

# ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ СИЛОСНИХ СПОРУД

## ЗМІСТ

1. Загальні відомості. Зведення силосів зі збірних залізобетонних конструкцій.
2. Зведення силосів зі сталевих листових матеріалів.
3. Зведення силосів із монолітного залізобетону.

### **1. Загальні відомості. Зведення силосів зі збірних залізобетонних конструкцій.**

**Силоси** – це сховища для сипких та пилоподібних матеріалів. Вони являють собою циліндричні або прямокутні резервуари заввишки до 30 м і більше, діаметром 6...12 м, компактно згруповані по 6...24 шт.(банок). Найчастіше силоси використовуються для зберігання продуктів сільського господарства, а саме - насіння зернових, соняшнику, кукурудзи тощо. Також силоси використовують для зберігання цементу, гранульованої сировини тощо. Силосні споруди зводять зі збірних або монолітних залізобетонних та металевих листових матеріалів. Товщина стін приймається постійною – не менше 16...20 см із двостороннім вертикальним та горизонтальним армуванням.

Силосні споруди **зі збірних залізобетонних** конструкцій являють собою вертикальні порожнисті всередині побудови циліндричної чи прямокутної форми (рис. 1).



Рисунок 1 - Загальний вигляд силосів з залізобетонних конструкцій

На рис. 2 представлена конструкція цементного силосу з шести банок, що складається з наступних основних конструктивних елементів: фундаментна плита, несуча колона, перекриття, стіни та надсилосна галерея. Найбільш відповідальні конструкції силосу – стіни – виготовляються з монолітного чи збірного залізобетону.

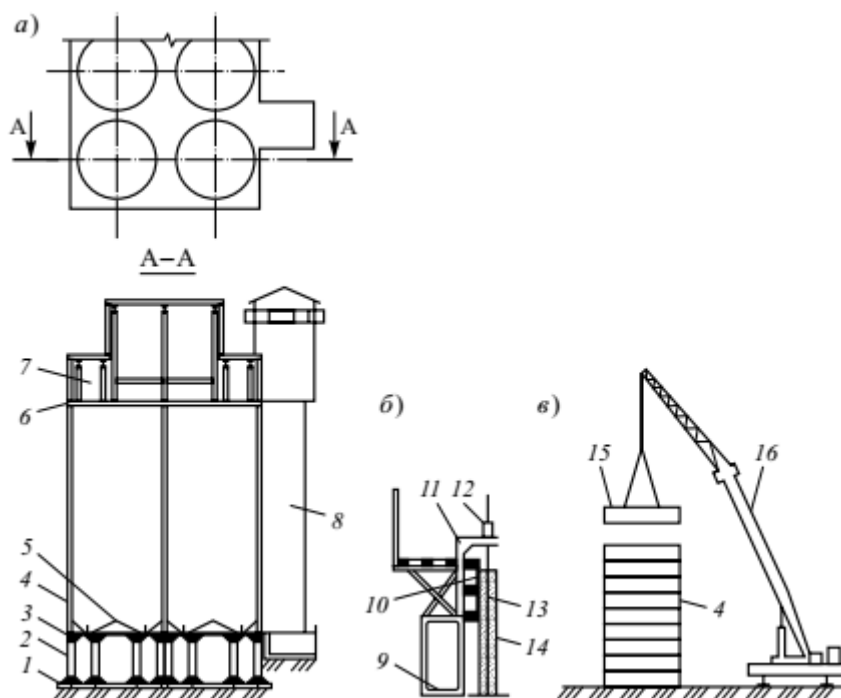


Рисунок 2 - Зведення залізобетонних силосів: а – конструкція силосу (план та розріз); б, в - пристрій монолітних банок і збірних залізобетонних силосів; 1 – фундаментна плита; 2 – несучі колони; 3, 6 – підсилосне та надсилосне перекриття; 4 – силосна банка; 5 – укоси; 7 – надсилосна галерея; 8 – сходові клітки; 9 – риштування для затирання стін; 10 – опалубка; 11 – домкратна рама; 12 – домкрат; 13 – домкратний стрижень; 14 – стіна; 15 – кільце; 16 – кран

Більше поширеними є силоси у формі циліндрів діаметром близько 10,0м і висотою майже 35,0м. Конструкції фундаментів виконуються з монолітного залізобетону. Силосну споруду складають з залізобетонних кілець висотою близько 1500 мм. Кільця складаються з окремих залізобетонних елементів товщиною 120-200 мм і шириною близько 1000 мм. Кільця формують на майданчику укрупненого складання і згодом монтують в проектне положення. Стикування кілець по висоті здійснюється за допомогою пазів на

нижніх і гребенів на верхніх елементах. Окремі вертикальні циліндри - банки з'єднують між собою для забезпечення просторової стійкості (рис. 3).

