермі»)

У більшості висотних будівель передбачене ядро жорсткості, яке сприймає горизонтальні навантаження від частин будівлі, що примикають, й забезпечує стійкість і просторову жорсткість усієї будівлі в процесі монтажу й експлуатації. У деяких будівлях спочатку виконують монтаж ядра жорсткості, наприклад, ліфтової шахти до проектної відмітки, а потім - зведення інших конструктивних елементів рис. 2.

Монтаж будівель **ведуть вертикальним потоком поетапно, переважно** методом нарощування з окремих лінійних елементів, укрупнених плоских або просторових блоків; у невеликому обсязі застосовують монтаж висотних будівель методом підрощування підйомом закінчених перекриттів і поверхів (за кордоном - методи «ліфт-слеб» (підйоми перекриттів та поверхів) і «Джек-блок») з використанням системи

синхронно працюючих домкратів або стрічкових підйомників. При залізобетонному каркасі або металевому обетонованому, монтаж наступних ярусів можливий тільки після обробки стиків колон, обетонування металевих колон нижніх ярусів і набору бетоном стиків не менш 70% марочної міцності.

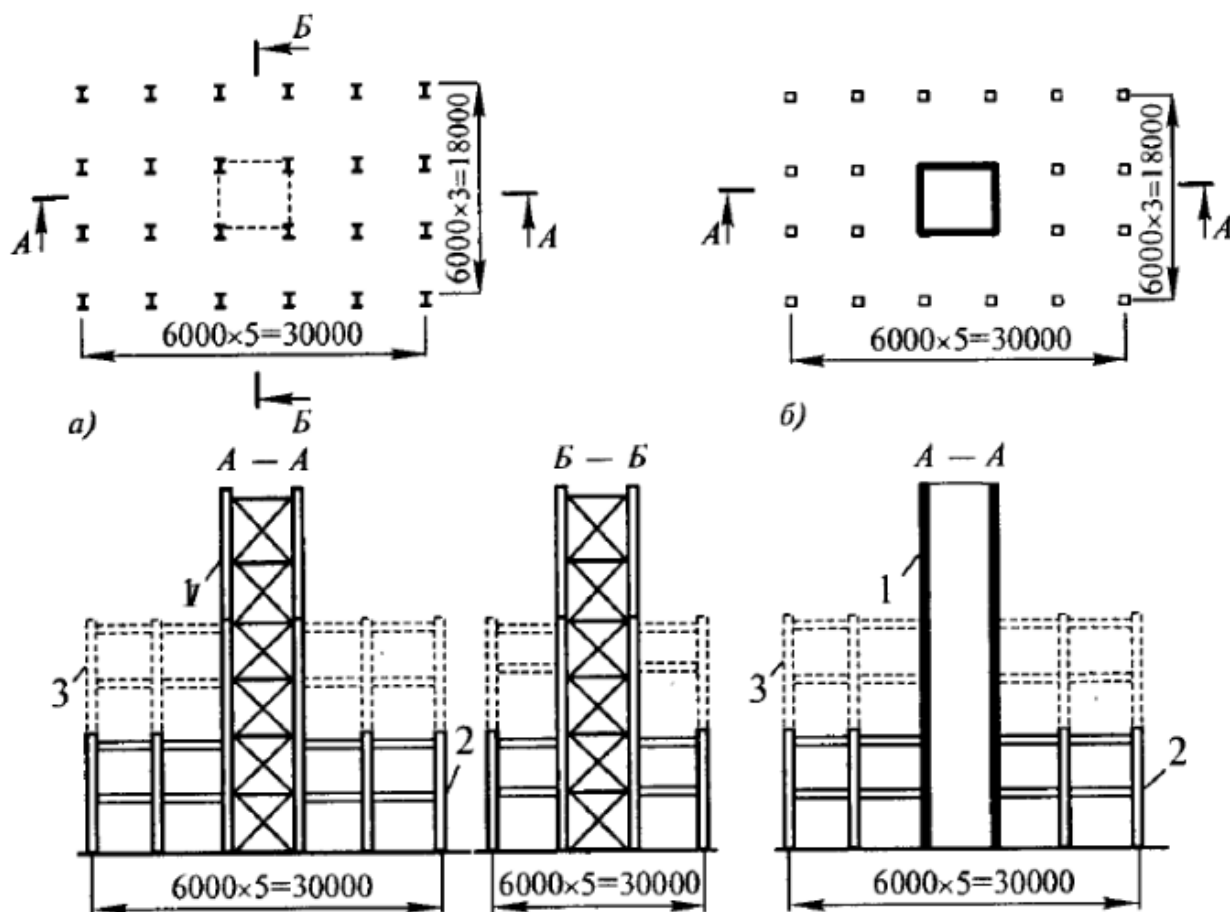


Рисунок 2 - Схеми висотних будівель: а - зі сталевим ядром жорсткості; б - із залізобетонним каркасом; 1 - ядро жорсткості; 2 - змонтована частина каркасу; 3 - частина каркаса, що монтується.

Ядро жорсткості частіше виконують у монолітних конструкціях, звичайне бетонування ядра випереджає монтаж каркасу на 1 - 2 яруси. Для надійного з'єднання каркасу з ядром будівлі в стінках ядра жорсткості повинні бути залишені штраби, прорізи з оголеними стержнями арматур для кріплення до них балок каркасу зварними або болтовими з'єднаннями. Це дуже трудомістко, але гарантує, що монолітне ядро відразу починає сприймати горизонтальні навантаження встановленої частини каркасу.

При наявності споруджуваного окремо (збірного або монолітного) ядра жорсткості висота випередження або відставання каркасу відносно ядра жорсткості повинна визначатися відповідними розрахунками їх стійкості.

Для скорочення строків будівництва й прискорення здачі змонтованих конструкцій під наступні будівельні роботи будівлю поділяють на ділянки (захватки) по можливості з однаковою трудомісткістю монтажу елементів на них, щоб не мати простоїв крану та робітників. Число захваток на поверсі ухвалюють не менше двох: на першій – ведуть встановлення елементів, а на другій - у той же час роблять проектне закріплення й витримування бетону замонолічування (якщо буде потреба). Міжповерхові перекриття зазвичай влаштовують із крупно-панельних елементів, іноді – у збірно-монолітному варіанті.

Монтажні механізми. Приставні крани мають висоту підйому гака до 100...150 м; трикутні або квадратні жорсткі диски, що закріплюють башту крана до каркасу будівлі, встановлюють через 15...25 м.

Для зведення будинків висота яких більше 150 м використовуються **само підйомні крани**. Кількість кранів визначається необхідністю закрити усю площу будинку та забезпечити безперебійну роботу робітників зайнятих на зведенні будинку.

Для монтажу сталевих конструкцій каркасів багатоповерхових будівель можуть бути використані такі типи кранів (рис. 3).

- наземні - баштові, гусеничні (у баштово-стріловому виконанні), рейкові, пневмоколісні; вони повинні мати значну висоту підйому за необхідної вантажопідйомності;

- самопідйомні баштові будівлі, що встановлюються всередині контуру і спираються на змонтовані конструкції.

Самопідйомні баштові крани виготовляються в універсальному виконанні й переміщуються по висоті усередині однієї із секцій каркасу будівлі. При звичайному рішенні розташування крану вежа у нижній частині опирається на опорні балки, зазвичай розташовані хрестоподібно. Ці балки

мають на кінцях поворотні або відкидні консолі; обпирання крана відбувається через ці балки на ригелі каркасу будівлі за допомогою знімних хомутив.

