

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Конспект лекцій
у трьох частинах*

*Частина 2
Транспортування бетонної суміші
і бетонування монолітних бетонних конструкцій*

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
за ОПП «Технологія будівельних конструкцій виробів і матеріалів»

Київ 2025

УДК 65.304.19

Б48

Рецензент О.В. Ластівка, канд. техн. наук, доцент

*Затверджено на засіданні науково-методичної ради КНУБА,
протокол № 2 від 24 жовтня 2024 року.*

Бердник О.Ю.

Б48 Технологічний супровід виготовлення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій: у 3 ч. – Ч. 2. Транспортування бетонної суміші і бетонування монолітних бетонних конструкцій: конспект лекцій / О.Ю. Бердник та ін. – Київ: КНУБА, 2025. – 48 с.

Містить загальні положення і поняття про транспортування бетонної суміші, особливості бетонування монолітних бетонних конструкцій, зокрема застосування інноваційної технології «стіна в ґрунті», а також методи підводного бетонування.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за ОПП «Технологія будівельних конструкцій виробів і матеріалів».

УДК 65.304.19

© О.Ю. Бердник, Є.М. Петрикова,
А.А. Майстренко, Н.О. Амеліна, 2025
©КНУБА, 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
<i>Лекція 8. Транспортування бетонної суміші</i>	<i>5</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>9</i>
<i>Лекція 9. Подавання бетонної суміші в опалубку</i>	<i>9</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>19</i>
<i>Лекція 10. Способи бетонування монолітних конструкцій</i>	<i>20</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>27</i>
<i>Лекція 11. Бетонування плоских горизонтально розміщених конструкцій</i>	<i>27</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>33</i>
<i>Лекція 12. Бетонування масивних конструкцій</i>	<i>33</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>39</i>
<i>Лекція 13. Спеціальні методи бетонування</i>	<i>39</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>44</i>
<i>Лекція 14. Технологія «Стіна в ґрунті»</i>	<i>44</i>
<i>Контрольні запитання</i>	<i>48</i>
Список літератури	48

ВСТУП

Дисципліна «Технологічний супровід виготовлення монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій» є базовою в професійній підготовці за спеціальністю «Будівництво та цивільна інженерія». У процесі опанування дисципліни студенти здобувають знання про види опалубки та особливості її влаштування, принципи виготовлення арматурного прокату та виробів, використовуваних для зведення монолітних бетонних та залізобетонних конструкцій, особливості армування монолітних залізобетонних конструкцій, способи бетонування монолітних конструкцій, догляд за бетоном в процесі твердіння, захист бетону монолітних конструкцій від корозії, способи організації і виконання будівельних робіт під час монолітного зведення конструкцій. Саме тому метою лекційного курсу є засвоєння студентами системних знань про особливості технологічних процесів у будівництві.

З метою поліпшення засвоєння матеріалу з дисципліни пропонується конспект лекцій у трьох частинах, складений відповідно до робочої програми.

Перша частина містить лекції, у яких викладено загальні принципи та основи у монолітному та збірно-монолітному будівництві. Докладно розглянуто види опалубних систем, матеріали, з яких виготовлено ці системи, принцип монтажу і демонтажу. Приділено увагу видам арматурних елементів, способу встановлення фіксаторів в опалубку й арматури.

У другій частині вміщено лекції, в яких висвітлено особливості бетонування різних видів конструкцій і транспортування бетонної суміші.

У третій частині розглянуто особливості бетонування в умовах сухого жаркого клімату, а також зимові і нормальні умови.

Після вивчення дисципліни здобувачі освіти мають знати номенклатуру залізобетонних виробів, вимоги нормативних документів, властивості й особливості зведення бетонних і залізобетонних конструкцій; вміти виконувати розрахунок складу бетонної суміші залежно від виду конструкції та умов експлуатації, добирати опалубні системи, обладнання для укладання й ущільнення бетонної суміші, розраховувати виконання виробничих процесів.

Лекція 8

ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

У загальному вигляді транспортний процес складається з приймання суміші з роздаткового бункера бетонозмішувальної установки, доставку (переміщення) її різними транспортними засобами до об'єкта бетонування, подальшої подачі суміші до місця укладання або ж перевантаження її на інші транспортні засоби чи пристосування, що доставляють суміш в блок бетонування.

Під час перевезення бетонної суміші основною технологічною умовою є збереження її однорідності і підтримання потрібної для укладання рухливості. При цьому потрібно мати на увазі, що внаслідок інтенсивних струшувань під час перевезення, розвантаження або перевантаження крупний заповнювач осідає донизу, а цементне молоко і розчин підіймаються догори і бетонна суміш втрачає однорідність (розшаровується).

На практиці користуються трьома технологічними схемами доставки бетонних сумішей до місця їхнього укладання.

1. Від місця приготування до місця розвантаження біля об'єкта, який будують.

2. Від місця приготування до місця розвантаження безпосередньо в конструкцію, яку бетонують.

3. Від місця розвантаження до місця укладання в конструкцію.

За першою і другою схемами для перевезення бетонної суміші залежно від відстані, стану доріг та інших умов можуть бути використані автосамоскиди, автобетоновози і автобетонозмішувачі (рис. 1; 2).

За третьою схемою бетонну суміш можна транспортувати кранами (у цебрах), бетононасосами, пневмонагнітачами, а для бетонування конструкцій на рівні або нижче рівня землі – стрічковими конвеєрами, віброживильниками, бетононасосами і пневмонагнітачами.

На сучасному етапі розвитку будівельного комплексу в міських умовах найбільш поширеними є автомобільні перевезення бетонної суміші. Виконують їх на автомобілях-самоскидах, автобетоновозах, автобетонозмішувачах та в контейнерах чи цебрах. Найбільш пристосованими для перевезення бетонної суміші є автобетонозмішувачі.

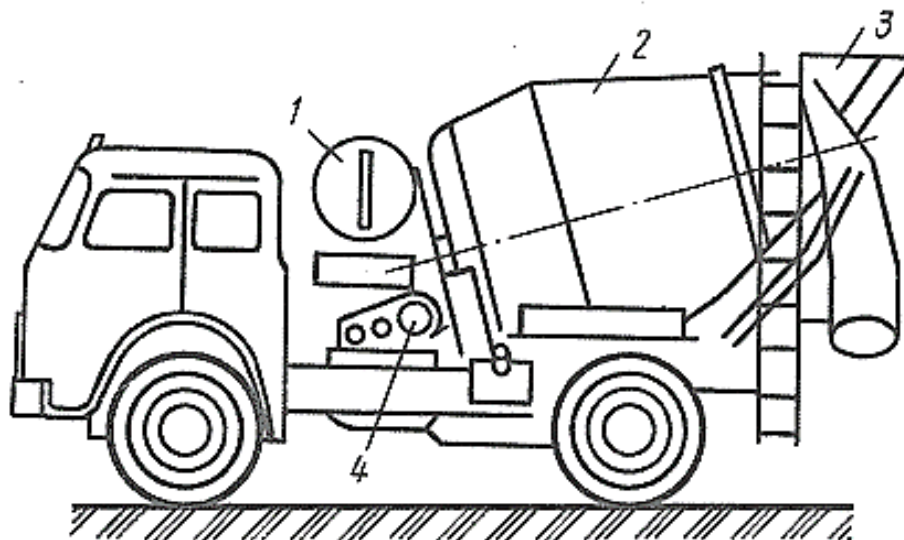


Рис. 1. Автобетонозмішувач:
 1 – бак для води; 2 – барабан (змішувач);
 3 – завантажувально-розвантажувальний пристрій; 4 – привід барабана

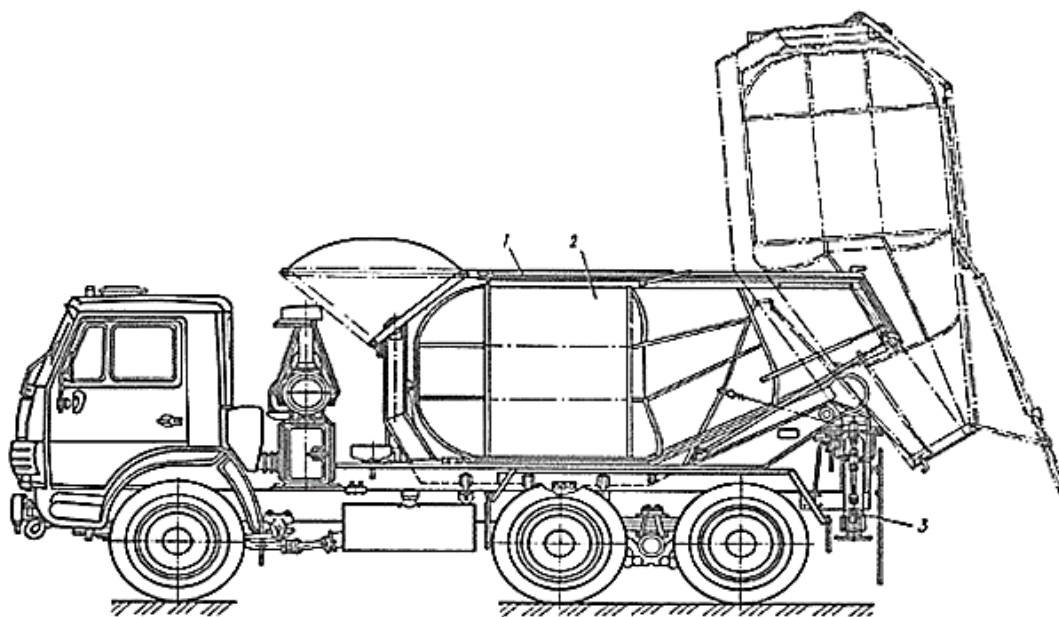


Рис. 2. Автобетоновоз:
 1 – кришка; 2 – кузов; 3 – виносна опора

Тривалість автомобільних перевезень бетонних сумішей залежить від початкової температури бетонної суміші, температури повітря, виду цементу і типу транспортного засобу. У середньому тривалість переміщення бетонної суміші, що обчислюється від моменту її завантаження в транспортний засіб до початку її ущільнення, не повинна перевищувати 60 хв (для цементів з термінами тужавлення – не менше ніж 1 год). За знижених температур зовнішнього повітря (5...10 °С) час перевезення

може бути збільшений до 120 хв. Ці умови залежно від стану доріг, допустимої швидкості руху та виду транспортних засобів і визначають граничну дальність перевезення бетонної суміші.

Застосування самоскидів для доставки на об'єкт бетонних сумішей є економічно і технологічно виправданим за великих обсягів укладання суміші та відстаней перевезення не більш ніж 10...15 км. Однак використання самоскидів для транспортування бетонних сумішей призводить до їхніх втрат у дорозі близько 2...3%, розшаровування, зниження якості сумішей від попадання атмосферних опадів. Крім того, експлуатація автосамоскидів в холодну пору року ускладнена і пов'язана зі значними витратами ручної праці для очищення кузова від налиплої суміші.

Автосамоскиди пристосовують для перевезення бетонних сумішей шляхом нарощування бортів кузова, прилаштуванням ущільнювачів прилягання заднього борту кузова, установлення вібраторів на кузові, що полегшують розвантаження суміші, але найбільш технологічними є спеціалізовані *самоскиди-бетоновози*. Вони відрізняються від звичайних самоскидів спеціальним закритим перекидним кузовом каплеподібної форми, що сприяє збереженню і мінімальному розшаровуванню суміші. Завантажують їх через люк у верхній частині кузова, розвантажують через секторний затвор. Деякі автобетоновози мають пристрої для збудження бетонної суміші в період транспортування, що створює можливість порційного вивантаження суміші та більшу дальність її перевезення. Застосування автобетоновозів збільшує радіус доставки суміші до 30...40 км.

Питання про технологічно допустиму дальність перевезення бетонної суміші в самоскидах і бетоновозах має вирішуватися в кожному окремому випадку залежно від складу суміші, температурних умов, стану покриття доріг, типу транспортних засобів тощо.

Наприклад, у разі перевезення бетонних сумішей на відстань понад 20...30 км підвищується адгезія до кузова самоскида. Під час перевезення в самоскидах на відстань більш ніж 15 км і в бетоновозах – понад 20 км бетонна суміш розшаровується і, як наслідок, знижується кінцева міцність бетону.

Автобетонозмішувач (найбільш поширений транспортний засіб для доставки бетонної суміші на будівельний майданчик) складається з бетонозмішувального барабана, змонтованого на шасі автомобіля або на

напівпричепі, якому надається руху від двигуна автомобіля через коробку відбору потужності, або він має окремий двигун внутрішнього згорання.

