

6 ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ БАШТОВИХ СПОРУД

Зміст

6.1 Загальні відомості. Зведення споруд методом нарощування.

6.2 Зведення споруд методом повороту.

6.3 Зведення споруд методом підрощування.

6.4 Зведення баштових споруд з монолітного залізобетону.

6.1 Загальні відомості. Зведення споруд методом нарощування.

Баштові споруди - це висотні, просторові побудови, що відрізняються несуттєвою площею щодо їх висоти. У поперечному перерізі вони можуть мати трикутну, квадратну, шести -, восьмигранну або круглу конфігурацію. В середині баштових споруд можуть влаштовуватися конструкції ліфтових шахт, сходів, технічних пристосувань, технологічного обладнання тощо. Перевагу має трубчасте рішення конструкцій, оскільки коефіцієнт аеродинамічного опору вітру їх менший, ніж інших конструкцій.

Баштові споруди поділяються на два типи:

Башти - споруди, конструкції яких вільно спираються на фундаменти. Їхня стійкість забезпечується закріпленням у фундаменті. Башти ще називають вежами;

щогли - споруди, конструкції яких шарнірно спираються на фундаменти, а їхня стійкість забезпечується відтяжками.

У практиці зустрічаються комбіновані рішення, при яких споруда має ознаки і веж, і щогл, наприклад їх нижня частина вирішена в вигляді твердого стовбура, як вежа, а верхня - у вигляді щогли на відтяжках. При виборі загальної конструктивної схеми споруди вважається, що щогли економічні, ніж башти, але для розміщення щогл необхідна більша територія, ніж для башт. Вежі у порівнянні із щоглами потребують менше площі

забудови, нема потреби у постійному регулюванні та заміні розтяжок, більша надійність під час експлуатації, зручніше вести монтаж та експлуатацію технологічного обладнання, кращий естетичний вигляд без розчалок.

Вежі можна зводити у важкодоступних місцях, включаючи просадочні ґрунти так як вежа спирається на кільцевий фундамент.

Вежі зводяться як правило із металу, хоча можливе і використання залізобетону чи змішаний варіант – низ із залізобетону, а верх із металу.

Залежно від виду монтажних з'єднань споруди можна поділити на збірні з болтовими з'єднаннями та цільнозварні. Найбільш поширеними з'єднаннями в даний час є фланцеві монтажні стики, тому що вони вимагають менше часу на встановлення, ніж зварні.

Відповідно до терміну служби споруди можуть бути стаціонарними (телевізійні та радіовежі та щогли, вежі-труби, опори ЛЕП та ін.) та тимчасовими, тобто. збірно-розбірними (нафтові та бурові вежі, метеорологічні опори та ін.).

Залежно від географічного місця будівництва розрізняють споруди, розраховані на навантаження відповідних вітрових районів; в ожеледиці – розраховані на навантаження, що відповідають району зледеніння, в особливих випадках – на сейсмічні впливи.

Вежа являє собою просторову решітчасту конструкцію, що має форму призми або піраміди. Поперечний перетин – трикутник, квадрат, шестигранник, восьмигранник. У центрі вежі, за необхідності, улаштовують конструкції для шахт ліфтів, сходових клітин, різного технологічного обладнання.

Перевага віддається трубчатому рішенню елементів башти, а не із прокатів, що зменшує опір вітру та дає можливість зробити їх більш тонкими.

Вежі відрізняються від будинків та споруд звичайного типу: більшою вишиною, яка значно перевищує поперечний перетин; незначною масою технологічного обладнання відносно власної маси; другорядним значенням

власної маси та маси технологічного обладнання у порівнянні із вітровим навантаженням.

До баштових споруд належать антени радіо, телебачення і стільникового(сотовий) зв'язку, димові труби, опори ліній електропередачі та ін. Однією з найвідоміших баштових споруд є Ейфелева вежа, побудована в 1889 р. (Париж, Франція; рис. 6.1, а).

Однієї з найвищих у світі щогл - є радіощогла «TV WW FARGO, нині KVLV-TV» висотою 628 м, побудована в 1963 р. (штат Північна Дакота, США; рис. 6.1, б).

У 1974 р. споруджено щоглу висотою 646 м неподалік від Варшави (Польща; рис. 6.1, в). До моменту її обвалення в 1991 р. під час проведення ремонтних робіт вона була найвищою спорудою на Землі. Після цього аж до 2008 р. коли Бурдж Халіфа перевершив радіощоглу за висотою, вона утримувала пальму першості як найвища споруда, що коли-небудь існувала.

У 2011 р. в Токіо (Японія) було збудовано найбільшу в світі сталеву башту висотою 634 м, відому як «Токійське небесне дерево» (рис. 6.1, г).

Технічні особливості баштових споруд:

- невеликі розміри в плані порівняно з їхньою висотою;
- другорядне значення власної маси порівняно з вітровими навантаженнями;
- суттєва залежність монтажних робіт від метеорологічних умов (вітру, туману, ожеледі, дощу, низької або високої температури);
- обмежена кількість робочих місць у зоні виконання робіт;
- підвищені вимоги до якості будівельних елементів, конструкцій і будівельно-монтажних робіт;
- невелика трудомісткість робіт з монтажу і, відповідно, мінімальна тривалість зведення;
- підвищені вимоги з безпеки виконання будівельно-монтажних робіт.



Рисунок 6.1 – Висотні баштові споруди: а- Ейфелева вежа в Парижі (Франція); б- радіощогла KVLV-TV» (штат Північна Дакота, США); в – Варшавська радіощогла; г – найвища башта Токіо (Японія).

При зведенні баштових споруд найбільш поширені такі методи:

- нарощування - традиційне поярусне зведення конструкцій від низу до верху;
- поворот - зведення конструкції на землі в горизонтальному положенні з наступним поворотом навколо шарніра у вертикальне проектне положення;
- підрощування - зведення у вертикальному положенні, починаючи з самих верхніх конструкцій, їх підняття, підведення під них наступних конструкцій до повного зведення всієї конструкції;
- комбінований - поєднання різних методів.

Методом нарощування зводиться велика частина баштових споруд різної висоти, переважно використовується для монтажу веж та труб висотою до 100 м. Суть методу у поярусному монтажі від нижніх відміток до верхніх із використанням різних монтажних механізмів.

При нарощуванні монтаж ведуть до повного зведення споруди або до певних позначок монтажним краном, встановленим на землі, а потім іншим механізмом, встановленим або закріпленим на змонтованих конструкціях.

Цей вантажопідйомний механізм послідовно переміщується по змонтованих конструкціях у міру зведення конструкцій і здійснює по елементний монтаж верхніх ярусів.

Зведення баштових споруд методом нарощування здійснюють за допомогою різних монтажних механізмів (рис. 6.2):

- самохідними стріловими кранами. Кран установлюють безпосередньо біля споруди, що зводиться. Висота монтажу конструкцій споруди обмежується висотою підйому гака крана. Таким методом зводять споруди висотою до 100,0 м;
- баштовими кранами при висоті споруд 100-150 м. При висоті до 50-70 м кран стоїть на своєму фундаменті, а при більшій висоті стійкість крана забезпечується монтажними діафрагмами, з'єднаними зі спорудою, що зводиться (приставний кран);
- переставним краном типу кран-укосина. Цей кран складається з

стояка, який нижньою і верхньою частинами кріпиться до елементів висотної споруди, і стріли, шарнірно з'єднаної з нижньою частиною стояка, а з верхньою частиною - поліспастом. Вантажопідйомність такого крана може досягати 6,5 т. Недоліки крана-укосини: неможливо монтувати башту просторовими блоками; часті й трудомісткі перестановки механізму по висоті;

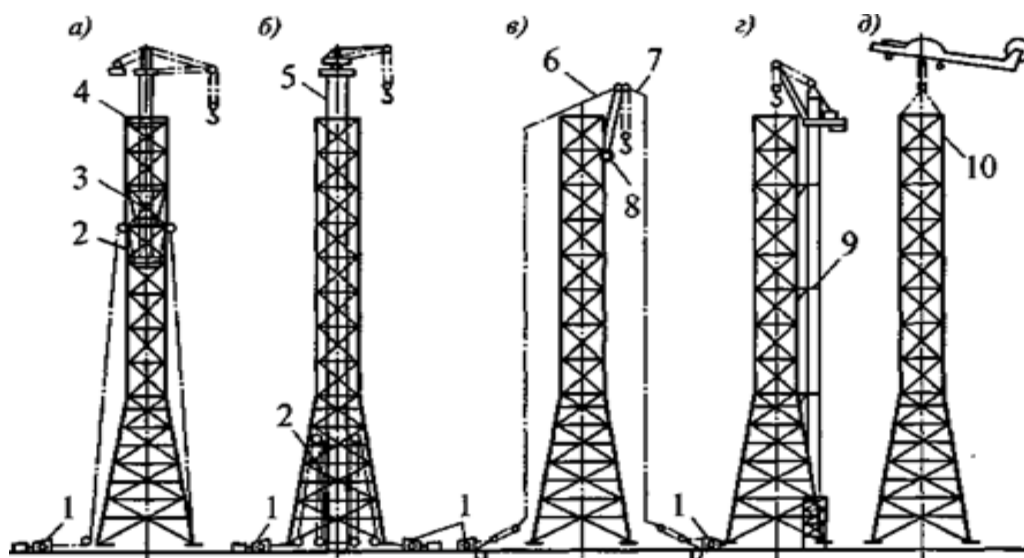


Рисунок 6.2 - Схеми монтажу баштових споруд: а - самохідним стріловим краном; б- баштовим краном; в - універсальним підвісним краном-укосиною; г- монтажною щоглою; д - самопідіймальним краном, із середини споруди; е – самопідіймальним (повзучим) краном; ж - гелікоптером; 1 - електролебідка з якорем; 2 – тягові поліспасты; 3 - обойма; 4 - монтажна рама; 5 - самохідний кран; 6 - задня тяга; 7 - передня тяга; 8 - опорний столик; 9 - опорні рамки крана; 10 - уловлювачі