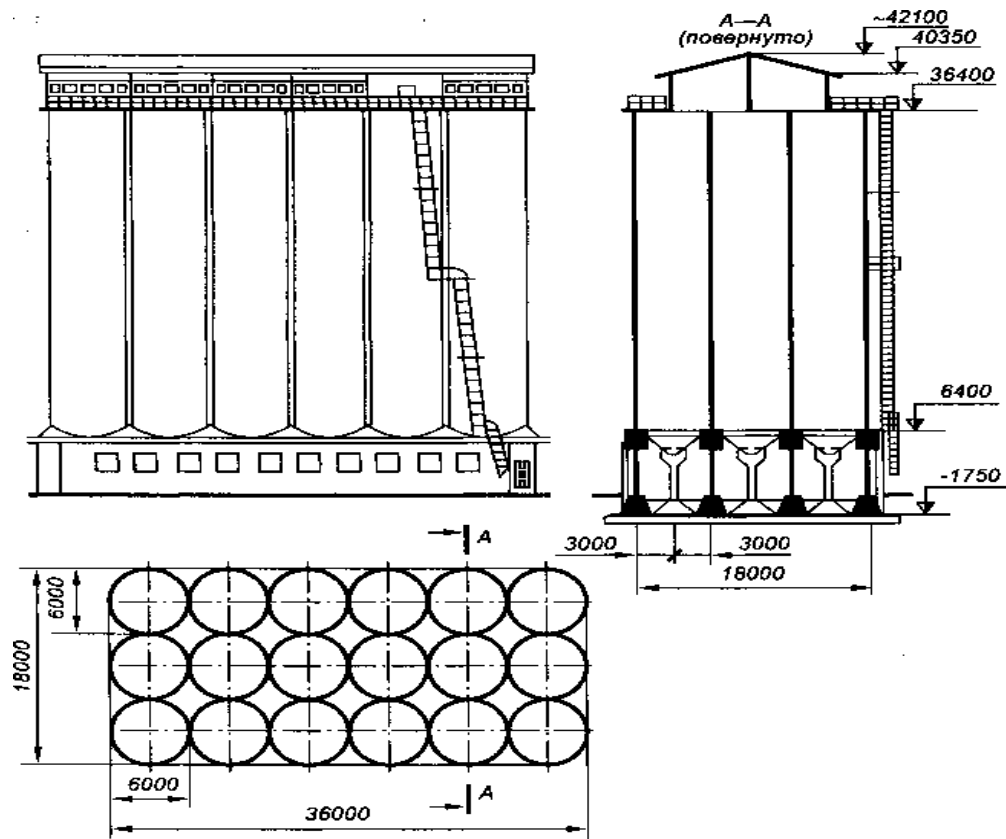


Рисунок 3 - Приклад конструктивної схеми силосної споруди: а - фасад; б - план; в - поперечний розріз

Силосні банки із збірних залізобетонних лотків або кілець монтують за допомогою баштових або стрілових кранів великої вантажопідйомності. Силосні кільця заввишки 1,5 м і діаметром 6...10 м можуть виготовлятися на заводі або збиратися на будівельному майданчику. У процесі складання кілець можлива їхня попередня напруга.

