

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА  
ТА АРХІТЕКТУРИ

**КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВЕЛЬНОГО  
ВИРОБНИЦТВА**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

**З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО  
ВИРОБНИЦТВА (СПЕЦКУРС 1)»**

ДЛЯ СТУДЕНТІВ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «БАКАЛАВР»  
СПЕЦІАЛЬНОСТІ 192 «БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ»  
СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ «ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО»

**Одеса 2019**

УДК 693

Рекомендовано до друку Вченою Радою Інженерно-будівельного інституту Одеської державної академії будівництва і архітектури.

Протокол № від 20 лютого 2019 р.

Укладачі:

к.т.н.. доц. Трофимова Л. Є.,

к.т.н., доц. Олійник Н. В.,

ст.викладач Колодяжна І.В.

Рецензенти:

Шевчук В. Д., Головний інженер ООО «Промармкомплект»;

Файзуліна О.А., к.т.н., доцент кафедри організації, будівництва та охорони праці Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Відповідальний за випуск: завідувач кафедрою технології будівельного виробництва д.т.н., проф. Менейлюк О. І.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	5
<b>ЛЕКЦІЯ 1</b>	6
1.1. Монтаж будівельних конструкцій. Загальні відомості.	6
1.2. Потоківість будівельних процесів	10
Контрольні питання	15
<b>ЛЕКЦІЯ 2</b>	17
2.1. Засоби механізації монтажних робіт при зведенні об'єктів	17
2.2. Способи транспортування та укрупнення конструкцій	20
Контрольні питання	33
<b>ЛЕКЦІЯ 3</b>	35
3.1. Методи монтажу будівельних конструкцій	35
3.2. Зведення одноповерхових промислових будівель	43
Контрольні питання	54
<b>ЛЕКЦІЯ 4</b>	57
4.1. Зведення багатоповерхових каркасних будівель.	57
4.2. Монтаж великопанельних безкаркасних будівель	67
4.3. Монтаж будівель з великих блоків.	70
4.4. Монтаж будівель з об'ємних блоків	72
4.5. Зведення баштових споруд	74
4.6. Зведення просторових будівель і споруд	106
4.7. Зведення висотних будівель спеціальними методами	135
Контрольні питання	145
<b>ЛЕКЦІЯ 5</b>	148
5.1. Бетонні та залізобетонні роботи. Загальні відомості	148
5.2. Опалубні роботи. Загальні відомості	150
5.3. Види опалубки	153
Контрольні питання	165
<b>ЛЕКЦІЯ 6</b>	167

6.1. Види опалубки (продовження)	167
6.2. Арматурні роботи	183
Контрольні питання.	199
<b>ЛЕКЦІЯ 7</b>	202
7.1. Приготування бетонної суміші	202
7.2. Транспортування бетонної суміші	206
7.3. Бетонування конструкцій	219
Контрольні питання	227
<b>ЛЕКЦІЯ 8</b>	229
8.1. Бетонування конструкцій (продовження)	229
8.2. Вистоювання бетону і догляд за ним	245
8.3. Контроль міцності бетону	249
8.4. Розпалублення конструкцій	251
8.5. Виконання бетонних робіт в зимових умовах	254
8.6. Виконання бетонних робіт в умовах сухого жаркого клімату	265
Контрольні питання	268
<b>ЛІТЕРАТУРА.</b>	271

## ВСТУП

Зведення сучасних будівель і споруд вимагає значного підвищення продуктивності праці, зниження вартості, скорочення тривалості та поліпшення якості будівництва. Для цього необхідно підвищити рівень індустріалізації будівельного виробництва, розширювати застосування нових ефективних конструкцій, вдосконалювати методи зведення.

Зведення таких будівель і споруд різноманітне за призначенням, обсягами робіт, плануванням, конструкціями, місцевими кліматичними та геологічними умовами, а з цим зв'язана й різноманітність об'ємно-планувальних і конструкторських, проектних і технологічних рішень. Усе це треба враховувати під час вибору методів будівництва кожного конкретного об'єкта.

Вивчення лекційного курсу «Технологія будівельного виробництва (спецкурс)» має велике значення для формування спеціалістів, здатних ефективно організувати будівельні процеси, здійснити їх у визначені строки і створити кінцеву продукцію у вигляді готових до експлуатації будинків та споруд необхідної якості.

## ЛЕКЦІЯ 1

### Тема 1. Монтаж будівельних конструкцій. Загальні відомості

### Тема 2. Потоковість будівельних процесів

#### 1.1. Монтаж будівельних конструкцій. Загальні відомості

В умовах індустріалізації монтаж будівельних конструкцій є ведучим технологічним процесом.

**Монтаж будівельних конструкцій** — комплексно-механізований процес зведення будинків, споруд або їх частин з елементів чи вузлів заводського виготовлення.

До складу комплексного процесу монтажу будівельних конструкцій входять три групи процесів: **транспортні, підготовчі** та **суто монтажні**.

**Транспортні процеси** забезпечують доставлення конструкцій і технічних засобів на будівельний майданчик. Для цих процесів використовується транспорт загального призначення та спеціальний технологічний транспорт. До транспортних процесів належать: навантажування монтажних елементів, їх перевезення, розвантаження. Вони поділяються на два види: доставлення матеріалів та виробів на склади будівельного майданчика або до монтажного крану; подавання матеріалів до певного робочого місця. Транспортні процеси другого виду завжди виконують разом з монтажно-укладальними, вони є складовою частиною технології зведення будинків.

**Підготовчі (допоміжні)** процеси виконують перед монтажними або водночас з ними. Вони забезпечують ефективне виконання основних процесів, поліпшення якості продукції або підвищення ступеня безпеки виконання робіт. Це підготовка і випробування монтажного обладнання, попереднє оснащування конструкцій такелажним приладдям, риштуваннями, пристроями для вивірення та тимчасового закріплення, підготовка монтажних елементів і деталей (складається з очищення елементів і закладних деталей; перевірки правильності

розміщення і, коли потрібно, вирівнювання закладних деталей та арматурних випусків; нанесення встановлювальних рисок; укрупнююче складання елементів і підсилення їх перед монтажем) тощо.

*Суто монтажні (основні) процеси* – це встановлення конструкцій у проектне положення, їхнє закріплення та обробка стиків. Процес встановлення конструкцій складається з комплексу послідовно виконуваних робочих операцій, а саме: стропування монтажних елементів, їх піднімання або переміщення, наведення та встановлення на опори або заведення у стик, вивіряння, тимчасове і постійне закріплення (рис. 1.1).

Паралельно з монтажем конструкцій можливе виконання інших супутніх процесів та операцій, які забезпечують підготовку фронту робіт, бетонування стиків, зварювання, встановлення болтів, антикорозійний захист, герметизацію тощо. Режим і параметри монтажного процесу визначаються виробничою потребою і регламентуються нормативними або директивними термінами будівництва.

За останні роки широкого застосування набули методи укрупненого складування конструкцій на конвеєрних лініях; піднімання поверхів та перекриттів; повертання повністю зібраних щогл, башт, технологічних апаратів; підрощування каркасів інженерних споруд та насунання окремих частин або всього будинку. Опановуються методи пневмопіднімання конструкцій, використання під час монтажу різних літальних апаратів та інших монтажних засобів. Упроваджується безкрановий монтаж, який ґрунтується на використанні домкратних підйомників різних конструкцій; створено потужні стрілові й баштові крани, які мають підвищену мобільність і вантажопідйомність. Дедалі ширшого застосування набуває радіопрограмне керування кранами, що дає змогу виключити знакову сигналізацію між кранівником та монтажником, не зовсім зручну, якщо немає прямої видимості. Крім радіозв'язку в кабіні кранівника встановлюють телевізор, передавальний пристрій якого напрямлений на проектні позначки монтованої конструкції.

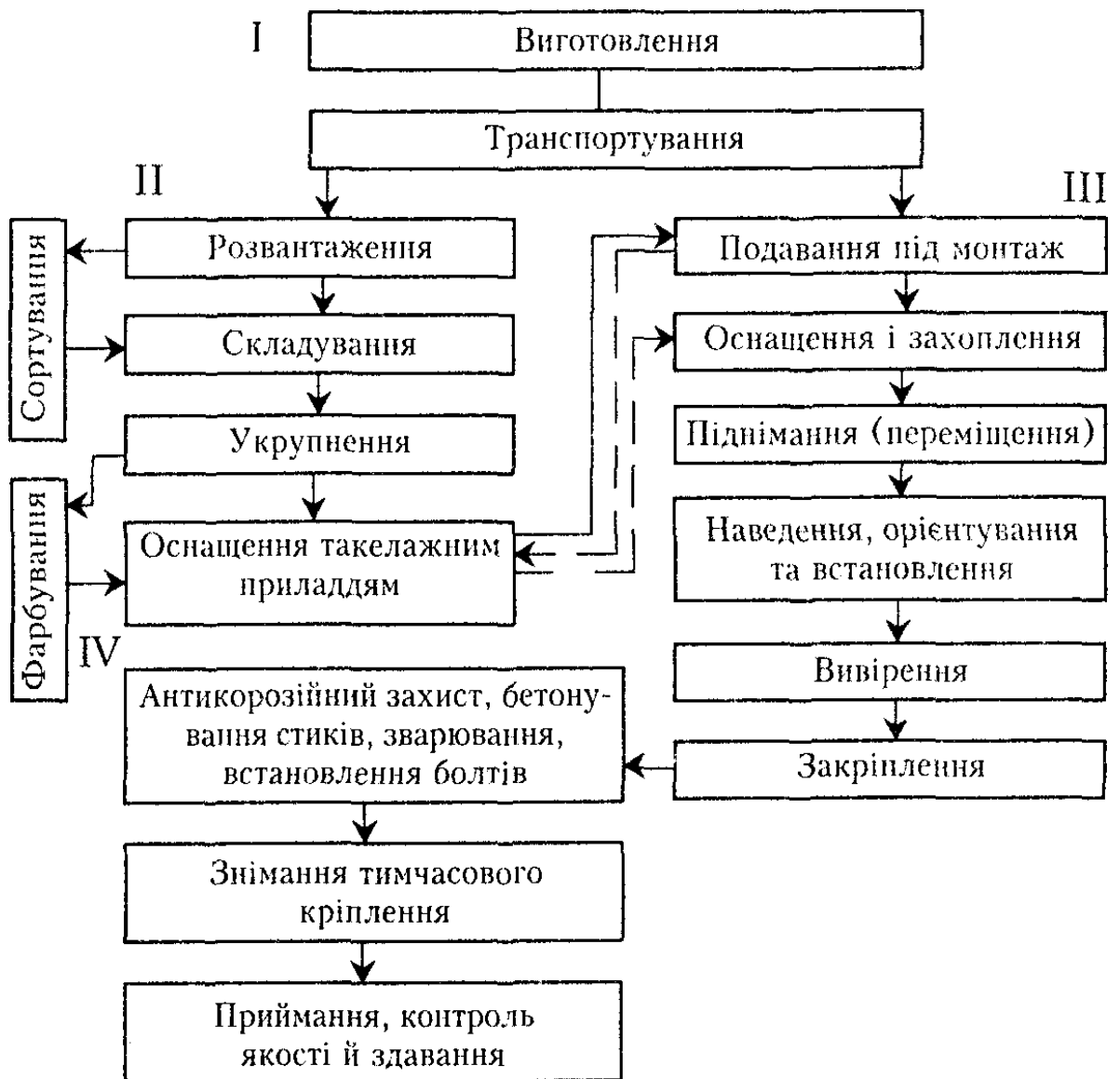


Рис. 1.1. - Структура комплексного процесу монтажу будівельних конструкцій:

*I* — заготівельні й транспортні процеси поза будівельним майданчиком; *II*— підготовчі процеси; *III* - суто монтажні процеси; *IV*- супутні операції приймання, контролю та здавання змонтованих конструкцій

Все це забезпечує зниження трудомісткості монтажу будівельних конструкцій, скорочення його тривалості та зниження собівартості, підвищення продуктивності вантажних і транспортних засобів.

Успішне виконання будівельно-монтажних робіт можливе лише при дотриманні певних умов, основними з яких є такі: ретельна підготовка будівельного майданчика з визначенням напрямку розвитку монтажного процесу; закінчення всіх без винятку робіт, що передують монтажу конструкцій; забезпечення монтажників вантажно-захватними монтажними пристосуваннями, інвентарем та інструментами; відповідність робіт технічній та технологічній документації, в якій розроблена послідовність або черговість встановлення збірних конструкцій у проектне положення; укрупнення конструкцій; організація комплектного постачання збірних конструкцій; укомплектування складу монтажною бригадою відповідно до проекту виконання робіт.

Значну роль у вдосконаленні процесу монтажу, зниженні його трудомісткості та підвищенні темпів будівництва відіграє **монтажна технологічність** будівельних конструкцій. Під монтажною технологічністю конструкцій розуміють пристосованість їх до транспортування та монтажу з найменшими затратами машинного часу, матеріально-технічних засобів та ручної праці. Підвищення рівня монтажною технологічності є основою розвитку передової технології виготовлення та монтажу будинків і споруд великими блоками та елементами, а також засобом підвищення продуктивності праці, скорочення обсягів та термінів монтажних робіт.

Сучасні методи зведення будівель та споруд ґрунтуються на цілому ряду **загальних принципів**, головними з яких є наступні: технології будівельних процесів повинні відповідати сучасному рівню та бути конкурентоспроможними; будівельна продукція повинна відповідати вимогам державних стандартів; ведучі процеси монтажу здійснюються потоковими методами; механізація робіт повинна бути комплексною з максимальним використанням ведучої машини; технологічні процеси мають бути забезпечені засобами безпеки і не завдавати збитку довкіллю.

Будинки і споруди як об'єкти будівельного виробництва мають свої будівельно-технологічні особливості, які визначаються тим, що вони: різноманітні

за призначенням, експлуатаційними характеристиками і довговічністю; різноманітні за архітектурно-конструктивними та інженерно-технічними рішеннями; індивідуальні за природними і кліматичними умовами використання, мають значні габарити і масу; потребують значних витрат праці і часу.

## 1.2. Потоковість будівельних процесів

Для того щоб виконати будь-який будівельний процес відповідно до вимог технології, слід вирішити, на якій частині фронту робіт треба його почати.

**Фронт робіт** — це виражені параметрами простору, натуральними або вартісними одиницями обсяги робіт, що передбачаються до виконання. Для більшості процесів такою частиною є **захватка**. За видом будівельного об'єкта це може бути секція житлового будинку в межах поверху, частина прогону одноповерхового промислового корпусу, ярус висотної інженерної споруди і т. ін. Це той обсяг робіт, що задається залежно від складності процесу одному робітникові або ланці чи бригаді елементарного потоку.

**Елементарний потік** — будівельний потік, що є послідовним виконанням одного **простого** процесу на ряді захваток. Під **захватною** розуміють також одиницю продукції елементарного потоку.

**Простий** процес виконують на захватках послідовно. **Складний** можна виконувати послідовним, паралельним або поточковим методом.

У разі використання **послідовного** методу, що передбачає виконання робіт на кожній наступній захватці після завершення їх на попередній, під час технологічних і організаційних перерв виконавці змушені простоювати (рис.1. 2). Загальна тривалість робіт буде значною, але інтенсивність використання ресурсів найменшою. Цей метод використовують, якщо немає можливості виконувати прості процеси спеціалізованими підрозділами.

Захватки	Продолжительность (время) работ, дни														
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1	■														
2				■											
3							■								
4										■					
5													■		

Рис. 1.2. - Послідовний метод зведення будівлі

**Паралельний** метод передбачає одночасну роботу на всіх захватках одного ярусу. Прості робітників будуть такі самі, як і в послідовному методі, але загальна тривалість робіт значно скорочується (рис. 1.3). Інтенсивність використання ресурсів — найвища. Паралельний метод не можна використати для виконання процесів зведення багатоярусних об'єктів.

Захватки	Продолжительность (время) работ, дни		
	10	20	30
1	■		
2	■		
3	■		
4	■		
5	■		

Рис. 1.3. - Паралельний метод зведення будівлі

Зазначені недоліки розглянутих методів усуваються, а переваги використовуються із застосуванням **потокowego** методу (рис. 1.4).

Для виконання складного комплексного процесу поточковим методом треба: розчленувати його на прості; визначити склад виконавців для кожного з

них; призначити однакову тривалість виконання процесів на захватці; сумістити здійснення їх за часом, забезпечуючи послідовне виконання одних і тих самих простих процесів і паралельне — різних.

Захватки	Продолжительность (время) работ, дни						
	9	18	27	36	45	54	63
1	■	■	■				
2		■	■	■	■		
3			■	■	■	■	
4				■	■	■	■
5					■	■	■

Рис. 1.4. - Поточний метод зведення будівлі

В основу потоковості будівництва покладені принципи рівномірності й безперервності виконання робіт, що виявляється у відповідному використанні всіх видів ресурсів і забезпеченні рівномірного та безперервного випуску продукції. Цими принципами керуються також і при виконанні робіт послідовним і паралельним методами. Проте для потокового методу найбільш характерним є третій принцип — принцип суміщення в часі виконання різних процесів на різних захватках, який найбільш дієво допомагає скорочувати тривалість робіт і поліпшувати інші техніко-економічні показники.

При **потоково-розчленованому** методі окремі будівельні процеси можна розчленовувати до робочих операцій.

Складний будівельний процес, що виконується потоково і складається з кількох *елементарних потоків*, називається *спеціалізованим потоком*.

*Елементарний і спеціалізований потоки* мають свої закономірності. Вони виражають залежності між змінними величинами, що характеризують розвиток потоків у просторі і за часом.

У найбільш загальному вигляді *тривалість елементарного потоку* виражається залежністю:

$$t = k \sum_1^a m',$$

де  $a$  — кількість ярусів;  $m'$  — кількість захваток у межах ярусу, на яких виконується потік.

### *Тривалість спеціалізованого потоку*

$$T_c = k \left( \sum_1^a m' + n - 1 \right) + \sum t_T + \sum t_o,$$

де  $n$  — кількість елементарних потоків у складі спеціалізованого;

$\sum t_T, \sum t_o$  — сума тривалостей відповідно технологічних і організаційних перерв.

У функціонуванні спеціалізованого потоку розрізняють три періоди: розгортання —  $T'$ ; сталого потоку —  $T''$ ; згорання —  $T'''$ . Для більшості спеціалізованих потоків  $T' \neq T'''$ .

Ефективність спеціалізованого потоку істотно залежить від періоду сталого потоку. Чим він більший, тим доцільніший потік. Період сталого потоку можливий за умови, якщо період згорання потоку  $T'''$  менший ніж тривалість випуску продукції  $T_{пр}$ .

З урахуванням цих положень тривалість спеціалізованого потоку:

$$T_c = T' + T_{пр}.$$

Показниками розвитку потоків у часі та просторі є три види параметрів: просторові, технологічні, часу.

До **просторових параметрів** належать: фронт робіт, ярус, дільниця, монтажна дільниця, технологічний вузол, захватка, ділянка.

**Ярус** — частина умовного розчленування об'єкта будівництва по вертикалі з технологічних міркувань.

**Дільниця** — частина загального фронту робіт, що призначається для одного виконавця або для робітничої ланки, бригади.

**Монтажна дільниця** — сукупність захваток, на якій виконується цикл спеціалізованого потоку; частина будинку чи споруди (або весь будинок чи вся споруда), в межах якої однією бригадою повністю здійснюється складний комплексний будівельний процес (наприклад, монтаж конструкцій).

**Технологічний вузол** — конструктивно відокремлена частина будівельної продукції, в просторових межах якої забезпечується виконання будівельно-монтажних робіт до технічної готовності, необхідної для проведення пусконаладжувальних робіт, випробування агрегатів, механізмів і обладнання (різновид дільниці).

**Технологічними параметрами** є: кількість елементарних потоків  $n$ ; обсяг робіт ( $p$  — для елементарного потоку,  $P$  — для спеціалізованого); трудомісткість (відповідно  $q$  і  $Q$ ); потужність ( $w$  і  $W$ ).

**Потужність потоку** — це обсяг будівельної продукції, що випускається за одиницю часу.

Потужність елементарного потоку

$$w = p / t.$$

Потужність спеціалізованого потоку

$$W = P / T_{\text{пр}}.$$

До **параметрів часу** належать модуль циклічності, монтажний модуль циклічності, крок потоку.

Основним параметром часу є показник ритму — **модуль циклічності**, який встановлює циклічність процесу і модулює час виробництва.

Під час монтажу будівельних конструкцій, коли розвиток спеціалізованого потоку визначається роботою монтажного крана, виникає

потреба у використанні параметра часу — *монтажного модуля циклічності*, який є тривалістю ритмічного потоку монтажних процесів на одній монтажній ділянці.

*Крок потоку* — проміжок часу між двома суміжними елементарними потоками — не відіграє ролі самостійного і вирішального параметра і може бути визначений через модуль циклічності:

$$k' = ck,$$

де  $c > 1$  (завжди ціле число).

За характером ритмічності будівельні потоки бувають ритмічні ( $k_1 = \text{const}$ ), кратно-ритмічні ( $k_2 = ck_1$ ) та неритмічні ( $k_3 \neq \text{const}$ ).

За ступенем розвитку спеціалізовані потоки можуть бути сталими і несталими. Сталі мають період  $T$ , у несталих він відсутній. Несталі потоки трапляються в практиці будівництва, наприклад, під час зведення підземних конструкцій окремого висотного будинку.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які процеси входять до складу комплексного процесу монтажу будівель та споруд?
2. Які процеси належать до транспортних?
3. Які процеси належать до підготовчих?
4. З яких операцій складаються суто монтажні процеси?
5. За яких умов можливе успішне виконання будівельно-монтажних робіт?
6. Дайте визначення терміну «монтажна технологічність» будівельних конструкцій?
7. Назвіть основні принципи сучасних методів зведення будівель та споруд?

8. Чим визначаються будівельно-технологічні особливості будинків і споруд як об'єктів будівельного виробництва?
9. Дайте визначення терміну «фронт робіт».
10. Дайте визначення терміну «захватка».
11. Дайте визначення терміну «ярус».
12. Дайте визначення термінам «дільниця» та «монтажна дільниця».
13. Дайте визначення терміну «технологічний вузол».
14. Дайте визначення терміну «елементарний потік».
15. Якими методами може виконуватись складний будівельний процес?
16. Які особливості послідовного методу виконання робіт?
17. Які особливості паралельного методу виконання робіт?
18. Які особливості потокового методу виконання робіт?
19. Які особливості потоково-розчленованого методу виконання робіт?
20. Які принципи покладені в основу поточності будівництва?
21. Дайте визначення терміну «спеціалізований потік».
22. Якою залежністю виражається тривалість елементарного потоку?
23. Якою залежністю виражається тривалість спеціалізованого потоку?
24. Які періоди розрізняються у функціонуванні спеціалізованого потоку?
25. Від чого залежить ефективність спеціалізованого потоку?
26. До яких параметрів належать фронт робіт, захватка, ярус, дільниця, монтажна дільниця, технологічний вузол?
27. Які параметри називаються технологічними?
28. Дайте визначення терміну «потужність потоку».
29. Які показники належать до параметрів часу?
30. Якими можуть бути спеціалізовані потоки за ступенем розвитку?

## ЛЕКЦІЯ 2

**Тема 1. Засоби механізації монтажних робіт при зведенні об'єктів**

**Тема 2. Способи транспортування та укрупнення конструкцій**

**2.1. Засоби механізації монтажних робіт при зведенні об'єктів**

**2.1.1. Крани та підйомники**

Монтаж будівельних конструкцій здійснюють за допомогою підйомних і підйомно-транспортних машин та механізмів. Основними монтажними машинами є крани. Залежно від технологічних особливостей вони можуть бути мобільними, обмежено мобільними і немобільними. Специфічну групу становлять літальні засоби та плавучі монтажні крани.

Стрілові монтажні крани на гусеничному, пневмоколісному, автомобільному ході та спеціальному шасі належать до *мобільних* монтажних засобів; вони можуть вільно пересуватись з однієї стоянки (об'єкта) на іншу, мають високе маневрування та значну зону обслуговування, однак неоднаково стійкі при різних положеннях поворотної частини.

Технічними і технологічними параметрами, за якими відрізняються стрілові крани (рис. 2.1, *а*), є: вантажний момент  $M$  або вантажопідйомність  $G$ ; розмір конструкції, що піднімається, і самого монтажного засобу; глибина подавання; швидкість підйому й опускання вантажу  $v_{n(o)}$ ; швидкість переміщення з вантажем і без нього  $v_{кр}$ ; типи конструкції підйомного засобу і самого шасі (яке потребує чи не потребує спеціальних підготовчих робіт для переміщення монтажних засобів у межах будівельного майданчика); особливості приведення підйомного засобу з транспортного положення в робоче.

Для збільшення вильоту стріли застосовують додаткове обладнання — гусачки чи клюви з допоміжним гаком, а також спеціальні оголовки — жорсткі та вилкуваті (рис. 2.1, *б* — *ж*). Стріли з некерованим гусачком (4–10 м) і

жорстким оголовником дають змогу розширити зону горизонтального обслуговування, а з керованим — і зону вертикального. Крім того, кращими стають можливості маневрування монтажним елементом під час підйому. Вилкуватий оголовок забезпечує монтаж довгомірних елементів (колон), висотаяких перевищує висоту вершу стріли.

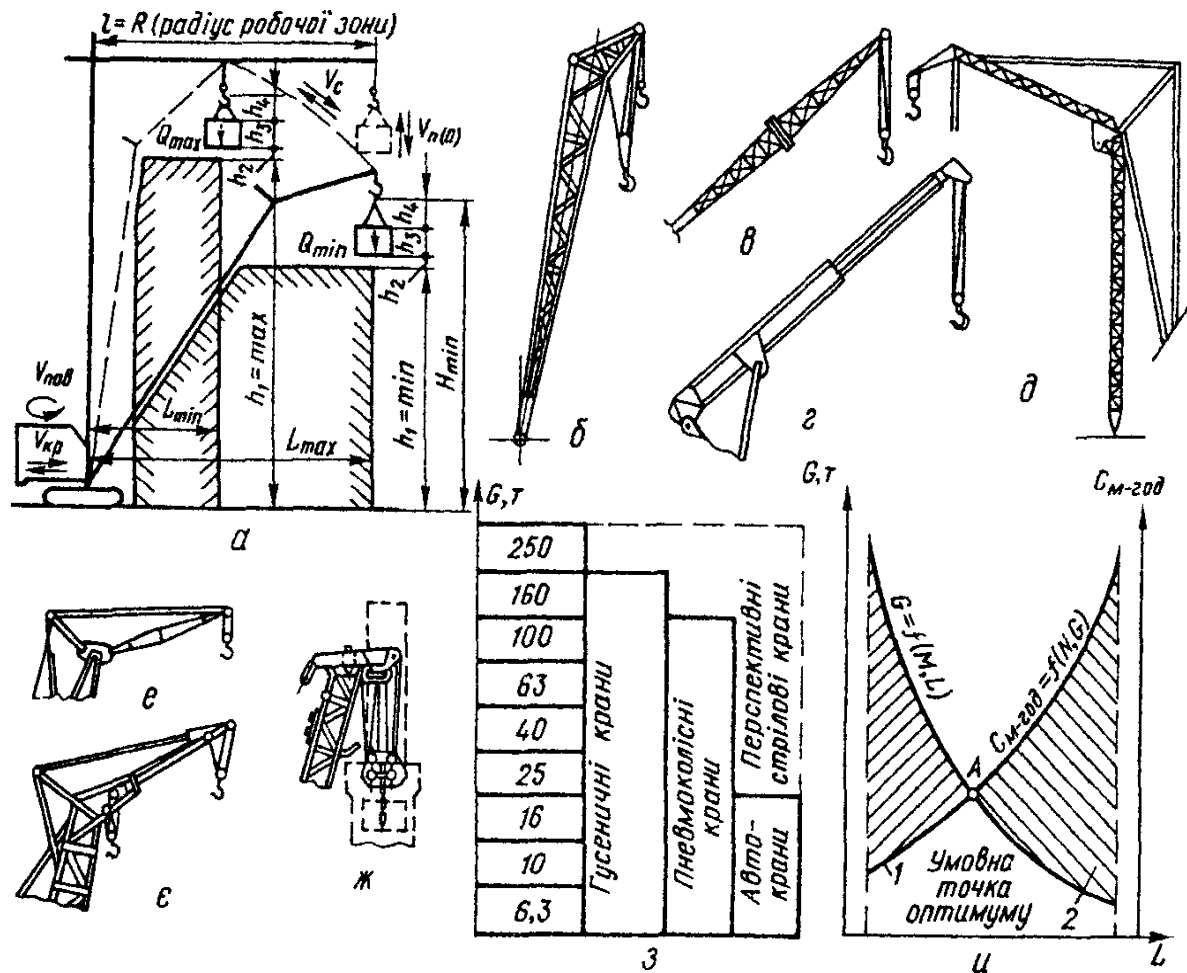


Рис. 2.1. -Технологічні характеристики і стрілове обладнання кранів: а — характер зміни підстрілового простору; б — стріла з жорстким оголовком; в — універсальна стріла; г — телескопічна стріла; д — стрілове обладнання; е, е — керовані та некеровані гусачки; ж — вилкуватий оголовок; з — типорозміри стрілових кранів за вантажопідйомністю; и — характер зміни маси монтажних елементів і собівартості машино-годин  $S_m$  залежно від глибини подавання; 1,2 — області відповідно ефективних і неефективних підйомів

Для основного параметра стрілових кранів — вантажопідйомності - залежно від ходового пристрою передбачаються єдині типорозміри (рис. 2.1, з). Собівартість машино-години  $C_{м-год}$  кранів залежить від кількості елементів, що піднімаються,  $N$  та маси їх  $G$ , а вантажопідйомність від монтажного моменту  $M$  та глибини подавання  $L$  (рис. 2.1, и).

Баштові, козлові, залізничні, мостові, кабельні крани, а також самопідйомні крани, щогли і портали вважають **обмежено мобільними**, тому що вони дають змогу проводити роботи тільки в зоні, яка визначається розмірами горизонтальних або вертикальних напрямних (рейкова колія) і радіусом дії робочого обладнання.

Широкого поширення у монтажі будинків і споруд набули баштові крани. Переміщення вантажу за допомогою їх виконується поворотом стріли чи башти, зміною вильоту стріли(гака) або рухом по рейковій колії. У процесі монтажу ці операції можуть поєднуватись. Основними технічними характеристиками баштових кранів є вантажний момент, найбільший виліт стріли і висота підйому гака.

Шеври, портали, стрічкові підйомники, гвинтові щоглово-стрілові крани належать до **немобільних** монтажних машин. Робоча зона цих засобів описується розмірами всієї машини чи окремими її органами, наприклад стрілою.

### 2.1.2. Літальні і плавучі монтажні засоби

**Вертольоти-крани** призначені для транспортування і монтажу різних будівельних деталей і конструкцій, вузлів та блоків монтажного і технологічного обладнання, трубопроводів, будівельно-монтажних машин і механізмів у тих випадках, коли неможливо чи важко застосовувати інші засоби механізації. При використанні вертольотів потрібне влаштування майданчиків — злітно-посадочного і завантажувального, на якому стропають

конструкції.

Вантажопідйомність вертольотів визначається злітною масою, при якій вертоліт може піднятися у повітря. За вантажопідйомністю вертольоти поділяють на три категорії: легкі (до 4 т), середні (4...12 т) та важкі (більше ніж 12 т). Обираючи категорію вертольотів, слід ураховувати аеродинамічні властивості монтажних елементів, особливо їхні зовнішні контури.

Для монтажу найчастіше використовують вертольоти МИ-6, МИ-10К, МИ-26Т. Під час виконання робіт льотчик-монтажник розміщується у спеціальній кабіні так, щоб бачити вантаж, який він піднімає, і місце його встановлення. Це дає змогу йому в момент наведення і стискування будівельних конструкцій брати керування вертольотом на себе. Порівняно з традиційними монтажними механізмами вертольоти мають низку переваг: незалежність від наземних умов будівельного майданчика, можливість підйому вантажу на споруди великої висоти, велику мобільність при переміщенні з об'єкта на об'єкт, можливість поєднувати роботи з транспортуванням вантажів на зовнішній підвісці на великі відстані.

Основним недоліком вертольотів-кранів є обмеженість часу зависання над об'єктом (1 – 3 хв), що ускладнює точність установа.

*Плавучі монтажні крани* застосовуються для будівництва мостів, дамб, берегоукріплювальних та інших споруд, що знаходяться у воді.

## **2.2. Способи транспортування та укрупнення конструкцій**

### **2.2.1. Транспортування конструкцій**

Процес транспортування передбачає навантаження конструкцій на складі або заводі, доставлення і розвантаження їх на об'єкті.

На об'єкті конструкції можна подавати під гак монтажного крана для безпосереднього встановлення їх в проектне положення або розвантаження в зоні дії на приоб'єктному складі.

При перевезенні будівельних конструкцій треба дотримуватись певних

вимог. Способи транспортування мають виключати можливість пошкодження конструкцій, для чого ферми та балки слід перевозити у вертикальному положенні; панелі стін та перегородок -- у вертикальному чи злегка похилому положенні, інші елементи — в горизонтальному. Міцність бетону збірних залізобетонних конструкцій має бути не нижчою за потрібну для монтажу і не менш 70 % проектної. Конструкції з легких бетонів мають бути захищені від вологи. Під час навантаження на транспортні засоби слід урахувати габарити наближення рухомого складу до будинків і споруд. У транспортному положенні конструкції мають спиратись на дерев'яні інвентарні підкладки і прокладки (розташовуються в місцях, позначених мітками) товщиною не менше ніж 25 мм і не менше висоти петель або інших виступних частин елементів конструкцій. При багатоярусному навантаженні підкладки і прокладки ставляться строго по одній вертикалі. За відсутності стропувальних петель товщину прокладок визначають з умови важливості закріплення захоплюючих пристроїв, передбачених у проекті виконання монтажних робіт. Блоки встановлюють на прокладки товщиною не менше ніж 40 мм. Їх розташовують упоперек поздовжньої осі платформи транспортних засобів у місцях проходження поперечних балок базової конструкції.

Після встановлення елементи і конструкції слід ретельно укріпити для запобігання небезпеки перевертання, поздовжнього і поперечного зміщення, а також ударів.

Закріплювати елементи на транспортних засобах потрібно так, щоб була забезпечена можливість розвантаження кожного елемента без порушення стійкості інших.

Крім того, в процесі перевезення мають бути забезпечені:

відповідність габаритів конструкцій, які перевозять на прямих і на кривих ділянках, можливостям та умовам транспортування при певних технічних і експлуатаційних параметрах шляхів сполучення і засобів транспортування;

раціональне використання вантажопідйомності транспортних засобів;

зручність навантаження і закріплення конструкцій під час перевезення, а

також розвантаження на складі.

Під час транспортування конструкцій залежно від місцевих умов застосовують різні види транспорту: залізничний, автомобільний, річковий і повітряний.

### **2.2.2. Подавання конструкцій під монтаж**

Подавання — це надходження відправних елементів чи повністю зібраних, окремих і комплектних будівельних конструкцій в робочу зону під гак крана або інші захоплюючі пристрої монтажних засобів. У межах будівельного майданчика від складу до місця встановлення конструкції можуть подаватися підйомно-транспортними засобами (рис.2.2).

Основною умовою подавання конструкцій транспортними засобами є комплектне і ритмічне постачання їх у певній технологічній послідовності строго за розписаним по хвилинах графіком безпосередньо до місця встановлення. Монтаж конструкцій з транспортних засобів порівняно з попереднім розвантаженням є найбільш економічним, тому що скорочує витрати на вантажно-розвантажувальні операції і утримання складів. Конструкції до відправлення повинні мати будівельну готовність, а монтажний майданчик і об'єкт — готовність місць установлення, технічних засобів та під'їздів до них.

Існують такі *схеми подавання конструкцій з транспортних засобів*:

*маятникова*, без відчеплювання тягачів (при дальності перевезення більше ніж 10 км). Для скорочення простоїв треба передбачати розвантаження конструкцій кількома кранами;

*човникова*, яка передбачає виконання відчеплювання-зчеплення з причепами на заводі або складі конструкцій і в зоні монтажу (при дальності перевезення до 10 км). Наприклад, один із змінних причепів, який обслуговується одним тягачем, може знаходитись під навантаженням на заводі,

другий — у дорозі з тягачем, а третій — на будівельному майданчику під монтажем;

**напівчовникова** (відчеплювання-зчеплення тягачів з причепами виконують тільки в зоні монтажу);

**комбінована**, що передбачає поєднання перелічених вище схем.

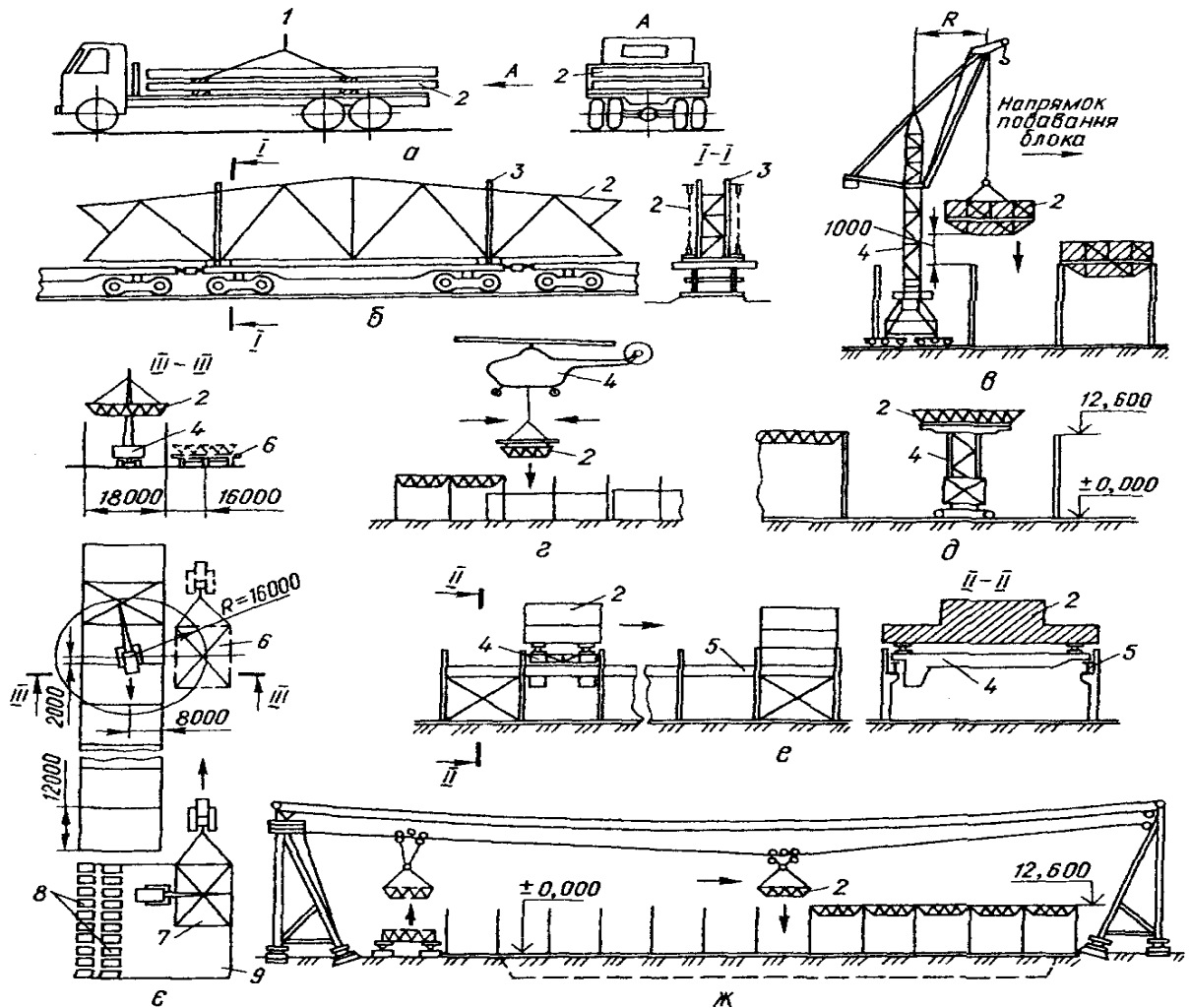


Рис. 2.2. - Транспортування та подавання будівельних конструкцій: *a* — автомобілями; *б* — залізничним транспортом; *в* — баштовим краном; *г* — вертольотом; *д*, *е* — високим і низьким установниками; *е* — спеціальними візками; *ж* — кабельним краном; *1* — прокладки; *2* — конструкція, що перевозить і подається; *3* — вертикальна рама з елементами кріплення; *4* — підйомно-транспортний засіб; *5* — підкранова балка; *6* — візок з блоком, що

транспортується трактором; 7 - стелаж укрупнювального складання; 8— контейнери з елементами конструкцій; 9— майданчик укрупнювального складання.

Подання будівельних конструкцій під монтаж з транспортних засобів дає змогу відмовитись від улаштування проміжних складів, що спрощує виконання робіт, але потребує особливо чіткої організації і погодинного контролю роботи всіх ланок — монтажного майданчика, заводу-виготовлювача і транспортної організації. При цьому скорочується трудомісткість монтажних робіт і знижується вартість їх; зменшуються витрати часу роботи монтажних механізмів; скорочується обсяг механічних пошкоджень конструкцій, неминучих при додаткових вантажно-розвантажувальних роботах як на заводі, так і на об'єктах; значно зменшуються площі приоб'єктних складів і відповідно витрати на експлуатацію їх, підвищується культура виробництва.

Подання конструкцій під монтаж з приоб'єктного складу виконують з попереднім розвантаженням допоміжними або основними механізмами в зоні дії їх.

### **2.2.3. Складування і розкладання конструкцій**

Попереднє розвантаження здійснюють тоді, коли заводи-виготовлювачі, центральні склади та постачальники перебувають на значній відстані або коли за умови транспортування і виконання робіт організувати подання конструкцій з транспортних засобів економічно недоцільно. У цьому випадку в зоні дії основним монтажним механізмом улаштовують *приоб'єктні склади* для зберігання конструкцій, де їх у разі потреби укрупнюють і підготовляють до монтажу — закріплюють розчалками, встановлюють закріпні деталі, пристосування для вивірення, тимчасового закріплення і монтажу на висоті (сходи, майданчики), посилюють.

Площу приоб'єктних складів визначають з умови створення потрібного запасу конструкцій для виконання робіт:

$$F = [G/q_{nt}] k_{nt},$$

де  $G$  — маса конструкцій кожного виду, що підлягають одночасному зберіганню на складі, т;  $q_{nt}$  — питоме навантаження на  $1\text{ м}^2$  корисної площі складу, т;  $k_{nt} = 1,75\text{--}2$  — коефіцієнт, який враховує площу, зайняту проходами, проїздами, сортувальними майданчиками тощо.

При визначенні площі приоб'єктних складів і майданчиків укрупнювального зберігання слід урахувувати наявність двотижневого запасу сталевих і п'ятиденного запасу залізобетонних конструкцій, площу, яку займають засоби складування, проходи, проїзди, і відповідні норми завантаження складських майданчиків.

Проходи між штабелями влаштовують не менше ніж 1 м завширшки та розташовують через 20–30 м у поперечному напрямку і не рідше ніж через два штабелі у поздовжньому. Проїзди між штабелями роблять не рідше ніж через 100 м завширшки, що диктується розмірами транспортних засобів і вантажно-розвантажувальних механізмів.

Ширина складу має бути такою, щоб вантажно-розвантажувальні операції виконувалися краном без додаткового перекантування і переміщення конструкцій. Для цього площа складу має входити в зону дії обслуговуючих його кранів. Іноді ширину складів можна збільшити, розміщуючи на відстані легкі елементи, які можна переміщати кранами на максимальному вильоті стріли.

Під час складування важкі елементи розташовують ближче до кранових шляхів, а легкі — далі, укладаючи в тому самому положенні, в якому вони знаходились при транспортуванні. Це дає змогу краще використовувати вантажопідйомність кранів з великим вильотом стріли. Виняток становлять стінові блоки висотою понад 1,25 м, які перевозять в горизонтальному положенні, а складають у вертикальному.

Конструкції, які можна укласти горизонтальними рядами на дерев'яні прокладки, складають у багатоярусні штабелі. Відстань між прокладками встановлюють з умови роботи конструкцій, а самі прокладки розташовують

одну над одною. Висоту штабелів призначають з умов стійкості, техніки безпеки, збереження конструкцій і зручності стропування, але не більшу за нормативну. При цьому висоту прокладок визначають з умови можливості виконання подальших операцій, пов'язаних із стропуванням або захопленням конструкцій. Проходи між штабелями у поздовжньому напрямку влаштовують не рідше ніж через два штабелі, а ширину проїздів між ними встановлюють залежно від розмірів транспортних і монтажних засобів.

**Розкладання** конструкцій може бути роздільним і груповим. **Роздільне** передбачає складування конструкцій тільки одного типу, **групове** — кількох (за найменуванням і призначенням). Розкладання слід виконувати так, щоб попередити появу залишкових деформацій, застою води, забруднення стикових пристроїв і створити зручні умови для виконання такелажних і підготовчих робіт.

Роздільне розкладання здійснюють паралельно осям об'єкта (лінійно, уступами) або під кутом. Воно дає змогу забезпечити роботу самохідних монтажних кранів при мінімальних вильотах стріли. Групове розкладання передбачає складування різних конструкцій (наприклад, підкранових балок, ферм, плит перекриттів тощо) без переміщення крана (окремі елементи встановлюють при різних вильотах стріли).

Вибір схеми розкладання конструкцій залежить від розмірів розвантаження і складування, габаритів об'єкта, його будівельно-технологічних характеристик, а також типу монтажних машин і механізмів, які беруть участь у процесі монтажу. Розкладання металоконструкцій великих промислових споруд можна виконувати за відповідними замовленнями заводів-виготовлювачів.

#### **2.2.4. Укрупнювальне складання і тимчасове посилення конструкцій**

Конструкції на будівельний майданчик можуть поступати без укрупнення — відправними елементами (розсіпом) — і з **укрупненням** — конструктивними елементами, блоками, частинами будівельні цілими

спорудами.

**Відправні елементи** — колони, балки, прогони, стінові панелі, ферми, плити покриттів, металеві рами тощо — поступають під монтаж прямо із заводу. Їх можна відразу встановлювати на проектні позначки або попередньо збирати в укрупнювальні конструкції.

**Конструктивні елементи** складаються з двох-трьох плоских відправних елементів (складені колони, балки, ферми, гратчасті та листові конструкції тощо) і потребують попереднього укрупнення.

**Блоки** збирають з кількох відправних елементів у геометрично просторові конструкції, які не змінюються. Загальне компонування блока виконують з урахуванням впливу монтажних навантажень, які виникають під час підйому.

**Частини будівель і конструктивно-технологічні блоки** перед підйомом найчастіше оснащують технологічним обладнанням або його елементами (вентиляційними трубами, електрообладнанням тощо). Найменшою частиною будівель (споруд) вважають такий блок, ширина якого дорівнює кроку колон чи поперечних стін будівлі, довжина — його ширині, а висота — поверху або перекриттю.

**Цілими** монтують переважно висотні інженерні споруди з малою площею опору (сталеві труби, щогли, опори ЛЕП, радіощогли, радіобашти, високі технологічні апарати хімічних заводів тощо), які попередньо укрупнюють на стелажах або шпальних клітках у зоні майбутнього підйому.

**Укрупнювальне складання** є продовженням заводського процесу на будівельному майданчику через нетранспортабельність конструкцій, неможливість спорудження риштування на проектних позначках та ін.

Укрупнення конструкцій дає змогу ефективніше використовувати вантажопідйомність монтажних засобів, знижувати трудомісткість і тривалість монтажу, підвищувати продуктивність і знижувати вартість будівництва.

Укрупнювальне складання можна виконувати на спеціально обладнаних стелажах, стендах або на конвеєрній лінії. Конструкції масою 300-1000 т та

більше збирають у зоні майбутнього підйому.

**На стелажах** звичайно укрупнюють плоскі листові конструкції в картини великих розмірів. Оскільки транспортування таких конструкцій викликає певну складність, стелажі розташовують поблизу відповідних місць монтажу їх — стоянок конвеєрної лінії, стендів або об'єкта.

Стелажі можна виконувати з рейок, які спираються на дерев'яні стояки (шпальну клітку), або з прогонів, які встановлюють на металеві стояки і бетонні фундаменти. Для зручності виконання робіт горизонтальну поверхню стелажів улаштовують на висоті 80–100 см від рівня поверхні землі.

**Стендове складання** — це укрупнення елементів у просторові конструкції (ригелів великих прогонів, елементів каркаса, блоків перекриття, а також циліндричних, сферичних і конічних поверхонь листових конструкцій — кожухів доменних печей, пристроїв для нагрівання повітря тощо) як часткової, так і повної будівельної готовності на стаціонарних стендах. Укрупнення виконують на одному або кількох таких стендах залежно від темпу випуску готової продукції.

Конструкція стендів у плані найчастіше аналогічна конструкції опорної частини будівлі, на якій буде встановлено укрупнений елемент. Стенди влаштовують «на землі» або піднімають на висоту 30 – 40 см від її рівня. На кожному стенді виконують весь комплекс робіт, необхідний для надання блоку повної будівельної готовності. Конструкції збирають у зоні дії крана, яким можна переставити блок на передавальну колію, монтажні механізми або встановити у проектне положення. Стендове складання широко застосовують для укрупнення металоконструкцій (наприклад, укрупнення блоків перекриття одноповерхових промислових будівель при невеликому об'єму робіт, коли конвеєрне складання недоцільне), що передбачає монтаж конструкцій, укладання і кріплення профільованого настилу, оснащення блока санітарно-технічними й електротехнічними пристроями, а також пристосуваннями і риштуванням для монтажу. Для виконання зварювальних робіт при укрупнювальному складанні зручні **стенди-кантувачі**.

## *Укрупнення конструкцій на конвеєрній лінії*

Найбільше поширення цей метод отримав при монтажі покриттів одноповерхових промислових будівель (рис. 2. 3). Він передбачає складання окремих елементів у крупні блоки часткової або повної будівельної готовності на спеціально обладнаній конвеєрній лінії. Ця лінія розташовується на рейковій колії, де на стаціонарних колесних візках переміщуються блоки, які укрупнюють на кожному посту. Кількість постів, або стоянок, оснащених потрібними монтажними пристосуваннями, приладдями і механізмами, коливається в межах 4–16. Надмірне збільшення кількості стоянок ускладнює взаємодію між ними і потребує більшої кількості складальних механізмів. Тому найчастіше передбачають 9–12 стоянок. Максимальна чисельність робітників на одному посту - 10 чоловік. Час знаходження візка з блоком на одному посту - 2, 3 або 4 години.

Кожну стоянку оснащують потрібними приладами, риштуванням, пристосуваннями, обладнанням й інструментами, призначеними для виконання певних видів робіт — монтажних, спеціальних і загальнобудівельних. Залежно від виду робіт стоянки можуть бути відкритими або закритими (в тепляку), що дає змогу працювати за будь-яких природних умов. Обсяги робіт на одній або кількох стоянках установлюють відповідно до технологічної необхідності і продуктивності монтажних засобів, які обслуговують ці стоянки. Кількість кранів (найчастіше баштових або самохідних стрілових) залежить від продуктивності конвеєрної лінії і загальної кількості стоянок. При цьому кожний кран може обслуговувати одну або кілька стоянок. У зв'язку з тим що час виконання робіт на всіх стоянках однаковий, конвеєр через рівні проміжки часу випускає готовий блок, який подають під монтаж.

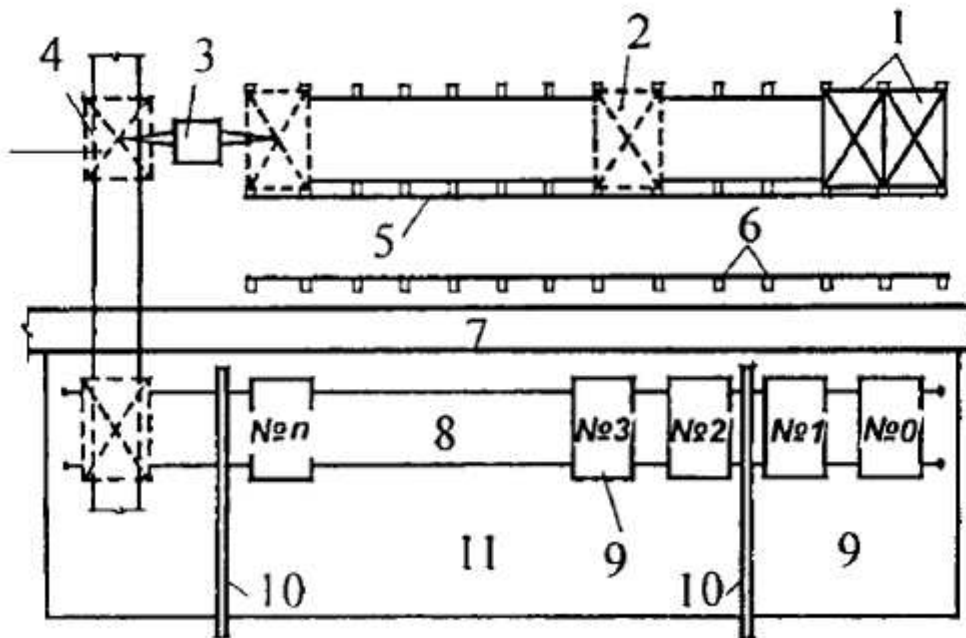


Рис.2.3.- Загальна схема організації робіт «конвеєрно-блоковий монтаж»:

1 — смонтовані блоки покриття; 2 — переміщення блоку на установлювачі до місця установки; 3 — кран для перестановки блоку з візка на установлювач; 4 — транспортний візок з блоком; 5 — раніше змонтовані підкранові балки з рейковою колією; 6 — колони каркасу будівлі; 7 — шлях для доставляння на конвеєрну лінію матеріалів конструкцій; 8 — конвеєрна лінія; 9 — стоянки (пости); 10 — козлові крани для обслуговування конвеєрної лінії; 11 — склад матеріалів і конструкцій у межах конвеєрної лінії

Потрібну продуктивність конвеєрної лінії — її ритм (інтенсивність) — визначають, виходячи з установлених термінів монтажу об'єкта і загальної кількості блоків:

$$P_{\text{потр}} = N/(cT),$$

де  $N$  — загальна кількість блоків, які підлягають укрупненню на конвеєрній лінії, шт.;

$c$  — кількість робочих змін на добу;

$T$  — установлений термін монтажу всіх блоків покриття, діб.

Остаточну продуктивність беруть кратною цілому блоку.

Конвеєрну лінію розміщують на вільних від забудови майданчиках, у тому числі використовують площу, призначену для наступних черг будівництва. Розташування складових конвеєрної лінії (складальної, роздавальної і транспортної) у плані між собою і по відношенню до прогонів об'єкта, що будується, залежить від об'ємно-планувальних і конструктивних рішень об'єкта, умов і можливостей будівельного майданчика, конструкції і маси блоків, терміну будівництва, транспортного і монтажного обладнання і має забезпечувати найбільш зручне постачання блока із зони складування до монтажного механізму. Тому транспортну лінію треба розташовувати в прогонах, а роздавальну, залежно від застосованих монтажних механізмів, — у торці будівлі або в одному з прогонів. Наприклад, для монтажу блоків покриття із застосуванням установлювачів або баштових кранів роздавальну лінію розташовують біля торця будівлі, а для монтажу гусеничними кранами — або так само, або в одному з прогонів.

Складальну лінію можна розташовувати в один, два ряди або під кутом. По відношенню до складальної лінії роздавальну можна розміщувати лінійно (як продовження складальної лінії), а в обмежених умовах — під кутом або паралельно. По відношенню до об'єкта, який будується, конвеєрна лінія може знаходитися з одного, двох боків в одному з прогонів і обслуговувати кілька об'єктів. Якщо обсяги робіт значні й обмежені терміни будівництва, влаштовують дві й більше незалежно працюючих конвеєрних ліній. Шляхи повернення візків на початкові стоянки влаштовують тільки у разі потреби, коли доставляти їх автотранспортом недоцільно.

На практиці можливі різні комбінації описаних схем. Основним принципом розташування конвеєрної лінії є максимальне наближення її до об'єкта і складу конструкцій. Це дає змогу скоротити протяжність рейкових колій для подавання готових блоків і уникнути транспортно-перевалочних робіт. Напрямок руху конвеєра відносно будівлі, що зводиться, має бути таким, щоб виключити необхідність організації передавальних пристроїв і розвороту

блока. Для цього конвеєр, як правило, розташовують уздовж або в одному з прогонів будівлі, рідше — в її торці.

Блоки, залежно від умов організації подавання їх під монтаж, розмірів і наявності кранів, які обслуговують складальну лінію, розміщують упоперек (перпендикулярно) або вздовж (паралельно) складальної лінії. Якщо розташування блоків поперечне, то скорочується довжина конвеєрної лінії, але виникає необхідність застосування крана з великим вильотом стріли або встановлення їх з двох боків. Якщо розташування блоків паралельне, збільшується довжина конвеєрної лінії, але можливе застосування кранів з меншим вильотом стріли і вантажопідйомністю.

Склад (майданчик для складування) конструкцій у всіх випадках треба розташовувати вздовж конвеєра, виділивши оперативну зону складування металоконструкції! безпосередньо біля робочих стоянок, на яких буде виконуватись укрупнення каркаса блока й укладання настилу.

Сортування і відбирання конструкцій за видами і марками виконують з розрахунку дво-, тримісячного запасу. Підготовлені елементи складають на видному місці з вказівкою, для якої марки блока вони призначені.

**Конвеєрне складання** може бути частковим і повним. При частковому конвеєрному складанні передбачається поєднання попереднього укрупнення на окремих стендах або стелажах з наступним переміщенням блоків на конвеєрну лінію; при повному складанні — виконання всіх видів робіт тільки на конвеєрній лінії.

**Тимчасове посилення** здійснюють у тих випадках, коли при підйомі і встановленні в окремих елементах (особливо гратчастих плоских і просторових) виникають небезпечні напруження. Ці напруження визначають при контрольному розрахунку міцності й стійкості елементів конструкції під дією монтажних навантажень. Тимчасове посилення може бути виконано за допомогою сталевих труб, пластин, колод, брусів, тимчасових в'язей та інших елементів, які закріплюють болтами, скобами або хомутами. Після монтажу елементи для кріплення і деталі знімають.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як класифікуються монтажні крани залежно від технологічних особливостей?
2. Які підйомно-транспортні засоби відносяться до специфічних?
3. Якими технічними і технологічними параметрами відрізняються стрілові крани?
4. Яке обладнання застосовується для збільшення вильоту стріли?
5. Назвіть основні технічні характеристики баштових кранів?
6. У яких випадках доцільне використання вертольотів-кранів?
7. Які вертольоти найчастіше використовуються для монтажу?
8. Як визначається вантажопідйомність вертольотів-кранів?
9. Який основний недолік вертольотів-кранів?
10. Для монтажу яких споруд застосовуються плавучі монтажні крани?
11. З яких операцій складається процес транспортування конструкцій?
12. Яких вимог треба дотримуватись при перевезенні будівельних конструкцій?
13. Які схеми подавання конструкцій під монтаж застосовуються у межах будівельного майданчика?
14. Назвіть основну умову подавання конструкцій транспортними засобами до місця встановлення?
15. Які переваги подавання будівельних конструкцій під монтаж з транспортних засобів?
16. У яких випадках здійснюється попереднє розвантаження конструкцій у межах будівельного майданчика?
17. Як визначається площа приоб'єктних складів?
18. Які вимоги повинні враховуватись при визначенні площі приоб'єктних складів?
19. Які схеми розкладання конструкцій застосовуються на приоб'єктних складах?

20. Від чого залежить вибір схеми розкладання конструкцій?
21. У якому вигляді можуть поступати конструкції на будівельний майданчик?
  22. Дайте визначення терміну «відправний елемент».
  23. Дайте визначення терміну «конструктивний елемент».
  24. Дайте визначення терміну «блок».
  25. Які конструкції монтуються переважно цілими?
  26. У якому разі здійснюється укрупнювальне складання?
  27. Які переваги укрупнювального складання?
  28. Якими способами може виконуватись укрупнювальне складання?
  29. Які конструкції укрупнюють на стелажах?
  30. Коли доцільно виконувати стендове складання?
  31. При монтажі яких конструкцій найбільше поширення отримав конвеєрний метод?
    32. Як визначається потрібна продуктивність конвеєрної лінії?
    33. У яких межах коливається кількість стоянок на конвеєрної лінії?
    34. Яка максимальна чисельність робітників на одному посту?
    35. Від чого залежить розташування складових конвеєрної лінії?
    36. У яких випадках здійснюють тимчасове закріплення?

## ЛЕКЦІЯ 3

**Тема 1. Методи монтажу будівельних конструкцій**

**Тема 2. Зведення одноповерхових промислових будівель**

### **3.1. Методи монтажу будівельних конструкцій**

**Класифікація.** Метод монтажу характеризується взаємодією засобів, предметів праці й відображує основні шляхи здійснення цього процесу. Способи монтажу є складовою частиною методу і визначають його певні рішення щодо певних об'єктів або умов зведення їх.

***Основна монтажна операція — це піднімання (переміщення) конструкцій.***

Усі методи монтажу залежно від обмежень, що накладаються на операції переміщення конструкцій в просторі, поділяють на:

методи ***вільного піднімання***, які характеризуються можливістю одночасного переміщення конструкцій у просторі у всіх напрямках;

методи ***примусового піднімання***, за яких переміщення конструкцій можливе тільки в одному напрямку і обмежується напрямними або шарніром.

**Ознаки, за якими ще класифікують методи монтажу:**

***послідовність встановлення конструкцій у проектне положення;***

***ступінь укрупнення;***

***напрямок розвитку монтажного процесу;***

***прийоми виконання монтажної операції піднімання (підтягування, виштовхування, опускання, поворот).***

Загальна класифікація методів монтажу будівельних конструкцій містить шість основних груп, з яких дві належать до методів вільного піднімання, а чотири — до методів примусового піднімання (переміщення). Окрему групу складають методи комбінованого монтажу, що поєднують властивості двох і більше загальних методів монтажу.

Технологічний процес монтажу будівлі здійснюють, як правило, з використанням кількох методів монтажу; вибір їх залежить від цілого комплексу умов будівництва і характеру будівельного об'єкта.

### 3.1.1. Вільне піднімання конструкцій

За методами, що передбачають вільне переміщення конструкцій в процесі монтажу, будують переважну більшість цивільних та промислових об'єктів.

За показником, що дорівнює відношенню висоти об'єкта  $H$  до найменшої сторони його основи  $L$ , розглядають два типи об'єктів: висота яких набагато перевищує їхні горизонтальні проекції ( $H/L > 3$ ) та помірної висоти ( $H/L \leq 3$ ).

Залежно від напрямку приєднання елементів до раніше встановлених методи піднімання поділяють на дві групи.

Перша об'єднує методи монтажу конструкцій *нарошуванням*, тобто приєднанням елементів у вертикальному напрямку (рис. 3.1, *a — г*). Навантаження на конструкцію зростає пропорційно кількості встановлених елементів. Під час монтажу об'єктів з  $H/L > 3$  (баштово-щоглові споруди) монтажні крани і механізми встановлюють поруч з об'єктом або кріплять до змонтованих раніше конструкцій і поступово, із зведенням об'єкта, переміщують у вертикальній площині. Більш ефективними порівняно з монтажними засобами, розташованими поза об'єктом, є самопідйомні машини і механізми. Організація монтажних робіт не залежить від рельєфу місцевості, наявності різних споруд і перешкод у технологічній зоні монтажу.

При зведенні об'єктів з  $H/L \leq 3$  застосовують всі монтажні засоби, висота піднімання гаку яких більша висоти споруди.

Друга група об'єднує методи *послідовного приєднання елементів у горизонтальному (похилому) напрямку* (рис. 3.2, *д-і*). Монтажні засоби розташовують на самій споруді або встановлюють поряд на будівельному майданчику, забезпечуючи поздовжнє (поперечне) переміщення їх по відношенню до осей споруди.

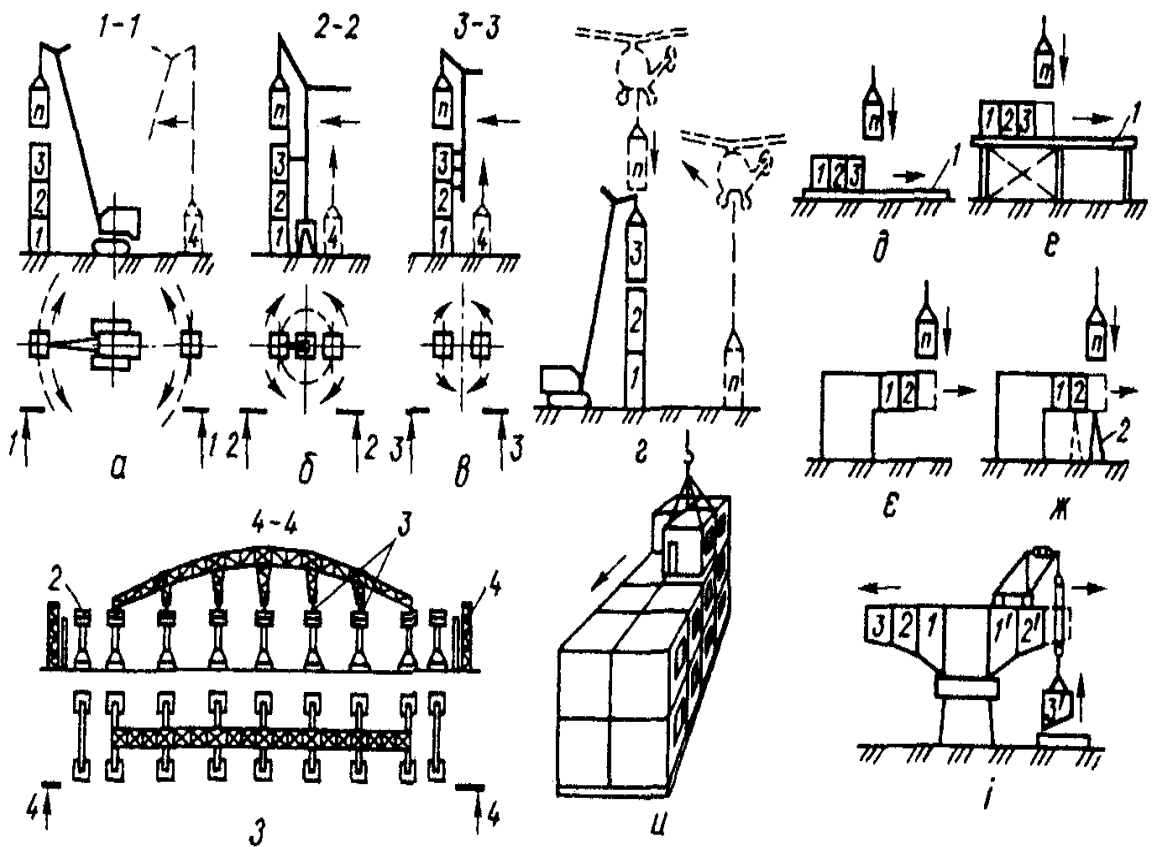


Рис. 3.1. -Методи вільного піднімання конструкцій:

*a-g* — нарощування конструкцій у вертикальному напрямку за допомогою стрілового, приставного, баштового, самопідйомного баштового, гусеничного кранів і вертольота; *д* — приєднання конструкцій у горизонтальному (похилому) напрямку на низьких риштуваннях; *е* — те саме, на високих; *е'* — те саме, без риштування (навісне складання); *ж* — із постановкою проміжних риштувань (напівнавісне складання); *з* — приклад монтажу конструкцій на високих риштуваннях; *и* — те саме, на перекриттях; *і* — без риштування (навісне складання); *1*— риштування; *2* — проміжна тимчасова опора; *3* — місце встановлення домкратів для піднімання та опускання риштувань; *4*— допоміжні риштування

Елементи приєднують:

на низьких (високих) риштуваннях, які роблять суцільними (під основу

будови) або збірними (тільки під опорні поверхні) (рис. 3.1, *д, е, з*);

на перекриттях, розташованих нижче поверхів (рис. 3.1, *и*);

навісним складанням з утримуванням змонтованих конструкцій без установлення опор (рис. 3.1, *є, і*);

напівнавісним складанням із застосуванням у процесі монтажу конструкцій опор, які після закріплення елементів переміщують до наступної монтажної зони (рис. 3.1, *ж*).

### 3.1.2. Примусове піднімання конструкцій

Методи примусового піднімання конструкцій поділяють на чотири групи. До першої належать методи піднімання однієї або кількох конструкцій по **вертикальних напрямних**. За тимчасові або постійні напрямні правлять збірні (монолітні) колони, комунікації, шахти. Конструкції балок, покриття одноповерхових промислових об'єктів з прогоном більше ніж 50 м (елінги, ангари, майстерні з монтажу літаків) та міжповерхові перекриття багатопверхових будівель попередньо збирають на землі; глибина подавання конструкцій при цьому дорівнює нулю. Потім зібрані конструкції піднімають на проектні позначки по напрямних (рис. 3.2, *а — д*).

Друга група об'єднує методи **підрощування конструкцій**, які полягають у тому, що кожний наступний елемент встановлюють під раніше змонтованим елементом. Цикл підрощування містить операції подавання до монтажного простору, обладнаного механізмами підйому (шеври, щогли, домкрати, крани), піднімання першого елемента на висоту, достатню для подавання під нього наступного елемента, затримування першого елемента в підвішеному стані та наступне закріплення першого та другого елементів між собою (рис. 3.2, *е*). Операції з підрощування колон, стін, каркасів, просторових конструкцій виконують на фундаментах (із спеціально обладнаними риштуваннями), що дає змогу знизити трудомісткість монтажу і зменшити розміри будівельного майданчика до розмірів об'єкта, що будується. Недоліком

методу є зростання навантаження на механізми піднімання пропорційно кількості підрошених елементів, а також складність досягнення стійкості конструкцій в процесі піднімання.