- за допомогою монтажною щогли, яка кріпиться уздовж однієї з опор споруди. Після монтажу ярусу споруди щогла переміщується на наступний ярус і кріпиться хомутами до конструкцій башти (щогли);
- універсальними підвісними самопідіймальними кранами. Усі монтажні роботи виконують тільки на висоті, для використання крана потрібно вільний від конструктивних елементів внутрішній простір вежі;
- самопідіймальними (повзучими) кранами, які спираються на вже змонтовані ними конструкції і в міру зведення споруди переміщуються по

вертикалі на новоустановлені секції. Кран конструктивно вирішено у вигляді ґратчастого або трубчастого стовбура зі стрілою і обоймою, що пересувається. Вона слугує для закріплення крана в робочому положенні на споруді та для переміщення стовбура крана по вертикалі на наступну стоянку (ярус).

– гелікоптерами та дирижаблями.

Монтаж баштових споруд здійснюють окремими елементами або укрупненими блоками, які складають на спеціальному майданчику. Більш раціональним є метод монтажу укрупненими блоками. При цьому укрупненню підлягають не тільки будівельні конструкції споруди, а й технологічне обладнання.

Одним з унікальних прикладів зведення баштової споруди методом нарощування є будівництво Ейфелевої вежі в Парижі. На рис. 6.3 проілюстровано про етапи її нарощування.

Будівельні прийоми, які застосовувались при зведенні споруди, не втратили актуальності й нині.

Роботи зі зведення баштових споруд починаються тільки після здійснення комплексу підготовчих заходів, які, включають:

- а) огороження території;
- б) влаштування під'їзних шляхів;
- в) облаштування будівельного майданчика елементами будівельного господарства (склади, побутові приміщення тощо);
- г) облаштування майданчиків укрупненого збирання конструкцій;
- д) підведення інженерних комунікацій для потреб будівництва;
- е) забезпечення заходів безпечного виконання робіт (покажчики, знаки, заходи пожежної безпеки та охорони праці). Споруду, що зводиться, заземлення.

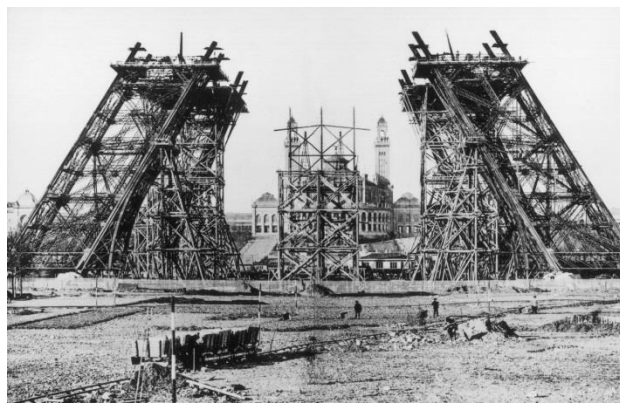


Рисунок 6.3 – Технологічна послідовність зведення Ейфелевої вежі методом наросування

Після проведення підготовчих заходів дозволяється приступити до виконання робіт основного періоду зведення споруди:

- насамперед виконується влаштування фундаментів споруди та фундаментів якорів для закріплення монтажних лебідок і закріплення

відвідних блоків, тимчасових розчалок, іншого монтажного обладнання. Конструкцію якоря наведено на рис. 6.4;



Рисунок 6.4 - Вигляд якоря щогли

- виконуються роботи з влаштування фундаментів споруди;
- здійснюється послідовний монтаж (нарощування) споруди за допомогою прийнятих вантажопідіймальних механізмів. Одночасно зі зведенням основних будівельних конструкцій споруди виконується монтаж технологічного обладнання. Монтажний блок складають на майданчику укрупненого складання, оснащується відтяжками і піднімаються у проектне положення (рис. 6.5). При монтажі щоглових споруд паралельно з поярусним монтажем конструкцій установлюють відтяжки ;

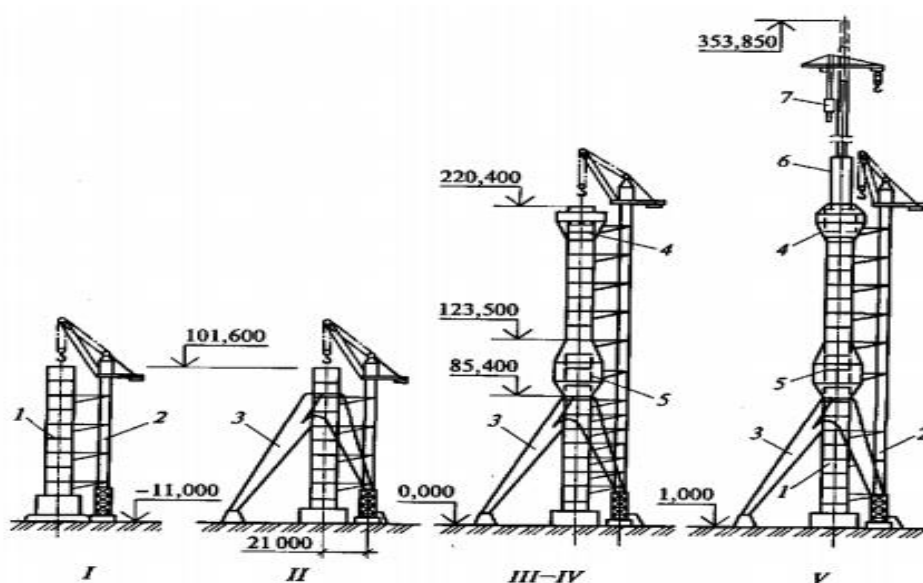


Рисунок 6.5 – Монтаж конструкцій телевежі на I...V етапах: 1- стовп телевежі; 2- приставний кран; 3- опорні підкоси ствола башти; 4,5 – нижня та верхня технічна будівля; 6- антена частина вежі; 7- самопід'ємний кран

– після виконання основних видів монтажних робіт монтажні засоби розбирають.

У практиці будівництва прийнято, що монтаж башт починають за умови наявності на будівельному майданчику не менше ніж 30% будівельних конструкцій, а щогл - не менше як 50%.



Рисунок 6.6 - Зведення башти укрупненими блоками.

При відносно невеликих розмірах баштових споруд і наявності монтажних механізмів монтаж конструкцій може здійснюватися повністю готовими спорудами. Споруда зводиться в горизонтальному положенні, забезпечується необхідним обладнанням і після цього встановлюється в проектне положення за допомогою одного або двох стрілових кранів (рис. 6.7). Основний кран піднімає вежу і переводить її у вертикальне положення. Другий кран забезпечує її стійкість

Останнім часом широкого розповсюдження в світі набуло будівництво баштових споруд вітрогенераторів. Зводять їх методом нарощування та монтажу укрупненими чи повністю готовими блоками (рис. 6.8) . Для монтажу конструкцій використовують самохідні пневмоколісні крани.

Технологічний процес зведення таких споруд вирізняється ретельною інженерною підготовкою будівельних процесів. Важливим є точний розрахунок вантажопідйомності механізмів, забезпечення просторового положення в процесі піднімання та кріплення.



Рісунок 6.7 - Зведення баштових споруд укрупненими елементами : а - одним краном; б - двома кранами



Рисунок 6.8. - Зведення баштових споруд вітрогенераторів

При монтажі баштових конструкцій краном-укосиною або за допомогою монтажної щогли, спочатку зводяться нижні яруси баштових споруд, потім на них навішують вантажопідйомні механізми.

При монтажі конструкцій універсальними підвісними самопідймальними кранами останній розташовують і переміщують у середині башти. Обойму крана підвішують до опор установленної секції башти за допомогою підвісок і розтяжок. Конструкція крана складається з двох консолей на телескопічному стояку, що забезпечує її переміщення в міру зведення башти. Зверху цього крана влаштовано поворотний круг і стояк зі стрілою. Через відвідні ролики проходять канати вантажного і підйимального поліспастів униз на барабани лебідок, установлених на землі. На рис. 6.9 показано схему установлення підвісного крана для монтажу баштової споруди. Цим способом було змонтовано баштові споруди висотою до 300 м. Нижню частину башти до позначки 68,0 м монтували за допомогою баштового крана. Цим самим краном було змонтовано самопідймальний кран, яким було завершено остаточний монтаж башти

Монтаж щоглових споруд проводиться методом посекційного нарощування за допомогою самопідймальних (повзучих) кранів. Такий кран складається з обойми та оголовка. Обойма кріпиться до нижнього ярусу щогли і переміщується в міру зведення споруди. В обоймі розміщений стовбур крана та оголовок зі стрілою. Кран і вантажний гак крана піднімаються електролебідками, розташованими на землі. До лебідок канати проводяться через відвідні ролики в нижній частині крана. Значне поширення в практиці отримав повзучий кран типу ПКТ-6 вантажопідйомністю 6,0 тс..