Автобетонозмішувачі завантажують сухою сумішшю (віддозовані компоненти). Вода надходить до барабана під час руху машини з водяного бака. Початок перемішування призначають залежно від відстані перевезення, зазвичай не раніше, ніж за 5... 10 хв до моменту доставки на пункт призначення. При цьому дальність транспортування обмежується переважно економічними міркуваннями. На короткій відстані доцільно перевозити в автобетонозмішувачах готову бетонну суміш з її перемішуванням під час транспортування.

Дальність транспортування бетонної суміші при цьому може доходити до 60...70 км.

Істотною технологічною перевагою автобетонозмішувачів є можливість порційного вивантаження бетонної суміші.

За кордоном застосовують практику перевезення в автобетонозмішувачах компонентів бетонної суміші, перемішаних з невеликою кількістю води. Одержану таким чином вологу масу можна перевозити на більш значні відстані, ніж готову суміш. За наближення до місця розвантаження в барабан додають потрібну кількість води та модифікувальних добавок. Цей метод на відміну від перевезення сухої суміші дає змогу збільшити заповнення барабана ($K_3=0,7$), проте є досить складним і тому не набув значного поширення.

Обираючи спосіб перевезення бетонних сумішей, треба пам'ятати, що автобетонозмішувач – це важка машина масою 20 т і більше, розрахована на дороги з досить міцним покриттям.

Інколи бетонну суміш до об'єкта будівництва подають стрічковими конвеєрами. Транспортувати бетонну суміш за допомогою конвеєрів економічно вигідно за відстані не більш ніж 1500 м. Для запобігання розшаруванню бетонної суміші та її втрат в дорозі швидкість руху конвеєрної стрічки не повинна перевищувати 1 м/с, нахил стрічки залежить від консистенції бетонної суміші і не повинен перевищувати 18...15° під час підймання суміші з осадкою конуса до 4...5 см, а під час спускання – 12...10°.

Стрічкові конвеєри застосовують також для укладання бетонної суміші до блоків бетонування, зокрема для бетонування безперервним потоком масивних конструкцій значної довжини. Їхнє використання є особливо ефективно разом з бетонозмішувачами безперервної дії.

Для того щоби уникнути впливу атмосферних опадів на водоцементне відношення суміші над конвеєрами встановлюють накриття.

В деяких випадках суміш на будівельний майданчик доставляють на бортових автомобілях у контейнерах. До місця укладання бетонну суміш у цебрах подають краном.

Максимальну допустиму тривалість транспортування бетонної суміші, готової до застосування, за умови збереження її властивостей і за температури повітря від 20 до 30 °С (температура суміші – 18-20 °С) наведено в ДСТУ Б В.2.7-96-2000.

Середня швидкість транспортування – 15 км/год.

Контрольні запитання

1. Назвіть засоби для транспортування бетонної суміші.
2. Наведіть вимоги до транспортування бетонної суміші.

Лекція 9

ПОДАВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ В ОПАЛУБКУ

Доставлену на об'єкт суміш подають до блоків бетонування кранами за допомогою неповоротних чи поворотних цебер або стрічковими конвеєрами (транспортерами), бетононасосами і пневмонагнітачами (труби), ланковими хоботами та віброхоботами, стрічковими бетоноукладачами (рис. 3).

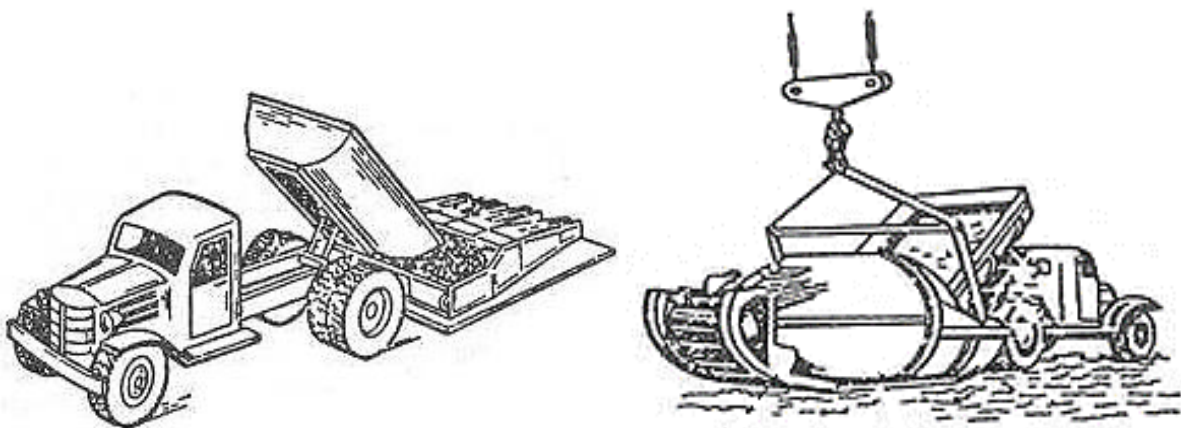


Рис. 3. Завантаження цебер з самоскидів

Поворотні цебра місткістю 0,5...8 м³ завантажують безпосередньо з самоскидів чи автобетоновозів, причому за місткості цебер 0,5 м³ – по чотири відразу, а цебра на 1,5...8 м³ завантажують з бетоновозів, місткість кузова яких дорівнює або кратна місткості цебра, відразу.

Пересувні стрічкові конвеєри застосовують у тих випадках, коли подати суміш до місця укладання засобами доставки або в цебрах складно чи неможливо. Конвеєрами завдовжки до 15 м подають суміш на висоту до 5,5 м. Для того щоби зменшити висоту вільного падіння суміші під час вивантаження, застосовують напрямні щитки або воронки. Але конвеєри в процесі бетонування треба часто переставляти. В сучасних умовах їх майже не використовують.

Бетононасоси призначені для прийому свіжоприготовленої бетонної суміші від спеціалізованих бетонотранспортних засобів (в основному автобетонозмішувачі) і подачі її в горизонтальному та вертикальному напрямках до місця укладання під час зведення будівель і споруд з монолітного бетону та залізобетону.

Бетононасоси за мобільністю поділяють так:

мобільні – це автобетононасоси, бетононасос встановлений на шасі вантажного автомобіля разом з бетонорозподільчою стрілою та бетонопроводами;

стаціонарні – бетононасоси, що не мають здатності самостійно пересуватися, їх встановлюють на колеса і транспортують на причепі. Порівняно з мобільним бетононасосом вони мають велику потужність, але не обладнані стрілою для подавання бетонної суміші.

Бетононасос складається з власне бетононасоса, приймального пристрою (з валом для перемішування суміші) та комплекту бетоноводів. Найбільший попит у будівельників мають стаціонарні бетононасоси.

За *типом приводу* бетононасоси виготовляють з гідравлічним та механічним приводом (рис. 4; 5).

Принцип роботи бетононасоса з механічним приводом

Під час всмоктувального руху поршня 5 під дією кривошипно-шатунного механізму 7 бетонна суміш з приймального бункера 2 засмоктується крізь відкритий всмоктувальний клапан 3 до транспортного циліндра 4. Одночасно нагнітальний клапан 6 перекриває вихід до бетонопроводу 1 (рис. 4).

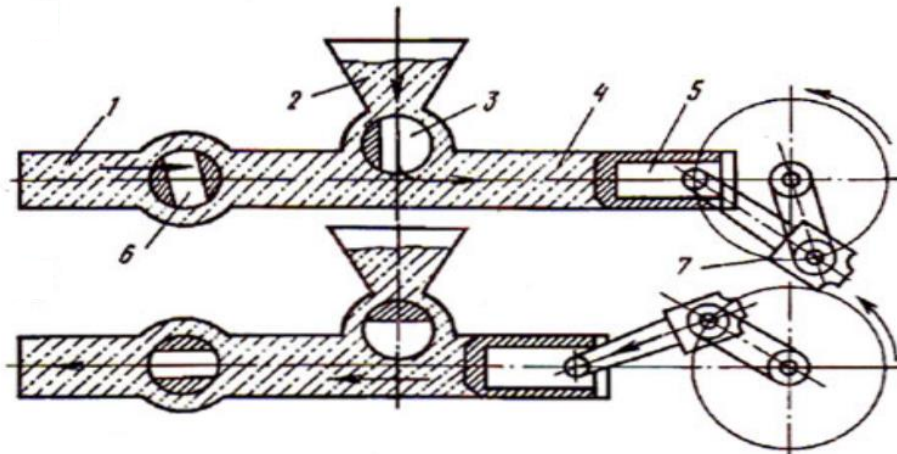


Рис. 4. Схема роботи бетононасоса з механічним приводом:
 1 – бетонопровід; 2 – приймальний бункер; 3 – відкритий всмоктувальний клапан;
 4 – транспортний циліндр; 5 – поршень; 6 – нагнітальний клапан;
 7 – кривошипно-шатунний механізм

Коли поршень досягає крайнього положення (правого), закривається горловина приймального бункера і відкривається нагнітальний клапан; під час зворотного ходу поршня бетонна суміш виштовхується в бетонопровід. За безперервної роботи бетононасоса бетонопровід повністю заповнюється сумішшю, яка рухається завдяки високому тиску в ньому. Дальність транспортування горизонтальною ділянкою трубопроводу – 200...250 м, вертикально – 40 м. Максимальна продуктивність бетононасоса становить 40 м³/год.

Бетононасоси з гідравлічним приводом порівняно з механічним мають простішу кінематичну схему, компактні, малогабаритні. Відсутність кривошипно-шатунного механізму приводу поршня і механізму для управління клапанами, а також наявність гідравлічного регулювання роботи бетононасоса усуває вібраційні навантаження, що значно підвищує експлуатаційну надійність цих машин.

Принцип роботи бетононасоса з гідроприводом

Під тиском води поршень 1 витісняє за закритого шибера 4 бетонну суміш з циліндра 2 в бетонопровід 3; внаслідок відсмоктування води поршень переміщується у зворотний бік; плоский затвор, пересування якого за допомогою гідроциліндра 6 синхронізується із зміною руху поршня, відсувається, і в циліндр надходить бетонна суміш з бункера 5 (рис. 5).

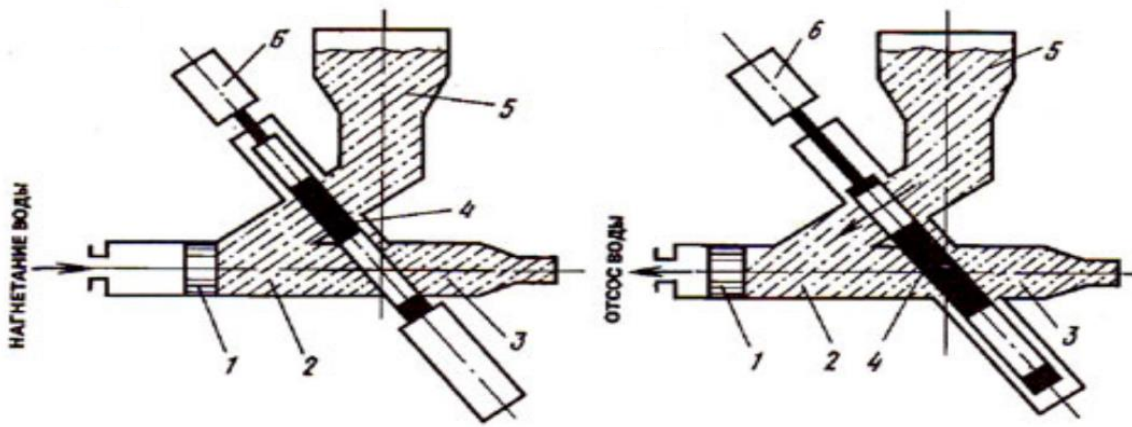


Рис. 5. Схема роботи бетононасоса з гідроприводом

Завдяки високому тиску в гідросистемі тиск в транспортному циліндрі в 7...8 разів вищий, ніж у бетононасосі з механічним приводом, що дає змогу збільшити дальність горизонтального транспортування до 400-500 м та до 60 м – вертикального. Сучасні бетононасоси дають змогу подавати бетонну суміш до 1000 метрів по горизонталі, а висота подавання становить близько 220 метрів.

Автобетононасос

Автобетононасос складається із трьох основних частин: базове шасі, бетононасос та бетонороздаткова стріла.

Автобетононасос працює з комплектом закріплених за ним автобетонозмішувачів, які повинні забезпечувати безперебійне постачання бетонної суміші до приймального бункера бетононасоса.

Будь-які технологічні перерви тривалістю понад 30 хв неприпустимі, як з економічного, так і з технологічного погляду.