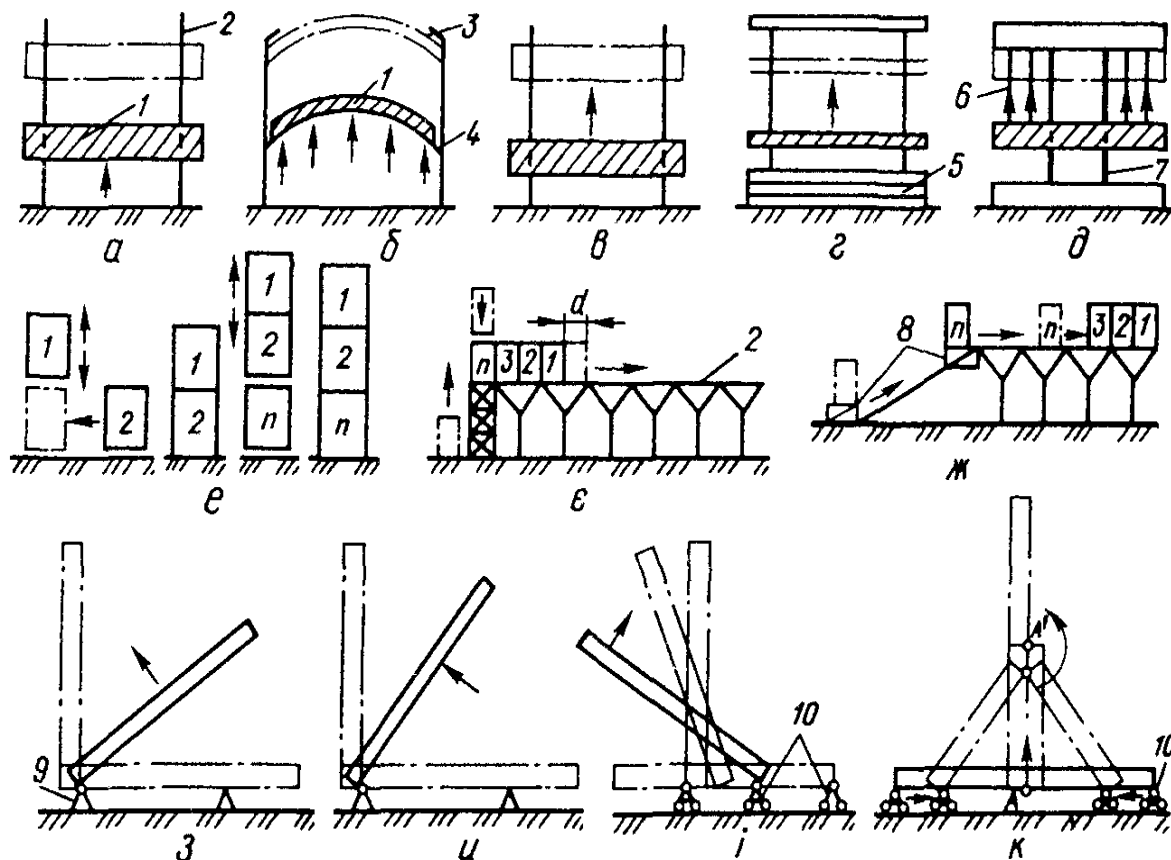


Рис. 3.2. - Методи примусового піднімання (переміщення):

*a* — переміщення однієї конструкції по вертикальних напрямних виштовхуванням; *б* — те саме, пневмопідйомом; *в, г, д* — те саме, підтягуванням; *е* — підрощуванням; *є, ж* - насуванням (покрокове та поелементне); *з, и* — поворотом навкруги нерухомої опори (шарніра) підтягуванням і виштовхуванням; *і* — поворотом навкруги рухомої опори; *к* — поворотом навкруги кількох шарнірів; *1*— конструкція, що монтується; *2*— напрямні; *3*— упор даху; *4* — фіксатор; *5* — пакет плит; *б* — монтажні троси; *7* — ствол; *8* — візок для переміщення блоків по горизонтальних і похилих напрямних; *9* — нерухома опора (шарнір); *10* — рухомі опори

Третя група — методи переміщення конструкцій *насуванням (накочуванням) по горизонтальних (похилих) напрямних* (рис. 3.2, е, ж). Ці методи використовують тоді, коли конструкція вирішена у вигляді окремого елемента, попередньо укрупненого блока або цілої споруди. Укрупнювання виконують на риштуваннях без використання потужних кранів; при цьому на одному майданчику зосереджуються загальнобудівельні та спеціальні монтажні роботи. Напрямами є підкроквяні балки, металеві листи, рейкові шляхи. По напрямних насувають конструкції за допомогою механічних або гідравлічних домкратних систем, поліспастів, електричних лебідок. Методи насування (накочування) широко застосовують при переміщенні важких доменних печей, резервуарів, копрів, цілих цехів, а також при монтажі мостів. Необхідність утворення рівної площини для пересування конструкцій та забезпечення синхронної роботи механізмів, що здійснюють переміщення, належить до недоліків розглянутого методу.

Четверта група об'єднує методи *радіального переміщення (повороту) елементів* або цілих конструкцій навкруги одного або кількох рухомих чи нерухомих шарнірів (рис. 3.2, з - к). За цими методами конструкції спочатку збирають на землі, а потім за допомогою домкратів або поліспастів переводять у вертикальне положення. Перевагою методів повороту є можливість виконання монтажних робіт на землі, що втілюються при монтажі теле- та радіощогл, опор ЛЕП, стінових панелей хмарочосів. Недолік методу — необхідність підсилення і розкріплення конструкцій для зменшення деформацій.

### **3.1.3. Диференціальний (роздільний), комплексний та комбінований методи монтажу**

Залежно від послідовності встановлення конструкцій та суміщення монтажу з технічно-суміжними роботами визначають диференціальний (роздільний), комплексний та комбінований методи монтажу.

**Диференціальний** метод передбачає послідовне встановлення всіх однотипних конструкцій у межах ділянки чи захватки. Монтаж конструкцій іншого типу виконують після досягнення бетоном у стиках з'єднань 70% - її міцності від проектної. Диференціальний метод особливо ефективний при виконанні великих обсягів робіт, наприклад, при зведенні одноповерхових промислових будівель великої довжини, житлових будинків.

Переваги цього методу такі: однотипні робочі рухи крана, що сприяють підвищенню продуктивності праці; спрощення схеми розкладання деталей; застосування протягом тривалого часу однотипного оснащення; використання кранів різної вантажопідйомності для монтажу деталей, що відрізняються масою.

Недоліком цього методу вважають подовження терміну передачі фронту робіт для виконання суміжних післямонтажних процесів.

**Комплексний** метод передбачає послідовний монтаж різнотипних конструкцій у межах однієї або кількох суміжних чарунок, які створюють жорстку стійку систему.

Перевагою цього методу є різке скорочення терміну передачі готових обсягів виконавцям суміжних робіт, а недоліком — ускладнення організації робіт, зниження темпів та продуктивності праці монтажників, погіршення використання вантажопідйомності кранів.

**Комбінований** метод є поєднанням двох попередніх. У якійсь мірі він дає можливість позбутися недоліків обох указаних методів та використати їхні переваги. Застосування цього методу дозволяє значно ефективніше, ніж при комплексному монтажі, використовувати крани та скоротити час монтажу порівняно з роздільним методом.

#### **3.1.4. Методи монтажу в залежності від ступеня укрупнення**

Залежно від ступеня укрупнення розрізняють кілька методів монтажу:

- **дрібно елементний** монтаж об'єктів ведуть з окремих деталей, що вимагає великих трудовитрат та часу;

- **поелементний** монтаж в основному застосовують при зведенні об'єктів із залізобетонних деталей (панелей, колон, ферм тощо);
- **блоковий** монтаж — коли елементи перед встановленням укрупнюють у блоки; при цьому зменшується кількість піднімань краном та трудомісткість монтажних робіт; метод є одним з найбільш перспективних;
- монтаж **конструктивно-технологічними блоками** (коли конструктивні блоки оснащують технологічним, електротехнічним, санітарно-технічним та іншим обладнанням);
- монтаж **споруд в зібраному вигляді** (до початку встановлення у проектне положення їх складають на землі) — сталеві димові труби, радіощогли, опори електропередач тощо.

### **3.1.5. Методи монтажу в залежності від напрямку розвитку монтажного процесу**

Залежно від напрямку розвитку монтажного процесу розрізняють поздовжній, поперечний, горизонтальний, вертикальний та комбінований методи.

**Поздовжній** метод застосовують при зведенні прямокутних у плані будівель. Переміщення монтажних машин та механізмів відбувається вздовж прольоту або паралельно до довгого боку будівлі.

**Поперечний** метод впроваджується при необхідності введення в експлуатацію окремих секцій, які включають ряд суміжних прольотів будівлі. Переміщення монтажних машин та механізмів відбувається перпендикулярно до напрямку прольотів.

**Горизонтальний** метод застосовують при зведенні лінійно-протяжних споруд (трубопроводів, естакад, мостів), а **вертикальний**, навпаки, при зведенні висотних конструкцій та споруд (щогл, труб, башт), **комбінований** об'єднує в собі наведені методи.

### **3.1.6. Прийоми виконання монтажної операції піднімання (підтягування, виштовхування, опускання, поворот)**

**Підтягування** полягає в переміщенні конструкції за принципом «на себе» передачею зусилля від монтажних засобів через тяги (гнучкі або жорсткі). **Виштовхування (вижимання)** пов'язане з переміщенням конструкції за принципом «від себе» за допомогою передавання руху через виштовхувачі монтажних машин і механізмів. Виштовхування здійснюється переривчастим переміщенням, вижимання - безперервним. **Опускання** — це прийом, що складається з переміщення конструкцій під дією своєї ваги. **Поворот** характеризується радіальним переміщенням конструкції у вертикальній або горизонтальній площині.

**Безперервне переміщення** передбачає рух конструкцій із швидкістю, яка визначається робочими органами монтажних засобів. Таке переміщення звичайно буває при підтягуванні й опусканні конструкцій на гнучких тягах. **Переривчастому переміщенню** властива циклічність. Найчастіше так піднімають конструкції під час виштовхування за напрямними або підтягування, яке виконують за допомогою домкратів.

**Просте піднімання** полягає у переміщенні конструкції в одному напрямку — вертикальному, горизонтальному або радіальному. **Складне піднімання** є комбінованим переміщенням одночасно в двох або більше напрямках з технологічною перевагою або без неї.

Технологічний процес монтажу будівлі здійснюють, як правило, з використанням кількох методів монтажу; вибір їх залежить від цілого комплексу умов будівництва і характеру будівельного об'єкта.

### **3.2. Зведення одноповерхових промислових будівель**

Для монтажу одноповерхових промислових будівель найчастіше вживається комбінований метод. Фундаменти, фундаментні балки, колони, підкранові балки і стінові панелі монтують диференціальним методом, окремими потоками. Збірні конструкції покриття монтують комплексним методом, у єдиному потоці.

З точки зору напрямку розвитку монтажного процесу найчастіше використовується поздовжній метод.

### 3.2.1. Монтаж колон

При надходженні залізобетонних колон на будівельний майданчик треба перевірити відповідність розмірів їх проектним і точність положення закладних деталей. Колони одноповерхових промислових будівель монтують найчастіше цілком; довгі колони на спеціальному стенді укрупнюють.

Для підготовки колон під монтаж слід нанести з чотирьох боків зверху колони і на рівні верху фундаментів осьові риски. Якщо на колони будуть монтуватися підкранові балки, то з двох боків консолей або траверс колон, що складаються з двох віток, наносять риски осей балок.

Перед монтажем у разі потреби колони оснащують хомутами або струбцинами з розчалками, драбинами і монтажними столами, начеплюють монтажне обладнання. Подають колони під монтаж у певній послідовності й монтують «з колес», в окремих випадках з розкладанням біля місць установа.

Процес монтажу колон включає такі операції: стропування, піднімання, переміщення, орієнтування на місце встановлення, встановлення, вивірення, тимчасове і постійне закріплення.

Для піднімання колони без консолей масою до 10 т застосовують фрикційні захоплювачі, більш важких — штирові з дистанційним розстропуванням. Для стропування колон з консолями використовують рамкові захоплювачі, а для монтажу з транспортних засобів — балансірні траверси, які складаються з двох віток.

Піднімання колон можна здійснювати методом повороту або ковзання. При *підніманні поворотом* башмак колони розташовують біля опори, захоплюють краном колону за верхню точку, повертають стрілу з одночасним вибиранням поліспасти і приводять колону у вертикальне положення. У разі

**піднімання ковзанням** біля опори розташовують ту частину колони, за яку вона застропована. Кранівник, не рухаючи стрілу, вибирає поліспаст, і колона нижнім кінцем (башмаком), ковзаючи по напрямних, встановлюється у вертикальне положення. Залежно від маси колони для ковзання башмака напрямні виконують у вигляді бруса чи рейки або встановлюють башмак на спеціальні візки, що рухаються по колії. Після піднімання колони кран переміщує її до місця встановлення й опускає в стакан фундаменту. При цьому треба контролювати збіг осьових рисок у нижній частині колони з осьовими рисками, нанесеними на верхню поверхню фундаменту. До розстропування колони перевіряють вертикальність її встановлення за допомогою двох теодолітів, розташованих на взаємно перпендикулярних осях. Вертикальність забезпечено, якщо збіглося положення нижніх і верхніх рисок на колоні з вертикальною візирною віссю теодоліта.

Позначки опорних підкладок підкранових балок, ферм і дна стакана фундаменту контролюють методом геометричного нівелювання. Для точного встановлення колон на проектні позначки застосовують армобетонні підкладки перерізом 100 x 100 мм і 20-30 мм завтовшки.

Для тимчасового закріплення колон у стаканах фундаментів застосовують клини, інвентарні клинові вкладки, розчалки або підкоси, поодинокі або групові кондуктори (див. рис. 3.3).

Клини бувають залізобетонні, сталеві, дерев'яні. Доцільніше застосовувати бетонні або залізобетонні клини, які після замонолічування залишаються в бетоні стику. Дерев'яні клини не менше ніж 250 мм завдовжки із скосом однієї грані на  $1/10$  мають бути з деревини твердих порід.

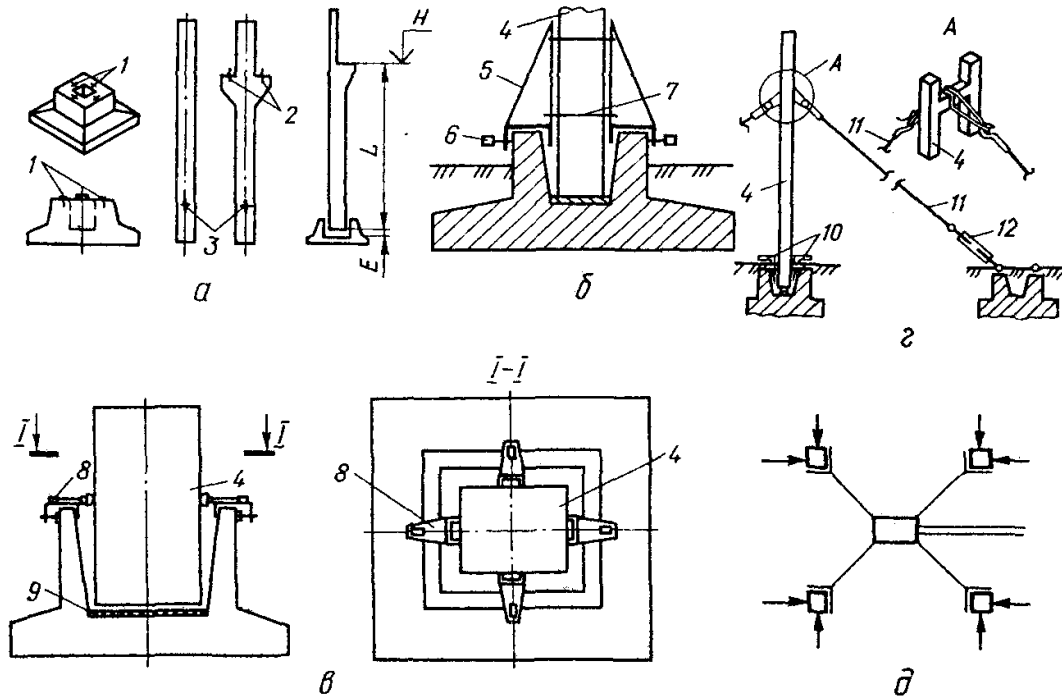


Рис. 3.3. -Тимчасове закріплення колон:

*а* - орієнтири для точного установлення колон; *б* - універсальний кондуктор; *в* - тимчасове закріплення колон за допомогою роздільного кондуктора; *г* - закріплення колон клинами і розчалками; *д* - закріплення груповим кондуктором; *1* - риски на стакані фундаменту; *2* — осі підкранових балок; *3* - риски на колоні; *4*- колона; *5* - піврама кондуктора; *6*- затискний гвинт; *7* - стяжний болт; *8* - закріпне обладнання; *9*- підлива цементного розчину; *10*- клин; *11* -розчалка; *12*- стяжна муфта

Для закріплення колон з шириною грані до 400 мм ставлять по одному клину з кожного боку колони, при більшій ширині — по два. Між гранями колони і стінками фундаменту залишають проміжок не менше ніж 2 - 3 см для заповнення стику бетонною сумішшю. Для вивірення і тимчасового закріплення колон ефективні клинові вкладки і розсувні клини — це скорочує тривалість установлення колон і роботи крана приблизно на 15 %, зменшує витрати сталі й підвищує точність монтажу. Під час вивірення і тимчасового закріплення важких колон 12 - 18 м заввишки для забезпечення стійкості їх крім клинів додатково застосовують розчалки або жорсткі підкоси.

Для тимчасового закріплення колон також застосовують кондуктори різних типів (роздільні, поодинокі, автоматизовані тощо).

**Роздільний кондуктор** складається з чотирьох вивірювально-закріпних пристосувань і шаблонів для встановлення їх. Кондуктор закріплюють в стакані фундаменту за допомогою домкрата з гвинтом, що дає змогу здійснювати переміщення колони і регулювати її положення в плані.

**Поодинокі кондуктори** можуть вільно спиратися на фундамент і закріплюватися до нього. Кондуктори першого типу не дають змоги переміщати колони в плані; їх використовують тільки для встановлення колон масою до 5 т. Кондуктори, які закріплені на фундаменті, обладнані пристосуванням для вивірення колони у вертикальному і горизонтальному положеннях.

Після тимчасового закріплення стик колони з фундаментом заповнюють цементним розчином або бетонною сумішшю. Знімають засоби тимчасового кріплення після того, як міцність бетону в стиках досягне 70 % проектної міцності.

Монтаж колон одноповерхових будівель виконують переважно самохідними кранами, в окремих випадках — баштовими.

Вибір схеми руху кранів і послідовність монтажу колон залежать від ширини прогону, маси колони і вильоту стріли крана. Найчастіше застосовують поздовжню схему, коли кран рухається вздовж будівлі, монтуєчи з однієї стоянки одну або кілька колон. Якщо ширина прогону до 18 м, то організують рух крана посередині, якщо ширина більша — по краях прогону або зигзагоподібно.

### **3.2.2. Монтаж підкранових і підкроквяних балок**

Перед монтажем підкранових і підкроквяних балок на місці розкладання перевіряють стан конструкцій, правильність встановлення закладних деталей, наявність орієнтирних рисок, а також очищають закладні

деталі й опорні частини колон від іржі. Монтаж балок включає операції захоплення, піднімання, встановлення на опори або заведення у стик, вивірення і закріплення. Балки захоплюють двовітковими стропами і траверсами за петлі або тросовими захоплювачами з дистанційним керуванням (рис. 3.4, а—г). Способом «в обхват» балки піднімають спеціальним захоплювачем (рис. 3.4, д). Для піднімання металевих балок застосовують кліщові захоплювачі. До розстропування перевіряють положення балок по поздовжніх осях і позначки верху полиць, вертикальність стінок, відстань між балками, зміщення в стиках. Для встановлення залізобетонних підкранових і підкроквяних балок по поздовжніх осях на опори наносять риси, а на торці балок і верхні закладні планки — риси середини. Збіг усіх рисок забезпечує правильне положення балок. Позначки переносять на верх колони і по них перевіряють нівеліром положення верхніх полиць балок.

Балки встановлюють на консолі, приварені до колон столики або на оголовки колон. Виправляють положення балок після вивірення ломом, домкратом або клином. Для забезпечення правильного положення по висоті застосовують підкладки із сталевого листа, які приварюють до опор. Металеві балки на опорах закріплюють болтами, заклепками і зварюванням.

Зварні стики тимчасово прихвачують. Кількість, розміри і довжину прихваток, що сприймають монтажні навантаження, визначають розрахунком.

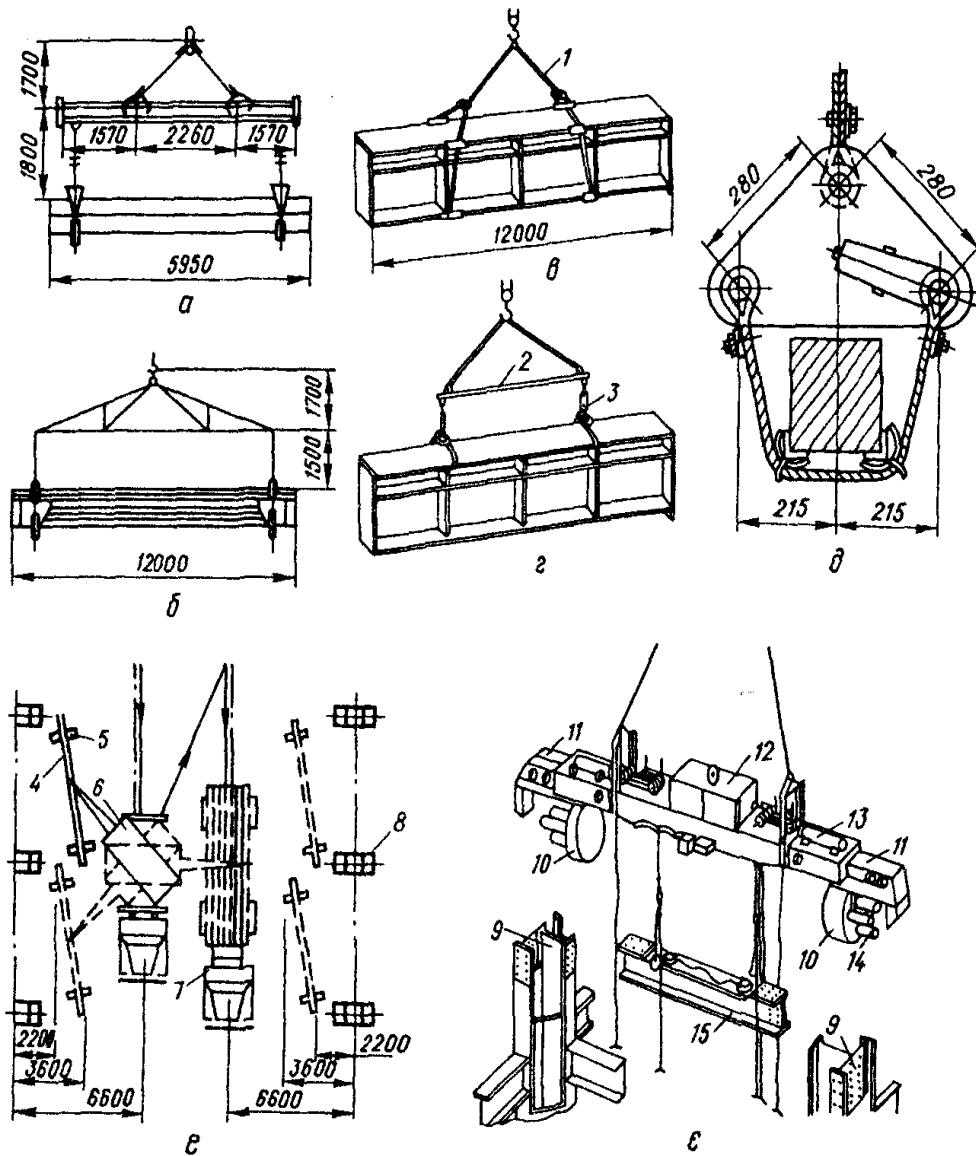


Рис. 3.4. -Монтаж балок:

*a* — траверса із захоплювачами дистанційного керування для монтажу залізобетонних балок 6 м завдовжки; *б* - те саме, 12 м завдовжки; *в* — зачеплення металевої балки полегшеними стропами; *г* - те саме, кліщовим захоплювачем; *д* — стропування балки «в обхват»; *е* - схема розкладання і монтажу підкранових балок окремими елементами; *ж* - підйомник для монтажу сталевих ригелів; 1— строп; 2— траверса; 3 — кліщовий захоплювач; 4 — підкранова балка; 5- дерев'яна підкладка; 6- кран; 7 - балковоз; 8- залізобетонна колона; 9 - металева колона; 10 - затискач; 11 — регулювальні балки; 12 - насосна станція; 13 - гідроциліндр піднімання-опускання ригеля;

14 - центрувальні ролики; 15 - ригель

Монтаж важких (масою до 100 т) підкранових металевих балок виконують з окремих монтажних блоків з улаштуванням тимчасових опор у місцях стикування. Після встановлення блоків їх з'єднують між собою зварюванням.

Для монтажу підкранових і підкроквяних балок застосовують звичайно самохідні стрілові крани, а в окремих випадках — баштові.

У прогонах до 18 м завширшки крани переміщують посередині, монтуючи балки одночасно по двох осях, у ширших прогонах рух кранів організовують по краю прогону.

Для монтажу балок і ригелів монтажники використовують навісні, переставні й пересувні риштування. Піднімання на риштування виконують за допомогою навішених на колони монтажних драбин.

### **3.2.3. Монтаж ферм і балок**

Монтаж ферм і балок покриття виконують з попереднім розкладанням у прогоні будівлі або з транспортних засобів (рис. 3.5, ж). Ферми до 24 м завдовжки доставляють у цілому вигляді, 30 м завдовжки і більше — окремими елементами, які укрупнюють на будівельному майданчику на спеціальних стендах. Монтаж ферм і балок допускається тільки після остаточного закріплення всіх розташованих нижче конструкцій.

Підготовка до монтажу ферм і балок полягає в перевірці й очищенні закладних деталей, нанесенні осьових рисок, закріпленні відтяжок, розчалок, розпорок, навісних колісок та іншого монтажного оснащення. Крім того, металеві ферми для забезпечення достатньої стійкості їхніх поясів попередньо підсилюють за допомогою брусів або пластин, які закріплюють до поясів з двох боків болтами або хомутами (рис. 3.5, д).

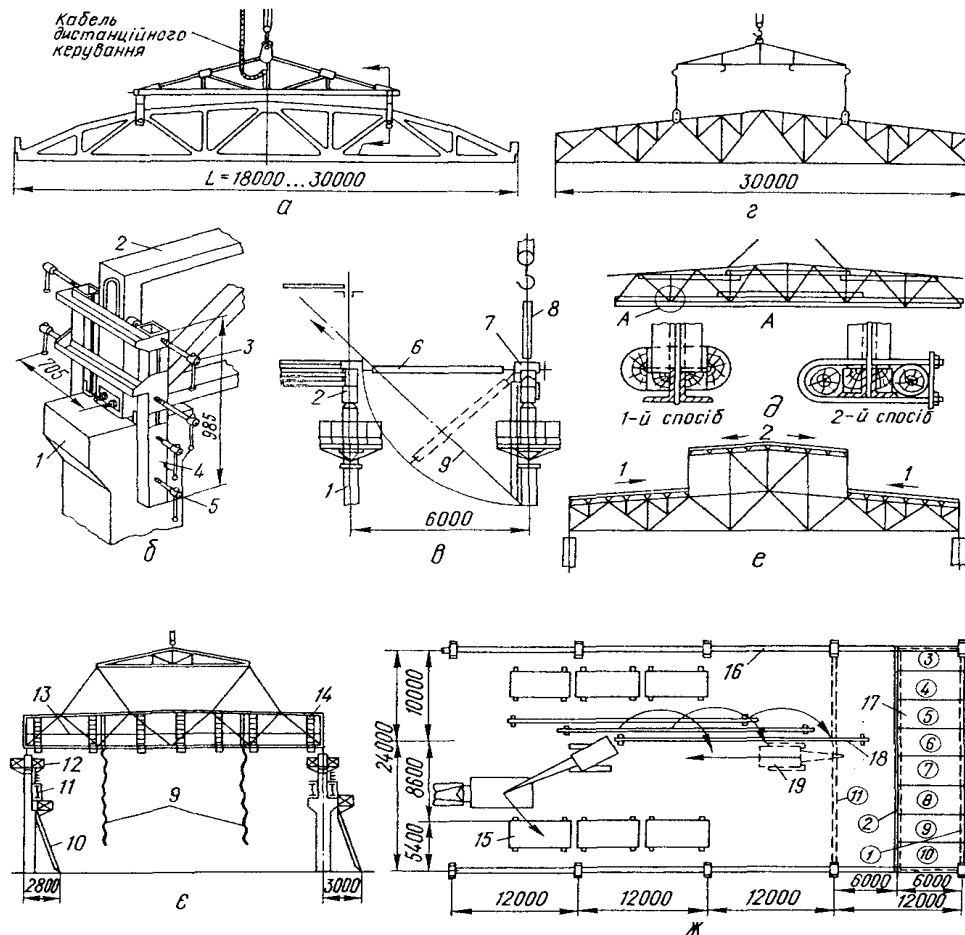


Рис. 3.5. -Монтаж ферм і плит покриття:

*a* - траверса для піднімання залізобетонних ферм 18...30 м завдовжки із захоплювачами дистанційного керування; *б* - кондуктор для вивірення і тимчасового закріплення ферм і балок покриття; *в* - тимчасове кріплення ферм розпірками; *г* - схема захоплення поодинокі металевої ферми траверсою; *д* - схема підсилення металевих ферм перед монтажем; *е* — послідовність монтажу плит покриття по сталевих фермах; *є* - розміщення риштувань для монтажу конструкцій покриття; *ж* - схема розкладання конструкцій покриття; 1- колона; 2 - ферма; 3 - регулювальні гвинти; 4 - балка; 5 - затискний гвинт; 6- інвентарна розпірка; 7 - струбцина; 8 - траверса; 9- відтяжки; 10 - приставна драбина; 11 - навісна драбина; 12 - підвісні риштування; 13 - страхувальний канат; 14 - навісні колиски; 15 - панелі покриття; 16 - підкряжні ферми; 17- змонтована ділянка плит покриття; 18 - кряжні ферми; 19 - кран. Цифрами у кружечках показано послідовність установа плит

Залежно від довжини ферм і балок їх строплять за дві або чотири точки (рис. 3.5, а, з) штировими захоплювачами з дистанційним керуванням або «в обхват». Для запобігання розгойдуванню ферм і балок під час піднімання на опори до нижнього пояса кріплять дві відтяжки або гнучкий маніпулятор, який прикріплюється до кінців монтажної траверси і керується кранівником за сигналом монтажника. Ферми і балки після піднімання й орієнтування встановлюють на оголовки колон, вивіряючи їх по рисках розбивних осей. Вертикальність ферм і балок, а також тимчасове розкріплення забезпечують установленням розчалок і розпірок (рис. 3.5, в).

Для тимчасового закріплення **залізобетонних ферм і балок** застосовують спеціальні кондуктори (рис. 3.5, б). Після встановлення на місце ферми і балки вивіряють, у разі потреби виправляють положення їх відносно розбивних осей і позначок опорних вузлів, перевіряють відстань до раніше встановленої ферми чи балки.

**Металеві ферми** монтують по одній або блоками. При установленні поодиноких ферм монтаж починають із зв'язувальної панелі.

Першу ферму розкріплюють чотирма тимчасовими розчалками і після встановлення другої ферми монтують постійні в'язі. Кожну наступну ферму кріплять до раніше встановленої постійними або тимчасовими в'язями.

Ферми вивіряють відразу після встановлення їх. Позначки опорних вузлів ферм перевіряють нівеліром, вертикальність ферми — виском, прогин їх з площини — дротом, який натягують між двома кінцями ферми, а відстань між верхніми поясами ферм — сталевими стрічками або шаблонами.

До встановлення ферм навішують риштування на змонтовані колони (рис. 3.5, є) і на самі ферми вздовж нижнього пояса. Під час роботи на верхньому поясі використовують навісні колиски. До піднімання ферм на кожній з них закріплюють трос для безпечного переміщення монтажників по нижньому поясу. Після вивірення й остаточного закріплення залізобетонних або металевих ферм на них укладають плити покриття.

### **3.2.4. Монтаж плит покриття**

Плити покриття одноповерхових промислових будівель захоплюють багатовітковими стропами або траверсами. Після піднімання і встановлення на місце плити вивіряють по рисках, попередньо нанесених на самі плити і на опорні вузли ферм. Монтаж плит по залізобетонних фермах виконують у першій чарунці прогону послідовно з одного краю прогону до другого, у наступних чарунках — від середини до країв. По безліхтарних металевих фермах плити укладають у кожній чарунці симетрично з обох боків від опорних вузлів до гребеня або від гребеня до опорних вузлів ферм (рис. 3.5, е). По фермах з ліхтарями плити слід класти симетрично, спочатку по поясах ферм, а потім по ліхтарю.

### **3.2.5. Монтаж стінових панелей**

Огороджувальні конструкції промислових каркасних будівель — це великі стінові панелі. Зовнішні стінові панелі каркасних будівель встановлюють після монтажу й остаточного закріплення в проектному положенні всіх конструкцій каркаса.

Для організації монтажу зовнішніх стінових панелей одноповерхових промислових будівель стіни ділять на захватки, довжина яких дорівнює одному, двом чи кільком крокам колон. Панелі однієї захватки монтують з однієї стоянки крана на всю висоту будівлі. Якщо крок колон 6 м, за захватку беруть дві чарунки, якщо 12 м — одну (рис.3.6, а).

Перед монтажем панелей треба виконати підготовчі процеси: ґрунтування почищених торців, розташованих нижче панелей, холодною мастикою ізол, встановлення маяків-підкладок з армованих цементних плиток, наклею герметизувальних прокладок і розстилання цементного розчину.

Панелі монтують, як правило, з транспортних засобів, при великих обсягах робіт — з попереднім розкладанням. Панелі 6 м завдовжки стропують за дві, а 12 м завдовжки — за чотири петлі. У проектне положення їх встановлюють

самохідними кранами; вивірення і закріплення зварюванням до закладних деталей колон виконують з риштувань — навісних, переставних і рухомих.

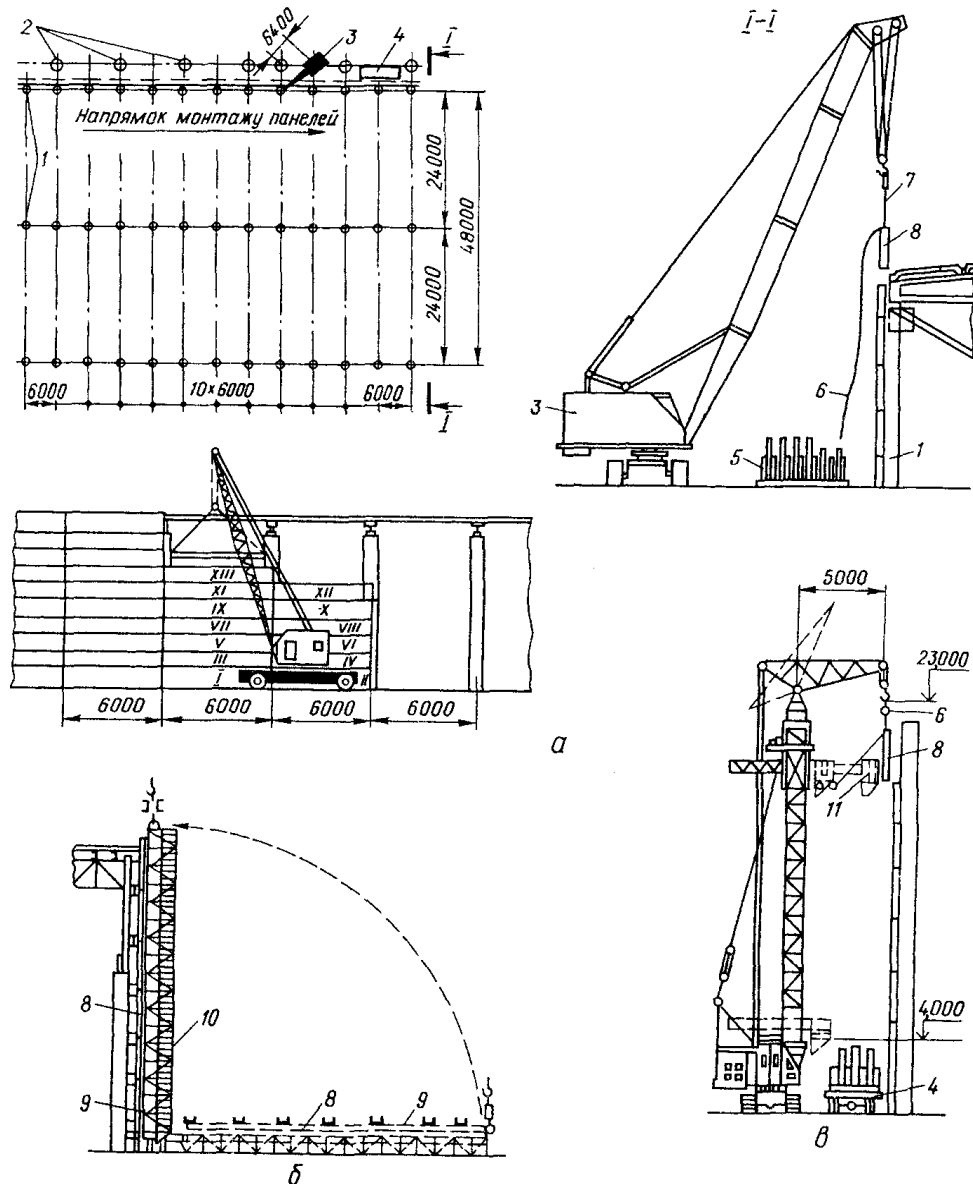


Рис.3.6. -Монтаж стінових панелей: *а* - схема монтажу; *б* - складання та монтаж стінової огорожі великими блоками; *в* - обладнання крана пересувними риштуваннями для монтажу панелей; 1- колона; 2- стоянки крана;3- кран; 4 - панелевоз; 5 — касета для складування стінових панелей; 6 — відтяжка; 7 - двовітковий строп; 8 - стінова панель; 9 - стояк; 10- драбина; 11- висувні підйомні риштування; I-III- послідовність монтажу

На практиці промислового будівництва широко застосовують монтаж огорожувальних стінових конструкцій елементами великого розміру

вертикальної розрізки по всій висоті будівлі (рис. 3.6, б).

Такі панелі укладають горизонтально в спеціальний кондуктор і разом з ним установлюють краном у проектне положення. Після вивірення і закріплення панелі кондуктор знімають. Горизонтальні й вертикальні стики панелей зашпаровують пороізолем і самоклеїльною стрічкою «герлен», а з внутрішньої сторони розшивають цементно-піщаним розчином. Застосування стінових панелей великого розміру дає змогу зменшити кількість монтажних елементів у 3-6 разів, довжину стиків між панелями — у 4 рази, зменшити витрати сталі на 10-18%.

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть основну монтажну операцію.
2. Дайте визначення терміну «метод монтажу».
3. Наведіть класифікаційні ознаки методів монтажу.
4. Як поділяються методи монтажу залежно від обмежень, що накладаються на операції переміщення конструкцій у просторі?
5. Як розрізняються методи монтажу залежно від ступеня укрупнення конструкцій?
6. Як визначаються методи монтажу залежно від послідовності встановлення конструкцій у проектне положення?
7. Як поділяються методи монтажу залежно від напрямку розвитку монтажного процесу?
8. Дайте визначення методам нарощування та підрощування будівельних конструкцій.
9. Назвіть переваги та недоліки диференціального методу монтажу.
10. Назвіть переваги та недоліки комплексного методу монтажу.
11. Назвіть методи вільного піднімання конструкцій.
12. Назвіть методи примусового піднімання конструкцій.
13. Назвіть прийоми монтажної операції піднімання.

14. Який метод залежно від послідовності встановлення конструкцій у проектне положення найчастіше вживається для монтажу одноповерхових промислових будівель?
15. Який метод залежно від напрямку розвитку монтажного процесу найчастіше вживається для монтажу одноповерхових промислових будівель?
16. Як здійснюється підготовка колон під монтаж?
17. Які операції включає процес монтажу колон?
18. Якими методами здійснюється піднімання колон?
19. 19. Які засоби застосовуються для тимчасового закріплення колон у стаканах фундаментів?
20. Як перевіряється вертикальність установлення колони у стакані фундаменту?
21. Які пристрої додатково використовуються при вивірці і тимчасовому закріпленні важких колон 12 - 18 м заввишки?
22. Які крани переважно використовуються для монтажу колон одноповерхових промислових будівель?
23. Як здійснюється постійне закріплення колон у стакані фундаменту?
24. Коли знімаються засоби тимчасового закріплення колон у стакані фундаменту?
25. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу колон одноповерхових промислових будівель?
26. Від чого залежать схеми руху і послідовність монтажу колон?
27. Коли допускається монтаж ферм і балок одноповерхових промислових будівель?
28. У чому полягає підготовка до монтажу ферм і балок?
29. Від чого залежить послідовність монтажу плит покриття?
30. Які підготовчі процеси треба виконати перед монтажем стінових панелей?

## ЛЕКЦІЯ 4

**Тема 1. Зведення багатоповерхових каркасних будівель**

**Тема 2. Монтаж великопанельних безкаркасних будівель**

**Тема 3. Монтаж будівель з великих блоків**

**Тема 4. Монтаж будівель з об'ємних блоків**

**Тема 5. Зведення баштових споруд**

**Тема 6. Зведення просторових будівель і споруд**

**Тема 7. Зведення висотних будівель спеціальними методами**

### 4.1. Зведення багатоповерхових каркасних будівель

Багатоповерхові будівлі зводять заввишки 3–12 поверхів, завширшки 12 – 42 м, завдовжки 100–300 м при масі залізобетонних конструкцій не більше 8–10 т (найчастіше 5–6 т). Будівля складається з уніфікованих типових секцій, розділених між собою температурними швами.

Як і одноповерхові, багатоповерхові будівлі зводять у кілька стадій, а саме:

- 1) спорудження підземних конструкцій;
- 2) зведення наземних конструкцій;
- 3) влаштування покрівлі;
- 4) опоряджувальні роботи та монтаж технологічного обладнання.

Роботи 1 і 3 стадій (підземної частини будинку і покрівлі) виконують за горизонтальною схемою, а 2 - горизонтально-висхідною схемою. Роботи 4 стадії (післямонтажні роботи) можна виконувати за вертикально-низхідною схемою після влаштування покрівлі. Така послідовність найбільш поширена на будівництві. Щоб прискорити темпи будівельних робіт в багатоповерхових будинках (вище чотирьох поверхів), роботи 4 стадії (опоряджувальні та інші післямонтажні роботи) виконують за вертикально-висхідною схемою і

суміщають з основними роботами, пов'язаними із зведенням наземної частини під захистом двох перекриттів на різних ділянках у плані.

Основними елементами багатоповерхових промислових будівель є колони, ригелі, плити і стінові панелі. Колони заввишки на один-два поверхи нарощують із застосуванням жорсткого стику на електрозварюванні. Випуски робочої арматури колон зварюють з використанням ванної зварки під флюсом. Жорсткий стик на відміну від шарнірного сприймає не тільки осеву силу, а й значні згинальні моменти. Стики зварюють після тимчасового закріплення колон поодинокими, груповими кондукторами або комплектами групових кондукторів у вигляді рамно-шарнірних індикаторів (РШІ).

Найбільш поширена горизонтальна схема монтажу каркасу, при якій будинок розчленовують на монтажні ділянки і в їх межах зводять об'єкт ярусами в один-два поверхи залежно від розрізки колон. При цьому монтажні (баштові) крани розміщують з одного або з двох боків об'єкта. Ярус, розташований вище, зводять після закріплення усіх збірних елементів нижнього ярусу. Замоноличування стиків потрібно вести безпосередньо за монтажем.

Вертикальна схема монтажу каркасу передбачає зведення будинку на всю висоту окремими відсіками. Розмір їх по довжині об'єкта визначають проектом виконання робіт (або технологічною картою) з урахуванням забезпечення стійкості конструкцій та безпеки робіт. У цьому разі монтажні крани можна розташовувати не тільки за межами будинку, а і в середині площі його забудови за умови, коли під будинком немає суцільного підвалу. Замість двох баштових кранів може бути використаний один баштовий або стріловий кран. Якщо колони першого поверху закріплюють у стаканах фундаментів, то елементи другого ярусу можна ставити тільки після замоноличування стиків колон і досягнення в них проектної міцності. В зв'язку з цим для забезпечення безперервності процесу монтажу (потоковості) у суміжному відсіку треба мати резервну захватку.

При вертикальній схемі монтажу каркасу доцільно прийняти східчасту послідовність установаження конструкцій. Це дає можливість краще використовувати стріловий кран при подаванні конструкцій верхнього ярусу.

Таким чином, залежно від розмірів для зведення багатоповерхових будівель застосовують баштові чи самохідні крани, які можуть бути розміщені з одного боку будівлі, з двох боків або встановлені посередині. У плані будівлі розбивають на зони дії кранів, а зони, в свою чергу, - на ділянки для можливого суміщення робіт.

У всіх схемах організації монтажу послідовність встановлення конструкцій повинна бути такою, при якій забезпечуватиметься стійкість будівлі, виконуватимуться вимоги техніки безпеки, а монтаж буде найекономічнішим. Особливу увагу слід приділяти своєчасному (першочерговому) монтажу діафрагм жорсткості та зв'язкових панелей.

Залізобетонний каркас багатоповерхових будинків дає змогу здійснювати монтаж конструкцій наземної частини об'єкта диференціальним, комплексним або комбінованим методами.

При диференціальному методі в межах захватки послідовно встановлюють окремі елементи кожного поверху: колони, ригелі, плити перекриття. При комплексному методі елементи встановлюють у межах однієї чарунки, в складі не менше чотирьох колон, монтуючи всі конструкції ярусу. Ярус - це висотна розрізка. При комбінованому методі поверх (або ярус із двох поверхів) монтують двома комплектами. Якщо ярус складається з одноповерхових колон, то в перший комплект входять колони, а в другий - ригелі та плити перекриття. При двоповерхових колонах в першому комплекті є колони, ригелі та міжколонні (розпірні) плити нижнього поверху, а у другому - плити нижнього поверху, ригелі та плити верхнього поверху. В усіх випадках панелі стін монтують окремим потоком після монтажу всіх елементів ярусу на монтажній ділянці.

#### **4.1.1. Монтаж колон багатоповерхових будівель**

У багатоповерхових будівлях застосовують колони одно-, дво- та триповерхові. Колони першого ярусу в стакані фундаментів установлюють, як і колони одноповерхових будівель.

Під час підготовки до монтажу наносять риски установлюючих осей на верхні грані фундаментів та бічні грані колон. На дно стаканів фундаментів укладають армобетонні підкладки чи шар жорсткого бетону.

Для піднімання колон застосовують універсальні стропи, захвати та спеціальні траверси. Після піднімання та встановлення колони на місце, не знімаючи її з гака крана, виконують вивіряння її положення, суміщаючи осьові риси на колоні та верхніх гранях фундаменту.

Вертикальність колон перевіряють двома теодолітами, встановленими у взаємно перпендикулярних напрямках. Простежуючи в трубу кожного з теодолітів положення низу і верху осьових ліній, нанесених на грані колони, встановлюють, чи не відхилена вона від вертикалі у двох площинах. Відмітки опорних площин колон – підкранових і підфермових – контролюють нівелюванням.

Також для закріплення колон у фундаментах застосовують інвентарні кондуктори, а для виправлення положення колон у плані – спеціальні легкі домкрати.

Колони верхніх ярусів установлюють на оголовки нижніх. Для зручності виконання монтажних робіт у процесі проектування місця зварювання монтажних з'єднань розташовують вище рівня міжповерхових перекриттів на 0,5-1м.

Встановлення, вивіряння та тимчасове закріплення виконують за рисками із зварюванням деталей стикових з'єднань у обсязі, достатньому для забезпечення стійкості колони після її розстропування. Крім того, застосовують поодинокі чи групові кондуктори на чотири колони (рис. 4.1.).

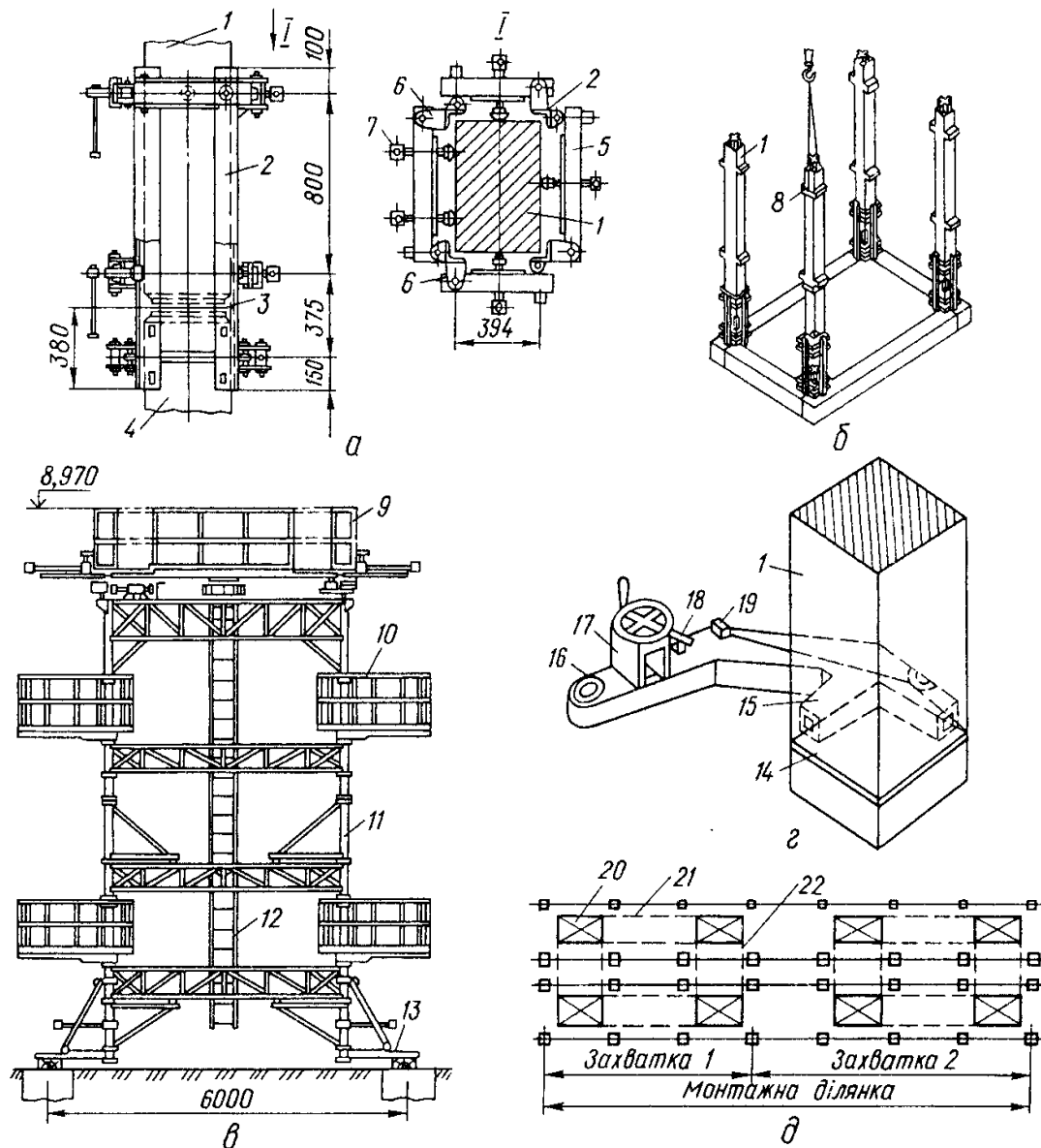


Рис.4.1. - Тимчасове закріплення колон багатопверхових каркасних будинків: *а* — поодинокій кондуктор; *б* — схема установлення колон; *в* — рамно-шарнірний індикатор (РШ); *г* — кріплення колон у поворотному хомуті РШ; *д* — схема переставляння РШ; 1 — колона; 2 — кутовий стояк; 3 — стик колон; 4 — раніше поставлена колона; 5 — балочка; 6, 16 — шарніри; 7 — регулювальний гвинт; 8 — захоплювач; 9 — огорожа; 10 — поворотна колиска; 11 — стояк риштувань; 12 — драбина; 13 — опорна лапа; 14 — трос; 15 — поворотний хомут; 17 — натяжний пристрій; 18 — фіксатор; 19 — замок кріплення; 20 — кондуктор на чотири колони; 21 — поздовжня тяга; 22 — поперечна тяга.

**Поодинокий кондуктор** (рис.4.1, а, б) — найпростіше обладнання для монтажу колон багатоповерхового каркасу (незалежно від членування за висотою). Використовують різні типи таких кондукторів. Це просторові конструкції з трьома рядами обойм (хомутів). Їх закріплюють на оголовках колон попереднього ярусу, які виступають над перекриттям, нижніми хомутами з регульовальними гвинтами, а верхніми хомутами тимчасово закріплюють і вивіряють колону, що встановлюють в проектне положення. Після остаточного закріплення колони поодинокий кондуктор знімають і переставляють краном на нове місце. Зводять конструкції з застосуванням одиночних кондукторів поповерхово, дотримуючи визначеної технологічної картою послідовності. Для забезпечення стійкості та просторової жорсткості каркасу в процесі зведення потрібно здійснювати монтаж комплектом не менше 12 кондукторів. Це також необхідно для створення фронту робіт при виконанні наступних процесів.

**Груповий кондуктор** на чотири колони ставлять і закріплюють хомутами до оголовків раніше встановлених колон. Кожну колону встановлюють, закріплюють і вивіряють подібно поодиноким кондукторам. Після остаточного закріплення колон кондуктор знімають і за допомогою лебідки перекочують по рейках на нову ділянку монтажу.

У разі значних обсягів робіт, пов'язаних з монтажем конструкцій багатоповерхових будівель, рекомендується застосовувати рамно-шарнірні індикатори (РШІ).

**Рамно-шарнірний індикатор** — це просторова конструкція, яка складається з жорсткого каркасу, регульованої шарнірно-індикаторної рами, що плаває із змонтованими в ній поворотними і відкидними обоймами для тимчасового закріплення і вивірення колон, кільцевих помостів і поворотних колісок на рівні нижнього і верхнього поверхів ярусу колони (рис. 4.1, в ). Просторовий каркас РШІ опирається на перекриття або на верхні обрізи фундаментів (при монтажі колон першого ярусу). Поздовжніми і поперечними тягами фіксують взаємне положення комплекту із чотирьох РШІ в плані.

Плаваюча рама — основний робочий орган РШІ. Завдяки їй індикатор можна встановлювати з відхиленням у плані до 100-200 мм від проектного положення, а потім вивіряти і фіксувати тільки індикаторну раму.

Існуючі типи РШІ дають змогу зводити каркаси з чарунками колон 6х6 і двоповерховим розчленуванням їх. Комплект монтажного оснащення включає не менше чотирьох РШІ, кожний з яких має свій порядковий номер, що визначає розміщення в плані. Встановлюють і переставляють їх на нову позицію монтажним краном у визначеній технологічною картою послідовності.

Перед установленням РШІ мають бути повністю змонтовані й остаточно закріплені всі конструкції розташованого нижче ярусу, перенесені основні розбивні осі на оголовки колон або перекриття, вивірений монтажний горизонт і складена виконавча геодезична схема, а також оформлений акт приймання змонтованих конструкцій.

У процесі установлення РШІ вивіряють положення бази кондукторів відносно рисок осей, а рами — відносно поздовжніх і поперечних осей будівлі.

Після встановлення, закріплення і вивірення РШІ переходять до монтажу колон. Їх положення в плані і на вертикалі фіксують з необхідною точністю поворотними і відкидними хомутами регульованої рами (рис. 4.1, з). При встановленні колону підводять краном до кутових упорів РШІ і плавно опускають на оголовок колони нижнього ярусу. Низ колони, поставлений на оголовок колони нижнього ярусу, або фундамент вивіряють за рисками. Верх колони приводять у проектне положення і тимчасово закріплюють за допомогою натяжного пристрою, притискуючи грані колони до фіксуючих граней кутового упора регульованої рами. Після тимчасового закріплення зварюють стики. Для зручності роботи монтажників на просторових риштуваннях РШІ змонтовані поворотні коліски.

Каркас із застосуванням РШІ збирають комплексним методом, зводячи з однієї стоянки всі елементи ярусу заввишки у два поверхи, в такій послідовності:

- 1) встановлюють і зварюють між собою за висотою колони;

2) встановлюють і прикріплюють до колон діафрагми жорсткості (або сталеві в'язи);

3) укладають і приварюють до колон ригелі першого, потім другого поверху;

4) укладають і зварюють між собою міжколонні плити першого, потім другого поверху;

5) встановлюють збірні перегородки на першому поверсі в прольотах між РШ;

6) укладають в прольотах між РШ плити перекриття першого поверху;

7) встановлюють збірні перегородки на другому поверсі в прольотах між РШ;

8) укладають в прольотах між РШ плити перекриття другого поверху ;

9) переставляють на наступну позицію РШ, а в звільнених чарунках монтують елементи, яких не вистачає (плити першого і другого поверхів);

10) після монтажу елементів каркасу монтують елементи сходової клітки.

Переставляти РШ на нову позицію (рис. 4.1, *д*) можна тільки після закінчення всіх зварювальних робіт, що передбачені проектом. При цьому їхнє положення в плані визначають за допомогою поздовжніх і поперечних тяг.

Під час монтажу одноповерхових колон використовують групові кондуктори спрощеної конструкції, в яких на стояках каркасу закріплені два ряди хомутів. Нижній ряд призначений для вивіряння і тимчасового закріплення низу встановлюваної колони, а верхній - відповідно для верха колони. Кондуктор закріплюють на оголовках колон нижнього ярусу. Після остаточного закріплення колон кондуктор знімають і за допомогою лебідки перекочують по рейках на нову ділянку монтажу.

Для забезпечення безперервного потоку робіт треба мати не менше чотирьох кондукторів, сполучених між собою тягами. В цьому разі монтаж каркасу здійснюють у такій же послідовності, як і при використанні РШ.

#### **4.1.2. Монтаж ригелів багатоповерхових будівель**

Для монтажу ригелів застосовують тросові стропи є місцевим або дистанційним розстропуванням подібно до залізобетонних балок. Ці елементи укладають на консолі або приварені до колон столики. Монтаж ведуть з дотриманням суміщення осьових рисок та однакового зазору між торцями ригелів і гранями колон. Ретельне виконання цих умов дає змогу за один раз укласти ригель в проектне положення. Стики зварюють одразу після укладання ригелів.

Під час монтажу ригелів монтажники використовують навісні, переставні та пересувні риштування. Піднімання на риштування виконують за допомогою навішених на колони монтажних дробин.

#### **4.1.3. Монтаж плит перекриття і покриття багатоповерхових будівель**

У багатоповерхових будівлях плити перекриття і покриття монтують після встановлення колон та ригелів у межах поверху чи захватки. Монтаж починають з установаження розпірних плит, які розташовані між колонами, і приварювання їх до ригелів у чотирьох кутах. Потім монтують послідовно інші (рядові) плити

Для стропування плит застосовують чотиривіткові стропи, балансірні траверси та траверси з гірляндним підвішуванням плит.

Порядок та напрям установаження плит вказують у технологічній карті, що входить до складу проекту виконання робіт на окремий вид робіт — зведення каркасу багатоповерхового будинку. Послідовність монтажу повинна забезпечувати стійкість будівлі та можливість вільного доступу для приварювання плит.

#### **4.1.4. Монтаж стінових панелей багатоповерхових будівель**

Монтаж стінових панелей багатоповерхових будівель виконують поетапно після зведення і проектного закріплення несівних конструкцій на захватці або будівлі. Їх монтують самостійним потоком після зведення каркасу.

Іноді їх монтують в єдиному потоці з каркасом; у цьому випадку монтаж стінових панелей повинен відставати не менше ніж на один ярус (поверх) від монтажу інших елементів каркасу.

Для піднімання та встановлення панелей використовують механізовані траверси або траверси із підтримуючими пристроями. Послідовність установа панелей залежить від типу збірних елементів, способу їхнього закріплення, використовуваних вантажопідйомних механізмів та монтажного оснащення.

Стінові панелі монтують тими самими кранами, що й каркас. Великі панелі встановлюють у поперечному напрямку, з'єднуючи внутрішню грань з упорною гранню шаблона, в поздовжньому напрямку — по установавальних рисках, по висоті — по рисках висотних позначок (рис. 4.2, а, б, в).

Панелі, що спираються нижньою гранню на ригель або плиту перекриття, встановлюють по висоті на попередньо вивірені нівеліром підкладки. Монтують і закріплюють панелі з навішених драбин. Вертикальні й горизонтальні шви розшивають з підвісних колик. Послідовність монтажу навісних панелей залежить від розрізки стін, конструкцій стиків, типу монтажного оснащення тощо. Стріловими кранами панелі стін дворядної розрізки монтують на висоту захватки послідовно на кожній ділянці; баштовими кранами монтаж на захватці виконують поперехово горизонтальними смугами (рис. 4.2, г, д).

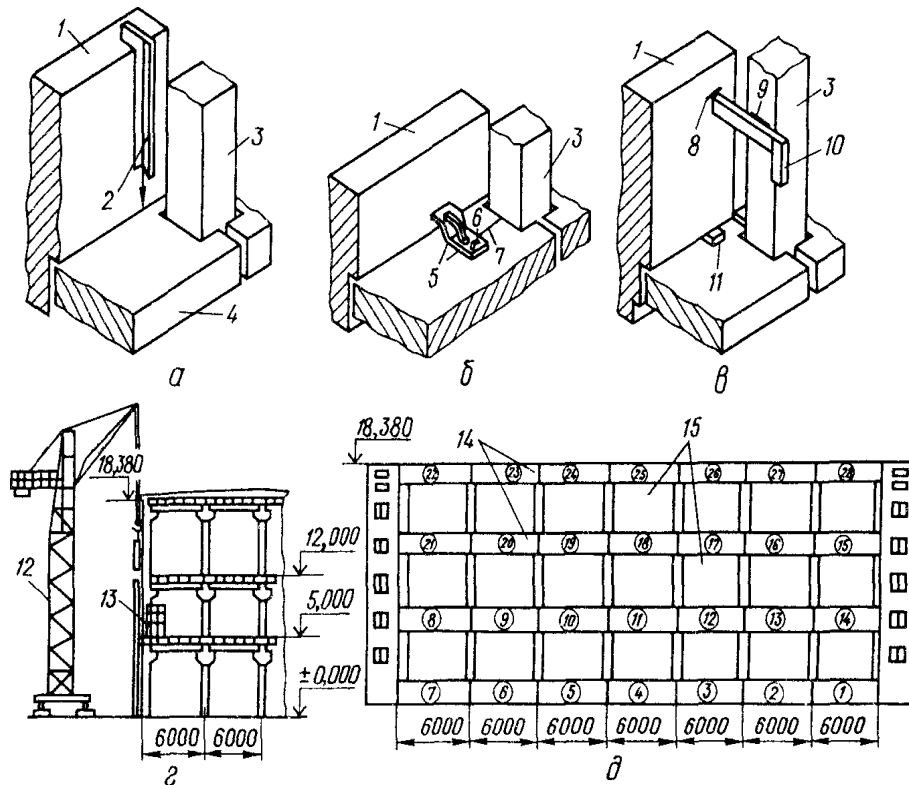


Рис. 4.2. Монтаж навісних панелей: *а* - вивірення панелі по вертикалі за допомогою рейки-виска; *б* - те саме, у поперечному напрямку за допомогою шаблона по розбивній позначці; *в* - те саме, по висоті за допомогою кутового шаблона; *г* - схема монтажу панелей; *д* - послідовність монтажу панелей на захватці; 1- навісна панель; 2- рейка-висок; 3 - колона; 4- плита перекриття; 5 - шаблон; 6- позначка на шаблоні; 7 - те саме, встановлювальна; 8- те саме, на панелі; 9 - те саме, на шаблоні; 10 - кутовий шаблон; 11- підкладка; 12 - баштовий кран; 13- пересувні телескопічні риштування; 14- стінові панелі; 15- стрічкове скління. Цифрами 1-28 у кружечках показано послідовність монтажу панелей

#### 4.2. Монтаж великопанельних безкаркасних будівель

Монтаж стінових панелей великопанельних безкаркасних будівель здійснюють з транспортних засобів за погодинним графіком. Залежно від конструктивних рішень стиків панелей і монтажного оснащення застосовують

такі методи монтажу: *вільний* — із застосуванням установлювальних рисок і підкосів; *фіксований*, або *обмежено вільний*, — з використанням групового монтажного оснащення і метод *просторової фіксації* за допомогою спеціальних замкових пристроїв.

Монтаж стінових панелей починають після розмічання місць установлення панелей на перекритті, ретельної підготовки монтажного горизонту і проводять у певній послідовності (рис.4.3, *а, б, в*).

При вільному монтажі під кожен панель установлюють фіксатори (маяки), між якими укладають шар цементного розчину. Під зовнішні стінові панелі крім розчину укладають ще герметизувальні і теплоізоляційні прокладки. Стропують панелі траверсами за дві або чотири точки.

Тимчасове кріплення окремих панелей у проектному положенні забезпечують за допомогою індивідуального монтажного оснащення у вигляді підкосів зі струбцинами або іншими пристосуваннями (рис. 4.3, *г, д, е*).

Підкоси кріплять до панелей перекриття за монтажні петлі або за допомогою спеціальних захоплюючих пристроїв, які вставляють в отвори панелей перекриття, утворені в процесі виготовлення їх. Внутрішні стінові панелі, що стикаються під прямим кутом, тимчасово кріплять за допомогою кутових в'язей із струбцинами.

Зовнішні стінові панелі вивіряють по зовнішній площині, внутрішні — по одній з площин. Вертикальність установлення панелей перевіряють спеціальною рейкою-виском, установленим на панель з внутрішнього боку.

Для монтажу *поперечних несівних стін* застосовують обмежено вільний монтаж з використанням групового монтажного оснащення у вигляді об'ємних кондукторів, жорстко-шарнірних кондукторів або шарнірних в'язей (рис.4.3, *ж, з*).

Монтаж починають з установлення і геодезичного вивірення положення кондуктора. Потім ставлять базові панелі з використанням жорстких горизонтальних в'язей (тяг або штанг). За допомогою їх стінові панелі зразу приводять у вертикальне положення без додаткового вивірення. Нижня частина

панелі фіксується за допомогою спеціальних пристроїв.

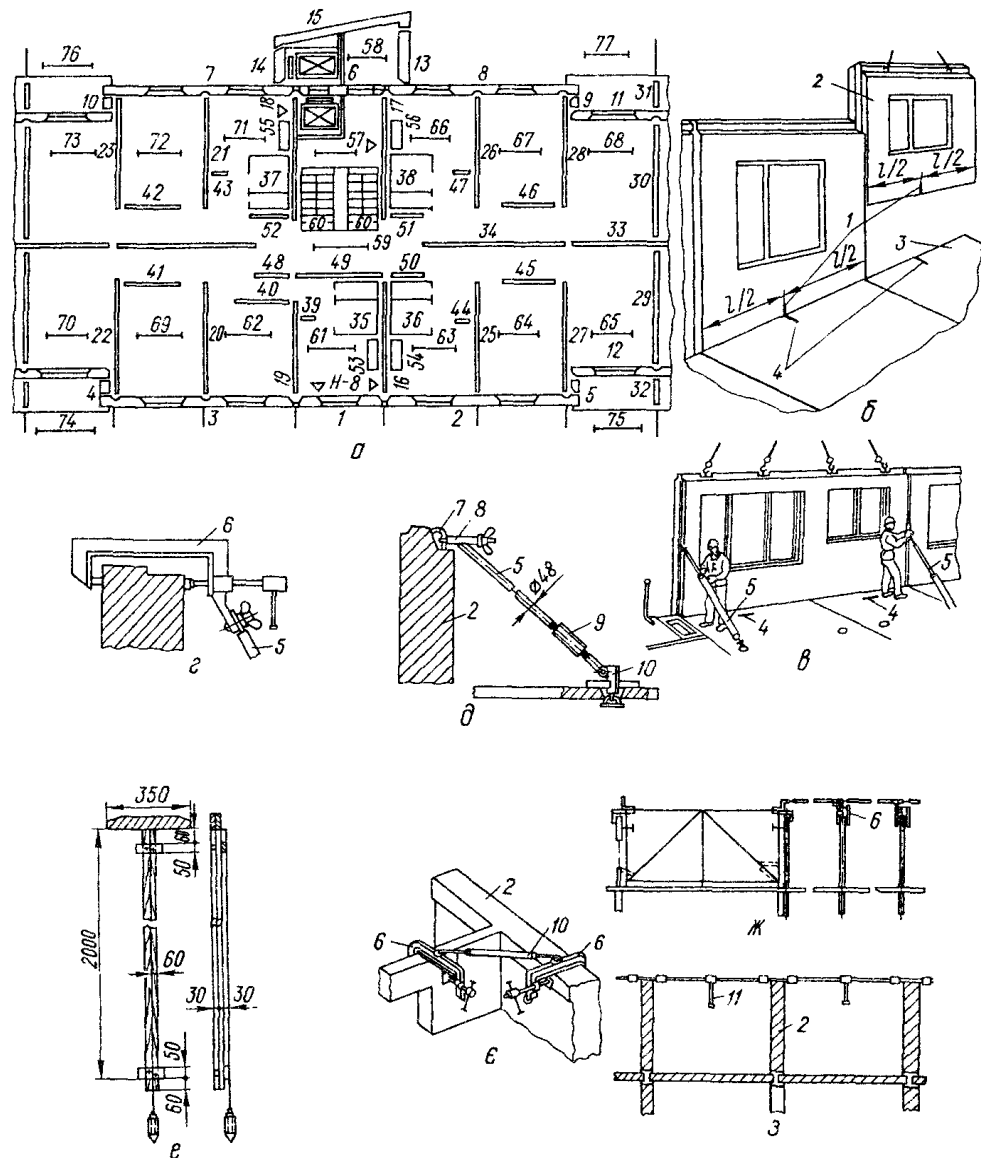


Рис. 4.3. - Монтаж стінових панелей великопанельних будівель: а — послідовність установлення панелей у будівлях з поздовжніми несівними стінами; б, в — розмічання місць установлення панелей; г, д, е — тимчасове закріплення панелей; е - рейка-висок; ж — схема закріплення поперечних стін до жорстко-шарнірного кондуктора; з—фіксування панелей горизонтальними в'язями по верху панелей; 1 — позначки (риски) на стіновій панелі; 2 — стінова панель; 3— панель перекриття; 4— позначка на панелі перекриття; 5— підкіс; 6— струбцина; 7 — монтажна петля; 8— верхній захоплювач за петлю; 9 - стяжна муфта; 10 - клиновий захоплювач; 11 — рукоятка

Для підвищення точності монтажу панелей застосовують метод просторової фіксації. Суть методу полягає в тому, що при виготовленні в стиках панелей з високим ступенем точності встановлюють фіксуючі металеві елементи, які утворюють замкові з'єднання. Ці з'єднання є одночасно робочими монтажними в'язями, які дають змогу встановлювати панелі без використання монтажного оснащення.

Послідовність встановлення панелей *поздовжніх несівних стін* може бути різною і залежить від конструктивних рішень і методів монтажу.

Монтаж зовнішніх стінових панелей починають з встановлення панелі сходової клітки по осі найбільш віддаленої від крана. Потім встановлюють суміжні панелі по тій самій осі, здійснюючи послідовно монтаж зовнішніх і внутрішніх панелей способом «на кран». Останнім часом широко застосовують метод, за яким монтаж починають з встановлення і вивірення у межах захватки *маякових* зовнішніх і внутрішніх панелей, що використовують як опорні. Продовжують монтаж за принципом замкнених чарунок, тобто послідовно монтують панелі зовнішніх, внутрішніх поперечних і поздовжніх стін, а також перегородок, сходових площадок і сходів. *Застосовують й іншу послідовність монтажу стінових панелей.*

Після остаточного вивірення панелей їх закріплюють у проектному положенні зварюванням закладних деталей, арматурних випусків або іншими кріпленнями. Металеві елементи захищають від корозії, а стики між панелями заповнюють бетоном.

Горизонтальні й вертикальні шви між панелями розшивають цементним розчином або спеціальними мастиками.

### **4.3. Монтаж будівель з великих блоків**

**Монтаж великих блоків** застосовують для зведення підземної і наземної частин будинку. Залежно від матеріалів розрізняють великі блоки з бетону,

цегли, природного каменю (вапняк, черепашник, туф та ін.). За кількістю рядів блоків на одному поверсі стіни будинку зводять з дво-, три- або чотирирядною розрізкою.

Процес монтажу великих блоків складається з таких операцій: розстилання розчину, піднімання й установлення блока на місце, вивірення блока, заповнення вертикальних швів і порожнин між блоками.

Піднімання й установлення блоків залежно від їх типу виконують двовітковими стропами або спеціальними захоплювачами. Розчин подають на місце розкладання ковшем-лопатою і розрівнюють скребками або лінійками. Блоки монтують методом горизонтального і вертикального нарощування за допомогою баштових кранів.