Спочатку зведення щогли передбачає попередній монтаж нижнього ярусу щогли (опорної секції) з подальшим навішуванням повзучого крана (рис. 6.10). Цим краном виконують монтаж наступних ярусів споруди (рис. 6.11).

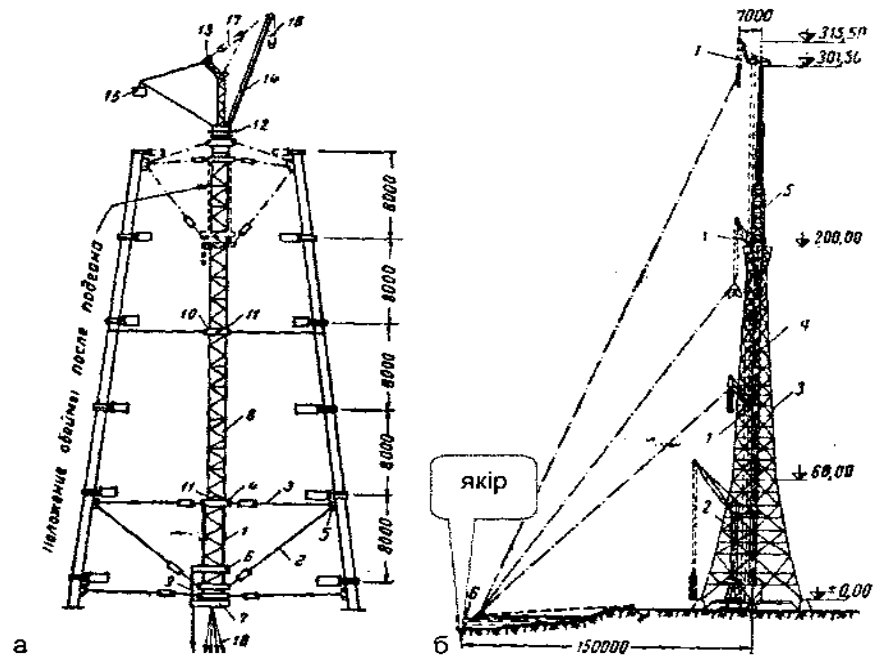


Рисунок 6.9 - Зведення башт за допомогою підвісного крана, що розміщений в середині споруди: а - схема установа; б - приклад практичної реалізації: 1 - обойма крана; 2 - підвіска; 3 - розтяжка; 4 - хомути; 5 - скоба; 6 – консоль обойми; 7 - консоль нижнього кінця щогли; 8 - щогла крана; 9 - поліспаст; 10- рамка; 11 - штир; 12 - поворотний круг; 13 - оголовок крана; 14 - стріла; 15- контр вантаж; 16- вантажний поліспаст; 17- стрілові поліспасти; 18- нитки канатів

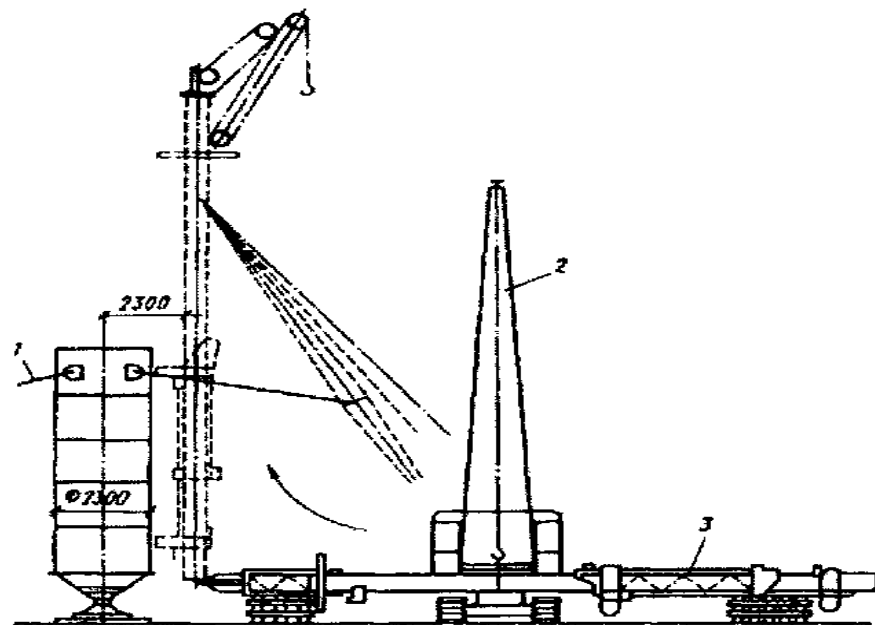


Рисунок 6.10 - Схема навішування повзучого крана на секцію трубчастої щогли: 1 - розчалки; 2 - самохідний стріловий кран; 3 - повзучий кран (типу ПКТ-6) перед підніманням

Підготовлена на землі чергова секція захоплюється за допомогою стропів з траверсою. Робітники розміщуються на спеціально влаштованих майданчиках (балконах), які перевішують у міру зведення щогли. Із нарощування щогли встановлюють постійні відтяжки. Зв'язок між монтажниками, які знаходяться на висоті і на землі, здійснюється по радіотелефону.

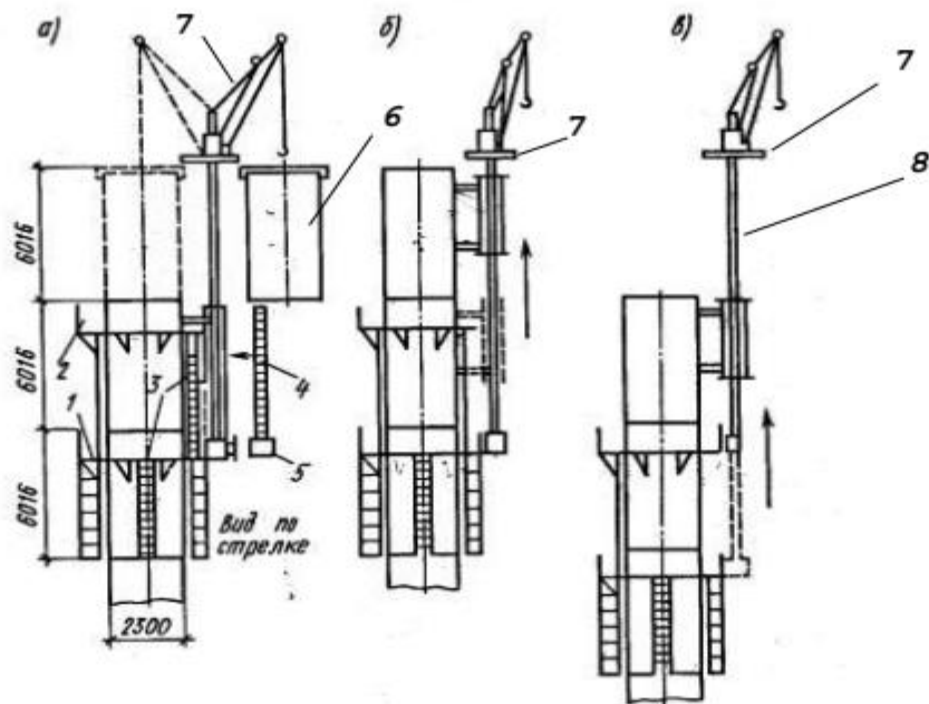


Рисунок 6.11 - Схема монтажу щогли методом нарощування: а – монтаж секції радіощогли; б – перестановка обойми крана; в – перестановка стовбура крана; 1, 2, 5 – площадки; 3, 4 – драбини; 6 – елемент щогли що встановлюється; 7 – самопідйомний кран; 8 – башта крана

За аналогічною технологією зводяться щогли ґратчастого типу (рис.6.12). Номенклатура повзучих кранів теж може бути досить різноманітною. Загальна ефективність і безпека зведення баштових споруд забезпечується раціональною організацією будівельного майданчика. Важливим компонентом є перевірка відповідності елементів та конструкцій, що піднімаються наверх, їхні кріпильні елементи, комплектація та якість. Контроль вертикальності щогли чи башти здійснюється в процесі монтажу

кожної секції та натягу відтяжок і остаточно - після демонтажу крана шляхом натягу відтяжок.

Монтаж баштових споруд забороняється при силі вітру понад 6 балів та перших ознаках грози. Конструкція щогли має бути заземлена. Монтажники використовують індивідуальні засоби захисту та безпеки.