Бетонороздаткова стріла, на яку кріплять бетонопровід, призначена для подавання бетонної суміші безпосередньо до місця її укладання, складається із кількох секцій, з'єднаних між собою за допомогою шарнірів.

За типом складання стріли бувають (рис. 6):

Z-подібного складання, які доцільно використовувати для роботи в обмеженому просторі;

R-складання ланок стріли відбувається в один бік, доцільно застосовувати для високого та дальнього подавання бетону без обмежень у просторі;

ZR-складання стріли деякою мірою поєднує в собі елементи «Z» та «R».



а



б



в



г

Рис. 6. Стационарні бетононасоси

Вимоги до бетонної суміші, яку подають бетононасосом

Склад бетонної суміші – один з визначальних факторів успішної роботи бетононасосів.

По-перше, слід віддавати перевагу природним заповнювачам над штучними (колотими). Для якісного перекачування суміші потрібно забезпечити неперервний гранулометричний склад заповнювачів з метою запобігання розшаруванню.

По-друге, велике значення має рухливість бетонної суміші. Бетононасосом можна прокачувати суміші з осадкою конуса 2,5...25 см, однак прокачування жорстких сумішей (ОК=1...2,5 см) та надто рухливих (ОК=20...25см) є недоцільним і неефективним.

Найвищої продуктивності бетононасоси досягають під час перекачування бетонних сумішей з осадкою конуса ОК=3...15 см.

Однак осадка конуса не визначає повною мірою придатності суміші до транспортування. Слід досягти нерозшаровуваності бетонної суміші, це можливо завдяки застосуванню водоутримувальних добавок. В той же час

занадто «суха» бетонна суміш завадить постійному змащуванню внутрішньої поверхні бетонопроводів.

Для підвищення легкоукладальності доцільно використовувати пластифікувальні добавки, які одночасно покращують перекачуваність бетонної суміші.

Окрім бетононасосів подавати бетонну суміш трубопроводами можна також за допомогою пневмонагнітачів. Їхня продуктивність становить 10-20 м³/год за дальності подавання до 200 м і висоти підймання до 35 м. Пневмонагнітач складається зі звареного грушоподібного корпусу, у верхній частині якого є завантажувальний люк-воронка, що закривається затвором. Для подавання стисненого повітря у корпусі пневмонагнітача розміщено фланці для підведення трубопроводів з верхнім і нижнім соплами. Внизу корпусу закріплено секцію бетоновода.

До комплекту пневмотранспортної установки, крім пневмонагнітача, входить набір ланок бетонопроводу, для нейтралізації компресор з ресивером і система трубопроводів для подавання стисненого повітря.

Бетонну суміш з осадкою конуса 6-8 см і максимальною величиною заповнювача 40-60 мм завантажують у пневмонагнітач через воронку. Завантажити її можна безпосередньо з бетонозмішувача або з бетоновоза за допомогою скіпового пристрою. Після завантаження закривають затвор і подають до пневмонагнітача стиснене повітря.

Для цього спочатку подають стиснене повітря через нижнє сопло, створюючи необхідне розрідження в нижній частині пневмонагнітача. За робочого тиску 2,5-3,0 кгс/см² бетонна суміш транспортується трубопроводами в струмені стисненого повітря зі швидкістю 1,5-2,5 м/с. Для того щоби погасити цю швидкість, на кінці бетоновода встановлюють гасник. З гасника гумовим шлангом або ланковим хоботом суміш надходить в блок бетонування.

Витрата стисненого повітря залежить від відстані транспортування. Під час подавання на відстань 20 м вона сягає 30...35 на 1 м³ бетонної суміші.

Раціональна галузь застосування таких установок – бетонування малоармованих конструкцій, обробка тунелів в обмежених умовах підземного будівництва. Доцільно також застосовувати їх і для бетонування тонкостінних конструкцій без опалубки.

Для подавання та розподілу суміші безпосередньо на місці укладання як засіб вертикального транспорту (за висоти 2-10 м)

застосовують хоботи, що являють собою трубопровід з конусних металевих ланок та верхньої воронки. Застосовують також віброхоботи, які складаються з ланкового хобота та вібратора (рис. 7). На завантажувальній воронці місткістю 1,6 м³ і секціях віброхобота діаметром 350 мм що 4...8 м встановлюють віброзбуджувачі, а в кінці хобота – гасники швидкості.

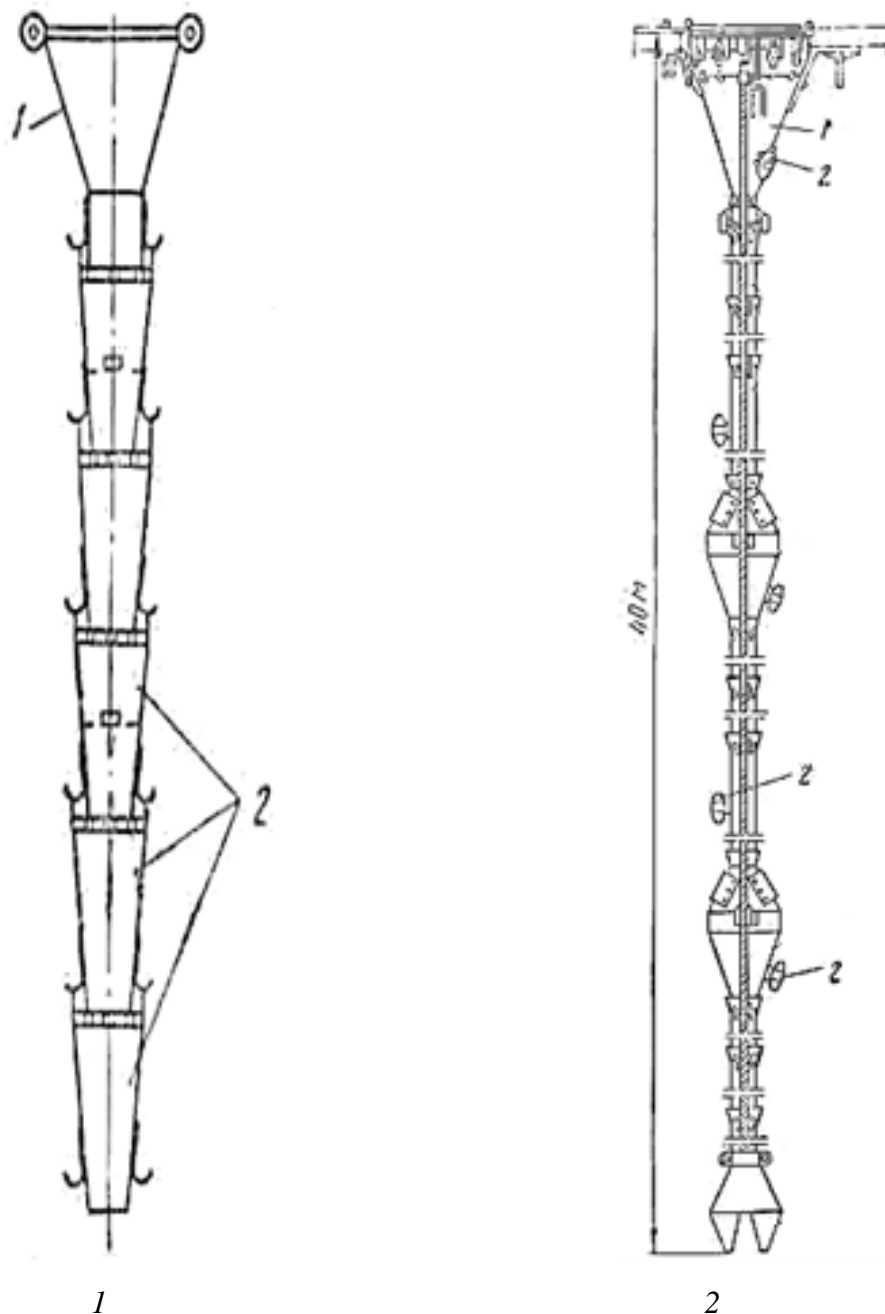


Рис. 7. Схеми подавання та розподілу суміші безпосередньо на місці укладання за допомогою вертикального транспорту: 1 – хобот; 2 – віброхобот

Подають й розподіляють бетонну суміш в конструкції на відстань до 20 м з нахилом до горизонту 5-20° також віброжолобами разом з

віброживильником місткістю 1,6 м³ (рис. 8; 9). Ним можна укласти суміші до 5 м³/год за кута нахилу 5°, а за кута 15° – до 43 м³/год.

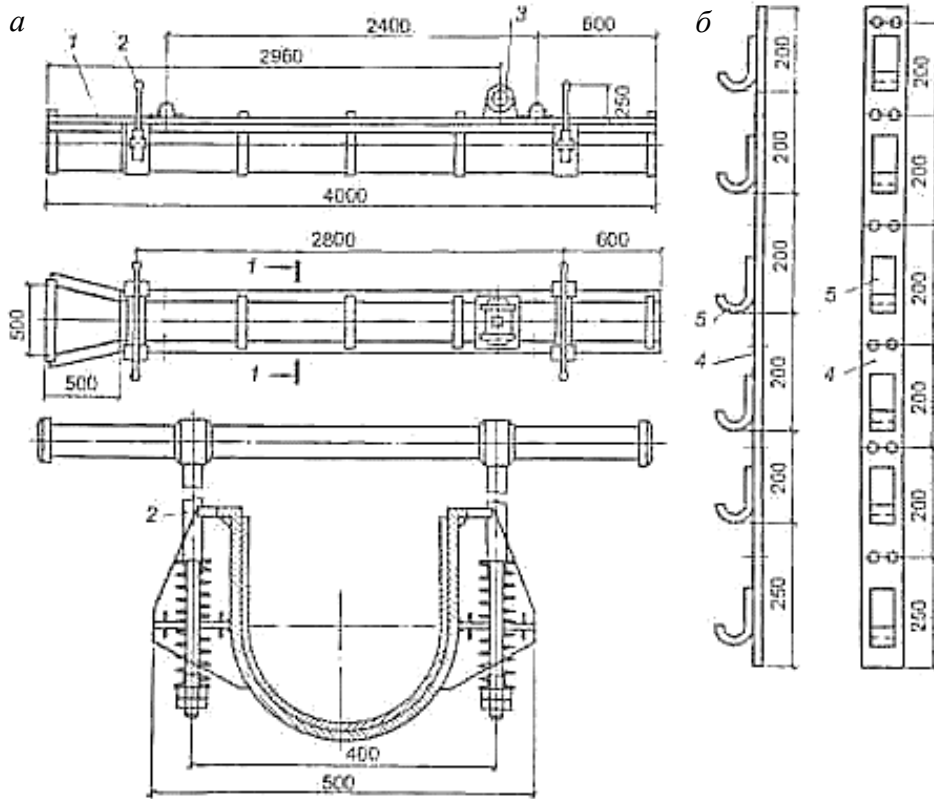


Рис. 8. Віброжолоб: віброжолоб (а) та пристрій для його підвішування (б):
 1 – корпус жолоба, 2 – пружна підвіска, 3 – вібратор з коловими коливаннями,
 4 – планка, 5 – гак

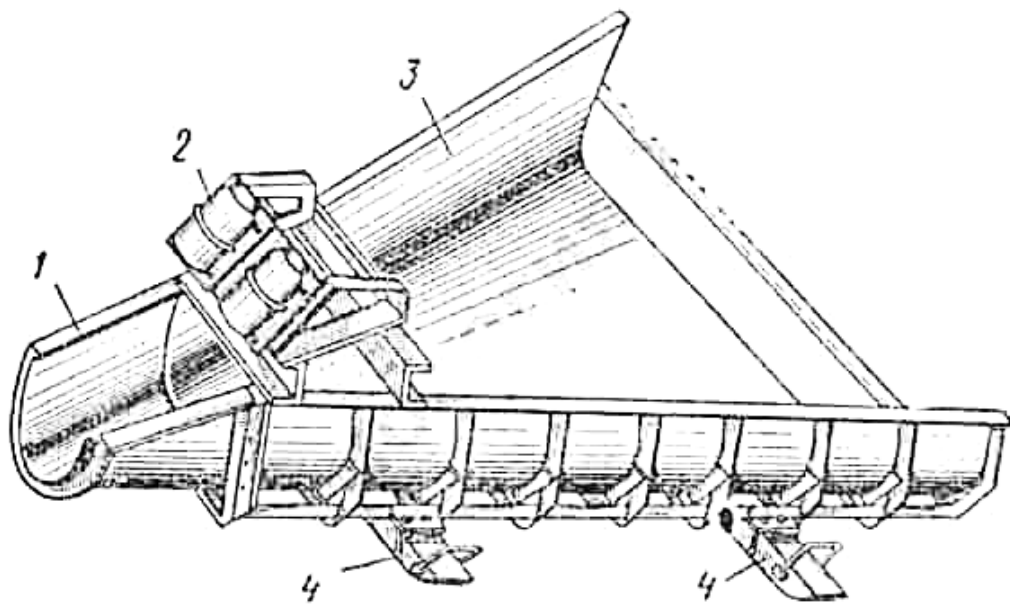


Рис. 9. Віброживильник:
 1 – перехідний лоток, 2 – вібратори, 3 – корпус, 4 – полози

Для розподілення бетонної суміші можна також використовувати механічні розподільвачі, маніпулятори та бетонороздавальні колони (рис. 10). Їх застосовують для розподілення бетонної суміші в стиснених умовах та для бетонування висотних конструкцій.