Перед установленням блока на вирівняний шар розчину укладають не менше двох клинів і двох підкладок, які в подальшому використовують для приведення блока в проектне положення.

Правильність опущення блоків на місце контролюють по рисках осей вертикальних швів і монтажному проміжку, утвореному з раніше укладених блоків, а також по шнуру-причалці, натягнутому між маяковими блоками. При плавному витягуванні клинів блок займає вертикальне положення, а товщина вертикальних прокладок забезпечує потрібну товщину горизонтального шва. Забивати клини забороняється, тому що це може призвести до утворення порожнин у горизонтальному шві.

Правильність установлення блоків перевіряють рейкою-виском. Блоки монтують з перев'язуванням швів.

Монтаж блоків зовнішніх стін починають з установлення маякових блоків у кутах і в місцях перетину зовнішніх і внутрішніх стін. Потім за причалкою монтують всі проміжні блоки. Після встановлення простінкових блоків монтують підвіконні блоки, а шви між ними заповнюють вкладками з легкого бетону або дрібнозернистим шлакобетоном; із зовнішнього боку виконують конопачення і замонолічування швів цементним розчином. Блоки перемичок укладають з монтажних столів або риштувань.

#### 4.4. Монтаж будівель з об'ємних блоків

Монтаж об'ємних блоків у житловому будівництві здійснюють у вигляді блок-кімнат, сантехкабін, блоків ліфтових шахт і сходів. За способом опирання розрізняють блоки з лінійним опиранням по контуру і блоки з точковим опиранням по чотирьох кутах. Об'ємні блоки надходять на об'єкт з повного заводською готовністю (вікнами, дверима, сантехнічним обладнанням, трубопроводами і повним опорядженням). На будівельному майданчику тільки монтують блоки і виконують післямонтажні роботи.

Об'ємні блоки — це стійкі монтажні елементи, вони не потребують тимчасового кріплення, їх установлюють на вивірений монтажний горизонт. Точність установлення блоків у поздовжньому напрямку контролюють теодолітом по монтажних рисках (рис. 4.4, а).

Для піднімання блоків застосовують врівноважувальні стропи (рис. 4.4, в) або балансирні траверси. Блок піднімають за два прийоми: спочатку на 30-50 см над поверхнею причепа, потім, після перевірки надійності стропування, на потрібну висоту з відстанню 1,5-2 м від раніше встановленого і повільно опускають на місце, орієнтуючи його в проектне положення. Розстроповування елементів виконують після остаточного вивірення. Металеві закладні частини встановлених і опорних блоків зварюють між собою. Для забезпечення потрібного проміжку між блоками застосовують спеціальні фіксатори (рис.4.4, б).

Монтаж блокових будинків прямокутної форми висотою до п'яти поверхів виконують козовими кранами (рис.4.4, г), а більше п'яти і складної в плані конфігурації — баштовими або самохідними стріловими кранами.

Блоки монтують по захватках у певній послідовності, яка залежить від конструктивних рішень і розташування комунікацій у блоці (рис.4.4, д, е, є).

Порожнини між блоками заповнюють звукоізоляційним матеріалом, а шви по фасаду — спеціальними герметиками або мастиками.

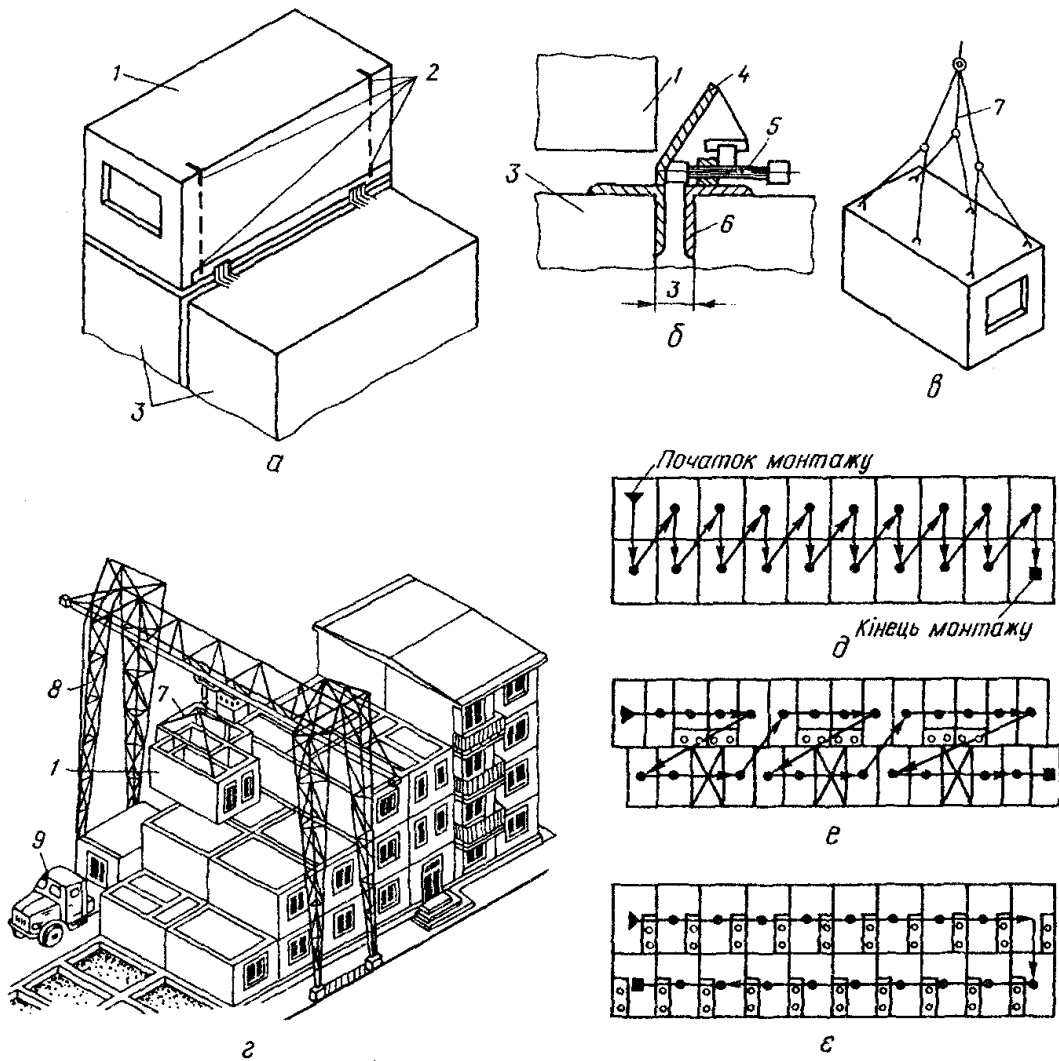


Рис.4.4. - Монтаж об'ємних блоків:

*а* — монтажні установлювальні риски для орієнтування блока; *б* — фіксатор для установлення блока; *в* — шестивітковий строп для підняття блока; *г* — монтаж блоків козловим краном; *д* — послідовність установлення блоків з розміщеними усередині комунікаціями; *е* — те саме, з комунікаціями, розміщеними на торцевій грані блока; *є* — те саме, із зовнішніми комунікаціями на поздовжній грані блока; *1* — блок, що монтується; *2* — монтажні установлювальні риски; *3* — змонтований блок; *4* — фіксуюча поверхня; *5* — гвинт; *6* — опорний кутик; *7* — балансирна траверса; *8* — козловий кран; *9* — блоковоз

#### 4.5. Зведення баштових споруд

**Баштові споруди** - це висотні, просторові будови, 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.

До баштових споруд належать антени радіо, телебачення і стільникового зв'язку, димові труби, опори ліній електропередачі та ін.

Технічні особливості баштових споруд:

- невеликі розміри в плані порівняно з їхньою висотою;
- другорядне значення власної маси порівняно з вітровими навантаженнями;
- істотна 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.

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.

#### 4.5.1. Зведення споруд методом нарощування

*Методом нарощування* зводиться велика частина баштових споруд різної висоти. Сутність цього методу полягає в поярусному монтажі споруд від нижніх відміток до верхніх з 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 вантажопідійомний механізм послідовно переміщується по змонтованих конструкціях у міру зведення конструкцій і здійснює поелементний монтаж верхніх ярусів.

Зведення баштових споруд методом нарощування здійснюють за допомогою різних монтажних механізмів (рис. 4.5):

- 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 - поліспастром. Вантажопідйомність такого крана може досягати 6,5 т. Недоліки крана-укосини: неможливо монтувати башту просторовими блоками; часті й трудомісткі перестановки механізму по висоті;

- 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 самопідймальними кранами. Усі монтажні роботи виконують тільки на висоті, для використання крана потрібно вільний від конструктивних елементів внутрішній простір вежі;

- самопідймальними (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 гратчастого 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). Кран переміщується за допомогою спеціальних блоків і лебідок;

- 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.

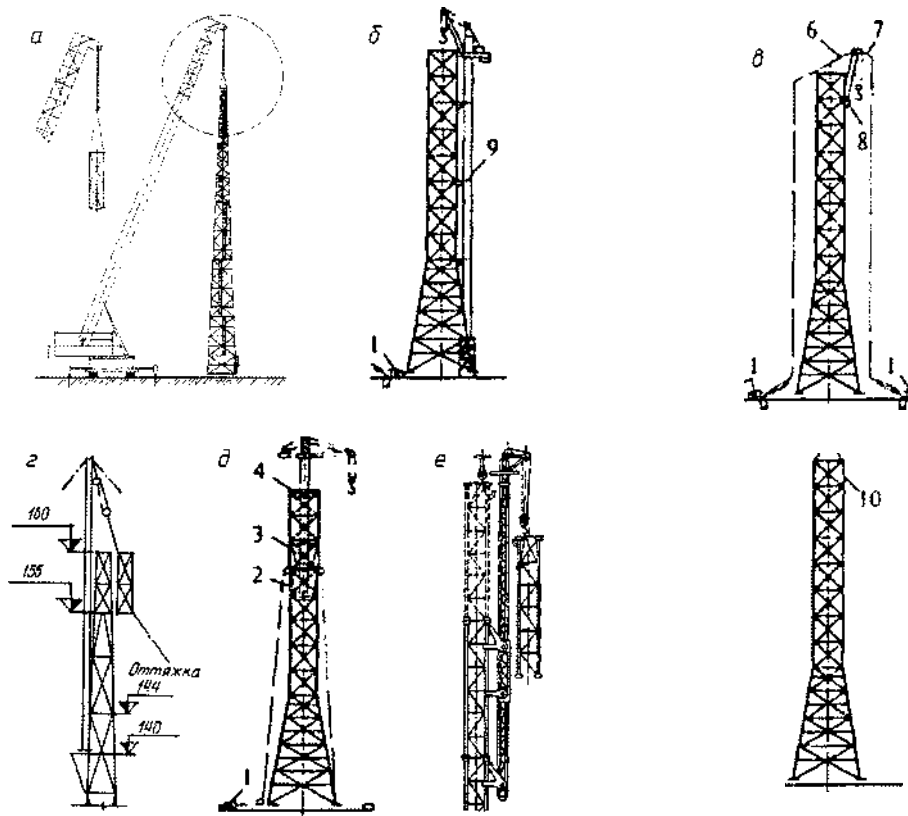


Рис. 4.5. - Схеми монтажу баштових споруд:

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 поліспасти; 3 - обойма; 4 - монтажна рама; 5 - самохідний кран; 6 - задня тяга; 7 - передня тяга; 8 - опорний столик; 9 - опорні рамки крана; 10 - уловлювачі

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). Споруди, що зводиться, заземлюють.

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 відповідних блоків, тимчасових розчалок, іншого монтажного обладнання. Конструкцію якоря наведено на рис. 4.6;

- виконуються роботи з влаштування фундаментів споруди;
- здійснюється послідовний монтаж (нарощування) споруди за допомогою прийнятих вантажопідіймальних механізмів.

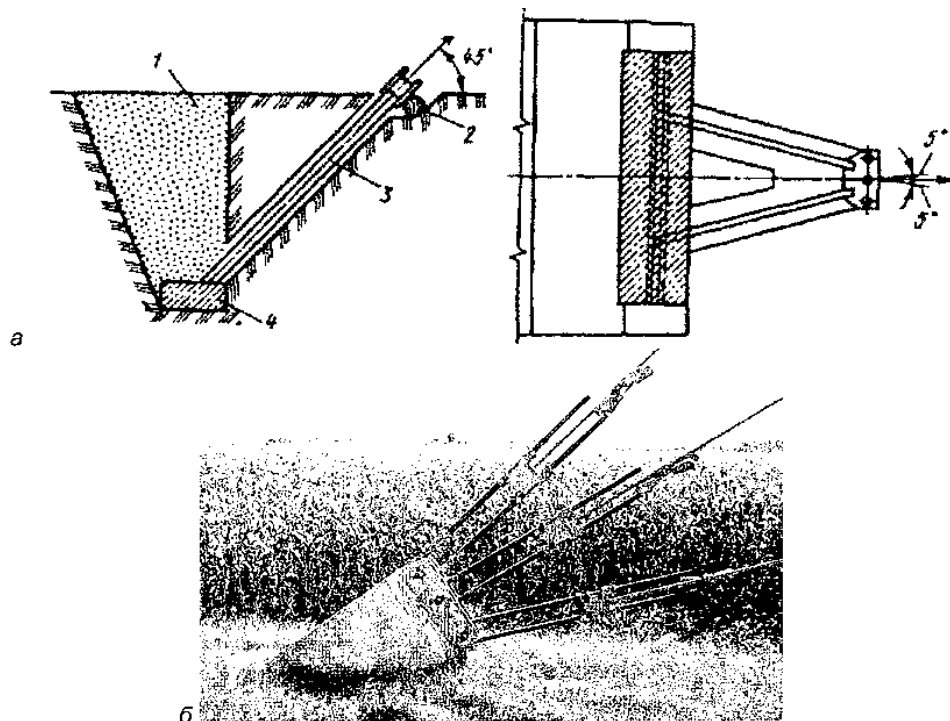


Рис. 4.6. - Приклад конструкції якоря:

*a* - схема; *б*- вигляд якоря щогли; 1 - утрамбований фунт; 2 - підкладка; 3 - тяга; 4 - залізобетонна закладна балка

Одночасно зі зведенням основних будівельних конструкцій споруди

виконується монтаж технологічного обладнання. Монтажний блок складають на майданчику укрупненого складання, оснащують відтяжками і піднімають у проектне положення (рис. 4.7).

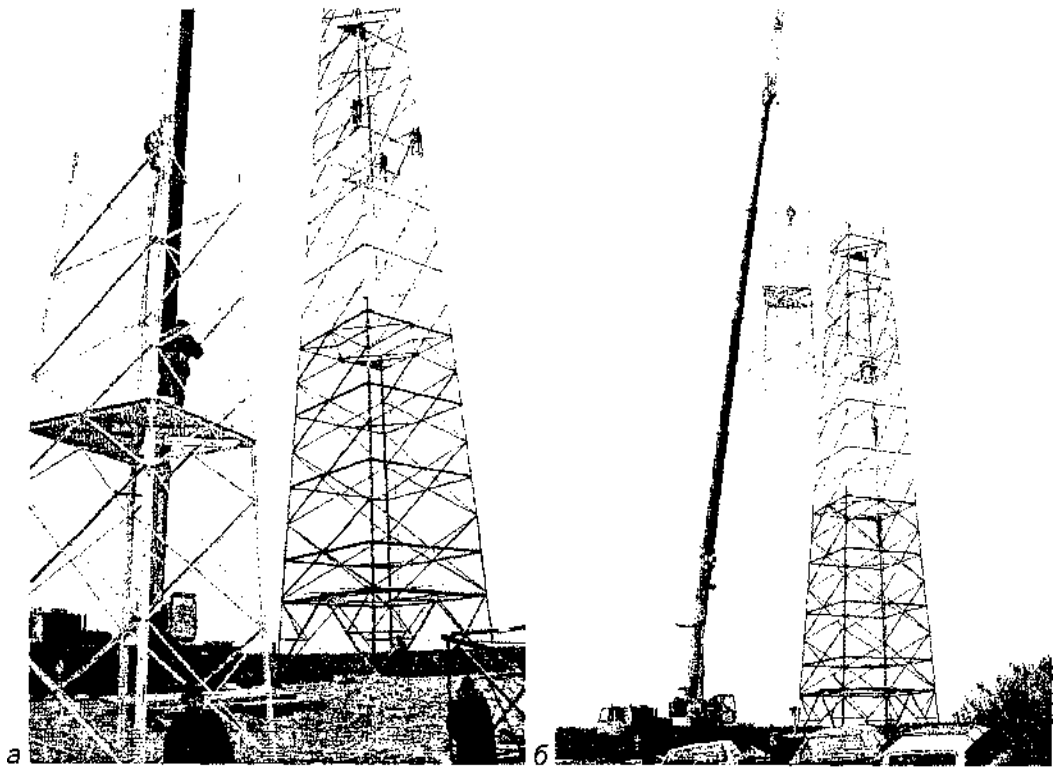


Рис. 4.7. - Зведення башти укрупненими блоками:

*а* - укрупнене складання блоків; *б* - монтаж конструкцій

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%.

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. 4.8).

Основний кран піднімає вежу і переводить її у вертикальне положення. Другий кран забезпечує її стійкість.

При монтажі щоглових споруд паралельно з поярусним монтажем конструкцій встановлюють відтяжки (рис. 4.8);

- після виконання основних видів монтажних робіт монтажні засоби розбирають.



Рис. 4.8. - Зведення баштових споруд укрупненими елементами:

*а* - одним краном; *б* - двома кранами

Останнім часом широкого розповсюдження в світі набуло будівництво баштових споруд вітрогенераторів. Зводять їх методом нарощування та монтажу укрупненими чи повністю готовими блоками (рис. 4.9).

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.



Рис. 4.10 - 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 установлені 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 поліспаств униз на барабани лебідок, установлених на землі.

На рис. 4.10 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.

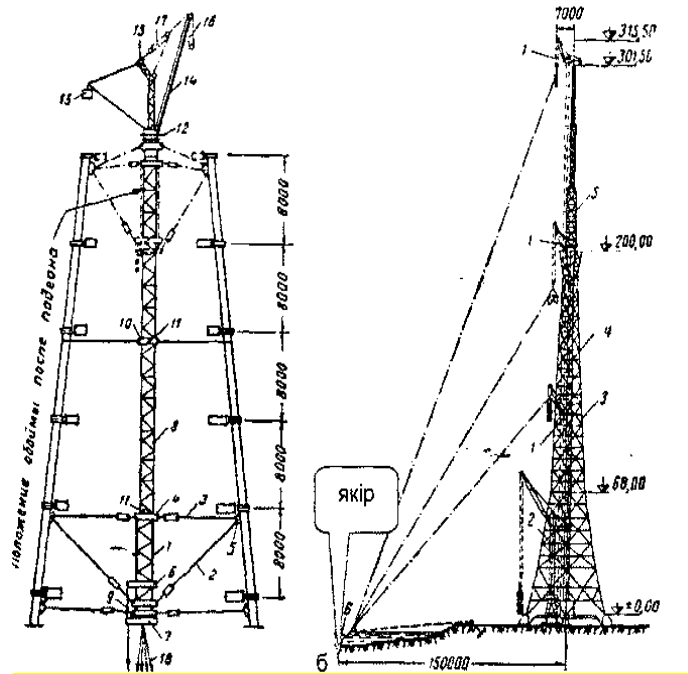


Рис. 4.10. - Зведення башт за допомогою підвісного крана, що розміщений в середині споруди:

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 поліспасты; 18 - нитки канатів

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. 4.11). Цим краном

виконують монтаж наступних ярусів споруди (рис. 4.12). 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.

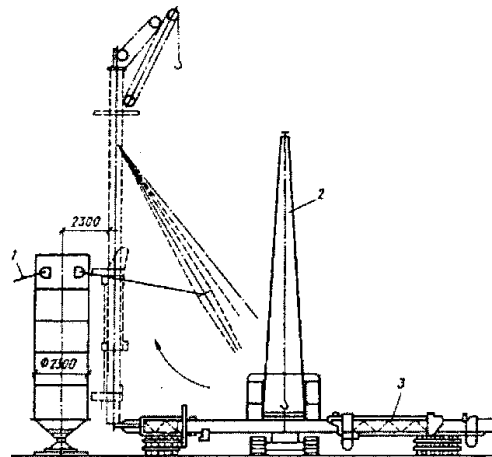


Рис. 4.11. - Схема навішування повзучого крана на секцію трубчастої щогли:

1 - розчалки; 2 - самохідний стріловий кран; 3 - повзучий кран (типу ПКТ-6) перед підніманням

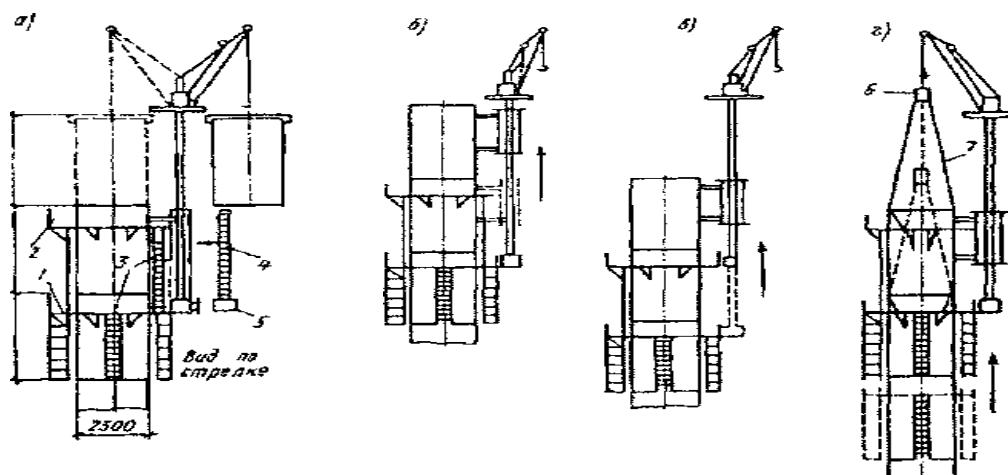


Рис. 4.12. - Схема монтажу трубчастої щогли повзучим краном: а - установлення секції щогли; б - перестановка обойми крана; в - перестановка стовбура крана; г - перестановка риштування; 1, 2, 5-

майданчики; 3, 4 - сходи; 6 - траверса; 7 - стропи

За аналогічною технологією зводяться щогли ґратчастого типу. Номенклатура повзучих кранів теж може бути досить різноманітною. На рис. 4.13 проілюстровано монтаж щогли. 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.

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

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. Розбивка секцій баштової споруди на частини виконується, виходячи з вантажопідйомності гелікоптера. Перед початком робіт проводиться контрольне складання блоків вежі у вертикальному положенні, установа напрямних і фіксуючих пристосувань (так званих уловлювачів), навішування люльок для монтажників та сходів. Після закінчення підготовчих робіт виконується монтаж блоків вежі. Підготовлені блоки захоплюються траверсами, піднімаються в повітря, після наведення в проектне положення стропи з електрозамками від'єднуються (з кабіни

гелікоптера) і блоки фіксуються уловлювачами. Уловлювачі забезпечують високу точність установки блоків ( $\pm 3$  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. Монтажники піднімаються в навісні люльки (помости) і виконують постійне кріплення стиків. Після проектного закріплення блока приступають до монтажу чергового. На рис. 4.13 наведено схему монтажу стовбура антени телевізійної башти. Складання та укрупнення секцій для гелікоптерного монтажу виконувалося на землі. Секції оснащувались уловлювачами та монтажними майданчиками

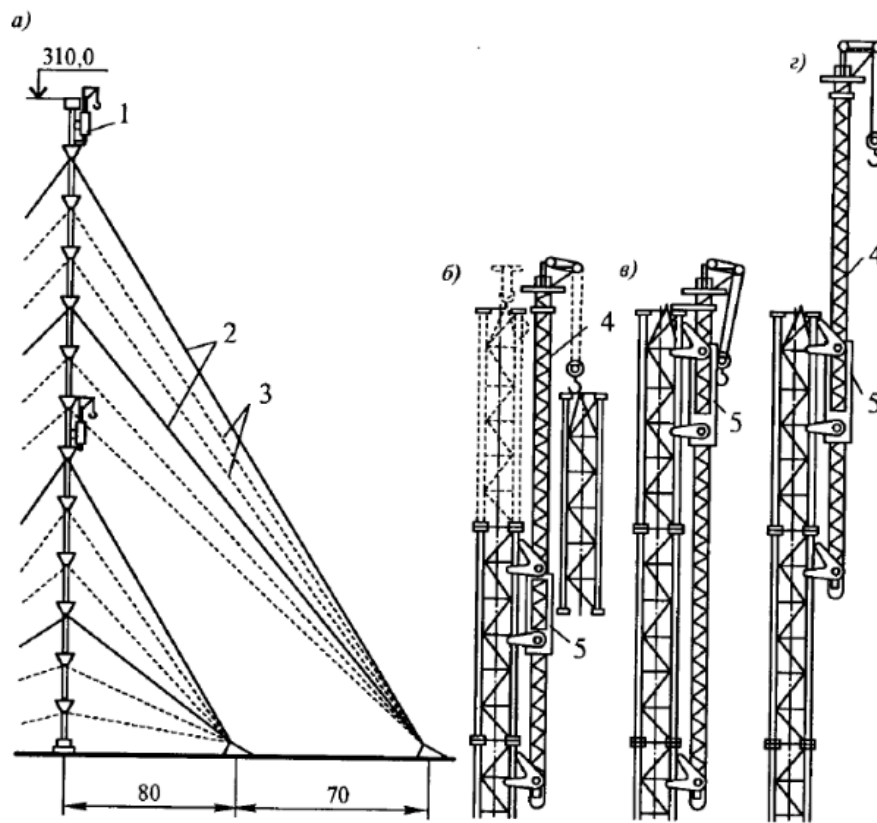


Рис. 4.13. - Монтаж баштових споруд самопідіймальними (повзучими) кранами:

*a* — загальний вигляд; *б* — установка секції башти; *в* — підєм обойми крана; *г* — підняття ствола крана; 1 — самопід'ємний кран; 2 — постійні відтяжки; 3 — тимчасові розтяжки; 4 — стовбур крана; 5 — обойма крана

Монтаж самопід'ємних кранів виконують стріловим краном після монтажу опорної і нижніх секцій щогли. Встановлені секції щогли тимчасовими розчалками кріплять до тимчасових якорів або анкерних фундаментів щогли.

Зібраний на землі самопіднімальний кран з усім такелажним приладдям піднімають та встановлюють на змонтовані секції щогли з подальшим закріпленням опорними пристроями кран за опорні столики, попередньо приварені до секцій щогли.

Для переміщення самопідійомного крана по висоті використовується обойма на стовбурі крана. Кран (рис.4.14) складається з гратчастого стовбура. Щогла переміщається всередині обойми та має внизу опорні ригелі для кріплення до щогли. При роботі кран спирається на ригелі стовбура щогли та його додатково закріплюють до щогли в верхньому рівні обойми щоб уникнути перекидання.

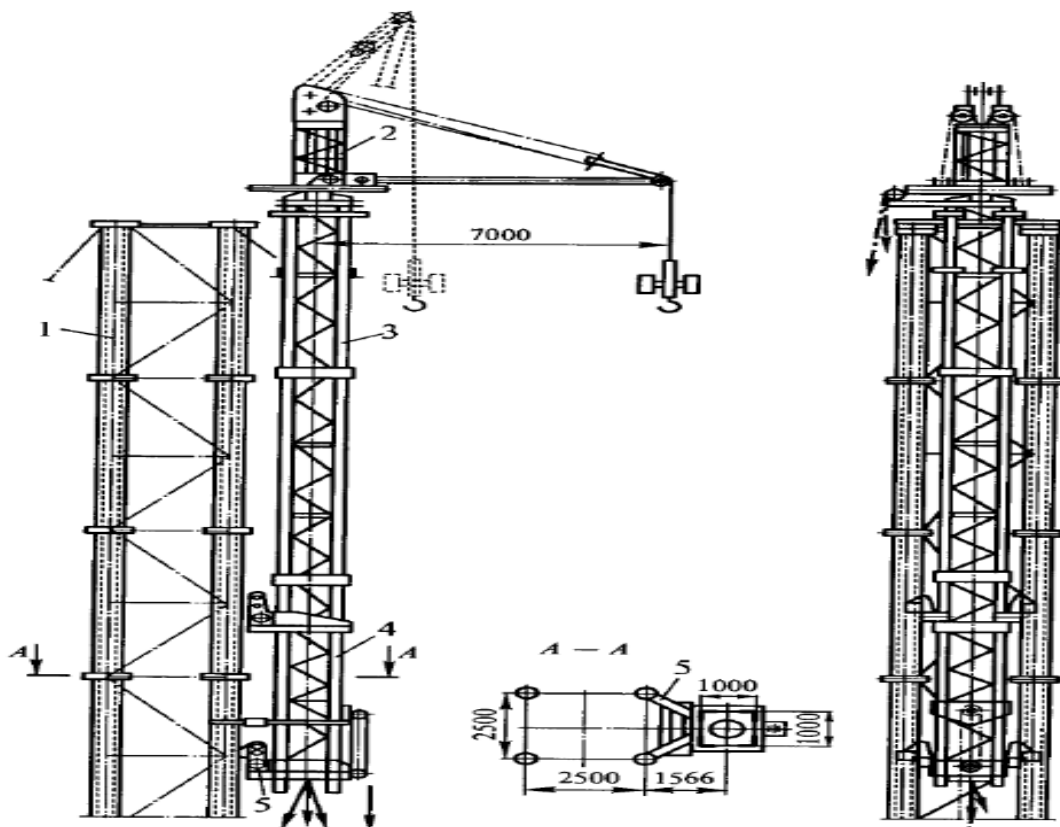


Рис. 4.14. - Самопідіймний (повзучий) кран СПК-15:

1 - мачта; 2 - поворотна частина; 3 - стовбур; 4 - обойма; 5 - опорний ригель

По мірі зведення щогли змонтовані конструкторські вивірять за допомогою двох теодолітів, встановлених в двох взаємно перпендикулярних площинах, що проходять через грань одного з поясів щогли.

Кожен теодоліт встановлюють так, щоб кут підйому його труби не перевищував  $45^\circ$ . Вивірку щогли по вертикалі здійснюють натягом відтяжок.

Схема монтажу телевізійної башти за допомогою гелікоптера МІ-10К приведена на рис. 4.15.

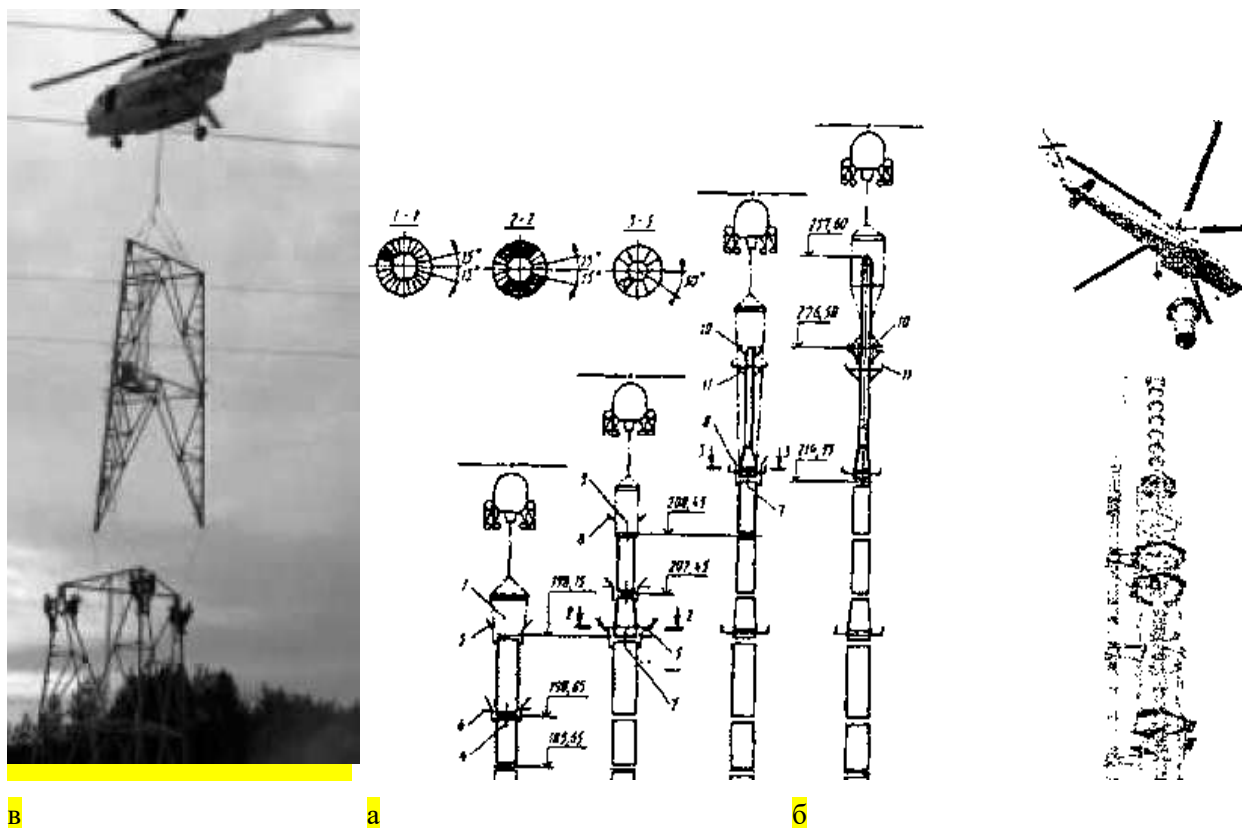
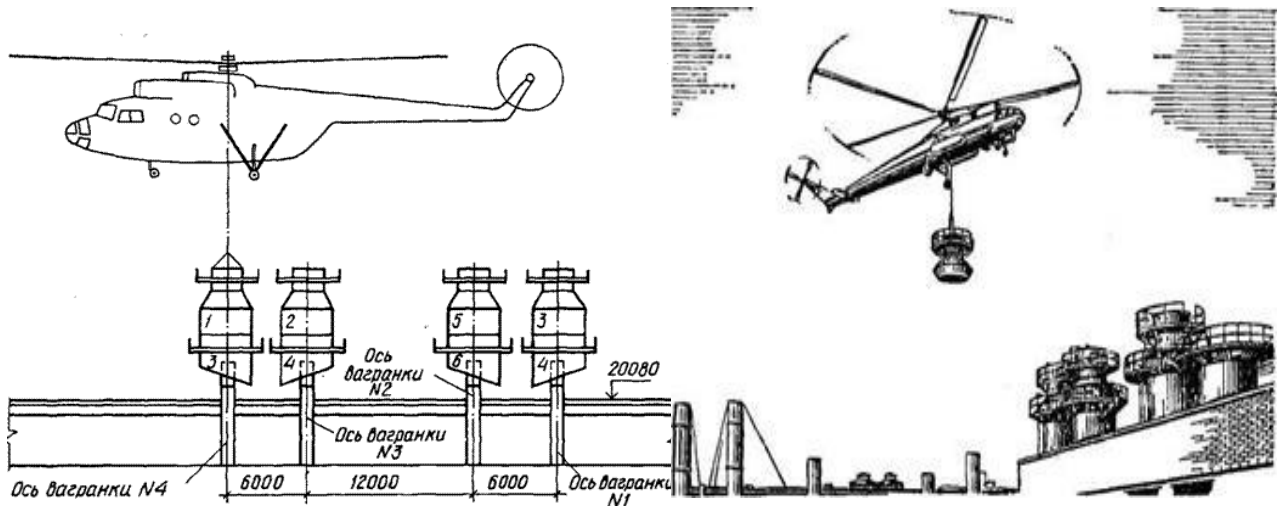


Рис. 4.15.- Схема монтажу телевізійної башти за допомогою гелікоптера МІ-10К:

а - схема монтажу; б - монтаж чергової секції; в – фотофрагмент монтажу; 1 - гелікоптер МІ-10К; 2 - виносна кабіна; 3 - траверса; 4-10- спрямовуючі і фіксуєчі пристосування (уловлювачі); 11 - помості

За допомогою гелікоптерів виконувалися також роботи із заміни іскрогасників вагранок ливарного цеху (рис. 4.16). Вертолітний монтаж значно поширений і ефективний в умовах обмеженості та пересіченої місцевості.



**Рис.4.16.- Послідовність демонтажу конструкцій іскрогасників вагранок ливарного цеху заводу за допомогою гелікоптера МІ-10К:**

***а* - стропування конструкцій; *б* - наведення при монтажі**

#### **4.5.2. 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 встаткування 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. 4.17);
- після переходу баштової споруди в положення коли вертикальна вісь центра ваги проходить через поворотний шарнір, що становить близько  $57^\circ$ , включаються в роботу гальмівні канати;
- установлення споруди в проектне положення за допомогою спільної роботи тягових і гальмівних поліспастів;
- закріплення на опорах нижньої частини споруди та встановлення розтяжок (при зведенні щогл).

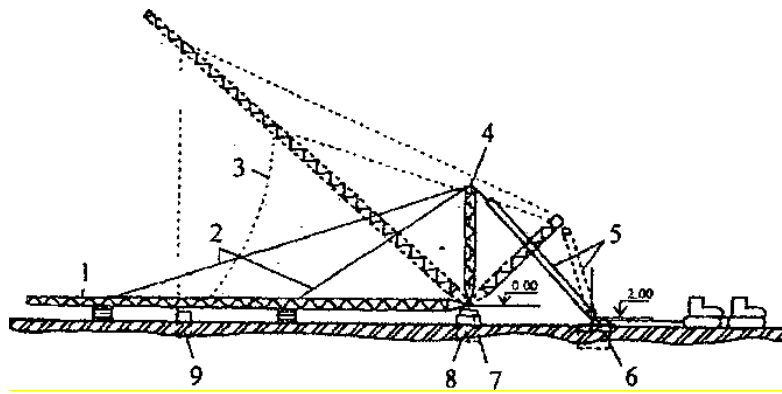


Рис. 4.17. - Схема монтажу щогли методом повороту за допомогою тракторів:

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

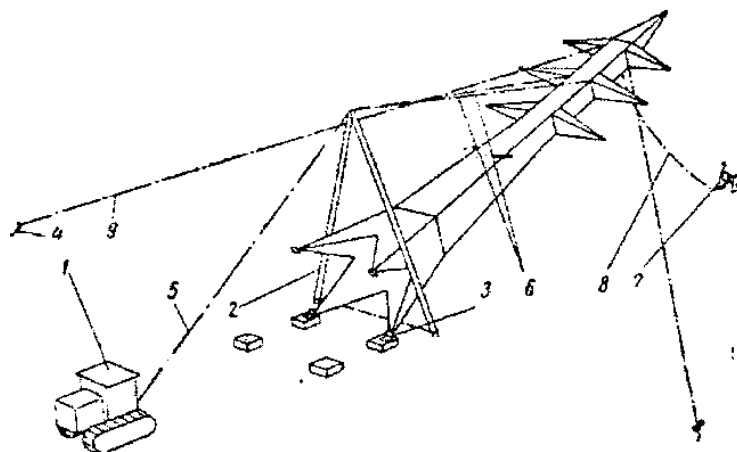


Рис. 4.18. - Схема монтажу опори ЛЭП методом повороту:

1 - трактор; 2- монтажна («падаюча») стріла; 3 - монтажні опори (фундаменти); 4 - якір; 5 - тяговий трос; 6 - натяжні канати; 7 - гальмівний

механізм; 8- гальмівний трос; 9- розчалки

Для забезпечення стійкості баштової споруди в процесі монтажу виконується розчалювання (рис.4.18). Зведення просторової опори - рис. 4.19.

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

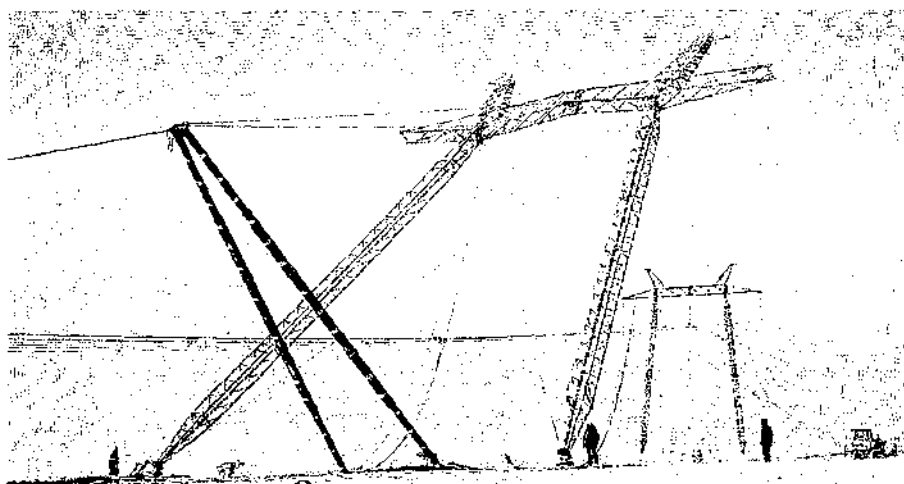


Рис. 4.19. - Схема зведення просторової опори ЛЕП методом повороту

Поворот баштової споруди може здійснюватися також за допомогою одного чи двох кранів (рис. 4.20). У цьому випадку поворот виконується шляхом підтягування нижньої частини башти до опор фундаменту. Поворот може виконуватися також за допомогою гелікоптерів.

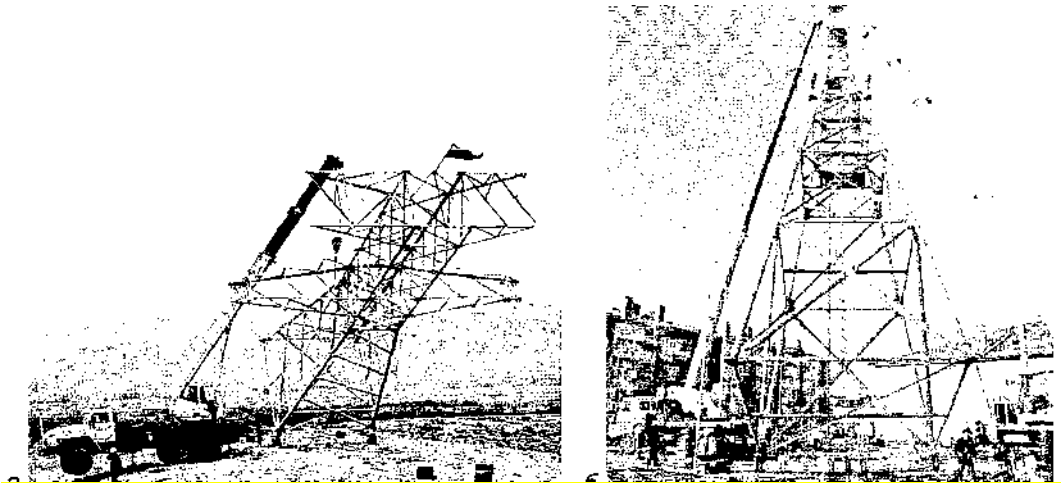


Рис. 4.20. - Монтаж баштових споруд:  
*а* - одним краном; *б* - двома кранами

Зведення залізобетонних опор освітлення чи мереж електропостачання може виконуватися поворотом їх з установкою в попередньо влаштований котлован. Опора встановлюється частковим підніманням у близьке до проектного положення краном або трубоукладачем з подальшим поворотом за допомогою трактора або лебідки, а також за допомогою «падаючої» стріли.

Метод повороту широко використовується на практиці в умовах, коли є обмежені можливості застосування вантажопідіймальних кранів. Однак застосування цього методу може бути обмежене вимогами наявності досить істотних площ будівельного майданчика. Це викликано необхідністю організації будівельного майданчика, що включає його облаштування, складання баштової споруди в горизонтальному положенні, а також майданчика для організації роботи тягових механізмів (тракторів або лебідок) (рис.4.21).

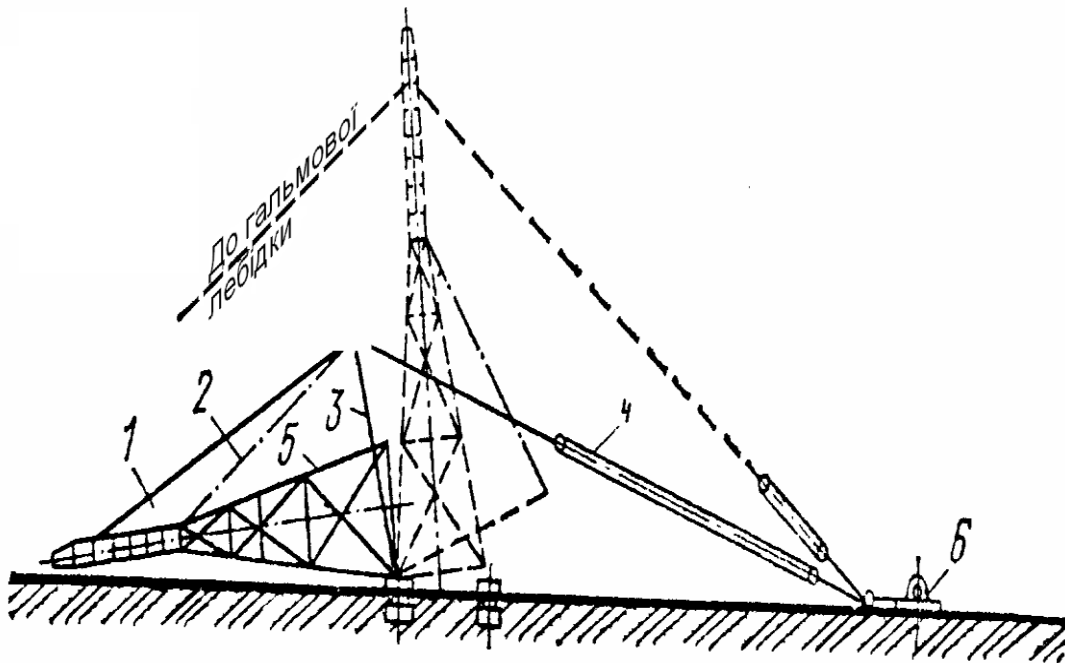


Рис. 4.21– Схема монтажу опори методом повороту за допомогою шевра («падаючої» щогли):

1, 2 – тяги; 3 – шевр; 4 – піднімальний поліспаст; 5 – опора, яку піднімають; 6 – лебідка.

Після повороту опора може відразу стати на проектну відмітку. При великих виступаючих анкерних болтах опору попередньо опускають на клітки, що захищають анкерні болти. Потім видаляють башмак, нахиливши опору вбік підйому, після чого попереми́нним натягом гальмового і піднімального поліспастів і хитання опори розбирають клітки й опускають опору на фундамент.

#### 4.5.3. 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 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 істотне 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 підрощуваної конструкції стовбура.

Технологічна послідовність зведення баштових споруд методом підрощування включає такі етапи (рис. 4.22):

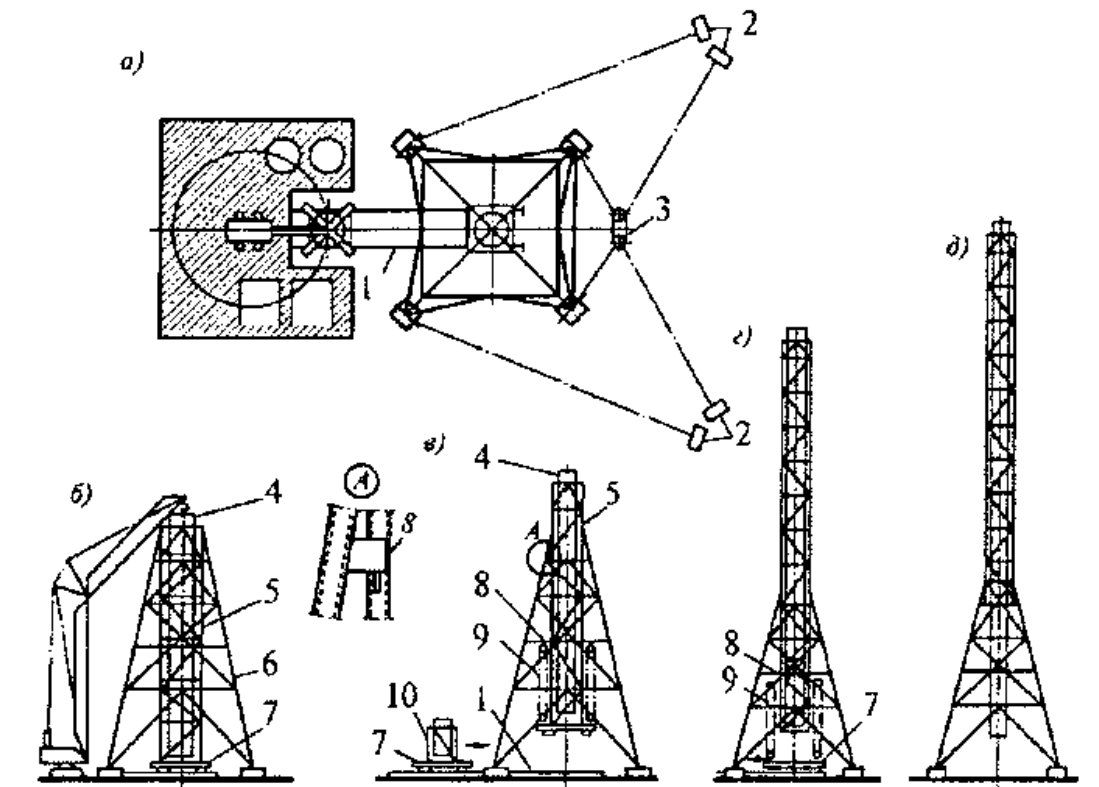


Рис. 4.22. - Послідовність складання і виштовхування блоків баштової споруди:

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

- підготовчі роботи (облаштування будівельного майданчика);
- виконання земляних робіт та робіт з улаштування фундаментів споруди;

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;

- стропування секції й виштовхування її в нижньому блоці;

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

Фіксація піднятих елементів виконується облаштуванням опорних елементів, розташованих на основі башти (рис. 4.23).

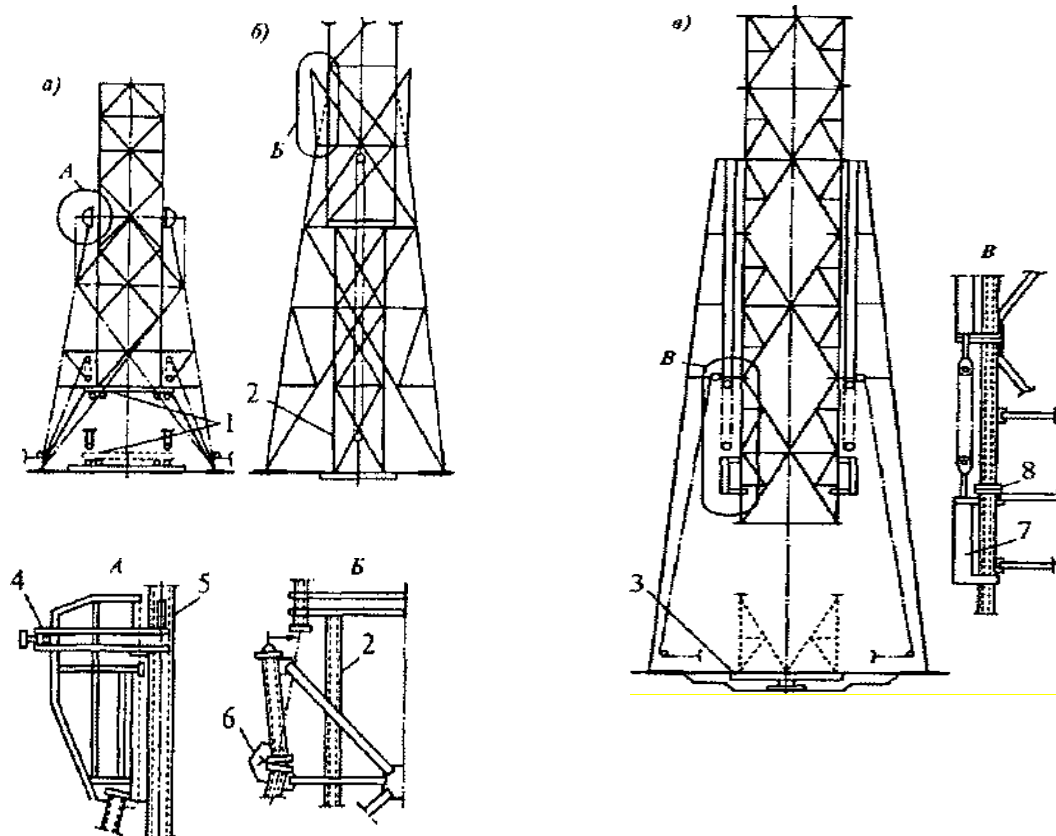


Рис. 4.23. - Схема виштовхування верхніх частин баштової споруди при підрощуванні:

*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. Це найвища з гратчастих 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 гратчастих опор, які підтримують призматичну гратчасту частину. У центральній частині вежі розташована вертикальна труба діаметром 4 м. Вона слугує шахтою ліфта і плавно переходить в антенну частину.

Методом підрощування на подібних об'єктах застосовувався вперше. Будівництво розпочалося зі зведення гратчастої частини вежі: на 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 239 м.

Конструкцію за допомогою потужних домкратів піднімали вгору, після чого під неї заводили наступний блок, і процес підіймання повторювався (рис. 4.24). 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 підрощування: 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 гратчастою частиною і почався монтаж технологічного обладнання.

Метод підрощування 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.

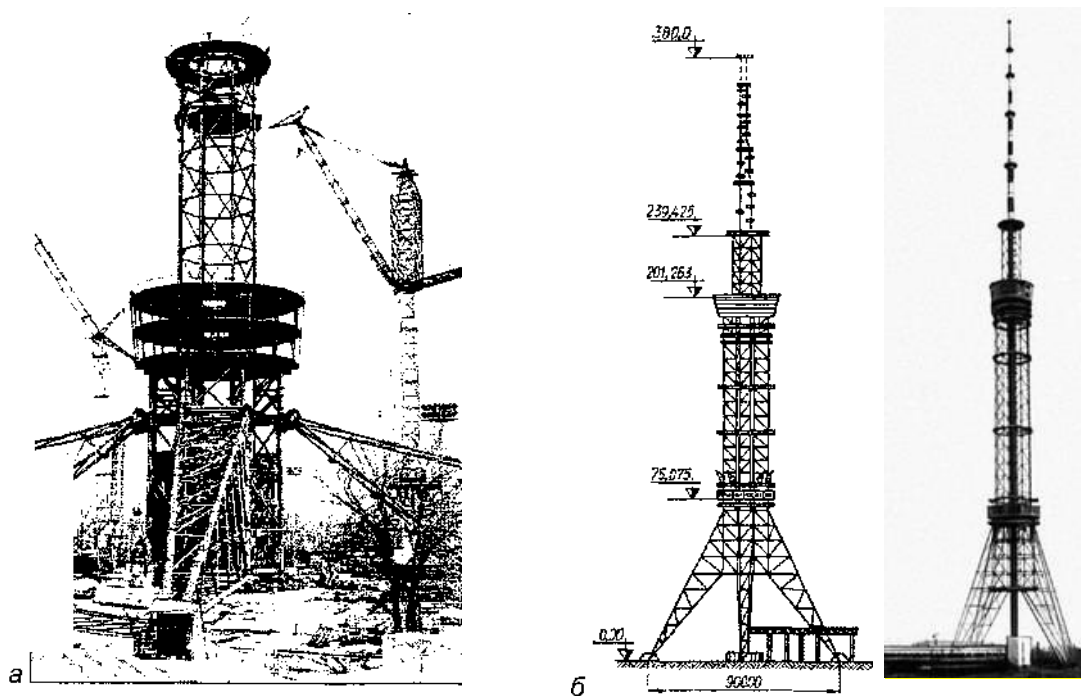


Рис. 4.24. - Телевізійна башта в Києві:

*a* - зведення ярусу башти методом підрозування; *б* - схема башти; *в* - сучасний вигляд башти

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 кут 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.

#### 4.5.4. Зведення баштових споруд 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 (рис. 4.23).

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 розпалубочної міцності агрегат здійснює поворот навколо вертикальної осі на величину розміру щитів опалубки. 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.

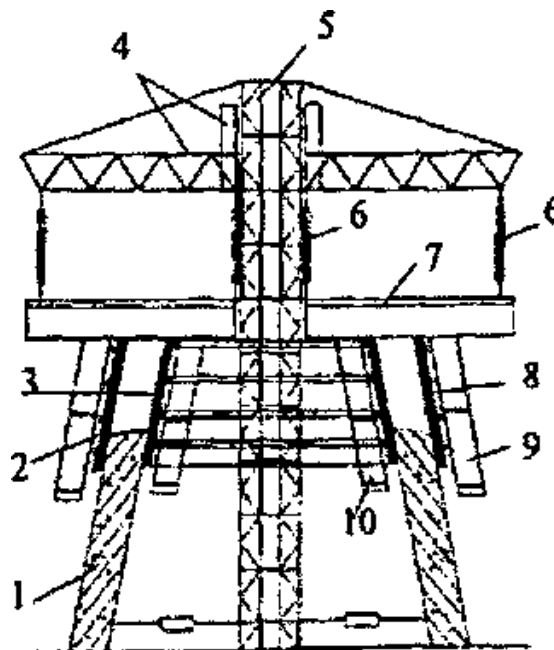


Рис. 4.23. - Зведення баштової споруди за допомогою підйомно-переставної опалубки:

1 - бетонована стіна; 2- зовнішні опалубні щити; 3 -внутрішні опалубні щити; 4 - підймальний пристрій; 5, 6 - шахта опорно-підйомного пристрою, підвіски; 7-робочий майданчик; 8 - опорні балки; 9, 10 - зовнішні і внутрішні підвісні помости

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. 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.

Зведення башти в ковзній опалубці на рис. 4.24

Спочатку розробляється ґрунт і камінь при влаштуванні котловану під фундамент. Пальові фундаменти заглиблюють ( $\geq 30$  м). Після влаштування фундаментного ростверку зводять стовбур. Завдяки застосуванню ковзної опалубки башта зростає на 3,6 м щодоби. Бетонна суміш подається насосами і вкладається з інтенсивністю  $8 \text{ м}^3$  у кільцеву опалубку шаром товщиною близько 20 см за годин. Коли бетон у нижній частині опалубки досягає необхідної міцності, опалубні елементи піднімаються вище за допомогою гідравлічних домкратів. Це відбувається приблизно кожні 10 хв із кроком на 2,5 см. Безперервне ковзання опалубки приводить до безадгезійного контакту. Будівельні матеріали подаються за допомогою приставного крана (рис. 4.25).



Рис. 4.24- зведення башти в ковзній опалубці



Рис. 4.25. - Будівництво башти в Роттвайлі (Німеччина) в ковзній опалубці

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



Рис. 4.26. - Схема конструкцій телевежі «Сі-Ен Тауер» (Торонто):

*a* - конструктивна схема вежі; *б* - загальний вигляд; I-I, III-III - переріз стовбура; 1 - фундаментна плита; 2 - залізобетонний стовбур; 3 - металева антена; 4 -сходи; 5-ліфт

Висота башти «Сі-Ен Тауер» становить 553,33 м. Для бетонування конструкцій при зведенні башти використали триярусний самопідйомний агрегат (рис. 4.27).

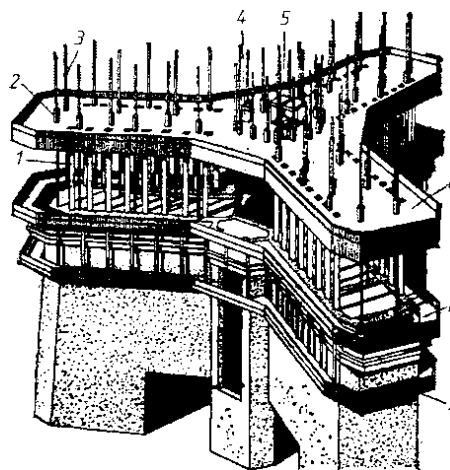


Рис. 4.27. - Самопідйомний триярусний агрегат для бетонування стовбура башти «Сі-Ен Тауер»:

*A* - базовий розподільчий майданчик; *B* - головний робочий майданчик для укладання бетону; *C*- майданчик з робочою опалубкою; 1- гнучкий розподільний рукав для укладання бетонної суміші; 2 - підйомний домкрат; 3 - спрямовуюча для домкрата; 4 - підйомник для подачі бетону; 5 - ліфт

Аналіз практичного досвіду зведення висотних будівель та споруд є важливою складовою для розробки проектно-технологічної документації зведення нових об'єктів. Сучасному зведенню висотних споруд передують аналіз організаційно-технологічних рішень зведених, наявних об'єктів. Для цього проводяться обстеження та вивчення передового досвіду. Спираючись на вивчений досвід можна запропонувати ефективні рішення зведення споруд.

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 згідно проекту;
- 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. Вказівки щодо забезпечення безпеки виконання будівельних робіт мають бути деталізовані в проектно-технологічній документації.

## **4.6. Зведення просторових будівель і споруд**

**Просторові будівлі і споруди** - це великопрогінні будови з покриттями у вигляді балкових, рамних, арочних, склепінних, купольних, висячих та інших масштабних конструкцій. Зазначені будівлі і споруди призначені для використання під видовищні, спортивні та виробничі потреби (елінги, ангари тощо), у випадках, коли наявність проміжних опор створює незручності в їх експлуатації.

### **4.6.1. Зведення балкових, рамних та арочних покриттів великопрогінних будівель і споруд**

Зведення *балкових просторових споруд* може здійснюватися шляхом влаштування конструкцій на знижених відмітках з подальшим підйманням у проектне положення або монтажем на проектних відмітках з використанням підтримувальних монтажних пристосувань. У першому випадку великопрогінні конструкції покриття споруди складаються внизу на спеціально встановлених підкладках. Після виготовлення конструкції покриття їх повністю або його частину піднімають в проектне положення за допомогою спеціальних гідропідйомників або поліспастів з використанням колон споруди (рис. 4.28). Колони при такому методі монтажу повинні бути великої висоти з консолями, до яких підвішують нерухомі блоки підйомних поліспастів. Просторову конструкцію укрупнюють у горизонтальному положенні на землі з установленням усіх конструктивних елементів покриття і навіть з влаштуванням покрівлі.

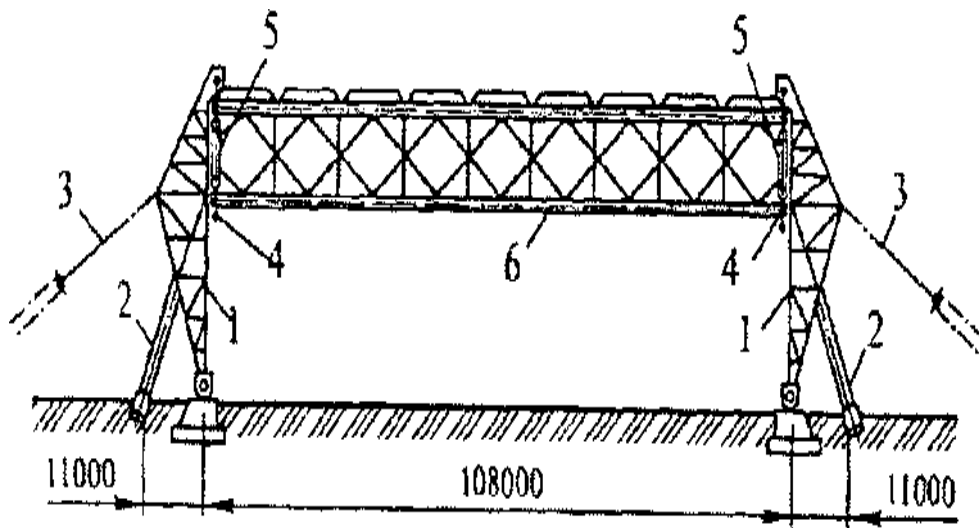


Рис. 4.28. - Приклад схеми зведення блока покриття великопрогінної споруди методом підймання за допомогою поліспастів:

1 - колона; 2- монтажний підкіс; 3 - гальмівна розчалка; 4 - опорна балка; 5 - підйомний поліспаст; 6 - ферма

Монтаж великопрогінних балкових конструкцій може здійснюватися за допомогою **комплекту кранів**. Так, при монтажі підкрівляної ферми покриття стадіону в місті Харкові були використані три самохідні стрілові крани. Відповідно до проекту підлягала монтажу підкрівляна ферма довжиною 64 м, монтажною масою 46 т, котра була попередньо укрупнена (зібрана) з окремих елементів безпосередньо на будівельному майданчику в зоні її монтажу. Укрупнювальне складання ферми здійснювалося з використанням автомобільних кранів. Після завершення складальних і підготовчих робіт були задіяні три крани для монтажу підкрівляної ферми в проектне положення. При цьому два пневмоколісних крани типу Litberr та FAUN були задіяні для підймання ферми на проектну відмітку, а автомобільний кран, розташований у середній частині прольоту ферми, призначався для монтажу на період її переведення з горизонтального у вертикальне (проектне) положення. Після того як ферма зайняла вертикальне положення автомобільний кран був вилючений і

в подальшому підймання здійснювалося двома кранами. Після підймання ферми на проектну відмітку її закріпили з обох боків до кроквяних ферм.

На рис. 4.29 наведено ілюстрації монтажу конструкцій балкових великопрогінних конструкцій. Технологія монтажу будівельних конструкцій спеціальних будівель та споруд аналогічна монтажу звичайних будівель.

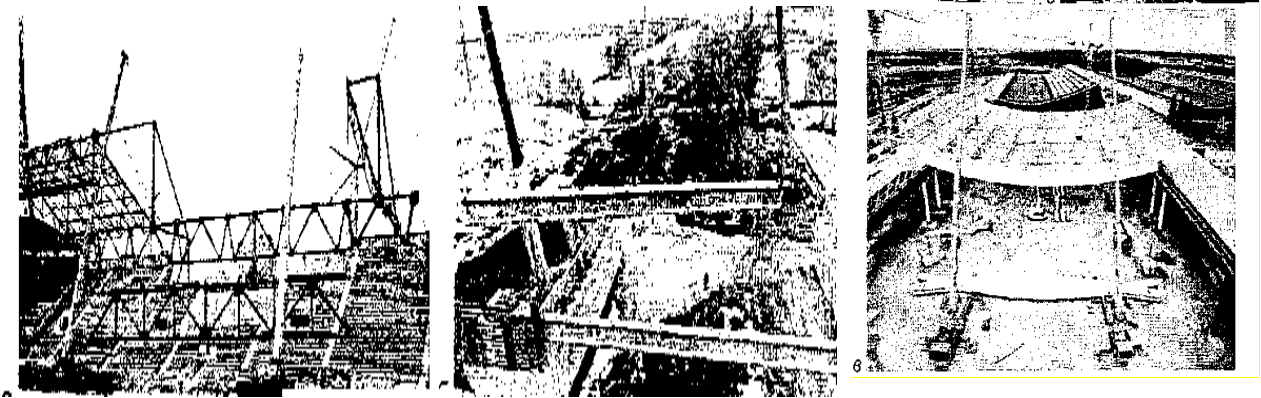


Рис. 4.29 -Монтаж великопрогінних конструкцій комплектом кранів:

*а* - монтаж підкроквяної ферми довжиною 64 м покриття стадіону (м. Харків, Україна); *б* - монтаж балки довжиною 33 м естакади проїзду (м. Київ, Україна. Монтаж виконує будівельне підприємство ТОВ «Будівельна компанія «Адамант», м. Київ); *в* - монтаж несучих балок покриття довжиною 67 м (Штутгарт, Німеччина)

Специфіка полягає в особливостях геометричних параметрів просторових конструкцій та відповідно в специфіці виконання підготовчих та монтажних-укладочних робіт, застосування спеціальних пристосувань, захватних пристроїв та вантажопідйомних механізмів.

Монтаж балкових конструкцій покриттів з використанням *тимчасових монтажних опор* передбачає попереднє влаштування тимчасових опор, які є складальними пристроями (тимчасовими конструкціями) просторової будівлі чи споруди (рис. 4.30). Процес монтажу покриття здійснюється в такій технологічній послідовності:

- проводяться підготовчі роботи, що включають забезпечення раціонального й безпечного виконання робіт;
- встановлюються й закріплюються тимчасові монтажні опори;
- виконується монтаж ділянки балочної конструкції та її тимчасове закріплення;
- виконується монтаж другої частини конструкції покриття, яка розташована, як правило, навпроти, і її тимчасово закріплюють;
- виконується влаштування стикового вузла змонтованих елементів у єдину просторову конструкцію;
- після монтажу всіх конструкцій покриття виконують демонтаж тимчасової монтажної опори.

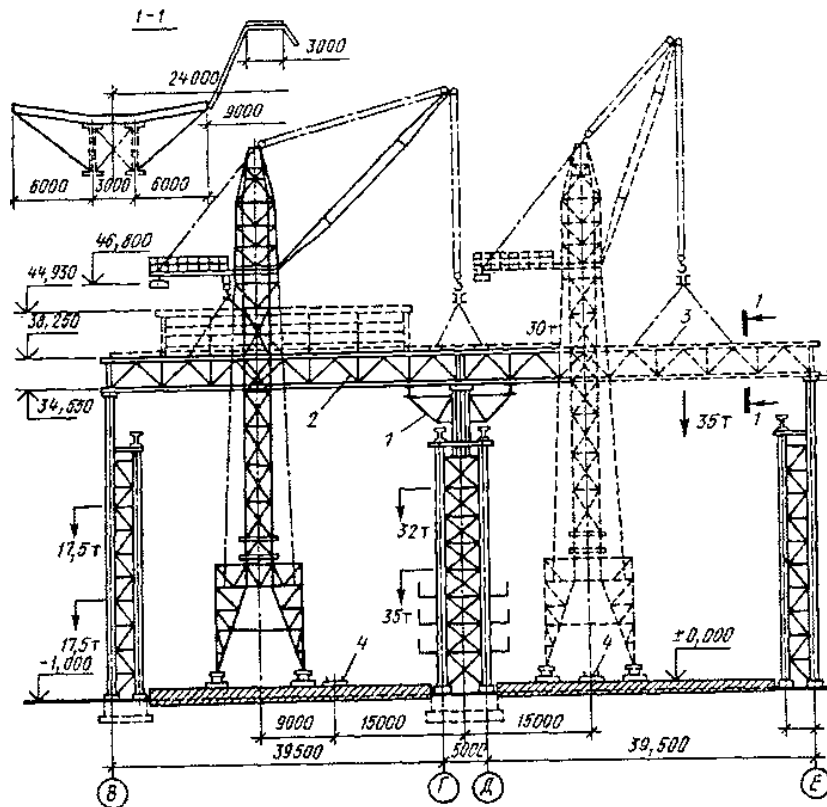


Рис. 4.30. - Приклад схеми монтажу покриття елінгу за допомогою тимчасової монтажної опори.

1 - тимчасова монтажна опора; 2 - частина елемента ригеля в прольоті В-Г; 3 - друга частина ригеля в прольоті Д-Е із замиканням у нерозрізну балкову систему; 4 - шлях подачі укрупнених монтажних елементів

На рис. 4.31. наведено приклад монтажу конструкцій арочного покриття споруди діаметром 80 м. Конструкції покриття виконані з дерева. Окремий елемент балки покриття має довжину 26 м. Конструкції укрупнювали та підготовлювали до монтажу безпосередньо в споруді. Після установки усіх балок та з'єднання в коньковій частині тимчасову центральну опору демонтували.