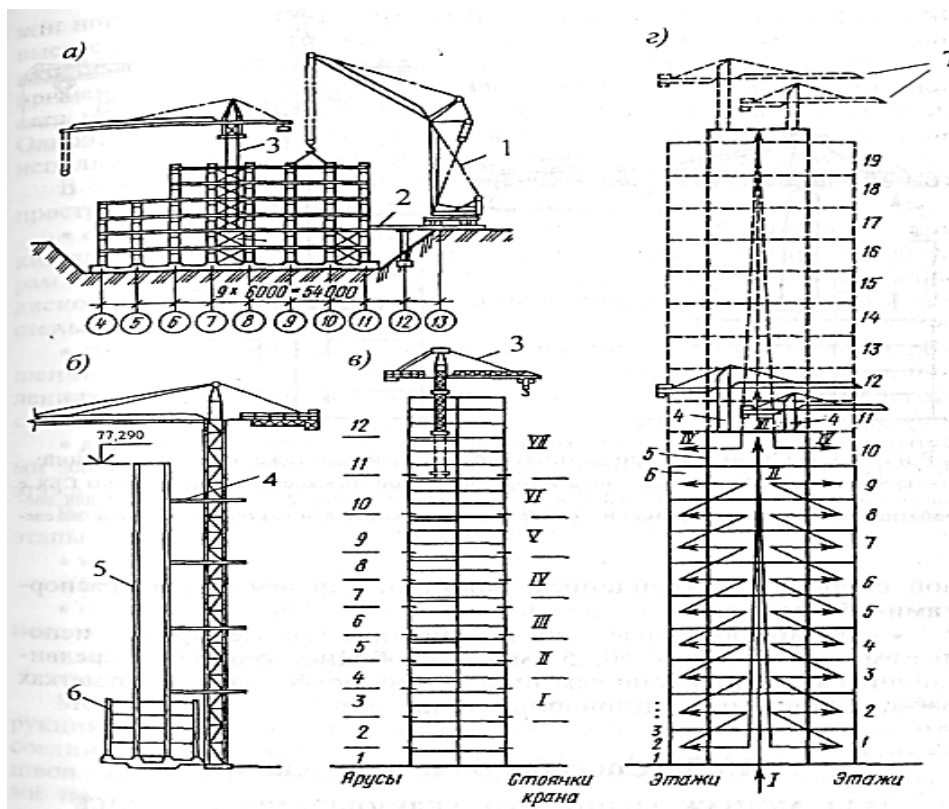


Рисунок 3 - Схеми зведення висотних будівель: а - пересувним та самопідйомним кранами; б - приставним краном; в - самопідйомним краном; г - двома самопідйомними кранами; 1, 3, 7 - монтажні крани; 2 - шлях руху крана; 4 - монтажні зв'язки крана; 5 - ядро жорсткості; 6 - сталевий каркас; I...VII- етапи робіт

При необхідності підйому крану консолі забирають, щоб він, піднімаючись, вільно проходив між ригелями змонтованого каркасу. По висоті кран переміщується за допомогою спеціальної обойми - просторової конструкції, яка охоплює вежу крану. Конструкція стиків вежі дозволяє обоймі ковзати по ній - переміщуватися вгору й униз.

Обойма за допомогою своїх виносних опорних балок спирається на ригелі каркасу. При перестановці крана по висоті спочатку піднімають і встановлюють на верхніх ригелях змонтованого каркасу обойму,

закріплюють і натягують піднімальний поліспаст, за допомогою якого піднімають вежу крану.

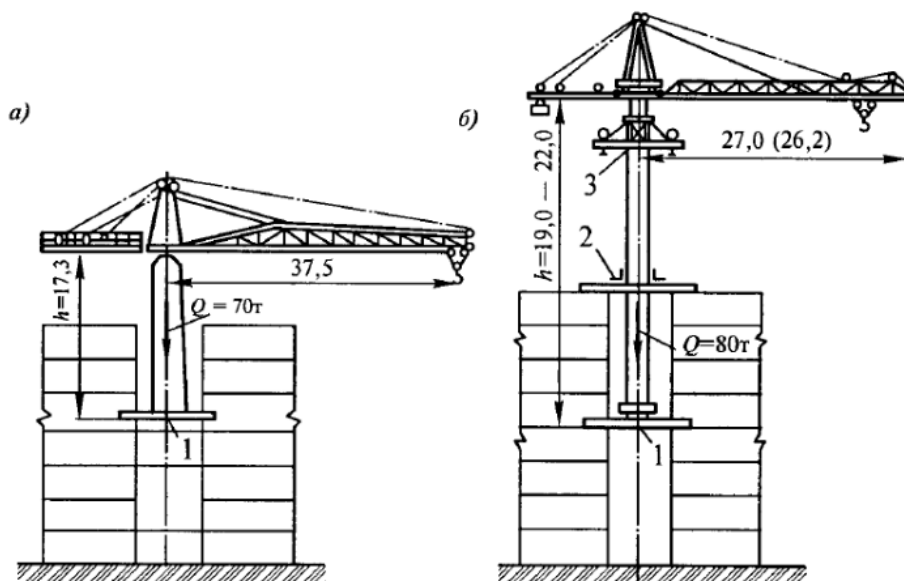


Рисунок 4 - Схеми самопідйомних кранів для монтажу висотних будівель: а - крани типу УБК із затисканням у горизонтальній площині; б - крани типу СБК із защемленням у вертикальній площині; 1 - нижня опора; 2 - верхня опора для сприйняття горизонтальних реакцій; 3 - рухома обойма для самопідйому крана на наступну стоянку

Відкидають консолі опорних балок, піднімають кран на наступну стоянку через 2-3 поверхи, знову розвертають консолі опорних балок, опускають кран на ригелі каркасу, закріплюють опорний майданчик хомутами. Обойма при підйомі крану слугує напрямною й утримує вежу у вертикальному положенні. Поліспаст розташовується під центром ваги крану, що виключає його перекося при підйомі

Монтаж будівлі при залізобетонному каркасі. Зведення будівлі здійснюють по одно- або двозахватній системі. Захватки зазвичай обмежуються температурними швами, кожна хватка поділяється на дві ділянки.

Якщо на першій ділянці хватки здійснюють монтаж, то на другій в цей же час на раніше змонтованих елементах здійснюють остаточне зварювання стиків і їх обробку та заливання швів. Роботи організують вертикальним потоком при поповерховому монтажі або

послідовними ярусами відразу на висоту ярусу. Ярус по висоті зазвичай становить 2-4 поверхи та залежить від конструктивних особливостей будівлі і прийнятої висоти колон. Іноді застосовують нерозрізні колони на висоту відразу 6 поверхів, висота монтажного ярусу в цьому випадку також складе 6 поверхів. Одноповерхову розрізку застосовують вкрай рідко, зазвичай при використанні у каркасі рамних залізобетонних елементів.

Зведення висотної будівлі підрозділяють на наступні етапи:

- зведення підземної частини будівлі;
- бетонування ядра жорсткості;
- монтаж збірних конструкцій або зведення монолітного каркасу;
- монтаж перегородок;
- оздоблювальні роботи.

Монтаж конструкцій каркасу включає встановлення конструкцій у проектне положення, їх вивірку, зварювання стикових з'єднань, протикорозійний захист, обробку стиків і швів. Зазначені процеси зазвичай виконують двома суміжними потоками:

1 - встановлюють елементи каркасу, здійснюють зварювання й антикорозійний захист конструкцій;

2 - здійснюють замонолічування монтажних стиків, вузлів, заливання швів плит перекриттів і бетонування монолітних ділянок каркасу.