Розподільвачі встановлюють на робочий настил опалубки чи на раніше забетоновані конструкції з можливістю обслуговування заданої зони бетонування. Під час бетонування висотних споруд маніпулятори влаштовують на баштових кранах або на окремих спеціальних опорах. Різновидом маніпуляторів є бетонороздавальна колона (рис. 10, а, б), стояк якої монтують і спирають на конструкцію ліфтової шахти споруди.

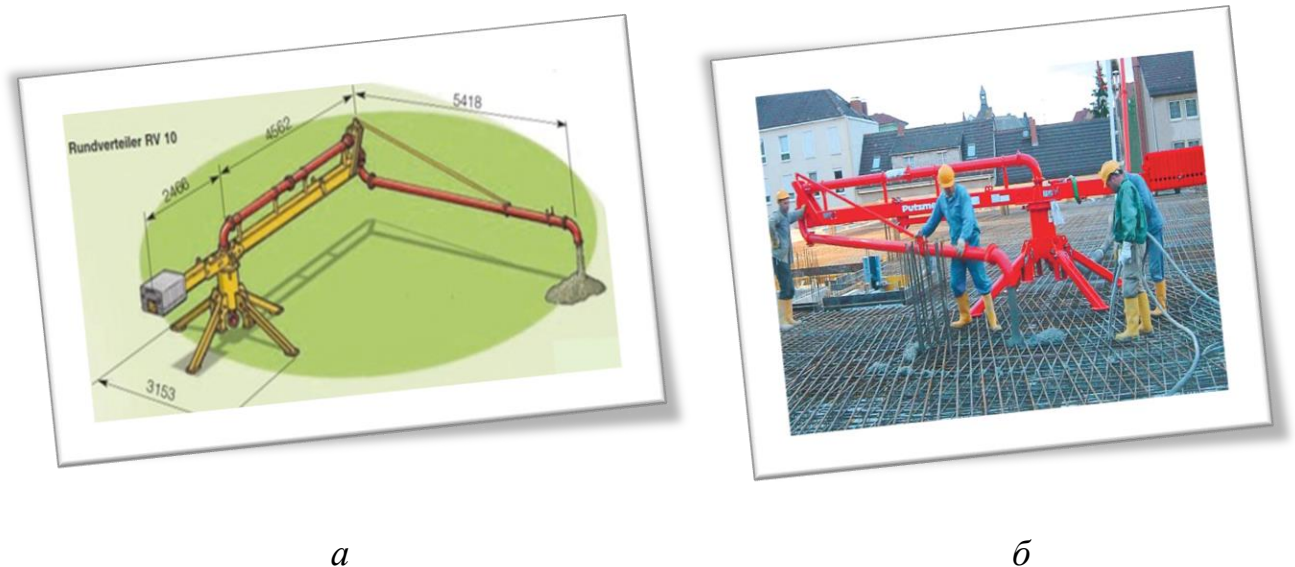


Рис. 10. Бетонороздавальна колона

Кругові механічні розподільчі стріли використовують для укладання бетону там, де для прямого розподілу за допомогою автобетононасоса або стаціонарного насоса та стаціонарної розподільчої стріли виникають перешкоди технічного або економічного характеру, зокрема в таких випадках:

- у разі роботи на великій площі або висоті, яка перевищує можливості автобетононасоса;
- якщо перекриття і колони ускладнюють використання стаціонарних розподільчих стріл;
- у разі виготовлення окремих елементів і блоків.

Кругові механічні розподільчі стріли доцільно використовувати для роботи на перекриттях великої площі. Вони дають змогу укласти бетон на площі до 450 м² і можуть бути швидко переміщені на нове місце роботи за допомогою крана.

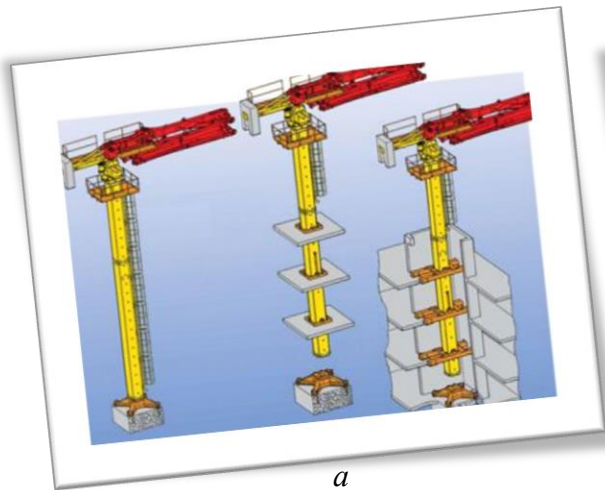
Стріли на опорних колонах з гідравлічним підійманням (бетоноподавальні колони)

Система розподільчих стріл з радіусами дії від 24 до 32 м дає змогу працювати на будь-яких об'єктах і в будь-якій фазі будівництва.

На початковій стадії будівництва стрілу, що незалежно стоїть на опорній колоні, використовують для бетонування фундаментної плити і перших поверхів. У міру зведення будівлі за допомогою гідравлічного підіймального пристрою стріла піднімається вгору крізь рамні або шахтні перекриття для подавання бетону на вищі поверхи. На об'єктах з великими площами бетонування розподільча стріла може бути швидко перемонтована з однієї опорної колони на іншу.

Бетоноподавальні колони складаються з:

- хрестоподібних опор для надійного анкерного кріплення у фундамент, перекриття і т. п.;
- опорних колон 4, 6 або 10 м, які швидко і легко монтують за допомогою болтів на будь-яку висоту до 20 м (рис. 11, а);
- сходових елементів завдовжки 2 м із захистом від падіння для безпечного доступу до робочого майданчика;
- робочого майданчика навколо секційного пакета розподільної стріли, яка слугує платформою під час приєднання стріли і для огляду місця бетонування (рис. 11, б);
- рами для зменшення навантаження на опорну колону під час проходження крізь отвори в перекриттях або ліфтові шахти;
- гідравлічного обладнання для підіймання стріли без допомоги крана. Бетонопровід, який монтують на опорній колоні, «росте» разом зі стрілою (рис. 11, в, г, д);
- системи кабельного дистанційного керування всіма функціями розподільної стріли і піднімальним пристроєм.



а



б



в



г



д

Рис. 11. Засоби транспортування, подавання та розподілення бетонної суміші

Наведені на рис. 11 засоби широко використовують у сучасному будівництві.

Контрольні запитання

1. Назвіть транспортні засоби для подавання бетонної суміші в опалубку.
2. Наведіть приклади засобів для транспортування бетонної суміші.

Лекція 10

СПОСОБИ БЕТОНУВАННЯ МОНОЛІТНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Методи і засоби ущільнення бетонної суміші за монолітного бетонування

Для влаштування монолітних бетонних і залізобетонних конструкцій, залежно від властивостей бетонних сумішей, можуть бути застосовані кілька способів їхнього ущільнення: штикування, трамбування, укочування (різновид пресування), вібрування та вакуумування, а також комбіновані способи – вібротрамбування, вібровакуумування та ін.

Штикування бетонної суміші виконують вручну (штиківками) для бетонування тонкостінних та густоармованих конструкцій та для укладання високорухливих і литих сумішей. В сучасних умовах практично не застосовують, хіба що дуже рідко як допоміжний засіб ущільнення.

Трамбування бетонної суміші застосовують для ущільнення жорстких і наджорстких сумішей в малоармованих конструкціях. Виконують трамбування за допомогою ручних та пневматичних трамбівок.

Укочування бетонної суміші застосовують для ущільнення жорстких сумішей за допомогою котків під час влаштування автомобільних доріг, аеродромів та ін. (рис. 12).

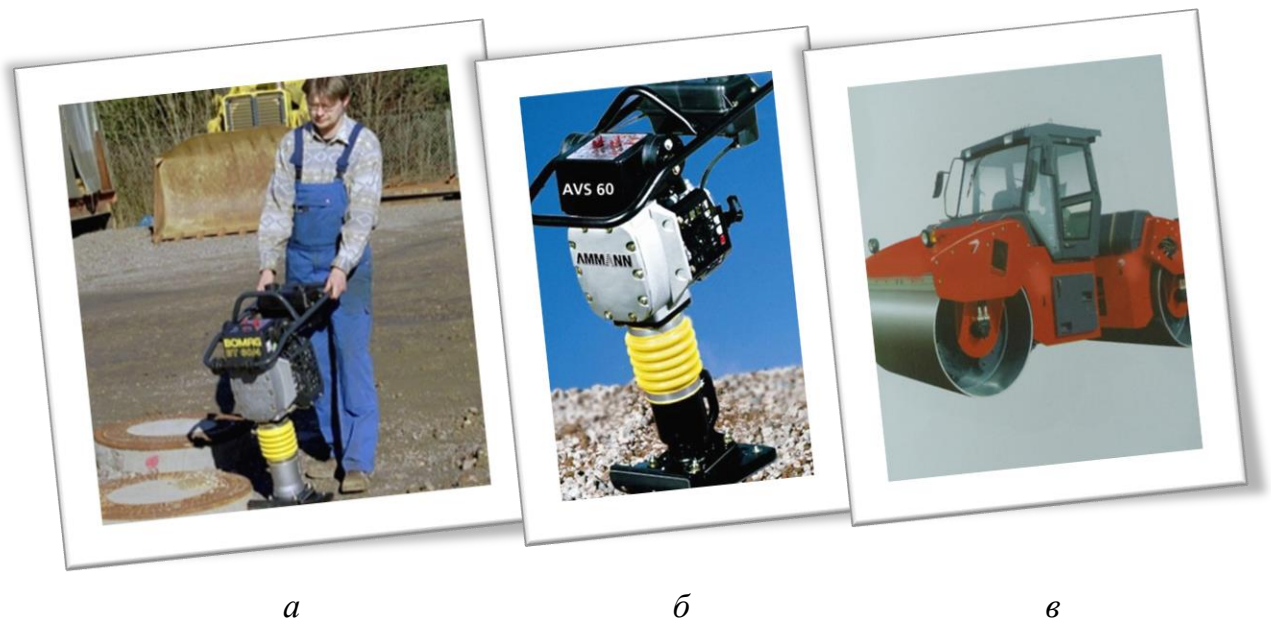


Рис. 12. Механізми для ущільнення дорожнього покриття

Вібрування бетонної суміші – найбільш поширений, економічно і технічно доцільний спосіб ущільнення для монолітного бетонування.

Віброущільнення бетонної суміші виконують мобільними і стаціонарними вібромеханізмами. Застосування стаціонарних вібромеханізмів в монолітному будівництві обмежене (як приклад можна навести навісні вібратори на конструкціях опалубки).

Найбільш поширені механізми віброущільнення у монолітному бетонуванні конструкцій:

- глибинні вібратори різних модифікацій – вібробулава, вібратори з гнучким валом (рис. 13; 14);
- поверхневі вібратори – пересувний майданчик, вібробрус, віброрейка (рис. 15; 16);
- зовнішні вібратори, які кріплять до опалубки.

Глибинні (внутрішні) вібратори (одинарні та пакети) застосовують для бетонування густоармованих, тонкостінних та масивних конструкцій.