Рисунок 6.12 – Монтаж баштових споруд самопідіймальними (повзучими) кранами

Монтаж баштових споруд за допомогою *літальних апаратів* (рис.6.13) досить широко використовується в практиці будівництва. У нашій

країні накопичений великий досвід зведення висотних споруд за допомогою гелікоптерів. Так, гелікоптерами виконують монтаж опор ліній електропередачі, радіо-, телевізійних антен, антен зв'язку тощо, в умовах пересіченої місцевості. До початку виконання монтажних робіт виконуються заходи з обладнання будівельного майданчика. Влаштовується злітно-складальний майданчик, забезпечуються заходи безпеки монтажних польотів у межах міста, мають бути встановлені та захищені межі небезпечних зон, розташовані елементи пожежної безпеки та вжито інших заходів.

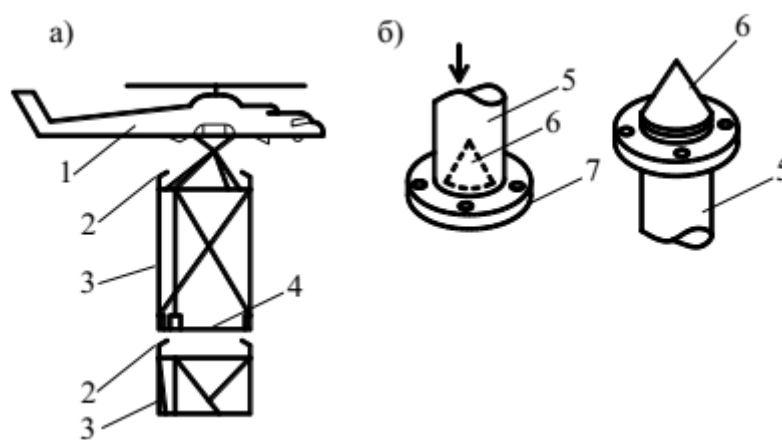


Рисунок 6.13 - Типи монтажного обладнання для монтажу гелікоптерами: а – схема монтажу гелікоптером; б – загальний вигляд ловителя точного наведення для труб; 1 – вертоліт, 2 – ловителі грубого наведення, 3 – трубчатая башта, 4 – трос, 5 – трубчатая опора, 6 – конус, 7 – муфта

Розбивка секцій баштової споруди на частини виконується, виходячи з вантажопідйомності гелікоптера. Перед початком робіт проводиться контрольне складання блоків вежі у вертикальному положенні, установлення напрямних і фіксуєючих пристосувань (так званих уловлювачів), навішування люльок для монтажників та сходів. Після закінчення підготовчих робіт виконується монтаж блоків вежі.

Процес монтажу гелікоптером включає такі операції:

– підготовку блоків, які оснащуються уловлювачами грубого і точного наведення (рис. 6.13, б, 2).;

- пробний монтаж кожного блоку на будівельному майданчику на рівні землі; - стропування, підйом, витримування та підйом до проектного положення;

- наведення блоку за допомогою уловлювача грубого наведення на опору, використовуючи команди по радіозв'язку, або за рахунок візуального контролю другим пілотом із нижньої кабіни (для гелікоптера МІ-10К);

- опускання блоку на уловлювачі грубого наведення, після чого під час подальшого опускання включаються в роботу уловлювачі точного наведення і блок займає проектне положення. Уловлювачі забезпечують високу точність установки блоків (± 3 мм) у проектне положення. Система уловлювачів забезпечує стійкість блока після розстропування до підйому до стику монтажників, які перебувають за межами споруди або нижче на 10-15 м від монтажного стику ;

- розстропування блоку і відліт гелікоптера;

- улаштування стиків на гвинтах або зварювання (монтажники піднімаються в навісні люльки (помости) і виконують постійне кріплення стиків).

Таким же чином після проектного закріплення блока приступають до монтажу чергового.

6.2 Зведення споруд методом повороту

Зведення баштових споруд методом повороту передбачає складання будівельних конструкцій споруди на землі в горизонтальному положенні з наступним поворотом у проектне положення за допомогою тракторів, лебідок, кранів або гелікоптерів. Цим методом виконуються роботи зі зведення баштових споруд висотою 20-140 м. Це опори ліній електропередачі (ЛЕП), радіо- і телеантени, антени мобільного зв'язку, димові труби. Нижню частину баштової споруди закріплюють в шарнірах, які встановлюють на фундаментах. Піднімання у вертикальне положення здійснюють навколо шарніра за допомогою лебідок тягових поліспаств і так званої «падаючої» стріли, яку можуть замінити шеври і щогли, крани та інші монтажні механізми. Переваги методу – складання конструкцій башти

на землі не потребує висококваліфікованих верхолазів. Такелаж та інше піднімальне устаткування також складається на землі і доступне для якісного контролю. Метод повороту дає змогу виконувати якісно і безпечно роботи з монтажу висотної споруди на землі. Споруду не тільки повністю складають на землі і фарбують, а й монтують велику частину технологічного обладнання, кабелів і проводки.

Монтаж баштових споруд цим методом передбачає два етапи:

- 1) від початку повороту до положення нестійкої рівноваги, коли центр ваги башти проходить через поворотний шарнір;
- 2) коли включаються в роботу гальмівні відтяжки і поліспасти, що забезпечують плавне опускання опорних башмаків на фундаменти.

У загальному вигляді технологічна послідовність зведення баштових споруд включає такі види робіт:

- підготовка будівельного майданчика (огорожа території, облаштування будівельного майданчика елементами будівельного господарства та засобами безпеки виконання будівельних робіт);
- зведення конструкцій фундаментів з анкерними елементами й шарнірами;
- зведення конструкцій якорів для закріплення лебідок і кріплення розтяжок (при зведенні щогл);
- складання конструкцій у горизонтальному положенні та оснащення розтяжками. При цьому нижня частина споруди закріплюється шарнірно до фундаменту;
- облаштування споруди елементами технологічного обладнання; установка «падаючої» стріли та установка тягових і гальмівних поліспастів;
- натяжка тягового поліспасти і піднімання баштової споруди в проектне положення (рис. 6.14);
- після переходу баштової споруди в положення коли вертикальна вісь центра ваги проходить через поворотний шарнір, що становить близько 57° , включаються в роботу гальмівні канати;
- встановлення споруди в проектне положення за допомогою спільної

роботи тягових і гальмівних поліспастів;

– закріплення на опорах нижньої частини споруди та встановлення розтяжок (при зведенні щогл).

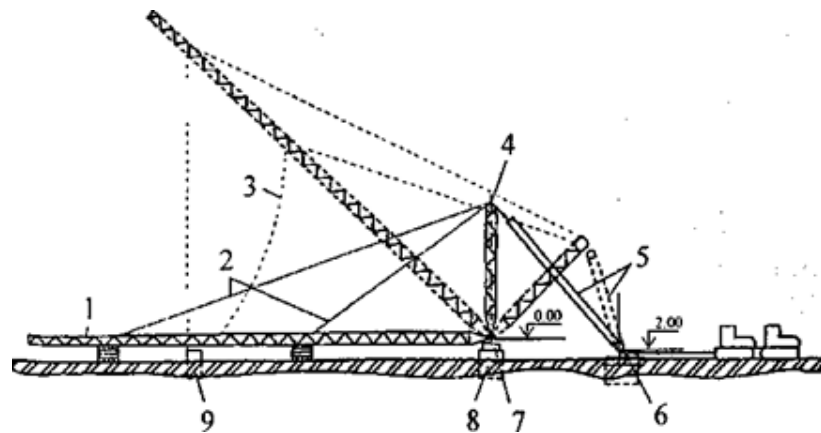


Рисунок 6.14. Схема монтажу щогли методом повороту за допомогою тракторів: 1 - щогла; 2 - підймальні тяги; 3 - відтяжки; 4 - «падаюча» стріла; 5 – підймальний поліспаст; 6 - якорь; 7 - шарнір (тимчасова опора); 8- фундамент щогли; 9 - тимчасова опора анкера (якоря).

Монтажна, або «падаюча», стріла частіше виконується А-подібної форми. В якості тягових механізмів використовуються трактори, бульдозери або лебідки.

Монтаж поворотом навколо двох шарнірів – спосіб, яким можна монтувати споруди значної висоти з використанням вантажопідйомних засобів із відносно невеликою висотою підйому гака.