Монтаж конструкцій каркасу будівлі починають із встановлення колон. Якість усіх змонтованих конструкцій значною мірою залежить від точності встановлення колон у плані та по висоті, тому їх вивірці необхідно приділити значну увагу. Для монтажу колон застосовують кондуктори на одну, дві й чотири колони. При застосуванні групових кондукторів на чотири колони в роботі повинне бути не менше двох кондукторів, що дозволить одночасно монтувати три суміжні секції. При встановленні ригелів і плит груповий кондуктор слугує як риштування. Після виконання в секції зварювання всіх стиків кондуктор переміщують на наступну стоянку. Роботи другого потоку

здійснюють безпосередньо після встановлення й вивірки конструкцій кожного ярусу окремої монтажної ділянки на захватці.

Елементи каркасу встановлюють у послідовності, що забезпечує створення замкнених секцій каркасу та їх стійкість. При каркасі зі збірних залізобетонних конструкцій його жорсткість і стійкість забезпечується не тільки міцністю самих конструкцій, але й міцністю стиків колон, усіх інших стиків елементів каркасу. Забороняється приступати до монтажу конструкцій наступного поверху, поки не будуть закріплені зварними з'єднаннями усі стики й вузли попереднього.

У залізобетонних каркасах із плоскими вертикальними діафрагмами жорсткості монтаж конструкцій кожного ярусу (поверху) виконують у такій послідовності:

1. Монтаж колон, діафрагми жорсткості, ригелі;
2. Зовнішні стінові панелі, що залишилися, внутрішні панелі й перегородки;
3. Сходові майданчики й марші, плити перекриттів.

Широке поширення отримало використання дахових кранів для монтажу стінових панелей, інших елементів огородження. Вони застосовуються для бетонування верхніх ярусів ядра жорсткості на висоту до 6 поверхів - для подачі на висотні приймальні майданчики бетону, розчину, дрібних і сипучих матеріалів, санітарно-технічного устаткування, столярних виробів тощо.

Міжколонні плити-розпірки укладають відразу після ригелів, їх приварюють до закладних деталей, розташованих на опорних гранях ригелів і елементів стін жорсткості. Рядові плити приварюють до закладних деталей обов'язково у трьох вузлах. Якість приварки кожної плити необхідно проконтролювати до укладання сусідньої плити.

Монтаж будівель при сталевому й змішаному каркасах. Висота каркасу може сягати 200 м і більше, а загальна маса - десятків тисяч тонн. Сталевий каркас висотної будівлі складається з колон і ригелів, з'єднаних у

двох напрямках жорсткими звареними вузлами в рамні системи, що сприймають вертикальні й горизонтальні (вітрові) навантаження. Колони виготовляють звареними з використанням, по можливості, стандартних прокатних профілів. Перетини, що найчастіше зустрічаються, двотаврові, квадратні і хрестові. Торці у колон зазвичай фрезерують. Стики сталевих колон виконують із фрезерованими торцями. Щоб уникнути можливого неточного збігу торців у плані у верхньому торці передбачена стругана плита. Стики колон після закріплення болтами й вивірки проварюють по контуру.

Стики колон каркасу розташовують через кожні два, три або чотири поверхи на одному рівні й для зручності виробництва монтажних з'єднань перебувають на висоті 80-120 см від рівня перекриттів. Для забезпечення довговічності й вогнестійкості, сталевий каркас армують і бетонують для сумісної роботи металу та залізобетону, що дає зниження витрат металу.

Монтаж сталевих каркасу будівлі слід виконувати поярусно - у першу чергу необхідно змонтувати усі елементи ядра жорсткості й ретельно їх вивірити. Приступати до монтажу наступного ярусу можна тільки після проектного закріплення всіх елементів попереднього й, якщо це необхідно, встановлення тимчасових зв'язків, що забезпечують стійкість споруди. У несучих каркасах ряду будівель передбачається на всю висоту облаштування замкненої шахти із чотирьох взаємно перпендикулярних жорстких площин зі сталевих або залізобетонних конструкцій. Ця шахта сприймає всі горизонтальні навантаження на будівлю і забезпечує її загальну стійкість. Така шахта називається шахтою жорсткості або ядром жорсткості. Усі інші елементи каркасу повинні кріпитися до цього ядра жорсткості, а кожне перекриття представляти єдину жорстку й незмінну горизонтальну площину або жорсткий плоский диск. Усі елементи, що примикають до ядра жорсткості несучого каркасу будівлі, працюють у цьому випадку тільки на вертикальне навантаження.

Зведення будівель зі сталевим каркасом можна здійснювати роздільним і комплексним методами. При роздільному методі спочатку на всю висоту монтують сталевий каркас, потім починають загальнобудівельні роботи. Переваги такого рішення - більш широким фронтом, більшою кількістю кранів можна вести монтажні роботи, одночасно на декількох захватках, потім також по всій будівлі та загальнобудівельні роботи. Але при такому рішенні потрібне забезпечення підвищеної жорсткості каркасу у процесі монтажу, що призводить до додаткової витрати металу. Із цієї причини при комплексному методі на 30-40% скорочується витрата металу на каркас будівлі.

При комплексному методі зведення будівлі одночасно виконують монтажні, будівельні, спеціальні й оздоблювальні роботи. Зведення спеціальних висотних споруд.

2. Зведення висотних будівель за допомогою автоматизованих комплексів.

Сучасні технології зведення висотних будівель постійно вдосконалюються й розширюється їх номенклатура. Основна тенденція в розвитку сучасних будівельних технологій - це максимальна механізація, роботизація будівельних процесів та безпека праці. Одним із варіантів зведення висотних будівель і споруд є застосування автоматизованих будівельних комплексів, будівництво способом «зверху-вниз («up-down») тощо.

Автоматизований будівельний комплекс АБК; від англ. - «Automation building construction system (ABCS)» - автоматизована система будівництва) - це тимчасова закрита споруда, яка встановлюється на фундаменті будівлі чи споруди та забезпечує автоматизоване повністю чи часткове її зведення в умовах наближених до заводських (рис. 4). АБК включає в себе всі складові технологічної системи будівництва, тобто засоби

виробництва, предмети праці, будівельні процеси в регламентованих умовах. Такі автоматизовані будівельні комплекси поширені в Японії, США при зведенні висотних будівель і споруд.

АБК пересувається паралельно нарощуванню будівлі, а після завершення будівництва розбирається. Використання АБК дає змогу виконувати роботи зі зведення будівель чи споруд за будь-якої пори року, не обтяжуючи територію будівельного майданчика елементами будівельного господарства.

АБК як інтегрована система автоматизації будівництва передбачає поєднання таких елементів:

- закрита робоча платформа та система піднімання, яка забезпечує середовище заводського типу, в якому всі автоматизовані системи будівництва можуть працювати ефективно без зовнішнього впливу несприятливих погодних умов. Дає змогу пересувати процес зведення будівлі в міру її нарощування;

- вчасна доставка в зону робіт конструктивних елементів та попередньо зібраних деталей. Доставка конструкцій та матеріалів виконується тільки за їх потреби, тому немає необхідності зберігати запас. Допомагає створити ефективний будівельний майданчик;

- автоматизована система оброблення матеріалів. Допомагає контролювати попередньо зібрані деталі, надаючи їм певну орієнтацію та положення зберігання та доставки;

- централізований, інтегрований центр управління будівельних процесів. За допомогою моніторів здійснюється контроль будівництва. Підтримує інвентаризацію компонентів будівельної структури та її відповідність проектній документації. Моніторинг умов та безпеки праці, стандартів якості.