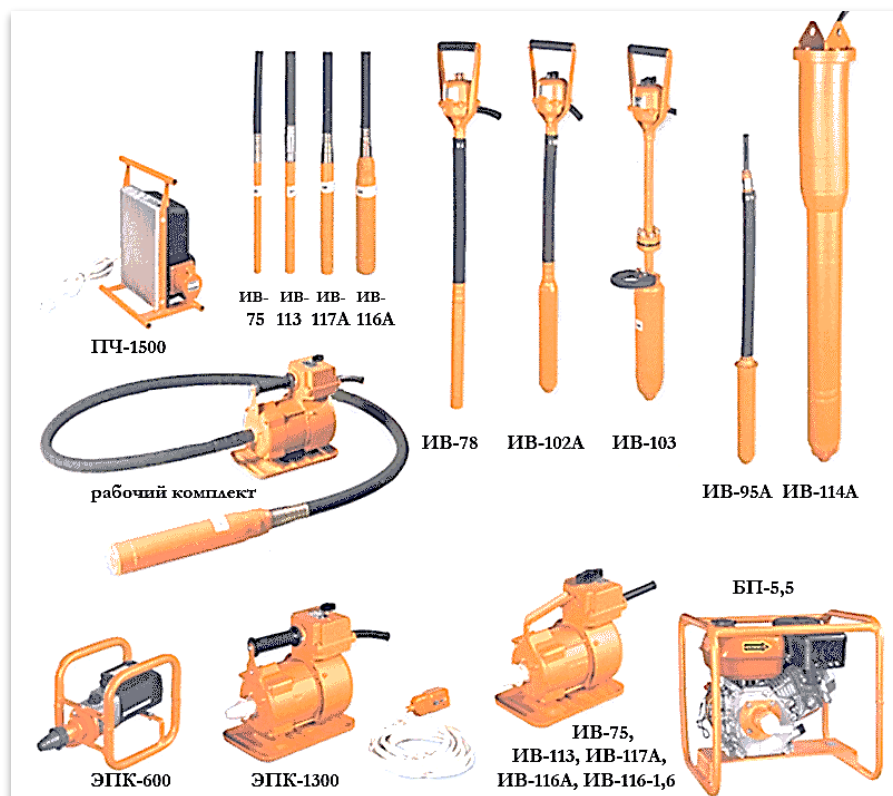


Рис. 13. Глибинні вібратори

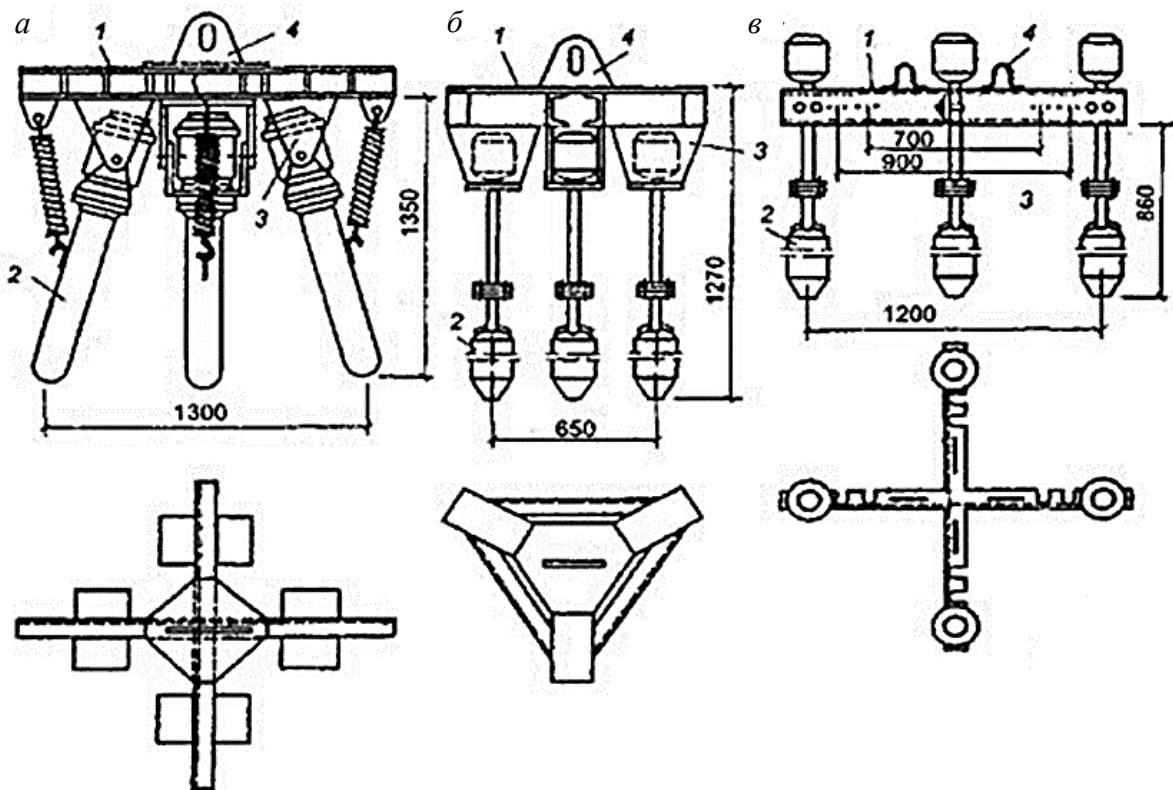


Рис. 14. Конструктивні схеми глибоких вібропакетів:
a – пакет з чотирьох вібраторів ИВ-34; *б* – пакет з трьох вібраторів ИВ-60;
в – пакет з чотирьох вібраторів ИВ-60;
 1 – рама пакетів; 2 – вібратор; 3 – кріплення вібратора до рами;
 4 – кронштейн для підвішування пакета до крана

Поверхневі вібратори

Застосовують для бетонування неармованих або малоармованих одиночною арматурою перекриттів, підлог, склепінь, дорожніх і аеродромних покриттів завтовшки не більш ніж 25 см та конструкцій з подвійною арматурою завтовшки не більш ніж 12 см.

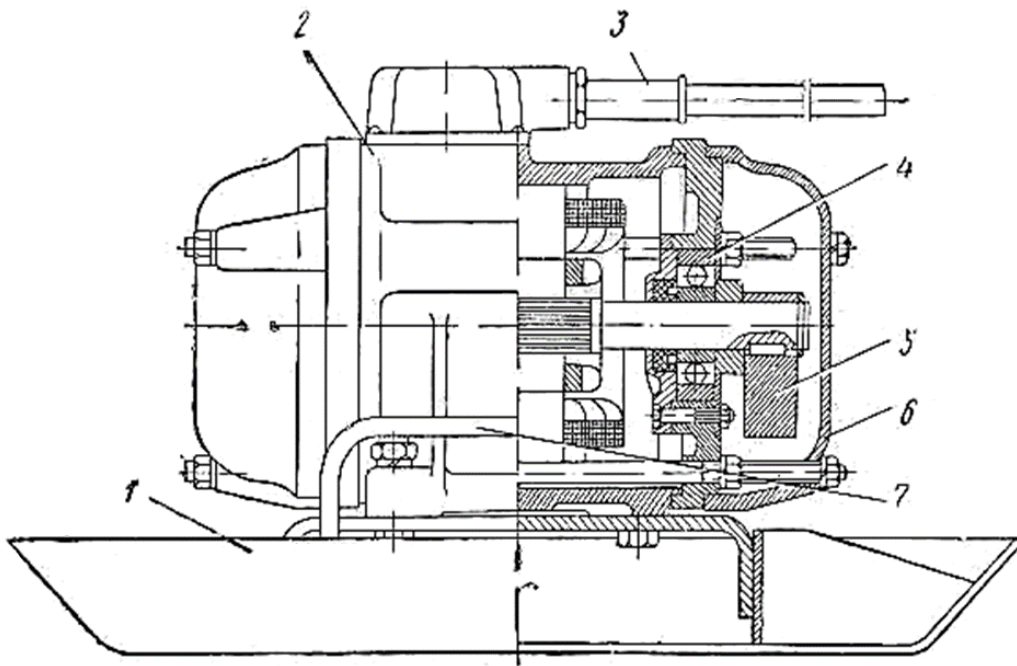


Рис. 15. Поверхневий вібратор ИВ-2:
 1 – робоча площадка; 2 – електродвигун; 3 – струмопровідний кабель;
 4 – шарикопідшипник; 5 – дебаланс; 6 – корпус; 7 – ручка

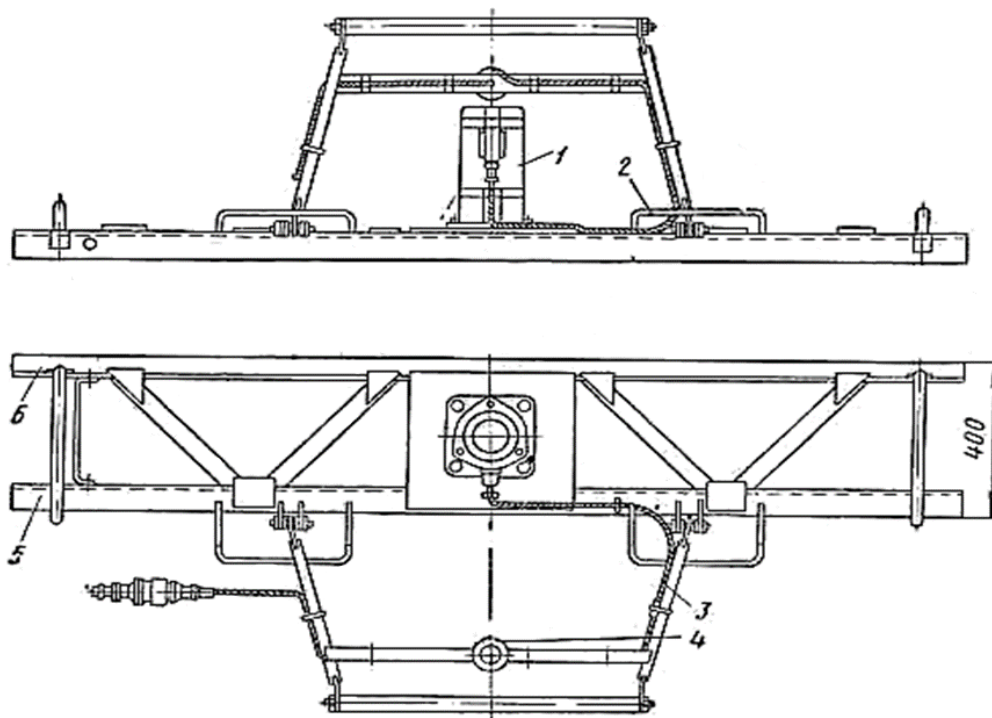


Рис. 16. Віброрейка СО-47:
 1 – вібратор; 2 – упор для ручки; 3 – кабель; 4 – вимикач;
 5 – передній кутик; 6 – задній кутик

Зовнішні вібратори застосовують для бетонування густоармованих колон із сторонами до 60 см та стін завтовшки до 30 см. Їх жорстко прикріплюють до опалубки таким чином, щоб не викликати взаємного гасіння коливань під час ущільнення бетонної суміші. Можливо використовувати один віброблок, переставляючи його по висоті чи ширині опалубки (рис. 17).



Рис. 17. Зовнішні (навісні) вібратори

Вакуумування бетонної суміші

Вакуумування бетону – видалення вільної води і повітря з щойно вкладеної бетонної суміші шляхом створення розрідження (вакууму) на зовнішніх поверхнях або всередині щойно забетонованої конструкції.

Завдяки вакуумуванню ущільнюється бетонна суміш і поліпшуються її фізико-механічні властивості. До вакуумування бетонну суміш ущільнюють вібраторами. Вакуумування виконують вакуум-насосами за допомогою накладених на поверхню бетону вакуум-щитів або вакуум-трубок, які закладають в конструкцію під час бетонування (рис. 18).

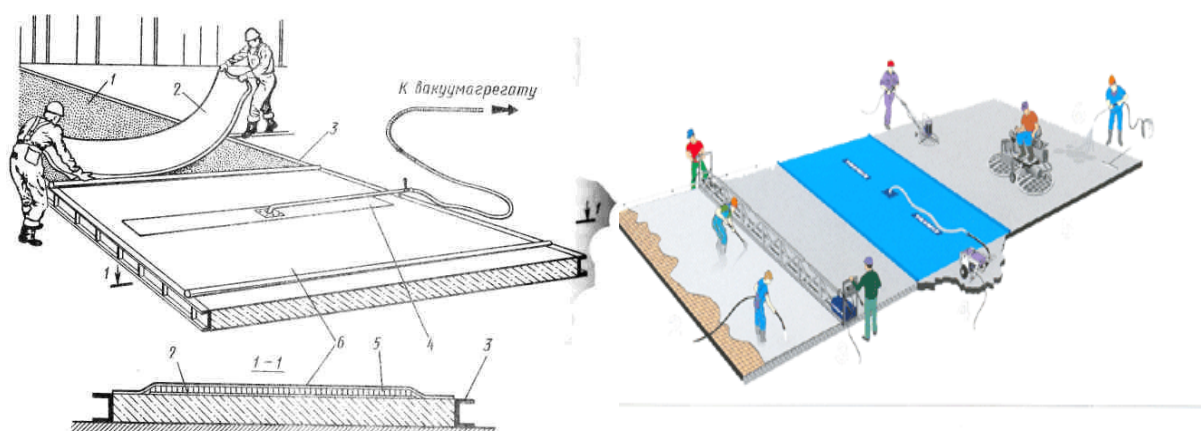


Рис. 18. Вакуумування укладеної бетонної суміші:
 1 – бетонна суміш; 2 – фільтрувальне полотно; 3 – напрямні; 4 – водозбірник;
 5 – пластмасова сітка; 6 – повітронепроникне полотно

Для поверхневого вакуумування використовують переносні вакуум-щити площею 0,5...1,0 м², виготовлені з 10-міліметрової щільної водостійкої фанери. Внутрішнє вакуумування як більш складне за технологією застосовують у виняткових випадках.