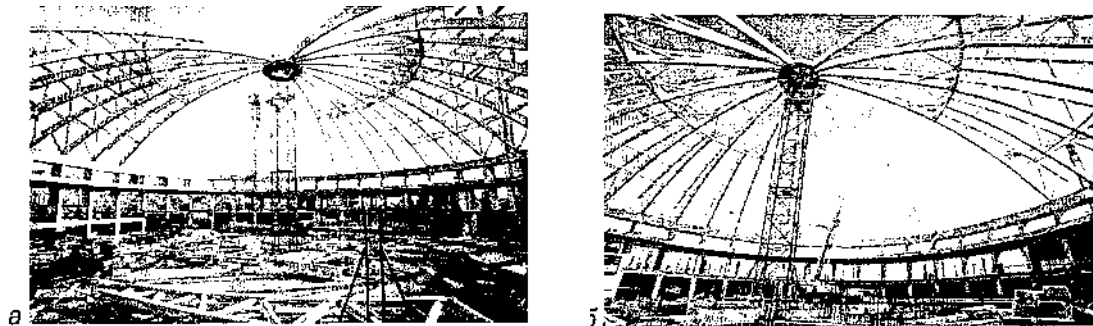


Рис. 4.31. - Монтаж конструкцій покриття арочної споруди за допомогою тимчасової опори:

*a* - укрупнене збирання конструкцій покриття; *б* - монтаж підготовленого елемента

Іншим прикладом зведення великопрогінного покриття є монтаж арочної конструкції з металевих елементів. За таких умов технологія монтажу включає таке. Три шарнірні арки, залежно від вильоту та маси, збирають з двох напіварок чи блоків у вигляді напіварок, скріплених прогонами. Для монтажу таких конструкцій використовують дві монтажні опори (рис. 4.32). Монтажні опори установлюють у місцях з'єднання окремих напіварок в єдину конструкцію. Після облаштування стикового вузла тимчасові монтажні опори пересувають для зведення наступного елемента покриття.

За необхідності збирання арочного покриття, що складається з кількох елементів, кількість монтажних опор може збільшуватись. Приклад монтажу конструкцій покриття споруди виставкового комплексу, розмірами в плані 96 х 60 м, наведено на рис. 4.33.

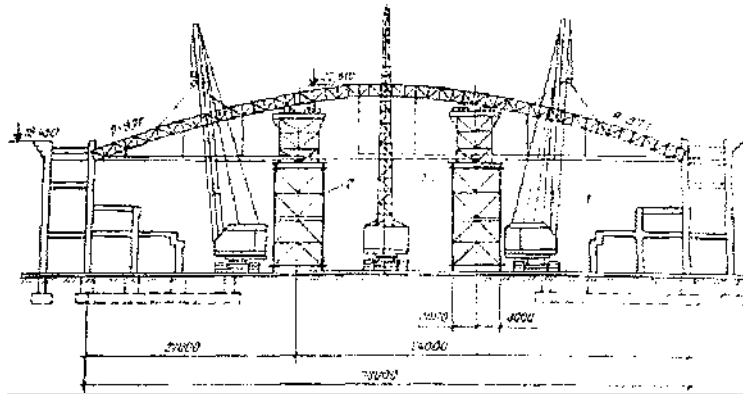


Рис.4.32. - Приклад схеми монтажу арочного великопрогонового покриття за допомогою двох тимчасових монтажних опор:  
 1 - монтажні крани; 2 – пересувні телескопічні монтажні опори

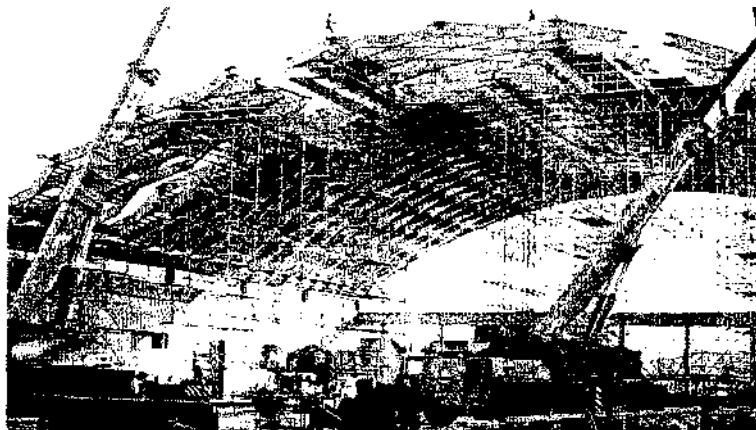


Рис. 4.33. - Монтаж конструкцій арочного покриття за допомогою тимчасових монтажних опор (Ріміні, Італія)

**Рамні конструкції** найчастіше укрупнюють і зварюють (скріплюють) на землі біля місць їхнього встановлення. При зведенні покриття однієї зі споруд ангара прогоном 60,1 м, було прийнято таку технологічну послідовність. Рамну конструкцію виготовили з декількох складових частин. Після монтажу тимчасових монтажних опор монтують опорні ділянки (стояки рами з її частинами) і закріплюють їх (рис. 4.34).

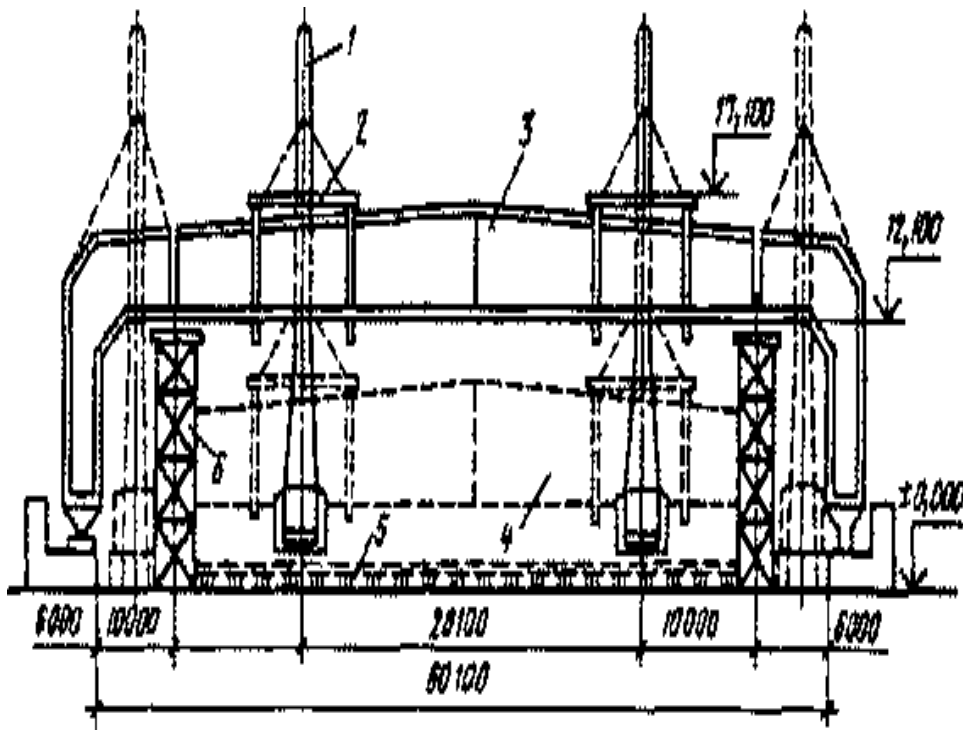


Рис. 4.34. - Варіант схеми монтажу покриття ангара рамної конструкції:

1 - кран; 2 - жорстка траверса; 3 - проектне положення рами; 4 - положення рами під час укрупненого складання; 5 - стелажі; 6 - тимчасова опора

Ці частини конструкції встановлюють на фундаменти та тимчасові монтажні опори. Потім двома монтажними кранами монтують середню ділянку рамної конструкції. Після установки на опорах з'єднують обидва стики рами і демонтують тимчасові монтажні опори.

Зведення арок виконується аналогічно монтажу балкових і рамних покриттів з використанням тимчасових монтажних опор. Залежно від конструкції арок для їх монтажу може використовуватися одна або кілька монтажних опор. У наведеному нижче прикладі конструкції тришарнірних арок монтують за допомогою пересувної башти, влаштованої по осі арки (рис. 4.35). Кожну напіварку встановлюють самохідним краном. Після установки двох напіварок їх з'єднують у місці середнього шарніра і пересувну вежу переміщують з прогону.

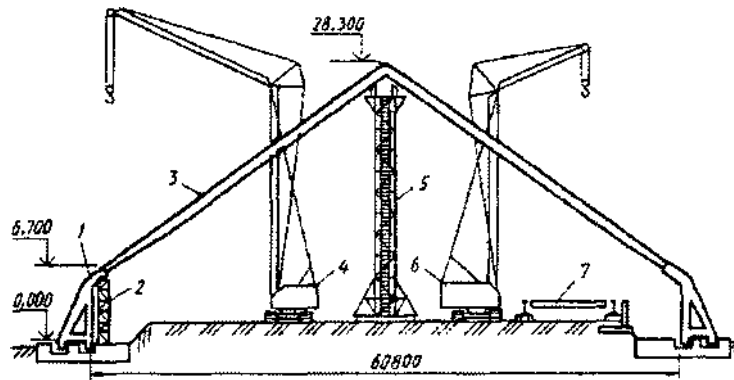


Рис. 4.35. - Приклад схеми монтажу тришарнірної арки покриття ангара:

1 - залізобетонний контрфорс; 2 - підмостки переставні; 3 - ригель арки; 4 - монтажний кран; 5 - тимчасова опора; 6 - кран для монтажу міжблочних конструкцій; 7 - блок, який укрупнюють

Прикладом монтажу великопрогонової арочної споруди може бути зведення покриття прогоном 78,0 м. Монтаж конструкцій покриття, виконаний з попередньою установкою двох пересувних монтажних башт, наведено на рис. 4.36. Після установки монтажних башт виконувався монтаж укрупнених блоків прогоном по 18,0 м. Установлені елементи арки на монтажних опорах були з'єднані в цілі конструкції. Пересувні монтажні башти були переміщені на наступні захватки.

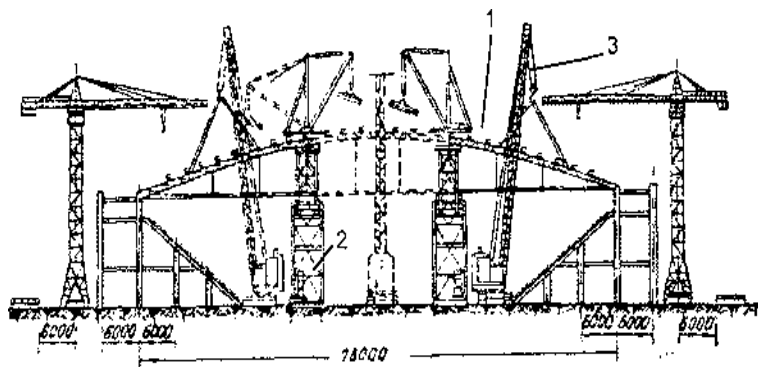


Рис. 4.36 - . Приклад схеми монтажу сталевих арокних конструкцій:

1 - напівварка; 2 - пересувна башта; 3 - самохідний кран

Монтаж просторових конструкцій оболонок ефективно зводити методом *вертикального підймання* після складання на землі. Конструкція покриття збирається вантажопідйомними механізмами невеликої вантажопідйомності. Після виготовлення покриття за допомогою двох кранів великої вантажопідйомності піднімають зібрану просторову систему, наводять на опори (поворот) і встановлюють у проектне положення (рис. 4.37).

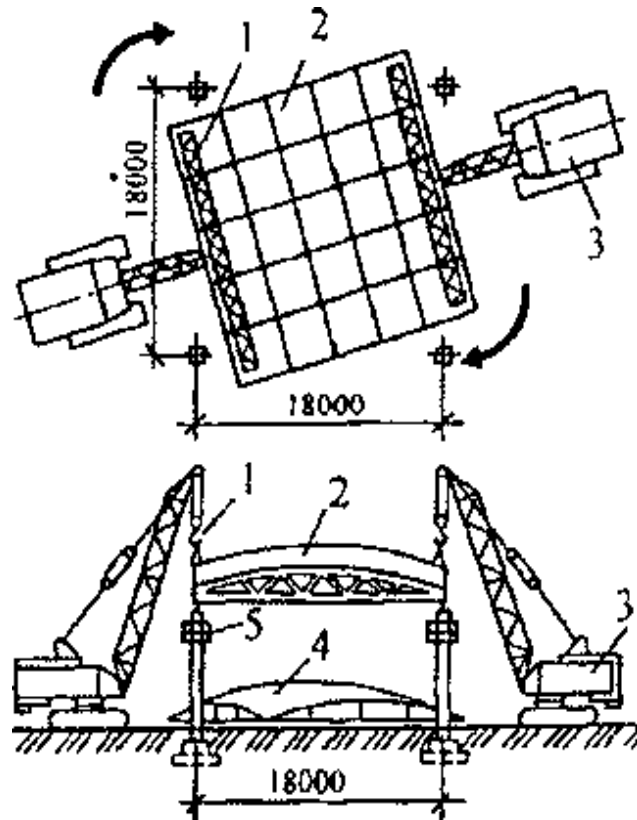


Рис. 4.37. - Приклад схеми зведення оболонки шляхом вертикального підймання на опори:

1- траверса; 2 - оболонка, піднята і повернена на опори; 3 - монтажний кран; 4- складена оболонка перед підйманням; 5 - змонтовані опори оболонок з навішеними робочими майданчиками

Аналогічно наведеним вище варіантам монтуються просторові структурні конструкції. Після встановлення вертикальних несучих конструкцій елементи покриття складають на землі. Укрупнювальне складання здійснюється на спеціальних шпальних клітках з домкратами для забезпечення точного

вивіряння при складанні просторової структури. Після складання структури її підіймають стрічковими гідравлічними домкратами, що усі приводяться в дію від однієї насосної станції (рис. 4.38), або за допомогою кранів (рис. 4.39).

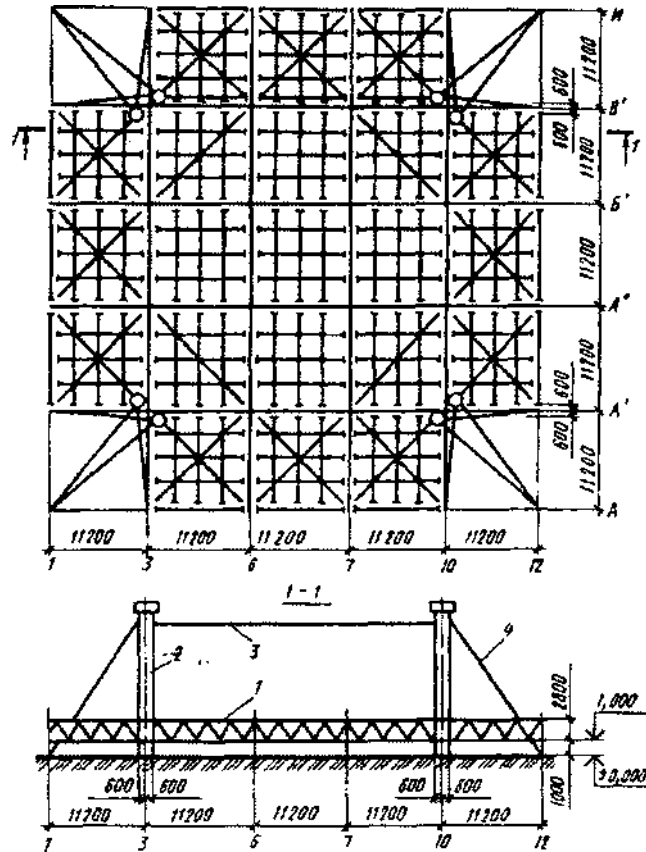


Рис. 4.38. - Приклад схеми монтажу структурного покриття великопрогонової споруди:

1 - положення зібраного покриття перед підніманням; 2- стрічкові підйомники; 3 - горизонтальні в'язи стрічкових підйомників; 4 - розчалка

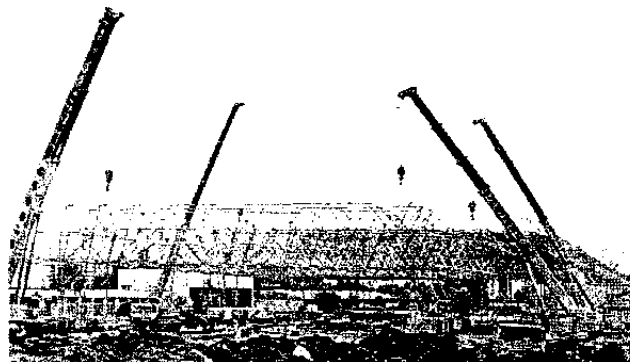


Рис. 4.39. - Монтаж просторової структури методом підймання на опори за допомогою кранів

Практика зведення окреслених споруд передбачає й інші методи їх монтажу, котрі використовуються при будівництві звичайних будівель.

**Контроль якості** виконання будівельно-монтажних робіт зі зведення просторових будівель і споруд ґрунтується на підвищених до них вимогах. Ці вимоги диктуються унікальністю та масштабністю цього типу споруд. Вони мають бути винятково надійними та безпечними при їх подальшій експлуатації.

**Безпека праці** зведення просторових будівель і споруд має включати комплекс заходів, що забезпечують нормальну роботу будівельників на висоті. Враховуючи геометричні параметри цих споруд, мають бути передбачені додаткові заходи із захисту робітників. Це додаткові шляхи евакуації з конструкцій та навісних майданчиків, захисні екрани монтажних горизонтів тощо.

#### 4.6.2. Зведення купольних систем

**Споруди з купольними покриттями** - це великопрогонові будови з покриттями у вигляді купола без проміжних опор. У практиці будівництва купольні споруди зводяться прогонами до 80,0-100,0 м і висотою 20,0-80,0 м.

Зведення купольних систем може здійснюватися з використанням **тимчасової опори**, навісним способом або монтажем у складеному вигляді. Для пояснення прийнятих у практиці будівництва купольних споруд доцільно навести кілька прикладів їх зведення. Принципова технологія їх зведення аналогічна монтажу арочних та балкових будівель та споруд за винятком застосованих засобів механізації та прийомів. Вказані особливості мають за мету забезпечити просторову стійкість конструкцій та безпеку виконання робіт, а також можливість варіантного вибору наявних засобів механізації.

Процес зведення купольної споруди включає такі технологічні етапи:

- підготовка будівельного майданчика. Створення умов для раціонального та безпечного виконання будівельних робіт;
- зведення конструкцій фундаментів (ділянок стін);
- монтаж купольного покриття. Для цього в центрі споруди

встановлюється башта з кільцем угорі, аналогічна наведеним вище прикладам. Башта попередньо оснащується драбинами і підмостками. Елементи конструкції купола піднімають і встановлюють у проектне положення одним або двома самохідними кранами. Конструкції встановлюють на нижні опори і вгорі на кільце (рис. 4.40). Елементи купола монтують попарно, забезпечуючи рівномірне навантаження на опорне кільце;

- після встановлення всіх елементів купола опорний стаяк демонтують, а кільце залишається частиною конструктиву купольного покриття;

- виконується влаштування елементів прогонів і риштування покрівлі.

Монтаж елементів купольної споруди може виконуватися за допомогою **кран - щогли**, яка спирається на тимчасові центральні опори (рис. 4.41). На наведеному прикладі монтаж конструкцій прольотом 64,5 м був виконаний за допомогою радіально-поворотного пристрою. У центрі купола було змонтовано тимчасову центральну опору висотою близько 34,0 м з опорним кільцем угорі для складок купола. Над опорним кільцем була влаштована щогла, на яку спирався ригель радіально-поворотного крана вантажопідйомністю 30,0 т. Блоки складок масою близько 15,0 т подавалися в зону дії радіально-поворотного крана за допомогою самохідного крана і укрупнювалися в готові складки. Після цього укрупнені елементи встановлювали в похилому положенні відповідно до проекту. Після монтажу купола було виконано монтаж консолей. Після зведення споруди, кран-щоглу розрізали вище і нижче від опорного кільця і демонтували.

Монтаж купольних споруд **навісним способом** передбачає послідовне складання кільцевих поясів за допомогою пересувної металевої ферми-шаблону та стояків з підвісками для утримання збірних плит (рис. 4.42). Ферма - шаблон рухаючись по периметру споруди, дала змогу виконати монтаж конструкцій покриття без застосування окремих кранів.

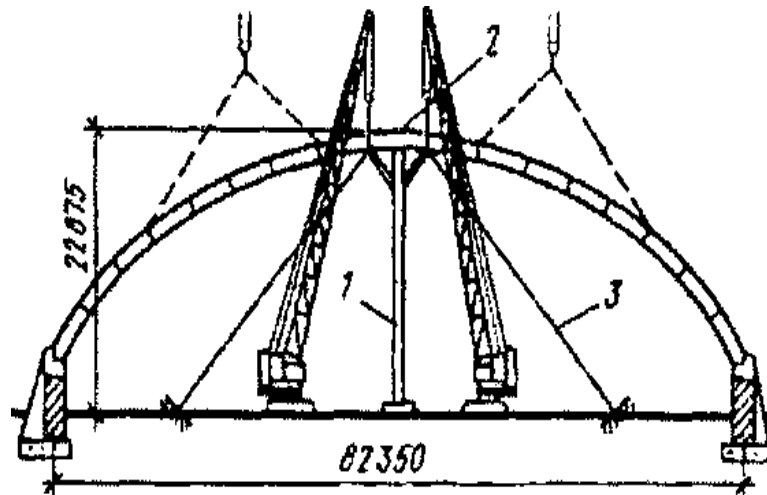


Рис. 4.40. - Приклад схеми монтажу купольної споруди:

1 - щогла; 2 - опорне кільце; 3 - ванти

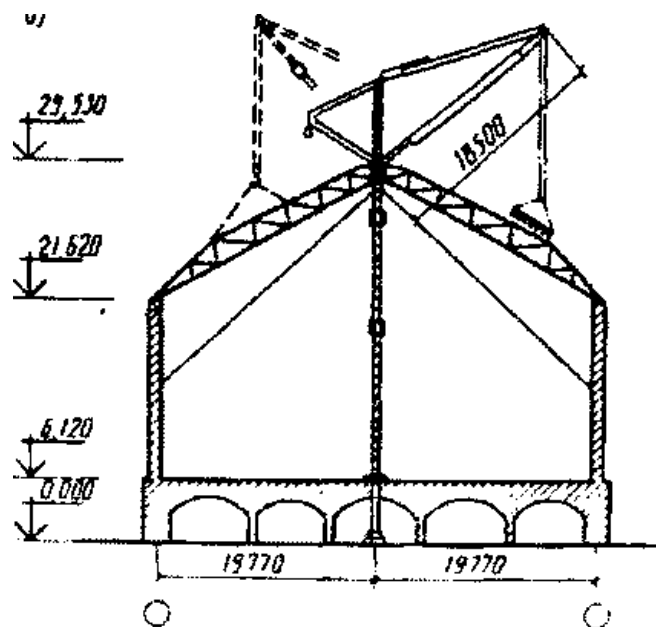


Рис. 4.41. - Приклад схеми монтажу купольного покриття за

допомогою кран-щогли

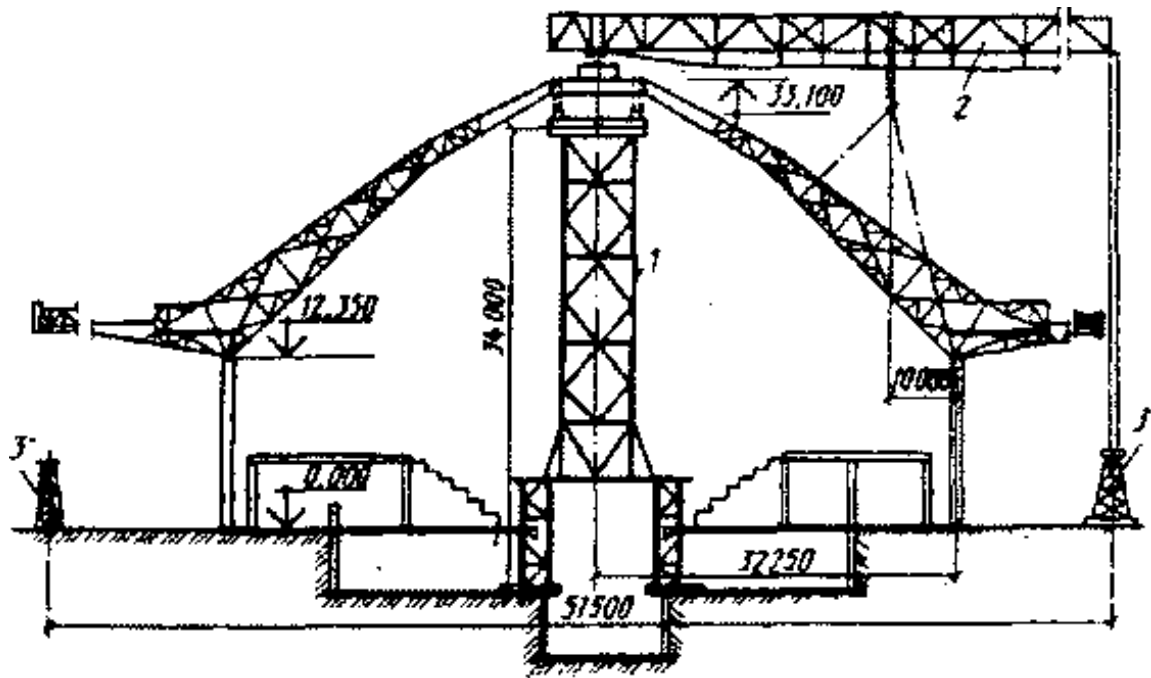


Рис. 4.42. - Приклад схеми монтажу купольного покриття за допомогою радіально-поворотного пристрою:

1 - тимчасова монтажна опора; 2- радіально-поворотний пристрій; 3 - кільцева естакада рейкового шляху

На одному з реалізованих проектів у центрі споруди було встановлено баштовий кран (рис. 4.43). На його башту з одного боку і на кільцевий рейковий шлях по залізобетонному карнизу споруди встановили ферму-шаблон. Збірні залізобетонні плити покриття встановлювали на опорний вузол внизу і на регулюючі гвинти ферми-шаблону вгорі. Після вивірення плити виконували її кріплення підвісками до монтажних стояків, а ферми-шаблони пересували для монтажу суміжних панелей. Після монтажу плит усього пояса і затвердіння бетону закладення стиків підвіски знімали. Кільце зі змонтованих плит було опорною подальшого пояса.

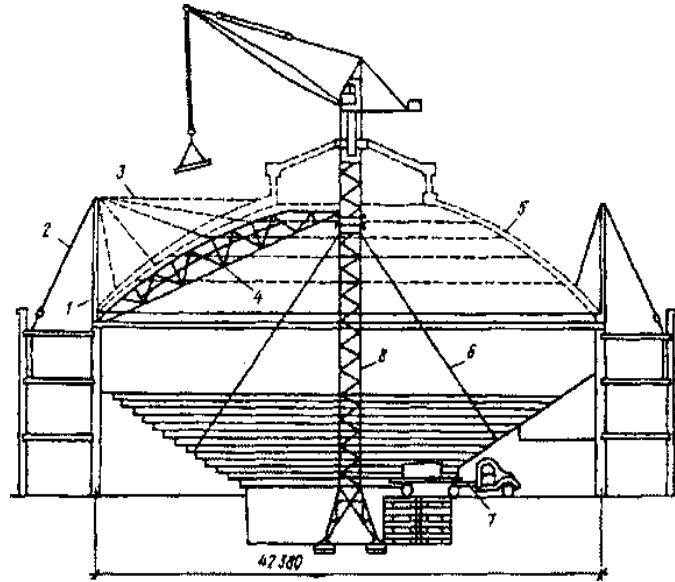


Рис. 4.43. - Приклад схеми монтажу купольної споруди за допомогою пересувної ферми-шаблону:

1 - монтажний стояк; 2 - розчалка стояка; 3 - підвіски для утримання плит; 4 - ферма-шаблон; 5 - купол; 6 - розчалка баштового крана; 7- панелевоз; 8- баштовий кран

Інший приклад - зведення купольного покриття просторової споруди прольотом 88,0 м і висотою близько 24,0 м. Це комбінація центральної пологої сферичної оболонки і 28 оболонок складчастого профілю зі сталевими затяжками в рівні перелому складок (рис. 4.44).

Зведення купольної споруди виконувалося з укрупнених блоків. У центрі і по периметру центральної оболонки були влаштовані тимчасові опори. За цими опорам були влаштовані обв'язувальні балки і ферми. Монтаж складчастої системи виконували паралельно з бокових осей симетрії, розбивши споруду на 4 захватки. Після монтажу нижнього ярусу споруди було утворено стійку просторову систему, на яку монтували елементи центральної оболонки. Монтаж складчастої системи було виконано за 4 місяці, а конструкцію центральної оболонки - за 40 днів.

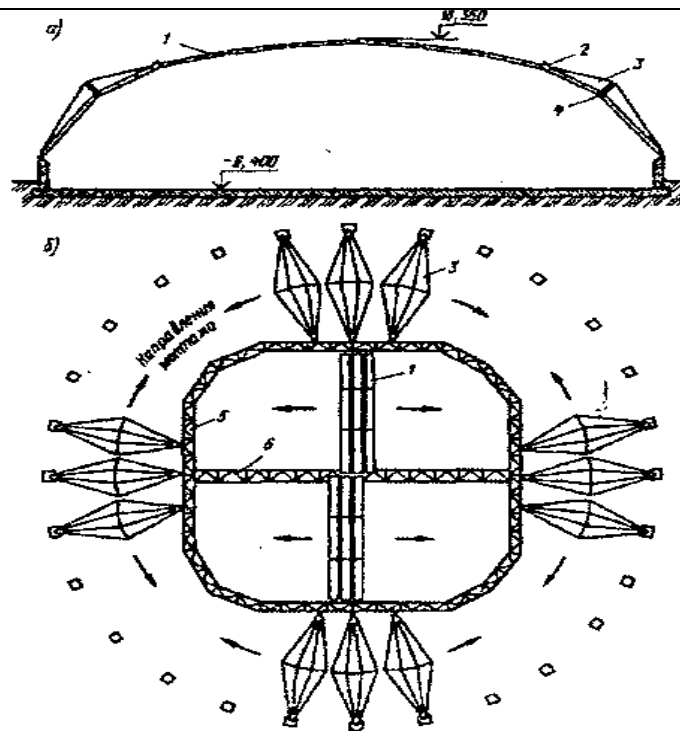


Рис. 4.44. - Приклад схеми монтажу купольного комбінованого покриття:  
 а - поперечний розріз; б - технологічна схема монтажу; 1 - полого сферична оболонка; 2 - складчаста оболонка; 3 - опорний пояс; 4 - сталеве затягування; 5 - монтажні балки; б - монтажні ферми

Аналогічно наведеному варіанту зведення було побудовано один з найбільших у світі стадіон у місті Новий Орлеан (США). Споруда являє собою коло діаметром 207,0 м, вписане в квадрат розмірами 228 x 228 м, висотою в центрі 83, 7 м.

Одним з поширених варіантів просторових споруд у вигляді сферичних куполів - є зведення їх з монолітного залізобетону. Ці споруди зводяться у вигляді випуклої порожнистої або підйомної оболонки на круглому, еліптичному і полігональному плані. (рис. 4.45). При влаштуванні куполів з монолітного залізобетону за вказаною технологією зводяться швидкоспоруджувані купольні будови.

Для їх виготовлення використовується *пневматична опалубка*, що являє собою мембрану, на яку укладається утеплювач, арматура і згодом -

бетонна суміш. Мембрана кріпиться до фундаменту, забезпечуючи механічне закріплення і герметичність опалубки. Використання пневматичної опалубки дає змогу знизити вартість і терміни зведення куполів. Куполи з опорними кільцями можуть розташовуватися безпосередньо на фундаментах, а можуть бути змонтовані (опорні кільця) на колони або стіни, влаштовані на фундаментах. У купольних покриттях, крім опорних кілець, влаштовують кільце у верхній частині купола.

Технологічна послідовність зведення купольних споруд з монолітного залізобетону за цією технологією включає такі етапи:

- підготовчі роботи;
- зведення конструкцій фундаментів;
- влаштування пневматичної опалубки у вигляді мембрани. Доставка мембрани та її установа й наповнення повітрям( рис.4.46);
- влаштування шару теплоізоляції з набризканого пінополіуретану по стінах мембрани. Шар теплоізоляції надає початкову міцність і дає змогу закріпити арматуру. Шар піни зберігає стабільну температуру всередині купола з мінімальними втратами енергії, оскільки практично ізолює систему від зовнішніх перепадів температури;
- армування конструкції. Арматура була заздалегідь доставлена до наповнення мембрани повітрям разом з усім необхідним для виконання робіт обладнанням. Під час нанесення піни в неї були закладені кріплення для арматури. Завдяки їм горизонтальне і вертикальне армування виконується в геометрично правильних пропорціях, що створює міцну арматурну сітку;
- нанесення бетонної суміші методом торкретування. Робота виконується ярусами по колу, знизу - вгору до тих пір, поки стіни не отримають проектну товщину. Товщина стін купола неоднакова по всій висоті, з висотою вона зменшується і до вершини може досягати 50,0 мм;
- влаштування зовнішнього гідроізоляційного (покрівельного) покриття;

монтаж технологічного обладнання та облаштування внутрішнього

простору споруди відповідно до його функціонального призначення

Вимоги щодо *контролю якості робіт та безпеки праці* аналогічні наведеним вище. Однак у проектно-технологічній документації слід передбачати заходи, що відображають як архітектурно-конструктивні, так і технологічні особливості конкретних споруд.

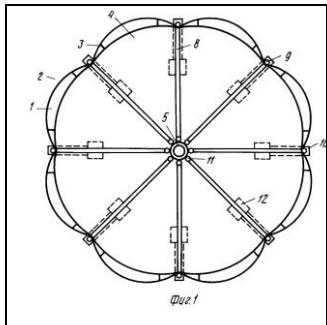


Рис. 4.46.- Оболочка системи "Бінішелл"

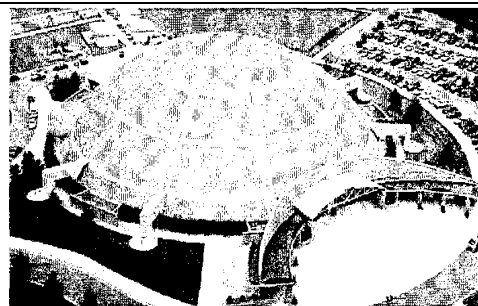


Рис. 4.45.- Купольна споруда з монолітного залізобетону

#### 4.6.3. Зведення висячих систем

*удівлі та споруди з висячими покриттями* являють собою побудови, які спираються на висячі розтягнуті елементи, закріплені за жорсткі опорні конструкції. Опорні конструкції можуть бути виконані у вигляді замкнутого контуру (кіля, овалу, прямокутної рами), що спирається на фундаменти, колони або похилі рами, арки, які утримують покриття і передають навантаження на фундамент. Несучі конструкції висячих покриттів можуть бути виконані у вигляді попередньо напружених залізобетонних оболонок, тросових підвісок, вантових ферм і мембран. У більшості висячих покриттів в якості основного несучого елемента застосовують сталевий канат-трос, звитий з високоміцного дроту з тимчасовим опором розриву 1200-1800 МПа і більше. У разі використання канатів-тросів або арматурних стрижнів систему називають висячою з *гнучкими вантами*. Якщо ванта виконана з жорстких стрижнів, наприклад, гнутих двотаврів або ферм, то таку систему називають висячою з *жорсткими вантами* або згинально-жорсткими елементами.

Висячі покриття можуть бути також у вигляді металевої або залізобетонної попередньо напруженої оболонки.

Металеві оболонки з листової сталі та алюмінію називаються мембранними конструкціями.

Переваги висячих конструкцій: найбільш повне використання несучої здатності високоміцних сталей, поєднання в одній конструкції несучих і огорожувальних функцій, завдяки чому додатково знижується маса покриття, збільшується сейсмостійкість. Конструкції з дуже малою масою здатні перекривати прогони 40-300 м.

Для зведення *попередньо напруженої залізобетонної оболонки* спочатку монтують ортогональну або радіальну сітку зі сталевих канатів, зверху яких згодом укладають залізобетонні плити. Канати заповнюють бетонною сумішшю в стиках; вони в подальшому є напруженою арматурою покриття. Оболонка вступає в роботу тільки після обтискання заповнених бетоном швів на 20-25% вище напружень від тимчасового навантаження, що виключає в подальшому появу розтягуючих напружень. Напруження канатів виконується: попереднім натягненням усієї системи канатів шляхом завантаження вантажами або притягнення канатів до основи (фундаменту) будівлі; попереднім замонолічуванням швів і подальшим натягуванням несучих канатів. Після набору міцності бетоном натягування знімається. Бетонне покриття, як вказано вище, виконується монолітним або зі збірних плит.

*Зведення висячих покриттів* складається з таких будівельних процесів:

- виготовлення вант. Виконується на підприємстві чи у місці монтажу на стенді з натяжною станцією і опресовувальною установкою. Один кінець каната закладають у гільзовий анкер. Канат розкладають на стенді і витягують на зусилля 1100-1200 кН для його обтискання. Після витяжки, канат розрізають на необхідні довжини, кінці запресовують у гільзові анкери. Готові ванти випробовують на зусилля 1300-1400 кН;

- монтаж поздовжніх вант і початкове їх натягування;

- монтаж поперечних вант та їх натягування;
- монтаж плит покриття;
- напруження вантової мережі;
- заповнення стиків плит бетонною сумішшю.

Одним з прикладів - влаштування вантового покриття спортивного комплексу прогоном в 48,0 м. При установленні ванти разом з підвісками, що з'єднані попарно, піднімають двома баштовими кранами одночасно (рис. 4.47). Кінці з гільзовими анкерами заводять в отвори в опорному контурі і натягують домкратними пристроями на задане зусилля. Спочатку ставлять поздовжні ванти, потім поперечні. Після натягування і вивірення канати у вузлах з'єднують. Для з'єднання канатів в вузлах перетину використовують пересувні коліски і містки. Ванти натягують, додатково закріплюючи їх підвісками і натягуючи підвіски лебідками у вузлах їх перетину. При установленні канатів необхідне їх ретельне геодезичне вивірення.

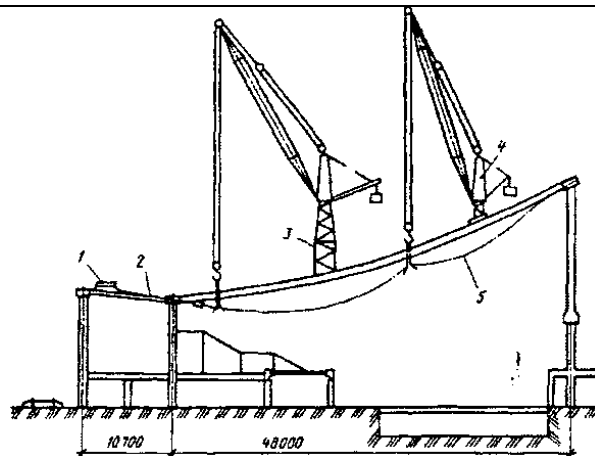


Рис. 4.47. - Приклад схеми піднімання ванти:

1 - електролебідка; 2- відтяжка зі сталевго каната; 3, 4 - баштові крани; 5 - ванта

Плити покриття укладають на канати баштовими кранами від нижньої позначки до верхньої, завантажуючи покриття рівномірно. У шви між плитами укладають арматуру. До замонолічування стиків ванти натягують

гідродомкратами втретє, чим створюють попереднє натягування вантової мережі. Після цього виконують замонолічування плит, а після досягнення бетоном проектної міцності підвіски знімають від країв до середини. У бетоні створюється попереднє напруження.

Недолік методу - висока трудомісткість, часті перестановки домкратів та іншого обладнання.

Зведення *мембранних споруд*, як уже було вказано, дещо відрізняється від вантових. Технологію зведення зазначених споруд можна наочно продемонструвати на прикладі будівництва спортивної споруди. Оболонка еліптичного обрису складається з опорних зовнішнього і внутрішнього кілець, радіально розташованих стабілізуючих ферм, кільцевих ребер і мембрани (рис. 4.48). Мембрана виконана зі сталевих листів товщиною 5 мм з діаметром в осях 228 і 183 м. Стабілізуючі ферми шарнірно закріплені болтами до залізобетонного зовнішнього кільця, опертого на сталеві колони з кроком 20 м по периметру споруди, і натягнуті двома болтовими тяжами до внутрішнього сталевих кільця.

Після укрупненого складання блоків довжиною 80-100 м, що складаються з двох ферм з проміжними елементами кільцевих ребер, їх піднімали двома кранами, що розташовані в центрі будівлі. Блок установлювали на зовнішнє опорне кільце і внутрішнє сталеве кільце, яке підтримувалося тимчасовою опорою. Блоки установлювали в такій послідовності: спочатку біля поздовжньої осі були встановлені два протилежних блоки, потім за годинниковою стрілкою від них через три сектори покриття - два інших протилежних блоки, після них аналогічно по два протилежних блоки по короткій осі. Згодом симетрично встановлювали блоки між раніше встановленими. Така послідовність забезпечила найменші зусилля в площині опорного контуру.

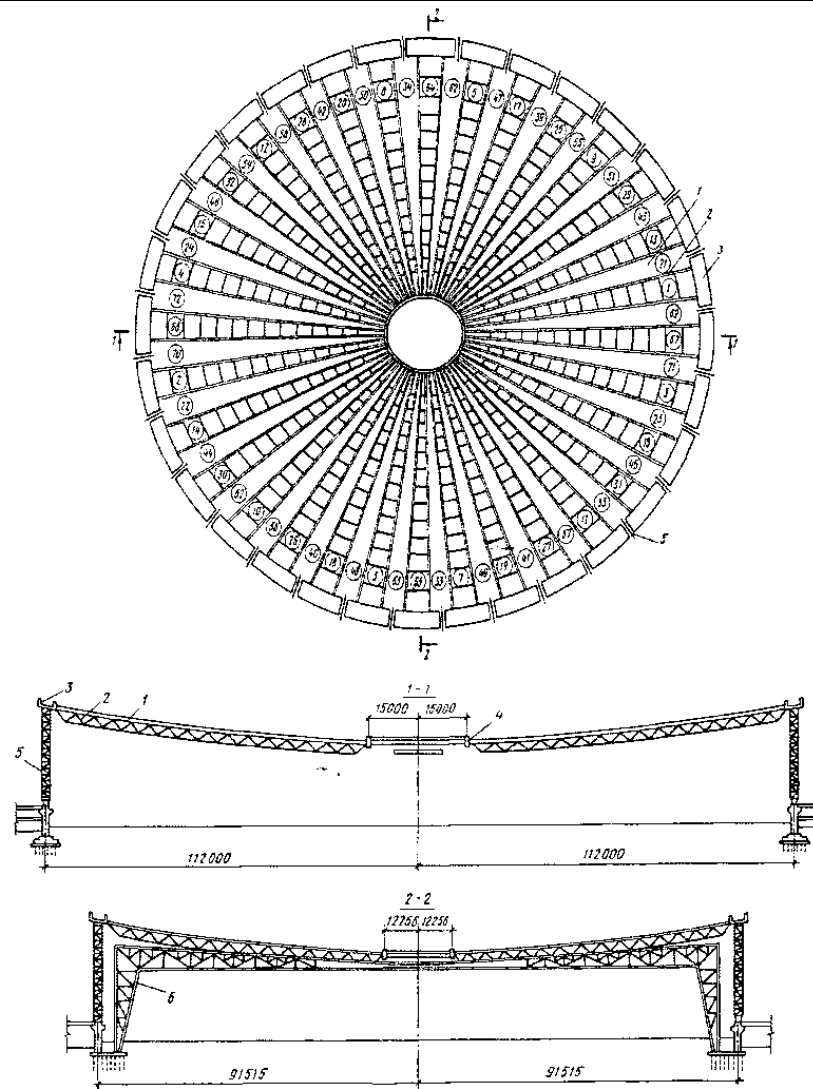


Рис. 4.48. - Приклад схеми мембранного покриття просторової споруди:  
 1 - сталевая мембрана; 2 - радіальні ферми; 3 - зовнішнє опорне кільце; 4 -  
 внутрішнє сталеве опорне кільце; 5 - колони; 6 - рами; 1 ... 72- послідовність  
 установки блоків покриття

Після установаження всіх блоків і ферм у проектне положення були  
 обладнані стенди для розгортання рулонів покрівельної мембрани. На стенді  
 розгорнуте полотнище прямокутного обрису розрізували на два  
 трапецієподібних елементи (пелюстки) шириною 1,34-10,0 м і довжиною 77-92  
 м. Елементи мембрани піднімали за допомогою траверси-розпірки і  
 підйомника, транспортували і встановлювали в проектне положення (рис. 4.49).

Кожен елемент мембрани закріплювали до зовнішнього кільця і після натягування домкратами кріпили до центрального кільця. Суміжні елементи мембрани зварювали внапусток. Після завершення робіт покриття розкружували шляхом опусканням домкратів на центральній тимчасовій опорі.

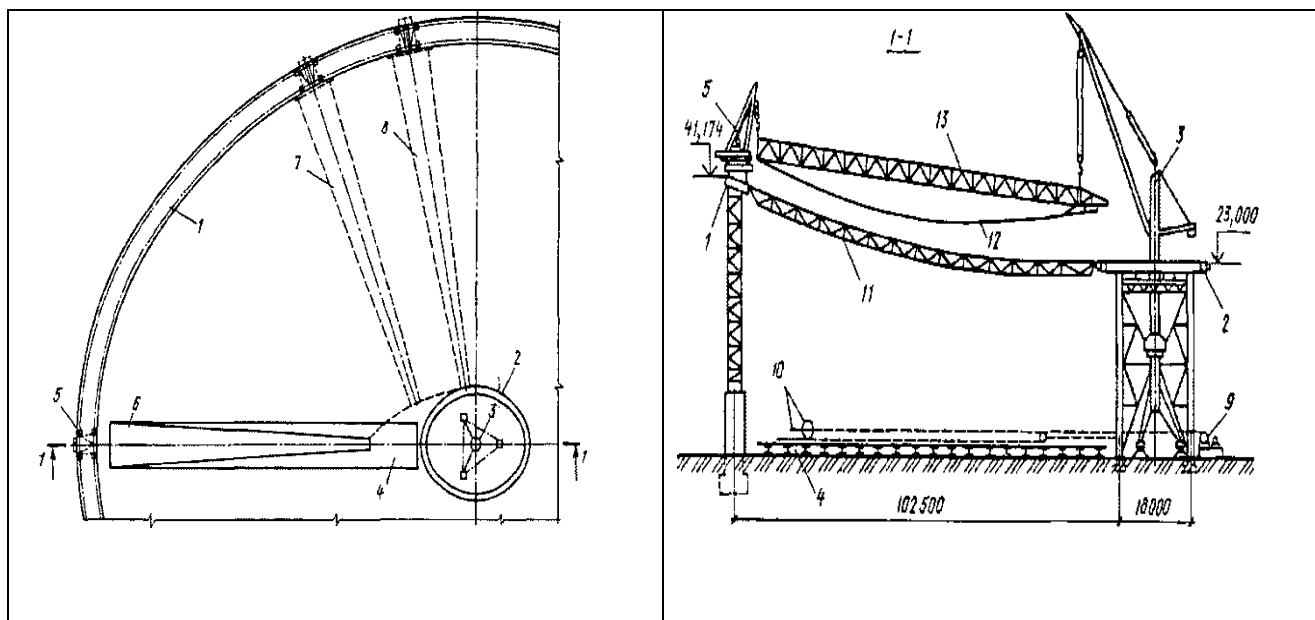


Рис. 4.49. - Приклад схеми розгортання рулонів мембрани:

1 - зовнішній опорний контур; 2 - внутрішнє сталеве опорне кільце; 3 - баштовий кран; 4 - стенд для розгортання рулонів; 5 - підйомник; 6 - положення елемента мембрани перед піднімання; 7 - проміжне положення мембрани; 8 - проектне положення мембрани; 9 - лебідка; 10 - схема розгортання; 11 - змонтований блок; 12 - монтований елемент мембрани; 13 - траверса-розпірка

Одним з прикладів сучасного зведення просторової споруди шатрової форми з вантовими покриттями «Хан Шатир» є будова в вигляді юрти з нахилом в м. Астана (Казахстан) (рис. 4.50).



Рис.4.50 -. Шатрова споруда «Хан Шатир»  
висотою 150 м в Астані (Казахстан)

Шатрова споруда «Хан Шатир» була зведена в 2010 році за проектом архітектора Нормана Фостера.

Призначення споруди - культурно- розважальний та торговельний комплекс, в якому можуть одночасно знаходитись близько 10 тисяч відвідувачів.

Однією з головних особливостей споруди стало поєднання технічних інновацій з оригінальним архітектурним оформленням в стилі древньосхідного колориту. Іншим достоїнством є полімерне покриття шатрової споруди, завдяки чому в ній створено штучний клімат під гігантським тентом. Трьохшарове покриття куполу здатне витримати 35 градусну спеку влітку та мінус 40 градусів взимку. Купол виготовлено із спеціального матеріалу ЕТРЕ, котрий поглинає сонячне світло, що створює ефект літа всередині тенту. Споруда представляє собою пірамідальну конструкцію з розмірами в основі 250 м та висотою 151 м. Площа споруди становить 127000,0 квадратних метрів. Конструкція представляє собою монолітний залізобетонний фундамент по палевому полю з опорними стійками з решітчастих металевих конструкцій. Несучі сталеві канати покриття прикріплено до фундаменту та верхнього опорного кільця. Процес зведення споруди включав кілька етапів:

- підготовчі роботи;
- влаштування паль та монолітного залізобетонного ростверку;
- зведення конструкцій нижнього ярусу споруди;
- монтаж вертикальних несучих конструкцій в вигляді похилих опорних стійок методом повороту;
- влаштування вантових конструкцій покриття;

- влаштування покриття шатрової споруди полімерними прозорими плитами;
- влаштування інших огорожувальних конструкцій та технологічного обладнання;
- оздоблювальні роботи та благоустрій території.

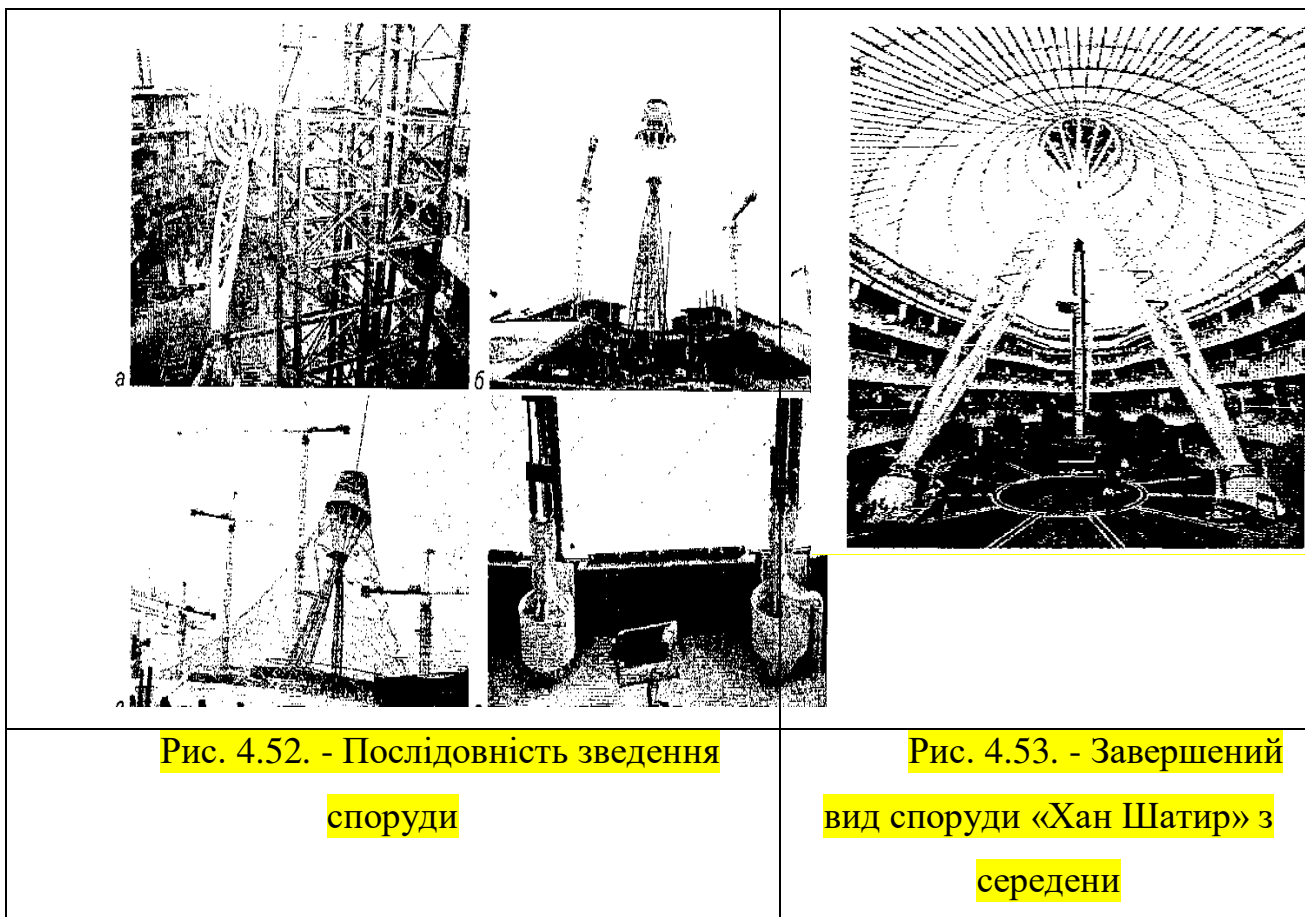
В процесі зведення даного об'єкту для монтажу вертикальних несучих конструкцій - похилих опірних стійок висотою 150 м, використано метод повороту. Вертикальні несучі конструкції 3-х опор було зібрано в горизонтальному положення на землі, а потім встановлено (повернуто) в проектне положення (рис.4.51).



При цьому дві стійки були закріплені шарнірно до фундаменту, а третю стійку розмістили на рейковий шлях з можливістю ковзання при підйомі (рис. 4.52, а). Це дозволило повернути цю стійку з горизонтального в проектне положення. Для повороту готової конструкції було встановлено вертикальну допоміжну щоглу до верху якої було закріплено 16 спеціальних гідравлічних домкратів. Після кріплення сталевих канатів вантажних поліспастів до якорів (фундаментів) почали їх натягування домкратам. Кожний цикл роботи домкратів підіймав конструкції опор на 50 см. По мірі повороту двох стійок третя вільно ковзаючи на рейках досягла проектної опори й була закріплена до фундаменту. Після повного повороту конструкцій стійок 150 метрова конструкція стала в проектне положення (рис. 4.52, б). Згодом тимчасова

монтажна щогла була демонтована. Далі почали закріплювати вантові троси покриття шатра. Спочатку їх кріпили до фундаменту а потім до верхнього опорного кільця (рис. 4.52, в). Важливим технологічним прийомом є попарне симетричне влаштування вант з протилежних сторін споруди. Після влаштування вантових конструкцій, було влаштовано покриття споруди з світлопрозорих полімерних елементів. Ці конструкції закріплено до тросів спеціальними пристроями, що забезпечують гідроізоляційну та теплоізоляційну надійність експлуатації (рис. 4.52, г).

Після зведення споруди вона отримала вигляд, який зображено на рис. 4.53.



Терміни зведення даної споруди базувалися на детально розробленому календарному графіку. Часткове відхилення від графіка було зумовлено суровими зимовими умовами регіону будівництва.

Висячі покриття монтують у кожному конкретному випадку за

індивідуальною технологією. Однак завжди необхідно прагнути до зведення укрупненими блоками, що скорочує обсяги робіт на висоті і зменшує їхню загальну трудомісткість. Особливості зведення споруд такого типу вимагають дотримання підвищених вимог до безпеки праці та до контролю якості робіт. Загальні вимоги аналогічні організаційно-технологічним особливостям зведення майже всіх просторових споруд.

#### **4.6.4. Зведення просторових будівель і споруд методом насування**

Одним з варіантів зведення великопрогонових споруд є *метод насування*. Цей метод передбачає повне складання великопрогонової конструкції на землі з наступним насуванням по похилих або горизонтальних напрямних у проектне положення. Цей метод широко застосовують за необхідності виконання робіт у короткі терміни, поєднуючи на землі підготовку до насування з іншими роботами. При застосуванні цього методу відпадає необхідність у кранах великої вантажопідйомності.

Метод зведення споруд насуванням включає такі технологічні етапи:

- **підготовчий.** На цьому етапі здійснюється комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення будівельного майданчика елементами будівельного господарства, забезпечуються умови безпечного виконання робіт. Безпосередньо біля проектного положення споруджуваного об'єкта влаштовується майданчик укрупненого складання конструкцій з оснащенням і пристроями для виконання подальшого транспортування (насування) конструкцій;
- **основний.** На цьому етапі здійснюється складання (монтаж) споруди або його частини на майданчику укрупненого збирання. Влаштовуються шляхи, по яких буде переміщуватися споруда або її частина. Одночасно виконуються роботи по підготовці приймального майданчика, на який спиратиметься зібраний елемент або споруда. Приймальний майданчик - це конструкції фундаментів чи інших несучих і огорожувальних будівельних конструкцій. Після збирання споруди і виконання робіт з облаштування

приймального майданчика здійснюється переміщення (насування) його в проектне положення. Насування здійснюється за допомогою домкратів, лебідок, інших засобів механізації. Після установки споруди або її частини в проектне положення виконується його постійне закріплення і розбирання засобів транспортування, виконуються спеціальні та інші роботи.

Методом насування було виконано монтаж покриття будівлі спортивного комплексу прогоном 84,0 м з просторовими фермами покриття (рис. 4.54).

Ферми покриття збирали на землі на спеціальних візках у безпосередній близькості від споруди, що покривається. Для піднімання візків на проектну відмітку було змонтовано дві похилі монтажні балки. Переміщення візків з черговим блоком покриття здійснювали двома тяговими поліспастами. Після досягнення проектної відмітки блок покриття спирався на сталеві катки і методом накатки за допомогою двох легких поліспастів насувався в проектне положення.

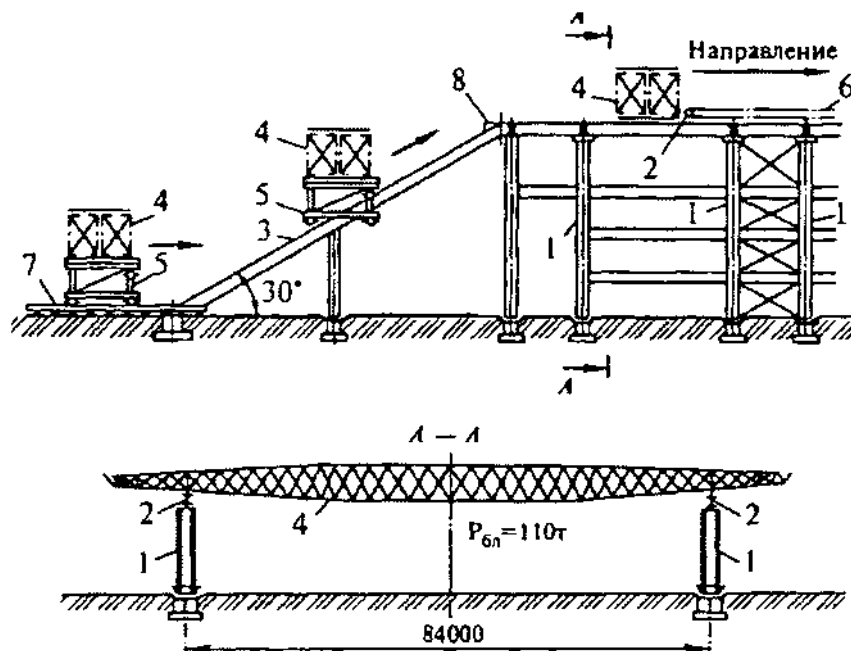


Рис. 4.54. - Приклад схеми зведення споруди методом насування блоків покриття:

1 - колони будівлі; 2 - підкроквяні балки; 3 - похилі балки тимчасової естакади; 4 - блок покриття; 5 - візок для пересування блоків; 6 - тяговий поліспаст; 7 - рейковий шлях візка; 8 - упор

## 4.7. Зведення висотних будівель спеціальними методами

### 4.7.1. Зведення висотних будівель за допомогою автоматизованих будівельних комплексів

Сучасні технології зведення висотних будівель постійно вдосконалюються та 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. - «*Automated 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. 4.55). 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.

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 спірання АБК на конструкції будівлі, що зводяться (рис. 4.56). Одним з варіантів є автоматизована будівельна система «Від Сапору» (від англ. «*Big Canopy*» - «великий дзвін» - *Automated Construction System*).

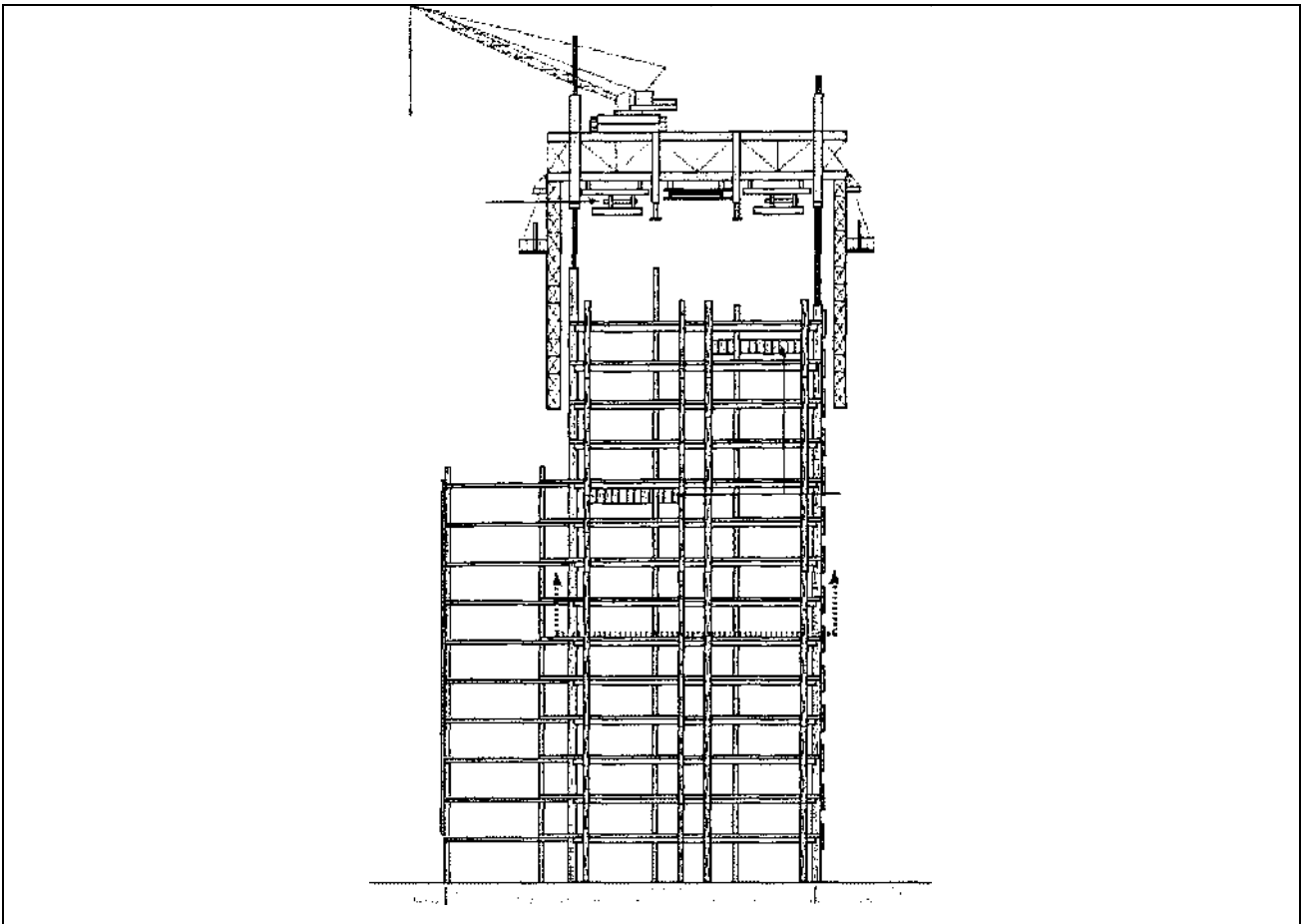


Рис. 4.55. - Принципова схема автоматизованого будівельного комплексу для зведення висотної будівлі

Ця система передбачає зведення паралельно зі зведенням будівлі додаткових несучих конструкцій, на які спирається АБК (рис. 4.57).

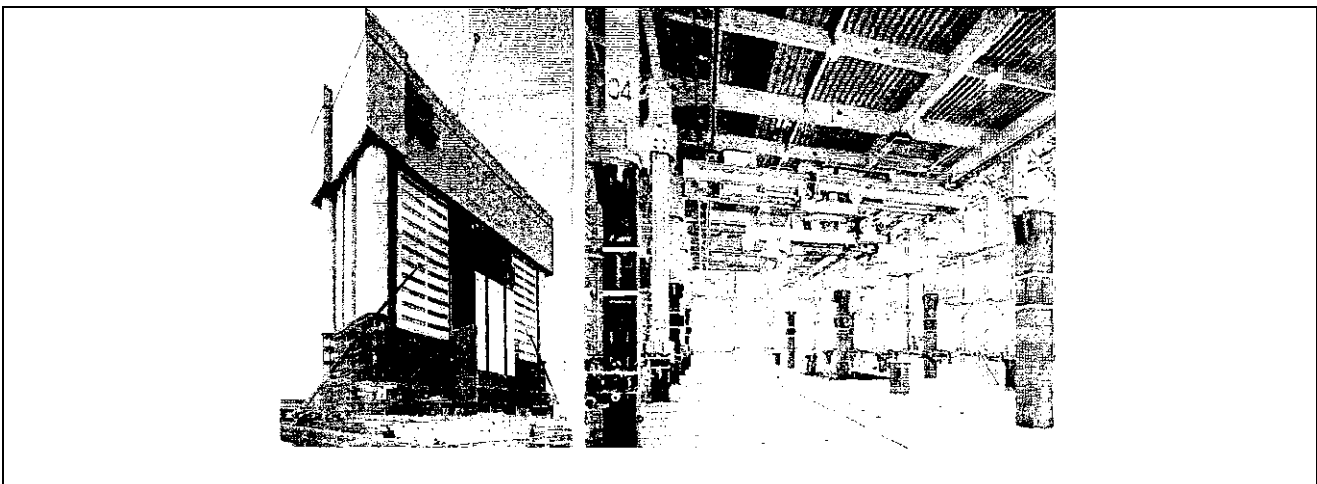


Рис. 4.56. -Зведення висотної будівлі за допомогою автоматизованих будівельних комплексів, що спираються на будівлю, яка зводиться

Також у практиці знаходять впровадження й інші варіанти так званих «СМАРТ»-систем для автоматизованого (подібного до 3D - принтерного виконання) будівництва (рис. 4.58).

	
<p>Рис. 4.57. - Зведення висотної будівлі за допомогою автоматизованих будівельних комплексів, що спираються на додаткові підтримуючі конструкції</p>	<p>Рис. 4.58. - Зведення будівлі за допомогою автоматизованого комплексу типу «СМАРТ - система»</p>

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( рис. 4.59). 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.

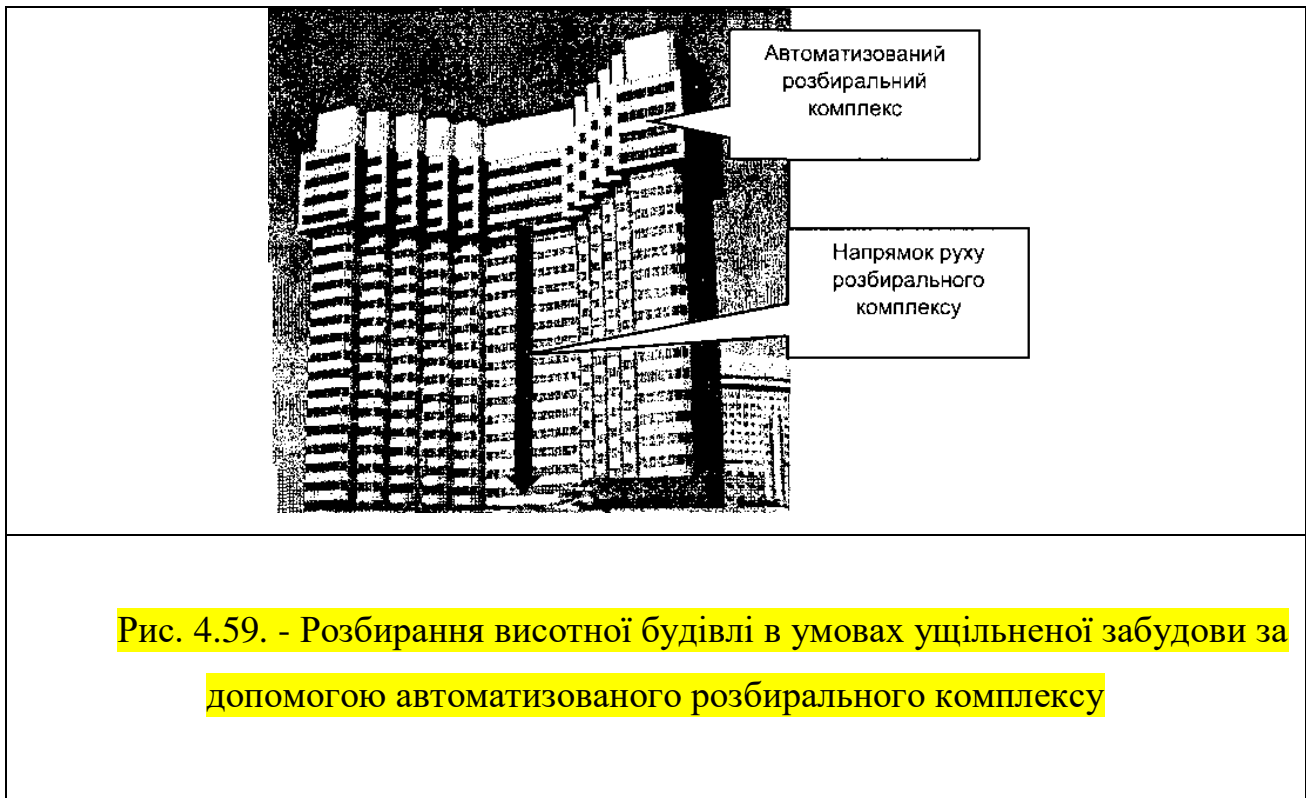


Рис. 4.59. - Розбирання висотної будівлі в умовах ущільненої забудови за допомогою автоматизованого розбирального комплексу

#### 4.7.2.Зведення будівель методами «зверху-вниз» та «вгору-вниз»

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» (up-down) або «вгору-вниз».

Зведення будівлі методом «зверху-вниз» (*up-down*) включає (рис. 4.60):

- установку по контуру споруджуваної будівлі стіни-огорожі, яка є кріпленнями стінок котловану;
- установку палей 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 кожному плити 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.

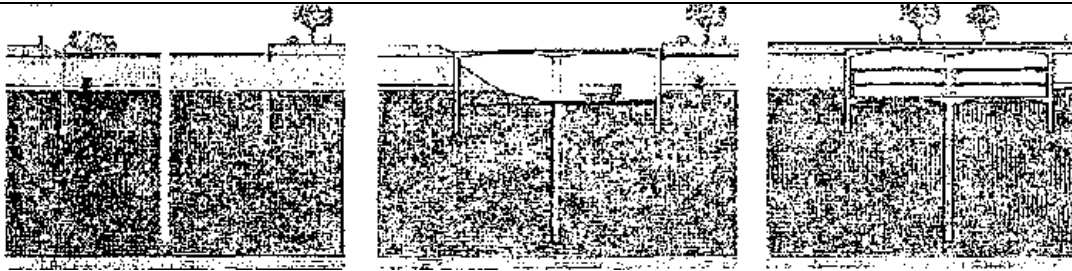


Рис. 4.60. - Схема виконання робіт зі зведення будівлі способом «зверху-вниз» (up-down)

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 «зверху-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 (рис. 4.61. а);

- випереджальне поярусне розроблення ґрунту і подальше зведення

перекрыттів за допомогою інвентарної опалубки, що спирається на підготовлену ґрунтову основу;

- комбінований прийом, що поєднує в собі як елементи технології зведення перекрыттів безопалубочним методом, так і з оперттям інвентарної опалубки на підготовлену ґрунтову основу (рис. 4.61. б).