При цьому споруду збирають у горизонтальному положенні, основу її шарнірно закріплюють на фундаменті. У зібраній конструкції влаштовують місці монтажного з'єднання другий проміжний шарнір на відстані близько 0,4 висоти споруди від основи. По осі проміжного шарніра його ділять на дві секції – верхню та нижню. Підйом ведуть поетапно:

1-й етап – підйом верхньої секції поворотом навколо проміжного шарніра двома кранами з пересуванням їх у бік проміжного шарніра вздовж споруди, що піднімається. Етап завершується, коли кут нахилу верхньої секції становитиме 60° до горизонту;

2-й етап – дотяжка верхньої секції за допомогою поліспасту та розчалки до положення, у якому кут відхилення її від вертикалі досягне трохи більше 3° ;

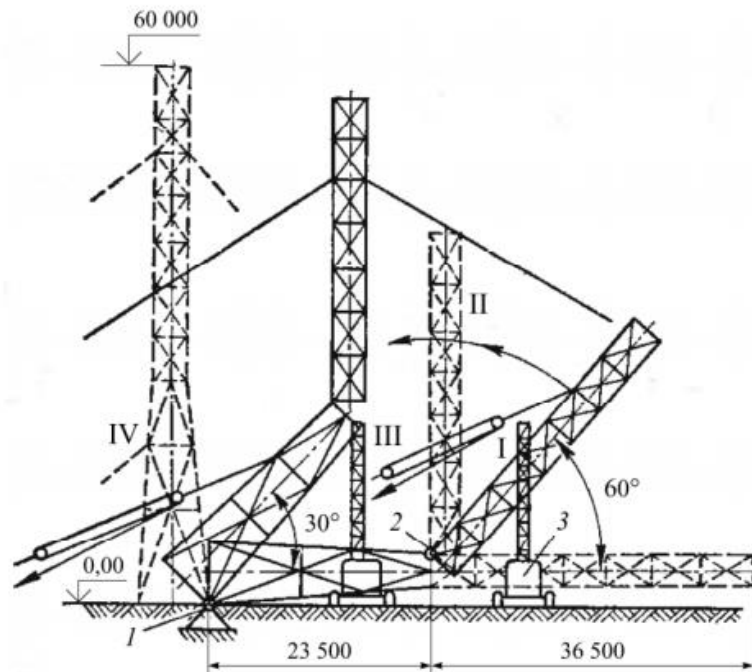


Рисунок 6.15 - Монтаж повороту навколо двох шарнірів: I...IV – етапи підйому; 1, 2 – шарніри, відповідно основний та допоміжний;
3 – кран СКГ-40

3-й етап – підйом нижньої секції разом із піднятою верхньою кранами. Нижню секцію піднімають до кута 30° . У процесі її підйому верхня відхиляється від вертикалі на 10° , після чого підйом кранами припиняється і за допомогою розчалки верхню частину споруди дотягують до положення в якому кут відхилення від вертикалі не перевищує у 3° . Потім знову піднімають нижню секцію кранами і цикл повторюється. Таким чином, споруду піднімають доти, поки нижня частина його не піднімається на кут 30° , після чого навантаження з кранів передається на поліспаст, що підтягує;

4-й етап – дотягування нижньої секції разом із верхньою до проектного положення вказаним поліспастом.

У такий спосіб можна монтувати башти та щогли також за допомогою монтажних щоглів, встановлених по обидва боки споруди, що піднімається.

Монтаж баштово-щоглових споруд способом повороту навколо шарнірів, незважаючи на складність технологічного процесу, може застосовуватися для різних видів споруд, особливо для щоглових, що мають постійні відтяжки, у разі відсутності вантажопідйомних засобів, що забезпечують монтаж іншими, більш простими способами.



Рисунок 6.16 – Монтаж баштових споруд методом повороту.

Як уже було зазначено монтаж баштових споруд методом повороту дає змогу звести їх без застосування кранів. Цим методом зводяться також димові труби, опори освітлення та інші баштові споруди.

Поворот баштової споруди може здійснюватися також за допомогою одного чи двох кранів. У цьому випадку поворот виконується шляхом підтягування нижньої частини башти до опор фундаменту. Поворот може виконуватися також за допомогою гелікоптерів.

Метод повороту широко використовується на практиці в умовах, коли обмежені можливості застосування вантажопідймальних кранів. Однак застосування цього методу може бути обмежене вимогами наявності досить суттєвих площ будівельного майданчика. Це викликано необхідністю організувати будівельний майданчик, що включає його облаштування, складання баштової споруди в горизонтальному положенні, а також майданчик для організації роботи тягових механізмів (тракторів або лебідок).

6.3 Зведення споруд методом підрощування

Метод підрощування полягає в тому, що на частково зведеній баштовій споруді на низьких відмітках виконують монтаж верхніх ярусів, які циклічно виштовхують угору, і в міру їх виштовхування, знизу підрощують конструкції нижчих ярусів.

Баштову споруду поділяють на два блоки: нижній і верхній. Нижній блок зводять способом нарощування за допомогою самохідних кранів. Висота нижнього блока визначається можливостями монтажних механізмів і рішеннями щодо стійкості верхнього блока, при виштовхування. Нижній блок в результаті стає частиною монтажного оснащення, сприймає монтажні впливи при виштовхуванні верхнього блока, на ньому закріплюють спрямовуючі, тягові та інші монтажні пристрої.

Цей метод ефективний при зведенні баштових споруд за наявності проблем з монтажними механізмами, великими трудовитратами, пов'язаними з роботами на висоті та метеорологічними чинниками. Метод забезпечує суттєве скорочення тривалості робіт в умовах ущільненості будівельного майданчика.

Метод має принципові відмінності та переваги:

- найскладніші і трудомісткі процеси складання конструкцій виконують на низьких відмітках;
- сталість робочих місць дає можливість добре їх оснастити, обладнати і захистити від негоди;
- залежність від метеорологічних умов через відсутність робіт на значних висотах мінімальна;
- високий ступінь безпеки робіт;
- якісний операційний контроль.

Для методу підрощування найбільш оптимальною форма споруди, якщо нижня частина башти являє собою потужну нерухому пірамідальну конструкцію, здатну скерувати виштовхування крізь неї відрощуваної

конструкції стовбура.

Технологічна послідовність зведення баштових споруд методом підрощування включає такі етапи:

- підготовчі роботи (облаштування будівельного майданчика);
- виконання земляних робіт та робіт з улаштування фундаментів споруди;
- зведення конструкцій нижнього блока, що є опорною частиною всієї споруди. Роботи ведуться за допомогою стрілових кранів методом нарощування;
- облаштування майданчика укрупненого складання (стенду) баштової споруди і влаштування якорів для кріплення лебідок;
- підтягування секції зі стенду укрупненого складання всередину нижнього блока;

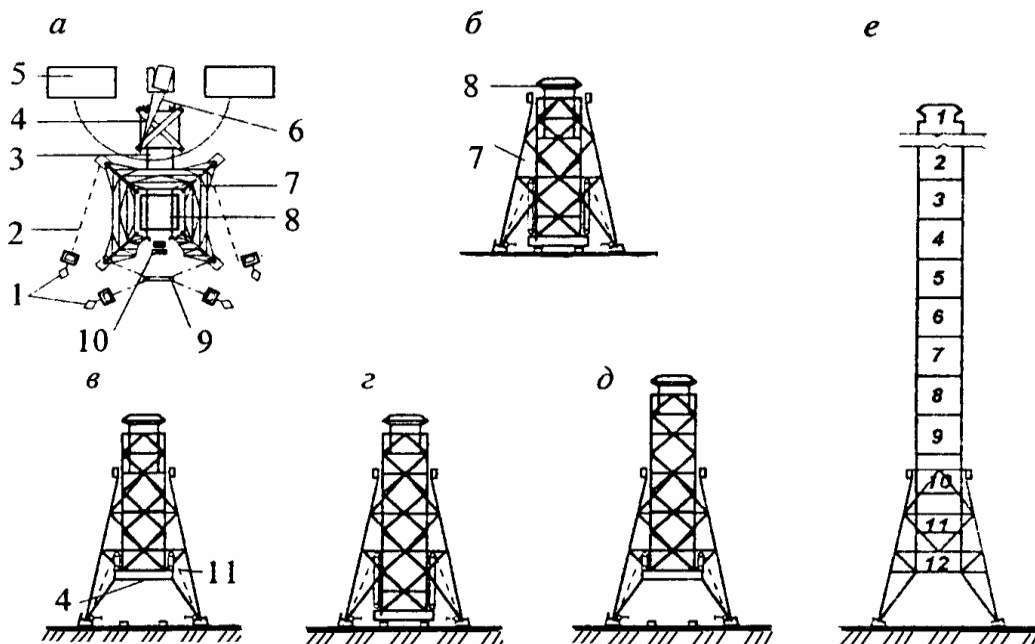


Рисунок 6.17 – Послідовність зведення вежі методом підрощування просторовими блоками: а – план; б – крановий монтаж; в – перше переміщення; г – укрупнене складання; д – висування блоку за допомогою тягових поліспастів; е – черговість зборки і висування блоків (показано цифрами 1...12...12); 1 – електролебідки; 2 – канат поліспаста; 3 – рейкові шляхи насуву укрупненого блоку; 4 – стенд зборки блоків; 5 – площадка складування; 6 – кран; 7 – нижня опорна частина вежі; 8 – верхня частина вежі з парасол'ю; 9 – попарне блокування поліспастів; 10 – електролебідка для переміщення стендів; 11 – тяговий поліспаст

– стропування секції й виштовхування її в нижньому блоці. Фіксація піднятих елементів виконується облаштуванням опорних елементів, розташованих на основі башти (рис. 6.18);

– підтягування зі стенду наступної секції, з'єднання її з раніше встановленою та піднімання (виштовхування) їх на висоту секції.