Для вакуумування бетону потрібно створити розрідження повітря (500...600 мм рт. ст.) протягом 5...50 хв залежно від рухливості та товщини шару бетонної суміші.

Після вакуумування бетон набирає міцності 0,3...0,5 МПа, що дає змогу виконати повне або часткове розпалублення забетонуваних конструкцій.

Переваги вакуумування бетону:

1. Швидке отримання належної міцності на стиск.
2. Велика зносостійкість і менше пилоутворення конструкції (підлоги);
3. Машинне затирання поверхні можна виконувати відразу після вакуумування.

Торкретування – метод виконання бетонних робіт, за яким бетонну суміш пошарово накладають на бетоновану поверхню під тиском стисненого повітря, тобто відбувається механічне накладання бетону. Торкретування виконують за допомогою торкрет-установки, що складається з цемент-гармати або бетон-шприца машини та компресора. Стисненим повітрям суміш, у складі якої є цемент, пісок, порошкоподібні добавки, подають шлангом до сопла, де вона змочується водою і з великою швидкістю викидається на поверхню (рис. 19, а, б, в, г).

а



Рис. 19. Укладання і ущільнення бетонної суміші торкретуванням (див. також с. 26)

6



6



2



Рис. 19. Закінчення

Торкретування використовують для виготовлення тонкостінних конструкцій, влаштування обробки тунелів, зміцнення скельних відкосів, заробляння стиків та гідроізоляції збірних конструктивних елементів, каналів, бункерів, посилення і ремонту залізобетонних та бетонних конструкцій, зокрема для бетонування аварійних залізобетонних опор мостів, естакад, ремонту будинків і споруд різного призначення.

Контрольні запитання

1. Назвіть методи ущільнення бетонної суміші.
2. У чому суть методу торкретування?
3. Назвіть принципи вакуумування.

Лекція 11

БЕТОНУВАННЯ ПЛОСКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНО РОЗМІЩЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Перед укладанням суміші перевіряють стан підтримувальних риштовань та опалубки, міцність кріплення і щільність стиків, правильність під'єднання і працездатність обладнання для ущільнення суміші.

Розпочати бетонування можна тільки після отримання дозволу на цю роботу від виконроба або майстра дільниці. Це зумовлене тим, що до початку бетонування ними повинен бути складений акт на приховані роботи з влаштування арматури, установлення закладних деталей та ін. Ці акти в подальшому надають замовнику, вони слугують документами, що засвідчують відповідність виконаних робіт проекту.

Безпосередньо перед бетонуванням на робочому місці встановлюють потрібний інвентар, влаштовують огорожі, запобіжні та захисні пристрої, потрібні за умовами техніки безпеки.

Приймання, розподілення й ущільнення бетонної суміші в конструкції потрібно виконувати безперервно, забезпечивши при цьому нагляд за станом і справністю риштовань та опалубки. У разі виявлення зсувів або деформації опалубки укладання бетонної суміші припиняють і вживають термінових заходів для виправлення дефектів.

Бетонування підготовок (рис. 20). Основними вимогами до цих конструкцій є рівність і гладкість поверхні, без тріщин і дефектів на ній, відповідність товщини шару бетону проекту, досягнення належної міцності і зносостійкості бетону.

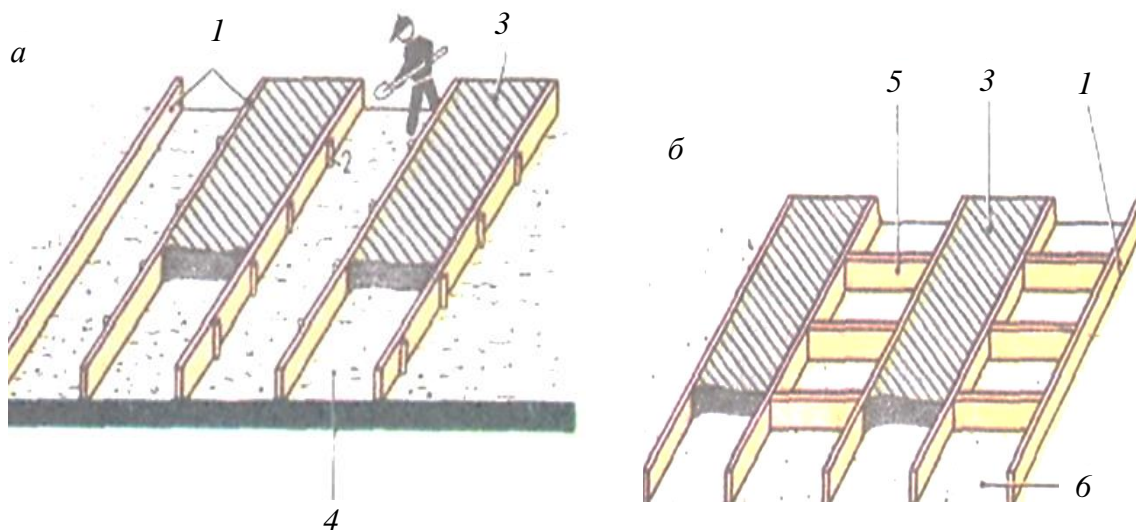


Рис. 20. Схема установки опалубки для бетонування підготовок:
а – для влаштування опалубки на землі; *б* – для влаштування опалубки на перекритті;
1 – маякові дошки; *2* – кілочки; *3* – бетонна суміш; *4* – поверхня землі; *5* – розпірки; *6* – бетонне перекриття

Роботи починають з установлення маякових дощок або рейок, які є опалубкою. Їх встановлюють за рівнем (якщо потрібно горизонтальна поверхня бетону) або використовуючи нівелір (якщо поверхня бетону повинна мати певний нахил). Кріплення дощок опалубки на землі виконують за допомогою забитих в землю дерев'яних кілочків або обрізків арматурної сталі, на бетонних перекриттях – за допомогою розпорок. У всіх випадках повинна бути досягнута геометрична незмінність опалубки в процесі бетонування.

Для бетонування підготовок використовують бетонну суміш з осадкою конуса 1...4 см. Укладання бетонної суміші ведуть на всю висоту опалубки, починаючи з кінця смуги. При цьому, якщо є можливість вивантаження бетонної суміші безпосередньо з кузова автомобіля-самоскида (автобетонозмішувача), слід влаштувати смугу такої ширини, щоб самоскид міг в'їхати в проміжок між маяковими дошками. Зазвичай ширину смуги призначають відповідно до довжини віброрейки або віброрубса, за допомогою яких ущільнюють суміш. При цьому їхні кінці

повинні спиратися на маякові дошки. Бетонування виконують через одну смугу.

До початку ущільнення бетонну суміш розрівнюють совковими лопатами, розподіляючи її по всій площі смуги рівномірним шаром на 10...30 мм вище від рівня опалубки. Потім на одному кінці смуги встановлюють віброрейку і просувають її по маякових дошках як по напрямних, стежачи за тим, щоб перед передньою гранню не накопичувалась велика кількість бетонної суміші. Вібрування виконують до отримання рівної та гладкої поверхні бетону і появи на ньому шару цементного молока.

Через 1...3 год після закінчення бетонування смуги за допомогою металевої лінійки завтовшки 2...4 мм вздовж смуги кожні 3...4 м нарізають щілини на 1/3 товщини покладеного шару. Це роблять для того, щоби унеможливити на поверхні бетону появи мережі різноорієнтованих тріщин, спричинених усадковими деформаціями.

Бетонування проміжних смуг розпочинають після того, як бетон набере 25...30% міцності. Зазвичай це стається за 1...3 доби залежно від виду цементу, його марки, а також складу та умов твердіння бетону. До початку бетонування проміжних смуг маякові дошки знімають. Укладання суміші та її ущільнення виконують аналогічно описаному, але напрямними для віброрейки в такому разі слугують затверділа поверхню раніше покладеного бетону.

Бетонування фундаментів

Для бетонування фундаментів стаканного або стрічкового типу використовують порційне подавання бетонної суміші за допомогою жолобів, цебер чи ящиків певної місткості.

У малоармовані фундаменти укладають бетонну суміш з осадкою конуса 1...3 см та крупністю заповнювачів до 70 мм, в густоармовані – з осадкою конуса 3...5 см і крупністю заповнювача, що не перевищує 1/3 найменшої відстані між стержнями арматури.

У ступінчасті фундаменти залежно від умов виконання робіт суміш подають через верх опалубки або крізь отвори між опалубкою верхніх і нижніх сходинок (рис. 21). Після укладання суміші по всій площині нижньої подушки виконують її вібрування глибинними вібраторами.

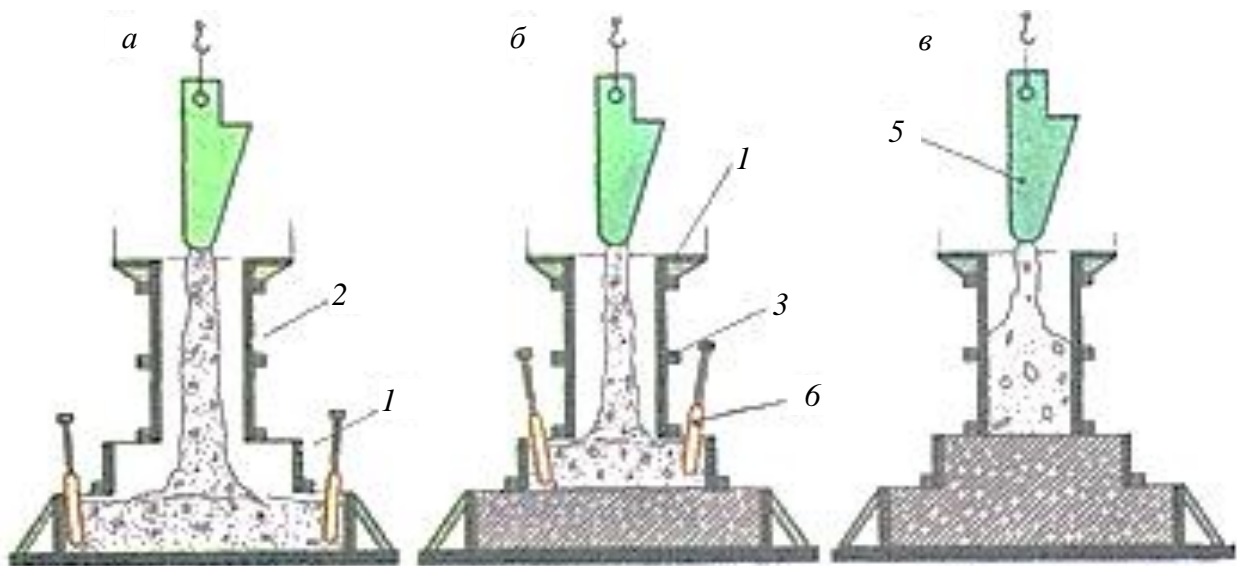


Рис. 21. Схема бетонування ступінчастих фундаментів
a – укладання бетону в нижню сходинку; *б* – укладання бетону в другу сходинку; *в* – укладання бетону в підколонник;
 1 – опалубка сходинки; 2 – опалубка пілона (підколонника);
 3 – хомути; 4 – риштування; 5 – цебер; 6 – віброулава

Бетонування другої подушки (сходинки) фундаменту починають не раніше, ніж за 3...5 год після закінчення бетонування нижньої, щоб унеможливити витікання бетонної суміші через опалубку.

Бетонування стрічкових фундаментів зазвичай виконують, розділивши всю стрічку фундаменту на ряд геометрично правильних і закінчених ділянок з таким розрахунком, щоби забетонувати кожен ділянку без перерв. Бетонну суміш укладають вздовж усієї ділянки шарами завдовжки 300...350 мм, застосовуючи вібрацію кожного шару глибинним вібратором. Довжину ділянки призначають залежно від інтенсивності надходження суміші з розрахунку її бетонування протягом зміни.