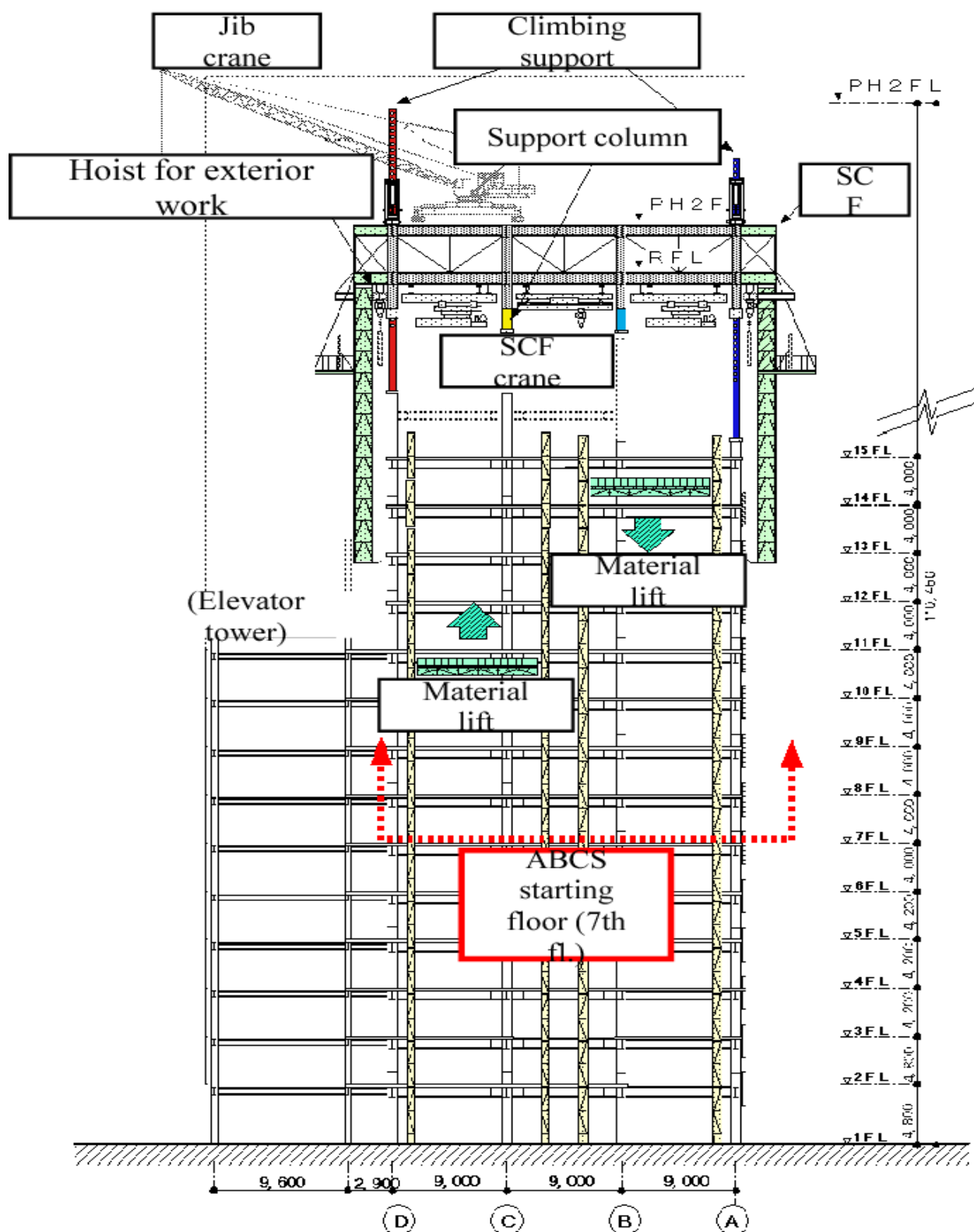


Рисунок 5 - Принципова схема автоматизованого будівельного комплексу для зведення висотної будівлі

Ця система вперше була використана для житлового будівництва «Ріверсайд Суміда» в Японії в 1994 р. Практичний досвід показує, що автоматичне будівництво може бути використане як для малих, так і для

великих будівельних проектів. Система показала свою ефективність на низці об'єктів. Вона допомогла скоротити графіки будівництва висотних (30 - поверхів) будівель на 2,5-6 місяців.

В сучасній будівельній практиці поширений й деякі різновиди АБК. Наведена вище система передбачає спирання АБК на конструкції будівлі, що зводяться (рис. 6).

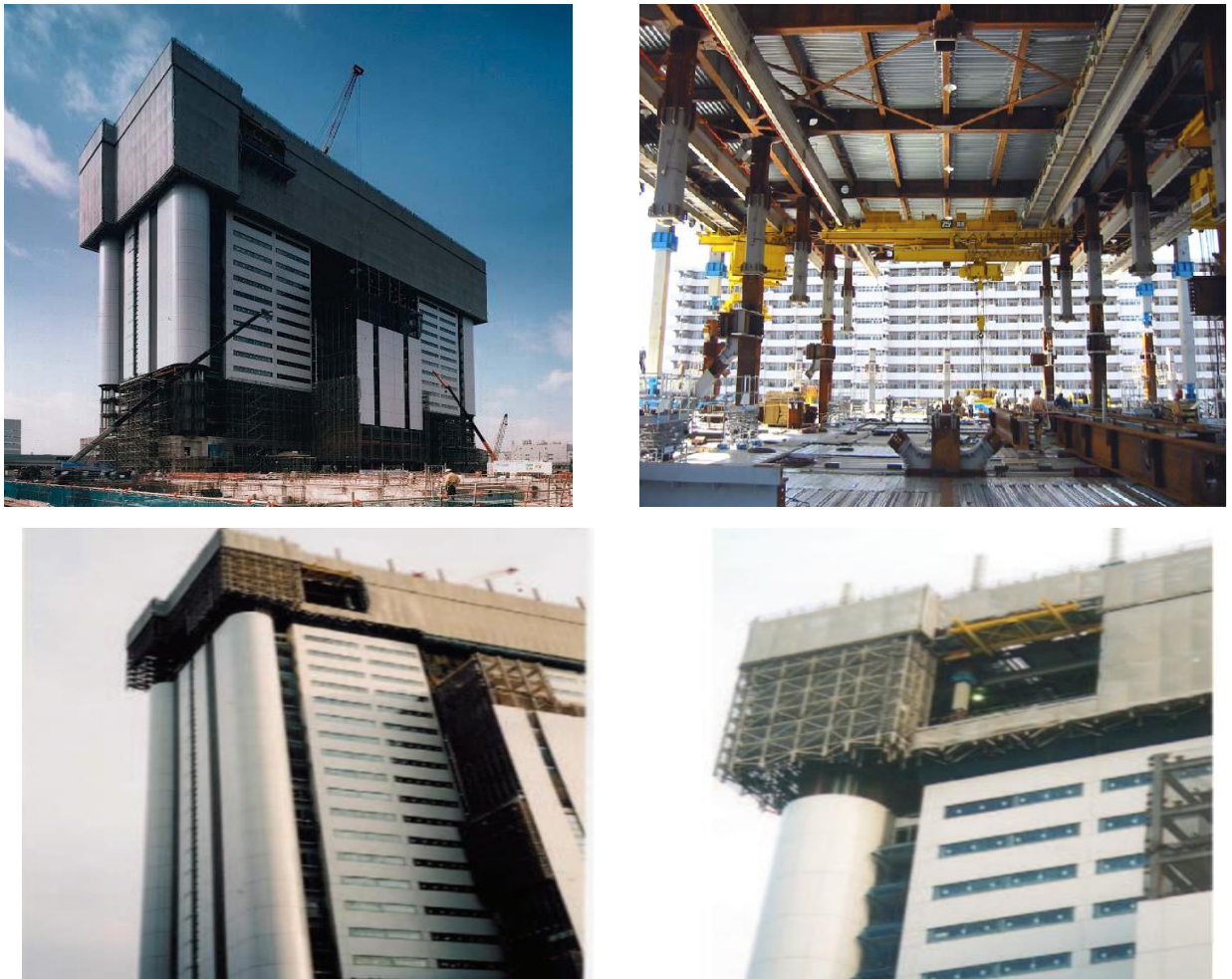


Рисунок 6 – Зведення висотної будівлі за допомогою автоматизованих будівельних комплексів, що спираються на будівлю яка зводиться

Одним з варіантів є автоматизована будівельна система «Big Canopy» (від англ. «Big Canopy» - «великий дзвін» - Automation construction system). Ця система передбачає зведення паралельно зі зведенням будівлі додаткових несучих конструкцій, на які спирається АБК (рис. 7).



