



ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ БАШТОВИХ СПОРУД

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.

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.



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.



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)

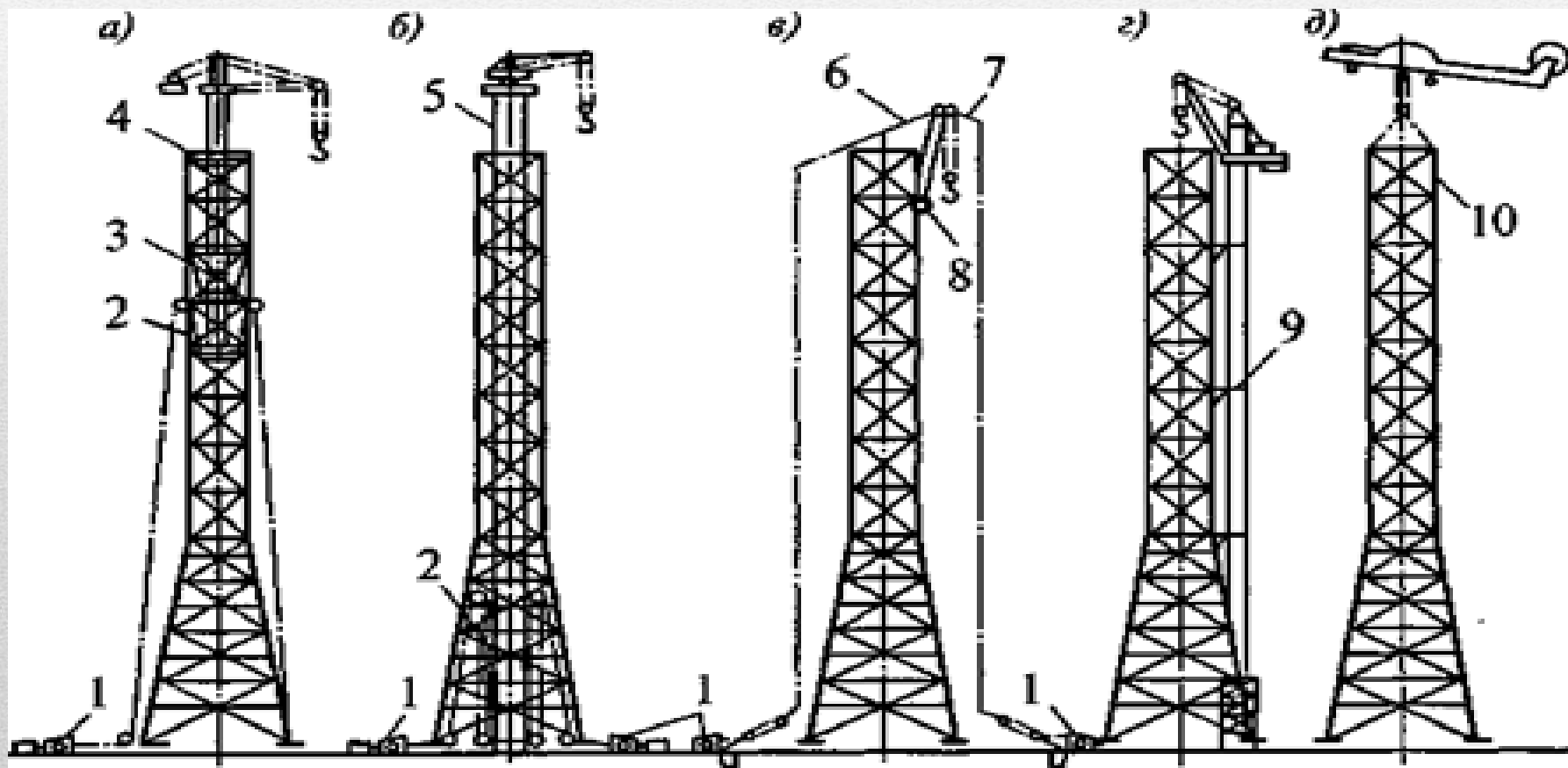
обмежена кількість робочих місць у зоні виконання робіт

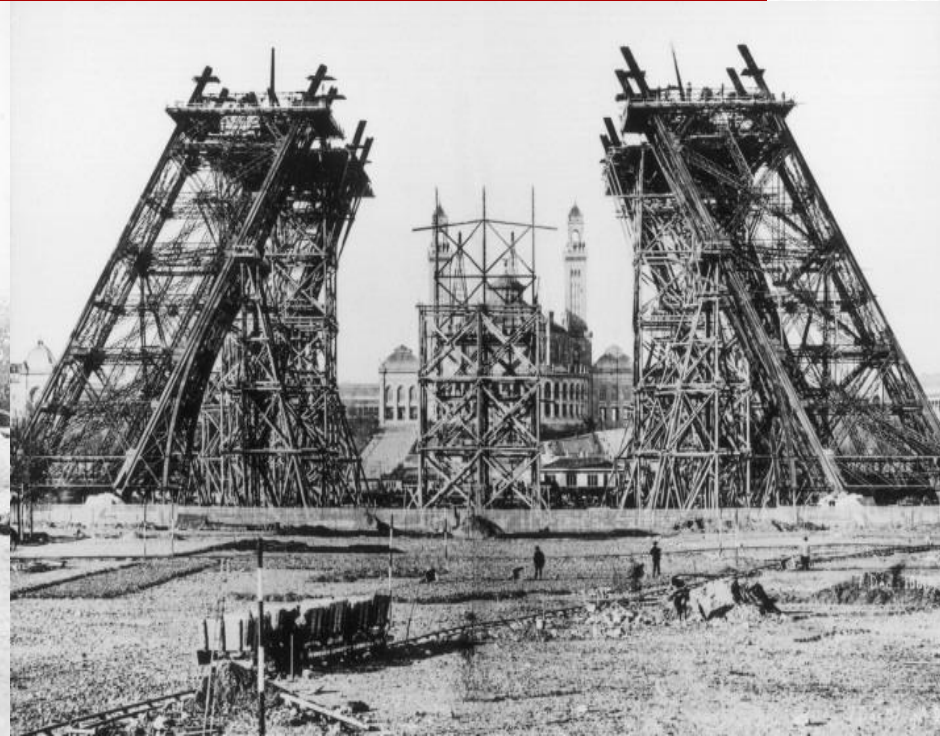
підвищені вимоги до якості будівельних елементів, конструкцій і будівельно-монтажних робіт

невелика трудомісткість робіт з монтажу і, відповідно, мінімальна тривалість зведення

підвищені вимоги з безпеки виконання будівельно-монтажних робіт

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.