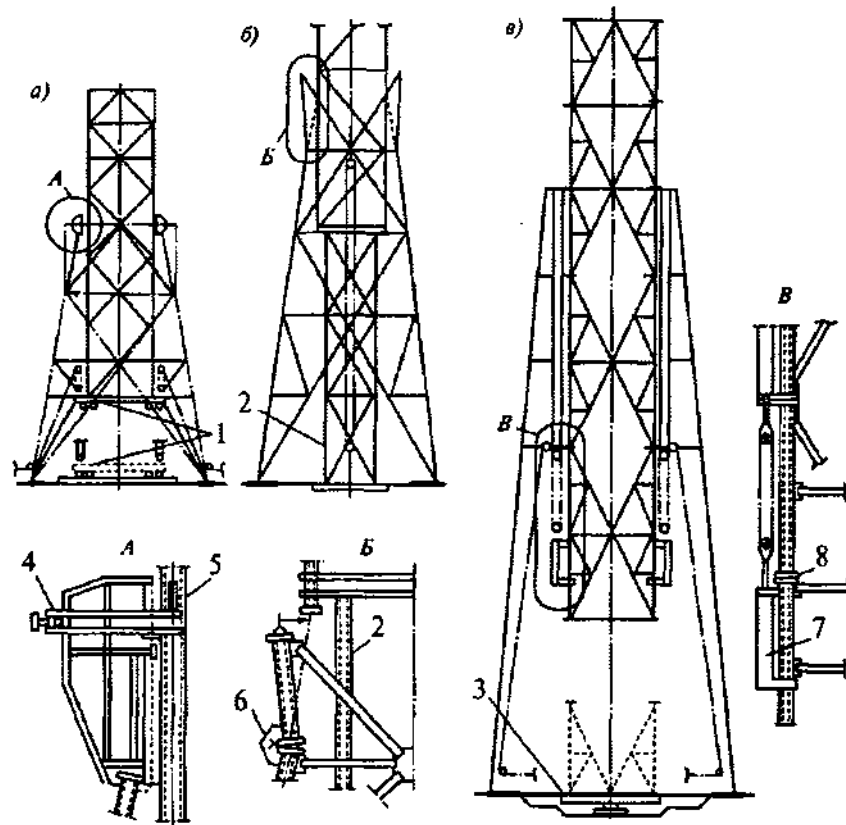


Рис. 6.18. Схема виштовхування верхніх частин баштової споруди при підрощуванні: а - з обпиранням частини, яка виштовхується, на опорні пристрої; б - з інвентарним хвостовиком і розворотом поясів; в - з вертикальними захоплювачами; 1 - стенд підйомно-тягової системи; 2 - висувна опорна балка; 3 - опорний столик; 4 - хвостовик; 5 - шарнір; 6 - хрестовина; 7 – вертикальний захоплювач; 8 - фланцеве з'єднання

У такій послідовності виконується повне зведення баштової споруди. У практиці будівництва цим методом зводяться баштові споруди висотою до 400,0 м.

Прикладом баштової споруди, зведеної методом підрощування, є Київська телевежа. Її зведено в 1973 році. Київська телевежа - металева просторова гратчаста вільностояча висотна споруда висотою 385 м. (рис.6.20)

Це найвища з ґратчастих споруд у світі. Башта зведена за проектом інституту «УкрНДІпроектстальконструкція» імені В. Н. Шимановського. Маса металоконструкцій вежі 2700 т. Башта повністю складається зі сталевих труб різного діаметра. Нижня її частина (база) створена з чотирьох нахилених ґратчастих опор, які підтримують призматичну ґратчасту частину. У центральній частині вежі розташована вертикальна труба діаметром 4 м. Вона слугує шахтою ліфта і плавно переходить в антенну частину.

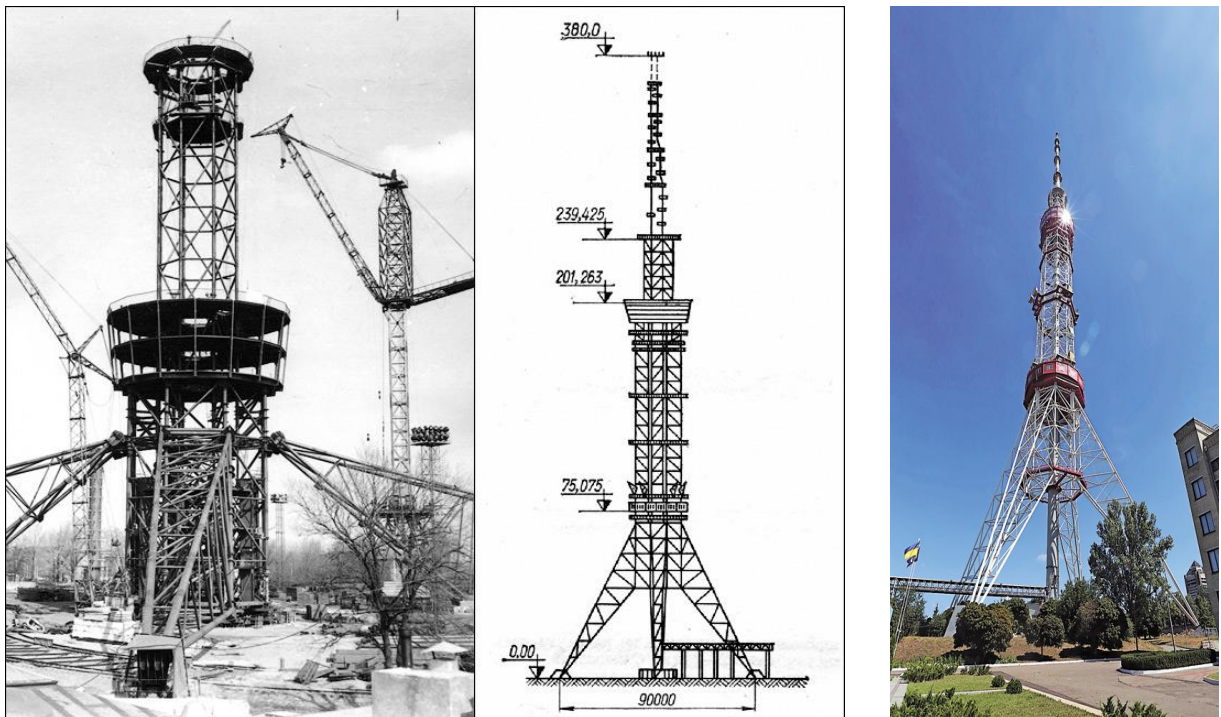


Рисунок. 6.20 - Телевізійна башта в Києві: а - зведення ярусу башти методом підрошування; б - схема башти; в - сучасний вигляд башти

Методом підрошування на подібних об'єктах застосовувався вперше. Будівництво розпочалося зі зведення ґратчастої частини вежі: з початку на землі були змонтовані майбутні опори вежі і встановлено вісім гідравлічних домкратів вантажопідйомністю 200 т. кожен. На них установили зібраний поруч блок верхніх конструкцій башти, які зараз знаходяться на позначці 239м. Конструкцію за допомогою потужних домкратів піднімали в гору, після чого під неї заводили наступний блок, і процес підймання повторювався. Потім опори вежі завели в посадочні місця фундаменту, і

нижня решітчаста частина піднялася на всю висоту. З'єднання трубчастих конструкцій виконано зварюванням. Далі почалося нове підрошування: верхні трубчасті секції антен піднімали вгору за допомогою спеціального підйомника, який був розміщений по центру вежі. Першою наверх пішла верхівка, після чого монтувалися нижні секції до тих пір, поки весь центральний стовбур не виріс до проектної висоти. На заключному етапі стовбур був з'єднаний з ґратчастою частиною і почався монтаж технологічного обладнання.

Метод підрошування дав можливість виконувати складання і зварювання конструкцій на невеликій висоті, що забезпечило високу якість і безпеку робіт.

Правила монтажу конструкцій антенних споруд зв'язку і башт витяжних труб, а також **контроль якості** регламентуються вказівками робочого проекту, а також вимогами будівельних норм. При монтажі і прийманні конструкцій щогл висотою до 500 м і веж висотою до 250 м слід керуватися такими додатковими вимогами

- фундаменти потрібно приймати перед початком монтажних робіт комплектно для кожної щогли або башти. При прийманні слід перевіряти наявність і геометричне положення закладних деталей для кріплення монтажних пристроїв

- бетонування фундаментних вставок (опорних башмаків) слід виконувати після установки, вивірки і закріплення першого ярусу вежі. Опорні фундаментні плити і опорні секції щогл повинні бути забетоновані після їх вивірення і закріплення до установки першої секції стовбура щогли. Монтаж щогл і продовження установки секцій башт дозволяється тільки після досягнення бетоном 50% проектної міцності. Роботу з бетонування оформлюють актами;

- сталеві канати відтяжок повинні мати заводські сертифікати, а ізолятори, що входять до складу відтяжок, - акти механічних випробувань;

- виготовляти і випробовувати відтяжки необхідно, як правило, на

спеціалізованому заводі-виробнику, за винятком випадків, коли в кресленнях КМ обумовлена необхідність проведення цих робіт на монтажному майданчику;

- перевозити відтяжки до місця монтажу при діаметрі каната до 42 мм і довжиною до 50 м допускається в бухтах із внутрішнім діаметром 2 м, при довжинах більше ніж 50 м - намотаних на барабани діаметром 2,5 м, а при діаметрах канатів понад 42 мм - на барабанах діаметром 3,5 м, крім випадків виготовлення і випробування відтяжок на вимогу креслень КМ на монтажному майданчику. У цьому випадку переміщення відтяжок від випробувального стенда слід виконувати без їх згортання.