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 перекрыття, 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.

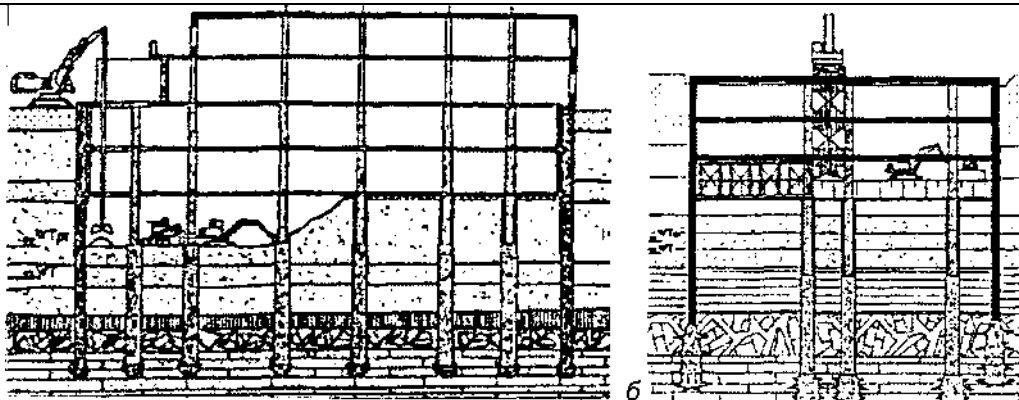


Рис 4.61.-Схеми зведення будівель методом «зверху-вниз»:

*а* - випереджальне зведення перекрыттів по відношенню до поярусної розробки ґрунту в котловані; *б* - комбінований прийом

Розробка ґрунту в котловані під захистом перекрыттів проводиться малогабаритними екскаваторами і звичайними бульдозерами, а видалення

грунту 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 щебню, укладання шару низько марочної бетонної суміші або цементно-піщаного розчину.

Застосування технології будівництва «зверху-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;

Істотні недолки такої технології:

- подорожчання розроблення ґрунту в порівняно з відкритим способом;

- необхідність добавлення тимчасових паль.

Описаним вище методом було зведено хмарочос Майнтауер (Maintower) у Франкфурті-на-Майні (Німеччина) (рис. 4.62). Висота хмарочоса - 200 м. Будівля має 4 підземних та 56 наземних поверхів. Будівництво виконане в 1999 році.

**Метод будівництва «вгору-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. 4.62).



Рис. 4.62. - Процес зведення хмарочосу Майнтауер у Франкфурті-на-Майні (Німеччина) за технологією «вгору-вниз»

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.

Методи зведення спеціальних будівель і споруд методами «зверху-вниз» і «вгору-вниз» 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 передують ретельна розробка проектно-технологічної документації.

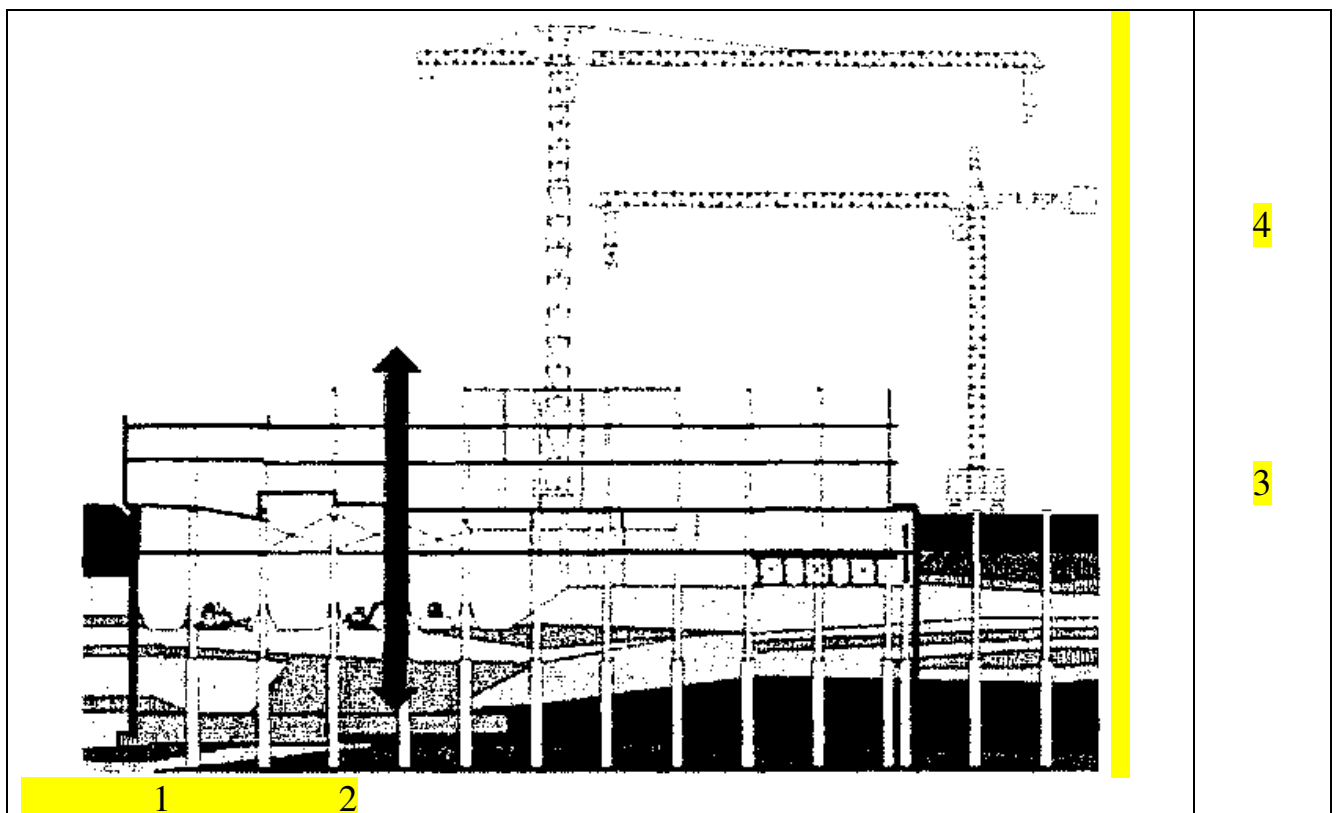


Рис. 4.63. –Принципова схема зведення будівлі методом «угору-вниз»:

1-влаштування траншейних «стін у ґрунті» по периметру будівлі, споруди і проміжних бурових опор (колон); 2- відкрите розроблення ґрунту на першому підземному ярусі; 3- улаштування перекриття над першим поверхом; 4- встановлення баштового крану

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Як розділяються між собою уніфіковані типові секції багатоповерхових каркасних будівель?
2. З яких стадій складається процес зведення багатоповерхових каркасних будівель?
3. Як здійснюється монтаж багатоповерхових каркасних будівель згідно горизонтальної схеми монтажу каркасу?
4. Де можуть розташовуватися крани при горизонтальній схемі монтажу каркасу?
5. Як здійснюється монтаж багатоповерхових каркасних будівель згідно вертикальної схеми монтажу каркасу?
6. Де можуть розташовуватися крани при вертикальній схемі монтажу каркасу?
7. Чому при вертикальній схемі монтажу каркасу необхідно мати резервну хватку у суміжному відсіку ?
8. Які методи залежно від послідовності встановлення конструкцій у проектне положення вживаються для монтажу багатоповерхових промислових будівель?
9. Дайте визначення терміну «ярус» стосовно багатоповерхових промислових будівель.
10. Зі скількох поверхів може складатися ярус у багатоповерхових каркасних будівлях?
11. Яка повинна бути послідовність встановлення конструкцій у всіх схемах організації монтажу будівель?
12. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу колонн?
13. Як перевіряється вертикальність колон?
14. Як здійснюється тимчасове закріплення колон у стаканах фундаментів?
15. Коли рекомендується застосовувати рамно-шарнірні індикатори ?
16. З яких елементів складається РШІ ?

17. Як встановлюють і переставляють РШШ на нову позицію?
18. Які вимоги мають бути виконані перед устанавленням РШШ ?
19. У якій послідовності збирають каркас будівлі із застосуванням РШШ ?
20. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу ригелів?
21. Як здійснюється піднімання монтажників на риштування під час монтажу ригелів?
22. Яка послідовність монтажу плит перекриття та покриття при зведенні каркасних будівель та чим вона обумовлена?
23. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу плит перекриття та покриття?
24. Яка послідовність монтажу стінових панелей відносно зведення каркасу найчастіше використовується?
25. Якої умови треба дотримуватися, коли монтаж стінових панелей виконується у єдиному потоці з каркасом?
26. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу стінових панелей багатопверхових каркасних будівель?
27. Назвіть конструктивні особливості великопанельних безкаркасних будівель.
28. Які методи монтажу застосовуються при зведенні великопанельних безкаркасних будівель?
29. Чим обумовлен вибір того чи іншого методу монтажу великопанельних безкаркасних будівель?
30. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу стінових панелей великопанельних безкаркасних будівель?
31. З яких операцій складається процес монтажу великих блоків?
32. З монтажу яких великих блоків починається зведення зовнішніх стін на поверху?
33. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу великих блоків?

34. Дайте визначення терміну «об'ємний блок»?
35. Які стропувальні пристрої використовуються для монтажу об'ємних блоків?
36. Якими кранами здійснюється монтаж об'ємних блоків?
37. Як залежить послідовність монтажу об'ємних блоків від їх конструктивних особливостей?
38. Назвіть особливості монтажу у зимових умовах.
39. Які споруди відносять до баштових?
40. Особливості монтажу баштових споруд методом нарощування.
41. Особливості монтажу баштових споруд методом повороту.
42. Особливості монтажу баштових споруд методом підрощування.
43. Як відбувається контроль якості зведення баштових споруд?
44. За допомогою якої опалубки здійснюється зведення баштових споруд з монолітного залізобетону?
45. Які особливості використання автоматизованих будівельних комплексів при зведенні висотних будівель ?
46. Принципи зведення споруд методом «зверху-вниз» (up-down).
47. Принципи зведення споруд методом «угору-вниз»
48. Коли можливе стаціонарне встановлення баштового крану на перекриття на рівні землі?
49. Які перспективні напрями вдосконалення будівельних технологій зведення спеціальних будівель і споруд?
50. Які основні задачі вдосконалення зведення висотних будівель?
51. Дайте визначення «просторові споруди».
52. Монтаж балкових і рамних конструкцій.
53. Який порядок монтажу структурних покриттів?
54. Монтаж купольних споруд.
55. Які особливості монтажу висячих споруд?
56. Як виконується монтаж мембранних споруд?
57. Особливості зведення споруд методом насування.

## ЛЕКЦІЯ 5

**Тема 1. Бетонні та залізобетонні роботи. Загальні відомості**

**Тема 2. Опалубні роботи. Загальні відомості**

**Тема 3. Види опалубки**

### **5.1. Бетонні та залізобетонні роботи. Загальні відомості**

*Бетонні та залізобетонні роботи* — це узагальнююча назва комплексного будівельного процесу зведення будівельних конструкцій із бетону та залізобетону.

Бетон та залізобетон належать до основних матеріалів, які використовують у сучасному будівельному виробництві. Широке використання бетону та залізобетону зумовлено високими фізико-механічними показниками, довговічністю, можливістю зведення різноманітних будівельних конструкцій порівняно простими технологічними методами, використанням в основному місцевих будівельних матеріалів, порівняно незначною вартістю.

*За способами виконання робіт* бетонні та залізобетонні конструкції поділяють на збірні, монолітні та збірно-монолітні. Збірні конструкції виготовляють на заводах і полігонах, після чого транспортують на будівельний майданчик і встановлюють у проектне положення. Монолітні конструкції зводять безпосередньо на місці їхнього розташування у будівлі чи споруді. Збірно-монолітні конструкції складаються із збірних елементів і монолітних частин, які об'єднують ці елементи в єдине ціле. Крім того, залізобетонні конструкції ще поділяють на звичайні (з ненапруженою арматурою) та попередньо напружені.

Методи технології монолітного бетону і залізобетону мають великі потенційні можливості зниження ресурсомісткості будівництва. Так, на монолітні залізобетонні конструкції металу витрачається на 20 - 40 % менше,

ніж на збірні, вони потребують значно нижчих (до 40 %) затрат на створення промислової бази, а також на 25 - 30% нижчих енергетичних витрат.

**Склад комплексного технологічного процесу.** Комплексний процес зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій складається із влаштування опалубки, армування конструкцій, бетонування, вистоювання бетону в забетонованих конструкціях, розпалублення, натягування напруженої арматури та влаштування її захисту чи ін'єкції каналів (при зведенні попередньо напружених залізобетонних конструкцій), а у разі потреби опорядкування поверхонь конструкцій. Процес бетонування, що складається з укладання й ущільнення бетонної суміші, в багатьох випадках є ведучим, з яким погоджують виконання інших процесів.

До технологічного комплексу процесу зведення монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій належать заготівельні, транспортні та монтажньо-укладальні (основні) процеси.

**Заготівельні процеси** виконують, як правило, в заводських умовах. Це виготовлення елементів опалубки, риштувань, арматури, арматурно-опалубних блоків, приготування бетонної суміші, виготовлення елементів для прогрівання бетону (електродів, струн тощо) та покриття поверхні бетону (щитів, матів, плівок), відновлення (ремонт) елементів опалубки багаторазового використання.

**Транспортні процеси** включають доставляння з місць виготовлення до будівельного майданчика та з місця складування чи перевантаження на будівельному майданчику до місця зведення монолітної конструкції загальнобудівельними або спеціальними транспортними засобами опалубки, риштувань, арматури, арматурно-опалубних блоків, бетонної суміші, елементів для прогрівання бетону та покриття його поверхні.

**Монтажно-укладальні процеси** — це встановлення опалубки, монтаж арматури чи арматурно-опалубних блоків, укладання, прогрівання бетонної суміші (в зимових умовах чи у разі потреби прискорення процесу твердіння), доглядання за бетоном, розбирання опалубки після досягнення бетоном

потрібної міцності, а при зведенні попередньо напружених конструкцій — також натягування напружуваної арматури та ін'єктування каналів. За потреби виконують опорядження поверхні бетону.

Зведення монолітних залізобетонних конструкцій досить трудомісткий процес. Добовий виробіток одного працівника на бетонних та залізобетонних роботах становить 0,5 - 2 м<sup>3</sup>. Серед складових трудомісткості на влаштування опалубки припадає 30-60%, на армування конструкцій — 15-35%, на бетонування — 20-45 % загальних витрат праці; до 20 % робітників виконують допоміжні операції. Багато операцій ще виконують вручну за допомогою ручного чи механізованого інструменту.

Підвищення ефективності бетонних і залізобетонних робіт забезпечують підвищенням технічного рівня кожного окремого процесу, їхнім взаємним узгодженням і комплексною механізацією. Важливим завданням технології монолітного бетону і залізобетону на майбутнє є зниження частки ручних робіт.

## **5.2. Опалубні роботи. Загальні відомості**

**5.2.1. Опалубка** — тимчасова допоміжна конструкція для забезпечення форми, розмірів і положення в просторі монолітної конструкції, що зводиться. До складу опалубки (опалубної системи) входять: щити (форми), які забезпечують форму, розміри та якість поверхні монолітної конструкції; риштування для підтримування опалубних форм; риштування для розміщення бетонників; елементи кріплення (рис. 5.1).

В опалубні форми укладають бетонну суміш, де вона твердне до досягнення бетоном потрібної міцності. Після цього опалубку розбирають, якщо не використовують таку, яка після бетонування залишається в конструкції, створюючи її зовнішню поверхню.

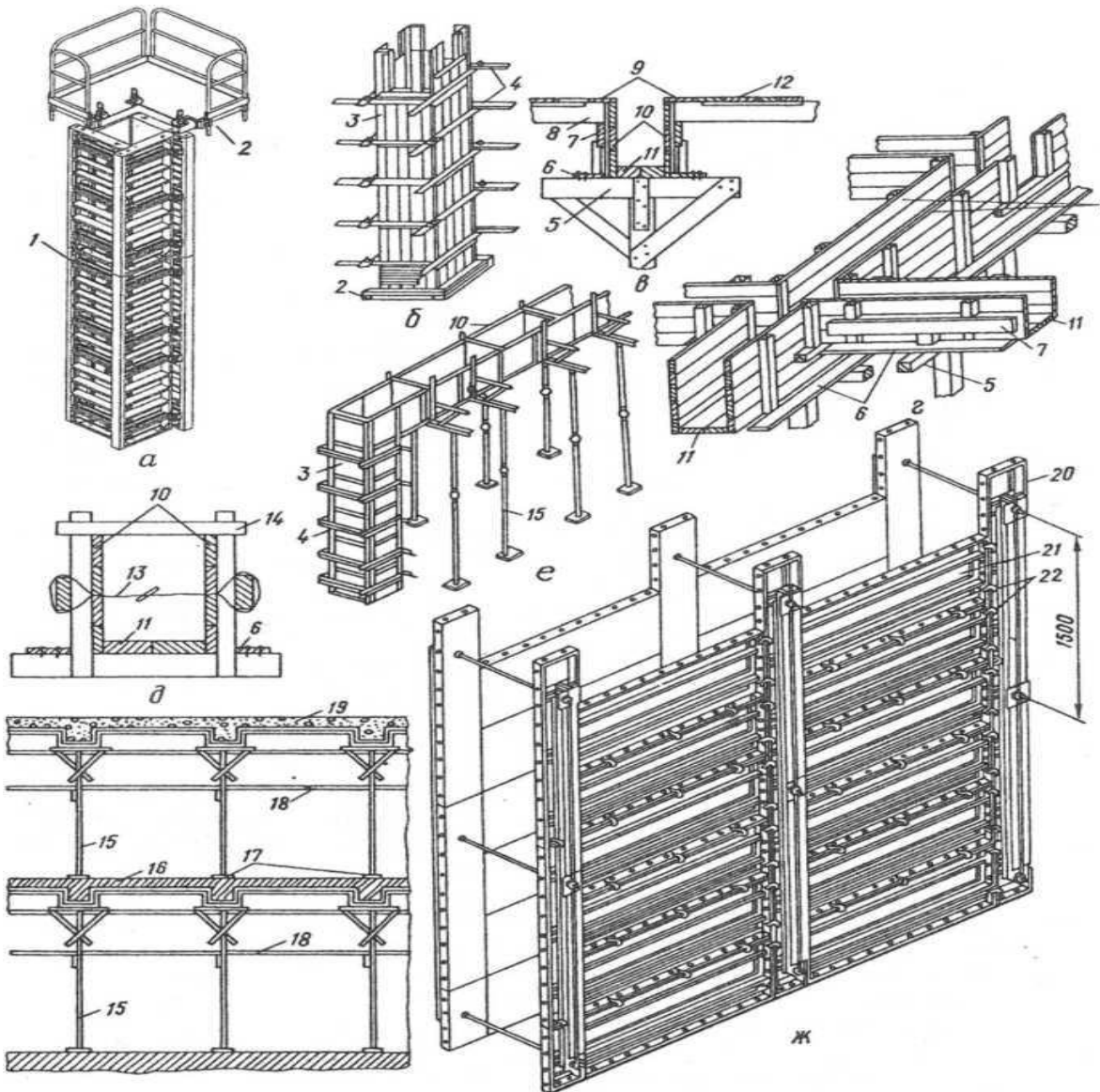


Рис. 5.1. - Опалубка колон, ребристого перекриття, прогонів і стін:

*а* – опалубка колон з інвентарних елементів; *б* – те саме, з дощок; *в* – опалубка, балки і плити ребристого перекриття; *г* – те саме, прогону і балок; *д* – переріз опалубки прогону; *е* – металева опалубка колони і прогону; *ж* – міжповерхові стояки підтримувальних риштувань; *ж* - опалубка стін з уніфікованих щитів; 1, 21- інвентарні щити; 2- риштування; 3 – короб колони; 4 – хомути; 5 – оголовок стояка; 6 – притискні дошки; 7 – під кружальні дошки; 8 – кружала; 9 - фризіві дошки; 10 – бокові щити; 11 – дно короба; 12 – щити опалубки плити; 13 – стяжка; 14 – схватка; 15, 20 – стояки; 16 – забетоноване

перекриття; 17 – лаги під стояки; 18 – розмивини; 19 – перекриття, що бетонується; 22 – елементи кріплення

До опалубки ставляться такі вимоги: внутрішні контури опалубних форм мають відповідати проектним розмірам монолітної конструкції; якість внутрішньої площини опалубних форм (палуба) має забезпечувати потрібну якість зовнішньої поверхні монолітної конструкції; міцність і жорсткість опалубки мають бути достатні для забезпечення постійних розмірів і форми від впливу навантажень, які виникають у процесі виконання робіт; прогинання зібраної опалубки і формоутворювальних елементів не повинне перевищувати  $1/400$  прогону для вертикальних поверхонь монолітних конструкцій і  $1/300$  — для перекриттів; конструкція опалубки має забезпечувати мінімальні витрати на її влаштування, незначну трудомісткість виконання робіт.

Як правило, раціонально застосовувати уніфіковані конструкції опалубки з максимальною кількістю серійно виготовлених деталей і взаємозамінних елементів. Опалубку потрібно виготовляти централізовано і постачати в стані, придатному до збирання та експлуатації без додаткового дороблення і виправлення. Конструкція опалубки має давати змогу виконувати укрупнення з наступним монтажем панелями чи блоками. Така опалубка має забезпечувати багаторазовість її використання — необхідну оборотність, яка залежно від виду опалубки і матеріалу може бути від 20 до 400.

### **5.2.2. Навантаження на опалубку**

На встановлену *вертикально* опалубку діють тиск бетонної суміші та динамічні сили від її скидання і вібрування. Крім того, при визначенні стійкості опалубки значних розмірів ураховують вітрові навантаження, а при застосуванні зовнішніх вібраторів — додаткові навантаження в місцях кріплення їх.

Боковий тиск бетонної суміші залежить від її властивостей (щільності, рухливості, терміну тужавлення тощо), прийнятої технології бетонування (товщини шарів укладання, режиму вібрації, тиску нагнітання чи режиму завантажування опалубки, сил тертя укладеної бетонної суміші з опалубкою, температурних умов навколишнього середовища). Тиск розподіляється в межах активного шару бетонної суміші. Приблизно на глибині, що дорівнює  $\frac{2}{3}$  висоти цього шару, тиск максимальний ( $p_{max}$ ), а в нижній частині тиск становить звичайно  $0,4 - 0,5 p_{max}$ .

При розрахунках *горизонтальної* опалубки враховують такі вертикальні навантаження, як власна вага опалубки, підтримувальних елементів, арматури та укладеної бетонної суміші; навантаження від людей та транспортних засобів, динамічну дію вібрування, зосереджені навантаження від робітника та транспортних засобів.

При визначенні розрахункових навантажень враховують коефіцієнти від перевантаження: 1,1 — для власної ваги опалубки і риштувань; 1,2 — ваги бетону, арматури та вітрового навантаження; 1,3 — для інших видів навантажень.

Розрахунки опалубки виконують на міцність і прогинання.

### **5.3. Види опалубки**

Опалубку розрізняють за такими ознаками: за кількістю циклів використання; за матеріалами, що використовують; за конструктивними особливостями.

**5.3.1.** За кількістю циклів використання опалубка поділяється на *неінвентарну* (використовують тільки один раз) та *інвентарну* (багатооборотну). Неінвентарна опалубка у свою чергу підрозділяється на індивідуальну та незнімну.

*Індивідуальну опалубку* застосовують для зведення конструкцій складних неповторних форм (прольотні будови мостів, складні фундаменти

під технологічне устаткування і тому подібне). Її проектують для кожної конструкції окремо; часом проект опалубки не менш складний, ніж проект самої конструкції. Проте, незважаючи на індивідуальність конструкції опалубки, в ній мають бути максимально застосовані елементи інвентарної опалубки (щити, кріплення тощо) і передбачено наступне використання матеріалів опалубки.

**Незнімна опалубка** складається з формоутворювальних елементів (плит, шкаралуп, блоків), кріплень та підтримувальних елементів. Після бетонування формоутворювальні елементи з монолітної конструкції не знімають, і вони утворюють з нею єдине ціле. Кріплення та підтримувальні елементи залежно від конструктивних рішень можуть бути знімні чи незнімні. Залежно від матеріалу формоутворювальних елементів незнімні опалубки поділяють на залізобетонні, армоцементні, фібробетонні, склоцементні, азбестоцементні, металеві та синтетичні. За функціональним призначенням розрізняють опалубку, яку застосовують тільки як формоутворювальний засіб, опалубку-облицювання (захисну або декоративну), опалубку-гідроізоляцію та опалубку-теплоізоляцію. Незнімну опалубку використовують у разі зведення монолітних конструкцій у важкодоступних місцях і стиснених умовах та в інших випадках при економічній доцільності (при будівництві енергетичних, гідротехнічних, транспортних і промислових об'єктів, а також багатопверхових монолітних житлових будинків, облаштуванні підземних переходів тощо). Важливими позитивними властивостями незнімної опалубки є її економічність і невисока трудомісткість при виготовленні і монтажі. Її застосування дозволяє в порівнянні з інвентарною металевою опалубкою понизити вартість опалубних робіт на 15-40% і трудомісткість на 35-40 %. Детальніше це питання розглянуто у **Лекції 6**.

**5.3.2.** За матеріалами, що використовуються, опалубка поділяється на дерев'яну, металеву, з синтетичних матеріалів та комбіновану.

**Дерев'яну опалубку** виготовляють з пиломатеріалів (палуба опалубних щитів, форм, інші елементи), водостійкої фанери та деревних плит (ДСП, ДВП). Ці матеріали відносно недефіцитні, легко піддаються обробці, що дає змогу робити різноманітні й складні опалубні форми. Щити з пиломатеріалів та з палубою із ДСП і ДВП можна використовувати до 10 разів. Використання для палуби водостійкої фанери дає змогу знизити її масу та збільшити оборотність до 20 разів.

**Металеву опалубку** виготовляють з прокатних та гнутих ефективних профілів з палубою із металевого листа 2-3 мм завтовшки. Оборотність опалубки може досягти 100-300 разів. Застосування алюмінію дає змогу знизити масу опалубки, але потребує спеціального захисту від корозії під впливом дії цементного молока на алюміній. Для незнімної опалубки використовують металеві сітки, а в разі потреби суцільно металеві форми.

**Синтетичну опалубку** виготовляють із склопластику, текстоліту, гетинаксу та інших синтетичних матеріалів, які досить міцні й легкі. Синтетичні матеріали мають малу адгезію до бетону, що дає змогу здобувати якісні поверхні монолітної конструкції. Оборотність опалубки із синтетичних матеріалів досягає 20-100 разів, однак цілком синтетичні опалубки поки що менш ефективні у зв'язку з високою вартістю і дефіцитністю матеріалів. Склопластик відрізняється високою адгезією до бетону, обростає цементною кіркою, яку важко обчищати. Ефективним є використання синтетичних матеріалів, які мають малу адгезію до бетону, для покриття палуби. Листові пластики та інші синтетичні матеріали використовують також для незнімної опалубки, враховуючи їх високі ізоляційні та декоративні якості.

Синтетичні повітронепроникні та прогумовані тканини використовують для створення пневматичної опалубки, форма та жорсткість якої досягаються тиском повітря, яким її наповнюють. Оборотність таких опалубок — до 50 разів.

**Опалубки з матеріалів на основі цементних в'язучих** виготовляють із залізобетону, армоцементу, склоцементу, фібробетону, азбестоцементу. Такі опалубки застосовують як незнімні. Опалубки із залізобетону, фібробетону, армоцементу мають високе суміщення з матеріалом монолітної конструкції, що дає змогу вважати їх як єдине ціле з монолітною конструкцією при розрахунках її на міцність. Крім того, армоцемент характеризується високою міцністю та водонепроникністю. Склоцемент має високі ізоляційні якості.

**Комбінована опалубка** складається з конструкцій, виконаних з різних матеріалів, що забезпечує найбільшу ефективність їх. Останнім часом широко використовують комбіновані опалубки, в яких елементи каркаса, підтримувальні конструкції та кріплення виготовлені із сталі, а палуба і опалубні щити — з водостійкої фанери чи синтетичних матеріалів. Така опалубка, зберігаючи основні позитивні якості металевої (високу оборотність, велику жаростійкість, стійкість до місцевих навантажень), має ще й значні переваги — вона дешевша і легша.

Для поліпшення фізико-механічних якостей фанери її покривають (методом гарячого тиснення) плівкою на основі синтетичної смоли. Це покриття збільшує зносостійкість фанери, різко зменшує адгезію опалубки до бетону, паро- і водонепроникність. Таку фанеру не рекомендується використовувати лише в тих випадках, коли поверхня забетонованої конструкції підлягає подальшому опорядженню — синтетична плівка сприяє створенню склоподібної поверхні бетону, що ускладнює нанесення опоряджувальних шарів.

**5.3.3.** За конструктивними особливостями опалубка поділяється на такі основні типи: розбірно-переставна (дрібно- та великощитова); горизонтально переміщувані опалубки [котюча, тунельна (об'ємно-переставна)]; вертикально переміщувані опалубки (підйомно-переставна, ковзна, блокова, блок-форма), спеціальні опалубки (пневматична, незнімна, нагрівальна).

**Розбірно-переставна опалубка** складається з окремих щитів, підтримувальних елементів та кріплень. На висоті опалубні щити підтримують риштування з інвентарних стояків та прогонів. Розрізняють два основних види розбірно-переставної опалубки — дрібно- та великощитову (рис.5.2).

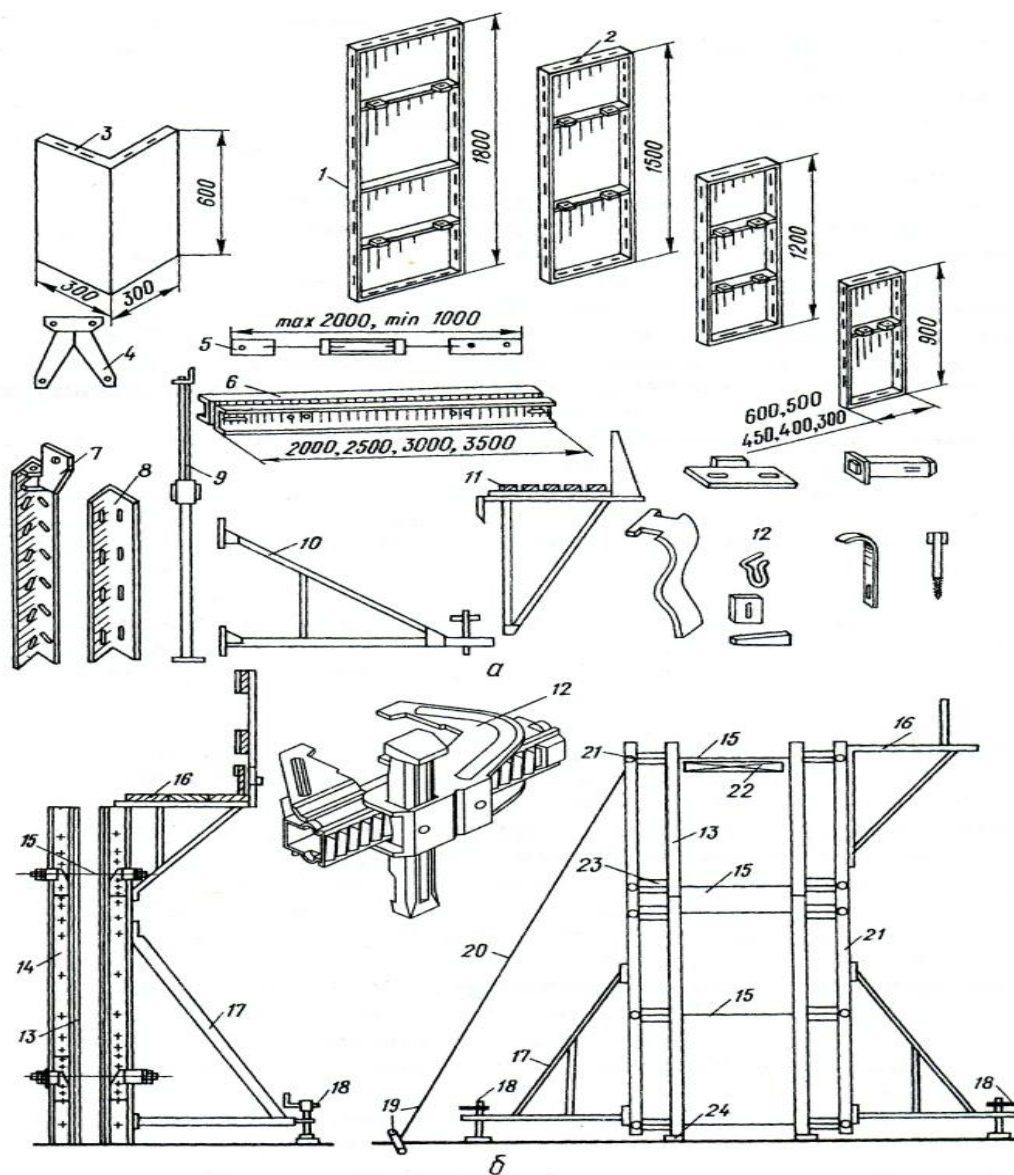


Рис. 5.2. - Розбірно-переставна опалубка:

*a* — уніфікована дрібнощитова опалубка; *б* - великощитова опалубка стін; 1 - дрібні щити; 2 — отвори в каркасі для кріплення щитів; 3 — кутовий щит; 4, 14 - ребро; 5, 13 — палуба; 6, 23 - схватки; 7 - кутовий блокувальний елемент; 8 — монтажний кутик; 9 — розсувний стояк; 10, 17 -

монтажний підкіс; 11- навісні риштування; 12 - елементи кріплення; 15 - стяжка; 16 - консольні риштування; 18 — механічний домкрат; 19 - анкер; 20 - підкіс-розчалка; 21 - зв'язки жорсткості; 22 - розпірка; 24 - маякова дошка

*Дрібнощитова* опалубка має елементи масою до 50 кг, що дає змогу встановлювати їх вручну. Основним елементом *великощитової* опалубки є великорозмірна панель, суцільна чи зібрана з дрібних щитів, площею від 2 до 40 м<sup>2</sup>, яку встановлюють за допомогою крана. Таку опалубку застосовують під час зведення різноманітних конструкцій в промисловому, цивільному, транспортному та інших видах будівництва.

До горизонтально переміщуваних опалубок відносяться *котюча* та *тунельна (об'ємно-переставна)*. Це опалубні форми, що складаються зі щитів (як прямолінійного, так і криволінійного контуру), закріплених на просторовому каркасі, та механічними пристроями відривання, опускання чи стулювання. Вони встановлені на катках (роликах) або візках, що переміщуються по колії за допомогою лебідок уздовж споруди, що зводиться. Призначені для бетонування горизонтально протяжних об'єктів, а також об'єктів замкнутого перерізу з великим периметром.

*Котючу* опалубку застосовують для бетонування відносно довгих лінійних споруд постійного перерізу по довжині (тунелів, циліндричних склепінь, траншейних складів, протяжних підпірних стінових конструкцій, колекторів для підземних споруд і комунікацій тощо). Бетонування конструкцій у котючій опалубці виконують ділянками. Після закінчення бетонування на ділянці опалубку переводять у транспортне положення і переміщують на суміжну ділянку.

Головний сенс котючої опалубки — у безперервності бетонування (допустимі незначні перерви). Можливі два варіанти технології: безперервне ковзання опалубних щитів по поверхні конструкції, що зводиться, і послідовна

перестановка щитів з попереднім їх відривом від бетону на попередній хватці.

Сучасні типи опалубок дозволяють піднімати щити по вертикалі для поперукного бетонування, регулювати ухил бетонованих поверхонь.

Залежно від типу і об'ємно-планувального рішення котюча опалубка може мати свої технологічні особливості.

**Котюча опалубка для тунелів прямокутного перерізу, що зводяться відкритим способом,** складається з внутрішньої і зовнішньої частин (рис. 5.3). Нижня, внутрішня частина складається з візка з жорсткою рамою, з закріпленими на ній підйомними пристроями - домкратами; телескопічними стійками, що несуть щити опалубки. Верхній щит складається з двох частин та шарнірно закріплений на середній стійці. Вертикальні щити сполучені з горизонтальними також на шарнірах. Верхні щити встановлюють у робоче положення і розпалублюють обертанням гвинтових домкратів, розташованих на середніх стійках. На візку також є горизонтальні домкрати, що дозволяють встановлювати в проектне положення внутрішні бічні щити опалубки. Секції опалубки пересуваються лебідкою.

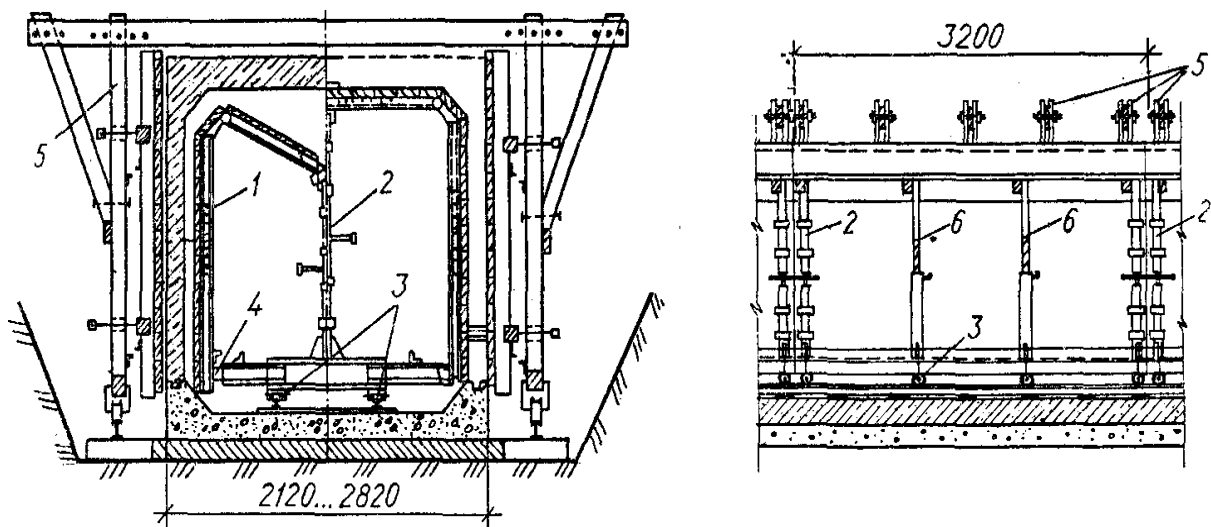


Рис. 5.3. -Котюча опалубка для бетонування тунелів прямокутного перерізу, що зводяться відкритим способом:

1— бічна стійка; 2 — середні стійки (з домкратом); 3 — ролики; 4 — нижній розсувний ригель; 5 — рами зовнішньої опалубки; 6 — середні телескопічні стійки

Зовнішня опалубка складається з двох бічних рам, сполучених шарнірно; вони можуть обертатися при установці в робоче положення і при розпалубленні. Вона може переміщатися по рейках або переставлятися краном.

При розпалубці горизонтальний щит як би переламується і при опусканні вниз тягне за собою вертикальні щити. В даному випадку процес бетонування стін і перекриття споруди поєднаний.

Технологія робіт для облаштування тунелів, каналів і інших подібних споруд роздільна, тобто: бетонують днище; монтують на ньому рейки, візок з опалубкою; бетонують стіни і перекриття або бетонують тільки стіни; перекривають стіни збірними плитами (при необхідності).

Як вказувалося вище, залежно від конструкції опалубки процес бетонування стін і перекриття об'єкту може бути поєднаний.

**Котюча опалубка для бетонування підпірних стін.** Існує різновид котючої опалубки, призначений для бетонування високих і протяжних стін, зокрема, підпірних (рис. 5.4). Щити опалубки мають довжину до 8 м та закріплені на порталі, що переміщується. Портал дозволяє мати товщину стін до 800 мм. Щити можна переміщати вгору по напрямних порталу для перестановки на наступний ярус бетонування. Щити опалубки відривають від бетону і переміщають горизонтально за допомогою домкратів, а піднімають і опускають за допомогою тросів.

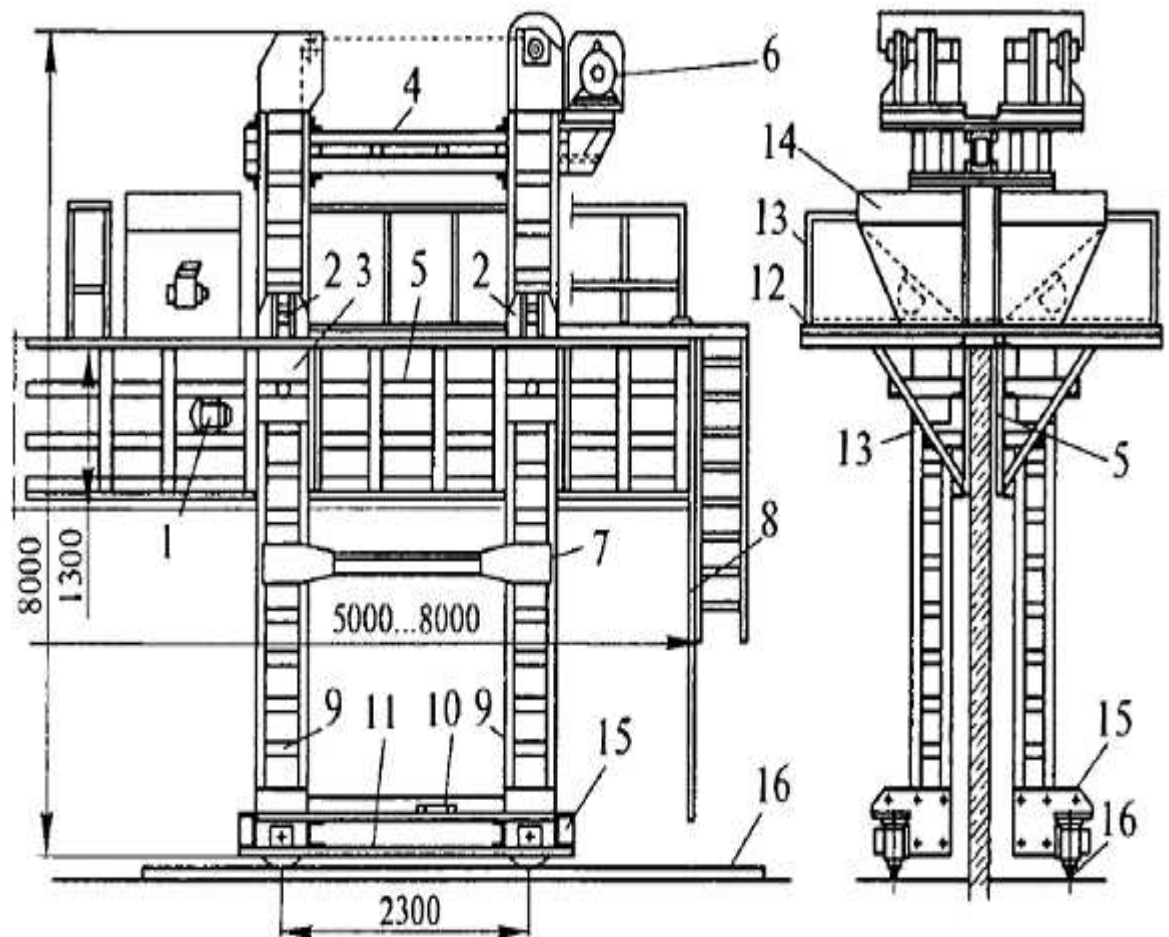


Рис. 5.4.- Котюча опалубка для бетонування підпірних стін:

1 — вібратор; 2 — фіксатори; 3 — повзуни; 4 — з'єднувальна балка; 5 — щит опалубки; 6 — лебідка підйому щитів; 7 — монтажний пристрій; 8 — драбина; 9 — стояк котючої опалубки; 10 — електричний привод; 11 — візок; 12 — робочий настил; 13 — огороження настилу; 14 — бункер для бетонної суміші з вібратором; 15 — візок горизонтального переміщення на котках; 16 — рейкова колія

*Котюча опалубка для бетонування тунелів.* Для великих тунелів застосовують опалубку з складних металевих секцій (рис. 5.5).

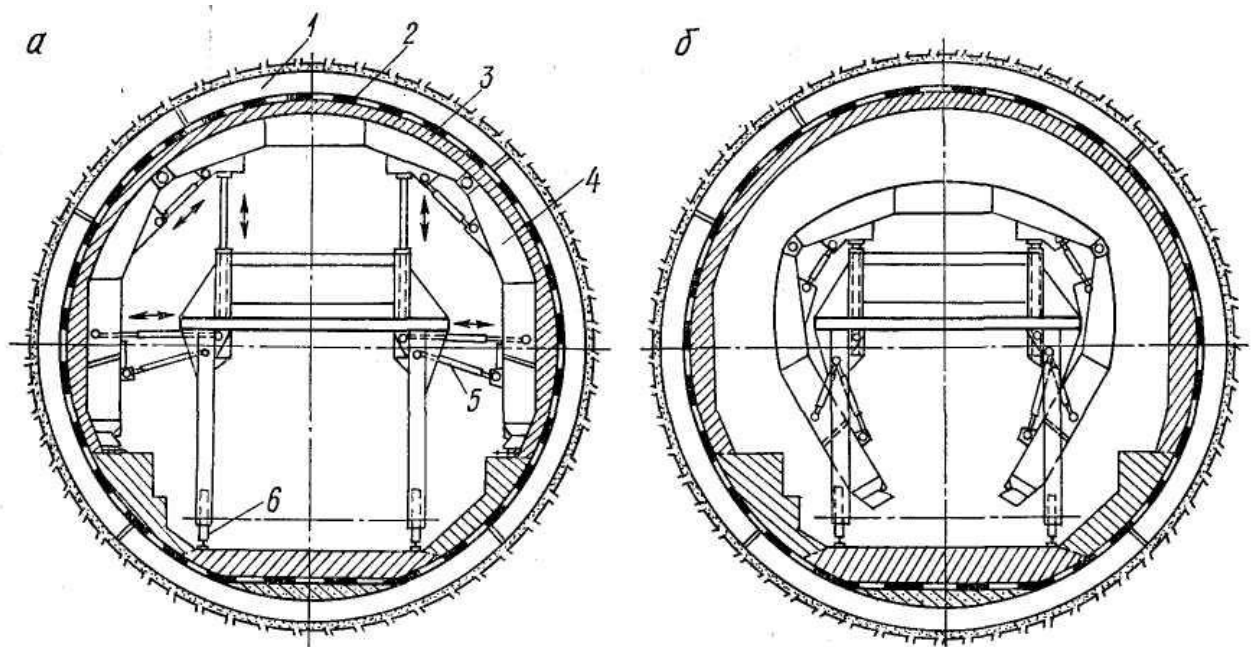


Рис. 5.5. Котюча опалубка для бетонування тунелів:

*a* — робочий стан; *б* — транспортний стан: 1 — залізобетонні тюбінги (елементи збірного кріплення підземних вироблень); 2 — ізоляція; 3 — стіна, що бетонується; 4 — конструкція опалубки; 5 — гідроциліндри; 6 — візки

**Тунельна (об'ємно-переставна) опалубка** застосовується для одночасного бетонування внутрішніх несівних поперечних і міжповерхових перекриттів багатоповерхових житлових і адміністративних будівель (рис. 5.6 та 5.7). Переважно застосовують при необхідності зведення великої кількості однакових приміщень: санаторії, бази відпочинку тощо. Фасадні стіни виконують зі збірних елементів або заповнюють цегляною кладкою.

Опалубка є великорозмірним опалубним блоком, що включає опалубку стін і перекриттів, який монтують і переставляють за допомогою крану. Ця опалубка виконується у вигляді просторової секції П - образної форми або двох секцій Г - образної форми ( в результаті виходить П - образна форма). Ці поверхні утворюють майбутні стіни і перекриття.

Бічні (стінні) і стельові панелі шарнірно сполучені між собою. Секції при з'єднанні утворюють «тунелі» опалубки на квартиру або на усю ширину будівлі.

Уздовж «тунелю» опалубка переміщається на котючих опорах, а на нову «тунельну позицію» (наступний поперечний ряд) переставляється краном.

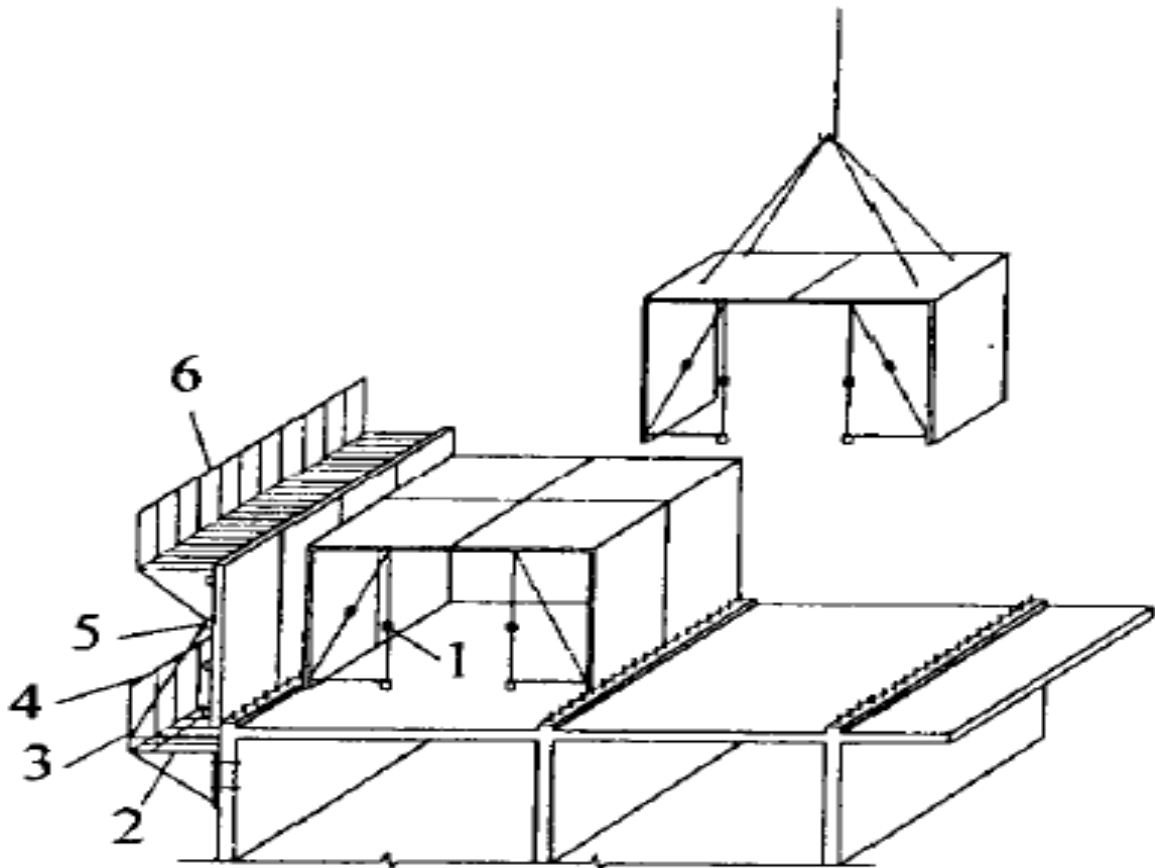


Рис. 5.6. - Схема установлення щитів об'ємно-переставної опалубки:

1 — механічні домкрати; 2 — консольні риштування; 3 — телескопічні похилі стояки для кріплення щитів; 4, 6 — огорожа; 5 — торцевий щит опалубки

Колії (інвентарні зі швелерів) прокладаються уздовж бетонуваних стін. Після установки тунелю на всю довжину приступають до установки просторових каркасів армування стін на висоту поверху. Каркаси подають краном і сполучають з випусками арматури нижнього поверху. Потім встановлюють торцевий бічний щит. На поверхню тунелю укладають арматурні каркаси перекриття, які зв'язують з каркасом стін. Бетонну суміш укладають між тунелями опалубки (встановлених паралельно один одному).

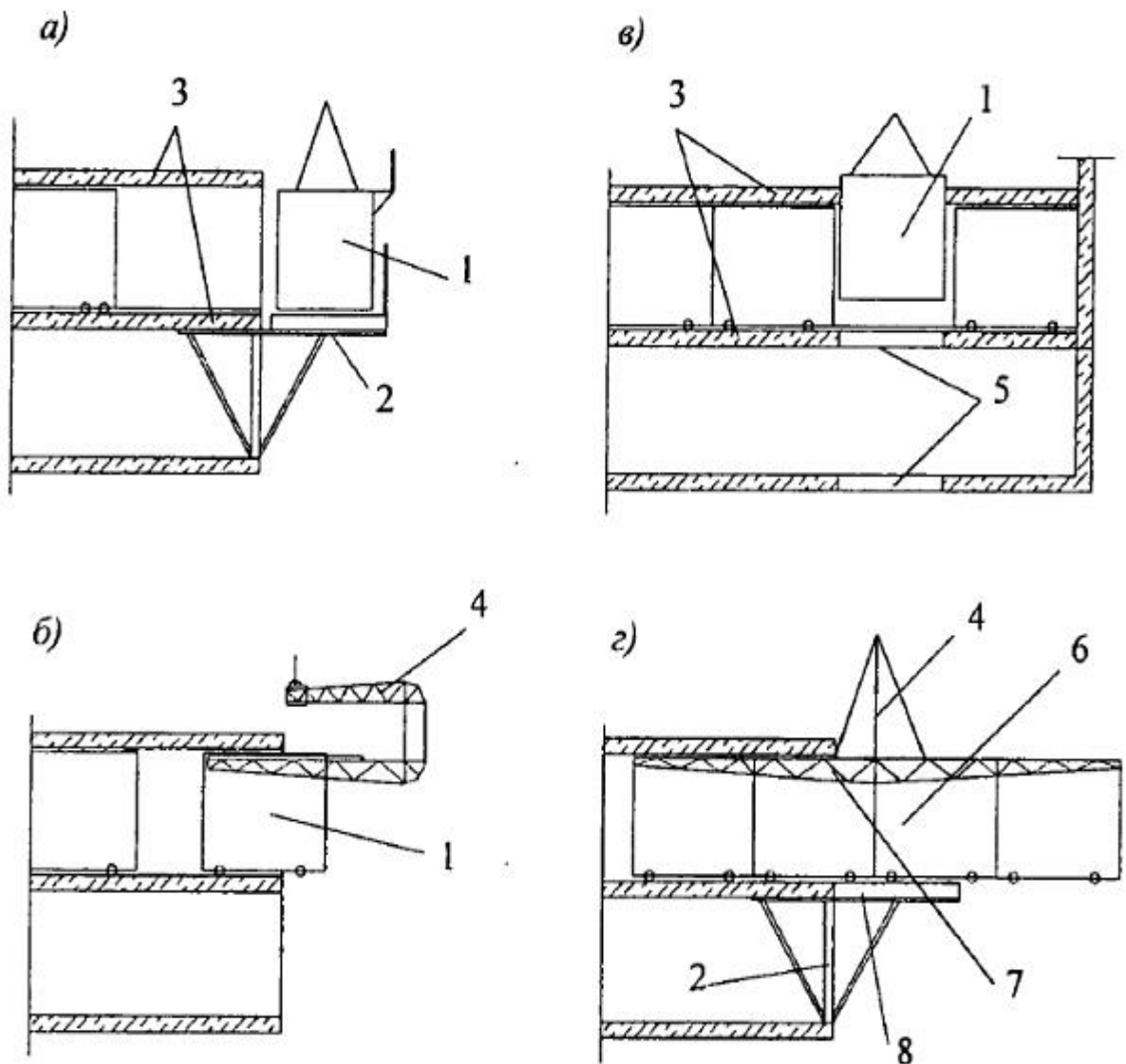


Рис. 5.7. - Схема демонтажу об'ємно-переставної опалубки:

*а* — дрібними секціями через виносні консольні риштування; *б* — при допомозі траверси «качиний ніс»; *в* — через отвори в перекриттях; *г* — великими блоками за допомогою розподільної ферми та риштувань з відкидною огорожею; *1* — секція опалубки; *2* — виносні риштування; *3* — перекриття; *4* — траверса; *5* — отвори в перекриттях; *6* — великорозмірний блок; *7* — траверса — розподільна ферма; *8* — відкидна огорожа

Технологія бетонування із застосуванням цієї опалубки наступна: бетонують міжпалубні простори стін (простори між двома тунелями);

бетонують перекриття; після досягнутої бетоном необхідної міцності вертикальні елементи опалубки зміщуються всередину, а горизонтальні опускаються; опалубка переставляється на наступну ділянку бетонування без розбирання (рис. 5.7).

Переставляють опалубку на наступний ярус краном двома способами: або витягають опалубку через відкриті фасади, спочатку викотивши її на спеціальні виносні консольні риштування, або через спеціально залишені при бетонуванні технологічні отвори в перекриттях (рис.5.7,*а,в,г*). Також можлива перестановка опалубки з обріза стіни при допомозі траверси «качиний ніс» (рис.5.7, *б*).

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Як поділяються бетонні та залізобетонні конструкції за способами виконання робіт?
2. Назвіть складові комплексного процесу зведення монолітних залізобетонних конструкцій.
3. Який процес у багатьох випадках є ведучим?
4. Який процент від загальної трудомісткості виконання залізобетонних робіт припадає на влаштування опалубки?
5. Який процент від загальної трудомісткості виконання залізобетонних робіт припадає на армування конструкцій?
6. Який процент від загальної трудомісткості виконання залізобетонних робіт припадає на бетонування?
7. Яке призначення опалубки?
8. Які елементи входять до складу опалубки?
9. Які вимоги ставляться до опалубки?
10. Дайте визначення терміну «оборотність» опалубки.
11. Які конструкції опалубки називаються уніфікованими?
12. Які навантаження враховують при розрахунках вертикальної опалубки?
13. Які навантаження враховують при розрахунках горизонтальної

опалубки?

14. За якими ознаками розрізняють види опалубки?
15. Коли застосовують індивідуальну опалубку?
16. Коли застосовують незнімну опалубку?
17. З яких матеріалів виготовляють опалубку?
18. Як оборотність опалубки залежить від виду матеріалу?
19. Як розрізняють опалубку за конструктивними особливостями?
20. Яка маса дрібнощитової опалубки?
21. Який основний елемент великощитової опалубки?
22. Назвіть основні види розбірно-переставної опалубки.
23. Коли застосовують розбірно-переставну опалубку?
24. Які опалубки відносяться до горизонтально переміщуваних?
25. Які опалубки відносяться до вертикально переміщуваних?
26. Коли застосовують котючу опалубку?
27. Які основні елементи котючої опалубки?
28. Коли застосовують об'ємно-переставну опалубку?
29. Які основні елементи об'ємно-переставної опалубки?
30. Яка технологія бетонування при застосуванні об'ємно-переставної

опалубки?

31. Якими способами переставляють об'ємно-переставну опалубку на наступний ярус?

## ЛЕКЦІЯ 6

### Тема 1. Види опалубки (продовження)

### Тема 2. Арматурні роботи

#### 6.1. Види опалубки (продовження)

До *вертикально переміщуваних опалубок* відносяться *підйомно-переставна, ковзна, блокова, блок-форма*.

*Підйомно-переставну опалубку* (рис. 6.1) застосовують для поярусного бетонування висотних споруд переважно змінного перерізу по висоті (димарів, веж, силосних споруд, градирень тощо). Опалубка для бетонування споруд конічної форми складається з трапецієподібних щитів, які утворюють зовнішню та внутрішні оболонки. Оболонки прикріплюють до системи фіксувальних та напрямних конструкцій, яка підвішується до підйомного механізму, встановленого в центрі будівлі. Бетонування споруди виконують поярусно. Після досягнення бетоном потрібної міцності опалубку переставляють на наступний ярус, регулюючи її при цьому в радіальному напрямку.

При зведенні стволів труб в підйомно-переставній опалубці проект передбачає розбиття споруди на яруси (секції), зазвичай заввишки 2,5 м. Висоті ярусу технологічно і конструктивно підпорядковані інші інженерні рішення: розміри щитів опалубки, стійок підйомника, арматурних стержнів каркаса.

Основне устаткування для зведення подібних споруд - це встановлюваний усередині них інвентарний шахтний підйомник для підйому опалубки, подавання арматури і бетонної суміші, а також підйому робітників. Для цього у багатошахтній вежі шахтопідйомника розміщені вантажна кліть і пасажирський ліфт. На конструкції підйомника спирається і переміщається вгору підйомна голівка, що складається з робочого настила, опалубки, підвісних лісів (зовнішніх і внутрішніх), огорожі.

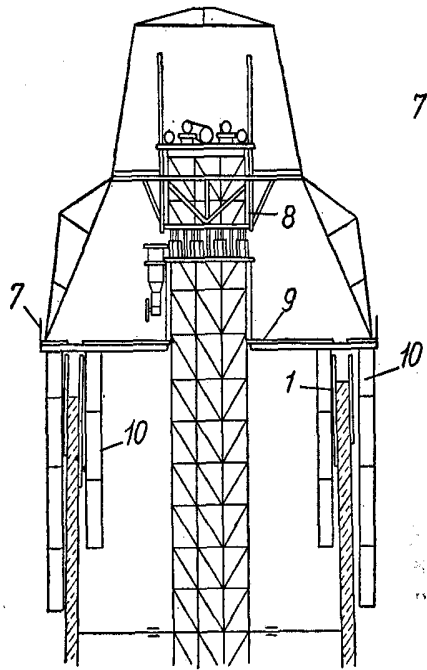


Рис. 6.1. - Підйомно-переставна опалубка:

1 – щити опалубки; 7 – огорожа; 8 – підйомник; 9 – робочий настил;  
10 – підвісні ліси

Зовнішню і внутрішню опалубку для бетонування споруд конічної форми збирають із сталевих трапецієподібних щитів (панелей), які утворюють кільцеву форму-оболонку. Щити трапецієвидного контуру надають формі необхідну конусність. Форма-оболонка прикріплюється до радіальних напрямних, а вони у свою чергу - до кільцевої рами (з діаметром, що змінюється), підвішеної на петлях до шахтного підйомника.

Панелі зовнішньої оболонки із сталевих листів, що обрамлені металевими кутниками, жорстко скріплюють між собою зверху спеціальною накладкою, а по бічних торцях - болтами. Збільшення або зменшення розміру нахльостування щитів змінює діаметр бетонованої споруди. Панелі внутрішньої оболонки удвічі менше по висоті і навішуються у два яруси.

Після кожного циклу зведення конструкції на висоту ярусу (2,5 м) і досягнення бетоном необхідної міцності проводять нарощування шахтного

підйомника. Після цього переміщують вгору підйомну голівку разом з опалубкою. При цьому регулюють опалубку в радіальному напрямі.

Технологія бетонування із застосуванням цієї опалубки наступна: бетонування ведеться по ярусах, тобто після установки опалубки першого ярусу виконується монтаж арматури, укладається і ущільнюється бетон; після досягнення бетоном необхідної міцності щити опалубки відділяються (відриваються) від бетону, уся конструкція піднімається на другий ярус. Робиться установка щитів на наступний ярус.

Приклад: при висоті споруди 82 м тривалість його зведення в підйомно-переставній опалубці складає 180 діб.

**Ковзна опалубка** (рис. 6.2) відрізняється від інших тим, що при переміщенні по висоті вона не відділяється від конструкції, яку бетонують, а ковзає по її поверхні за допомогою підйомних пристроїв. Таку опалубку застосовують для бетонування висотних будинків і споруд з незмінною за висотою формою плану (ядра жорсткості будівель, силосні башти, елеватори, багатопверхові будівлі тощо). Ця технологія дозволяє відмовитися від швів бетонування і тим самим підвищити довговічність споруди

Ковзна опалубка складається з опалубних щитів, підвішених до П-подібних домкратних рам, домкратів, робочого настилу та підвісних риштувань. Опалубні щити звичайно 1,1-1,2 м заввишки, виготовлені з металу, встановлюють по зовнішньому і внутрішньому контурах споруди, яку бетонують. Для зменшення зусиль тертя при підйомі опалубки щитам надають конусності від  $1/500$  до  $1/200$  висоти щита розширенням донизу, що зменшує можливість обривання бетону. При зведенні споруди опалубку піднімають за допомогою синхронно працюючих домкратів ( один пульт управління), які спираються на опорні домкратні стрижні. Домкратні стрижні — основні несівні елементи опалубки, їх виготовляють із сталі діаметром 25-32 мм і розміщують вертикально в каналах (захисних трубках) стіни конструкції, що бетонується, на відстані 1,5-2 м один від одного. Захисні трубки дозволяють витягнути стрижні по закінченню бетонування.

Під час піднімання опалубки домкратні стрижні нарощують. Стержні внизу кріплять за допомогою електрозварювання до арматурних випусків з фундаменту споруди. Стержні нарощують по висоті; стик виконується на різьбленні. У нижньому стержні є виточка з внутрішнім різьбленням. У верхньому стержні - хвостовик із зовнішнім різьбленням. Доцільно, щоб стики сусідніх стержнів були на різному рівні. Піднімаючись по стрижнях домкрати захоплюють за собою опалубку. Для приводу гідравлічних домкратів застосовують насосні станції з автоматичним і напівавтоматичним управлінням.

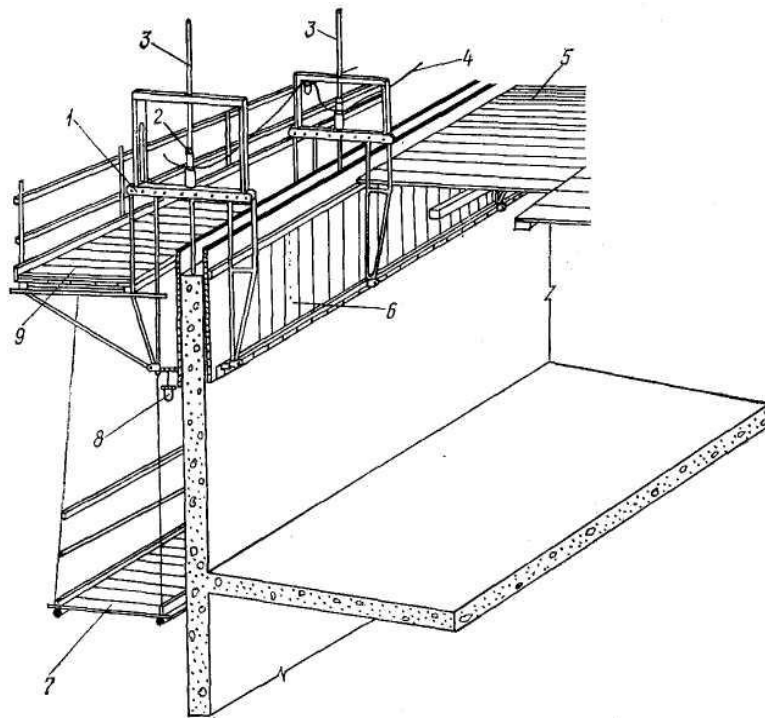


Рис. 6.2. - Ковзна опалубка:

1—рама домкрату; 2 — гідравлічний домкрат; 3 — стрижень домкрату; 4 — маслопровід; 5 — робочий настил; 6 — щити опалубки; 7 — підвісні зовнішні риштування; 8 — світильник; 9 — зовнішній робочий настил

Технологія бетонування із застосуванням цієї опалубки наступна: встановлюють стрижні домкратів і рами; збирають щити опалубки по усьому внутрішньому периметру; збирають щити опалубки по усьому периметру зовні; утворюють невелику конусність; прикріплюють щити до рам домкратів; встановлюють арматуру; встановлюють домкрати; монтують робочий настил, підвісні риштування; бетонують циклічно ярусами; піднімають опалубку за допомогою гідравлічних домкратів.

Застосування ковзної опалубки дозволяє істотно скоротити загальну тривалість зведення об'єктів у порівнянні з використанням підйомно-переставної опалубки у випадку будівництві споруд постійного перерізу по висоті.

Швидкість бетонування в ковзній опалубці становить до 3 м на добу, а виробіток на одного робітника в день — 1-1,2 м<sup>3</sup> бетону.

**Блокова опалубка** монтується з окремих блоків з проміжками, рівними товщині стін, що зводяться. Внутрішній блок встановлюється цілком (рис. 6.3, в, г). В якості зовнішньої опалубки зазвичай застосовують великощитову опалубку.

Призначена для зведення одночасно трьох або чотирьох стін по контуру осередку будівлі без облаштування перекриття.

Доцільно застосовувати при бетонуванні чотиристінних (замкнутих) осередків з невеликим периметром, наприклад, шахт ліфтів.

Встановлюється блокова опалубка краном.

**Блок-форми.** Для бетонування фундаментів під колони використовують **блок-форми**: жорсткі нерознімні для невеликих за об'ємом фундаментів (4-8 м<sup>3</sup>, до 2 м заввишки), і рознімні для фундаментів більших розмірів (до 12 м<sup>3</sup>, 6 м заввишки). Елементи опалубки мають невелику конусність для полегшення знімання опалубки (рис. 6.3, а, б). Застосування такої жорсткої металеві опалубки ефективно при бетонуванні однотипних фундаментів від 30 штук. Встановлюється краном.

При бетонуванні різнотипних фундаментів раціонально використовувати **універсальні блок-форми**, зібрані з набору уніфікованих елементів, які можна монтувати та з'єднувати у різних сполученнях (рис. 6.4).