View of 100 meters

Montage des poutres au-dessus du 1^{er} étage (14 Mars 1889)



Одним з унікальних прикладів зведення баштової споруди методом нарощування є будівництво Ейфелевої вежі в Парижі. 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.



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

1) Виконується влаштування фундаментів споруди та фундаментів якорів для закріплення монтажних лебідок і закріплення відвідних блоків, тимчасових розчалок, іншого монтажного обладнання;



2) Виконуються роботи з влаштування фундаментів споруди;

3) Здійснюється послідовний монтаж (нарощування) споруди за допомогою прийнятих вантажопідіймальних механізмів. Одночасно зі зведенням основних будівельних конструкцій споруди виконується монтаж технологічного обладнання.



4) Після виконання основних видів монтажних робіт монтажні засоби розбирають.



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

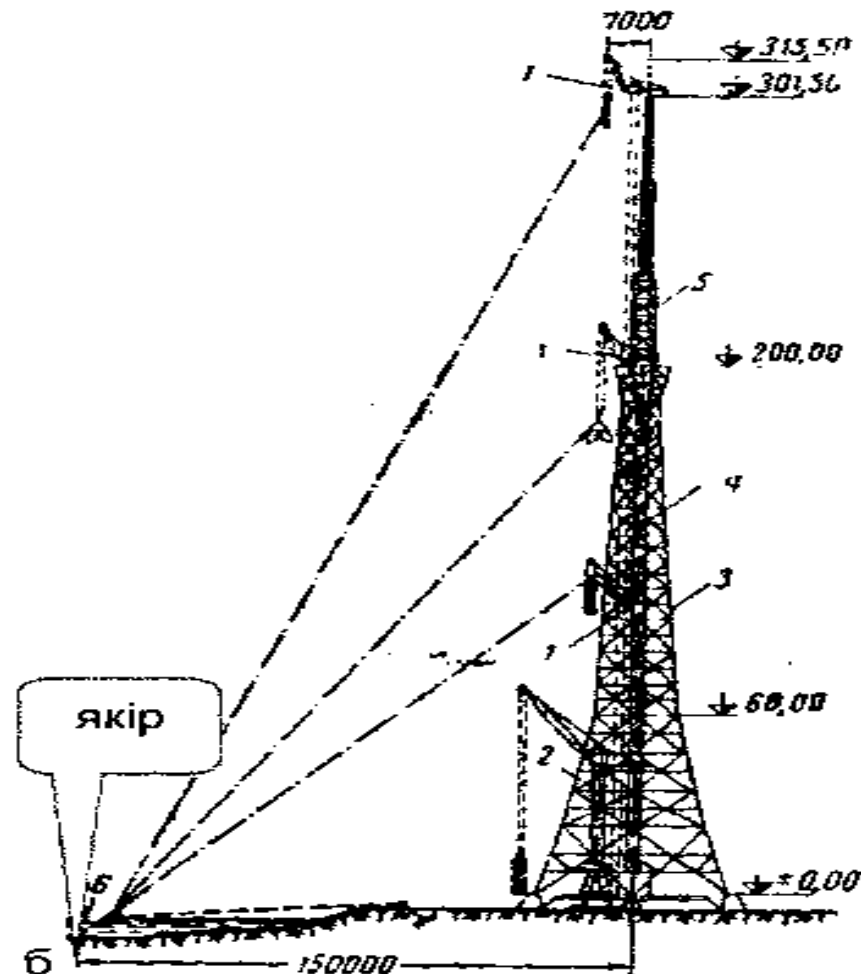
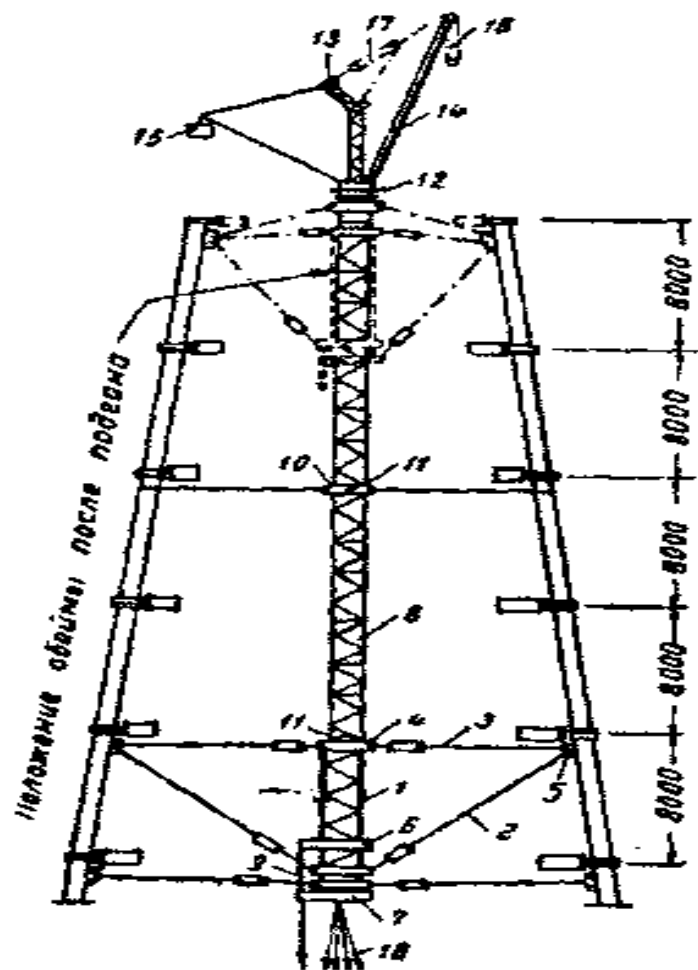