У процесі підймання та установки конструкцій баштових споруд:

- щогли, котрі мають опорні ізолятори, необхідно монтувати на тимчасовій опорі (передбаченій кресленнями КМ) з подальшим підведенням ізоляторів після монтажу всієї щогли;

- до підймання поясів башт і негабаритних секцій щогл слід проводити послідовне складання суміжних монтажних елементів, щоб перевірити прямолінійність або проектний кута перелому осей сполучних ділянок, а також збіг площини фланців і отворів у них для болтів. У стягнутому болтами фланцевому стику щуп товщиною 0,3 мм не повинен доходити до зовнішнього діаметра труби пояса на 20 мм по всьому периметру, а місцевий зазор у зовнішній кромки по колу фланців не повинен перевищувати 3 мм;

- до підймання чергової секції щогли або башти заглушки труб у верхніх кінцях мають бути залиті бітумом № 4 нарівні з площиною фланця, а дотичні площини фланців - змазані бітумом тієї самої марки. Виконання цих робіт слід оформити актом огляду прихованих робіт;

- болти у фланцевих з'єднаннях слід закріплювати двома гайками;

- натяжні пристрої для відтяжок у щоглових спорудах та для попередньо напружених розкосів решітки в баштах повинні мати паспорти з документами про тарування вимірювального приладу;

- установка секцій стовбура щогли, розташованих вище від місця

кріплення постійних відтяжок або тимчасових розчалок, допускається тільки після повного проектного закріплення і монтажного натягування відтяжок нижчого ярусу;

- усі постійні відтяжки і тимчасові розчалювання кожного ярусу необхідно підтягувати до анкерних фундаментів і натягувати до заданої величини одночасно, з однаковою швидкістю і зусиллям;

- вивірення щогл слід проводити після демонтажу монтажного крана, без підвішених антенних полотен, при швидкості вітру не більше ніж 10 м/с на рівні верхнього ярусу відтяжок.

При приймальному контролі слід керуватися такими правилами:

- граничні відхилення закінчених монтажем конструкцій щогл і башт від проектного положення не повинні перевищувати величин, регламентованих чинними нормами та вказівками проектної документації;

- зварні з'єднання листових трубчастих елементів, якість яких потрібно перевірити при монтажі фізичними методами, слід контролювати одним з таких методів: радіографічним або ультразвуковим в обсязі 10% при ручному або механізованому зварюванні і 5% - у зв'язку з автоматизованим зварюванням. Місця обов'язкового контролю повинні бути вказані в кресленнях КМ.

При здачі споруди в експлуатацію разом з документами, перерахованими в проекті, повинні бути додатково представлені:

- заводські сертифікати на сталеві канати, сплави для заливання втулок та ізолятори;

- акти огляду прихованих робіт на заливання заглушок і обмазування бітумом фланців трубчастих поясів щогл і башт;

- акти на виготовлення та випробування відтяжок для щоглових споруд;

- акти механічних випробувань ізоляторів;

- виконавчі геодезичні схеми положення осей споруди, включаючи осі елементів поясів башт і гратчастих щогл з негабаритними секціями;

- відомість заміряних монтажних натяжок відтяжок щогл.

Враховуючи специфіку, призначення та конструктивні особливості споруд, контроль якості має визначатися в кожному конкретному випадку. Вказівки щодо нього мають бути відображеними в проектно-технологічній документації.

Основні переваги способом підрощування: роботи зі збирання конструкцій та оформлення вузлів виконуються на низьких відмітках, що підвищує безпеку робіт та створює умови для проведення якісного контролю всіх робочих операцій; робочі місця від початку та до кінця монтажу основних конструктивних частин вежі залишаються постійними, що дає можливість їх обладнати та створити хороші санітарні умови для робітників.

Недоліки: наявність потужних допоміжних пристроїв у разі їх обмеженого використання; необхідність тримати всю споруду до заключного моменту монтажу навісу, що вимагає розробки спеціальних заходів, що забезпечують стійкість конструкцій під час монтажу. Монтаж конструкцій підрощуванням вимагає спеціального підходу до проектування споруди на стадії технічного проекту.

6.4 Зведення баштових споруд з монолітного залізобетону

Баштові споруди з *монолітного залізобетону* зводяться методом нарощування з використанням переставної, підйомно-переставної та ковзної опалубки.

Одним з ефективних варіантів є застосування *підйомно-переставної опалубки*. Для цього використовується спеціальний агрегат, який являє собою комплекс обладнання, що включає щити опалубки, майданчики для робітників, системи підймання і транспортування арматури та укладання бетонної суміші. Устаткування розташовується на самопідйомній платформі типу приставного баштового крана.

Технологічна послідовність зведення споруд з застосуванням

підйомно-переставної опалубки включає такі етапи:

- підготовчі роботи, що забезпечують умови для раціонального й безпечного зведення споруди. Будівельний майданчик облаштовується елементами будівельного господарства - адміністративно-побутовими приміщеннями. Підведення необхідних інженерних комунікацій. З огляду на практично безперервну роботу агрегату, слід забезпечити будівельний майданчик розрахунковою кількістю матеріально-технічних ресурсів;
- облаштування агрегату підйомно-переставною опалубкою та засобами механізації й підйомними механізмами;
- зведення стінових конструкцій баштової споруди методом нарощування.

У межах щитів зовнішньої і внутрішньої опалубки влаштовується арматура і укладається бетонна суміш. Після влаштування ділянки стінової частини споруди і досягнення бетоном розпаубочної міцності агрегат здійснює поворот навколо вертикальної осі на величину розміру щитів опалубки.

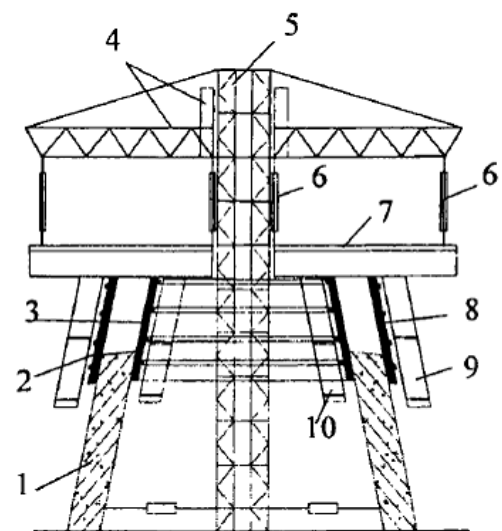


Рисунок 6.21 - Зведення баштової споруди за допомогою підйомно-переставної опалубки: - бетонована стіна; - зовнішні опалубні щити; - внутрішні опалубні щити; - підймальний пристрій; 5, 6 - шахта опорно-підйомного пристрою; підвіски; 7 - робочий майданчик; 8 - опорні балки; 9, 10 - зовнішні і внутрішні підвісні помости

Виконується армування й укладання бетонної суміші наступної ділянки, і агрегат здійснює черговий поворот стріл. Після влаштування стінової конструкції по всій довжині ярусу агрегат з навісним обладнанням та щитами опалубки піднімається на висоту ярусу. Далі роботи по влаштуванню ділянок стін здійснюються в послідовності, зазначеній вище. Кранова установка, наявна в складі агрегату, забезпечує підйом до місця укладання арматури і бетонної суміші; після зведення конструкцій споруди на проектну висоту агрегат опускається на позначку землі, аналогічно приставному баштовому крану і демонтується.

Баштові споруди з монолітного залізобетону зводять також за допомогою *ковзної опалубки*. У такому випадку опалубка кріпиться до раніше зведених конструкцій і пересувається по них у міру нарощування конструкцій (рис. 6.22). Вертикальне пересування опалубки виконується під дією гвинтових домкратів. Домкрати спираються на вертикальні стрижні арматури споруди.

Будівельні матеріали в зону робіт подають приставні крани або вантажопідйомні механізмами, установлені на конструкції опалубки. Технологічна послідовність робіт аналогічна наведеній для використання підйомно-переставної опалубки.



Рисунок 6.22 - Зведення висотної споруди за допомогою ковзної опалубки

Одним з унікальних прикладів зведення башти за допомогою ковзної опалубки є башта в Роттвайлі (Штутгарт, Німеччина). Висота її становить 246 м. Для зведення башти було використано близько $15300,0\text{ м}^3$ бетону. Маса споруди становить 40 000 т. Діаметр башти в нижній частині 21 м. Товщина стінки 40 см. З висоти 110 м товщина стінки зменшується від 40 до 25 см. Призначення башти - тест-вежа компанії «ТіссКрупп» (Thyssen Krupp Test Turm). Башта збудована в 2017 р.