Рисунок 7 – Зведення висотної будівлі за допомогою автоматизованих будівельних комплексів, що спираються на додаткові підтримуючі конструкції

Також у практиці знаходять впровадження й інші варіанти так званих «СМАРТ» - систем для автоматизованого (подібного до 3D - принтерного виконання) будівництва (рис. 8).



Рисунок 8 – Зведення будівлі за допомогою автоматизованого комплексу типу «Смарт» - система

Практичним прикладом використання автоматизованих будівельних систем є комплекс для розбирання висотних будівель в ущільненій міській забудові. Так, одна з висотних будівель висотою 150 м у Токіо (Японія) була розібрана за допомогою автоматизованого розбирального комплексу, аналогічного АБК. АБК було встановлено на даху висотної будівлі. Після

оснащення будівлі автоматизованим комплексом почали розбирання конструкцій будівлі зверху-вниз. Швидкість розбирання будівлі становила 6 м за добу. Роботи були виконані без пиле- та шумовиділення

Представлені варіанти автоматизації будівельних процесів дають змогу забезпечити високу якість та безпеку праці. Економічна доцільність їх використання має бути визначена шляхом варіантного проектування організаційно-технологічних рішень з урахуванням умов виконання робіт та особливостей будівель чи споруд, що зводяться.

3. Зведення будівель методом «ЗВЕРХ-ВНИЗ» (TOP-DOWN) та «ЗНИЗУ - ВГОРУ» (BOTTON-UP)

Зведення будівель в обмежених міських умовах і слабких водонасичених ґрунтах потребує застосування таких технологій, які мінімізують деформації прилеглих об'єктів, що потрапляють у зону впливу нового будівництва.

Однією з таких технологій є зведення будівель і споруд способом «зверху - вниз» (top-down), або «знизу - вгору» (botton-un),.

Згідно ДБН В. 2.2-41:2019» Висотні будівлі. Основні положення» п.3.6 технологія спорудження будівель «вверх-вниз» базується на одночасному суміщенні робіт з будівництва надземної і підземної частин висотної будівлі вверх і вниз, починаючи з перекриття першого підземного поверху.

Зведення будівлі **методом «зверх-вниз» (top-down)** включає (рис. 8).

- установку по контуру споруджуваної будівлі стіни-огорожі, яка є кріпленнями стінок котловану;
- установку паль у місцях проектного розташування колон будівлі, установку плити перекриття на нульовому рівні;
- виїмку ґрунту під плитою перекриття і установку плити перекриття наступного рівня і далі поетапну виїмку ґрунту чергового рівня, включаючи фундаментну плиту.

У кожен плиту перекриття, включаючи фундаментну плиту, по периметру плити до стіни огорожі прикріплюють обв'язувальні балки, а між балками і плитою встановлюють гідравлічні домкрати додаткову активну розпірну систему.

Технічний результат полягає в тому, що є можливість відмовитися від кріплення стінок котловану тимчасовими розпірними конструкціями або анкерними кріпленнями, тому що в якості розпірної системи для огорожі котловану тут використовуються міжповерхові перекриття. Крім того, істотно скорочуються терміни будівництва.

Ці методи будівництва є найбільш ощадливими по відношенню до прилеглої існуючій забудови, забезпечуючи мінімальні, порівняно з іншими способами кріплення котлованів, осідання існуючих будівель і споруд.

При методі будівництва будівель та споруд «вверх-вниз» (напівзакритий спосіб) можуть бути використані технологічні прийоми, що визначають порядок зведення монолітних залізобетонних перекриттів і поярусне розроблення ґрунту під їх захистом:

- випереджальне зведення перекриттів по відношенню до поярусного розроблення ґрунту в котловані. Бетонування перекриттів здійснюється безопалубочним методом, безпосередньо на підготовленій ґрунтовій основі;
- випереджальне поярусне розроблення ґрунту і подальше зведення перекриттів за допомогою інвентарної опалубки, що спирається на підготовлену ґрунтову основу;
- комбінований прийом, що поєднує в собі як елементи технології зведення перекриттів безопалубочним методом, так і з опертям інвентарної опалубки на підготовлену ґрунтову основу.

Найбільш універсальним способом огороження котловану є влаштування сталевих шпунта, бурових паль різної конструкції і влаштування «стіни в ґрунті». Наявність слабких водонасичених ґрунтів потребує додаткових заходів з виконання захисних екранів з бурових посічених паль, застосування струменевої цементації ґрунтів, використання

інших конструкцій.

Роль розпірок у котлованах, що зводяться за технологією «зверху-вниз», відіграють проектні плити перекриття, жорсткість яких значно вища, ніж традиційних сталевих конструкцій. Завдяки збільшенню жорсткості розпірних конструкцій знижуються деформації ґрунту поблизу огорожі котловану і зменшується його вплив на навколишню забудову, тим самим підвищується безпека при будівництві

Розробка ґрунту в котловані під захистом перекриттів проводиться малогабаритними екскаваторами і звичайними бульдозерами, а видалення ґрунту з котловану - за допомогою грейферного екскаватора через монтажні прорізи в перекриттях. Особлива увага повинна приділятися попередній підготовці ґрунтової основи перед бетонуванням перекриття або установленням опалубки. На ґрунтову основу влаштовується піщана підсипка, утрамбовування щебеню, укладання шару низько марочної бетонної суміші або цементно-піщаного розчину.

Застосування технології будівництва «вверху-вниз» дає змогу домогтися такого:

- виключити використання дорогої розпірної системи;
- підвищити жорсткість і, відповідно, зменшити деформації прилеглих будівель;
- поєднати будівництво нульового циклу зі зведенням надземних поверхів і тим самим скоротити терміни введення в експлуатацію будівлі, споруди;
- знизити витрату металу чи залізобетону на шпунт;

Суттєві недоліки такої технології:

- подорожчання розроблення ґрунту в порівняно з відкритим способом;
- необхідність добавлення тимчасових паль.

Описаним вище методом було зведено хмарочос Майнтауер (Maipiuuer) у Франкфурті-на-Майні (Німеччина) (рис. 9). Висота хмарочоса

- 200 м. Будівля має 4 підземних та 56 наземних поверхів. Будівництво виконане в 1999 р.



Рисунок 9 - Зведення хмарочосу Майнтауер у Франкфурті-на-Майні (Німеччина) за технологією «зверху-вниз»: а - процес зведення; б - завершений вигляд

Ще одним прикладом будівництва методом «зверху-вниз» є житловий будинок побудований у 1959 році в Ленінграді по вулиці Магнітогорська (рис.10).

Спочатку було встановлено два ряди колон - несучих паль, після чого важкими будівельними домкратами підняли та зафіксували дах. На суцільній

залізобетонній плиті товщиною 16 см, з вирізом для односходових сходів, повністю зібраний з панелей верхній поверх



Рисунок 10 – Послідовність монтажу панельного будинку
Методом «зверху-вниз»

Потім за допомогою домкратів він був також піднятий нагору і закріплений. Аналогічним чином зібрали та підняли решту поверхів. Таким чином, будинок будувався «навпаки», починаючи з даху та верхніх поверхів!