Бетонування колон

Для високих колон бетонну суміш подають через спеціальні бункери, влаштовані кожні 3 м для уникнення її розшарування внаслідок падіння (рис. 22). Бетонну суміш у такому разі ущільнюють пошарово глибинними вібраторами, пропускаючи їхній гнучкий вал крізь отвори в опалубці, призначені для подавання суміші. У разі розміщення над колонами балок, прогонів або плит з густою арматурою, що ускладнює подачу бетонної

суміші, дозволяється бетонувати колону до встановлення арматури цих конструкцій.

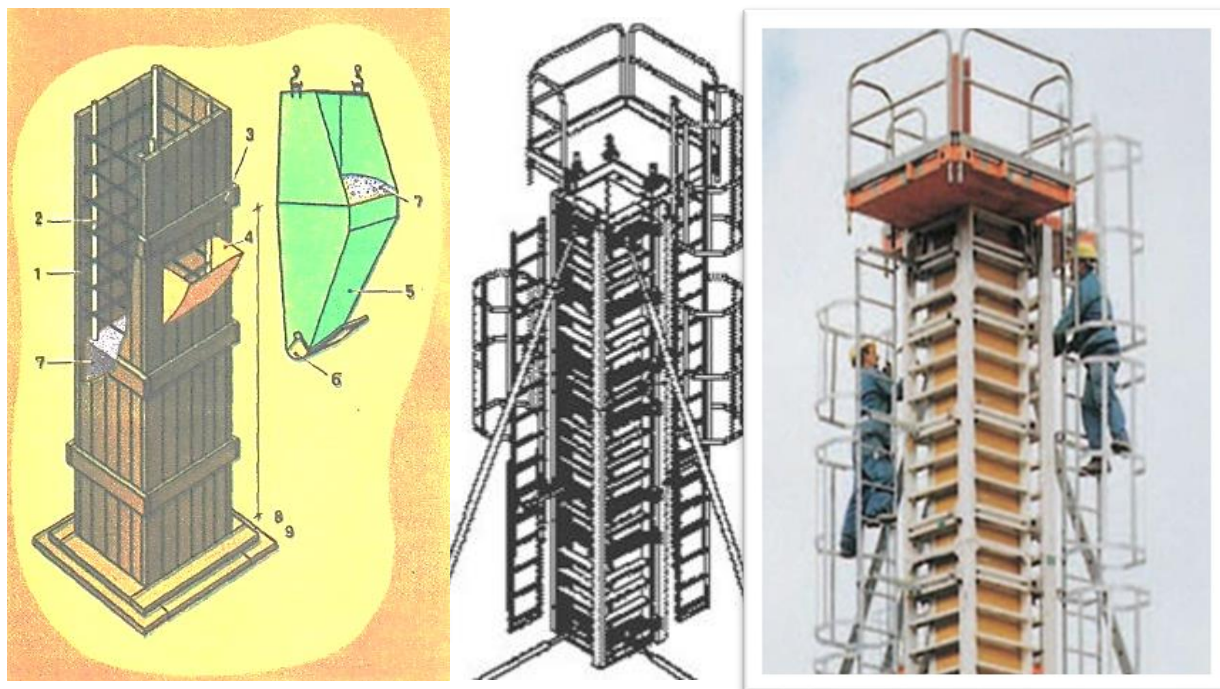


Рис. 22. Бетонування колон:

1 – опалубка колон; 2 – арматурний каркас; 3 – стяжні планки;
4 – приймальний бункер для бетонної суміші; 5 – цебер з бетонною сумішшю; 6 – секторний затвор; 7 – бетонна суміш

Для бетонування слабкоармованих колон застосовують малорухливі бетонні суміші з осадкою конуса 1...3 см, густоармованих колон невеликого перетину – суміші з осадкою конуса 6...8 см з граничною крупністю заповнювача до 20 мм.

Перед початком бетонування колон в їхню нижню частину укладають шар пластичного цементного розчину складу 1:2...1:3 (цемент : пісок) завтовшки 100 мм для того, щоб досягти щільного зчеплення бетону колони з раніше вкладеним бетоном фундаменту або підколонника.

Бетонування монолітних паль

В умовах будівництва за монолітною технологією виготовляють набивні палі, які за способом влаштування поділяються так:

– набивні, які влаштовують шляхом занурення інвентарних труб, нижній кінець яких закритий башмаком, що залишається в ґрунті, або

бетонною пробкою з подальшим вийманням цих труб у міру заповнення свердловин бетонною сумішшю;

- набивні віброштамповані, які влаштовують в пробитих свердловинах шляхом заповнення свердловин жорсткою бетонною сумішшю та ущільнених віброштампом;

- набивні у виштампуваній ложі, які влаштовують шляхом виштамбування в ґрунті свердловин з подальшим заповненням їх бетонною сумішшю.

Найбільш поширеними на сучасному етапі розвитку будівельної галузі є буронабивні палі.

Буронабивні палі за способом влаштування поділяються на кілька видів:

- буронабивні суцільного перерізу з розширеннями і без них, бетоновані в свердловинах, пробурених у глинистих ґрунтах вище від рівня підземних вод без кріплення стінок свердловини, а в будь-яких ґрунтах – нижче від рівня підземних вод – із закріпленням стінок свердловини глиняним розчином або інвентарними обсадними трубами з їхнім подальшим вийманням;

- буронабивні пустотілі круглого перерізу із застосуванням багатосекційного віброосердя;

- буронабивні палі з ущільнювальним забиванням, які влаштовують, втрамбовуючи в забій свердловини щебінь;

- буронабивні з камуфлетною п'ятою, які влаштовують шляхом буріння свердловин з подальшим утворенням розширення за допомогою вибуху і заповненням свердловин бетонною сумішшю;

- буроін'єкційні діаметром 0,15...0,25 м, які влаштовують в пробурених свердловинах шляхом нагнітання (ін'єкції) у них дрібнозернистої бетонної суміші або цементно-піщаного розчину;

- буроін'єкційні, які влаштовують порожнинним шнеком;

- палі-стовпи, які створюють шляхом буріння свердловин з розширенням або без нього, укладання в них омонолічувального цементно-піщаного розчину та опускання у свердловини циліндричних або призматичних елементів суцільного перерізу зі сторонами або діаметром 0,8 м і більше.

Технологія основана на принципі розкочування свердловин, тобто влаштовується без розкопування, з ущільненням стінок свердловини, за допомогою робочого органа – розкочувача (рис. 23).

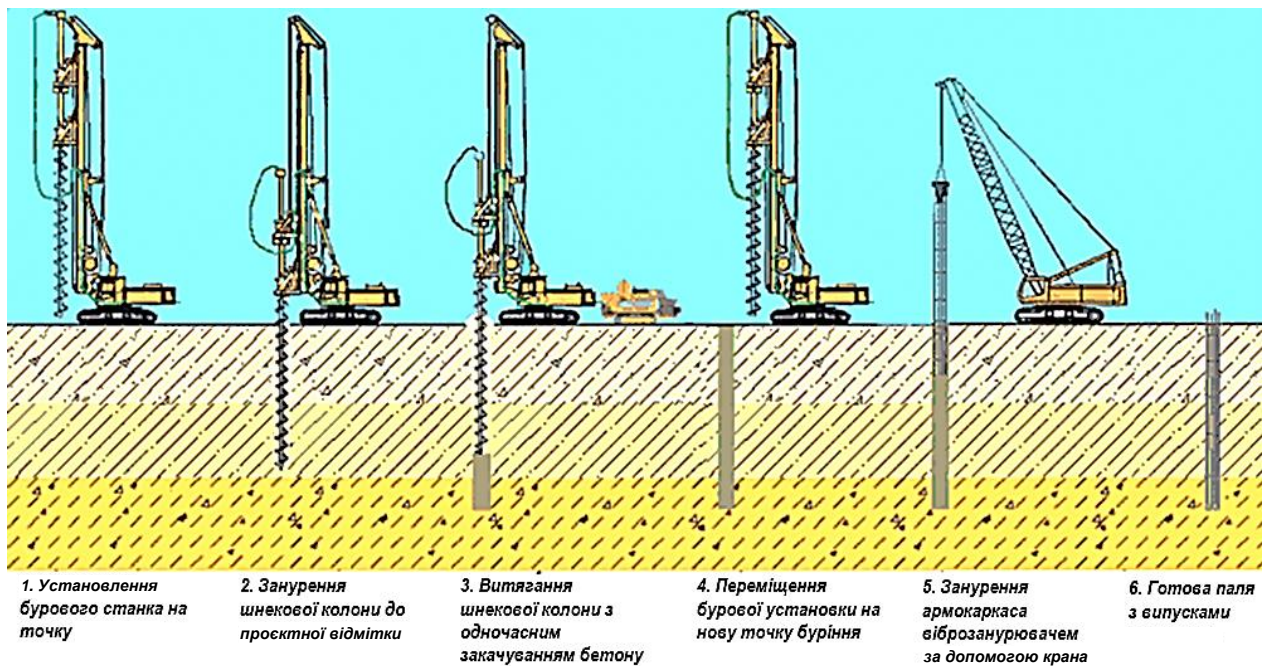


Рис. 23. Бетонування монолітних палль

Відбувається безперервний процес утворення циліндричної порожнини в ґрунті внаслідок його деформації й ущільнення розкочувальним механізмом до стінок свердловини.

Контрольні запитання

1. Назвіть методи бетонування вертикальних конструкцій.
2. Які різновиди палль і методи їхнього бетонування вам відомі?

Лекція 12

БЕТОНУВАННЯ МАСИВНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Масивні бетонні малоармовані конструкції – мостові опори, підпірні стіни, товсті фундаментні плити, фундаменти під обладнання влаштовують переважно з жорстких сумішей. У проекті виконання робіт (ПВР) вказують поділ масиву на блоки бетонування, розміри яких встановлюють так, щоб максимально знизити шкідливий вплив температурних деформацій, які виникають внаслідок екзотермічних процесів.

Укладання суміші та її ущільнення глибинними вібраторами виконують горизонтальними шарами однакової товщини (0,8...1,0 м) без перерв і в одному напрямку.

Верхній шар в проміжних блоках залишають шорстким для кращого зчеплення блоків між собою. Вихідний прошарок у верхньому блоці ущільнюють і загладжують поверхневими вібраторами.

Перерви в укладанні суміші в блоки фундаментів під устаткування, що сприймає динамічні навантаження, не допускаються. Конус, що утворюється під час порційного подавання бетонної суміші, розрівнюють вібраторами до отримання рівномірного шару.

У бетонуванні масивних густоармованих плит під важкі фундаменти, днищ резервуарів і різноманітних висотних споруд основною технологічною вимогою є безперервність укладання суміші на всю висоту плити.

Плити завтовшки менш ніж 0,5 м бетонують картами завширшки 3...4 м. За великої товщини плит їх розділяють на карти завширшки 5...10 м з розділовими смугами між ними 1...1,5 м. Для того щоби забезпечити безперервне укладання суміші на всю висоту, плиту розділяють на блоки без розрізання арматури з огороженням блоків металевими сітками. Бетонують такі плити із застосуванням автобетонозмішувачів разом з автобетононасосом.

Для бетонування фундаментів і масивів залежно від технологічної схеми бетонну суміш подають в опалубку безпосередньо з транспортного засобу із застосуванням пересувного моста або естакади чи віброживильниками та віброжолобами або цебрами за допомогою кранів. За висоти розвантаження бетонної суміші понад 3 м застосовують хоботи.

У бетонуванні фундаментів, розрахованих на сприйняття динамічних навантажень (фундаменти під турбогенератори, компресори, ковальсько-пресове обладнання тощо), обов'язковою технологічною вимогою є відсутність робочих швів, що зумовлює обов'язковість безперервного укладання бетонної суміші.

Бетонування арок і склепінь

Склепіння великої протяжності ділять на окремі повздовжні ділянки бетонування робочими швами, які влаштовують перпендикулярно. Бетонну суміш укладають на кожній ділянці арок і склепінь одночасно з

двох боків від п'ят до замка (від опор до середини), що забезпечує дотримання проектної форми опалубки протягом всього періоду бетонування (рис. 24).