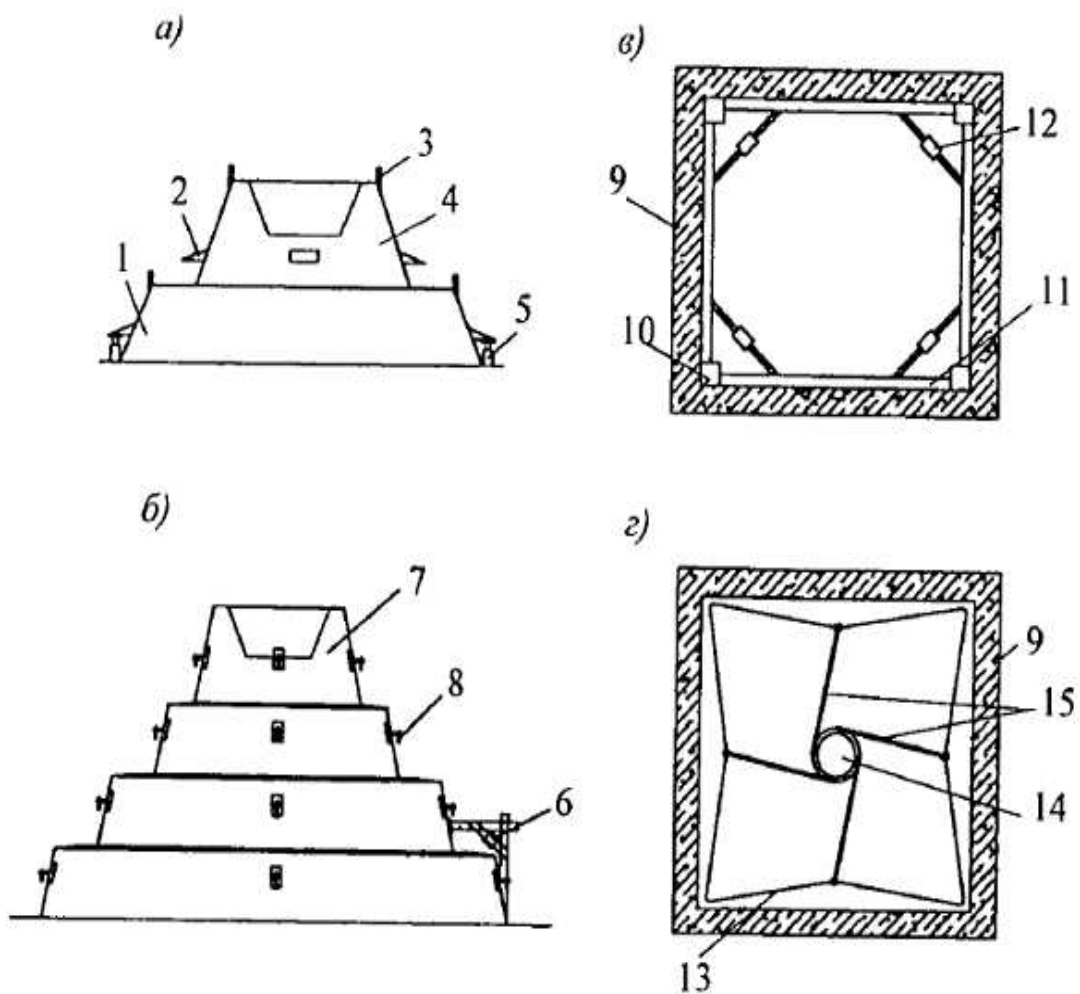


Рис. 6.3. - Блок-форми та блочні опалубки:

*а*—нероз'ємні блок-форми фундаментів; *б* — роз'ємні блок-форми фундаментів; *в*— великоблокова опалубка з стяжними муфтами; *г*— великоблокова опалубка з гнучкими щитами; 1 — блок східців; 2 — кронштейн для обпирання домкрату (при відриві опалубки від бетону); 3 — монтажна петля; 4 — блок підколонника; 5 — домкрат; 6 — відривний пристрій; 7 — замок; 8 — блок-форма сторони фундаменту; 9— конструкція, що бетонується; 10 — елемент каркасу опалубки; 11 — щит опалубки; 12

— стяжна муфта; 13 — гнучкий щит опалубки; 14 — центральний поворотний стояк; 15 — тяги до щитів

Такі блок-форми можна розглядати як різновид розбірно-переставної опалубки.

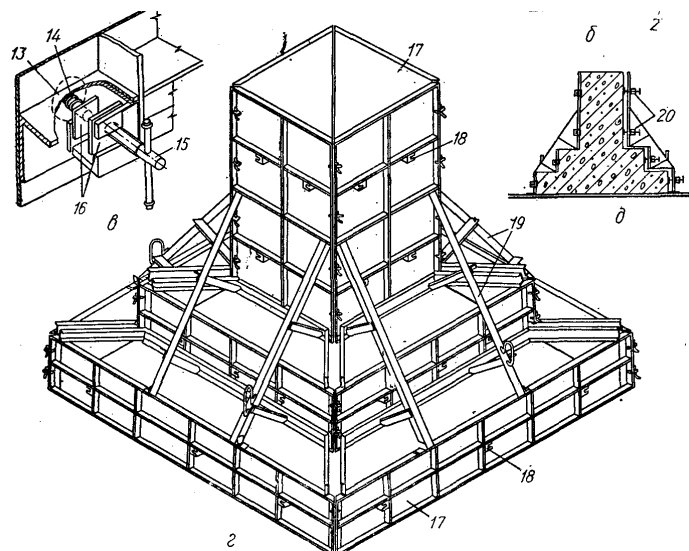


Рис. 6.4. - Складна блок-форма з елементів дрібнощитової уніфікованої опалубки: 13 — диск; 14 — пружина; 15 — гвинт; 16 — гайки; 17 — панелі опалубки; 18 — гнізда для віджимних гвинтів; 19 — підкоси; 20 — віджимні пристрої

До *спеціальних видів* опалубки відносяться *пневматична, незнімна, нагрівальна (термоактивна)*.

*Пневматичну (надувну) опалубку* (рис. 6.5, е) застосовують в основному для бетонування купольних та склепінчастих покриттів із залізобетонних оболонок 30-100 мм завтовшки. Це виготовлена з синтетичної або прогумованої тканини чи армованої гуми гнучка оболонка, що розкrojена

по габаритам споруди. Пневматичну опалубку, згорнуту в ролон, доставляють до місця установки, розгортають і закріплюють на фундаменті споруди. В її порожнину нагнітають повітря під тиском 0,05 МПа, і вона набирає потрібної форми конструкції, що зводиться.

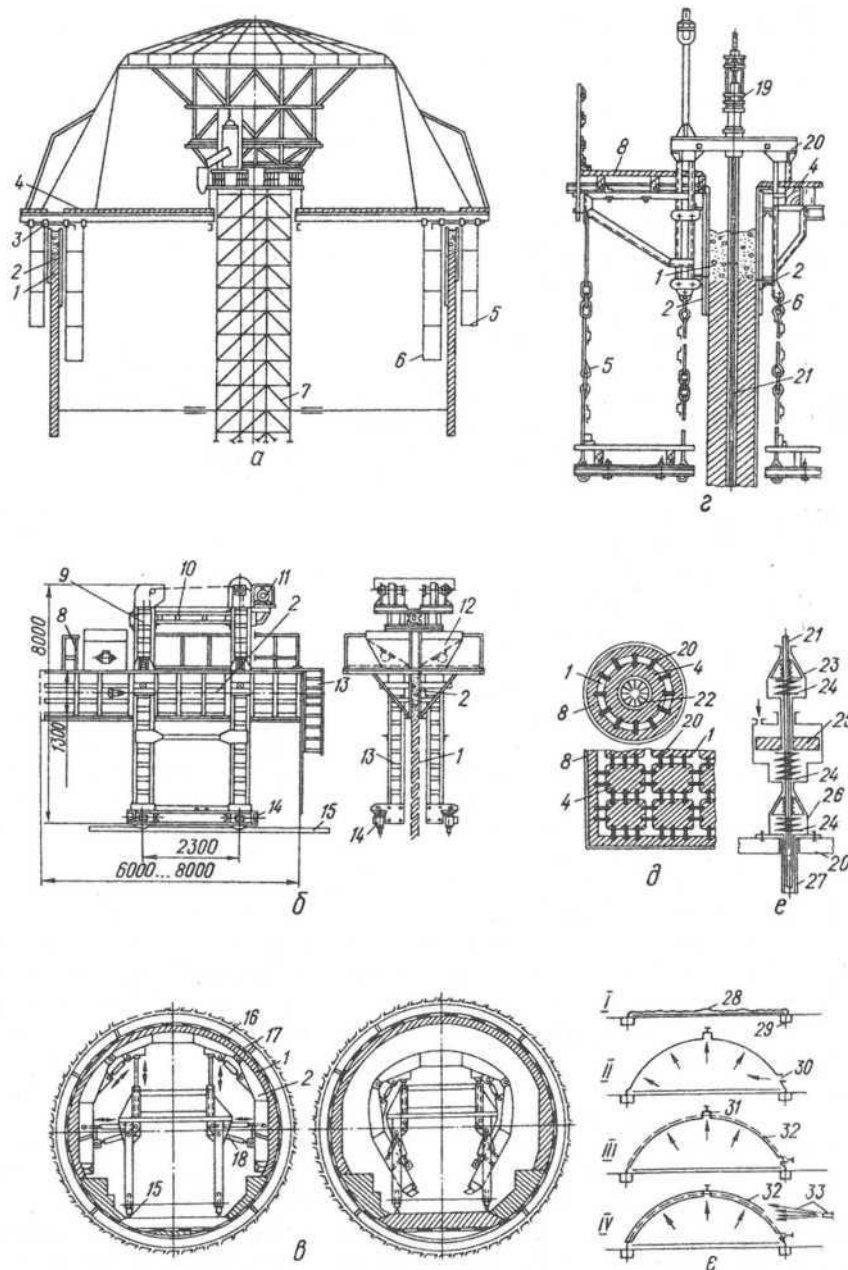


Рис. 6.5. - Підйомно-переставна, котюча, ковзна та пневматична опалубки: *a* — підйомно-переставна опалубка; *б* — горизонтально-переміщувана (котюча) опалубка для бетонування стін; *в* — те саме, тунелів; *г* — ковзна опалубка, розріз; *д* — те саме, розміщення в плані під час бетонування круглих та прямокутних споруд; *е* — схема гідравлічного

домкрата; *ε* — пневматична опалубка; 1 — стіна, що бетонується; 2 — щит опалубки; 3— механізм радіального переміщення; 4 — робочий настил; 5 — підвісні зовнішні риштування; 6 — те саме, внутрішні; 7 — підйомник; 8 — зовнішні риштування; 9 — напрямні стояки; 10 — з'єднувальна балка; 11 — лебідка вертикального приводу щитів опалубки; 12— вібробункер; 13 — драбина; 14 — привід горизонтального переміщення; 15 — рейкова колія; 16 — тубінги; 17 — гідроізоляція; 18 — гідроциліндр; 19 — гідравлічний домкрат; 20 — домкратна рама; 21 — домкратний стрижень; 22 — отвір для вертикальних комунікацій; 23 — верхній затискний пристрій; 24 — пружина; 25 — поршень; 26 — нижній затискний пристрій; 27 — захисна трубка; 28 — оболонка пневматичної опалубки; 29 — фундамент; 30— клапан для впускання повітря; 31 — те саме, для випускання; 32 — арматура; 33 — набризкування бетонної суміші: I-IV — послідовність спорудження конструкції в пневматичній опалубці з набризкуванням бетонної суміші

По оболонці натягують джутову тканину (мішковину) з рідким плетінням, яка служить арматурою для першого шару бетону невеликої товщини. Коли перший шар твердне, по ньому укладають передбачену проектом арматуру (дисперсне армування скловолокном або сітчасте армування) і бетонну суміш (набризк-бетон).

Бетонування виконують залежно від методу влаштування конструкцій як після, так і до піднімання опалубки. В останньому випадку бетонну суміш укладають на розстелену горизонтально оболонку опалубки, після чого в останню нагнітають повітря, створюючи потрібну форму конструкції. При досягненні бетоном потрібної міцності повітря з оболонки випускають, і опалубка відділяється від забетонованої конструкції.

**Незнімна опалубка.** Найбільш поширена в практиці сучасного будівництва незнімна опалубка із залізобетону, її застосовують при будівництві енергетичних, гідротехнічних, транспортних і промислових об'єктів, а також житлових будинків. Залізобетонні опалубні елементи

виготовляють різної форми — плоскі, ребристі, профільні, криволінійні та складної конфігурації (рис. 6.6, *а, б, е, ж, з, і*). При влаштуванні масивних фундаментів застосовують також як незнімну опалубку уніфіковані дірчасті бетонні блоки (рис.6.6, *г*).

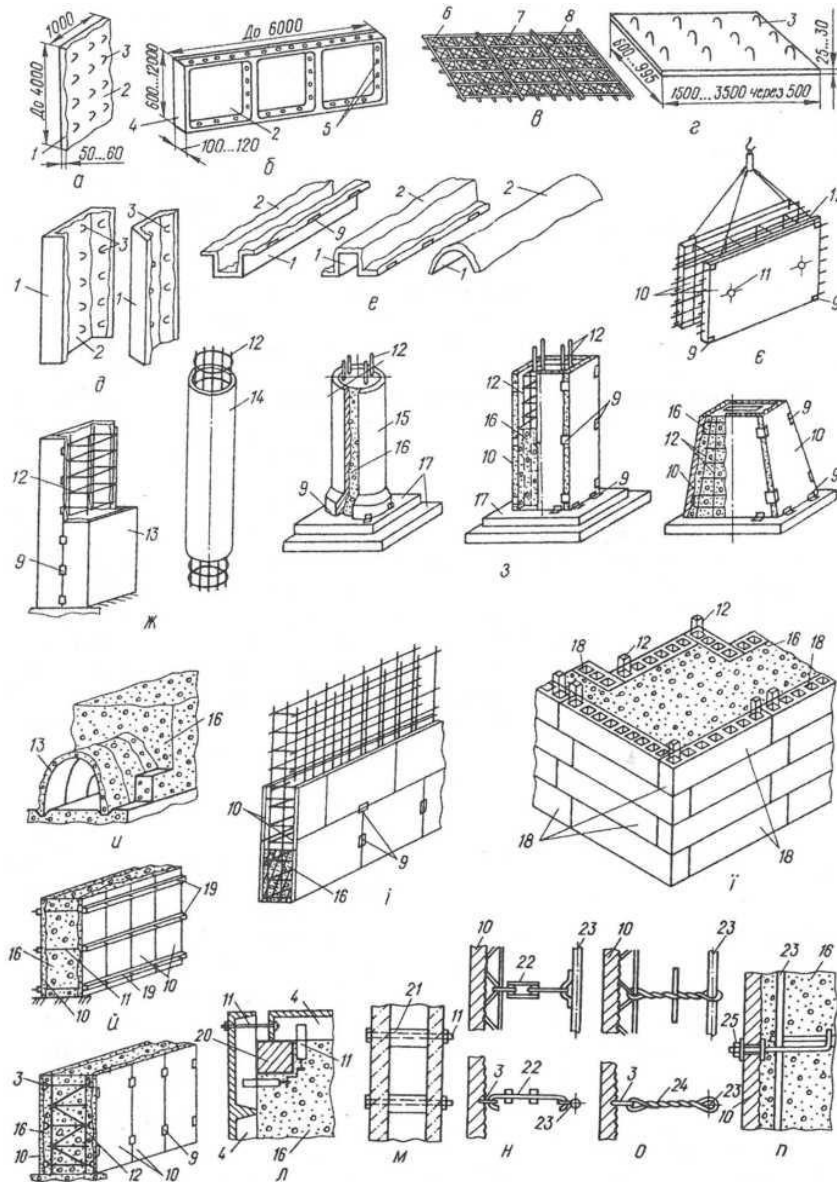


Рис. 6.6. Незнімна опалубка: *а, б* — залізобетонна плоска та ребриста опалубка; *в* - армопакет армоцементної опалубки; *г* - армоцементна опалубка; *д, е* - профільні елементи опалубки; *е* - арматурно- опалубний блок; *ж* - опалубка колон; *з* - опалубка фундаментів під колони; *и* - опалубка каналу в масивному фундаменті; *і* - опалубка стіни; *і* - опалубка масивного фундаменту під устаткування з уніфікованих дірчастих блоків; *й* - кріплення опалубки неармованих конструкцій із застосуванням інвентарного зовнішнього каркаса; *к*

- кріплення плит опалубки до арматури конструкції, що зводиться; *л* - кріплення ребристої опалубки малоармованої конструкції до допоміжного залізобетонного внутрішнього каркаса; *м* - кріплення плит опалубки стяжними болтами; *н, о, п* - кріплення опалубки до арматури конструкції за допомогою відповідно форкопфів, скруток, болтів; *1* - зовнішня поверхня опалубки; *2* — активна внутрішня поверхня опалубки; *3* — анкерна петля; *4* — ребриста плита опалубки; *5* — монтажні отвори; *6* — тканина сітка; *7* — зварна сітка; *8* — притискні прутки; *9* — закладні деталі; *10* — плоска плита опалубки; *11* — стяжний болт; *12* — арматурний каркас; *13* — профільний елемент опалубки; *14* — азбестоцементна труба-опалубка; *15* — залізобетонна труба-опалубка; *16* — укладена бетонна суміш; *17* — плита сходиць; *18* — уніфіковані дірчасті блоки; *19* — інвентарні сталеві схватки; *20* — додатковий залізобетонний каркас кріплення; *21* — розпірка; *22* — форкопф; *23* — стрижень армокаркаса; *24* — скрутка з дроту; *25* — болт з гайкою

Декоративну залізобетонну опалубку-облицювання виготовляють на основі білого чи кольорового цементу. При цьому особливу увагу приділяють якості лицьової поверхні плит, точності їхнього виготовлення і монтажу. Захисна опалубка-облицювання після зведення монолітної конструкції захищає її від впливу зовнішнього середовища. У цьому випадку залізобетонну опалубку виготовляють із спеціальних цементів, а опалубку-гідроізоляцію — з водонепроникного бетону. Плити опалубки-теплоізоляції виготовляють із керамзитобетону з фактурним шаром із цементного розчину. Таку опалубку використовують при зведенні багатопверхових монолітних житлових будинків.

Опалубні елементи з армоцементу виготовляють плоскі та профільні 25, 30, 35 мм завтовшки (рис. 6.6, *г, д*). Армоцементна опалубка проста у виготовленні, не потребує дефіцитних та дорогих матеріалів. Невелика маса плит полегшує транспортування і монтаж їх, а підвищені тріщиностійкість і водонепроникність дають змогу використовувати їх як гідроізоляцію.

Армоцементні плити, виготовлені на основі білого чи кольорового цементу, використовують як декоративну опалубку-облицювання при зведенні житлових та цивільних будівель. Незнімну армоцементну опалубку застосовують у промисловому та цивільному будівництві при спорудженні фундаментів, стін, підвалів, тунелів. Профільні армоцементні плити використовують у разі зведення великих колон, стовпів, пілястрів, балок, прогонів, ребристих перекриттів кесонного типу. Важливими позитивними якостями такої опалубки є економічність і невелика трудомісткість при виготовленні та монтажі.

Фібробетонну незнімну опалубку використовують у промисловому, цивільному та енергетичному будівництві. Такі опалубні елементи мають вигляд плоских чи профільних плит 20-30 мм завтовшки; їх виготовляють із високоміцного дрібнозернистого бетону, дисперсне армованого короткими (10-20 мм) металевими елементами (обрізом сталевих канатів, металевою стружкою), що дає змогу економити сталевий прокат, арматуру, сітку. Невелика маса плит полегшує їхнє транспортування і монтаж.

Склоцементні опалубні плити виготовляють 12-20 мм завтовшки із цементного розчину, дисперсне армованого рубаним скловолокном. Високі ізоляційні якості склоцементу дають змогу використовувати таку опалубку як опалубку-ізоляцію при зведенні підземних споруд, у тому числі в агресивному середовищі. Опалубку-облицювання виготовляють на основі білого чи кольорового цементу з гладкою чи рельєфною лицьовою поверхнею. Такою опалубкою опоряджують фасади та інтер'єри житлових та цивільних будівель. Склоцементна опалубка економічна, легка, її можна механічно обробляти (різанням, свердлінням тощо).

Металеву сітчасту опалубку виготовляють із сталевітканої сітки з чарунками 5 x 5 чи 8 x 8 мм із дроту діаметром 0,8-1 мм і закріплюють до арматури оцупками та прогонами. Така опалубка характеризується простотою та відносно невисокою трудомісткістю монтажу, її використовують для опалублення вертикальних поверхонь, які не

потребують високої якості, а також там, де ускладнене розпалублення (у робочих швах, вузьких каналах, штрабах).

При влаштуванні незнімної опалубки ефективно застосовувати армоопалубні блоки, що мають дві плоскі опалубні плити і армокаркас між ними (рис. 6.6, *ε*). При збиранні опалубки армованих конструкцій плоскі залізобетонні та армоцементні опалубні плити, що мають з боку активної поверхні петлі-випуски, кріплять до армокаркасу конструкції скрутками чи тяжами (рис. 6.6, *к, н, о*). Плити, що не мають випусків, кріплять за допомогою болтів (рис. 6.6, *п*) чи тяжів, які пропускають через отвори в плиті і приварюють до армокаркасу. Місця встановлення скруток чи тяжів улаштовують у вузлах армокаркасу, що забезпечує більшу жорсткість і стійкість опалубної форми. При зведенні малоармованих чи неармованих монолітних конструкцій незнімну опалубку збирають за допомогою спеціального каркасу із збірних залізобетонних елементів, що улаштовують всередині монолітної конструкції (рис. 6.6, *п*), чи інвентарного багатократно застосовуваного каркасу з металу, який встановлюють зовні конструкції (рис. 6.6, *й*).

Залежно від умов робіт шви між щитами ущільнюють обмазуванням, чеканенням, набризком чи іншими методами до чи після укладання бетонної суміші. У деяких випадках, наприклад, при влаштуванні конструкцій у сухих ґрунтах, достатньо ущільнення, що виникає під час бетонування унаслідок проникнення цементного розчину в порожнину шва. Після бетонування та набрання бетоном потрібної міцності зрізують автогеном усі елементи кріплень, що виступають на поверхні конструкції.

**Нагрівальна (термоактивна) опалубка** використовується переважно при контактному обігріванні бетону під час виконання бетонних робіт у зимових умовах (рис. 6.7). За цим методом теплота передається контактним способом від поверхні опалубки до поверхні бетону конструкції. Термоактивні опалубки мають у своєму складі нагрівальні елементи, що встановлені із зовнішнього боку опалубки: нагрівальні проводи та кабелі, сітчасті нагрівники,

трубчасті електронагрівальні елементи (ТЕНи) тощо. Із зовнішнього боку нагрівальні елементи теплоізолюють. На термоактивну опалубку подається електричний струм напругою 40-127 і 220 В. Ті частини конструкції, які не перекриті термоактивною опалубкою, покривають гнучкими термоактивними матами (рис. 6.7, з) чи гнучким теплоізоляційним покриттям із склотканини й скловати. Для цього також застосовують дощаті щити з додатковим утепленням.

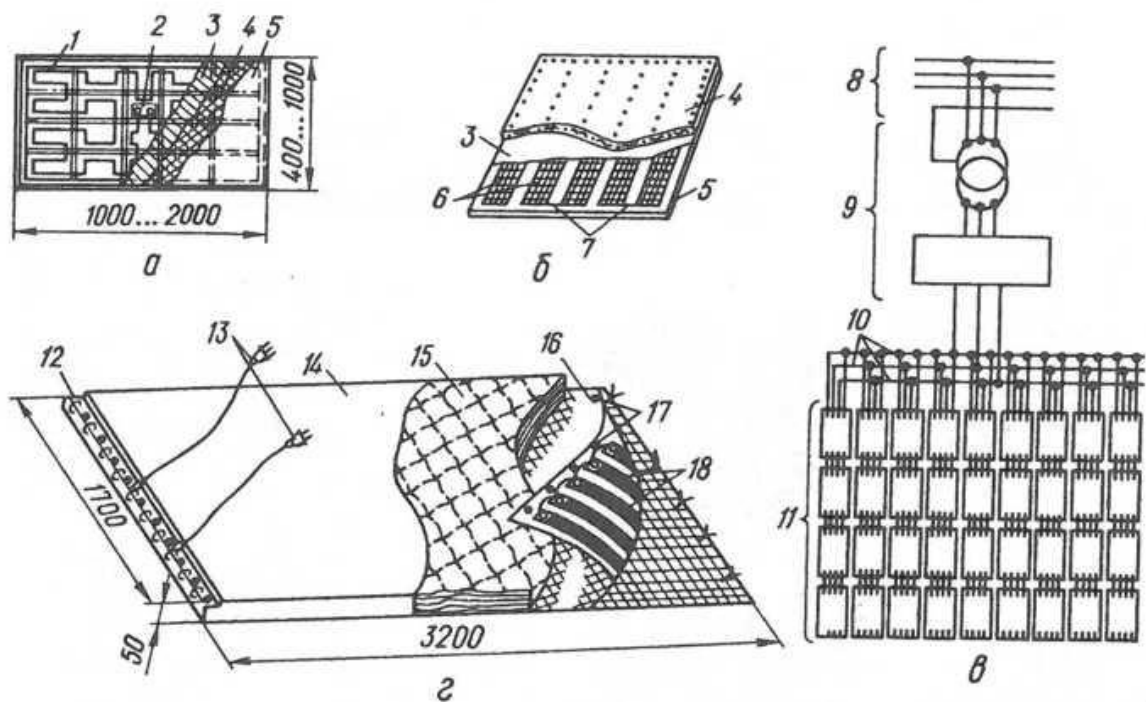


Рис. 6.7. Конструкції термоопалубки і термоактивного гнучкого покриття: *а* — панель опалубки з нагрівальним кабелем; *б* — те саме, із сітчастим нагрівником; *в* — схема розташування панелей; *г* — термоактивний мат; 1 — кабель; 2 — клемна колодка; 3 — листи азбесту; 4 — мінеральна вата; 5 — лист фанери; 6 — сітчасті нагрівники; 7 — розвідні шини; 8 — електромережа з напругою 380 В; 9 — знижувальний трансформатор; 10 — шини; 11 — нагрівальні елементи; 12 — притискні планки; 13 — рознімання; 14 —

захисний чохол; 15 — теплоізоляція; 16 — склотканина; 17 — отвори для кріплення теплоізоляції; 18 — вуглецеві стрічкові нагрівники

У нагрівальну опалубку можуть бути переустаткована будь-яка інвентарна опалубка з палубою з металу чи фанери.

### **6.1.1. Технологія опалубних робіт.**

Опалубні роботи виконують згідно з вимогами будівельних норм і правил та технологічних карт, що входять до складу проекту виконання робіт на зведення монолітних конструкцій.

Технологічні карти на виконання опалубних робіт вміщують: схеми організації опалубних робіт, пов'язані з іншими паралельно виконуваними видами робіт; маркірувальні креслення опалубки та робочі креслення конструкцій підтримувальних риштувань; специфікацію елементів опалубки та риштувань; послідовність установа і розбирання елементів опалубки; виконання окремих операцій монтажу підтримувальних і несівних елементів опалубки; калькуляцію витрат матеріалів і праці; технологічні розрахунки термінів і графік виконання робіт; правила з техніки безпеки.

Схема організації робіт має передбачати виконання опалубних робіт на захватках, напрям руху комплектів опалубки, ланок та бригад, місця складання опалубки, майданчики для укрупнення опалубки в панелі чи блоки.

На маркірувальному кресленні схематично показують опалублену поверхню конструкції з елементами опалубки, позначеними номерами-марками, місця встановлення добірних елементів, їхній матеріал та загальний об'єм.

Опалубні роботи виконують спеціалізованими ланками, організованими на основі операційно-розчленованого принципу. Кількісний склад ланок і бригад визначають за обсягами робіт та термінами виконання їх.

Перед установа опалубки розмічають осі конструкцій — наносять фарбою позначки на її основу та нижню частину щитів. При влаштуванні фундаментів осі позначають на попередньо забитих по контуру підосви фундаменту дерев'яних кілках.

На майданчиках укрупнення збирають панелі, форми чи арматурно-опалубні блоки, в яких разом з опалубкою встановлюють та закріплюють арматуру монолітної конструкції. Елементи багаторазово застосовуваної опалубки слід обчистити від залишків бетонної суміші; поверхню треба змастити спеціальними мастилами, які забезпечують зниження чи повну відсутність зчеплення бетону з опалубкою і тим самим полегшують наступне розпалублення конструкції.

За принципом дії такі мастила поділяють на плівкоутворювальні мастила, уповільнювачі тужавлення і комбіновані.

При застосуванні плівкоутворювальних мастил на формувальних поверхнях опалубки утворюється тонка мінеральна плівка, що запобігає прилипанню бетону до опалубки. До складу такого мастила входять петролатум (0,3-0,5 ваг. ч.), вапно-кипілка (1 ваг. ч.), вода (2-2,5 ваг. ч.) та рідке скло (0,4-0,45 ваг. ч.).

Гідрофобізуючі мастила (солідольне, петролатумно-гасове, масляне — на основі відпрацьованих машинних масел, емульсій) при нанесенні на опалубку утворюють гідрофобну, тобто незмочувану, плівку. Ці мастила мають найбільше поширення.

Мастила — уповільнювачі тужавлення — забезпечують низьку міцність шару бетону, що прилягає до опалубки. При розпалубленні відривання опалубки частково проходить по контактній зоні, частково по слабкому шару бетону. Надалі поверхневі шари бетону набирають проектної міцності, якість бетону не знижується.

Найбільш ефективними є комбіновані мастила, до складу яких входять гідрофобізуючі речовини, уповільнювачі тужавлення та пластифікатори, що знижують поверхневу пористість і поліпшують якість бетону.

Установлюють опалубку в проектне положення так, щоб осі, нанесені на основі й опалубці, збіглися. Надалі відтяжками забезпечують вертикальність, потім закріплюють форму. На внутрішній поверхні опалубки наносять позначки рівня бетонування.

Установлена опалубка до початку бетонування має бути прийнята майстром. При цьому перевіряють: відповідність геометричних розмірів і позначок рівня проектним; правильність її положення відносно осей конструкції; цільність стиків і сполучень елементів опалубки; правильність установлення риштувань, підтримувальних елементів, елементів кріплення. Відхилення розмірів установленної опалубки не повинно перевищувати нормативні та проектні.

Під час бетонування за опалубкою безперервно наглядають і виявлені недопустимі деформації відразу виправляють.

### **6.1.2. Загальні правила вибору виду опалубки.**

Вибирають опалубку з урахуванням її відповідності конструкціям, що зводяться, й економічної ефективності. При цьому пріоритет віддають технологічним чинникам, тому що вони визначають можливість застосування опалубки й умови забезпечення якості конструкції. Від технологічної відповідності опалубки споруджуваним конструкціям залежить також швидкість бетонування, що значно впливає і на економічну ефективність використання опалубки.

## **6.2. Арматурні роботи**

### **6.2.1. Види арматури.**

*Арматура* – це сталеві круглі стрижні, прокатні профілі, дріт, вироби з них (рис. 6.8) чи неметалеві вироби – склопластиковий дріт, рубане скловолокно для дисперсного армування чи інші матеріали, які розміщують в бетоні для підвищення несучої здатності бетонних конструкцій.

Арматурні стрижні та дріт поділяють за класами: А-I (А240), А- II (А300), А-III (А400), А-IV (А600), А-V (А800), А-VI (А1000) (стрижні); В-I, В-II (дріт) та за марками залежно від їх хімічного складу (наприклад, арматура класу А-II марок Вст5 чи 18Г2С чи 10ГТ).

Стрижневу арматуру виготовляють гладкою – класу А-І та періодичного профілю — А-ІІ–А-ІV (Рис.6.8, *а*). Стрижнева арматура періодичного профілю класів А-ІІІ–А-VII має однаковий рисунок виступів. Тому, щоб їх розрізняти, раніше кінці стрижнів фарбували незмивними фарбами різних кольорів. Нині промисловість випускає маркіровану арматуру періодичного профілю. Марки наносять під час прокатування з кроком не більш як 1 м. Клас арматурної сталі визначають кількістю поперечних ребер між двома опуклими позначками, включаючи одну з них. Арматуру класів А-І–А-ІІІ та В-І застосовують для ненапружуваних залізобетонних конструкцій, а класу А- V (А800), А-VI (А1000) та термічне зміцнену класів А<sub>Т</sub>-V (А<sub>Т</sub>785), А<sub>Т</sub>-VI (А<sub>Т</sub>1175) — для влаштування попередньо напруженої арматури конструкцій. Напружену арматуру роблять також з високоміцного дроту класів В-ІІ, Вр-ІІ (рифлений, періодичного профілю) (рис.6.8, *з*), канатів К-7 і К-10.

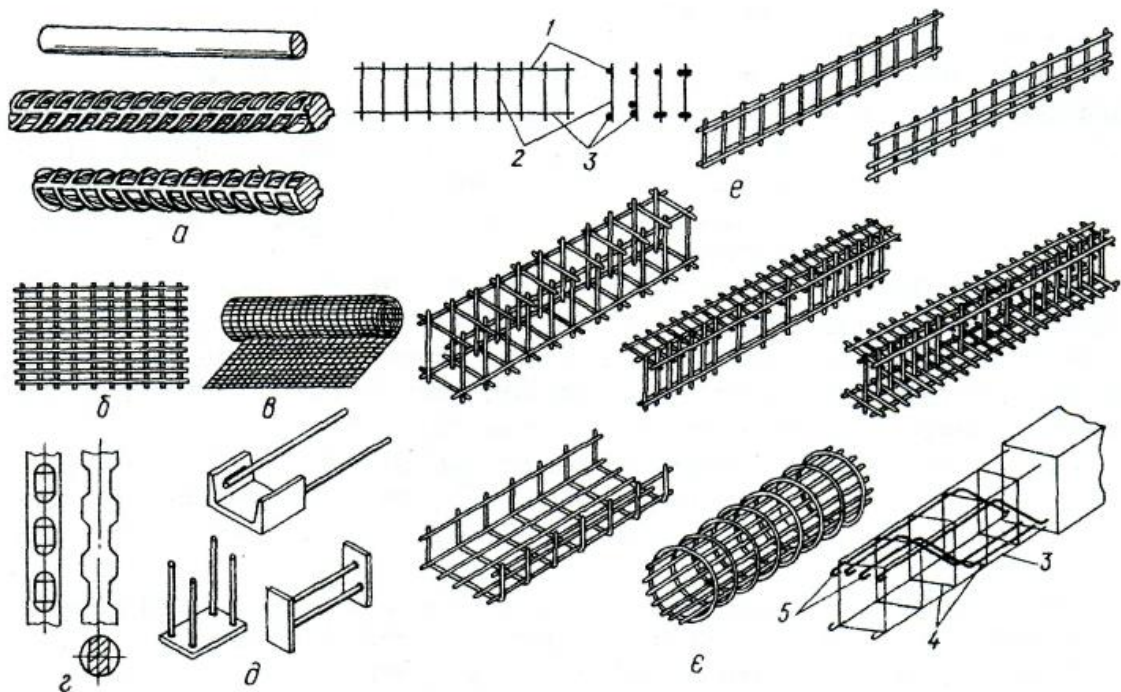


Рис. 6.8. - Види арматури:

*а* – арматурні стрижні; *б* – плоска арматурна сітка; *в* – рулонна арматурна сітка; *з* – арматурний дріт періодичного профілю; *д* – закладні деталі; *е* - плоскі

каркаси;  $\epsilon$  – просторові каркаси; 1 – верхні монтажні стрижні; 2 – поперечні монтажні й робочі стрижні; 3 – нижні робочі стрижні; 4 – хомути; 5 – кінцеві гаки.

Арматуру класів А-I та А-II діаметром до 14 мм, дріт і канати постачають із заводів метизного виробництва в бухтах; класів А-I та А-II діаметром більше ніж 10 мм та інших класів — у прутках 6–12 м завдовжки, а за окремим замовленням — до 24 м; уніфіковані сітки з дроту класу В-I чи стрижнів класу А-III 1,5–3 м завширшки та до 9 м завдовжки — в плоских пакетах чи рулонах (рис.6.8, б, в).

### **6.2.2. Структура процесу**

*Арматурні роботи* включають *заготовлення арматури* (виготовлення з арматурної сталі окремих стрижнів та складання арматурних сіток і каркасів зварюванням чи зв'язуванням з окремих стрижнів) і *установлення арматури в проектне положення*.

У сучасному будівництві ненапружені конструкції армують збільшеними монтажними елементами — зварними сітками, плоскими і просторовими каркасами (рис.6.8, б, в, г). Тільки у виняткових випадках складні конструкції армують безпосередньо в проектному положенні з окремих стрижнів зі з'єднанням їх у закінчений арматурний елемент зварюванням чи зв'язуванням.

#### ***Заготовлення арматури.***

Конструктивні елементи арматури виготовляють переважно централізовано в арматурних цехах підприємств буд-індустрії чи на районних заводах і як товарну продукцію постачають на будівельний майданчик. Розміри конструктивних елементів визначають проектом, урахувавши умови транспортування.

**Заготовлення ненапруженої арматури** містить технологічні операції, які поділяють на дві основні групи: операції виготовлення окремих мірних стрижнів і операції їхнього з'єднання у арматурні елементи.

**Заготовлення арматурних стрижнів** містить операції правлення, обчищення, різання, вигинання і зварювання стиків арматури.

Для перероблення арматурної сталі, що надходить у бухтах чи прутках, застосовують різні устаткування та методи. У зв'язку з цим процес виготовлення стрижнів поділяють на дві лінії: на одній переробляють арматурну сталь, що надходить у бухтах (визначають як легку арматуру), а на іншій — ту, що надходить у прутках (визначають як важку арматуру).

Правлення, обчищення та різання арматури, яку постачають у бухтах, виконують на правильно-відрізних верстатах, які автоматично виконують усі операції: розмотування бухти, обчищення, правлення та різання сталі на стрижні (рис. 6.9, а, б).

Арматурну сталь у прутках виправляють на верстатах для вигинання арматури, які мають робочий диск, що обертається, зі змінними центральним і згинальними пальцями (рис.6.9, е).

Для заготовлення стрижнів та сіток застосовують привідні ножиці, оснащені роликowymi столами для подавання арматури (рис. 6.9, з, д). Продуктивність підвищується, якщо стрижні незначних діаметрів різуть на станках пакетами. Арматуру діаметром до 12 мм відрізають також механізованими, гідравлічними, пневматичними чи механічними ручними ножицями (рис.6.9, є).

Арматурні стрижні вигинають на привідних верстатах для вигинання арматури, легку арматуру — також на ручних верстатах (рис. 6.9, ж).

Широке застосування має технологія заготовлення арматурних стрижнів із безперервної нитки, для утворення якої стрижні стикують у довжину (рис.6.9,и) на електроконтактно-стикових зварювальних машинах (рис. 6.9, в, з).

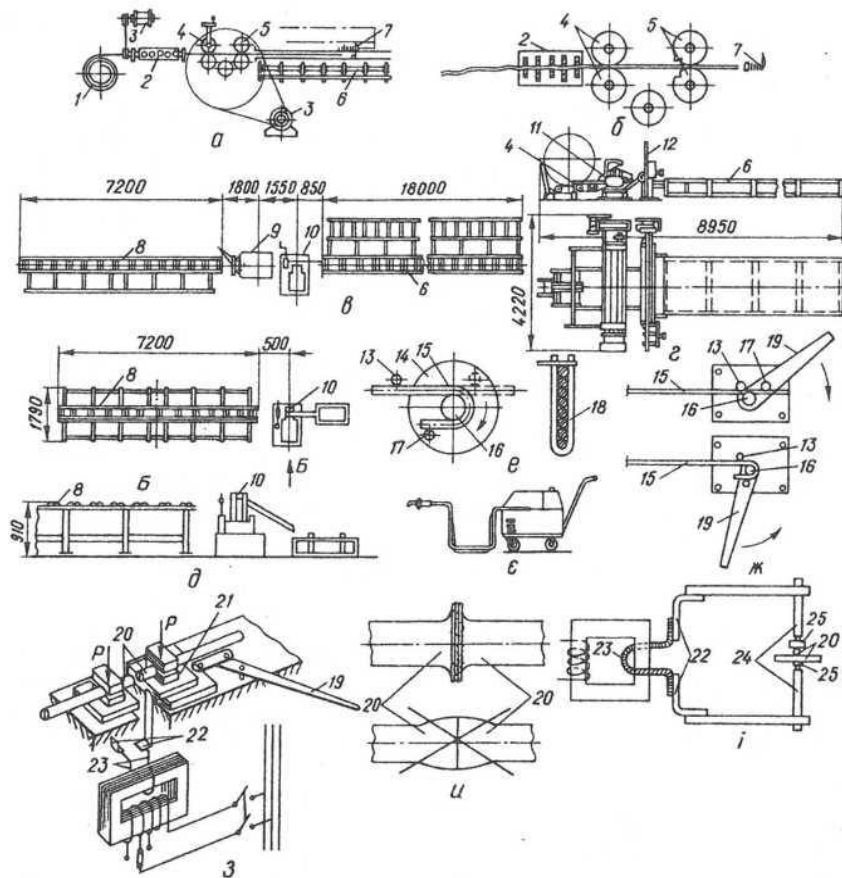


Рис. 6. 9. - Виготовлення арматури:

*а* — схема правильно-відрізного верстата; *б* — схема механізму правлення і різання арматури; *в* — лінія контактнo-стикoвого зварювання і різання арматури; *г* — лінія правлення і різання арматурних стрижнів; *д* — лінія різання арматурних стрижнів; *е* — схема вигинання арматури на механічному верстаті; *ж* — пересувні ручні ножиці з гідроприводом; *з* — схема машин контактнo-стикoвого електрозварювання; *и* — стикове з'єднання при правильному і неправильному режимах зварювання; *і* — схема машин для контактнo-точкoвого електрозварювання; 1 — бухта дроту; 2 — правильний барабан; 3 — електродвигун; 4 — ролики подачі; 5 — те саме, ріжучі; 6 — приймальний стіл; 7 - опора з електровимикачами; 8 — роликовий стіл подачі; 9 — машина контактнo-стикoвого зварювання; 10 — верстат для різання стрижнів; 11 — механізм подачі; 12 — механізм різання; 13 — опорний палець; 14 — робочий диск; 15 — стрижень, що вигинається; 16 — центральний ролик;

17 — згинальний ролик; 18 — тримач пакета стрижнів; 19 — важіль; 20 — зварювані стрижні; 21 — пересувна каретка; 22 — мідні шини; 23 — вторинна обмотка зварювального трансформатора; 24 — електродотримачі; 25 — електроди.

При цьому стрижні закріплюють у струмопровідні колодки машини й одночасно з вмиканням струму проводяться в зіткнення. Торці розігрівають до пластичного стану, а потім піддають стискуванню, внаслідок чого стрижні з'єднуються.

**Виготовлення конструктивних арматурних елементів** у заводських умовах включає виготовлення сіток та плоских і просторових арматурних каркасів.

Арматурні сітки виготовляють із застосуванням точкових контактнo-зварювальних машин (рис. 6.9, з), які поділяють на одноточкові, підвісні та багатоточкові (найбільш продуктивні). При цьому вузли перетинання стрижнів закріплюють у контактах зварювальної машини і пропускають крізь них струм. У місці контакту стрижнів арматури метал розплавляється, після чого їх стискають.

Просторові каркаси роблять на устаткуванні, основними агрегатами якого є контактнo-зварювальні підвісні машини та оснащення для фіксації арматури каркаса в заданих розмірах, подавання стрижнів та сіток, переміщення каркаса. Просторові каркаси також роблять на спеціальних верстатах із застосуванням технології формування каркасів позовжнім вигинанням арматурної сітки. Така технологія характеризується зниженням трудомісткості та витрат металу й електроенергії. Застосування гнутих елементів забезпечує також високу надійність і точність конструктивних арматурних виробів, прискорює та полегшує процеси укрупнення та монтажу.

**Заготівлення напруженої арматури** включає виготовлення відрізків із стрижневої сталі, високоміцного дроту, канатів чи пучків з дроту та влаштування на їхніх кінцях анкерних елементів (рис. 6.10).

Стрижневі елементи виправляють, чистять, відрізають, стикують зварюванням. Для влаштування анкерів до кінців стрижнів приварюють оцупки із сталі, що мають різьбу для гайок, які передають на бетон навантаження натягу.

Канати пропускають через правильне устаткування, одночасно обчищаючи від бруду і масла, та ріжуть на частини потрібної довжини. Для анкерування на кінці каната запресовують пресом чи домкратом гільзи. На гільзах нарізають різьбу для кріплення муфти домкрата, яким будуть виконувати натягування.

Дротові пучки виготовляють із високоміцного арматурного дроту, розміщаючи його по всьому перерізу чи колу. В першому випадку влаштовують на кінці пучка гільзовий анкер, у другому — гільзострижневий. Приготовлені пучки і канати намотують на барабани. Анкери змащують солідолом і обмотують брезентом. Усі готові арматурні елементи забезпечують бирками з назвою їхньої проектної марки.

**Монтаж ненапруженої арматури.** До складу арматурних робіт на будівельному майданчику належать: розвантаження, приймання та складування арматурних виробів і товарної арматурної сталі; виготовлення нестандартних арматурних виробів, укрупнення сіток і каркасів в арматурний блок; монтаж окремих елементів і блоків у конструктивний арматурний каркас монолітної конструкції; приймання і контроль змонтованої арматури та передача її під бетонування.

На будівельний майданчик арматуру постачають комплектно для кожної монолітної конструкції. Доставлену арматуру оглядають, перевіряють наявність бірок з наведеними марками елементів, а також документів, що підтверджують відповідність виробів і з'єднань проекту.

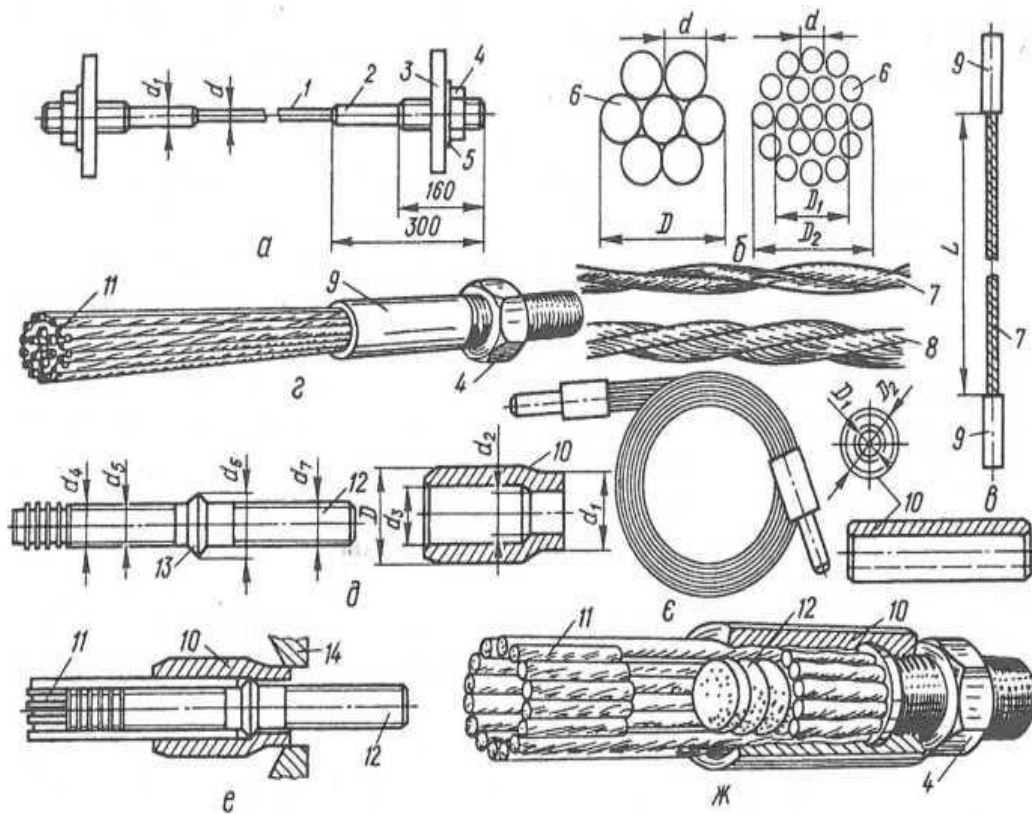


Рис.6.10. Заготівля напружуваних арматурних елементів: *а* — арматурний стрижень з нарізкою на кінцях; *б* — арматурні пасма і канати; *в* — арматурне пасмо з опресованими гільзами; *г* — загальний вид арматурного пучка з гільзовим анкером; *д* — деталі гільзострижневого анкера; *е* — те саме, для опресування; *є* — пучок, підготовлений для відправлення; *ж* — гільзострижневий анкер з пучком дроту після опресування; 1 — стрижнева арматура; 2 — оцупок з нарізкою на кінці; 3 — плита; 4 — гайка; 5 — шайба; 6 — дровові пасма; 7 — канат з двох 19-дротових пасом; 8 — те саме, з двох 7-дротових пасом; 9 — гільза; 10 — те саме, в розрізі; 11 — дротини пучка; 12 — анкерний стрижень; 13 — бурт; 14 — фільєра

Складають елементи на стелажах, стапелях і майданчиках роздільно за розмірами, марками і класами.

Ненапружену арматуру монтують окремими стрижнями, сітками чи просторовими каркасами й армоблоками відповідно до умов виконання робіт та видів конструкцій.

**Забезпечення захисного шару бетону**, тобто відстані між зовнішніми поверхнями арматури і бетону, що захищає арматуру від корозійних дій зовнішнього середовища, виконують установленням бетонних, пластмасових чи металевих фіксаторів, які прив'язують чи надягають на арматурні стрижні або підставляють під них.

Захисний шар у плитах і стінках до 10 см завтовшки має бути не менше ніж 10 мм, а в тих самих конструкціях, але товщих — не менше ніж 15 мм; у балках і колонах при діаметрі поздовжньої арматури 20-32 мм — не менше ніж 25 мм і при більшому діаметрі — не менше ніж 30 мм.

**Приймання змонтованої арматури** оформляють актом на приховані роботи. При цьому перевіряють відповідність проектним розмірам, наявність і місцеположення закладних деталей, фіксаторів, міцність стиків і армоконструкцій, яка має бути незмінною при бетонуванні.

**З'єднання арматурних елементів.** Арматурні стрижні, сітки, каркаси та інші елементи при встановленні в конструкцію з'єднують між собою електрозварюванням (дуговим чи контактним), напуском, на муфтах, металевими та пластмасовими фіксаторами чи в'язанням дротом.

**Дугове електрозварювання** стрижнів поділяють на ручне шовне, ванне, ванношовне та електрошлакове (рис.6.11). Елементи з'єднуються за рахунок плавлення металів електрода та стикової зони з'єднувальних елементів під дією електричної дуги, що виникає між ними. Для забезпечення струмом застосовують зварювальні апарати змінного чи генератори постійного струму. Електроди для зварювання арматури виконані із сталевого дроту діаметром 1-12 мм, 450 мм завдовжки з товстим шаром обмазки флюсом.

**Дугове шовне зварювання** виконують протяжними швами з напуском стрижнів чи з двобічними круглими накладками та багатошаровими швами з гнутими підкладками чи без них (рис. 6.11, а-ж).

**Ванне зварювання** порівняно із зварюванням стрижнів унапусток чи з накладками має переваги: витрати металу на стик знижуються до 10 разів,

електродів та електроенергії — удвічі-втричі, трудомісткість і собівартість — у два-три рази.

Ванне зварювання застосовують для стикування стрижнів діаметром більше ніж 20 мм. Стик улаштовують із проміжком до  $0,8 d$  в інвентарних мідних формах чи сталевих жолобчастих підкладках (рис. 6.11, з, и).

При зварюванні у формі утворюється ванна з розплавленого металу електродів, який розплавляє торці стрижнів і після охолодження утворює зварний шов. Для стрижнів діаметром 20-34 мм застосовують одноелектродне зварювання, а для стрижнів більшого діаметра — багатоелектродне, гребінкою із 3-5 електродів, що приварені до допоміжної пластини, затисненої в одноручному електродотримачі.

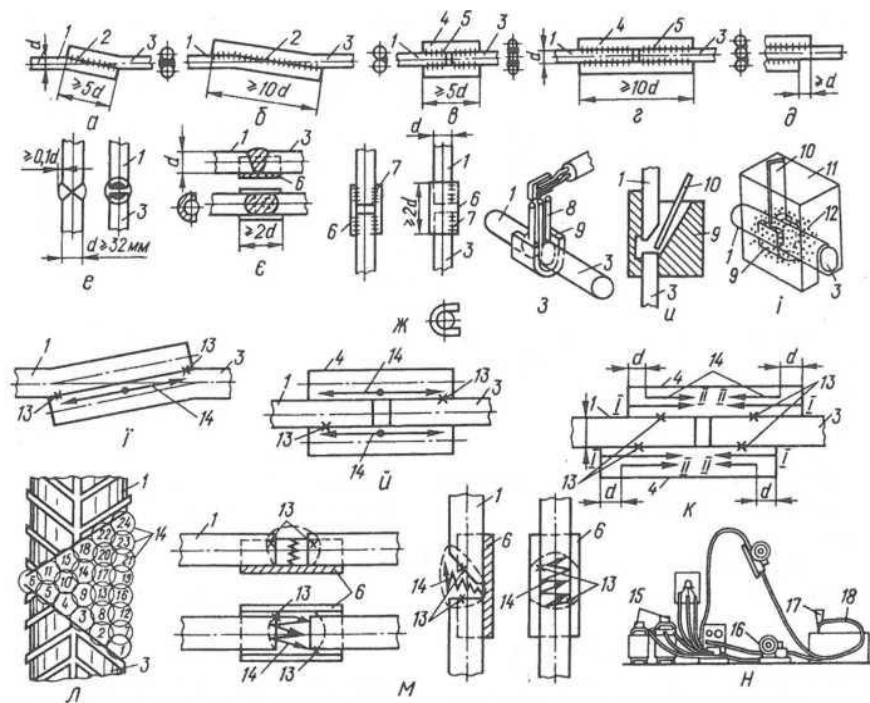


Рис. 6.11. Зварні з'єднання арматурних стрижнів:

а — з'єднання внапусток двома косими швами; б — те саме, одним косим швом; в — з'єднання з круглими накладками чотирма фланговими швами; г — те саме, двома фланговими швами; д — те саме, стрижнів із сталі класу А-IV; е — з'єднання вертикальних стрижнів без підкладок; є — з'єднання горизонтальних стрижнів із скобами-підкладками; ж — те саме, вертикальних

стрижнів із скобами-підкладками; *з* — багатоелектродне ванне зварювання горизонтальних стрижнів; *и* — одноелектродне ванне зварювання стрижнів у рознімній формі; *і* — схема ванного електрошлакового зварювання; *і'* — порядок зварювання стрижнів унапусток; *й* — те саме, з накладками; *к* — те саме, із сталі класу А-IV; *л* — порядок плавлення шарів багат шарового шва під час з'єднання вертикальних стрижнів без підкладок; *м* — порядок зварювання стрижнів із скобами-підкладками; *н* — шланговий напівавтомат; *1,3* — зварювані стрижні; *2* — косий шов; *4* — кругла накладка; *5* — фланговий шов; *6* — скоба-підкладка; *7* — додатковий зварний шов; *8* — гребінка електродів; *9* — форма; *10* — електрод; *11* — огорожа; *12* — флюс; *13* — місця прихватки; *14* — напрямок зварювання; *15* — джерело струму; *16* — касета з електродним дротом; *17* — місткість для флюсу; *18* — гнучкий провід; *I, II* — послідовність зварювання шарів шва

При **ванношовному зварюванні** стрижнів діаметром 36-80 мм застосовують сталеву підкладку для утворення ванни, яку поздовжніми швами приварюють до стикованих стрижнів, завдяки чому вона бере участь в сприйманні розтяжних зусиль.

**Ванним напівавтоматичним зварюванням** з'єднують стрижні діаметром 20-40 мм у мідних формах та діаметром 25-70 мм на сталевих підкладках. Для зварювання застосовують шлангові напівавтомати з безперервною подачею електродного порошкового дроту (рис. 6.11, *н*).

Електродний порошковий дріт має вигляд згорненої із сталеві стрічки трубки, порожнина якої заповнена флюсом. Його використання забезпечує високу якість зварювання, зниження трудомісткості, витрат металу та електроенергії. Та беручи до уваги високу вартість порошкового дроту, він економічно виправданий лише у випадках, коли конструктивні рішення стиків не дають змоги застосувати інвентарні форми.

**Електрошлакове зварювання** є найбільш економічним. Стрижні в стику розміщуються із проміжком 5-20 мм у мідних формах (рис. 6.11, *і*).

При напівавтоматичному зварюванні спочатку стиковий проміжок засипають флюсом приблизно до половини діаметра стрижнів, вводять у флюс кінець голого електродного дроту, збуджують дугу між електродом і нижньою частиною торця одного із стрижнів. Дуга спочатку розплавляє флюс, а потім із розплавленої сталі електрода і кінців стрижнів утворюється ванна, вкрита зверху шлаком. У процесі зварювання підсипають флюс, як тільки починається розбризкування рідкого металу. Для електрошлакового зварювання застосовують також плоскі електроди чи гребінку електродів з голого електричного дроту.

**Контактним електрозварюванням** на будівельному майданчику з'єднують стрижневу арматуру діаметром до 25-32 мм. Для контактного зварювання сіток горизонтальних поверхонь застосовують мобільні стикові машини з підвісними зварювальними кліщами на гідравлічному маніпуляторі чи ручні зварювальні кліщі з коаксіальними електродотримачами, підвішувані на пружинному балансірі (рис.6.12).

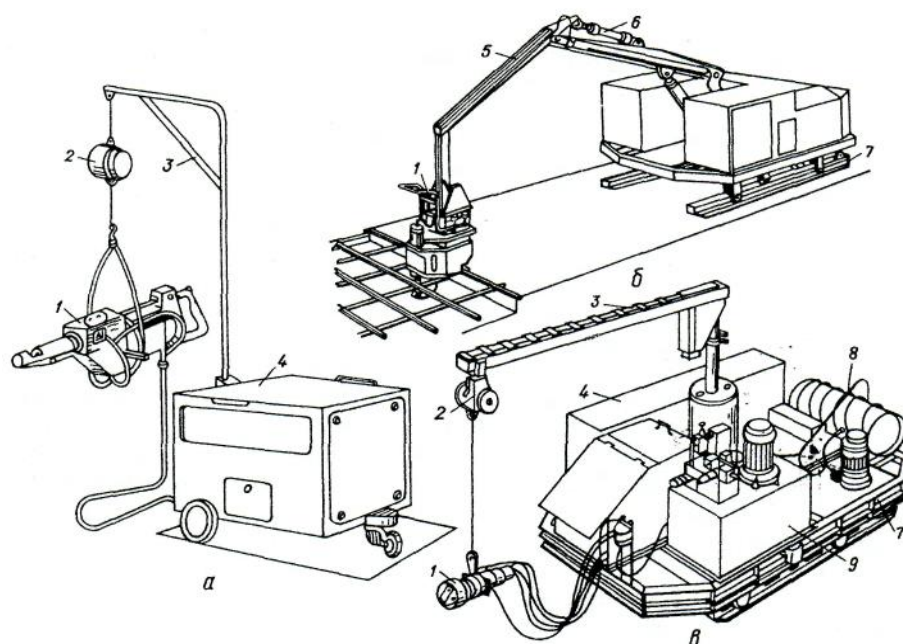


Рис. 6.12. Зварювальні стикові машини:



*a* – з'єднання внапусток зварних сіток із стрижнів гладкого профілю; *б* – те саме, із стрижнів періодичного профілю; *в* – те саме, в неробочому напрямку; *г* – те саме, в неробочому напрямку з додатковою сіткою; *д* – з'єднання внапусток стрижнів гладкого профілю; *е* – те саме, стрижнів періодичного профілю; *є* – хрестові з'єднання стрижнів пружинними фіксаторами; *ж* – в'язання хрестового з'єднання стрижнів дротом; *d*<sub>1</sub> – діаметр робочих стрижнів; *d*<sub>2</sub> – те саме, розподільних стрижнів; *d*<sub>3</sub> – те саме, стрижнів додаткової сітки; *1* – робочий стрижень; *2* – розподільний стрижень; *3* – додаткова сітка; *4* – пружинний фіксатор

Застосовують різні типи пружинних металевих фіксаторів. Перспективними є пластмасові фіксатори, які одночасно можна використовувати і для забезпечення потрібної товщини захисного шару бетону між арматурою й опалубкою. Застосування фіксаторів для з'єднання арматури забезпечує гарантовану якість з'єднань і знижує трудомісткість робіт порівняно з ручним в'язанням у 2,5-3 рази.

**З'єднання в'язанням** відпаленим сталевим дротом діаметром 1-1,5мм (рис.6.13, *ж*) виконують при незначних обсягах робіт, відсутності фіксаторів і неможливості застосування електрозварювання. Поздовжні стрижні зрощують унапусток з перев'язанням стику в трьох місцях — посередині й на кінцях. При стикуванні стрижнів гладкого профілю у розтягненій зоні вони повинні мати зігнуті гаки на кінцях.

**Монтаж напруженої арматури** включає установлення її в проектне положення та наступне натягування.

Напружену арматуру встановлюють у попередньо влаштовані в монолітних конструкціях канали після набрання бетоном потрібної міцності, до бетонування чи після набрання бетоном проектної міцності. Натягування арматури виконують механічним і електротермічним методами чи самонапруженням.

Канали для напруженої арматури влаштовують установленням до бетонування в конструкції каналотворювачів із сталевих трубок, гумових рукавів з дротовим осердям, які через 2-4 год після бетонування виймають з конструкції, чи сталевих тонкостінних гофрованих трубок, які залишаються в бетоні (рис. 6.14, ж). Після досягнення бетоном потрібної міцності у канали заводять напружену арматуру із стрижнів, канатів чи пучків (рис. 6.14, є). Один кінець арматури закріплюють у торці каналу, а інший запресовують в анкер і муфтою з'єднують з гідравлічним домкратом одинарної чи подвійної дії (рис.6.14, з). Якщо довжина арматури більше ніж 10 м, її натягують одночасно з обох кінців двома домкратами.

Натягують арматуру спочатку із зусиллям до 0,1 заданого зусилля натягу. При цьому арматурні стрижні випрямляються і щільно прилягають до стінок каналу. Зусилля, що дорівнює 0,1 розрахункового натягу, беруть за

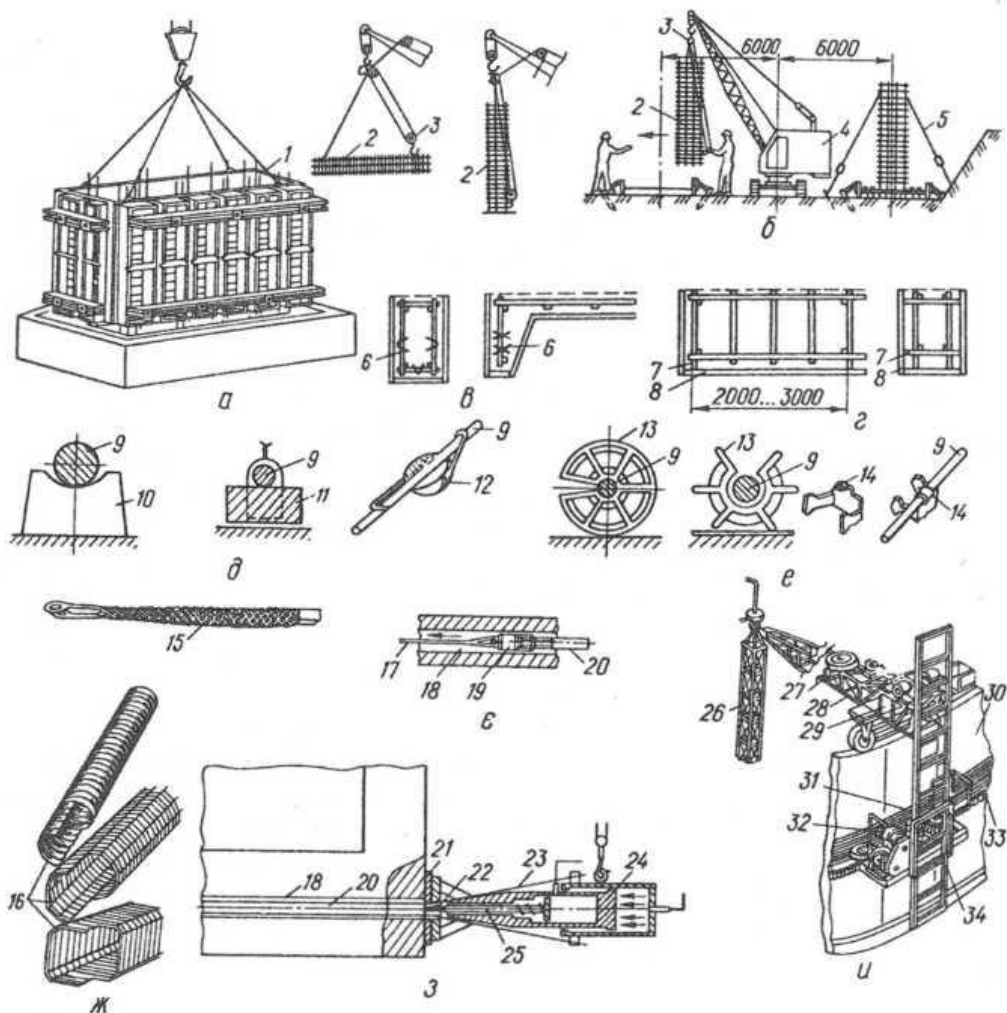


Рис. 6. 14. Монтаж арматури: *a* — монтаж арматурно-опалубного блока; *б* — монтаж арматурного блока підколонника; *в* — улаштування захисного шару за допомогою упорів; *г* — те саме, із застосуванням подовжених стрижнів; *д* — те саме, із застосуванням бетонних підкладок; *е* — те саме, із застосуванням пластмасових і металевих фіксаторів; *є* — схема затягування напруженої арматури в канал; *ж* - каналоутворювачі; *з* - схема розміщення домкрата подвійної дії для натягування арматури; *и* - машина для навивання напруженої арматури; *1* - арматурно-опалубний блок; *2* - арматурний блок; *3* - напівавтоматичні стропи; *4* - стріловий кран; *5* - розтяжка; *6* - упори з арматурного дроту; *7* - подовжені арматурні стрижні; *8* — опалубка; *9* - стрижень арматури; *10* - бетонна підкладка; *11* - те саме, із скруткою дроту; *12* - те саме, з пружинними скобами; *13* - пластмасові фіксатори; *14* - металеві штамповані підкладки; *15* - гумовий каналоутворювач із петлею для його витягування; *16* - рифлені каналоутворювачі із сталеві стрічки; *17* - трос; *18* - канал; *19* - човник; *20* - напружена арматура; *21* -плита; *22* - клиноподібна пробка; *23* - пучок дроту; *24* — циліндр з поршнем для натягування дротин пучка; *25* -те саме, для запресовування клиноподібної пробки; *26* — центральна опора; *27* — бухтотримач; *28* — стріла; *29* — верхній візок; *30*— стінова панель; *31* — намотувана напружена арматура; *32* — нижній візок; *33* — ланцюг; *34* —вертикальна рама машини

початок відліку при наступному контролі натягування за тиском у гідросистемі і деформаціями.

Натягують арматуру плавно, збільшуючи зусилля натягу на 3-5 кН і доводячи його до значення, що перевищує розрахункове на 10%. Витримавши в такому стані 8-10 хв, зусилля натягу зменшують до розрахункового і закріплюють другий кінець напруженої арматури. Для запобігання перепаду напруження вздовж арматури інколи застосовують пульсуюче натягування: кілька разів короткочасно послідовно збільшують, а потім зменшують зусилля натягу.

Якщо в перерізі конструкції є кілька напружуваних арматурних елементів, то натягування починають з елемента, розташованого ближче до середини. Елементи, що розміщені біля боків конструкції, натягують одночасно двома домкратами чи навперемінно. Після цього знову підтягують середні елементи, натяг яких зменшується внаслідок укорочення бетону від стискання.

Відразу після натягування канали заповнюють цементно-піщаним розчином. Нагнітають розчин розчинонасосом чи пневмонагнітачем з одного кінця каналу безперервно, починаючи з тиску 0,1 МПа і підвищуючи його до 0,4 МПа. Нагнітання зупиняють, коли розчин починає витікати з іншого кінця каналу.

Арматурні напружувані елементи, що вкладають у конструкції до бетонування, попередньо покривають антикорозійною речовиною, а потім фторопластом (тефлоном), який має майже нульовий коефіцієнт тертя. У процесі натягування канати чи стрижні відносно легко ковзають у тілі бетону.

Самонатягування арматури здійснюється при бетонуванні конструкцій стрижнями періодичного профілю із застосуванням бетонів на розширних цементях.

Для попереднього натягування арматури резервуарів, силосів та інших циліндричних споруд застосовують спеціальні навивальні машини, які обтягують арматурним дротом стінки споруд зовні, після набрання бетоном проектної міцності (див. рис.6.14, *u*). Для захисту арматури після її навивання поверхню торкретують чи штукатурять високоміцним цементним розчином.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які опалубки відносяться до вертикально переміщуваних?
2. Для зведення яких споруд застосовують підйомно-переставну опалубку?
3. З яких елементів складається підйомно-переставна опалубка?
4. Яка висота ярусу при бетонуванні стволів труб в підйомно-

переставній опалубці?

5. Яке основне устаткування для зведення споруд із застосуванням підйомно-переставної опалубки?

6. Яка технологія бетонування із застосуванням підйомно-переставної опалубки?

7. Для зведення яких споруд застосовують ковзну опалубку?

8. Чим технологічно відрізняється ковзна опалубка від інших видів опалубки?

9. З яких елементів складається ковзна опалубка?

10. За допомогою яких пристроїв піднімають ковзну опалубку при зведенні споруд?

11. Назвіть основні несівні елементи ковзної опалубки.

12. Яка технологія бетонування із застосуванням ковзної опалубки?

13. Яка швидкість бетонування у ковзній опалубці?

14. Для зведення яких конструкцій застосовують блокову опалубку?

15. З яких елементів складається блокова опалубка?

16. Як встановлюється блокова опалубка?

17. Для бетонування яких конструкцій застосовують блок-форми?

18. Назвіть види блок-форм.

19. Для чого елементи блок-форми мають невелику конусність?

20. При бетонуванні яких конструкцій ефективно застосування жорстких металевих блок-форм?

21. При бетонуванні яких конструкцій ефективно застосування універсальних блок-форм?

22. Для бетонування яких конструкцій застосовують пневматичну опалубку?

23. Яка технологія бетонування конструкцій при застосуванні пневматичної опалубки?

24. У яких випадках застосовують незнімну опалубку?

25. З яких матеріалів виготовляють незнімну опалубку?

26. Коли використовують нагрівальну опалубку?
27. З яких елементів складається нагрівальна опалубка?
28. Назвіть види нагрівальних елементів.
29. Яка загальна технологія опалубних робіт при використанні будь-якого виду опалубки?
30. Для чого використовують мастила?
31. Як поділяються мастила за принципом дії?
32. Назвіть загальні правила вибору опалубки.
33. З яких матеріалів виготовляють арматуру?
34. Назвіть види арматури.
35. Яка структура процесу арматурних робіт?
36. З яких технологічних операцій складається заготовлення ненапруженої арматури?
37. На якому устаткуванні виготовляють арматурні сітки і каркаси?
38. Як забезпечується захист арматури у бетонних конструкціях?
39. Як здійснюється з'єднання арматурних елементів між собою?
40. Назвіть види з'єднання стрижнів без зварювання.
41. З яких технологічних операцій складається заготовлення напруженої арматури?
42. Як здійснюється установлення напруженої арматури у проектне положення?
43. Назвіть методи натягування арматури.
44. Як здійснюється натягування арматури?

## ЛЕКЦІЯ 7

**Тема 1. Приготування бетонної суміші**

**Тема 2. Транспортування бетонної суміші**

**Тема 3. Бетонування конструкцій**

### 7.1. Приготування бетонної суміші

**Склад процесу.** Приготування бетонної суміші містить операції приймання і складування складових матеріалів (цементу і заповнювачів), їхнього дозування і перемішування та видавання готової бетонної суміші на транспортні засоби. В разі приготування бетонних сумішей з добавками, на легких заповнювачах чи за певних умов (зимових, жарких) у даний технологічний цикл включають додаткові операції. Так, для сумішей з добавками (пластифікувальними, протиморозними тощо) треба попередньо приготувати водний розчин цих добавок; у зимових умовах попередньо підігрівають заповнювачі і воду; при використанні легкобетонних сумішей на пористих заповнювачах їх можна попередньо замочувати.

Для поліпшення технологічних властивостей бетонної суміші та економії цементу воду для замішування також інколи активізують електромагнітною обробкою, введенням та турбулентним перемішуванням незначних доз цементу чи інших добавок.

Бетонну суміш готують за закінченою чи розчленованою технологією. У першому випадку здобувають готову бетонну суміш, у другому — віддозовані сухі компоненти або суху бетонну суміш.

**7.1.1. Заводи та устаткування.** Залежно від конкретних організаційних умов та технологічних потреб бетонну суміш готують на автоматизованих бетонних заводах, різних переставних і пересувних установках, в автобетонозмішувачах, які завантажені сухими віддозованими компонентами на бетонних заводах, а також в окремо поставлених бетонозмішувачах.