Метод будівництва «зверху-вниз» передбачає зведення будівель з декількома підземними поверхами за рахунок одночасного будівництва поверхів вгору і вниз від рівня поверхні землі з улаштуванням огорожі котловану способом «стіна в ґрунті», яке часто є стіною підземної частини будівлі. Будівництво таким методом дає можливість скоротити загальні терміни будівництва будівлі в цілому до 30%.

Будівництво за схемою «вгору-вниз» починається з влаштування

траншейних «стін у ґрунті» по периметру будівлі, споруди і проміжних бурових опор (колон) (рис. 11). Траншейні стіни і бурові колони слугують опорами майбутніх конструкцій верхньої частини будівлі. Далі починається відкрите розроблення ґрунту на першому підземному ярусі і паралельно захватками зводиться перекриття над першим поверхом (на рівні землі). При досягненні бетоном перекриття на рівні землі 75% міцності на ньому в спеціально влаштованій зоні стаціонарно встановлюється баштовий кран. Після досягнення бетоном перекриття 100% міцності починається зведення конструкцій наземних поверхів і одночасно ведеться будівництво другого і наступних підземних поверхів по одному з технологічних прийомів, описаних вище.

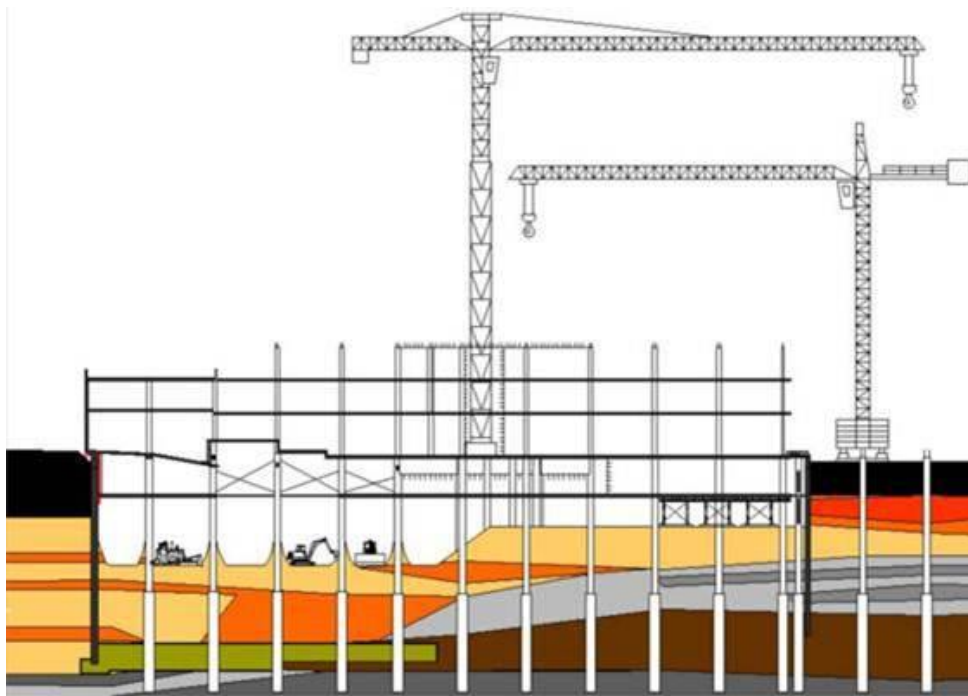


Рисунок 11 - Принципова схема зведення будівлі методом «зверху-вниз»

Методи зведення спеціальних будівель і споруд методами «зверху-вниз» і «знизу - вгору» успішно застосовані на цілому ряді об'єктів.

Безумовно, практика зведення висотних будівель і споруд постійно удосконалюється та застосовуються новітні матеріали, конструкції, механізми та технології. Основною задачею процесу вдосконалення зведення

висотних будівель є:

- забезпечення безпеки праці та безпеки прилеглих територій;
- забезпечення економічної ефективності зведення;
- охорона довкілля, інше.

Прийняття конкретних організаційно-технологічних рішень зведення висотних будівель чи споруд тим чи іншим способом має базуватись на варіантній оцінці техніко-економічних показників та умов їх зведення. Взнаки особливостей вказаних споруд, їх зведенню передуює ретельна розробка проектно-технологічної документації

4. Система моніторингу висотних будівель

Геодезичне забезпечення будівництва має виконуватися відповідно до вимог проектної документації, діючих норм у будівництві, ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві, а також вимог з техніки безпеки, пожежної безпеки, виробничої санітарії, охорони праці та навколишнього середовища.

Геодезичні роботи в будівництві слід виконувати в обсязі та з точністю, що забезпечують при розміщенні та зведенні об'єктів будівництва відповідність їх геометричних параметрів вимогам проектної документації, державних стандартів системи забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві та документів органів державного нагляду.

Геодезичні роботи повинні виконуватися сучасними технічними засобами, що забезпечують необхідну точність геодезичних вимірів у будівництві.

Для виконання геодезичних робіт у процесі будівництва будівлі необхідно розробити проект виконання геодезичних робіт (ПВРГ).

Проект виробництва геодезичних робіт має бути розбитий на чотири етапу:

- створення геодезичної основи у вигляді геодезичної мережі спеціального призначення;

- виконання геодезичних робіт при виконанні земляних робіт та влаштуванні основ;
- виконання геодезичних робіт при влаштуванні підземної частини будівлі;
- виконання геодезичних робіт при влаштуванні надземної частини будівлі.

Моніторинг технічного стану висотних будівель у процесі будівництва та експлуатації. Раптові обвалення будівельних об'єктів, що відбулися як в нашій країні, так і за кордоном, наприклад: секції аеропорту в Парижі в 2005 р., покрівель ковзанок в Німеччині та Австрії в 2006 р. та інші), вивели питання контролю технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд, що експлуатуються, на одне з перших місць у системі їх комплексної безпеки.

Висотні будівлі відносяться до категорії тих об'єктів міста, аварійне стан яких може спричинити непередбачувані катастрофічні наслідки. Тому на кожній такій будівлі має бути реалізована комплексна система безпеки. Одним з найважливіших елементів цієї системи є заходи щодо запобігання обвалу будівлі під впливом природно-техногенних навантажень, особливо таких, як вітрові навантаження, промислова динаміка, зміни у ґрунтових умовах під об'єктом. У зв'язку з цим головним завданням безпечної експлуатації висотних будівель є контроль напружено-деформованого стану їх несучих конструкцій.

Моніторинг технічного стану будівель і споруд є необхідним для забезпечення їх експлуатаційної придатності. Найчастіше потреба в ньому виникає у випадку будівництва поруч із даним об'єктом, у випадку наявності конструктивних недоліків чи пошкоджень будівлі, завдяки яким вона поступово втрачає експлуатаційну придатність, у випадку зсувів і просідань ґрунтів тощо.

Зазвичай моніторинг включає в себе ряд різноманітних методів, що дозволяють оцінити технічний стан об'єкта в динаміці на основі періодичних (щомісячних, щотижневих) спостережень.

Зазвичай моніторинг включає такі основні етапи:

1. Проведення початкового геодезичного моніторингу щодо ступені деформації об'єктів та інших показників.
2. Візуальне обстеження конструкції будівель, виявлення та класифікація їх дефектів і пошкоджень;
3. Інструментальне обстеження будівельних конструкцій з визначенням відхилення окремих його частин - колон, стін, а також перевірки наявності тріщин, їх кількості і масштабів.
4. Встановлення комбінованих маяків в місцях, в яких будуть виявлені тріщини при візуальному обстеженні будівлі (споруди) та оцінка їх змін в процесі моніторингу.
5. Визначення інтегральної характеристики стану несучих конструкцій по відношенню до зовнішніх впливів (енергії деформування, коливань, коефіцієнтів демпфірування).
6. Надання щомісячних висновків і рекомендацій у період проведення робіт на основі оцінки зміни технічного стану несучих конструкцій.
7. Розробка заходів, щодо забезпечення міцності і стійкості конструкцій, включаючи вказівки про влаштування тимчасових опор і розкріплень і вимоги до величини монтажних навантажень і впливів.