Зведення силосних споруд зі збірних залізобетонних конструкції здійснюють у такій технологічній послідовності:

- виконується комплекс підготовчих робіт. Загороджують будівельний майданчик, улаштовують під'їзні шляхи, облаштовують елементами побуту та будівельного господарства, виконують геодезичне розмічування, забезпечують безпечні умови праці та здійснюють інші заходи для раціонального виконання будівельних робіт;

- виконують роботи з розроблення ґрунтів і влаштування фундаментів. Фундаменти виконуються з монолітних залізобетонних конструкцій;
- зводять конструкції нижнього ярусу (роздаткового бункера);
- здійснюють монтаж конструкції силосу зі зібраних кілець. Для забезпечення ефективного складання кілець використовують інвентарні кондуктори, які влаштовані на майданчику укрупненого складання;
- зібрані кільця силосу захоплюють стропами безпосередньо з кондуктора за допомогою самохідних стрілових або баштових кранів і монтують у проектне положення; в разі недостатньої вантажопідйомності крана використовують комплект із двох механізмів. У цьому випадку кільце захоплюють спеціальної траверсою;
- після монтажу верхнього ярусу кілець влаштовують конструкції покриття.

Після монтажу кільця в проектне положення горизонтальні стики заповнюються розчином. Стикування кілець може здійснюватися насухо або із зазором та опорними майданчиками. Стики закладаються з підвісного риштування - колисок, які тимчасово закріплюють за змонтовані елементи.

При монтажі конструкцій використовуються звичайні способи встановлення збірних залізобетонних елементів. Установка кілець здійснюється з риштування, підвішуються до випусків раніше змонтованих кілець, що переставляються краном. Для підйому робітників влаштовується полегшена шахта з майданчиками та драбинами, що нарощується в міру зведення силосу. Для проходу робітників із шахти на робочі місця застосовуються інвентарні драбини.

У цілому конструкції монтують звичайним методом нарощування.

Контроль якості виконання робіт та вимоги безпеки праці аналогічні вимогам до зведення інших висотних споруд.

## 2 Зведення силосів зі сталевих листових матеріалів

Останніми роками особливої актуальності набуло будівництво силосних споруд *зі сталевих листових елементів* заводської готовності. Ці силоси призначені для зберігання насіння соняшнику, кукурудзи та інших зернових культур. Силоси можуть виготовлятися шляхом складання зі штучних листових матеріалів або способом спірального намотування. Найбільш поширений є спосіб зведення силосів з листових матеріалів заводської готовності. Такі силоси являють собою циліндричні споруди діаметром близько 3-32м, висотою близько 6-27м. Місткість таких силосів може становити 102-24 000 т. Для виготовлення панелей силосів використовується високоякісна оцинкована сталь. Товщина оцинкованих панелей силосу залежить від висоти силосу і становить 1-5 мм. Висота металевих панелей становить 1100-2000 мм. Для надання конструкції міцності, всередині або зовні силосу встановлюють вертикальні ребра жорсткості - спеціальні сталеві елементи Z або U - потрібного профілю. Товщина ребер залежить від розмірів силосу і становить 2-10 мм, а висота 100-160 мм. Для монтажу елементів конструкції металевих силосів використовують болтові з'єднання. Кожне з'єднання під болт силосу виконується зі спеціальними конусними шайбами та ущільнювальними полімерними прокладками. Таке конструктивне рішення дає змогу швидко, якісно й надійно зібрати металоконструкції силосу. Спеціальна конструкція болтових з'єднань елементів гарантує повну водонепроникність силосу. При цьому все складання відбувається без пошкодження антикорозійного покриття, а витрати на виконання монтажних робіт мінімальні.

При спорудженні силосу застосовують оригінальну будівельну технологію зведення від даху до днища. Монтаж конструкцій стін силосу здійснюють *методом підрощування*. Термін зведення силосу такого типу усереднених габаритів становить 5-7 днів.

Загальна технологічна схема виконання робіт зі зведення силосу із сталевих листових матеріалів передбачає:

- підготовчі роботи. Облаштування будівельного майданчика необхідними елементами будівельного господарства, що забезпечують раціональну і безпечну технологію виконання будівельних робіт;
- влаштування фундаментів. Фундаменти влаштовують у вигляді суцільної плити або на палях залежно від діючих навантажень і властивостей ґрунтів основ;
- зведення конструкцій покриття споруди. Для цього по центру силосу встановлюють тимчасову опору, на яку спираються несучі конструкції покриття, а потім влаштовується дахове покриття (рис. 4);



Рисунок 4 – Влаштування конструкції фундаменту та покриття силосної споруди

- зведення стін силосної споруди методом підрощування. По периметру фундаменту встановлюють підйомники у вигляді опорних елементів з ручними таями. Гак талі закріплюється за спрямовуючі елементи (ребра жорсткості силосу). Зазначені підйомні пристосування влаштовують по всьому периметру споруди. Гаком талі захоплюють за вушко і піднімають готову частину силосної споруди на один ярус. Ярус піднімається одночасно по всьому периметру споруди. Після підйому вниз встановлюють (підрощують) наступний ряд готових сталевих елементів



(панелей і ребер), переставляють планки з вушками і процедуру повторюють до повного зведення споруди (рис. 5);



Рисунок 5 – Процес зведення силосної споруди методом підрощування  
– монтаж технологічного обладнання (рис. 6).