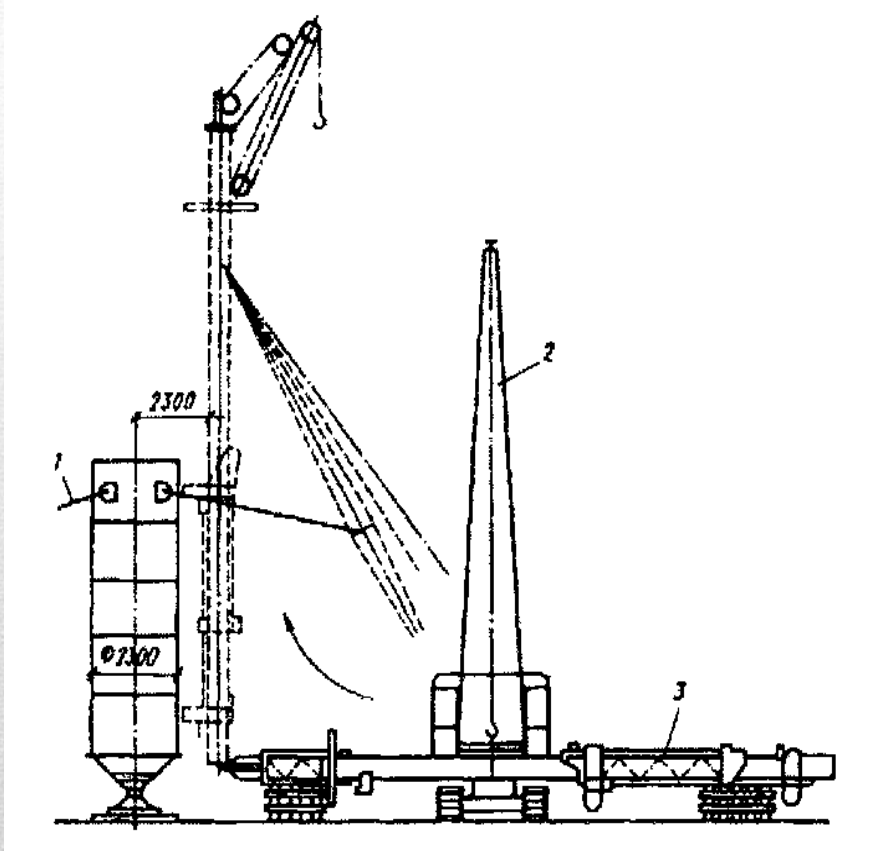
Останнім часом широкого розповсюдження в світі набуло будівництво баштових споруд вітрогенераторів. Зводять їх методом нарощування укрупненими чи повністю готовими блоками. Для монтажу конструкцій використовують самохідні пневмоколісні крани.



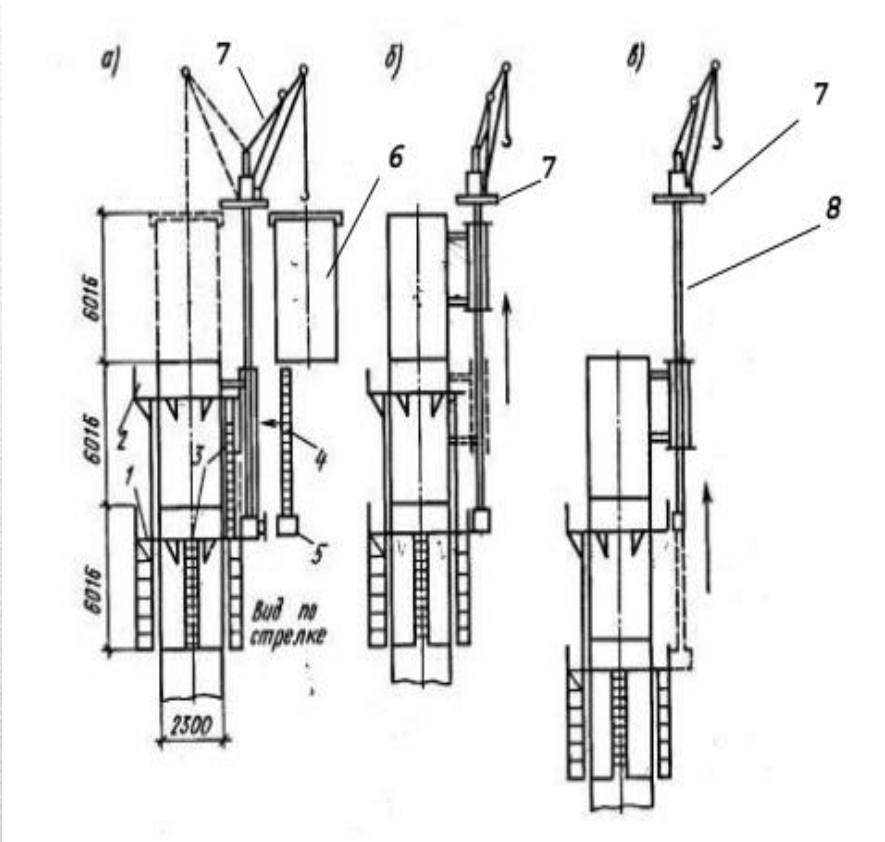
Технологічний процес зведення таких споруд вирізняється ретельною інженерною підготовкою будівельних процесів. Важливим є точний розрахунок вантажопідйомності механізмів, забезпечення просторового положення в процесі піднімання та кріплення.