Основним документом який регламентує положення моніторингу технічного стану будівель і споруд є ДСТУ-Н Б В.2.5-37:2008. «Настанова з проектування, монтування та експлуатації автоматизованих систем моніторингу та управління будівлями і спорудами» а саме п 3.1, пп5.1-5.3 та пп 6.3 – 6.4.

Автоматизована система моніторингу та управління будівель і споруд (АСМУ). Система побудована на основі програмно-технічних засобів та призначена для проведення моніторингу технологічних процесів і

процесів забезпечення функціонування обладнання на об'єктах (будівлях і спорудах), передачі інформації про їх стан по каналах зв'язку у чергово-диспетчерські служби цих об'єктів для наступної обробки з метою оцінювання, запобігання і ліквідації наслідків дестабілізуючих факторів у режимі реального часу, а також для передачі інформації про надзвичайну ситуацію (НС) у чергово-диспетчерські служби вищого рівня.

АСМУ повинні встановлюватись:

- 1) у висотних будівлях та спорудах з умовною висотою більше 73,5 м;
- 2) у багатофункціональних будівлях і спорудах;
- 3) у будівлях і спорудах, які відносяться за показниками питомих витрат теплової енергії до класів енергетичної ефективності А, В і С відповідно до енергетичного паспорта будівлі чи споруди згідно з таблицею Ф4 додатка Ф ДБН В.2.6-31;
- 4) у громадських і житлових об'єктах IV та V категорій складності згідно з категорійністю, що наведена у додатках П.1 та П.2 ДБН А.2.2-3.

Оснащення будівельних об'єктів, зазначених у 5.1, системами АСМУ повинно виконуватись при проведенні:

- проектних, будівельних та монтажних робіт при спорудженні нових будівель та споруд;
- реконструкції або капітального ремонту будівель та споруд, які експлуатуються.

Прийняття в експлуатацію об'єктів, що наведені у 5.1, без встановлення АСМУ не допускається.

Об'єктами контролю АСМУ, а у ряді випадків і управління повинні бути системи безпеки та життєзабезпечення:

- 1) автоматичні установки пожежної сигналізації;
- 2) автоматичні установки пожежогасіння;
- 3) системи оповіщення про пожежу та управління евакуацією людей;
- 4) системи евакуаційного освітлення;

5) системи технічного діагностування будівельних конструкцій згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-25;

6) системи виявлення небезпечної концентрації токсичних і вибухонебезпечних газоповітряних сумішей, підвищення рівня радіації тощо;

7) системи електропостачання;

8) системи газопостачання;

9) системи теплопостачання;

10) системи вентиляції (у тому числі протидимного захисту) і кондиціювання;

11) системи водопостачання (у тому числі водопостачання для зовнішнього та внутрішнього пожежогасіння) і системи каналізування;

12) ліфтове обладнання;

13) системи комерційного обліку енергоресурсів.

АСМУ повинні забезпечувати:

1) попередження аварійних ситуацій шляхом контролю за параметрами інженерного обладнання об'єктів і визначення відхилень їх поточних значень від нормативних;

2) безперервність збирання, передачі і оброблення інформації про значення параметрів процесів забезпечення функціонування об'єктів;

3) формування за визначеними форматами і передачу інформації про стан технологічних систем і змін стану інженерно-технічних конструкцій об'єктів у чергово-диспетчерські служби об'єкта;

4) формування за визначеними форматами і передачу повідомлень про надзвичайну ситуацію (НС) у чергово-диспетчерські служби вищого рівня;

5) передачу сигналів від автоматичних установок пожежної сигналізації та пожежогасіння на центральний пульт пожежного спостереження населеного пункту;

6) автоматичний або примусовий (ручний) запуск системи оповіщення населення про виникнення НС і необхідних дій щодо евакуації;

7) автоматичний або примусовий запуск оповіщення службових осіб, які відповідають за безпеку об'єктів;

8) автоматичний або примусовий запуск системи попередження або ліквідації НС згідно з алгоритмами, визначеними для конкретного об'єкта і конкретного виду НС (відключення подачі газу, води, включення засобів гасіння пожежі тощо). Алгоритми повинні бути затверджені у встановленому порядку. Алгоритми повинні забезпечувати комплексну, взаємопов'язану роботу всіх необхідних систем безпеки і життєзабезпечення з метою попередження і ліквідації НС. Для кожного виду НС повинні бути розроблені свої алгоритми попередження і ліквідації НС;

9) документування і реєстрацію аварійних ситуацій, а також дій чергово-диспетчерських служб об'єкта.

Для висотних будівель слід передбачати науково-технічний супровід як на стадії проектування, так і на стадії будівництва.

Науково-технічний супровід будівництва, включаючи моніторинг поведінки будівлі в процесі зведення здійснюється під керівництвом спеціальної робочої групи, що створюється із представників замовника, генерального проектувальника, генерального підрядника та науково-дослідних організацій за спеціально розробленою програмою.

Науково-технічний супровід здійснюється науково-дослідною організацією або групою організацій за профілем їх діяльності та передбачає їх участь на всіх етапах будівництва, починаючи від проектування у вигляді експертизи, консультацій та інформаційного забезпечення, а також надання науково-технічної допомоги при позаштатних ситуаціях у процесі будівництва та аналізу системи контролю якості будівництва.

Проведення моніторингу на стадії будівництва висотних будівель здійснюється за такими розділами:

- об'єктний, що включає всі види спостережень (у тому числі геотехнічний моніторинг) за станом основ, фундаментів, несучих і огорожувальних конструкцій, підземної та надземної частин, будівлі що

будується, існуючих будівель та споруд, що потрапляють у зону його впливу;

- геолога-гідрологічний, що включає системи режимних спостережень за зміною стану ґрунтів, рівнів та складу підземних вод та за розвитком деструктивних процесів: ерозії, зсувів, карстово-суфозійних явищ, осідання земної поверхні та ін., а також станом температурного, електричного та інших полів;

- аналітичний, що включає аналіз та оцінку результатів моніторингу, виконання розрахункових прогнозів, порівняння прогнозованих величин параметрів з результатами вимірювань, розроблення заходів щодо запобігання або усунення негативних наслідків шкідливих впливів та недопущення небезпечних наслідків від збільшення інтенсивності цих впливів;

- додаткові підрозділи, які враховують конкретні умови майданчика будівництва унікальної споруди підвищеного рівня відповідальності.

Перелік контрольованих конструкцій та елементів встановлюється на підставі розрахункової моделі будівлі, експертних оцінок та за результатами технічної діагностики.

Вибір засобів та обладнання (систем) для проведення моніторингу будівлі проводиться виходячи із завдань моніторингу, конструктивних особливостей будівлі, можливості доступу до конструкцій та розміщення датчиків, а також прокладання комунікаційних систем.

При складанні програми моніторингу, зокрема геотехнічного, слід передбачати включення до його складу:

- систем спостережень за станом фундаментів висотного, що зводиться будівлі, а також існуючих будівель та споруд, що потрапляють до зони його впливу; за станом підстав висотної будівлі та оточуючих будівель та споруд; за станом навколишнього природного середовища;

- оцінку результатів спостережень та порівняння їх із проектними даними;

- прогноз на основі результатів спостережень зміни стану висотної

будівлі, що зводиться, навколишніх будівель та споруд, характеристик властивостей їх основ;

- розробку у необхідних випадках заходів щодо ліквідації неприпустимих відхилень та негативних наслідків;

- контроль за виконанням прийнятих рішень.