Спочатку було розроблено близько 30000 м^3 ґрунту і каменю при влаштуванні котловану під фундамент. Пальові фундаменти було заглиблено на 30м. Після влаштування фундаментного ростверку почали зводити стовбур. Завдяки застосуванню ковзної опалубки башта зростала на 3,6 м щодоби. Бетонна суміш подавалась насосами і вкладалася з інтенсивністю майже 8 м^3 у кільцеву опалубку шаром товщиною близько 20 см. за годину. Як тільки бетон у нижній частині опалубки досягав необхідної міцності, опалубні елементи піднімалися вище за допомогою гідравлічних домкратів. Це відбувалося приблизно кожні 10хв. із кроком на 2,5 см. Безперервне ковзання опалубки приводить до безадгезійного контакту. Будівельні матеріали подавались за допомогою приставного крана. На будівництві цілодобово було задіяне 20-30 робітників.

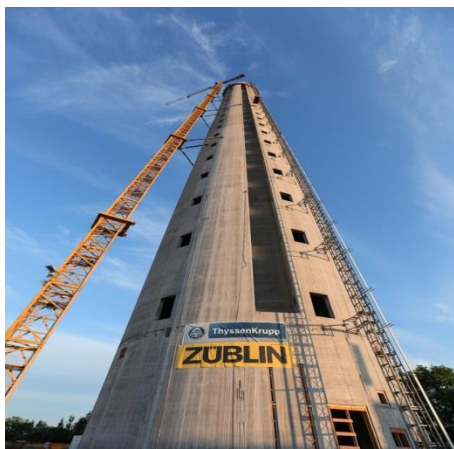


Рисунок 6.23 - Будівництво башти в Роттвайлі (Німеччина) в ковзній опалубці

Зведення баштових споруд зазначеним способом забезпечує високу якість робіт і рівномірний процес зведення будови.

Цим методом зводилася також башта «Сі-Ен Тауер» у Торонто (Канада). Висота башти «Сі-Ен Тауер» становить 553,33 м. Для бетонування конструкцій при зведенні башти використали триярусний самопідйомний агрегат. У 1960-ті роки. у Швеції було розроблено більш прогресивну технологію будівництва залізобетонних труб – метод ковзної опалубки (рис. 6.15). У цьому випадку робочий майданчик з опалубкою рухається від нульової позначки, піднімаючись на домкратних стрижнях, які залишаються в тілі бетону. Висота опалубки 1,2 м, але укладання бетону відбувається шарами по 20-30 см. шар набуває конструктивної міцності 5 МПа, укладається наступний.

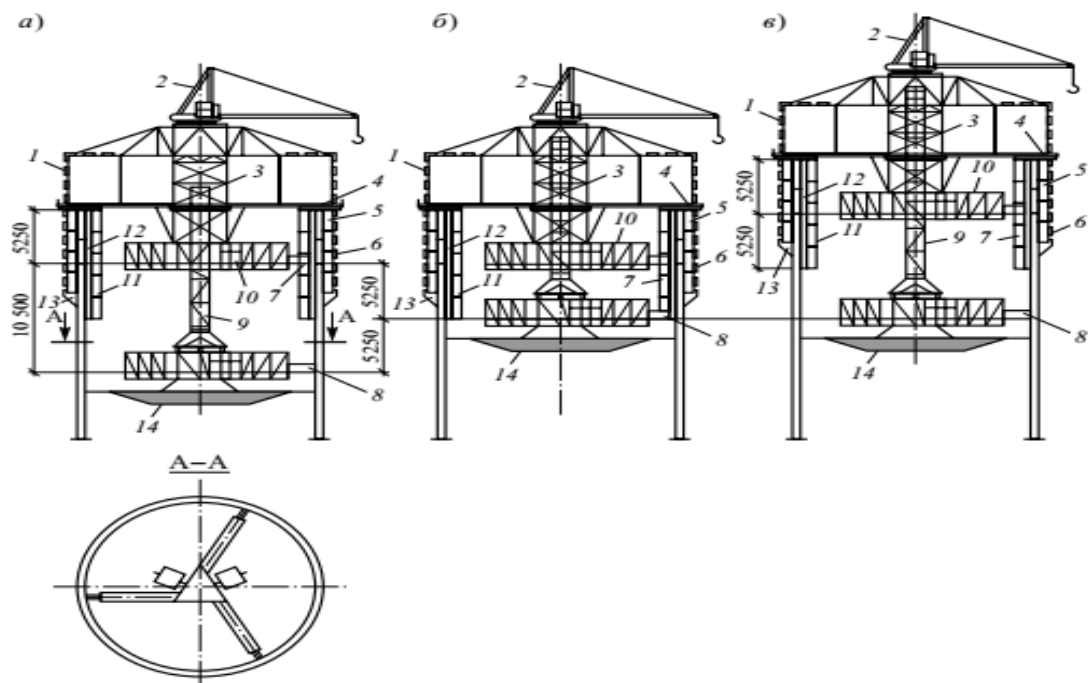


Рисунок 6.15 - Схема бетонування ствола башти за допомогою самопідйомного агрегату: а...в - послідовні етапи бетонування ствола та переміщення агрегату; 1 - обшивка теплої; 2 - повно поворотний кран вантажопідйомністю 5 т; 3 - обойма агрегату; 4 - робоча майданчик; 5 - зовнішня опалубка; 6 - зовнішні підвісні риштування; 7, 8 - висувні опори обойми та стовбура; 9 - ствол агрегату; 10 - опорні балки агрегату; 11 - внутрішні підвісні ліси; 12 - внутрішня опалубка; 13 - «спідниця» теплої; 14 - захисний майданчик

Метод ковзної опалубки дозволяє нарощувати трубу, що будується, на 3 м і

більше за добу, процес йде практично безперервно, і немає необхідності розбирати та збирати опалубку. Однак це складна та дорога технологія. Устаткування для будівництва труб методом ковзної опалубки виробляють тільки дві фірми у світі, та його експлуатація настільки складна, що доводиться використовувати його тільки під контролем іноземних супервайзерів, що репрезентують виробника. Будувати конічні споруди цим методом вміють тільки австрійці. Метод ковзної опалубки має ще два недоліки. По-перше, його практично не можна застосовувати за мінусових температур (при безперервній подачі та укладання бетонної суміші виникають проблеми з термообробкою та витримуванням бетону), а по-друге, технологія передбачає безперебійне підвезення бетону за жорстким графіком поставки протягом тривалого часу виконання робіт.

Одним з унікальних висотних баштових споруд з монолітного залізобетону є димова висотна труба Харківської ТЕЦ-5. Висотна труба була збудована на початку 1991 р. Висота труби складає 330 м. Для порівняння, це така ж висота, як й у Ейфелевої вежі. При зведенні вказаної споруди було запропоновано принципово нову конструкцію димової труби з прохідним зазором. Така труба складається з двох «стовбурів»: внутрішнього газовідводу з металу і зовнішньої несучої труби з залізобетону. До головних переваг висотних труб із прохідним зазором відносять більш високу при рівних розмірах пропускну здатність за рахунок відсутності звуження діаметра газовідводу по висоті і більшу простоту технології будівництва.

Залізобетонний стовбур труби має в основі діаметр 32,4 м, а починаючи з висоти 165 м і до самої вершини діаметр складає 15,3 м. Товщина стінки залізобетонного стовбура змінюється від 80 см унизу до 25 см нагорі. Відхилення верха труби від вітрового тиску складає близько 20 см. Вплив сонячної радіації може викликати більш сильне відхилення аж до 70 см. Однак у цілому конструкція залізобетонного стовбура має підвищену жорсткість у порівнянні з трубами інших типів. Металевий стовбур газовідводу ТЕЦ-5 має діаметр 10,9 м. Стовбур складається з 6 царг вагою по

161 т. Кожна царга кріпиться до несучого залізобетонного стовбура за допомогою 14 металевих підвісок і розтяжок. Піддатливість цих підвісок забезпечує компенсацію температурних деформацій царг під час експлуатації труби. Проектна товщина стінки металевого стовбура 8 мм, з яких 4,5 мм відведено на корозійний знос за умови 30-річної експлуатації.

Наведені технології мають досить широке розповсюдження в світовій практиці. Облаштування опалубних систем постійно удосконалюється та оснащується системи роботизації та безпеки.

При прийманні закінчених залізобетонних конструкцій баштових споруд необхідно здійснювати постійний *моніторинг якості виконаних робіт*. У процесі зведення споруди слід перевіряти:

- відповідність конструкцій робочим кресленням;
- якість бетону за міцністю, а в необхідних випадках - за морозостійкістю, водонепроникністю та іншими показниками, зазначеними в проекті;
- якість застосовуваних у конструкції матеріалів, напівфабрикатів і виробів.

Приймання закінчених залізобетонних конструкцій або частин споруд слід оформлювати в установленому порядку актами огляду прихованих робіт та актами на приймання відповідальних конструкцій.

Вимоги, що пред'являються до закінчених залізобетонних конструкцій або частин споруд, вказуються в проектній документації і повинні задовольняти вимоги норм.

Безпека праці робіт зі зведення баштових споруд забезпечується дотриманням вимог щодо зведення будь-яких висотних будівель і споруд. При роботі на висоті мають бути використані засоби безпеки. Це захисні екрани, уловлювальні сітки та козирки. Робітники мають користуватися індивідуальними засобами безпеки. Детальні вказівки щодо забезпечення безпеки виконання будівельних робіт наведено в розділі 2 та мають бути деталізовані в проектно-технологічній документації.