Елементи силосу виготовляють з оцинкованої сталі з вушками для болтових з'єднань (рис. 6). Кріплення конструкцій силосних споруд може здійснюватися до фундаментів за допомогою спеціальних анкерів, які влаштовуються після зведення фундаментів. Прикладом такого рішення є застосування так званих хімічних анкерів. Цей анкер являє собою шпильку, вставлену на спеціальному хімічному розчині у свердловину в тілі фундаменту (рис. 6).

Переваги способу підрощування зведення силосів з використанням засобів малої механізації в тому, що для зведення споруд вантажопідйомні крани не потрібні, а також всі елементи збираються на болтових з'єднаннях.

Дуже важливою частиною зведення силосних споруд є дотримання технологічних регламентів зведення і **контроль якості робіт**. Контроль виконання робіт виконують відповідно до вимог проектно-технологічної документації. Контролюють якість та відповідність проекту будівельних конструкцій, що надходять на об'єкт.



Рисунок 6 – Конструкція елементів силосу зі сталевих елементів

Після збирання кожного ярусу перед його підйомом перевіряють якість установки елементів кріплень та їх комплектність. Порушення правил монтажу конструкцій може призвести до обвалення конструкції (рис. 7).



Рисунок 7 - Обвалення силосної споруди через порушення технологічних регламентів її зведення

Останнім часом на будівельному ринку з'явилася технологія зведення силосів *шляхом спірального намотування* (рис.8). Запатентована технологія



сталевих силосів із подвійним профільованням раніше належала Західній Німеччині. Подвійне профільовання – технічна особливість.

Для виготовлення силосів за такої технології використовують міцну оцинковану сталеву стрічку шириною близько 500,0 мм. Ця стрічка за допомогою спеціального обладнання розкочується концентричними кільцями і опресовується з подальшими ярусами. За цією технологією можуть влаштовувати силоси діаметром від 3 до 40 м. Унікальність такої технології полягає в намотування силосів із рулонних сталевих елементів безпосередньо на будівельному майданчику без застосування зварювання чи болтових з'єднань. Принцип системи з'єднань у подвійний фальц полягає в такому: на крайках сталевих смуг робиться подвійний загин, і в результаті створюється спіральна фальцева конструкція товщиною 20x40 мм з кроком 36 см, що забезпечує високу міцність, стійкість і абсолютну герметичність.



Рисунок 8 - Загальний вигляд силосних споруд виконаних за допомогою технологією спірального намотування

Технологія зведення силосів цим способом передбачає такі процеси (рис. 9):

- влаштування фундаментів;
- влаштування покриття силосу;
- влаштування стінок споруди шляхом спірального намотування.

Підйом конструкцій виконують краном або спеціальними напрямними, що встановлені поруч;

– монтаж технологічного обладнання.