При монтажі конструкцій універсальними підвісними самопідіймальними кранами останній розташовують і переміщують у середині башти.



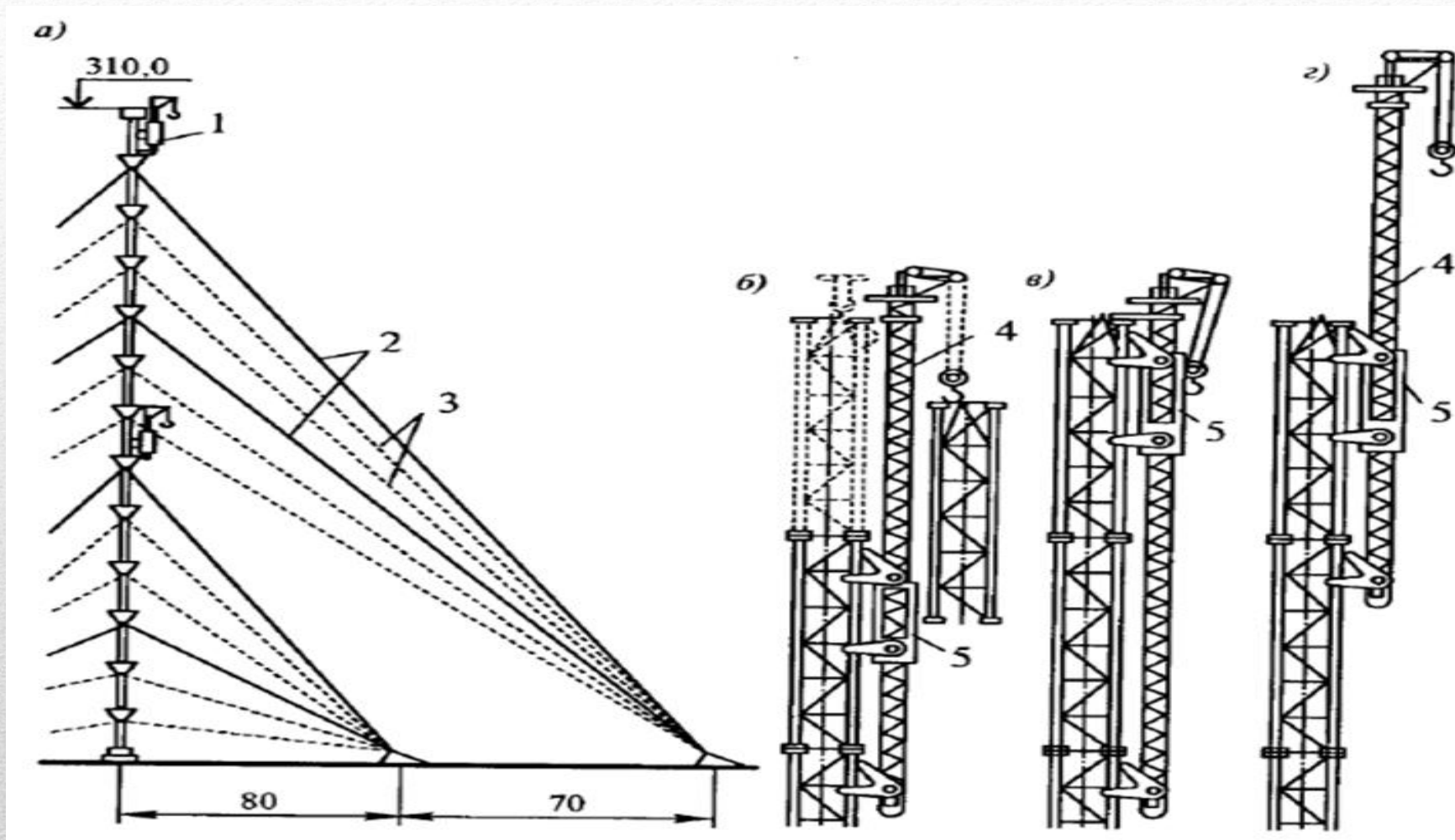


перед підніманням



~~самопідйомний кран; 8 – башта крану~~

За аналогічною технологією зводяться щогли ґратчастого типу



а - загальний вигляд; б - встановлення секції щогли; в - підйом обойми крана; г - підйом стовбура крана; 1 - самопідйомний кран; 2 - постійні відтяжки; 3 - тимчасові розчалки; 4 - стовбур крана; 5 - обойма крана



Монтаж баштових споруд за допомогою *літальних апаратів* досить широко використовується в практиці будівництва.

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.

Процес монтажу гелікоптером включає такі операції:

підготовку блоків, які оснащуються уловлювачами грубого і точного наведення

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 MI-10K)

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)

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.

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:

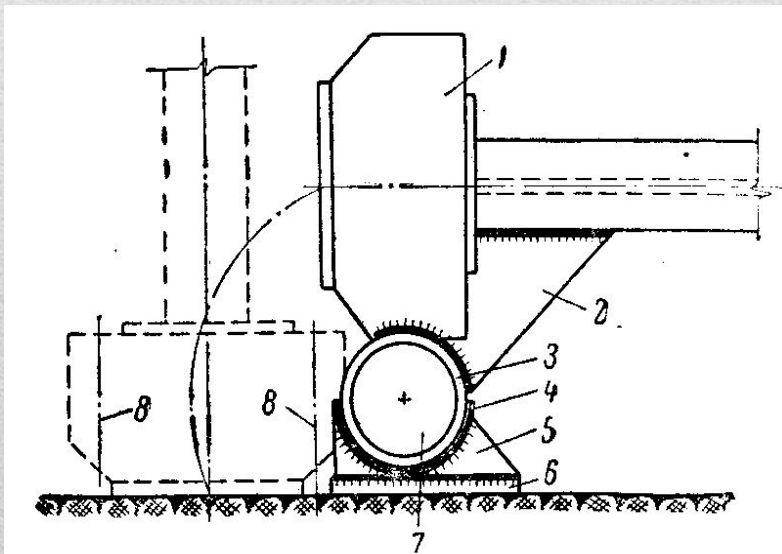
1) від початку повороту до положення нестійкої рівноваги, коли центр ваги башти проходить через поворотний шарнір;

2) коли включаються в роботу гальмівні відтяжки і поліспасти, що забезпечують плавне опускання опорних башмаків на фундаменти.