**Заводи та установки** поділяються за способами приготування бетонної суміші на *циклічної* та *безперервної дії*. Останні більш продуктивні.

Основним технологічним устаткуванням для приготування бетонної суміші є роздавальні бункери з розподільним обладнанням, дозатори, бетонозмішувачі і транспортні комунікації. Устаткування комплектують за *вертикальною* (односхідчастою) чи *партерною* (двосхідчастою) *схемами* (рис. 7.1, а, б). За першою схемою компоненти бетонної суміші піднімають у витратні бункери. Звідси вони переміщуються під дією власної ваги вниз. Партерне компонування забезпечує меншу висоту, але потребує більшої площі для розміщення устаткування.

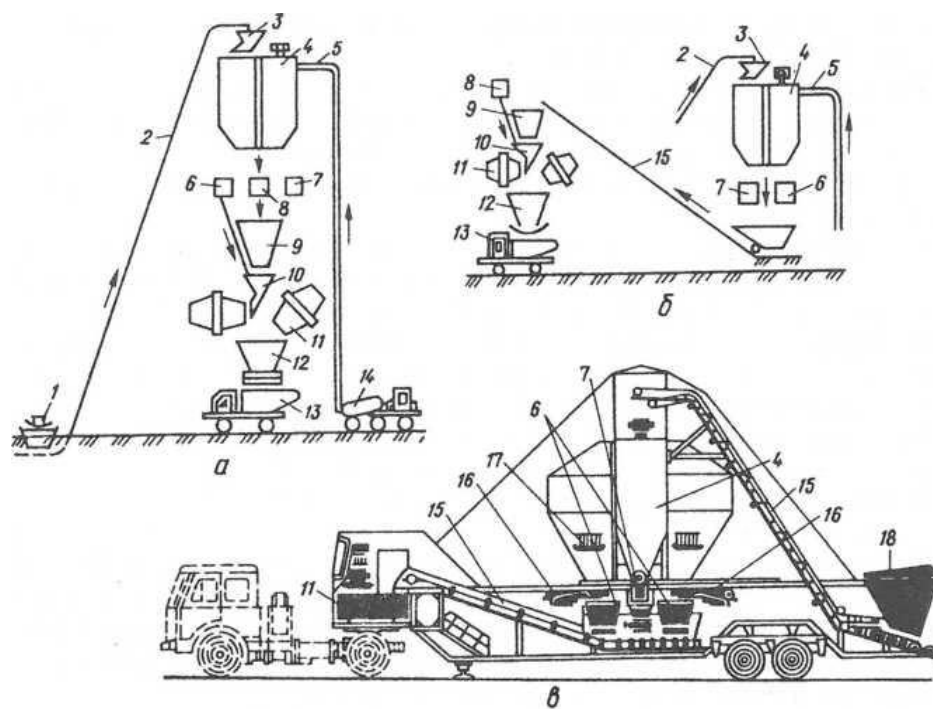


Рис. 7.1. Схеми розміщення устаткування для приготування бетонної суміші: а — вертикальна схема розташування устаткування бетонозмішувальних установок; б — те саме, партерна; в — схема мобільної автоматизованої бетонозмішувальної установки; 1 — конвеєр складу заповнювачів; 2 — конвеєр подавання заповнювачів у витратні бункери; 3 — поворотна лійка; 4 — витратний бункер; 5 — труба пневмоподавання цементу; 6-8 — дозатори цементу, заповнювачів, води; 9, 10 — пряма і розподільна лійки; 11 — бетонозмішувач; 12 — розвантажувальний бункер; 13 — автобетоновоз; 14 —

автоцементовоз; 15 — скіп чи конвеєр; 16 — стрічковий живильник; 17 — реєстр опалення; 18 — приймальний бункер заповнювачів

За місцем розташування розрізняють *районні* та *центральні* заводи, а також *мобільні* установки, що встановлюють безпосередньо на будівельному майданчику.

*Районні* заводи товарного бетону обслуговують будівництво в радіусі 20-30 км з річним видаванням бетонної суміші 100-200 тис. м<sup>3</sup>. Технологічне устаткування заводів скомпоноване за вертикальною схемою. Вони розраховані на період дії до 20 років і більше.

*Центральні* заводи звичайно забезпечують бетонною сумішшю одне велике будівництво (комплекс) і розраховані на період дії на цьому будівництві до 5-6 років. Улаштовують їх збірно-розбірними, що полегшує наступне їхнє перебезування на інше будівництво.

Якщо будівництво настільки віддалене від централізованих пунктів приготування бетонних сумішей, що це призводить до втрат їхньої якості під час транспортування, використовують автоматизовані бетонозмішувальні *мобільні* установки, які розміщують на будівельному майданчику. Такі установки включають комплекс обладнання, змонтований у компактний агрегат. Вони бувають у модульному виконанні чи у вигляді моноблоку. У першому випадку окремі модульні блоки доставляють на будівельний майданчик автомобілями і потім складають в агрегат. У другому випадку установка змонтована на спеціальному автомобільному причепі, її перевозять автомобілем-тягачем і після доставляння на будівництво швидко переводять у робоче положення (рис.7.1,в). Устаткування скомпоноване за партерною схемою.

Для відмірювання потрібної кількості компонентів в установках застосовують об'ємні та вагові **дозатори**. Точність дозування компонентів становить  $\pm 2,5\%$  для заповнювачів і  $\pm 2\%$  для інших складових.

**Бетонозмішувачі** забезпечують ретельне перемішування бетонної суміші та її однорідність. Розрізняють бетонозмішувачі за режимом роботи — **циклічної** і **безперервної дії** — та за принципом змішування — **гравітаційної** та **примусової дії**.

Бетонозмішувачі **циклічної дії** розрізняють за об'ємом готової суміші, що видається за один заміс; у сучасних змішувачах він становить від 65 до 3000 л. Об'єм завантажуваних сипких матеріалів визначають перемножуючи значення об'єму готового замісу на коефіцієнт 1,5.

Продуктивність циклічного бетонозмішувача

$$\Pi = qnk_B / 1000,$$

де—  $q$  об'єм готової бетонної суміші за один заміс, л;  $n$  — кількість замісів за одну годину;  $k_B$ — коефіцієнт бетонозмішувача за часом (беруть від 0,85 до 0,93).

Бетонозмішувачі **безперервної дії** випускають продуктивністю до 120 м<sup>3</sup>/год.

**Гравітаційні бетонозмішувачі** мають обертовий барабан із лопатями на стінках. При обертанні барабана лопаті піднімають змішуваний матеріал угору, звідки він, під дією сили ваги, падає і проникає в нижні шари суміші. Такі бетонозмішувачі виконують перекидними і неперекидними.

**Бетонозмішувачі примусової дії** мають нерухомий корпус та рухомі лопаті, скрібки чи кулачки, що насаджені на горизонтальні чи вертикальні привідні вали. У змішувачах примусової дії частинки змішуваних матеріалів багаторазово переміщуються за складними траєкторіями, що забезпечує скорочення процесу перемішування в 1,5-2 рази порівняно з гравітаційними змішувачами, а також поліпшення якості бетону.

Приготування бетонної суміші в змішувачах примусової дії ефективніше для отримання бетонних сумішей невисокої рухливості (до 8 см), сумішей з витратами цементу більше ніж 250 кг/м<sup>3</sup> та легкобетонних сумішей.

### **7.1.2. Технологія приготування суміші в бетонозмішувачах.**

Приготування бетонних сумішей на **щільних заповнювачах** у

бетонозмішувачах гравітаційної дії починають із завантаження їх сухими компонентами — цементом, піском, крупним заповнювачем. Сухі складові перемішують спочатку протягом 30-60 с, потім додають воду для замішування і виконують остаточне перемішування, тривалість якого залежить від об'єму змішувача та рухливості бетонної суміші (табл.7.1).

Таблиця 7.1.- *Тривалість перемішування бетонних сумішей на щільних заповнювачах у змішувачах гравітаційної дії, с*

Об'єм змішувача, л	Рухливість бетонної суміші, см			
	2-4	5-8	9-12	більше ніж 12
До 500	90	80	70	60
500...1000	120	110	100	90
Більше ніж 1000	—	140	120	100

У змішувачі примусової дії спочатку подають всі сухі компоненти з  $2/3$  потрібної кількості води для замішування, перемішують їх протягом 1.5-2 хв, а потім додають воду, що залишилась, і знову перемішують 2 - 3 хв.

Бетонні суміші з добавками готують із застосуванням змішувачів як гравітаційної, так і примусової дії. Гластифікувальні, протиморозні добавки, прискорювачі й уповільнювачі тужавлення вводять у бетонозмішувач разом з водою, а суперпластифікатори — з 0,20-0,25 частками води в кінці процесу перемішування. Для рівномірного розподілення добавки в суміші тривалість перемішування після введення всіх компонентів, у тому числі добавок, беруть не менше ніж 90 с для гравітаційних змішувачів і 30 с — для змішувачів примусової дії.

## 7.2. Транспортування бетонної суміші.

У загальному вигляді процес транспортування бетонної суміші включає навантажування бетонної суміші в транспортні засоби з бункера

бетонозмішувальної установки, доставляння (переміщування) її різними транспортними засобами до будівельного майданчика, перевантаження на транспортні засоби, що подають суміш до конструкції, яка зводиться, наступне подавання суміші до місця укладання. Застосовують також схему доставляння бетонної суміші від бетонозмішувальної установки одними й тими самими транспортними засобами безпосередньо до місця укладання. У цьому випадку не виконують перевантаження.

Залежно від застосування засобів розрізняють *порційне, безперервне і комбіноване* транспортування бетонної суміші.

Для порційного транспортування використовують автотранспортні засоби, бадді, бункери. Безперервне виконують конвеєрами і бетоноводами, якщо відстань від бетонозмішувальної установки до місця укладання бетонної суміші незначна. Комбіноване транспортування поєднує порційне переміщення суміші від заводу до будівельного майданчика і наступне безперервне подавання її в конструкцію бетононасосами, пневмонагнітачами, конвеєрами чи бетоноукладачами.

Основними технологічними вимогами до транспортування бетонної суміші є забезпечення збереження її легкоукладальності й однорідності. Для цього бетонна суміш має бути захищеною від атмосферних опадів, сонячних променів, витікання цементного молока чи розчину; слід попередити її розшарування. Тривалість транспортування не повинна перевищувати часу, яким починається процес тужавлення.

Однорідність суміші порушується (суміш розшарується) під час транспортування її на нерівній дорозі, при високій швидкості руху і значній тривалості транспортування. При розшаруванні суміші крупний заповнювач осідає, а розчин і вода піднімаються вгору. Таку суміш не можна укладати в конструкцію, спочатку її слід знову перемішати до однорідної консистенції.

Для запобігання розшаруванню і збереження технологічних властивостей суміші застосовують спеціалізовані транспортні засоби: автобетонозмішувачі та автобетоновози. Доцільно вибирати дороги з твердим покриттям без вибоїн і

нерівностей. Щоб запобігти укладанню бетонної суміші після початку тужавлення, обмежують тривалість транспортування готової суміші: 45 хв — при температурі суміші 20-30 °С, 90 хв — при 10-20 °С і 120 хв — при 5-10 °С.

Доцільність перевезення суміші визначається допустимою тривалістю транспортування, станом доріг і середньою швидкістю руху, видом транспортних засобів та рухливістю бетонної суміші (табл.7.2).

Таблиця 7.2 -Відстань транспортування готової бетонної суміші при температурі навколишнього повітря до 25 °С, км

Вид транспортного засобу	Вид покриття дороги	Швидкість транспортування, км/год	Рухливість бетонної суміші, см			
			1-3	4-6	7-9	10-14
Автобетоновоз	Тверде/м'яке	30/15	45/12	30/8	20/5,4	15/4
Автобетонозмішувач	Тверде	30	100*	80*	60*	45*

\*3 періодичним збудженням бетонної суміші.

Транспортують бетонну суміш від бетонних заводів чи установок до будівельного майданчика звичайно в автобетонозмішувачах, автобетоновозах, а в деяких випадках — у бункерах чи баддях, завантажених на кузовах бортових автомобілів або самоскидах.

Автобетонозмішувачі — найбільш ефективні засоби транспортування бетонних (насамперед легкобетонних) сумішей у міських умовах на значні відстані.

Автобетонозмішувачами транспортують готову бетонну суміш, частково замішану водою, та суху. В процесі перевезення готової бетонної суміші її періодично збуджують (кожні 30-40 хв), інтенсивно перемішуючи обертанням змішувального барабана 5-7 хв. Такий режим збуджування дає змогу максимально зберегти однорідність і легкоукладальність бетонної суміші та збільшити тривалість її транспортування в 1,5-2 рази.

Під час транспортування бетонної суміші на більші відстані в бетонозмішувачах на заводі товарного бетону завантажують частково замішану водою чи суху суміш. У першому випадку на заводі вводять не більше ніж  $\frac{2}{3}$  води замішування, а решту — в дорозі за 10-15 хв до приїзду на місце чи безпосередньо на будівельному майданчику. Після введення води до повного об'єму суміш перемішують 10-15 хв в автобетонозмішувачі. Відстань транспортування бетонної суміші у такому разі збільшується на 25-30%.

Дальність транспортування сухих бетонних сумішей в автобетонозмішувачах не обмежується. Проте при цьому завантажувані в барабан автобетонозмішувача сухі компоненти повинні мати вологість не більше ніж 3-4% для запобігання утворенню в барабані грудок злиплого цементу із заповнювачами. Заповнювачі вологістю 5-10 % попередньо обробляють розчином комплексної сповільнювальної тужавлення цементу і пластифікувальної добавки. Бетонну суміш готують у дорозі перед приїздом на будівництво, подаючи у змішувальний барабан порцію води і перемішуючи 20-25 хв.

Суміш розвантажують зворотним обертанням барабана через лотік, що дає змогу подавати її на висоту до 3 м з поворотом на  $180^\circ$ .

Автобетоновози — це спеціальні автотранспортні засоби для перевезення бетонної суміші. Ними можна постачати якісну бетонну суміш на відстань в 1,5 рази більшу, ніж автосамоскидами. Вони мають закритий, перекидний, краплеподібної форми кузов, що виключає попадання дощу, виплескування бетонної суміші, налипання бетону в кутах і зменшує розшарування під час перевезення. Значний кут нахилу ( $80^\circ$ ) при розвантаженні і наявність вібробуджувача забезпечує швидке, без витрат ручної праці, розвантаження.

Використання автосамоскидів для перевезення бетонної суміші має суттєві недоліки: їхні кузова мало пристосовані для цього, і при транспортуванні в них бетонна суміш розшарується; влітку вона втрачає вологу, взимку охолоджується; до 1-2 % цементного молока і суміші може втрачатися через щілини заднього борту та виплескуватися. При розвантаженні

виникає потреба вручну відчищати кузов. Конструкцію кузова дещо поліпшують нарощенням бортів металевими листами та ущільненням заднього борту гумою.

У контейнерах чи баддях, установлених на бортових автомобілях чи спеціальних автобаддєвовах, транспортують бетонну суміш на незначні відстані, подаючи її в конструкцію кранами.

### **7.2.1. Розвантаження бетонної суміші**

Розвантаження бетонної суміші на будівельному майданчику із автосамоскидів, автобетоновозів чи автобетонозмішувачів виконують у конструкцію чи в устаткування, яке застосовують для наступної подачі суміші в конструкцію.

Для відновлення технологічних властивостей бетонної суміші, що втрачаються під час транспортування автосамоскидами на дещо більші відстані порівняно з регламентованими, та за вимог забезпечення її легкоукладальності в інших випадках (наприклад, при наступній подачі бетонної суміші в конструкцію бетононасосами) на будівельному майданчику суміш вивантажують у спеціальні перевантажувачі, оснащені гвинтовим конвеєром чи змішувальним барабаном.

Безпосередньо з автотранспортних засобів подають бетонну суміш у конструкції, розташовані на рівні землі, чи неглибокі малооб'ємні, а з автобетонозмішувачів — також у невисокі (до 3 м) малооб'ємні. Це найбільш ефективний спосіб, який не потребує додаткових засобів і пристосувань (рис.7.2, а).

Безпосередньо розвантажують суміші з автотранспортних засобів також при бетонуванні масивних заглиблених конструкцій (фундаментів доменної печі, прокатного стану тощо) з улаштуванням для заїзду автотранспорту естакад і пересувних мостів (рис. 7.2, в). Бетонну суміш розвантажують у конструкцію без додаткових пристосувань, якщо висота скидання суміші до 3 м. Якщо висота скидання суміші більша, для запобігання її розшаруванню

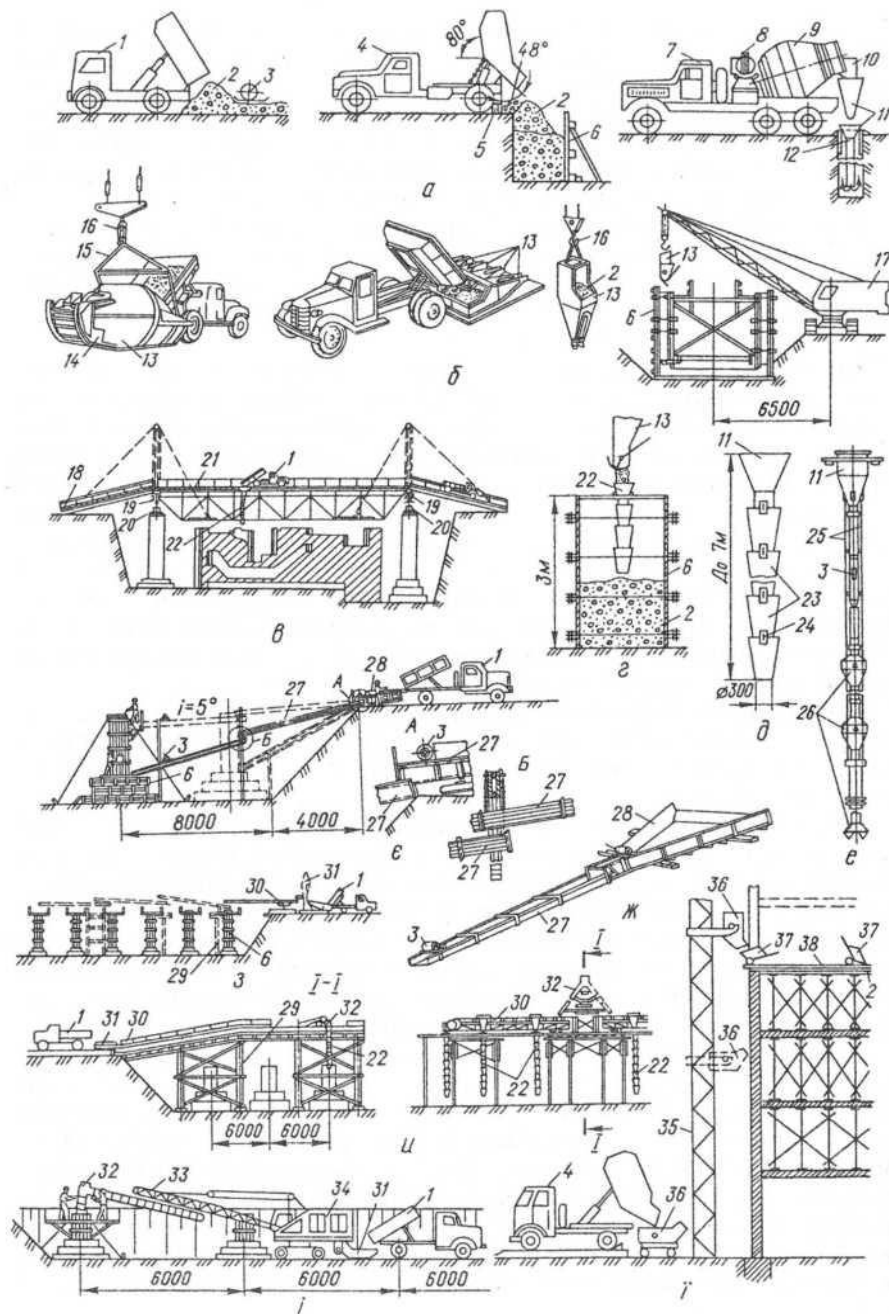


Рис.7.2. Транспортування й подавання бетонної суміші в конструкції: *а* — автотранспортні засоби для перевезення бетонної суміші та подавання її безпосередньо в конструкції підлог, стрічкових фундаментів та буронабивних паль; *б* — подавання бетонної суміші в бадях краном; *в* — те саме, в масивний фундамент з пересувного мосту; *г* — те саме, в конструкцію із застосуванням ланкового хобота; *д* — ланковий хобот; *е* — віброхобот; *є* — подавання бетонної суміші в фундаменти під колони віброконвеєром; *ж* —

віброживильник і віброжолоб; *з* — подавання бетонної суміші в фундаменти під колони стрічковим конвеєром; *и* — те саме, стаціонарним конвеєром; *і* — те саме, стрічковим бетоноукладальником; *ї* — подавання бетонної суміші підйомником для бетонування перекриття; *1* — автосамоскид; *2* — бетонна суміш; *3* — вібратор; *4* — автобетоновоз; *5* — відбійний брус; *6* — опалубка; *7* — автобетонозмішувач; *8* — бак для води; *9* — бетонозмішувальний барабан; *10* — лотік; *11* — приймальний бункер; *12* — бетонолитна труба; *13* — бадді; *14* — заслінка; *15* — підвіски; *16* — гак крана; *17* — самохідний кран; *18* — в'їзний пандус; *19* — котки пересувного мосту; *20* — рейки; *21* — міст; *22* — ланковий хобот; *23* — ланки хобота; *24* — кріплення ланок; *25* — троси; *26* — уповільнювачі; *27* — віброжолоб; *28* — віброживильник; *29* — опора конвеєра; *30* — секція конвеєра; *31* — перевантажувальний бункер; *32* — розвантажувач; *33* — телескопічний конвеєр бетоноукладальника; *34* — бетоноукладальник; *35* — підйомник; *36* — роздавальний бункер; *37* — тачка; *38* - катальні ходи

застосовують ланкові хоботи з приймальним бункером (рис. 7.2, *г, д*) чи віброхоботи (рис. 7.2, *е*). З нарощуванням шарів укладеного бетону нижні ланки хоботів знімають. Застосування бетоновозних естакад та пересувних мостів забезпечує високу інтенсивність бетонування (до 60-80 м<sup>3</sup>/год), знижує трудомісткість робіт, але вартість їх досить значна.

### **7.2.2. Подавання бетонної суміші**

При бетонуванні різноманітних наземних та підземних конструкцій з інтенсивністю робіт до 20 м<sup>3</sup> на добу бетонну суміш транспортують у баддях місткістю 0,5-3 м<sup>3</sup> (рис. 7.2, *б*) і подають кранами.

Баддя — це зварна металева конструкція, яка має корпус, каркас, заслінку, важіль. Бадді бувають поворотні та неповоротні. Неповоротні бадді застосовують у разі потреби подавання бетонної суміші невеликими порціями (в колони, стіни незначної товщини). Більш поширені поворотні бадді, які

заповнюють бетонною сумішшю з транспортних засобів у горизонтальному положенні. При підйомі краном така баддя займає вертикальне положення, в якому її переміщують до місця бетонування і вивантажують. Для полегшення розвантаження на бадді інколи встановлюють вібратор.

Стрічкові пересувні конвеєри доцільно застосовувати для подавання бетонної суміші У невеликі (площею 5-8 м<sup>2</sup>) монолітні конструкції (рис.7.2, з, іі). Конвеєри мають довжину 6-15 м і ширину стрічки 400-500 мм і можуть подавати бетонну суміш на висоту 1,5-4 м. Вони устатковані живильниками, які забезпечують рівномірне подавання суміші на стрічку, і пристроями, що очищають стрічку від налипання цементу. Для вивантаження суміші з конвеєра застосовують напрямні двобічні щитки чи лійку не менше ніж 0,6 м заввишки. Вільне скидання бетонної суміші з конвеєра не допускається.

Для запобігання розшаруванню бетонної суміші при подаванні стрічковим конвеєром її рухливість беруть не вище ніж 6 см. Кути нахилу стрічки не повинні перевищувати 18° при підніманні суміші рухливістю до 4 см, 15° — рухливістю до 6 см, а при опусканні суміші — відповідно 12° і 10°. Швидкість руху стрічки 1-3 м/с.

Під час використання пересувних стрічкових конвеєрів можна досягти значної продуктивності подавання бетонної суміші (до 30 м<sup>3</sup>/добу), але вони не забезпечують розподіл бетонної суміші в конструкції, яку бетонують. Тому в процесі бетонування слід переставляти конвеєр, а це викликає перерви при бетонуванні, підвищує трудомісткість та подовжує терміни робіт.

Стрічкові бетоноукладальники застосовують для зведення масивних конструкцій (фундаментів, плит тощо) з інтенсивністю бетонування 20-30 м<sup>3</sup>/добу. Це машини, які мають устаткування для приймання бетонної суміші, подавання до місця укладання (стрічкові конвеєри), змонтоване на самохідній чи причіпній основі (рис.7.2, і).

Бетоноукладальники бувають із стаціонарною неповоротною та поворотною висувною (телескопічною) стрілою, за допомогою якої механізується процес розподілу бетонної суміші в монолітній конструкції.

Бетонна суміш подається телескопічним бетоноукладальником у будь-яке місце в плані на відстань 3-20 м, з поворотом до 360°, на висоту до 8 м чи вниз під кутом до 10°.

Вібраційними установками подають бетонну суміш рухливістю 4-12 см вниз під кутом 5-20° на відстань до 30 м при бетонуванні невеликих у плані конструкцій. До складу вібраційних установок входять віброживильник, віброжолоб та опорні елементи (рис.7.2, є, ж).

Віброживильник призначається для приймання бетонної суміші з автотранспортних засобів і подавання її на вібротік. Це трикутний у плані зварний ящик, обладнаний вібратором та секторним затвором з боку вихідного отвору. Встановлюють віброживильник під кутом його дна до поверхні землі 5-10° у бік подавання суміші. Вібротік 4-6 м завдовжки встановлюють під кутом 5-20° і прикріплюють на пружинних підвісках до інвентарних опор.

### **7.2.3. Трубопровідне транспортування бетонної суміші**

Трубопровідне транспортування бетонної суміші застосовують здебільшого в межах будівельного майданчика. Розрізняють транспортування бетононасосними установками та пневмотранспортування.

Транспортування **бетононасосними установками** використовують у разі подавання бетонної суміші в усі види монолітних конструкцій, у тому числі в місця, недосяжні для інших засобів. Бетононасосні установки включають бетононасоси, бетоноводи і засоби розподілення суміші. Вони бувають трьох основних видів; **стаціонарні**, **причіпні** та **самохідні** (рис.7.3, б, д, е).

Стаціонарні установки продуктивністю 20-40 м<sup>3</sup>/год і більше використовують при значних обсягах бетонних робіт (5000-10 000 м<sup>3</sup>). При обсягах робіт 500-1000 м<sup>3</sup> застосовують як стаціонарні, так і причіпні установки продуктивністю 10 м<sup>3</sup>/год. Для бетонування розосереджених конструкцій об'ємом не менше ніж 50 м<sup>3</sup>, а також подавання бетонної суміші в

розосереджені важкодоступні місця доцільно застосовувати причіпні установки і самохідні — автобетононасоси.

**Бетононасоси** — високопродуктивні машини (10-80 м<sup>3</sup>/год), які призначені для безперервного подавання бетонної суміші по трубах (бетоноводах) на відстань 250-400 м по горизонталі на висоту 50-100 м.

Найбільш поширені поршневі бетононасоси з механічним і гідравлічним приводом (рис, 7.3, а). Останні мають такі переваги: менш динамічні навантаження на механізми і деталі насоса і бетоноводу, а також гарантований максимальний тиск, перевищення якого виключається.

Бетоноводи складаються з окремих прямих ланок 0,3-3 м завдовжки і колін відводів) з кутом повороту 90°, 45, 30, 22,5 і 15°. Ланки і коліна з'єднують між собою за допомогою швидкокорознімних замків з натяжними клинами і гумовими ущільнювачами. Залежно від продуктивності бетононасоса застосовують бетоноводи з внутрішнім діаметром 80-203 мм. Для безперервного подавання суміші діаметр бетоноводу має бути не менше трьох максимальних розмірів заповнювачів.

Прокладають бетоноводи до місця укладання суміші найкоротшим шляхом з найменшою кількістю поворотів. Горизонтальні ланки бетоноводу укладають на опорах чи підкладках, вертикальні і похилі — кріплять до риштувань опалубки, ферм чи забетонованих конструкцій. Слід уникати крутих (90°) поворотів і замінювати вертикальні ділянки похилими. Вертикальну ділянку бетоноводу розташовують не ближче ніж 8-9 м від бетононасоса і встановлюють перед ним клапан, який запобігає зворотному потоку бетонної суміші при зупинці насоса.

Для переміщення бетонної суміші по вертикальних ділянках потрібні більші зусилля проштовхування, ніж по горизонтальних ділянках. Тому при розрахунках відстані подавання суміші беруть, що 1 м вертикального бетоноводу відповідає 8 м горизонтального, а коліна під кутом 90°, 45, 30, 22,5 і 15° — відповідно 12, 7, 5, 4 і 3 м.

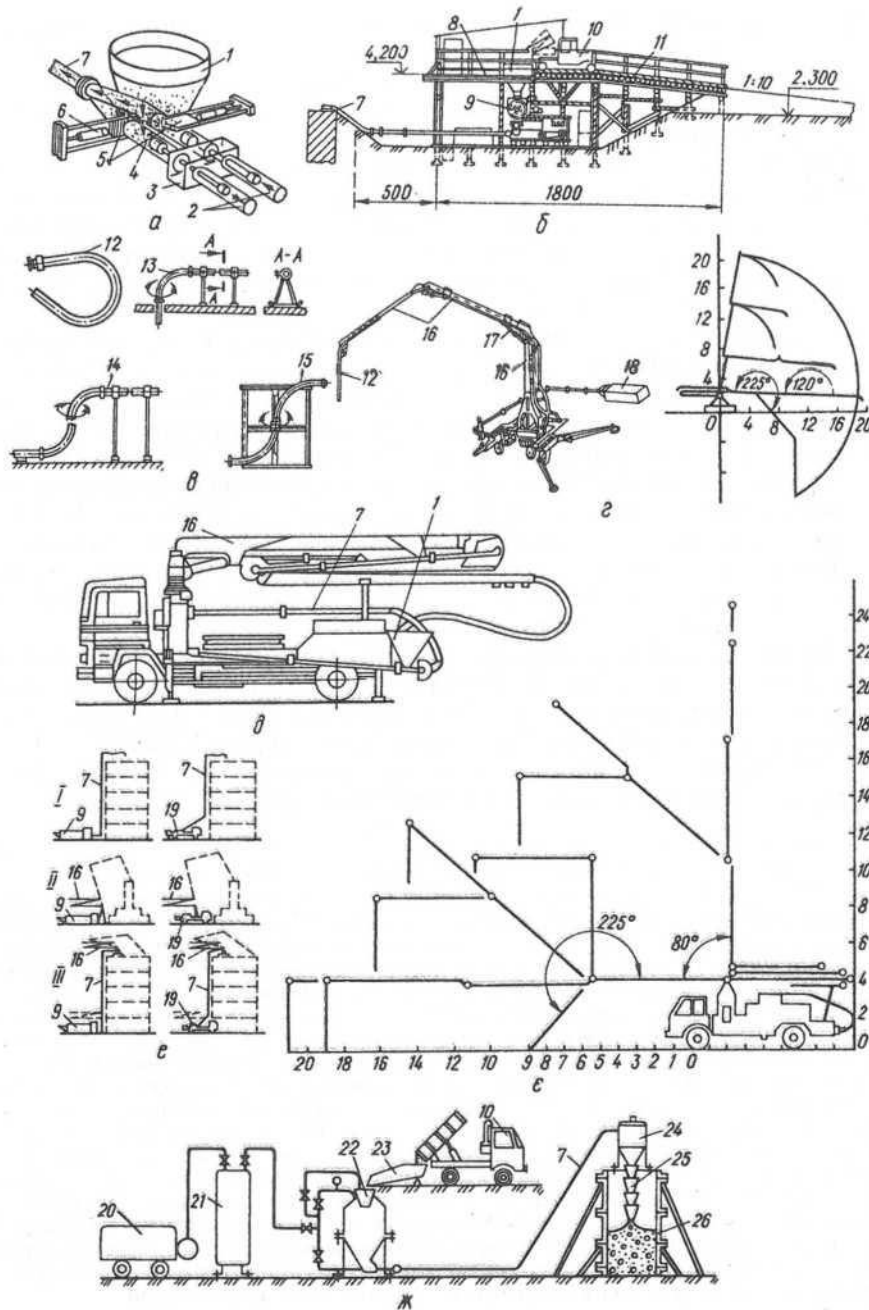


Рис.7.3. - Трубопровідний транспорт для переміщення бетонної суміші: *а* — схема гідравлічного бетононасоса; *б* — схема установки стаціонарного бетононасоса; *в* — засоби для розподілення бетонної суміші; *г* — автономна розподільна стріла і зона її дії; *д* — автобетононасос; *е* — основні типи бетононасосного устаткування; *ж* — зона дії маніпулятора автобетононасоса; *ж* — схема подавання бетонної суміші пневмонагнітачем; *1* — приймальний бункер; *2* — гідроциліндри; *3* — камера з водою для промивання; *4* — транспортний циліндр; *5* — вертикальна і горизонтальна шибєрні пластини; *б* — гідроциліндр шибєрної пластини; *7* — бетоновід; *8* — настил; *9* —

стаціонарний бетононасос; 10 — автобетоновоз; 11 — в'їзний пандус; 12 — гнучкий рукав; 13, 14 — поворотні коліна; 15 — обертовий розподільник; 16 — шарнірно-зчленована стріла; 17 — гідроциліндр; 18 — противага; 19 — автобетононасос; 20 — компресор; 21 — ресивер; 22 — пневмонагнітач; 23 — віброживильник; 24 — уповільнювач; 25 — хобот; 26 — опалубка

Засоби для розподілення бетонної суміші забезпечують її укладання в межах певної площі. До них належать гнучкі рукави, поворотні коліна, кругові розподільники і розподільні стріли (рис.7.3, в, з). Для спускання суміші застосовують також лотоки і хоботи.

Гнучкі розподільні гумотканинні рукави 5-12 м завдовжки застосовують на бетоноводах діаметром 80-125 мм. Вони дають змогу розподіляти бетонну суміш у радіусі до 8 м.

Бетоноводи більших діаметрів устатковують поворотними лотоками чи колінами по 3 м завдовжки. Поворотними колінами забезпечують переміщення вільного кінця бетоноводу по колу.

Обертовий розподільник має два шарнірно-зчленованих коліна і підставку. Його застосовують переважно при бетонуванні циліндричних споруд.

Розподільні стріли — це спеціалізоване устаткування для переміщення вихідного кінця бетоноводу в зону укладання бетонної суміші. Стріли складаються з 2-5 шарнірно-зчленованих ланок з прикріпленим бетоноводом, що мають гідравлічний привід розкладання їх у вертикальній, а інколи в горизонтальній площі, поворотного устаткування та гумотканинного рукава на кінці бетоноводу. Бувають стаціонарними або причіпними.

**Автобетононасоси** — установки з бетононасосом і розподільною шарнірно-зчленованою, гідравлічною повноповоротною стрілою, що змонтовані на шасі автомобіля (рис.7.3, д). Мобільність та можливість подавання бетонної суміші в межах значної зони (на відстань до 27 м і висоту до 23 м) забезпечують високу ефективність їх при бетонуванні різноманітних

конструкцій (рис.7.3, е). Автобетононасоси можна застосовувати також із стаціонарним бетоноводом для подавання бетонної суміші на відстань до 300 м по горизонталі і до 60 м по вертикалі.

**Основні вимоги при транспортуванні бетонної суміші бетононасосними установками** полягають у забезпеченні потрібної властивості суміші й дотриманні правил експлуатації устаткування.

Нормальна експлуатація установок забезпечується при транспортуванні бетонних сумішей рухливістю 5-15 см, що відповідає вимогам легкоперекачуваності — можливості її переміщення по трубопроводу на максимальні відстані без розшаровування й утворення пробок. Особливу увагу звертають на правильне співвідношення фракцій суміші, її гранулометричний склад.

Перед подаванням бетонної суміші треба змастити внутрішню поверхню бетоноводу вапняним тістом чи пластичним цементно-піщаним розчином складу 1:2. Для цього в ланку бетоноводу біля бетононасоса встановлюють гумові кулі чи пижі з мішковини і вливають розчин у простір між ними. Таким чином, рухаючись попереду бетонної суміші, розчин змащує поверхню труби.

Слід уникати перерв у подаванні бетонної суміші більше ніж на

15-20 хв. Якщо тривалість перерви 30-60 хв, треба через кожні 10 хв прокачувати суміш протягом 10-15 с. При більших перервах та після закінчення бетонування бетоновід промивають.

**Пневмотранспортування бетонної суміші** забезпечує доставлення бетону у важкодоступні місця, простоту керування процесом і сприятливі умови для його автоматизації. Є такі способи пневмотранспортування бетонної суміші: в сухій суміші тверді частинки матеріалу обтікаються повітряним потоком і в завислому стані переносяться по трубопроводу; жорстка бетонна суміш переміщується методом порційного подавання в трубовід, де відсічені порції бетонної суміші рухаються під тиском стисненого повітря; рухома в'язкопластична суміш транспортується суцільним потоком через проштовхування.

Для транспортування сухої суміші використовують *цемент-гармати* і *набризк-машини*. Ці машини застосовують і для бетонування методом торкретування. Транспортування бетонних сумішей у готовому вигляді виконують розчинонасосами з пневматичною приставкою, а також камерними пневмонагнітачами.

*Камерний пневмонагнітач* — це зварний резервуар грушоподібної форми, який у верхній частині має герметичний затвор для подавання бетонної суміші, а в нижній — горловину для витоку суміші під дією стисненого повітря.

Пневмонагнітачі можуть транспортувати бетонну суміш на відстань до 150 м по горизонталі і на висоту до 30-35 м. їхній недолік — динамічний удар бетонної суміші по арматурному каркасу, конструкціях опалубки і підтримувальних риштуваннях, що обмежує використання пневмонагнітачів. Для запобігання цьому на кінцях бетоноводів установлюють уповільнювачі, що послаблюють тиск суміші, яка через гнучкий рукав подається в блок бетонування (рис.7.3, ж).

## **7.3. Бетонування конструкцій**

### **7.3.1. Загальні відомості**

Процес бетонування складається з підготовчих, основних і допоміжних операцій та контрольних заходів.

*Підготовчі операції* виконують до початку укладання бетонної суміші. Вони призначені для створення зручних і безпечних умов виконання робіт відповідно до проекту виконання робіт; усунення дефектів опалубки й арматури, які можуть утворитися під час непередбачених перерв між улаштуванням їх і початком укладання бетонної суміші; забезпечення потрібної якості поверхні основи чи суміжного, раніше забетонованого блока та опалубки.

**Основні операції** — це приймання, укладання та ущільнення бетонної суміші. Бетонна суміш при цьому має набрати зумовленої опалубкою відповідної проектної форми і заповнити всі проміжки між арматурними елементами та між ними і поверхнею опалубки; набути потрібної щільності та однорідності в об'ємі всієї монолітної конструкції.

**Допоміжні операції** полягають в обслуговуванні технічних засобів: підготовці, установленні та переміщенні машин, механізмів і пристосувань в усіх взаємозв'язаних операціях бетонування. В кінці зміни інвентар, механізми та пристосування відчищають від напливів бетону, промивають бетоноводи.

**Контрольні заходи** мають важливе значення щодо забезпечення високої якості монолітної конструкції та створення безпечних умов виконання робіт.

Насамперед до початку бетонування треба перевірити якість робіт і конструкцій, що зроблені до бетонування.

Перевіряють підготовлену природну основу, виконання гідроізоляційних робіт, правильність установлення арматури і закладних деталей, анкерів, каналоутворювачів, тобто ті елементи, які закриваються в процесі бетонування, й оформляють акти на приховані роботи, які підтверджують якість виконання їх. Акти на приховані роботи мають бути підписані відповідальними особами і є звітними документами.

Опалубку і підтримувальні риштування уважно оглядають, перевіряють надійність улаштування стояків риштувань, підкладок під ними, кріплень, а також відсутність щілин в опалубці, наявність пробок, передбачених проектом. Перевіряють також розміри, вертикальність і горизонтальність елементів опалубки. Необхідність огляду і перевірки зумовлюється можливістю здимання основи, усихання і жолоблення дерев'яних елементів.

Перед укладанням бетонної суміші перевіряють її рухливість чи жорсткість та однорідність, а при бетонуванні взимку — також температуру. Для оцінки міцності бетону виготовляють зразки — кубики, які потім зберігають в умовах, що схожі з умовами вистоювання бетону в конструкції, та випробовують.

Під час укладання бетонної суміші стежать за станом риштувань і опалубки. Якщо виявлено зміщення чи деформації опалубки, бетонування зупиняють і виправляють дефекти.

Дані контролю за виконанням процесу бетонування кожен зміну записують у журнал бетонних робіт. У ньому зазначають дату виконання робіт, їх обсяги, властивості бетонної суміші, дату виготовлення і кількість контрольних зразків, температуру повітря і суміші, тип опалубки і дату розпалублення конструкцій.

**Підготовчі роботи.** Перед прийманням бетонної суміші підготовляють під'їзні шляхи, настили, місця розвантаження й устаткування.

Арматуру, закладні деталі й анкерні болти очищають від бруду та іржі, що відшаровується. Різьбу анкерних випусків оберігають від забруднення бетонною сумішшю, змащуючи солідолом і покриваючи мішковиною чи іншим матеріалом.

Опалубку очищають від бруду та сміття. Внутрішню поверхню інвентарної опалубки змащують спеціальними мастилами для зниження зчеплення з нею бетону і поліпшення якості поверхні бетону монолітної конструкції. Поверхню дерев'яної і незнімної бетонної, залізобетонної та армоцементної опалубки змочують, запобігаючи цим втрачання вологи в шарах бетонної суміші, які прилягають до опалубки, і тим самим погіршенню в них умов твердіння та набрання міцності.

Ґрунтові основи, на які укладатимуть бетонну суміш, слід очистити від мулових, торф'яних та інших ґрунтів органічного походження. Перебори ґрунту нижче проектної позначки заповнюють піском і ущільнюють.

Для забезпечення міцного з'єднання між затверділим бетоном і новоукладеним горизонтальні та похилі поверхні бетону очищають від цементної плівки, застосовуючи механічні щітки чи гідропіщаноструменеві установки. Безпосередньо перед бетонуванням на поверхню бетонної основи укладають тонкий шар цементно-піщаного розчину у співвідношенні 1 : 3.

На робочих місцях розміщують потрібний інвентар, улаштовують огорожі та запобіжні й захисні пристрої, передбачені технікою безпеки.

### **7.3.2. Укладання бетонної суміші**

Залежно від виду монолітних конструкцій, легкоукладальності бетонної суміші і прийнятих на основі цього засобів для її ущільнення бетонну суміш укладають або горизонтальними, похилими та східчастими шарами (рис.7.4, *и*), або окремими смугами-картами в один шар (рис.7.4, *є, ж*), або одночасно на всю висоту конструкції чи блока бетонування.

**Шарами** укладають бетонну суміш у разі потреби забезпечення її одночасного ущільнення вібраційним устаткуванням. Рухливість бетонної суміші при цьому становить 0-10 см залежно від виду, масивності та густини армування конструкції. Так, суміш рухливістю 1-3 см укладають у масивні малоармовані конструкції, рухливістю 4-6 см — у каркасні густоармовані масивні конструкції і стіни, 7-10 см — у тонкі та густоармовані конструкції стін, каркасів тощо.

Товщину горизонтальних шарів в основному визначають засобами для ущільнення. У разі використання важких підвісних вертикально розміщених вібраторів товщина шару має бути на 5-10 см менша за довжину робочої частини вібратора. При застосуванні похило розміщених вібраторів товщина шару має дорівнювати вертикальній проекції робочої частини вібратора, а при застосуванні ручних глибинних вібраторів не повинна перевищувати 1,25 довжини їхньої робочої частини. В разі ущільнення поверхневими вібраторами товщину шару укладуваної суміші беруть до 250 мм у конструкціях з одинарним і до 120 мм — з подвійним армуванням. Шарами такої товщини укладають бетонну суміш для монолітних бетонних підготовок під підлоги та дороги, а також плитних конструкцій (плит перекриття тощо) до 250 мм завтовшки.



*a* — у колони до 5 м заввишки; *б* — те саме, більше ніж 5 м заввишки; *в* — те саме, з густою арматурою балок; *з, д* — у густоармовані стіни понад 3 м заввишки; *е* — у східчасті фундаменти; *є* — у великорозмірну плиту окремими смугами-картами; *ж* — те саме, в підготовку підлоги; *з* — правила укладання суміші в шар масиву бетоноводом і баддею; *и* — схеми укладання суміші горизонтальними (*I*), похилими (*II*) і східчастими шарами (*III*); *1* — опалубка; *2* — хомут; *3* — баддя; *4* — глибинний вібратор з гнучким валом; *5* — вивантажувана бетонна суміш; *6* — укладуваний шар бетонної суміші; *7* — раніше укладений шар бетонної суміші; *8* — приймальний бункер; *9* — ланки хобота; *10* — зовнішній вібратор; *11* — кармани; *12* — арматура; *13* — рукав бетоноводу; *14* — смуга-карта; *15* — роздільна смуга; *16* — підстильний шар; *17* — поперечна дошка; *18* — напрямні дошки («маяки»); *19* — кілки; *20* — поверхневий вібратор-віброрейка; *21* — автосамоскид

**На всю висоту** конструкції чи блока бетонування укладають бетонну суміш рухливістю 16-24 см, для отримання якої застосовують суперпластифікатори. Суміш розподіляється та ущільнюється в конструкції під дією власної ваги.

Застосовують також напірний метод укладання суміші рухливістю 12-24 см, який полягає в безперервному нагнітанні її напірним бетоноводом у конструкцію під дією гідродинамічного тиску, що досягається нагнітальним устаткуванням — бетононасосом.

Суміш меншої рухливості (4-10 см) укладають одночасно на всю висоту конструкції, де опалубка оснащена зовнішніми вібраторами.

Основні вимоги до укладання бетонної суміші полягають у забезпеченні монолітності й однорідності бетону в конструкції. Для цього бетонну суміш треба укласти безперервно в межах конструкції чи окремих ділянок (блоків, ярусів) бетонування, які назначають з урахуванням впливу температурних і усадкових деформацій. Крім того, слід дотримуватись умов нерозшаровування

суміші в процесі роботи та умов примикання до раніше укладеного бетону окремих блоків.

Безперервність укладання бетонної суміші забезпечується, якщо наступний шар укладають до початку тужавлення цементу попереднього.

Бетонну суміш у конструкції та окремі блоки бетонування укладають в основному горизонтальними шарами в одному напрямку. Умови монолітності при цьому забезпечуються за певної інтенсивності укладання суміші.

Для забезпечення мінімальної інтенсивності бетонування масивних конструкцій при значній площі блока суміш укладають східчастими шарами. Ширину смуг (східців) визначають із умов зручності укладання та ущільнення суміші і беруть 2,5-5 м. Укладають бетонну суміш по смугах в одному напрямку.

При бетонуванні масивних конструкцій до 2 м завтовшки бетонну суміш укладають також похилими шарами.

Слід урахувати, що під час укладання суміші похилими шарами погіршуються однорідність бетону та якість поверхні його внаслідок погіршення умов ущільнення суміші.

Інколи за технологічними, організаційними чи іншими умовами виникає потреба у перервах, тривалість яких перевищує термін тужавлення цементу в укладеній бетонній суміші. У цих випадках для забезпечення монолітності конструкції укладання суміші поновлюють не раніше ніж через 7 год, якщо раніше укладений бетон набрав потрібної початкової міцності. На поверхні стику раніше укладеного бетону з новим улаштовують спеціальний робочий шов. Не допускається влаштування робочих швів у конструкціях, які сприймають динамічні навантаження.

Необхідність урахування впливу *температурних і усадкових деформацій* зумовлює укладання бетонної суміші в конструкції окремими блоками (ярусами). У суміжних блоках (ярусах) суміш укладають послідовно, з технологічними перервами для усадки бетону в раніше забетонованому блоці. Такі технологічні перерви можуть бути від 40 хв до 2 год, тобто до початку

тужавлення цементу в попередньому блоці бетонування, що забезпечує умови монолітності влаштування конструкції, та 7 годі більше, коли роблять робочий шов.

У разі влаштування масивних фундаментів під устаткування, товстих фундаментних плит тощо розміри блоків визначають з умови максимального зниження впливу температурних деформацій, що зникають від підвищення температури бетону при його твердінні з урахуванням конструктивного рішення масиву і його армування. Звичайно вони не перевищують  $60 \text{ м}^2$  у плані і 4,5 м у висоту. Бетонну суміш у замикальний блок укладають після твердіння, охолодження й усадки бетону суміжних блоків.

При динамічних навантаженнях на конструкції розподіл на блоки бетонування недопустимий.

У процесі влаштування масивних армованих плит 0,15-1,5 м завтовшки, бетонних підготовок під підлоги та дороги бетонну суміш укладають окремими смугами-картами в один шар. Ширину смуг-карт беруть 3-4 м для плит до 0,5 м завтовшки і підготовок під підлоги і дороги та 5-10 м — для плит більшої товщини з проміжками між ними 1- 1,5 м. Бетонну суміш послідовно укладають у відокремлені смуги-карти, а в проміжки — після усадки бетону конструкції до 0,5 м завтовшки та твердіння бетону суміжних смуг більшої товщини і влаштування між ними робочого шва.

Для забезпечення **нерозшаровування** бетонної суміші при укладанні обмежують висоту її вільного скидання з транспортних засобів у конструкцію до 3-6 м. Якщо висота скидання більша, застосовують ланкові хоботи чи бетоноводи(рис.7.4, *г, е*). Допускається скидати бетонну суміш з висоти до 5 м у колони (рис.7.4, *а*). Якщо висота колон більша, застосовують ланкові хоботи чи укладають суміш ярусами через бокові вікна в опалубці (рис.7.4, *б, в*).

При укладанні суміші в стіни понад 4,5 м заввишки застосовують ланкові хоботи або подають суміш через карман з отвором в опалубці, влаштованим з одного боку стіни. У густоармовані стіни та конструкції бетонну суміш

укладають ярусами до 3,0 м заввишки, подаючи її через кармани в опалубці чи зверху (рис.7.4, б, в).

До укладання бетонної суміші в стіни доцільно на основу вкласти 100-200-міліметровий шар цементного розчину складу 1 : 2 чи 1 : 3 або дрібнозернистої бетонної суміші. В процесі влаштування колон товщина такого нижнього шару становить до 300 мм. Надалі при укладанні бетонної суміші частина крупного щебеню втоплюється в цей шар, унаслідок чого забезпечується однорідність укладеного бетону.

Для запобігання розшаруванню не допускається подвійне перекидання суміші під час її розподілення в конструкції.

### **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. Які операції містить процес приготування бетонної суміші?
2. Як заводи та установки поділяються за способами приготування бетонної суміші?
3. Назвіть основне технологічне устаткування для приготування бетонної суміші.
4. За якими схемами комплектують устаткування для приготування бетонної суміші?
5. Як заводи та установки для приготування бетонної суміші розрізняють за місцем розташування?
6. Як розрізняють бетонозмішувачі за режимом роботи?
7. Як розрізняють бетономішувачі за принципом змішування?
8. Яка технологія приготування бетонної суміші?
9. За якими схемами здійснюють транспортування бетонної суміші залежно від застосовуваних засобів?
10. Які основні технологічні вимоги до транспортування бетонної суміші?
11. Як здійснюється розвантаження бетонної суміші?
12. Як здійснюється подавання бетонної суміші?

13. Коли застосовують трубопровідне транспортування бетонної суміші?
14. Як здійснюється трубопровідне транспортування бетонної суміші?
15. Назвіть засоби для розподілення бетонної суміші при трубопровідному транспортуванні.
16. З яких операцій складається процес транспортування?
17. Назвіть склад підготовчих робіт при бетонуванні.
18. Як здійснюється укладання бетонної суміші?
19. Від чого залежить вибір способу укладання бетонної суміші?
20. У чому полягають основні вимоги до укладання бетонної суміші?

## **ЛЕКЦІЯ 8**

**Тема 1. Бетонування конструкцій (продовження)**

**Тема 2. Вистоювання бетону і догляд за ним**

**Тема 3. Контроль міцності бетону**

**Тема 4. Розпалублення конструкцій.**

**Тема 5. Виконання бетонних робіт в зимових умовах**

**Тема 6. Виконання бетонних робіт в умовах сухого жаркого клімату**

### **8.1. Бетонування конструкцій (продовження)**

**8.1.1. Ущільнення бетонної суміші.** Під час приготування, транспортування й укладання бетонна суміш перебуває в нещільному стані. Поміж частинками заповнювачів є вільний простір, заповнений повітрям. Забезпечення міцності й довговічності бетону досягається при його щільній і однорідній структурі. Тому негайно після подання порції бетонної суміші в конструкцію її ущільнюють.

В основному бетонну суміш ущільнюють вібруванням. У деяких випадках застосовують ущільнення штикуванням, трамбуванням та коткуванням. Для подальшого підвищення фізико-механічних властивостей бетону та за певних умов виконання робіт відразу після віброущільнення суміші застосовують вакуумування бетону.

Вібрування бетонної суміші засноване на поширенні в ній механічних коливань у вигляді хвиль, що створюють динамічний тиск. Під дією їх суміш немовби розріджується, стає рухливою і текучою, частинки заповнювачів, хитаючись і осідаючи в цементному розчині, щільно прилягають одна до одної, із суміші виводиться повітря.

Вібруванням ущільнюють бетонну суміш рухливістю 0-9 см. Якщо рухливість суміші більша, енергія коливань викликає більш значне осідання крупних заповнювачів, що призводить до її розшарування.

Тривалість вібрування становить 30-100 с. За цей час (залежно від умов вібрації) закінчується осідання бетонної суміші і на поверхні бетону виникають цементне молоко і бульки повітря, що свідчить про необхідність закінчення дії вібрації. Подальше вібрування може призвести до розшарування суміші внаслідок осідання крупних частинок.

Після закінчення дії вібрації властивості бетонної суміші значно змінюються. Вона отримує певну структуру, що має деяку міцність (наприклад, робітник уже може переміщуватись на поверхні бетону, не порушуючи його структури).

Міра ущільнення бетонної суміші відповідає узгодженості її складу та рухливості, параметрам коливань — частоті їх, амплітуді, напрямку та тривалості дії.

Частота коливань вібраторів, які використовуються у будівництві, становить від 2800 до 20 000  $\text{хв}^{-1}$ . Амплітуда коливань взаємозв'язана з частотою і становить для різних вібраторів від 3 до 0,1 мм. Вібратори з частотою до 3500  $\text{хв}^{-1}$  і амплітудою до 3 мм відносять до низькочастотних; ними ущільнюють крупнозернисті бетонні суміші. Середньочастотні і високочастотні вібратори створюють відповідно коливання частотою 3500-9000  $\text{хв}^{-1}$  з амплітудою 1,5-1,0 мм і частотою 10 000-20 000  $\text{хв}^{-1}$  з амплітудою 1,0-0,1 мм. Високочастотне вібрування потребує меншої потужності вібраторів і скорочує тривалість ущільнення дрібнозернистих бетонних сумішей. Для підвищення ефективності ущільнення бетонної суміші із зернами різної величини застосовують полічастотні вібратори з коливаннями низької (до 3600  $\text{хв}^{-1}$ ) і високої (20 000  $\text{хв}^{-1}$ ) частот. Горизонтально напрямлені коливання поширюються в бетонній суміші далі, ніж вертикальні, тому доцільно розміщувати вібратори у товщі ущільнюваної бетонної суміші зі збудженням горизонтальних коливань — це забезпечує краще використання енергії вібрації.

За способами дії на ущільнювану бетонну суміш розрізняють вібратори: глибинні, що передають коливання на бетонну суміш від заглибленого в неї вібронаконечника чи корпусу; поверхневі, які передають коливання через

робочу площадку, встановлену на поверхні бетонної суміші; зовнішні, що закріплені на зовнішньому боці опалубки і передають коливання на бетонну суміш через опалубку.

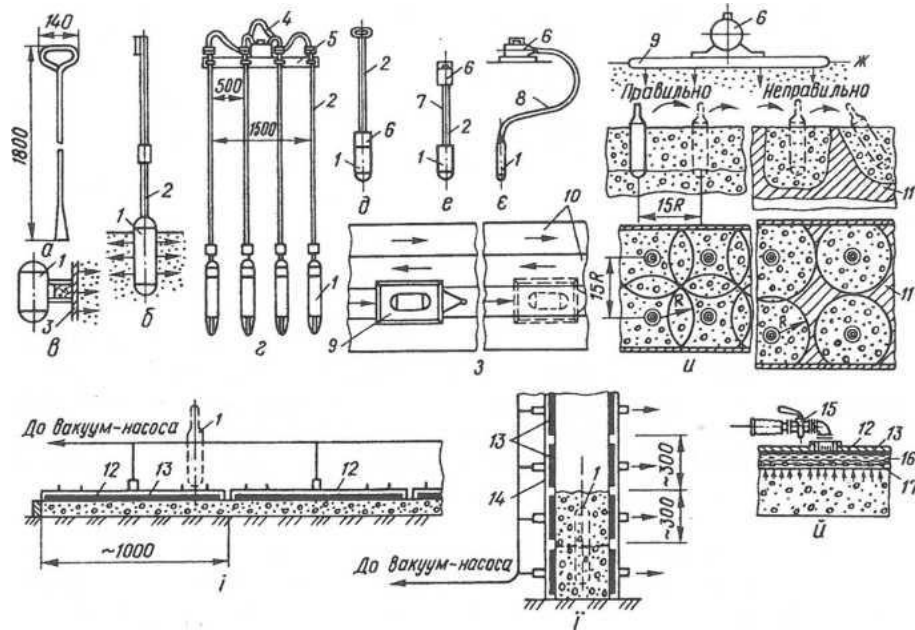


Рис.8.1. Засоби ущільнення та схеми ущільнення і вакуумування бетонної суміші:

*a* — шурник; *б* — глибинний (внутрішній) вібратор; *в* — зовнішній вібратор; *г* — пакет глибинних вібраторів; *д* — глибинний вібратор з двигуном, улаштованим у наконечник; *е* — те саме, з двигуном, винесеним до держака; *є* — те саме, з гнучким валом; *ж* — поверхневий вібратор; *з* — схема пересування поверхневого вібратора; *и* — схема переставляння глибинного вібратора; *і* — схема вакуумування плити; *і'* — схема вакуумування стіни; *й* — будова вакуум-щита; *1* — корпус вібратора; *2* — штанга; *3* — опалубка; *4* — підвіска; *5* — зажим; *6* — двигун; *7* — штанга з жорстким валом; *8* — гнучкий вал; *9* — металева площадка; *10* — смуги пересування вібратора; *11* — непровібровані ділянки бетону; *12* — вакуум-щити; *13* — вакуум-порожнина; *14* — вакуум-опалубка; *15* — триходовий кран; *16* — фільтрувальна тканина; *17* — плетена сітка

**Глибинні вібратори** (рис.8.1, б) виконують з електро- чи пневмодвигуном, улаштованим у робочий наконечник (рис.8.1, д); з електродвигуном, винесеним до держака (рис.8.1, е); з винесеним до держака двигуном і гнучким валом (рис.8.1, є). Глибинні вібратори з улаштованим у робочий корпус віброзбуджувачем — вібробулави — мають діаметр 75, 100, 114, 133 мм і довжину від 420 до 500 мм; частота коливань — від 5300 до 12 000 хв<sup>-1</sup>; їх застосовують при ущільненні бетонної суміші в мало- і середньоармованих масивних конструкціях (відстань між стрижнями арматури відповідно більше ніж 300 мм і від 100 до 300 мм).

Вібратори з гнучким валом оснащують вібронаконечниками діаметром 28, 38, 51 та 76 мм, довжиною від 360 до 440 мм; частота коливань — 10 000-20 000 хв<sup>-1</sup>. Ними ущільнюють бетонну суміш у густоармованих (відстань між стрижнями до 100 мм) і середньоармованих конструкціях.

Від положення вібронаконечника в шарі бетонної суміші істотно залежить ефективність процесу ущільнення. Робочий наконечник частково (на 5-10 см) заглиблюють вертикально чи під кутом у раніше укладений і ще не затверділий шар бетону. Для якісного ущільнення в місці стику свіжоукладеного шару бетонної суміші з раніше укладеним та підвищення продуктивності ручного ущільнення глибинний вібратор слід заглиблювати під кутом 30-35° до горизонту.

Після ущільнення бетонної суміші на одній позиції вібратор переміщують на наступну. Відстань між позиціями заглиблення вібратора не повинна перевищувати 1,5 радіуса його дії.

Радіус дії вібратора залежить від рухливості бетонної суміші і виду вібратора; для вібробулав він становить 45-50 см; для вібраторів з гнучким валом — 25-50 см.

У великих масивах і фундаментах бетонну суміш ущільнюють Потужними поодинокими вібраторами і пакетами з 4, 6 чи 8 глибинних вібраторів, які підвішують на гаку крана (рис.8.1, з).

Останнім часом застосовують площинні *глибинні вібратори*, робочою частиною яких є плоска плита, жорстко зв'язана з двома віброзбуджувачами, що обертаються в протилежні боки. Вони самосинхронізуються, збуджуючи напрямлені коливання перпендикулярно до площини плити; при цьому активна зона дії вібратора збільшується в 3 — 4 рази, досягаючи 1,5 м, що дає змогу збільшити продуктивність і якість ущільнення.

*Поверхневі вібратори* застосовують для ущільнення плоских монолітних конструкцій (плит, підготовок, підлог тощо) у тих випадках, коли найбільша глибина ущільнювального шару не перевищує 25 см при однорядному армуванні та 12 см — при дворядному. За більшої товщини конструкцій перші шари бетонної суміші ущільнюють глибинними вібраторами, а поверхневий шар — поверхневими.

Поверхневі вібратори поділяють на віброплити і віброрейки (вібробруси).

*Віброплити* (рис.8.1, ж) мають за робочий орган гладку плиту чи піддон, на якому закріплений віброзбуджувач. За схемою роботи віброплити бувають самопересувні, пересувні, причіпні, переставні й підвісні. Маса плит може становити 0,25-6 т. Плити масою до 2 т обладнують віброзбуджувачами з частотою коливань  $2000-3500 \text{ хв}^{-1}$ , масою 2-6 т —  $1100-1500 \text{ хв}^{-1}$ , масою 6 т і більше — низькочастотними віброзбуджувачами з частотою  $600-1500 \text{ хв}^{-1}$ , що дає змогу збільшити товщину ущільнювального шару бетонної суміші до 0,4 м. Масивні віброплити найчастіше виготовляють за індивідуальними проектами для конкретних умов будівництва.

Швидкість переміщення пересувних віброплит становить 0,9-15 м/хв. Для забезпечення високої однорідності бетонних покриттів товщину укладеної бетонної суміші підбирають так, щоб після її ущільнення досягалась задана товщина шару бетону заданої щільності.

У разі перестановки поверхневого вібратора треба, щоб його робочий орган перекривав суміжну ущільнену смугу не менше ніж на 10 см.

*Віброрейки* (рис.8.1, ж) складаються з двох жорстко з'єднаних брусків з установленими на них одним чи двома віброзбуджувачами. Для переміщення

віброрейок по поверхні ущільнювального шару бетонної суміші застосовують гнучкі тяги з держаками. Кінці віброрейки ставлять на маякові дошки, які обмежують карту укладання і дають змогу отримати більш однорідне ущільнення бетонної суміші. Швидкість переміщення віброрейок при ущільненні становить 1,0-1,25 м/хв.

**Зовнішніми вібраторами** (рис.8.1, в) ущільнюють бетонну суміш у густоармованих конструкціях, стикових з'єднаннях збірних конструкцій. Опалубка, на зовнішню поверхню якої закріплюють електромеханічні вібратори, має бути більш міцною і жорсткою, ніж за інших методів ущільнення. Радіус дії таких вібраторів — 25-80 см, тривалість віброущільнення — 50-90 с.

**Трамбування** виконують ручними і пневматичними трамбівками під час укладання дуже жорстких бетонних сумішей у малоармовані конструкції, а також у тих випадках, коли застосовувати вібратори неможливо через шкідливу дію вібрації на розміщене поряд устаткування.

**Штикування** виконують за допомогою шурників (рис.8.1, в), проштовхуючи ними щебінь між стрижнями арматури під час укладання і вібрування сумішей рухливістю 4-8 см у густоармованих конструкціях, а також сумішей рухливістю більше ніж 10 см для запобігання розшарування їх від дії вібрації.

**Коткуванням** ущільнюють особливо жорсткі малоцементні бетонні суміші при зведенні масивних бетонних конструкцій, переважно в дорожньому, гідротехнічному й аеродромному будівництві. Для ущільнення застосовують котки і віброкотки. Товщина ущільнювального віброкотками шару залежить від маси їх і становить 20-50 см; при застосуванні статичних котків ця величина менша. Кількість проходів котків визначається випробуваннями; звичайно достатньо одного-двох проходів котків із швидкістю 1-2 км/год без вібрації з наступними чотирма — шістьма проходками з вібрацією. Котки масою більше ніж 4 т можуть підходити не ближче 15-20 см до опалубки й інших виступних

елементів. Ущільнення в стиснених умовах виконують малогабаритними котками масою 0,5-2 т.

**Вакуумування** бетонної суміші є одним з ефективних методів впливу на властивості отриманого бетону. Вакуумування дає змогу витягти з укладеної та вже ущільненої вібрацією суміші близько 10-20 % надлишкової (вільної) води. Це значно поліпшує фізико-механічні показники бетону; відразу після вакуумування міцність бетону становить 0,3-0,5 МПа, що достатньо для розпалублення вертикальної поверхні і деяких видів її оброблення; прискорюється твердіння бетону; зменшуються деформації усадки; підвищуються водонепроникність і морозостійкість. Міцність вакуумованого бетону вже через добу дорівнює міцності невакуумованого бетону після 3 діб його твердіння, а через рік перевищує міцність невакуумованого бетону на 15-25 %.

Для вакуумування тонкостінних конструкцій до 250 мм завтовшки застосовують вакуум-щити опалубки, які встановлюють з одного боку конструкції. У масивних конструкціях, балках, колонах, стінах більше ніж 250 мм завтовшки вакуумування виконують за допомогою вакуум-трубок, які розміщують усередині бетону конструкції. На поверхні плит перекриття та підлог розміщують вакуум-мати. Вакуум-щити, трубки та мати з'єднують через всмоктувальні шланги з вакуум-насосами, що створюють розрідження не менше ніж 46,3 кПа(рис.8.1, *i*, *ї*, *й*).

Вакуумування починають не пізніше ніж через 15 хв після закінчення укладання і віброущільнення бетонної суміші. Тривалість вакуумування бетону залежить від міри розрідження, створюваного вакуумним устаткуванням, складу, щільності й рухливості бетонної суміші, масивності вакуумованої конструкції. Так, для бетонної суміші рухливістю

4-6 см при розрідженні 70 кПа і температурі суміші 20° С тривалість вакуумування конструкції 10, 20 і 30 см завтовшки становить відповідно 10, 25 і 55 хв. Процес вакуумування має бути завершеним до початку тужавлення цементу. Для забезпечення закриття пор у бетоні, що виникають під час

вакуумування, відразу після нього виконують повторне вібрування бетонної суміші, що дає змогу підвищити міцність бетону до 20 %. При вакуумуванні та наступному укладанні суміші шарами проміжні шари суміші удруге не вібрують.

**Улаштування робочих швів.** Перерви в укладанні бетонної суміші, що виникають через технологічні та організаційні умови або під впливом випадкових чинників, можуть призвести до порушень монолітності конструкції внаслідок: недостатньої адгезії бетону до поверхні між попереднім та наступно укладеним шаром; порушення зв'язків між частинками тверднучого бетону та арматурою від динамічних зусиль, що виникають при укладанні бетонної суміші наступного шару; різного напрямку деформацій усадки бетону суміжних шарів, що викликають розтяжні зусилля, які послаблюють зону стику. Тому стики між шарами чи блоками бетонування, утворені через перерви в роботі, влаштовують за відповідною технологією і називають робочими швами.

Оскільки робочі шви — послаблене місце в конструкції, їх розташовують там, де несівна здатність конструкції не змінюється (рис.8.2). Так, у прогонових та рамних конструкціях їх розташовують у нульових точках розрахункових ешюр моментів. Робочі шви вертикальних елементів (колони, пілони) мають бути горизонтальними і, як правило, на рівні верху фундаменту і низу прогону, балки чи капітелі та перпендикулярними до граней елемента. У балках, прогонах, плитах робочий шов розміщують вертикально, бо нахилений послаблює конструкцію. Балки та плити бетонують звичайно одночасно, але у високих балках горизонтальний робочий шов розміщують на 20-30 мм нижче нижньої поверхні плити.

Перед відновленням бетонування поверхню вже утвореного бетону обчищають від цементної кірки. При цьому міцність бетону має бути не менше ніж 0,3; 1,5 або 5 МПа при обчищенні відповідно водяним або повітряним струменем; механічною металевою щіткою; гідропіщаним струменем чи металевою фрезою. Оброблену в такий спосіб поверхню зволожують за одну-

півтори години перед укладанням бетонної суміші. На горизонтальну поверхню наносять шар цементного розчину складу 1:3 3-10 см завтовшки.

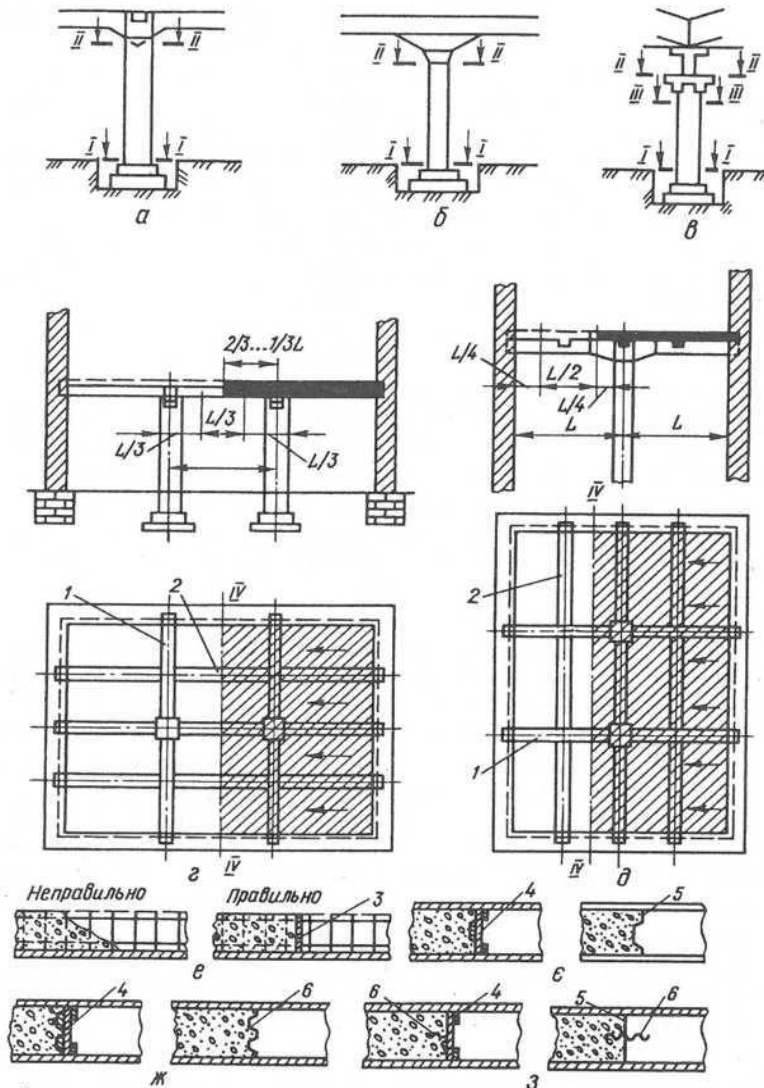


Рис.8.2. - Улаштування робочих швів:

*а* — розташування робочих швів при бетонуванні колон і балок ребристого перекриття; *б* — те саме, колон з безбалковим перекриттям; *в* — те саме, колон з підкрановими балками; *г* — те саме, при бетонуванні ребристого перекриття в напрямку, паралельному балкам; *д* — те саме, в напрямку, паралельному прогонам; *е* — улаштування робочого шва в плитах; *ж, з* — те саме, в стінах; *1* — прогоны; *2* — балки; *3* — дошка; *4* — перегородка в опалубці стіни; *5* — поверхня бетону робочого шва; *б* — мідна гофрована смуга; *I-IV* — місця розташування робочих швів

Бетонування в місцях утворення робочого шва відновлюють після того, як бетон попередньо укладеного шару набере міцності не менше ніж 1,5 МПа, що забезпечує збереження його структури від дії динамічних навантажень. На це в нормальних умовах твердіння і при температурі бетонної суміші 10-15° С потрібно 18-24 год, а при температурі 30° С — не менше ніж 7 год.