Система спостереження за станом конструкцій висотної будівлі та існуючих споруд, що оточують її, включає:

- вимірювання переміщень фундаментів висотної будівлі та споруд (опади, крен, горизонтальні зміщення та ін);

- фіксацію та спостереження за утворенням та розкриттям тріщин;

- вимірювання рівня коливань будівлі та споруд за наявності динамічних впливів.

Система спостережень за довкіллям включає спостереження за зміною інженерно-геологічних та геоекологічних умов території розташування будівлі, за розвитком несприятливих інженерно-геологічних процесів (карст, суфозія, зсуви), за зміною геоекологічної обстановки, радіаційного випромінювання, за забрудненням ґрунтів та підземних вод, газовиділенням. Спостереження за підземними та надземними конструкціями висотної будівлі та існуючих споруд, що оточують її, здійснюються шляхом поєднання візуальних та інструментальних спостережень.

Візуальні спостереження включають:

- огляд конструкцій (приміщень) підземної частини будівлі; огляд несучих та огорожувальних конструкцій надземної частини;

- фіксацію появи та стану тріщин у конструкціях (встановлення напрямки, протяжності та величини розкриття тріщин, встановлення маяків на тріщинах та систематичне ведення журналу спостережень за ними)

Інструментальні методи включають в себе в різних поєднаннях:

- геодезичний контроль, у процесі якого здійснюється вимір:

- вертикальних переміщень (осад, просадок, підйомів);

- горизонтальних переміщень (зсувів);

- кренів та нерівномірних вертикальних переміщень;
 - метод акустичної емісії – дозволяє виявити дефекти, що розвиваються в процесі будівництва будівлі, встановити їх характер та ступінь небезпеки;
 - високоточні супутникові геодезичні системи на основі GPS-апаратури (Global Positioning System), що дозволяє в реальному масштабі часу вимірювати положення конструктивних елементів будівлі;
 - систему вимірювання кутів нахилу та частот основних форм коливань будівельних конструкцій.

Методи вимірювань вертикальних та горизонтальних переміщень та визначення крену будівлі та нерівномірності осад слід встановлювати програмою вимірювання деформацій залежно від необхідної точності вимірювання, конструктивної особливості фундаменту підземних та надземних частин, інженерно-геологічних та гідрогеологічних особливостей території та величин характеристик властивостей ґрунтів основи, можливості застосування методу у конкретних умовах.

Вертикальні та горизонтальні переміщення фундаментів повинні визначатися щодо існуючих, що не знаходяться в зоні впливу експлуатованої будівлі, або які закладаються додаткові репери опорної геодезичної мережі (глибоких та ґрунтових).

Вимірювання вертикальних переміщень фундаментів повинно проводитись нівелюванням першого класу щомісяця. Спостереження за станом основ висотної будівлі та оточуючих споруд здійснюється шляхом вимірювань параметрів напружено деформованого стану ґрунтових масивів, що залучаються в роботу, та оцінки змін фізико-механічних характеристик ґрунтів основ.

Вимірювання пошарових деформацій основ здійснюються відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд» з використанням мережі ґрунтових марок.

При виконанні спостережень за станом навколишнього середовища

здійснюються режимні гідрогеологічні спостереження в мережі пробурених та обладнаних на всі горизонти підземних вод гідрогеологічних свердловин.

При режимних спостереженнях слід визначати:

- зміна рівнів підземних вод; п'єзометричні напори води в ґрунтовому масиві;
- витрати води, пов'язані з фільтрацією; коефіцієнт фільтрації ґрунтів; температуру ґрунтів у масиві; хімічний склад підземних вод; хімічний склад, температуру і мутність профільтрованої води дренажах та колекторах; ефективність роботи дренажних, водознижувальних та протифільтраційних систем.

Режимні спостереження мають проводитися щокварталу.

За результатами геотехнічного моніторингу висотного, що зводиться будівлі складається звіт, який надається замовнику, генеральному проектувальнику та експлуатуючої організації. Звіт повинен містити:

- результати моніторингу, подані у вигляді дефектних відомостей;
- графіки розвитку осад та їх нерівномірностей, а також деформацій поверхні території та пошарових деформацій основ висотного будівлі; акти огляду стану фундаментних конструкцій;
- документи, що відображають якість робіт з улаштування основи, фундаментів та інших несучих конструкцій будівлі;
- висновок про надійність спорудженої висотної будівлі та відповідності будівлі проекту та вимогам нормативно-технічної документації, а також про стан будівель та споруд навколишньої забудови;
- технічні пропозиції та заходи щодо ліквідації негативних наслідків будівництва висотної будівлі, якщо такі є.

У разі виникнення під час будівництва висотної будівлі деформацій та інших явищ, що відрізняються від прогнозованих та становлять небезпеку для будівлі та навколишньої забудови, слід без затримки інформувати про це контролюючі та зацікавлені організації для спільної розробки необхідних заходів.

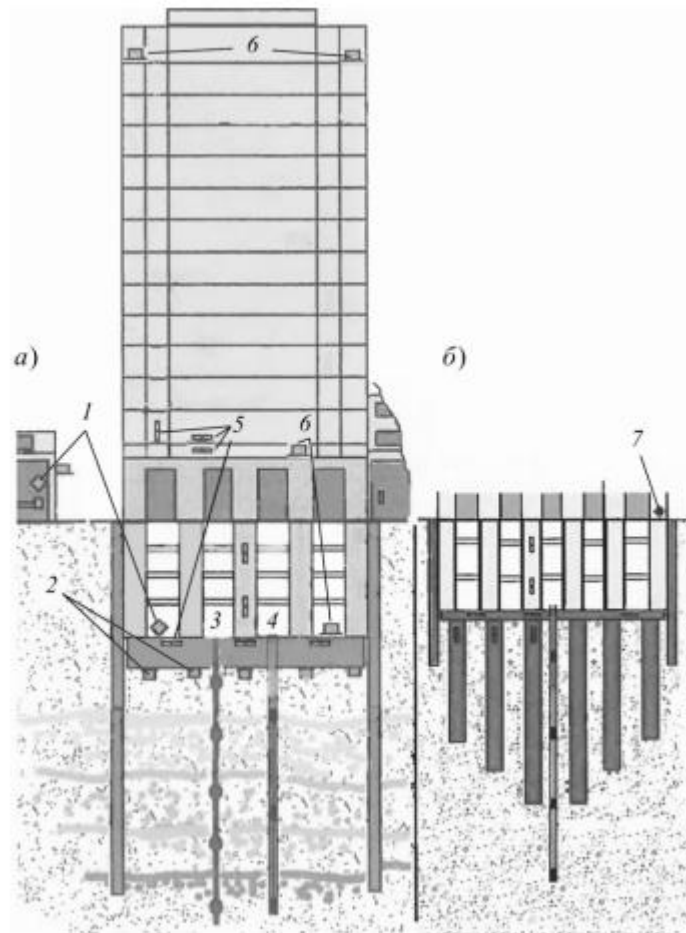


Рисунок 12 - Схема розміщення обладнання інструментального моніторингу висотних будівель у м. Київ (а) та в м. Одеса (б):

1 – геодезичні репери для вимірювання осад; 2 – датчики тиску на ґрунт; 3 – датчики порового тиску; 4 – свердловинні датчики осідання (пошарових та сумарних); 5 – тензодатчики; 6 – сейсмометри для вимірювання коливань; 7 – двокоординатний інклінометр (вимір крену)