Шарнірне з'єднання споруди з фундаментом

- 1 – основа споруди;
- 2, 5 – косинка;
- 3 – внутрішня поворотна труба;
- 4 – зовнішня нерухома труба;
- 6 – підкладний лист;
- 7 – бетонна підготовка;
- 8 – осі фундаментних болтів



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

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).

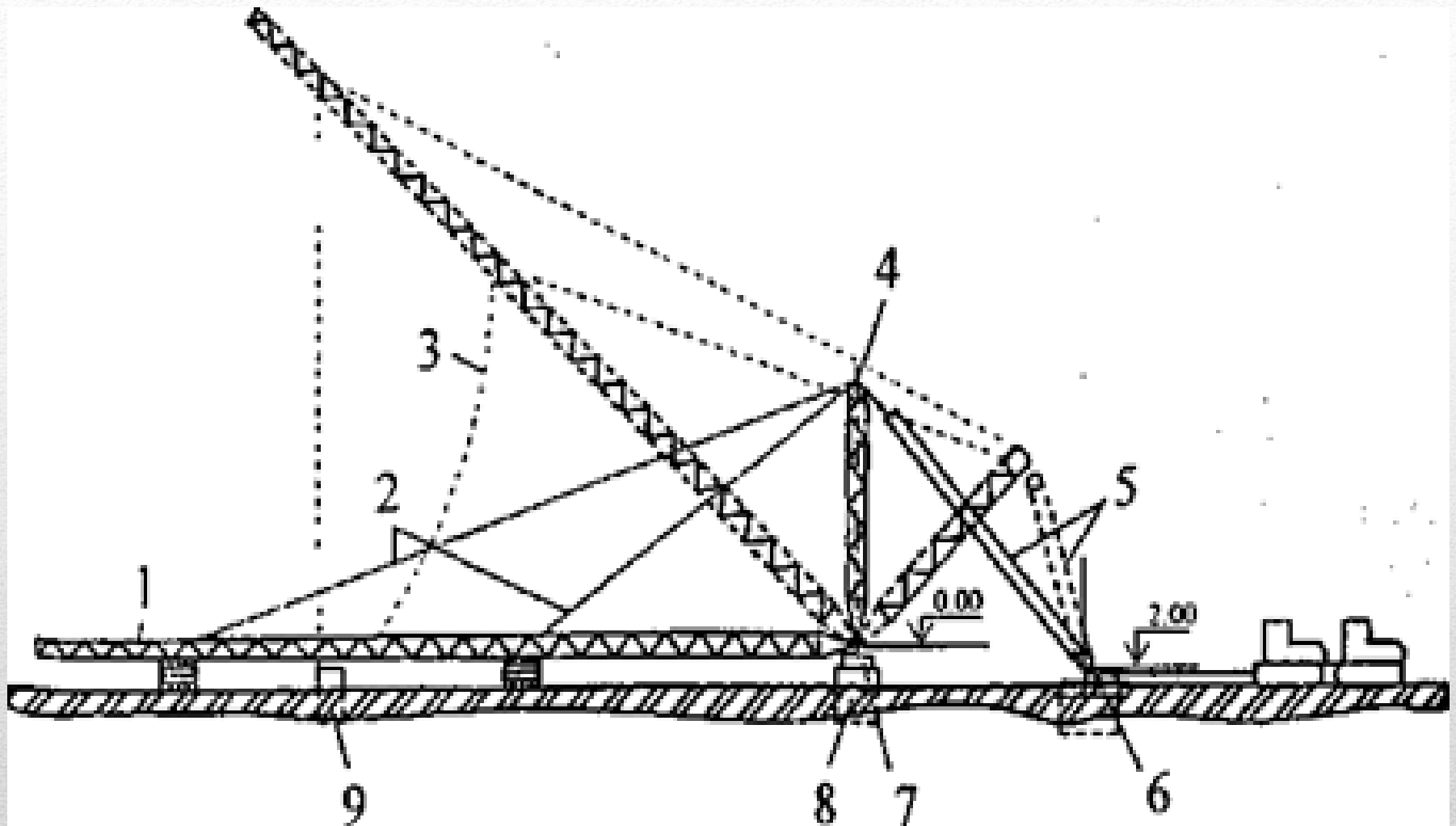


Схема монтажу щогли методом повороту за допомогою тракторів: 1 - щогла; 2 - підймальні тяги; 3 - відтяжки; 4 - «падаюча» стріла; 5 – підймальний поліспаст; 6 - якір; 7 - шарнір (тимчасова опора); 8 - фундамент щогли; 9 - тимчасова опора анкера (якір).