### **8.1.2. Спеціальні методи бетонування.**

**Напірне бетонування** — це безперервне нагнітання готової бетонної суміші напірним бетоноводом у конструкцію під дією гідродинамічного тиску. Напірний метод бетонування застосовують при влаштуванні набивних паль, споруд типу «стіна в ґрунті», інших підземних конструкцій у складних гідрогеологічних умовах, у підводному бетонуванні при підвищених вимогах до бетону, а також конструкцій, в які укладання й ущільнення бетонної суміші іншими методами ускладнені. За цим методом застосовують бетонну суміш високої рухливості (12-24 см). Така суміш ущільнюється під дією власної ваги й утворюваного надлишкового тиску.

Опалубку конструкцій, що бетонують напірним методом, розраховують на сприймання додаткового гідродинамічного тиску, вводячи коефіцієнт запасу міцності 1,3-1,5.

Вертикальні конструкції зводять за допомогою автобетононасосів, приєднуючи кінцеву ланку бетоноводу розподільної стріли до напірних бетоноводів. Напірні бетоноводи розміщують вертикально в конструкції, поділені на захватки (блоки) (рис.8.3, а). Відстань між напірними бетоноводами має бути не більше ніж 3-4 м. Висоту ярусів бетонування визначають з умови забезпечення завершення бетонування блока до початку тужавлення суміші в суміжному попередньо забетонованому блоці. Для кращого зчеплення бетону суміжних блоків між ними установлюють металеву сітку, що відіграє роль незнімної опалубки. За незначних розмірів конструкції в плані (до 4 м) нагнітання бетонної суміші ведуть безперервно на всю висоту конструкції.

Заглиблений у суміш на 1,5-2 м кінець бетоноводу поступово, за рівнем нагнітання, піднімають із швидкістю 0,5-1,2 м/хв за допомогою розподільної стріли автобетононасоса. При вимушених перервах у нагнітанні, тривалість яких не повинна перевищувати 15-20 хв, вертикальний бетоновід піднімають догори, залишаючи його кінець заглибленим у суміш на глибину 0,5-0,7 м. Відновлюють процес подавання суміші у бетоновід із швидкістю 0,5-0,7 м/с.

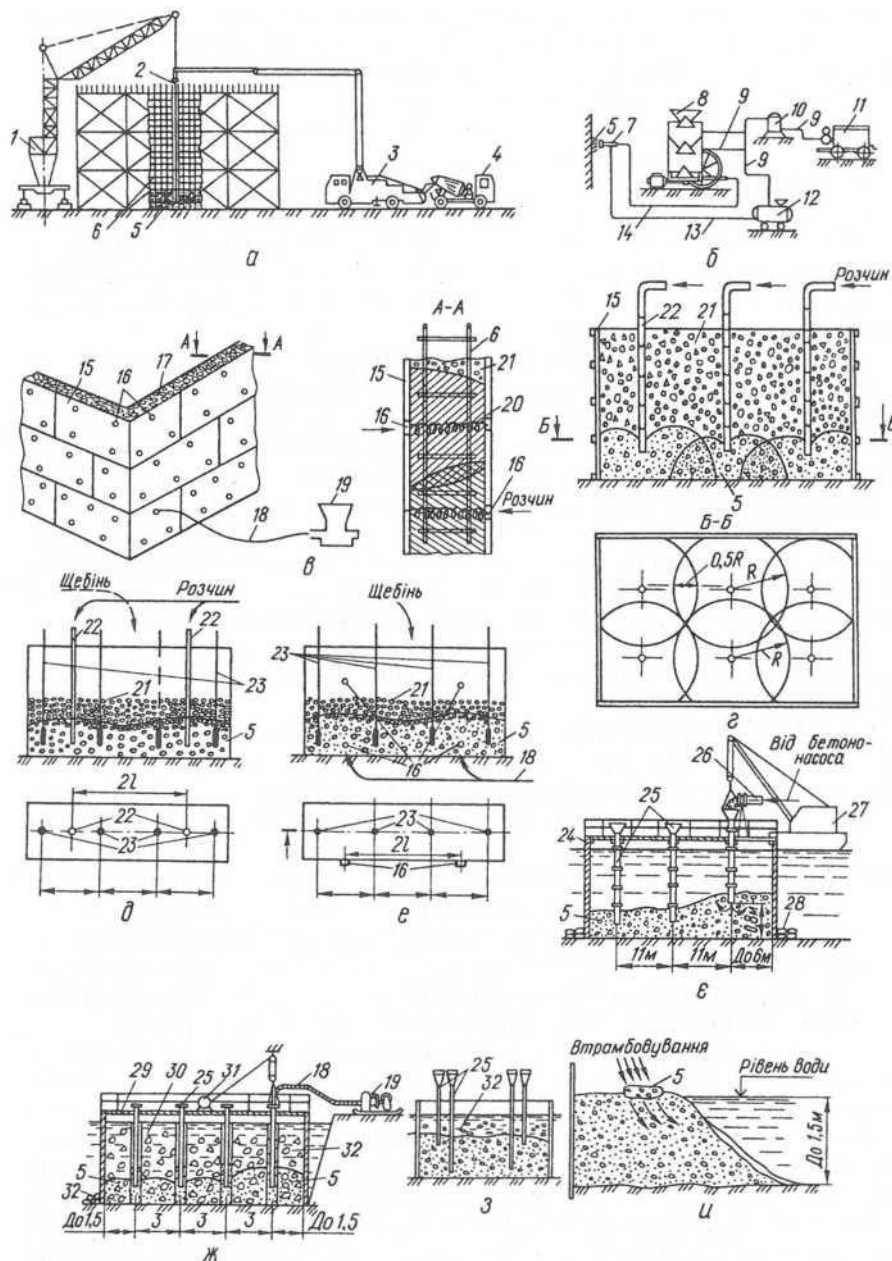


Рис.8.3. Спеціальні методи бетонування:

*a* — схема напірного бетонування; *б* — схема устаткування для торкретування; *в* — схема роздільного бетонування конструкцій з нагнітанням розчину через отвори в опалубці; *г* — те саме, з нагнітанням розчину за допомогою ін'єкційних труб; *д* — схема вібронагнітального методу роздільного бетонування з подаванням розчину через ін'єкційні труби; *е* — те саме, в отвори в опалубці; *є* — схема підводного бетонування методом ВПТ; *ж* — те саме, методом ВР з шахтами; *з* — те саме, без шахт; *и* — те саме, методом утрамбовування бетонної суміші; *1* — підйомний кран; *2* — бетонолитна труба; *3* — автобетононасос; *4* — автобетонозмішувач; *5* — бетонна суміш; *6* — арматура; *7* — сопло; *8* — цемент-гармата; *9* — шланги для повітря; *10* — повітроочисник; *11* — компресор; *12* — бак для води; *13* — шланг для води; *14* — те саме, для матеріалів; *15* — опалубка; *16* — ін'єкційні отвори в опалубці; *17* — міжопалубний простір з установленою арматурою і заповнений щебеневою чи гравійною засипкою; *18* — шланг для розчину; *19* — розчинонасос; *20* — дротова спіраль; *21* — щєбінь; *22* — ін'єкційна труба; *23* — глибинний вібратор; *24* — залізобетонна огорожена опалубка; *25* — бетонолитна труба з бункером; *26* — бетоновід; *27* — плавучий кран; *28* — мішки з цементним розчином; *29* — робочий настил; *30* — шахта; *31* — лебідка; *32* — каменещебенева відсипка

Після закінчення нагнітання бетонної суміші до рівня ярусу бетоновід поступово піднімають, фіксують у заданому положенні і розпочинають бетонування суміжного блока.

***Роздільне бетонування конструкцій*** — це метод, який полягає в попередньому укладанні безпосередньо в опалубку крупного заповнювача з наступним нагнітанням в його міжзерновий простір цементно-піщаного розчину. Застосовують під час зведення залізобетонних резервуарів, підпірних стін, складних фундаментів під устаткування, колон, а також у разі підсилення залізобетонних конструкцій.

Нагнітають розчин знизу вгору за допомогою розчинонасосів ін'єкційним чи вібранагнітальним методами, а при підводному бетонуванні — методом висхідного розчину (ВР). Ін'єкційне нагнітання розчину виконують через сталеві ін'єкційні труби при влаштуванні вертикальних монолітних конструкцій більше ніж 1 м завтовшки та через ін'єкційні отвори чи штуцери в опалубці влаштовуваних монолітних конструкцій меншої товщини (рис.8.3, в, з).

Ін'єкційні труби бувають діаметром 38-50 мм, довжиною ланок 1-2 м із щілинами 15 мм завширшки чи отворами діаметром 10-20 мм, розташованими на довжині 150-300 мм від кінця нижньої ланки. Їх установлюють вертикально в конструкцію до укладання крупного заповнювача на таких відстанях одна від одної, щоб розчин заповнював всю площу конструкції, яку споруджують (орієнтовно 1,8-2 висоти нагнітання розчину від низу ін'єкційної труби). У процесі нагнітання кінець труб має бути заглибленим у розчин не менше ніж на 300 мм. З підвищенням рівня розчину в конструкції ін'єкційні труби піднімають. Швидкість піднімання розчину складом 1 : 2 у конструкції має бути не менше ніж 12 см/хв та не менше ніж 6 см/хв для розчину складом 1:1.

Ін'єкційні отвори чи штуцери діаметром 38-50 мм розташовують в опалубці у шаховому порядку на відстані 1-1,5 м один від одного. До укладання в конструкцію заповнювача напроти штуцерів улаштовують на всю товщину конструкції спіралі з дроту діаметром 3-5 мм; крок витків спіралі не повинен перевищувати найменшого розміру крупного заповнювача, а внутрішній її діаметр має дорівнювати діаметру штуцера. Розчин нагнітають послідовно в кожний отвір, після чого його перекривають.

Вібранагнітальний метод (рис.8.3, д, е) характеризується тим, що одночасно з нагнітанням розчину утворювану бетонну суміш вібрують глибинними вібраторами з подовженими штангами. Для забезпечення віброобробки утворюваної бетонної суміші крупний заповнювач засипають у конструкцію спочатку на висоту першого ярусу нагнітання розчину, а потім досипають одночасно з нагнітанням розчину. Якщо товщина конструкції

більше ніж 1 м, розчинонагнітальні труби (не більше двох) і вібратори інколи об'єднують у вібронагнітальні пакети, які піднімають після досягнення розчином верху робочої частини вібраторів.

Для забезпечення потрібної якості бетону при роздільному бетонуванні крупний заповнювач не повинен вміщувати більше ніж 1 % забруднених частинок. Найменший розмір заповнювача беруть не менше ніж 40 мм, а найбільший — не більше ніж  $\frac{1}{3}$  найменшого розміру конструкції чи  $\frac{3}{4}$  найменшої відстані між стрижнями арматури. Рухливість розчину має бути не менше ніж 12 см. Для поліпшення однорідності і в'язкості розчини готують у турбулентних чи вібротурбулентних змішувачах.

**Підводне бетонування** — укладання бетонної суміші під водою без виконання водовідливних робіт. За цим методом улаштовують підводні й підземні конструкції в складних геологічних та гідрогеологічних умовах.

Основні методи підводного бетонування (рис.8.3, *є, ж, з*) — метод вертикально переміщеної труби (ВПТ) і метод висхідного розчину (ВР).

**Метод ВПТ** застосовують для підводного бетонування на глибинах до 50 м. Для подавання бетонної суміші в огорожену залізобетонною опалубкою, шпунтом чи обсадною трубою конструкцію опускають бетонолитні труби діаметром 100-300 мм, які зібрані з легкорознімних ланок, що мають у верхній частині клапан та бункер для приймання бетонної суміші. Труби з бункером підвішують до підйомного механізму.

Перед початком бетонування в трубу вводять пробку-пакет із мішковини, м'який глиняний пиж чи металеву або дерев'яну пробку з ущільненням і утримувальним канатом. У бетонолитну трубу подають бетонну суміш високої рухливості — 14-20 см. Пробка під вагою бетонної суміші опускається вниз труби, витискаючи воду. У міру подавання бетонної суміші й нарощування шару бетону в конструкції труби поступово піднімають; при цьому їхній нижній кінець має бути постійно заглибленим у бетонну суміш не менше ніж на 0,8 м, якщо глибина бетонування до 10 м, і не менше ніж 1,5 м, якщо глибина більша. Для запобігання розшаруванню швидкість виходу бетонної суміші з

труби обмежується 0,12 м/с; її регулюють зміною глибини заглиблення кінця труби в бетонну суміш. Після піднімання бетонолитної труби на висоту її ланки подавання бетонної суміші зупиняють, демонтують верхню ланку труби, переставляють бункер, після чого відновлюють подавання бетонної суміші.

Бетонування ведуть безперервно до рівня, який перевищує проектну позначку на 2 % висоти конструкції, але не менше ніж на 100 мм. Після досягнення бетоном міцності 2-2,5 МПа верхній слабкий шар бетону, що прилягав до води під час робіт, вилучають до проектного рівня конструкції.

З підвищених вимог до бетону застосовують метод ВПТ з вібрацією: на нижньому кінці труби закріплюють вібратор потужністю близько 1 кВт, а при довжині бетонолитних труб більше ніж 20 м — ще один вібратор у середній частині труби. Дія вібраторів дає змогу застосувати бетонну суміш рухливістю 6-12 см.

*Метод ВР* буває безнапірним і напірним. У першому випадку в центрі блока бетонування встановлюють шахту з гратчастими сітками, в яку опускають на всю глибину сталеву трубу діаметром 38-100 мм. Шахту до 20 м завглибшки заповнюють бутовим каменем розміром 150-400 мм, а шахту до 50 м завглибшки — кам'яною накидкою розміром 40-150 мм. Після цього по трубах самопливом подають цементний розчин складу 1 : 1 чи 1 : 2 рухливістю 14-16 см або нагнітають розчин рухливістю 11-13 см, що витікає з труби і, поступово піднімаючись, заповнює порожнини між каменями. Труби мають заглиблюватися в розчин не менше ніж на 0,8 м. У міру підвищення рівня розчину труби піднімають. При напірному бетонуванні труби встановлюють у кам'яній накидці без утворення шахт. Розчин у труби подають під тиском від розчинонасоса чи пневмонагнітача. Рівень розчину доводять на 10-20 см вище проектної позначки, а коли міцність накладки досягне 2-2,5 МПа, надлишок розчину вилучають.

При зведенні конструкцій з бетонів класу до В15 на глибинах більше ніж 20 м суміш подають краном у спеціальних герметичних бункерах чи пристосованих герметичних грейферах місткістю 0,2-0,3 м<sup>3</sup>. Після опускання

бункера на дно чи на раніше укладений шар бетону, але до початку тужавлення цементу в останньому, суміш вивантажують. Вільно скидати через шар води, а також розрівнювати її горизонтальним переміщенням бункера забороняється.

**Методом утрамбовування** бетонної суміші зводять конструкції значної площі з бетону класу до В30, нижня частина яких занурена у воду до 1,5 м завглибшки. Бетонну суміш рухливістю 5-7 см спочатку укладають від кута блока бетонування чи від однієї із стінок у вигляді виступного з води острівця. Наступні порції суміші укладають на горизонтальну поверхню острівця по його контуру на відстані не менше ніж 0,5 м від краю води й утрамбовують, витісняючи зовнішню поверхню острівця у воду (рис.8.3, *и*). Утрамбовування також поєднують з глибинним вібруванням. Надводну поверхню укладеної бетонної суміші захищають від розмивання водою і механічних пошкоджень, покриваючи брезентом, щитами, матами, та привантажують каменями чи мішками з піском.

Укладання бетонної суміші в мішках застосовують для вирівнювання основ під блоки, влаштування опалубки на глибині до 2 м, тим

часового усунення аварійних пошкоджень. Мішки місткістю 10-15 дм<sup>3</sup> з рідкої, але міцної тканини заповнюють на  $\frac{2}{3}$  бетонною сумішшю рухливістю 1-5 см та зав'язують; водолази укладають їх під воду, забезпечуючи перев'язування.

**Торкретування** (рис.8.3, *б*) — бетонування конструкцій методом нанесення цемент-гарматою на поверхню опалубки чи конструкції одного чи кількох шарів цементно-піщаного розчину (торкрет) або бетон-шприц-машиною бетонної суміші (набризк-бетон). Торкретуванням улаштовують тонкостінні конструкції, забезпечують водонепроникність поверхневого шару бетону, виправляють дефекти бетонних та залізобетонних конструкцій чи підсилюють їх. Торкретування виконують на неармованій чи армованій поверхні.

До складу торкрету входять цемент і пісок (або гравій розмірами частинок до 8 мм), а до складу набризк-бетону, крім того, ще додають крупний заповнювач розміром не більше ніж 25 мм.

Принципи роботи цемент-гармати і бетон-шприц-машини схожі. Суха цементно-піщана суміш вологістю не більше ніж 8 % чи бетонна суміш під дією стисненого повітря із камери по шлангу подаються до сопла, де суха суміш змішується з водою і з великою швидкістю (120-140 м/с) вилітає назовні. Частинки торкрету вдаряються об поверхню опалубки чи конструкції і, затримуючись на ній, утворюють щільний шар торкрету чи набризк-бетону.

Відстань між соплом і поверхнею під час нанесення розчину або бетонної суміші відповідно становить 0,7 та 1-1,2 м. Струмінь спрямовують перпендикулярно до поверхні. Розчин наносять шарами до 15 мм на горизонтальні (знизу вгору) чи вертикальні неармовані поверхні та до 25 мм — на вертикальні армовані поверхні. Товщина бетонних шарів не повинна перевищувати 50 мм на горизонтальних армованих поверхнях (які наносять знизу вгору) та 75 мм — на вертикальних поверхнях. Якщо роблять кілька шарів, то наступний наносять з таким інтервалом, щоб під дією струменя свіжої суміші не пошкоджувався попередній шар (як правило, цей інтервал становить не більше ніж 1-2 год).

## **8.2. Вистоювання бетону і догляд за ним**

*Догляд за бетоном.* Після початку твердіння бетон має вистоюватись в умовах, які забезпечують потрібні міцність та якість. Твердіння бетону — це складний фізико-хімічний процес взаємодії цементу з водою й утворення нових сполук. Вода проникає вглибину частинок цементу поступово, що обумовлює поступове і тривале набирання міцності бетоном.

Зростання міцності бетону значною мірою залежить від вологості середовища. Бетон, який твердне за високої вологості, міцніший, ніж

бетон, що вистоювався в сухих умовах. На сухому повітрі вода швидко випаровується з бетону, і його твердіння уповільнюється, а то й зовсім припиняється. Тому для досягнення потрібної міцності не можна допускати передчасного висихання бетону.

У період вистоювання вода всередині бетону переміщується і випаровується в зовнішнє середовище — відбувається зміна його об'єму, тобто усадка. Цей процес проходить нерівномірно, що викликає появу на поверхні дрібних усадкових тріщин. Тріщиноутворення можливе також і від нерівномірного розігрівання бетону внаслідок виділення теплоти при гідратації цементу. Тріщини знижують якість, міцність і довговічність конструкції.

На інтенсивність твердіння бетону значно впливає і його температура. При температурі нижче нормальної ( $20 \pm 2$  °C) процес уповільнюється, а за від'ємної практично припиняється. Навпаки, при підвищеній температурі й достатній вологості процес твердіння прискорюється.

До погіршення якості бетону призводять також удари та трясіння в початковий період його твердіння — вони порушують новоутворену структуру.

Щоб бетон набув необхідної міцності та якості, за ним потрібен догляд: підтримування температурних умов твердіння; запобігання виникненню значних температурно-усадкових деформацій і тріщин; охорона тверднучого бетону від ударів, трясінь та інших дій, що можуть погіршити якість бетону.

Відсутність догляду може призвести до отримання низькоякісного, дефектного і непридатного бетону, а інколи й до зруйнування конструкції, навіть коли якість застосованих матеріалів добра, правильно підібраний склад бетонної суміші й ретельно виконане бетонування. Особливо важливим є догляд за бетоном протягом перших днів після укладання.

Для попередження виникнення усадкових тріщин бетон укривають і поливають не пізніше ніж через 10-12 год, а в жарку і вітряну погоду — не пізніше ніж через 2-3 год після укладання суміші (ці терміни не стосуються виконання робіт в умовах жаркого сухого клімату і зими). Так, улітку в помірній кліматичній зоні сухої теплої погоди бетон на звичайному

портландцементі поливають водою протягом 7 діб, на глиноземистому — 3 доби, на шлакопортландцементі — 14 діб. Якщо температура повітря вище 15°, протягом перших 3 діб бетон поливають удень кожні 3 год і раз уночі, а в наступні дні — не менше трьох разів на добу. Якщо поверхню бетону попередньо вкрити матеріалами, що втримують вологу (брезентом, матами тощо), перерви між поливаннями збільшують у 1,5 раза. Поверхню бетону, вкриту захисними плівками, не поливають. Можна не поливати бетон, якщо середня температура повітря від + 5 до 0 °С.

Найпростішим і поширеним методом є безпосереднє укривання поверхні бетону матеріалами, що утримують вологу: матами, рогожею, піском. Проте в більшості випадків укладання, перекладання і підтримування цих матеріалів у вологому стані трудомісткі і малопридатні за значних обсягів робіт. Більш ефективні водонепроникні плівки (наприклад, поліетиленова), а також відповідно до експлуатаційних вимог плівкоутворювальні матеріали, переважно світлих тонів. Для цього застосовують стандартні плівкоутворювальні матеріали (ПМ), а також лак-етіноль, бітумні емульсії. Доцільно освітлювати темні плівки після формування їх, наприклад, водним розчином вапна.

Улітку бетон також укривають від сонячних променів, а взимку від морозу.

Для запобігання шкідливій дії навантажень на бетон рух по ньому людей або устанавлення риштувань чи опалубки допускають тільки після досягнення ним міцності не менше ніж 1,5 МПа.

**Активізація твердіння бетону.** Тривалість твердіння бетону має велике практичне значення. Цей процес потрібно прискорювати у випадках раннього експлуатаційного навантаження конструкцій, скорочення термінів розпалублення їх, при бетонуванні взимку і в жарких сухих умовах.

Темп зростання міцності бетону залежить від виду цементу, наявності хімічних добавок у бетонній суміші, що впливають на процес твердіння, температури, за якої відбувається твердіння (рис.8.4, а — з).

Застосування бетонів на швидкотверднучому цементі забезпечує швидкість наростання міцності їх в ранній період твердіння (1-3 доби). Звичайно такі бетони потрібні при аварійних роботах, а також для влаштування стиків у збірних конструкціях.

Добавки — прискорювачі твердіння бетону вводять під час приготування бетонної суміші залежно від маси цементу. Кількість сульфату натрію не повинна перевищувати 2 %; нітрату натрію, нітрату кальцію, нітрит-нітриту кальцію — 4 %; хлориду кальцію в бетоні армованих конструкцій — 2 %, у бетоні неармованих конструкцій — 3 %. Добавки — прискорювачі твердіння не застосовують для бетону на основі глиноземистого цементу, в конструкціях, що армовані термічно зміцненою сталлю, в залізобетонних конструкціях, що експлуатуються в зоні дії блукаючих струмів, у конструкціях з напруженою арматурою.

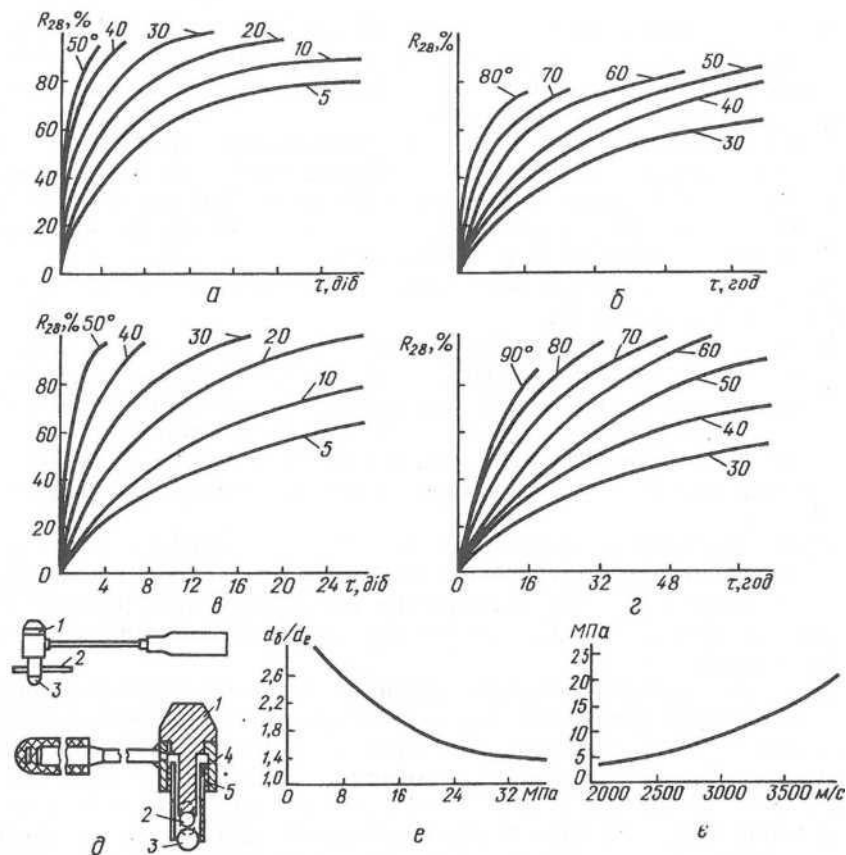


Рис.8.4. - Зростання та контроль міцності бетону:

*a* — графіки зростання міцності бетону на портландцементях марок 400-500 при температурах вистоювання до 50 °С; *б* — те саме, при прогріванні; *в* —

те саме, бетону на шлакопортландцементях марок 300-400 при температурах вистоявання до 50 °С;  $\rho$  — те саме, при прогріванні;  $\delta$  — еталонний молоток (молоток Кашкарова);  $e$  — залежність між співвідношенням діаметрів відтисків у бетоні  $d_6$  і еталонному стрижні  $d_e$  і міцністю бетону на стискання;  $\epsilon$  — залежність між швидкістю ультразвуку в бетоні і його міцністю; 1 — корпус; 2 — еталонний стрижень; 3 — кулька; 4 — стакан; 5 — пружина

Процес твердіння інтенсифікують і тепловою обробкою: електропрогріванням, контактним обігріванням термоактивною опалубкою, а в зимових умовах — ще й іншими методами. Тривалість електропрогрівання бетону в звичайних і жарких умовах становить 3-8 год, після чого струм вимикають, а бетон твердне в опалубці до набуття потрібної міцності. Додаткові витрати на застосування теплової обробки компенсуються підвищенням темпів і якості будівництва та зниженням витрат на догляд за бетоном.

### 8.3. Контроль міцності бетону

*Контроль міцності* бетону полягає в перевірці відповідності фактичної його міцності в конструкції проектній чи заданій у відповідний технологічний період, наприклад перед зніманням несівної опалубки конструкції, при передаванні зусиль натягування арматури на бетон тощо.

Міцність бетону визначають неруйнівними та руйнівними методами.

Основні *неруйнівні методи* — *механічний*, що використовує залежність між міцністю бетону на стискання і його поверхневою твердістю, та *ультразвуковий імпульсний*, що враховує залежність між міцністю бетону і швидкістю поширення в ньому ультразвукових хвиль.

Найпростішим інструментом, який застосовують при механічному методі контролю, є кульковий молоток Різделя: міцність бетону визначають за тарувальною таблицею залежно від діаметра ямки, яка утворилася внаслідок

удару по поверхні. Щоб результати можна було порівняти, енергія удару кульковим молотком має завжди бути однаковою. Для цього удар молотка по бетону виконують від ліктя, а однакової енергії удару досягають тренуванням.

Точніші результати дає застосування еталонного молотка Кашкарова, який дає змогу врахувати енергію удару (рис.8.4, *д*). Еталонний молоток кулькою встановлюють на поверхню бетону й ударяють по ньому слюсарним молотком. Нижня частина кульки втискується в бетон, а верхня — в еталонний сталевий стрижень. Міцність бетону визначають за співвідношенням діаметрів відтисків на поверхні бетону й еталонному стрижні (рис.8.4, *е*).

В ультразвуковому імпульсному методі спеціальними ультразвуковими приладами УП-4 чи УКБ-1 визначають швидкість проходження ультразвуку через бетон і за тарувальними кривими (рис.8.4, *є*) — міцність бетону.

**Руйнівний метод**, який ще залишається до цього часу найпоширенішим методом контролю якості бетону при виконанні робіт, полягає у випробуванні контрольних зразків-кубів. Міцність визначають переважно за **статистичним методом**, що враховує залежність між міцністю й однорідністю бетону.

Міцність бетону на будівельному майданчику за статистичним методом звичайно оцінюють по окремих технологічних комплексах. За такий комплекс беруть групу конструкцій, що одночасно бетонують бетонною сумішшю одного складу і вистоюють в однакових умовах. Бетон технологічного комплексу розділяють на партії; за партію беруть об'єм бетону, що укладають за період не більше однієї доби. Із кожної партії відбирають для контролю не менше двох проб з різних замісів; з кожної проби виготовляють одну серію зразків-кубів (3 шт.) для визначення марочної міцності й додаткової серії — для оцінки проміжної міцності бетону та в інших випадках згідно з вимогами проекту.

Якщо визначена міцність бетону і його огляд у конструкції не надають певності в тому, що якість бетону відповідає заданим вимогам, то конструкції можна випробувати пробним навантаженням.

## 8.4. Розпалублення конструкцій

*Розпалублення конструкцій* (знімання опалубки) починають після того, як бетон набере потрібної міцності.

Знімати бокові елементи опалубки, що не несуть навантажень, можна після досягнення бетоном міцності, яка забезпечує збереження кутів, ребер і поверхні монолітної конструкції (0,2-0,3 МПа). Бокові щити опалубки фундаментів, колон, стін, балок і ригелів знімають через 8-72 год. Ці терміни визначають на місці залежно від виду цементу і волого-температурних умов твердіння бетону.

Несівні елементи опалубки знімають після досягнення бетоном міцності, що забезпечує потрібну несівну здатність конструкцій. Якщо фактичне навантаження на елементи конструкцій буде менше ніж 70 % розрахункового, то для елементів конструкцій прогоном до 6 м міцність бетону має становити 70 % нормативної, а для конструкцій прогоном більше ніж 6 м та з напруженою арматурою — 80 %. Якщо навантаження більше ніж 70 % розрахункового, то несівні елементи опалубки розбирають після набирання бетоном проектної міцності. За наявності несівних армокаркасів опалубку знімають після досягнення бетоном 25 % проектної міцності.

Термін досягнення бетоном потрібної міцності визначають на основі контролю його міцності. Орієнтовно термін розпалублення можна визначити за графіком набирання міцності бетону залежно від марки і виду застосовуваного цементу і середньої температури твердіння.

Дрібнощитову опалубку розбирають за допомогою кусачок, важільних ножиць, гайкових ключів, кувалди і ломиків.

Розбирання опалубки фундаментів і стін починають розкручуванням і вийманням (а при неможливості цього — зрізанням газовим різакон) стяжних болтів чи зрізанням важільними ножицями дротяних скруток. Після цього знімають схватки і ребра та ломиками відривають від бетону окремі щити.

Розпалублення колон починають із знімання рамки біля основи і хомутів. Потім знімають з бетону окремі щити.

Несівну опалубку розбирають у два, три чи більше прийомів залежно від величини прогону і маси конструкції.

Перед зніманням несівної опалубки виконують плавне і рівномірне опускання підтримувальних риштувань — розкружалювання. Для цього опускають опорні домкрати чи послаблюють клинові пари. Забороняється рубати чи спилювати навантажені стояки-опори.

Опори, що підтримують опалубку балок, прогонів і ригелів, опускають одночасно в межах всього прольоту. Опори, що підтримують опалубку перекриттів, які ще бетонують, опускати і знімати не можна. Опори опалубки нижнього перекриття можна знімати лише частково. Під всіма балками і прогонами цього перекриття залишають так звані стояки безпеки на відстанях не більше ніж 3 м один від одного та від опор конструкції. Ці стояки знімають, коли бетон досягне проектної міцності.

Розпалублення плит перекриття починають із вилучення підкружалних дощок і кружал. Два-три знятих кружала укладають на риштування під плитою для запобігання падінню щитів опалубки перекриття. Після цього знімають з бетону окремі щити опалубки.

Розпалублення балок виконують у такій послідовності: знімають притискні дошки і бокові щити, плавно опускають стояки, після цього відокремлюють від бетону і знімають нижні щити.

Розбирання великощитової опалубки, масивів, стін і фундаментів виконують, застосовуючи вантажні крани та спеціальні важільні засоби, домкрати та підкоси з механічними домкратами, відтискні засоби (рис.8.5).

**Виправлення дефектів бетонування** — раковин, гравелистої поверхні бетону, нерівностей, що утворюються при недотриманні технології бетонних робіт, — виконують відразу після розпалублення конструкцій, коли бетон ще не набрав значної міцності.

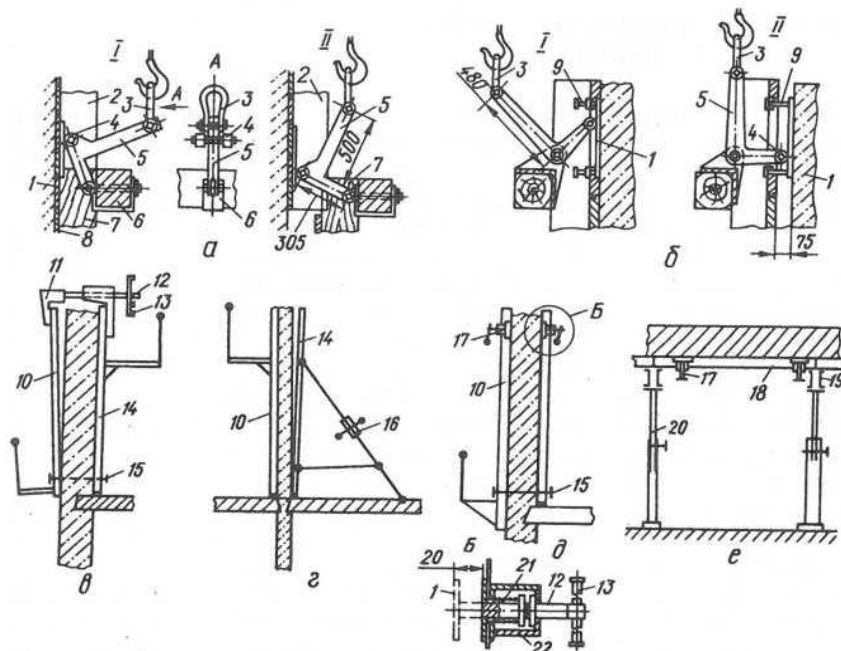


Рис. 8.5.- Схеми розбирання великощитової опалубки:

*a* — зовнішнього щита за допомогою важільного пристрою; *б* — те саме, внутрішнього щита; *в* — за допомогою домкратів; *г* — із застосуванням розсувних підкосів; *д, е* — із застосуванням відтискних пристроїв; *1* — сталевая пластина; *2* — ребро верхнього щита; *3* — петля; *4* — опорний ролик; *5* — штанга; *6* — горизонтальний опорний перегін; *7* — вертикальне ребро; *8* — палуба; *9, 12* — гвинт; *10, 14* — відповідно зовнішній і внутрішній щити опалубки; *11* — кронштейн; *13* — рукоятка; *15* — стяжні болти; *16* — стяжний пристрій підкосу; *17* — відтискний пристрій; *18* — щит опалубки перекриття; *19* — ригель; *20* — телескопічний стояк; *21* — пружина; *22* — стакан; *I, II* — послідовність розпалублення

За наявності раковин повністю відбивають і вибирають весь слабкий і нещільний бетон. Поверхню раковини вичищають дротяною щіткою і ретельно промивають струменем води, після чого влаштовують у цьому місці опалубку з карманом у верхній частині для подавання бетонної суміші. Порожнини заповнюють дрібнозернистою бетонною сумішшю (розмір зерен заповнювача до 20 мм).

Якщо раковини великі, для виправлення усадкових тріщин, що можуть виникнути у місцях примикання старого і нового бетону, в них (до заповнення її бетонною сумішшю) закладають металеві трубки з дрібними отворами в стінках. Через дві-три доби після бетонування в трубки нагнітають під тиском цементний клей (суміш цементу з водою), який заповнює всі тріщини і порожнини й забезпечує монолітність бетону. Не можна замазувати раковини значних розмірів цементним розчином чи тістом.

Дрібні раковини, що утворюють нерівну гравелисту поверхню бетону, можна затирати розчином після прочищення щітками і промивання. Для виправлення нерівностей поверхню бетону насікають, прочищають і заштукатурюють.

## **8.5. Виконання бетонних робіт у зимових умовах**

### **8.5.1. Особливості впливу зимових умов на процес твердіння бетону**

Під час виконання бетонних робіт зимовими вважаються умови, якщо середньодобова температура зовнішнього повітря знижується до  $+ 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а протягом доби відбувається зниження температури нижче  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Якщо температура від'ємна, внаслідок замерзання води в твердіючому бетоні припиняються фізико-хімічні процеси її взаємодії з цементом, тобто припиняється сам процес твердіння бетону. Крім того, збільшення об'єму льоду до води на 10 % призводить до виникнення внутрішніх сил, що порушують кристалічні новоутворення, які при відтаванні та подальшому твердінні в нормальних умовах повністю не відновлюються. Також порушується зчеплення із зернами заповнювача та арматурою, що знижує міцність бетону, його щільність, стійкість і довговічність, а в деяких випадках призводить до руйнування конструкції.

Вода в свіжоукладеній суміші починає замерзати з поверхні конструкції, виключаючи поступове поширення руйнівного процесу і її глибину. Інтенсивність замерзання води залежить від температури зовнішнього повітря і

бетонної суміші, швидкості вітру, об'єму пор у бетоні. Звичайно більшу стійкість до заморожування мають бетони з більшою щільністю.

Якщо бетон до замерзання набрав деякої міцності, то наведені вище процеси не впливають на нього негативно, і при подальшому відтаванні бетон у конструкції набирає потрібної міцності. У цьому випадку сили зчеплення в бетоні до моменту замерзання води мають бути більшими від внутрішніх сил, що розвиваються при утворенні льоду.

**Мінімальну міцність**, при якій замерзання бетону не є небезпечним, називають **критичною**. Значення критичної міцності залежить від класу бетону, виду конструкції та умов її експлуатації і, наприклад, становить у бетонних і залізобетонних конструкціях з ненапруженою арматурою 50 % марочної міцності для бетонів класів до В10, 40 % для бетонів класів В12,5-В25 і 30% для бетонів класів В30 і вище; для бетонів з протиморозними добавками — 20 % марочної міцності.

Щоб забезпечити умови, за яких бетон набирає критичної міцності, застосовують спеціальні методи приготування, подавання, укладання і вистоювання бетону.

### **8.5.2. Приготування, транспортування й укладання бетонної суміші**

Для твердіння бетону в зимових умовах треба, щоб укладена в опалубку бетонна суміш мала певну температуру і в ній були відсутні окремі мерзлі частинки заповнювача чи бетону. Якщо приготувати бетонну суміш на мерзлом піску і щебені, то після її укладання й ущільнення при відтаванні мерзлих частинок утворюються порожнини навкруги зерен заповнювача, і бетон буде нещільний, пористий, маломіцний.

Тому в зимових умовах температуру бетонної суміші підвищують до 35-40 °С, готуючи її на підігрітій до 40-90 °С воді і розморожених чи підігрітих до 20-60 °С заповнювачах. Цемент і тонкомелені добавки вводять без підігрівання.

Існує певний порядок завантажування бетонозмішувачів. Спочатку в бетонозмішувачі подають половину потрібної води і разом з цим завантажують

щебінь чи гравій, а після незначного перемішування додають пісок, цемент і воду до потрібного об'єму. Тривалість перемішування бетонної суміші для більшої її однорідності в зимових умовах збільшують, як правило, в 1,5 раза порівняно з нормальними умовами.

Мета наведених обмежень температур складових і порядку завантаження — запобігти швидкому тужавленню цементного тіста. Вимоги до температури бетонної суміші викликані потребою зменшити затужавлення суміші й зберегти її рухливість, а також зменшити втрати теплоти, що є в суміші, під час транспортування.

Транспортувати бетонну суміш найбільш доцільно в швидкопереміщуваній закритій утепленій тарі значної місткості. Особливо ефективно застосовувати автобетоновози, пристосовані для перевезення теплої бетонної суміші з мінімальними втратами теплоти. Для транспортування бетонної суміші в зимових умовах застосовують також автосамоскиди із забезпеченням нагрівання суміші вихлопними газами.

Бетонна суміш втрачає багато теплоти при перевантажуванні. Тому в зимових умовах слід максимально використовувати можливості її постачання в конструкцію без перевантажень. Місця навантаження та розвантаження захищають від вітру, а засоби подавання суміші в конструкцію утеплюють.

Стан основи, на яку укладають бетонну суміш, та спосіб укладання мають бути такими, щоб не допустити як замерзання суміші в стику з основою, так і деформацій основи (при укладанні суміші на ґрунти, що здимаються). Для цього основу до укладання суміші відігрівають і оберігають від замерзання до набирання новоукладеним бетоном потрібної міцності.

Опалубку й арматуру очищають від льоду і снігу. Для цього не можна застосовувати гарячу воду і пару, що зумовлюють утворення намерзлого льоду. В морози нижче - 10 °С арматуру діаметром більше ніж 25 мм, а також виконану з прокатних профілів відігрівають до температури +5 °С гарячим повітрям під легким поліетиленовим покриттям чи індукційним нагріванням.

Укладають бетонну суміш безперервно і високими темпами, щоб до закінчення процесу суміш мала потрібну температуру (не менше ніж 2 °С, а при вистоюванні методом термоса — передбачену розрахунками). Для цього роботи ведуть на невеликих захватках (ділянках), намагаючись, щоб укладений шар швидко закривався наступним. Після укладання останнього шару бетон відразу вкривають.

У деяких випадках ефективно укласти в конструкцію бетонну суміш, попередньо підігріту до температури 80 °С. Це роблять безпосередньо перед її укладанням на будівельному майданчику, застосовуючи електророзігрівання при напрузі 120-380 В протягом 5-15 хв.

Для організації електророзігрівання суміші на будівельному майданчику обладнують установку з трансформатором, розподільним щитом і пультом керування. Електророзігрівання суміші виконують пластинчастими електродами в бункерах чи баддях або за допомогою опускних електродів у кузовах автосамоскидів, а інколи в спеціальному устаткуванні безперервної дії. Тривалість подавання й укладання гарячої бетонної суміші обмежують до 20 хв у зв'язку з втратами рухливості.

### **8.5.3. Вистоювання бетону**

При зведенні монолітних конструкцій у зимових умовах застосовують різноманітні ефективні й економічні методи вистоювання бетону, що дають змогу забезпечити високу якість конструкцій. Ці методи поділяють на три основні групи: 1) методи, що засновані на використанні початкового вмісту теплоти у бетонній суміші і тепловиділенні цементу при твердінні бетону — методи термоса; 2) методи, що забезпечують зниження температури замерзання води в бетоні введенням у суміш під час її приготування протиморозних хімічних добавок; 3) методи, що забезпечують інтенсифікацію твердіння бетону через прогрівання чи обігрівання. Ці методи можна комбінувати.

Вибір того чи іншого методу вистоювання бетону в зимових умовах залежить від виду та масивності конструкції, виду і складу бетону, зовнішніх умов виконання робіт, технічної та енергетичної забезпеченості та інших чинників.

**Методом термоса** витримують масивні бетонні та залізобетонні конструкції, модуль поверхні яких не перевищує: 6 — при укладанні суміші на портландцементі; 10 — на швидкотверднучому портландцементі (модуль поверхні конструкції визначається відношенням площі відкритої поверхні конструкції до її об'єму).

Бетонну суміш температурою 15-40 °С укладають в утеплену опалубку. За рахунок теплоти, внесеної бетоном, та теплоти, що виділяє цемент (явище екзотермії), бетон набирає критичної міцності раніше, ніж у будь-якій частині конструкції, температура бетону знизиться до 0 °С.

За теплотехнічними розрахунками визначають термін вистоювання, вид теплоізоляційного покриття, а в необхідних випадках також початкову температуру укладеної бетонної суміші та технологію її укладання із забезпеченням потрібної температури укладеної суміші.

Метод термоса найбільш економічний і простий, оскільки не потребує устаткування для обігрівання бетону в конструкціях, його обслуговування і витрат електроенергії, пари, палива.

Різновиди описаного методу — гарячий термос і термос із застосуванням хімічних добавок — дають змогу поширити його на конструкції з більшим  $M_n$ .

**Гарячий термос** полягає в укладанні бетонної суміші, попередньо розігрітої до температури 60-80°С та ущільненої в гарячому стані, і наступному термосному вистоюванні. Такий метод застосовують при зведенні конструкції з  $M_n < 12$ .

Розбирають опалубку при температурах бетону, що близькі до температури його замерзання, але обов'язково до примерзання опалубки до бетону.

*Другий метод* передбачає використання сумішей з хімічними добавками, що прискорюють твердіння бетону, знижують температуру замерзання рідкого компонента бетонної суміші та забезпечують твердіння бетону при температурі нижче 0 °С.

Як добавку застосовують вуглекислий калій-поташ ( $K_2CO_3$ ), нітрит натрію ( $NaNO_2$ ), хлорид кальцію ( $CaCl_2$ ), а також нітрит кальцію — сечовину, аміачну воду, нітрит-нітрат-хлорид кальцію та ін.

Хімічні добавки кількістю до 2-3 % маси цементу діють як прискорювачі твердіння

При їх застосуванні бетонну суміш температурою 25-35 °С укладають в утеплену опалубку, якщо температура зовнішнього повітря становить від -15 до -20 °С, і після віброущільнення накривають теплоізолювальними матеріалами. Прискорене отримання критичної міцності у більш короткі терміни дає змогу застосовувати метод термоса для конструкцій з  $M_{п}$  до 8, якщо бетони на портландцементі.

Введення більшої кількості добавок (від 3 до 15 % маси цементу) знижує температуру замерзання суміші, завдяки чому бетон твердне при низьких температурах (від -5 до -25 °С). У цьому випадку добавки називають протиморозними.

Бетонні суміші з протиморозними добавками укладають і ущільнюють так само, як і бетонні суміші без добавок. Температура бетонної суміші становить при цьому 3-15 °С.

У зв'язку з тим що при температурах менше ніж 0 °С вода має низьку активність, твердіння бетону при низьких температурах уповільнене.

У разі бетонування армованих конструкцій перевагу надають добавкам, що не викликають корозії арматури (поташ, нітрит натрію), а хлориди використовують для неармованих конструкцій.

Бетони з протиморозними добавками не можна застосовувати при спорудженні конструкцій, що підлягають динамічним навантаженням; з попередньо напруженою арматурою; розміщених у зоні змінного рівня води;

залізобетонних, що експлуатуються в агресивних середовищах, зонах блукаючих струмів, під напругою постійного струму та в інших випадках.

Слід також урахувати, що наявність добавок може спричинити появу на поверхні конструкції висолів.

**Електропрогрівання бетону** застосовують для конструкцій з  $M_{п}$  від 8 до 20, а також для інших у разі потреби прискорити твердіння бетону.

Суть електропрогрівання полягає у використанні теплоти, що виділяється в бетоні в процесі проходження через нього змінного електричного струму. (Постійний струм непридатний, тому що викликає електроліз води.) Укладену й ущільнену суміш через 1-2 год вмикають до електромережі за допомогою **металевих електродів**. Перетворення електроенергії на теплову здійснюється безпосередньо в бетоні.

Режим прогрівання складається з трьох основних періодів; розігрівання  $t_1$  ізотермічного витримування  $t_2$  ; остигання  $t_3$ . Для економного використання енергії загальну тривалість електропрогрівання  $t_4$  (тривалість підключення бетону до електромережі) для бетону з  $M_{п}$  від 8 до 15 визначають з умови забезпечення потрібної критичної міцності бетону до кінця його охолодження. Конструкції з  $M_{п} > 15$  витримують під напругою до набирання ними потрібної критичної міцності.

Для автоматичного витримування заданого режиму застосовують імпульсне подавання напруги (рис.8.6, в). За допомогою спеціальних датчиків, установлених у бетоні, електроди періодично вмикаються і вимикаються, регулюючи температуру ізотермічного витримування; в моменти недопустимого підвищення температури електромережа вимикається.

Швидкість остигання бетону регулюють підбором теплоізоляції його поверхні залежно від температури зовнішнього повітря.

При електродному прогріванні застосовують різні **види електродів**. пластинчасті, смугові, стрижневі, плаваючі й струнні.

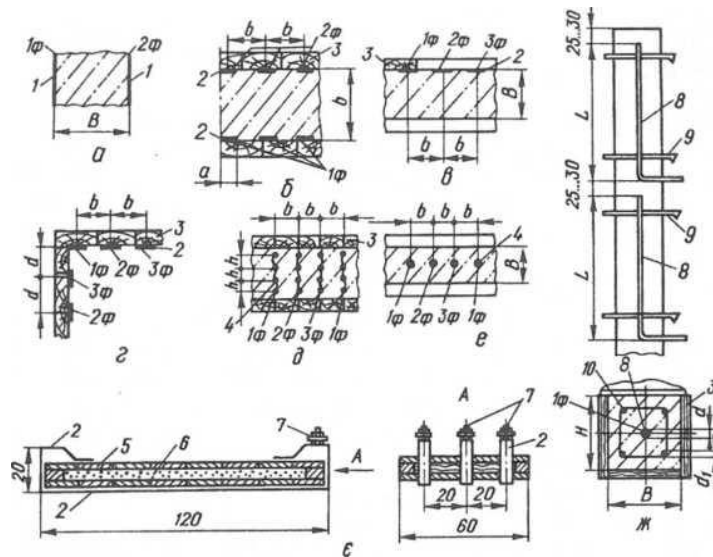


Рис.8.6. - Схеми розміщення електродів:

*a* — пластинчастих; *б* — смугових під час двостороннього прогрівання; *в*, *г* — смугових під час периферійного прогрівання; *д* — плоских груп стрижневих електродів; *е* — поодиноких стрижневих; *є* — смугових на дощатій панелі; *ж* — струнних електродів у колонах; *1* — пластинчасті електроди; *2* — смугові електроди; *3* — дерев'яна опалубка; *4* — стрижневі електроди; *5* — щит із дощок; *6* — теплоізоляція; *7* — пристосування для підключення фаз струму; *8* — струнні електроди; *9* — гаки для кріплення електродів; *10* — арматурний стрижень.

Як електроди використовують також арматуру, підключену до нульової фази. Для запобігання пересушенню пристрижневих зон бетону і зменшення його зчеплення з арматурою напруга має бути до 85 В. Якщо арматура не використовується як електроди, занулювати чи заземлювати її не треба, бо в такому разі виникає нерівномірність температурного поля і підвищується електрична потужність.

**Індукційне прогрівання** (рис.8.7) застосовують для густо- і рівномірноармованих конструкцій балок, ригелів, прогонів, колон та складних монолітних стиків. Для цього навколо залізобетонного елемента влаштовують спіральну обмотку — індуктор з ізольованого проводу - і вмикають до мережі.

Під дією змінного електричного струму сталеві опалубка чи арматура, що виконує роль осердя (соленоїда), нагріває і передає теплоту бетону. Індуктор улаштовують до укладання бетонної суміші, що дає змогу попередньо відігрівати ним арматуру і металеву опалубку.

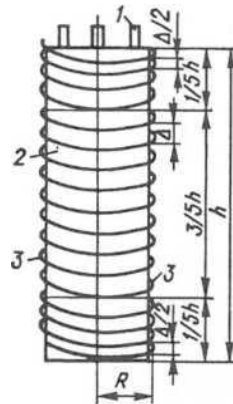


Рис.8.7. - Схема індукційного прогрівання;

1 — арматурний стрижень; 2 — опалубка; 3 — індуктор

**Інфрачервоне обігрівання** (рис.8.8, а-г) бетону застосовують при влаштуванні конструкцій із значним модулем поверхні (стін, плит), стиків, забезпечуючи протягом кількох (до 15) годин твердіння, міцність бетону до 70 %. Суть методу полягає в передачі бетону теплоти у вигляді променевої енергії електромагнітних хвиль 0,76-100 мкм завдовжки. Для бетонних робіт генераторами інфрачервоного випромінювання є трубчасті металеві та кварцові випромінювачі.

**Контактне обігрівання** бетону виконують переважно із застосуванням нагрівальних (термоактивних) опалубок (рис.8.9). За цим методом теплота передається контактним способом від поверхні опалубки до поверхні бетону конструкції. Термоактивні опалубки мають у своєму складі нагрівальні елементи, що встановлені із зовнішнього боку опалубки: нагрівальні проводи та кабелі, сітчасті нагрівники, трубчасті електронагрівальні елементи (ТЕНи)

тощо. Із зовнішнього боку нагрівальні елементи теплоізолюють. На термоактивну опалубку подається електричний струм напругою 40-127 і 220 В.

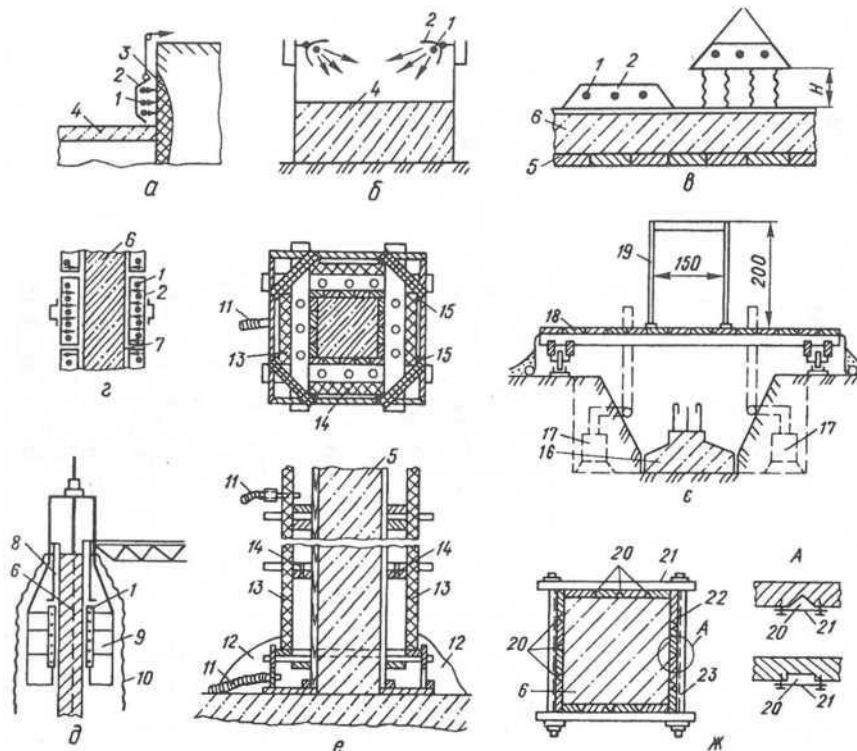


Рис. 8.8. - Схеми інфрачервоного обігрівання, прогрівання, тепляка, капілярної опалубки :

*a* — схема інфрачервоного обігрівання мерзлого бетону й основи; *б* — те саме, в разі теплового захисту укладуваної бетонної суміші; *в* — те саме, для забезпечення інтенсивності твердіння бетону перекриття; *г* — те саме, бетону стін у металевій опалубці; *д* — те саме, в ковзній опалубці; *е* — схема паропрогрівання колони; *є* — схема тепляка під час улаштування фундаментів; *ж* — схема капілярної опалубки колони; *1* — інфрачервоний випромінювач; *2* — рефлектор; *3* — зона відігрітого бетону; *4* — новоукладений бетон; *5* — опалубка; *6* — бетон, що обігрівається; *7* — металева опалубка стін; *8* — ковзна опалубка; *9* — риштування; *10* — брезентове покриття; *11* — гнучкий шланг для подавання пари; *12* — тирса; *13* — утеплені щити; *14* — отвори в хомутах; *15* — повсть; *16* — улаштовуваний фундамент; *17* — печі; *18* — пересувний

тепляк; 19 — кабіна для вивантаження бетонної суміші; 20 — канали для пари; 21 — смужка покрівельної сталі; 22 — щит опалубки; 23 — хомут

Ті частини конструкції, які не перекриті термоактивною опалубкою, покривають гнучкими термоактивними матами (рис.8.9,з) чи гнучким теплоізоляційним покриттям із склотканини й скловати. Для цього також застосовують дощаті щити з додатковим утепленням.

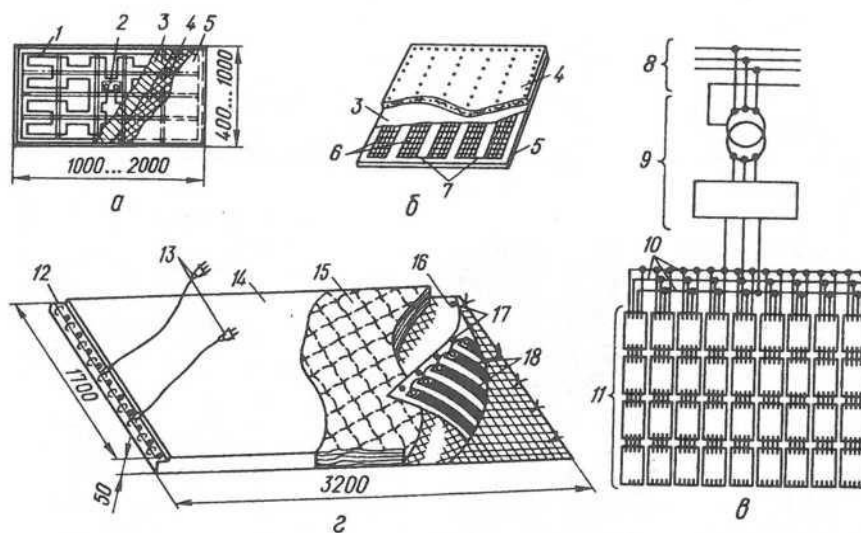


Рис. 8.9. - Конструкції термоопалубки і термоактивного гнучкого покриття: а — панель опалубки з нагрівальним кабелем; б — те саме, із сітчастим нагрівником; в — схема розташування панелей; г — термоактивний мат; 1 — кабель; 2 — клемна колодка; 3 — листи азбесту; 4 — мінеральна вата; 5 — лист фанери; 6 — сітчасті нагрівники; 7 — розвідні шини; 8 — електромережа з напругою 380 В; 9 — знижувальний трансформатор; 10 — шини; 11 — нагрівальні елементи; 12 — притискні планки; 13 — рознімання; 14 — захисний чохол; 15 — теплоізоляція; 16 — склотканина; 17 — отвори для кріплення теплоізоляції; 18 — вуглецеві стрічкові нагрівники

**Конвективне обігрівання** — це таке, при якому теплова енергія до бетону передається за допомогою теплого повітря чи пари. Бетон до набрання міцності вистояють у тепляках, що є тимчасовими огорожувальними конструкціями чи спорудами (рис.8.8, *ε*). Тепляки бувають об'ємні, що охоплюють всю конструкцію, та секційні, що огорожують тільки частину конструкції. Тепляки виконують з фанери, брезенту чи полімерної плівки. Останнім часом для їхнього влаштування застосовують надувні двостінні конструкції з синтетичних матеріалів. За допомогою електричних чи парових калориферів у тепляках підтримують потрібні температуру (від 5 до 15 °С) і вологість.

У тепляках бетонують конструкції тоді, коли на відкритому повітрі це робити неможливо (чи потрібні значні перерви для обігрівання робітників, чи знижується якість бетону при значному морозі, наприклад до -60 °С).

При обігріванні бетону парою між огорожею (два шари бетону чи інвентарні щити) й опалубкою чи поверхнею бетону (рис.8.8, *ε*) залишають порожнину не менше ніж 15 см завширшки, яку заповнюють насиченою парою низького тиску (0,05-0,07 МПа) з максимальною температурою до 70-95 °С. Режим обігрівання бетону передбачає швидкість розігрівання не більше ніж 5-10 °С/год, ізотермічне вистоявання й остигання із швидкістю до 10 °С/год. Цей спосіб застосовують, якщо на будмайданчику є достатня кількість пари і температура повітря не нижче ніж -15 °С для немасивних конструкцій.

## **8.6. Виконання бетонних робіт в умовах сухого жаркого клімату**

Сухий жаркий клімат характеризується тривалим спекотливим літом (більше ніж 100 днів на рік), високими денними температурами (25 °С і вище) і низькою відносною вологістю (50 % і менше). При цьому відбуваються значні нагрівання будівельних конструкцій протягом дня внаслідок інтенсивної сонячної радіації, значні перепади температури і вологості протягом доби, значні випаровування вологи від дії сухого вітру.

До районів із сухим жарким літом належать південні області України, але особливості виконання робіт у таких умовах слід ураховувати і в інших місцях, коли в окремі періоди має місце суха жарка погода з температурою вище ніж 25 °С і відносною вологістю повітря менше ніж 50%.

На технологію бетонних робіт за перелічених умов впливають такі чинники:

підвищена температура бетонної суміші, що потребує збільшення її початкової рухливості;

швидка втрата бетонною сумішшю рухливості під час її транспортування й укладання внаслідок прискореного тужавлення цементу й інтенсивної втрати вологи;

інтенсивне збезводнювання бетону, що призводить до значних втрат міцності (до 50 % за місячний період вистоювання), втрат довговічності та погіршення інших його властивостей;

розвиток значної пластичної (початкової) усадки бетону, що викликає розтріскування (особливо залізобетонних) конструкцій.

Вплив цих чинників зумовлює зміни технології виконання бетонних робіт, які передбачають досягнення належної якості бетону за рахунок: зниження температури приготування бетонної суміші; застосування заходів щодо збереження низької температури бетонної суміші під час транспортування; запобігання зневоднюванню бетону після укладання його в опалубку; скорочення часу вистоювання бетону.

Щоб забезпечити більш низьку температуру бетонної суміші під час її приготування, змочують охолодженою водою заповнювачі, обдувають їх холодним повітрям, додають лід до 50 % маси води. Для запобігання нагріванню води в трубопроводах і резервуарах їх захищають теплоізоляцією. Температура бетонної суміші на час відправки її із заводу не повинна перевищувати 25 °С, бо вже за цієї температури виникають труднощі з її укладанням та ущільненням. Транспортувати суміш температурою вище 35 °С заборонено: така суміш швидко тужавіє і її укладання стає неможливим.

Для збереження технічної в'язкості й рухливості суміші в процесі приготування в неї вводять водоутримувальні та пластифікувальні добавки (наприклад, СП). Тривалість перемішування збільшують на 30-50 %.

Транспортування бетонної суміші має забезпечувати збереження необхідної її температури і рухливості. Для цього застосовують закриті теплозахисні транспортні засоби. Тривалість транспортування бетонної суміші температурою 25 °С не повинна перевищувати 30-50 хв, а суміші температурою 30°С — 15-25 хв. Якщо цей термін більший за допустимий (визначений з умови втрати не більше ніж 25 % початкової рухливості), доцільно переходити на доставлення в автобетонозмішувачах сухих чи частково приготованих сумішей з добавками — уповільнювачами тужавлення типу СП.

Укладають бетонну суміш при її температурі не більше ніж 25 °С, а в масиві — при температурі 20 °С (ці вимоги не поширюються на попередньо розігріті суміші, у яких унаслідок швидкого твердіння пластична усадка виявляється слабо).

Перед початком бетонування місце укладання суміші захищають від сонячних променів щитами чи навісами, а також охолоджують арматуру та опалубку обприскуванням холодною водою. Дерев'яну опалубку підтримують у вологому стані.

Укладати суміш треба так, щоб кожна чергова укладена порція мала найменшу відкриту поверхню; після ущільнення та загладжування її слід накрити вологомісткими матеріалами. Якщо на поверхні бетону виникли тріщини від швидкого зневоднювання і пластичної усадки, потрібно не пізніше ніж через 1 год після закінчення укладання суміші виконати повторне (поверхнєве) вібрування, що знищує тріщини і запобігає появленню нових, але тільки з дозволу керівництва будовою і під наглядом лабораторії.

Догляд за бетоном розділяють на два періоди: початковий та основний.

Початковий догляд за бетоном виконують, як мінімум, до моменту набрання бетоном міцності 0,5 МПа. У цей період захищають поверхню бетону від випаровування вологи з метою запобігання ранньому виникненню тріщин

на поверхні. Для цього відкриту поверхню покривають брезентом, щитами чи захисними плівками. Тривалість початкового догляду становить 4-8 год і залежить від виду конструкцій, погодних умов та інших чинників і встановлюється будівельними лабораторіями під час виконання робіт. Тривалість початкового догляду доцільно скорочувати через штучне прискорення твердіння бетону.

В основний період догляду, до набрання бетоном 70 % проектної міцності, підтримують потрібну для твердіння вологість. У цих умовах поверхню конструкцій доцільно залишати покритою водонепроникними плівками. Застосовують також вистоювання бетону під шаром води (спосіб «покривних водяних басейнів»): опалубку влаштовують з бортиком 68 см заввишки і після закінчення початкового періоду догляду заливають поверхню конструкції шаром води 35 см завтовшки. Для зменшення випаровування води з поверхні басейну застосовують речовини, що утворюють на поверхні води тонкий захисний шар (наприклад, із відпрацьованих мастил). Воду для покривних басейнів підігрівають до температури не нижче укладеної бетонної суміші. Це дає змогу уникнути температурних напружень у бетоні.

Після досягнення бетоном заданої міцності бажано захистити поверхню бетону від швидкого висихання, витримуючи її ще додатково дві- три доби під покриттям без зволоження.

В умовах жаркого сухого клімату ефективним є прискорене вистоювання бетону, яке дає змогу виключити основний період догляду за бетоном, знизити трудомісткість й інтенсифікувати роботи. Прискорене твердіння бетону значно зменшує можливість раннього розтріскування бетону, оскільки запобігає розвитку пластичної усадки. Для прискореного твердіння бетону застосовують раніше описані методи теплової обробки: електропрогрівання, контактне обігрівання, попереднє розігрівання бетонної суміші та ін.

## **КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ**

1. З якою метою здійснюється ущільнення бетонної суміші?

2. Назвіть основні способи ущільнення бетонної суміші.
3. На чому засноване вібрування бетонної суміші?
4. Яка оптимальна тривалість вібрування бетонної суміші?
5. Як розрізняють вібратори за способами дії на ущільнювану бетонну суміш?
6. Від чого залежить радіус дії вібратору?
7. Для ущільнення бетонної суміші в яких конструкціях застосовують поверхневі вібратори?
8. Як поділяються поверхневі вібратори?
9. Для ущільнення бетонної суміші в яких конструкціях застосовують зовнішні вібратори?
10. Коли доцільно ущільнювати бетонну суміш трамбуванням?
11. Коли доцільно ущільнювати бетонну суміш штикуванням?
12. Коли доцільно ущільнювати бетонну суміш коткуванням?
13. Коли доцільно ущільнювати бетонну суміш вакуумуванням?
14. За допомогою якого устаткування виконують вакуумування?
15. Коли має бути завершеним процес вакуумування?
16. Де доцільно розташовувати робочі шви при бетонуванні вертикальних елементів?
17. Де доцільно розташовувати робочі шви при бетонуванні горизонтальних елементів?
18. Коли відновлюють бетонування в місцях утворення робочих швів?
19. Назвіть спеціальні методи бетонування.
20. Коли застосовують напірний метод бетонування?
21. За допомогою якого устаткування виконують напірне бетонування?
22. У чому полягає метод роздільного бетонування конструкцій?
23. Назвіть основні методи підводного бетонування.
24. Коли застосовують метод вертикально переміщеної труби?
25. За допомогою якого устаткування виконують бетонування методом вертикально переміщеної труби?

26. Коли застосовують метод висхідного розчину?
27. За допомогою якого устаткування виконують бетонування методом висхідного розчину?
28. Які конструкції зводять методом утрамбування бетонної суміші?
29. Які конструкції улаштовують методом торкретування?
30. За допомогою якого устаткування виконують торкретування?
31. У чому полягає догляд за бетоном?
32. У чому полягає активізація твердіння бетону?
33. У чому полягає контроль міцності бетону?
34. Якими методами визначають міцність бетону?
35. Коли починають знімання опалубки?
36. Як знімають несівну опалубку?
37. Як виправляють дефекти бетонування?
38. Назвіть особливості впливу зимових умов на процес твердіння бетону.
39. Дайте визначення терміну «критична міцність бетону».
40. Як здійснюється приготування бетонної суміші у зимових умовах?
41. Як здійснюється транспортування бетонної суміші у зимових умовах?
42. Як здійснюється укладання бетонної суміші у зимових умовах?
43. Назвіть методи вистоювання бетону.
44. Які чинники впливають на виконання бетонних робіт в умовах сухого жаркого клімату?
45. Як здійснюється приготування бетонної суміші в умовах сухого жаркого клімату?
46. На які періоди розділяється догляд за бетоном в умовах сухого жаркого клімату?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Технологія будівельного виробництва: Підручник/ В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.; За ред. В.К. Черненка, М.Г. Ярмоленко, - К.: Вища школа, 2002. - 430 с.
2. Технология и организация монтажа строительных конструкций: Справочник/ В.К. Черненко, В.Ф. Баранников, А.Я. Волынский и др.; Под ред. В.К. Черненко, В.Ф. Баранникова. - К.: Будивэльник, 1988. - 276 с.
3. Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. / В.И. Теличенко, А.А. Лapidус, О.М. Терентьев, В.В. Соколовский. - М.:Высш. шк., 2002. - 320 с.
4. Технология возведения зданий и сооружений: Учеб. / О.М. Терентьев. - Ростов н/Д.: Феникс, 2006. - 573 с.
5. Технология, механизация и автоматизация строительства: Учеб. /С.С. Атаев, С.Я. Луцкий, В.А. Бондарик и др.; Под ред. С.С. Атаева, С.Я. Луцкого. - М.: Высш. шк., 1990. - 592 с.
6. Технологія монтажу будівельних конструкцій навч. посіб. /К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєєв та ін.; За ред. В. К. Черненка. - К.: Горобець Г. С., 2010. - 372 с.
7. Современные технологии в строительстве. / А. И. Меньлюк, В. С.Дорофеев, Л. Э. Лукашенко, Н. В. Олейник, В. И. Москаленко,Ф. Петровский, В. Г. Соха. - К. : Освіта України. Серия: Современное строительство, Кн. 3, 2010. - 550 с.
8. Швиденко В. И. Монтаж строительных конструкций : Учеб. пособие- М.: Высш. шк., 1987.-423 с.: ил.