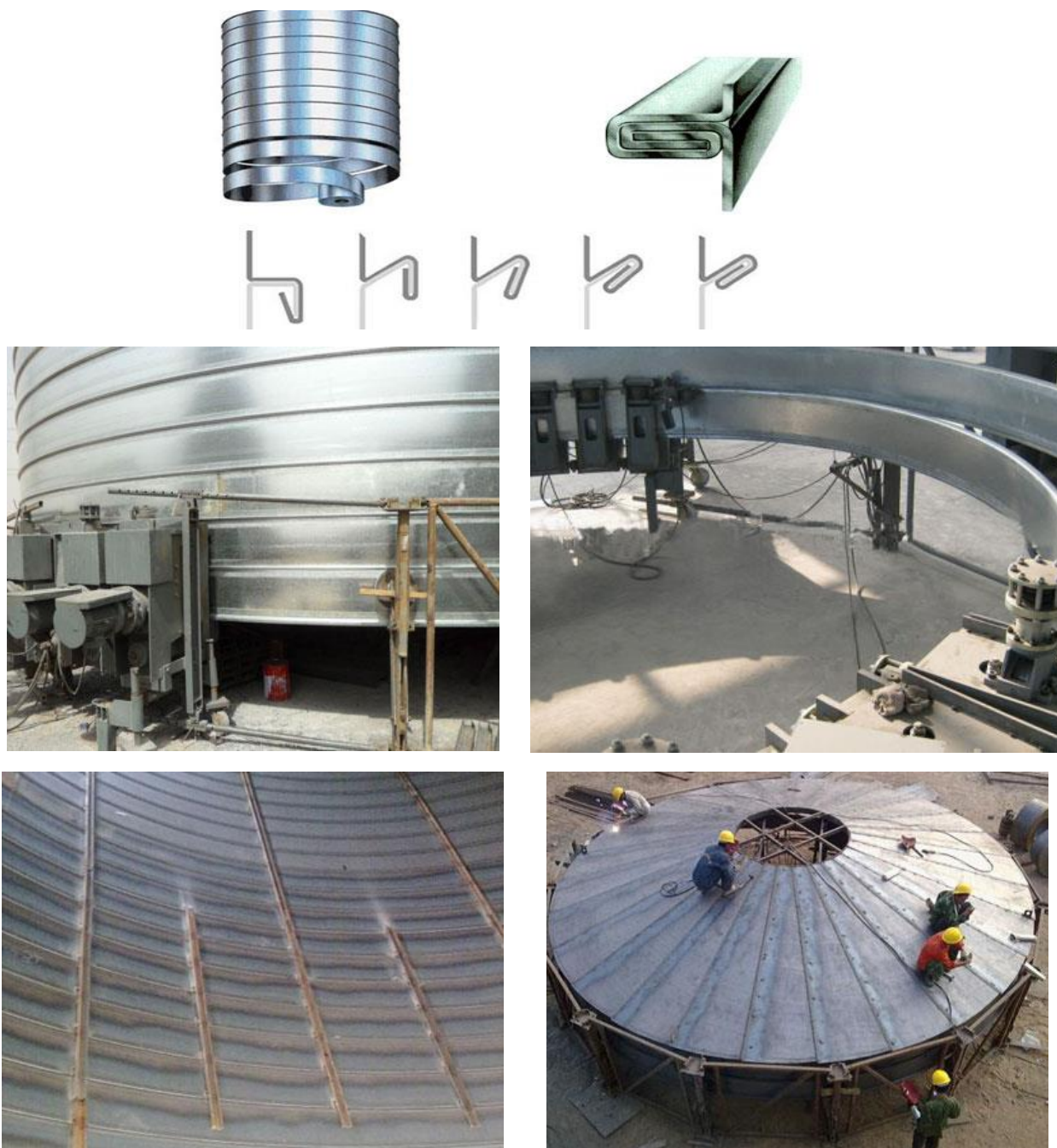


Рисунок 9 - Ілюстрації будівельних процесів зведення силосу способом спірального намотування сталеві стрічки: а - зведення конструкцій покриття

### 3. Зведення силосів із монолітного залізобетону

При необхідності будівництво силосів може виконуватися за допомогою сучасних безшовних технологій. Цього можна досягти за рахунок зведення силосних споруд з монолітного залізобетону (рис. 7.14) .

Для зведення монолітних стін силосів може застосовуватися щитова, підйомно-переставна та інші типи опалубок. Однак перевага зазвичай віддається ковзній опалубці, що дозволяє весь комплекс залізобетонних робіт виконувати одночасно. При цьому швидкість бетонування (не менше 2,5 м на добу) дозволяє закінчувати роботи з влаштування стін за 8...12 діб, а уповільнення темпів бетонування призводить лише до погіршення якості робіт.

Технологія виконання робіт включає звичайні процеси влаштування опалубки, армування конструкцій, укладання та ущільнення бетонної суміші. Для зведення силосних споруд використовується спеціальна системна опалубка, що забезпечує зведення циліндричних поверхонь. Опалубка постійно поліпшується за рахунок постійної модернізації з'єднань. Установка і зняття опалубки не займає багато часу.