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



Монтаж секції труби телескопічним мобільним краном LTM 1350-6.1

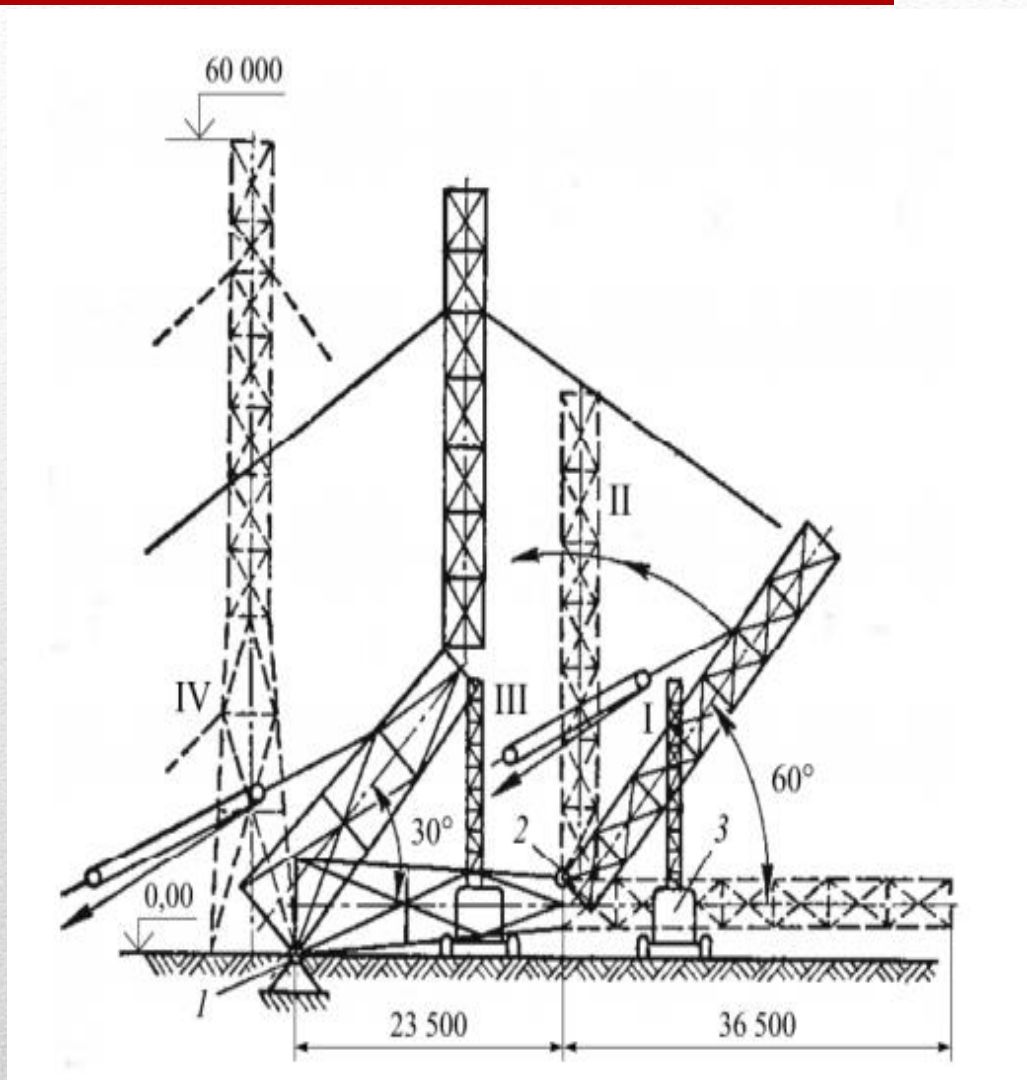


Монтаж секції труби монтажною щоглою та допоміжним краном Demag CC 8800

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 місця 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.



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

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

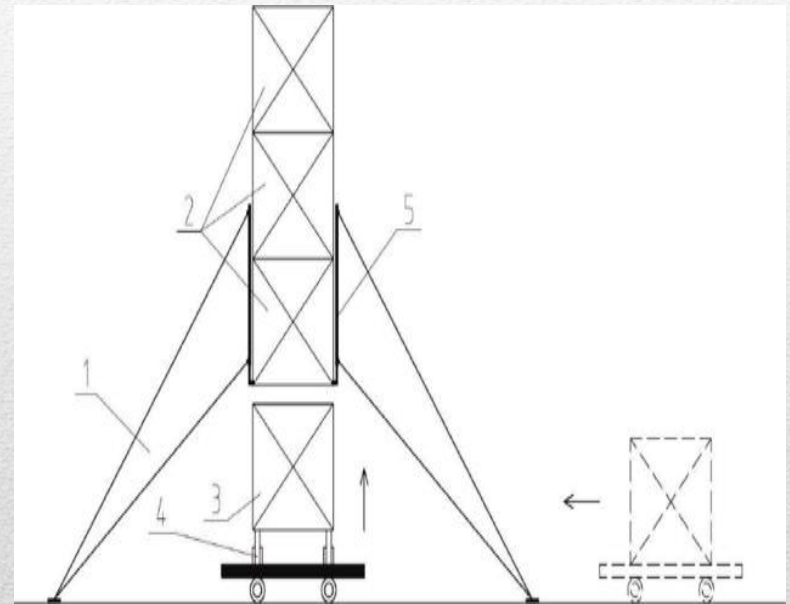
2-й етап – дотяжка верхньої секції за допомогою поліспасти та розчалки до положення, у якому кут відхилення її від вертикалі досягне трохи більше 3° ;

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 3° . Потім знову піднімають нижню секцію кранами і цикл повторюється. Таким чином, споруду піднімають доти, поки нижня частина його не піднімається на кут 90° , після чого навантаження з кранів передається на поліспаст, що підтягує;

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

Метод підрощування полягає в тому, що на частково зведений баштовий 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 виштовхуванні.



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:

1. Найскладніші і трудомісткі процеси складання конструкцій виконують на низьких відмітках;
2. Сталість робочих місць дає можливість добре їх оснастити, обладнати і захистити від негоди;
3. Залежність від метеорологічних умов через відсутність робіт на значних висотах мінімальна;
4. Високий ступінь безпеки робіт;
5. Якісний операційний контроль.



Технологічна послідовність зведення баштових споруд методом підрощування включає такі етапи:

1. Підготовчі роботи (облаштування будівельного майданчика);

2. Виконання земляних робіт та робіт з улаштування фундаментів споруди;

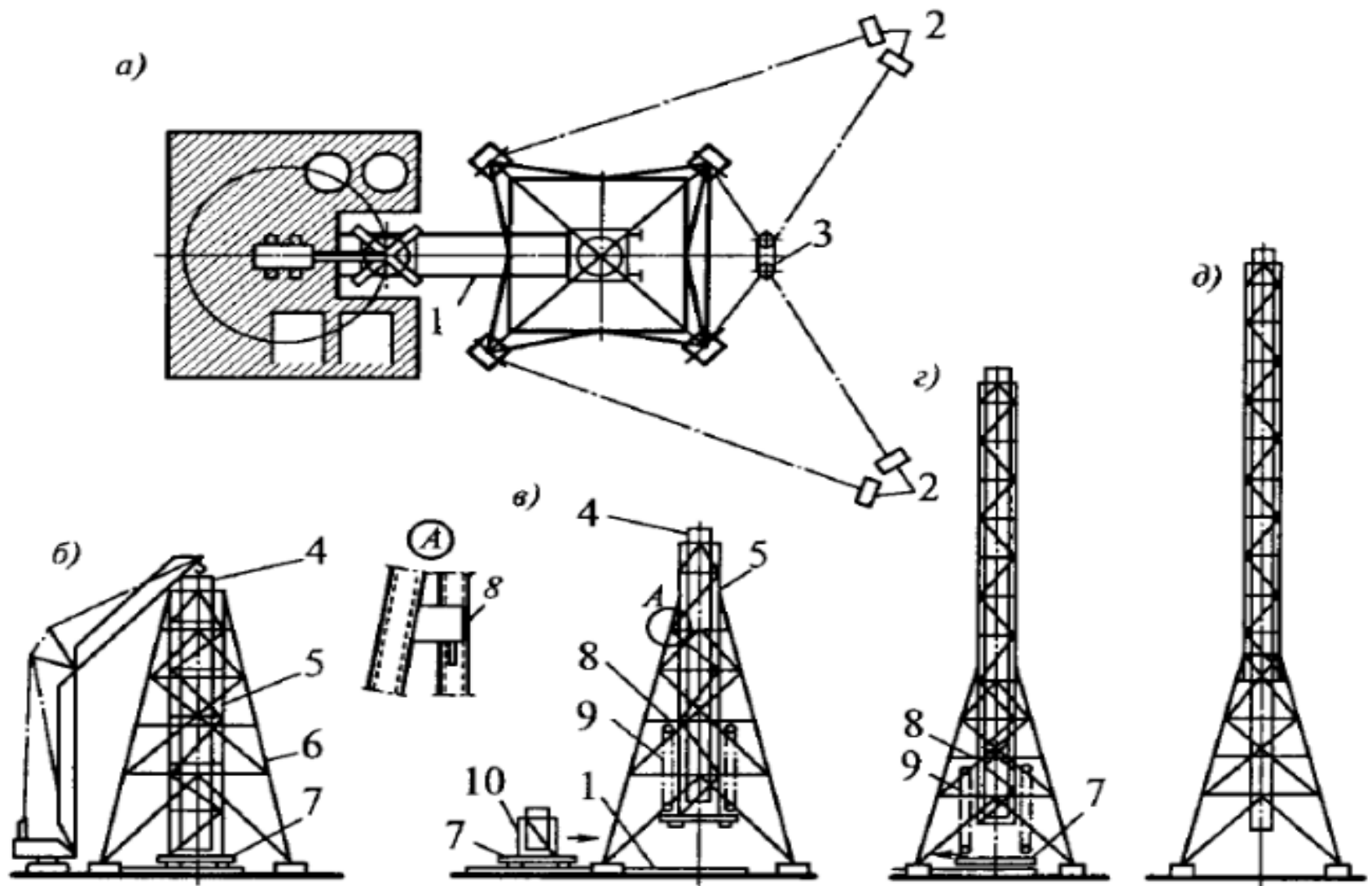
3. Зведення конструкцій нижнього блока, що є опорною частиною всієї споруди. Роботи ведуться за допомогою стрілових кранів методом нарощування;

4. Облаштування майданчика укрупненого складання (стенду) баштової споруди і влаштування якорів для кріплення лебідок;

5. Підтягування секції зі стенду укрупненого складання всередину нижнього блока;