Подача арматури в конструкцію подається кранами. Бетонна суміш укладається за допомогою цебра або бетононасосом. Робітники розташовуються на риштованні, яке влаштовують усередині силосу та на зовнішніх підвісних колисках.

Для зведення силосів використовується підйомно-переставна та ковзна опалубка. Технологія зведення таких споруд аналогічна зведенню баштових споруд. Різниця є в конструктивних та геометричних параметрах споруд.



Рисунок 10 - Загальний вигляд силосної споруди із монолітного залізобетону

При бетонуванні стін силосів у ковзній опалубці повинні неухильно дотримуватися таких основних вимог:

- висота опалубки повинна становити 1,1 ... 1,2 м (зменшення висоти призводить до порушення стійкості, а збільшення - до обтяження);
- конусність опалубки має становити 0,5% її висоти (при зменшенні конусності неминуче виникають великі сили тертя між бетонною сумішшю та опалубкою і, як наслідок, зриви бетону; зі збільшенням конусності виникають нерівності стіни з допомогою «опливання» бетонної суміші);
- щити опалубки не повинні жорстко кріпитися до кружальця і між собою (інакше можливе прослизання окремих домкратів, що може призвести до викривлення опалубки та порушення вертикальності стін);
- поперечний зв'язок домкратної рами не повинен підійматися над робочим настилом (палубою) більш ніж на 0,3м (інакше вільні кінці вертикальної арматури відхилятимуться і ускладнюватимуть в'язку горизонтальних кілець арматури);
- вивантаження бетонної суміші необхідно проводити рівномірно по всьому периметру стін (щоб уникнути перекосу палуби).

Щоб не допустити зчеплення укладеної бетонної суміші з опалубкою, роботи з її підйому, армування і бетонування повинні проводитися безперервно (без зупинок) в три зміни. Підйом усієї системи опалубки з палубою здійснюється за рахунок домкратів, що спираються на круглі сталеві домкратні стрижні діаметром 32 мм, що встановлюються через кожні 1,5...2,0 м на стіні.

Для підйому опалубки можуть використовуватися три типи домкратів: електромеханічні, гідравлічні або ручні. Найбільшого поширення отримали гідравлічні домкрати, що забезпечують більш рівномірний та плавне піднесення опалубки по всьому фронту споруди.

Роботи зі зведення силосу проводять у наступній послідовності:

- після виконання робіт нульового циклу та нівелювання основи стін виконують розбивку споруди, перевіряють розміри щитів опалубки та роботу механізмів підйому;

- встановлюють кільця кружал, арматуру стін та домкратні рами, монтують металоконструкції робочої підлоги та щити опалубки (особливо ретельно перевіряють її конусність, так як при подальших роботах змінити її неможливо);

- встановлюють домкрати та підключають їх до насосних станцій;

- встановлюють домкрати домкратні стрижні різної довжини (різниця довжин стрижнів становить 1...1,2 м);

- виконують технологічний процес армування та ущільнення суміші при постійному підйомі опалубки (бетонна суміш марки не нижче М200 рухливістю 6...12 см укладають одночасно з двох протилежних сторін споруди та ущільнюють вібраторами з гнучким валом та вручну – штикуванням; дефекти поверхні стін, що виходять з-під опалубки, затирають з підвісних риштування, домкратні стрижні в процесі підйому нарощують із застосуванням різьбових з'єднань або зварювання);

- бетонують перекриття, надсилосній галереї, встановлюють воронки та технологічне обладнання.

Прикладом вітчизняного досвіду зведення силосів з монолітного залізобетону є Київський елеватор . Комплекс споруди було зведено в 1950 р. Споруда виконана з монолітного залізобетону у ковзній опалубці. Головні виробничі елементи елеватора: робоча башта, два силосні корпуси, три верхні з'єднувальні мости, двоповерхова нижня з'єднувальна галерея, приймальний пристрій на 8 ящиків, пневматичний пристрій для приймання зерна з водного транспорту (середня експлуатаційна продуктивність - 90 т за годину). Розміри робочої башти у плані 19,2х7,0 м. Висота від верху фундаментної плити до покрівлі вишки - 66,9 м, до покрівлі робочої башти - 59,2 м.