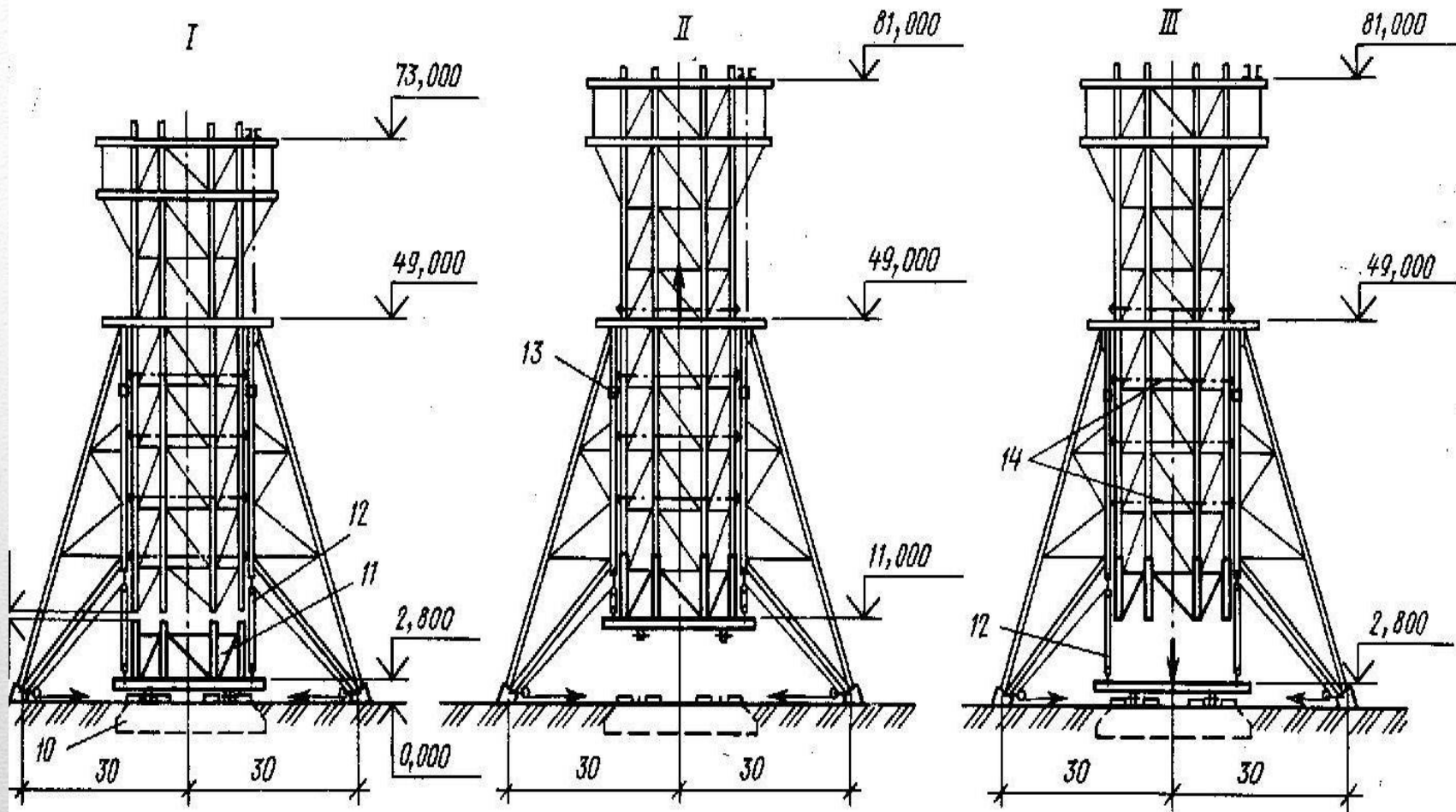
6. Строповування секції й виштовхування її в нижньому блоці. Фіксація піднятих елементів виконується облаштуванням опорних елементів, розташованих на основі башти;

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



Послідовність складання і виштовхування блоків баштової споруди:

а - план; б - початковий етап; в - перший етап виштовхування; г - проміжне положення; д - перед проектне положення; 1 - рейкові шляхи; 2 - електролебідки; 3 - вирівнювальна ланка; 4 - стовбур башти; 5 - призматична частина; 6 - пірамідальна частина башти;

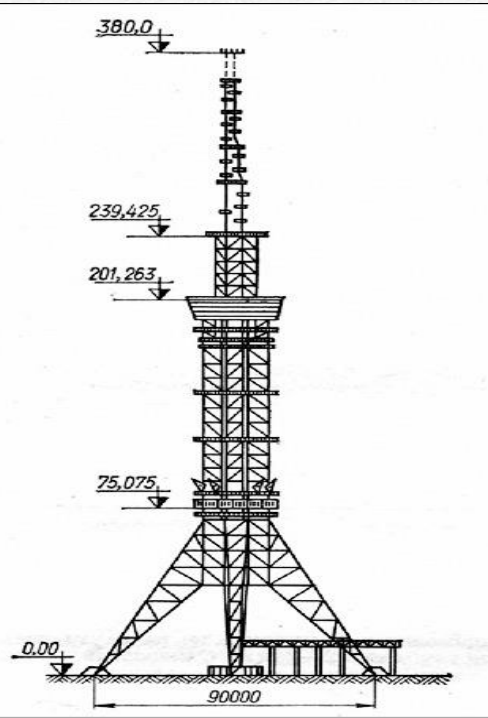


I – підведення укрупненого блоку разом із стендом у простір між фундаментом та піднятою частиною вежі;

II – підйом стенда разом з частиною вежі (після проектного закріплення блоку, що підрощується, з піднятою частиною вежі);

III – передача навантаження від піднятої частини вежі на упори, що висувуються, і опускання стенду на рейкові шляхи для повернення його в зону укрупнювального складання

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. Це найвища з гратчастих споруд у світі.



Маса металоконструкцій вежі 2700 т. Башта повністю складається зі сталевих труб різного діаметра.

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.

Приймання змонтованих конструкцій проводиться у процесі зведення споруд відповідно до проекту.

На приховані роботи складають проміжні акти: на встановлення закладних частин у центральному фундаменті щогл та у фундаментах веж; також в анкерних фундаментах щогл; на заливання бітумом фланців трубчастих поясів щогл та веж; натяг гнучких розкосів ключами з контрольованим зусиллям; на виготовлення та випробування постійних відтяжок.

Після остаточного закріплення всіх елементів конструкцій здійснюється приймання всієї споруди. Геодезична зйомка проводиться після демонтажу монтажних кранів та пристроїв, без підвішених полотен або антени, якщо швидкість вітру не перевищує 25% розрахункової.

При здачі конструкцій пред'являються такі документи: креслення сталевих конструкцій; заводські сертифікати на сталеві конструкції, канати, сплави, металовироби, електроди та інші матеріали, що входять до конструкції споруди та застосовані на монтажі; акти приймання прихованих робіт. Крім того, при здачі споруд пред'являються копії дипломів зварювальників, результати геодезичної зйомки, журнали ведення зварювання та виконання робіт та документи про погодження допущених відступів від проекту.

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.



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. Вертикальне пересування опалубки виконується під дією гвинтових домкратів. Домкрати спираються на вертикальні стрижні арматури споруди.



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.