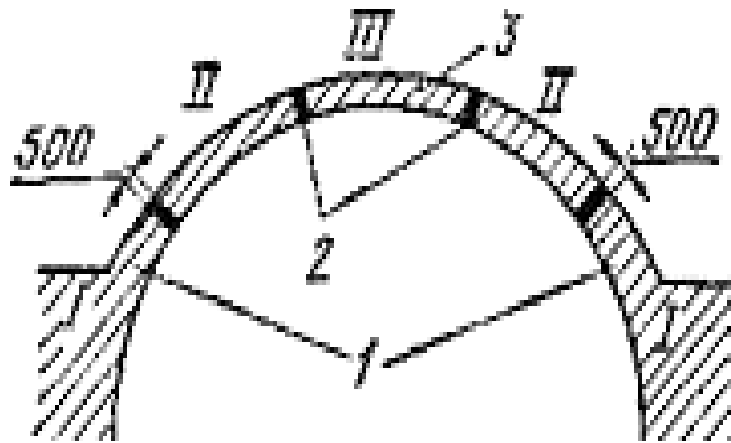


Рис. 24. Розміщення усадкових швів у склепінні:
1 – п'яти склепіння, 2 – усадкові шви, 3 – замкова смуга;
I, II, III – порядок бетонування

Якщо виникає небезпека підняття опалубки у замку (ключа) склепіння або арки під час бетонування бічних частин, то незабетоновану ділянку опалубки в замку тимчасово навантажують (наприклад, мішками з піском). У разі крутого склепіння ділянки біля опор бетонують у двобічній опалубці, причому другий (верхній) бік опалубки встановлюють окремими щитами по ходу бетонування.

Залишені проміжки між смугами (усадкові шви) (позиція 2 на рис. 24) завширшки приблизно 300-500 мм, бетонують після того, як відбудеться основна усадка бетону в смугах II і III, тобто за п'ять днів після закінчення їхнього бетонування. Усадкові шви бетонують малорухливою бетонною сумішшю, яку вібрують. Затягування склепінь і арок, які мають натяжні пристрої, бетонують після підтягування цих пристосувань.

Для бетонування арок і склепінь рекомендується застосовувати малорухливі бетонні суміші з осадкою конуса 1...3 см, що зменшує небезпеку сповзання суміші під час укладання і зменшує (рис.25).



Рис. 25. Бетонування арок і колон

Влаштування швів у конструкціях з монолітного бетону

Приймання, укладання й ущільнення бетонної суміші на великих об'єктах повинні відбуватися безперервно, інакше бетонна суміш буде тужавіти, знижуватиметься якість бетонних робіт, збільшиться їхня трудомісткість. Зазначена вимога відображається в проєкті організації робіт на об'єкті поділом масивних і подовжених конструкцій на окремі,

з'єднувані між собою ділянки чи блоки (карти) бетонування. Такий поділ звичайно зумовлює не тільки неминучі перерви в бетонуванні, а й потребу у влаштуванні передбачених у проекті споруди деформаційних швів: осадкових, усадкових і температурних.

Осадкові шви влаштовують для відокремлення конструкцій, які працюють в різних умовах і режимах (наприклад, фундаменти під обладнання у виробничих приміщеннях відділяють від бетонних підлог осадковими швами завширшки 7...10 мм, щоби навантаження і вібрування не передавалися на підлогу).

Усадкові шви в масивних і подовжених конструкціях призначені для зменшення тріщиноутворення в бетоні внаслідок деформації усадки.

Температурні шви влаштовують, аби запобігти руйнуванню подовжених конструкцій (дороги тощо) від температурних деформацій.

Крім деформаційних швів у зв'язку з неминучими технологічними перервами під час бетонування блоків (карт) й окремих конструкцій влаштовують так звані **робочі шви**.

На відміну від деформаційних, робочі шви повинні утворити надійні, монолітні стики на поверхнях, по яких до раніше укладеного бетону прилягає свіжоукладений. Робочі шви влаштовують у найменш навантажених перерізах конструкцій та їхніх елементів, тому їхнє розміщення зазначено в робочих кресленнях конструкції і в проекті організації будівельних робіт на об'єкті. Перед укладанням свіжого бетону з поверхні робочого шва усувають крихкі, неміцні шари бетону і цементну кірку, чистять від бруду і сміття стиснутим повітрям, а потім, безпосередньо перед бетонуванням, зволожують.

Треба також зазначити, що площина стику між старими і новими ділянками з'єднувальної конструкції є межею зміни напрямків усадкових деформацій. Тому тут виникають розтягувальні зусилля, що ослабляють зону стику. Все це визначає підвищені вимоги до розміщення стиків в конструкції, їхнього конструктивного оформлення та технології їхнього виконання.

Робочі шви у вертикальних елементах (колони, пілони) влаштовують горизонтально, суворо перпендикулярно до граней елемента (рис. 26).

У балках, прогонах і плитах робочий шов влаштовують вертикально, оскільки похилий шов (в площині дії косих навантажень) послаблює конструкцію.

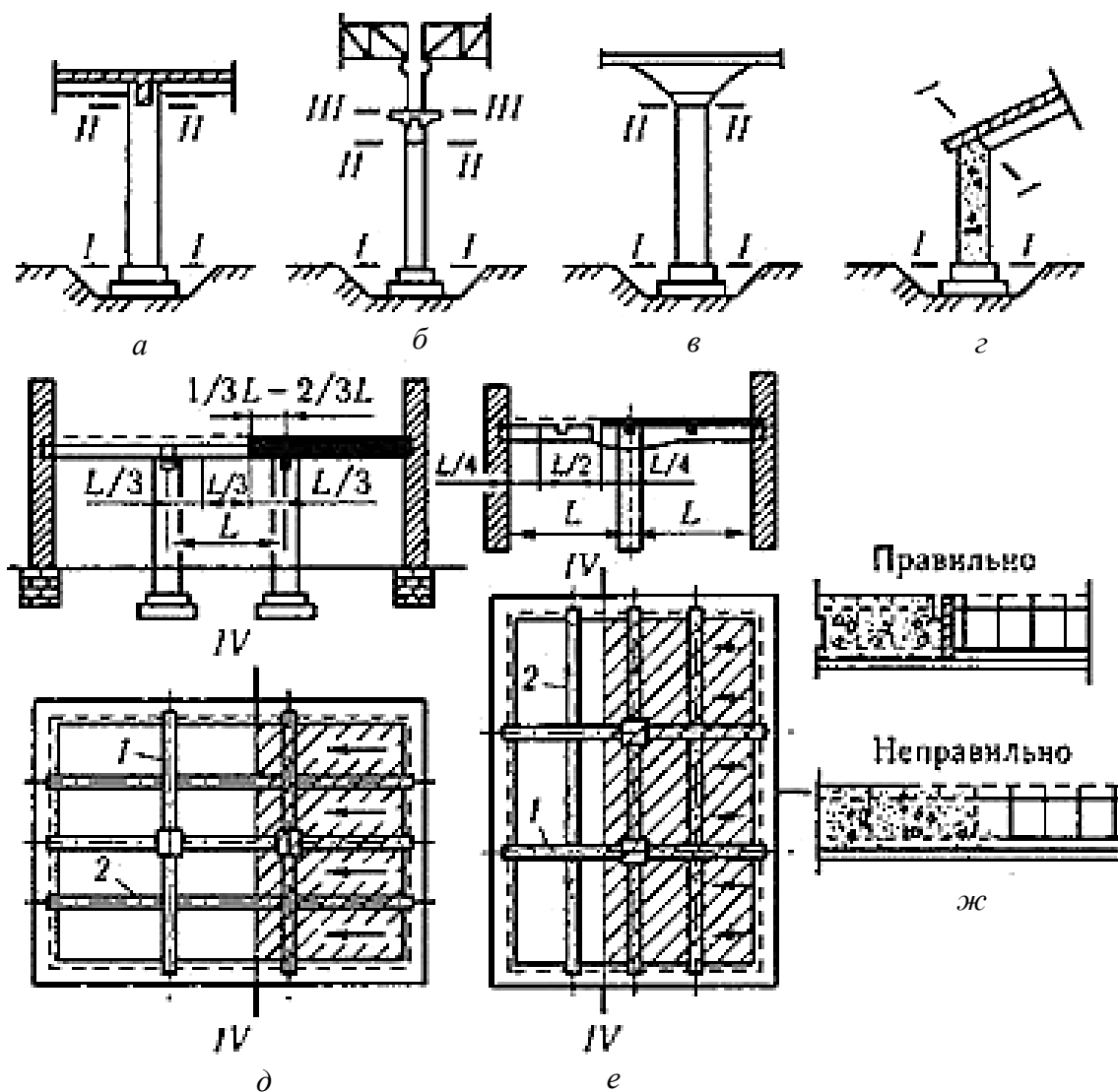


Рис. 26. Розміщення робочих швів у процесі бетонування:
a – колон і балок ребристого перекриття; *б* – колон з підкрановими балками;
в – колон з безбалковим перекриттям; *г* – стояка і ригеля рами; *д* – ребристого перекриття в напрямку, паралельному балкам; *е* – те саме, в напрямку, паралельному прогонам; *ж* – деталі влаштування робочого шва; (*1* – прогін, *2* – балка, *3* – дошка)
I-I, *II-II*, *III-III*, *IV-IV* – місця влаштування робочих швів

Зазвичай шов утворюють, установлюючи щит з дерев'яних рейок або дощок з прорізами для арматури (або використовують штукатурну металеву сітку).

Бетонування може бути відновлене після незначної перерви в роботі, коли укладений бетон ще перебуває в ранній стадії твердіння і не втратив певної рухливості або коли він вже набрав початкової міцності.

У першому випадку, щоб не пошкодити кристалізаційної структури раніше укладеного бетону та не порушити його зчеплення з арматурою під

час укладання свіжого бетону, треба уникати струшування (вібрації) опалубки і на відстані 1 м від стику не застосовувати вібраторів.

У другому випадку, якщо бетон вже досяг деякої міцності (не менш ніж 1...1,2 МПа), поверхню, що безпосередньо прилягає до стику, бетонують звичайним способом. Для кращого зчеплення раніше укладеного бетону зі свіжим з площини стику видаляють карбонатну плівку (завтовшки до 3 мк, яка утворюється внаслідок взаємодії мінералів цементу з вуглекислою). Потім бетон насікають, ретельно очищують стисненим повітрям і покривають шаром цементного розчину завтовшки 1,5...2 мм.

Контрольні запитання

1. Опишіть влаштування швів у конструкціях з монолітного бетону.
2. Назвіть принципи бетонування монолітних конструкцій.

Лекція 13

СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ БЕТОНУВАННЯ

До спеціальних способів бетонування належать роздільне і підводне бетонування.

Спосіб роздільного бетонування полягає в нагнітанні цементно-піщаного розчину в порожнини між крупним заповнювачем, попередньо укладеним до опалубки конструкції. Цим способом зводять залізобетонні резервуари, де потрібна підвищена щільність бетону, бетонують в умовах інтенсивного припливу ґрунтових вод, влаштовують монолітні палі та інші заглиблені в ґрунт конструкції, важко доступні для вібрації й контролю якості укладеного бетону.

Розрізняють два способи роздільного бетонування – гравітаційний та ін'єкційний. У першому випадку розчин проникає до пустот у крупному заповнювачі під дією сили тяжіння, у другому – під тиском, утвореним нагнітанням. Спосіб нагнітання більш ефективний і тому набув значного поширення, особливо в бетонуванні тонкостінних конструкцій.

За товщини конструкції понад 1 м нагнітання розчину у пустоти між крупним заповнювачем відбувається сталевими ін'єкційними трубами,

встановлювані в опалубку, а за товщини конструкції менш ніж 1 м – крізь бічні ін'єкційні отвори в опалубці.

Ін'єкційні труби завдовжки 1...2 м, діаметром 38...50 мм з'єднують між собою за допомогою муфт. У міру підймання рівня розчину ін'єкційні труби виймають, при цьому кінець ін'єкційної труби повинен залишатися заглибленим в розчин. Для нагнітання використовують розчин, приготовлений на звичайному або пластифікованому портландцементі.

Для бетонування тонкостінних конструкцій на рівні ін'єкційного отвору по товщині конструкції укладають спіралі з дроту діаметром 3...5 мм, які утворюють циліндричні отвори, що полегшує ін'єкцію розчину.

У разі бетонування тонкостінних конструкцій і нагнітання розчину крізь ін'єкційні отвори подавання розчину припиняється після того, як його рівень досягне чергового ярусу ін'єкційних отворів. Під час бетонування роздільним способом не допускаються перерви в роботі понад 20 хв, оскільки за більш тривалої перерви може статися закупорювання ін'єкційних труб та ін'єкційних отворів.

Методи підводного бетонування

Підводне бетонування виконують різними методами, зокрема методом вертикально переміщеної труби (ВПТ), висхідного розчину (ВР), укладанням бункерами, утрамбовуванням бетонної суміші, укладанням у мішках (рис. 27).

Підводне бетонування методом ВПТ полягає в безперервному подаванні бетонної суміші трубою, опущеною крізь товщу води та занурену в суміш на дно труби в умовах, що унеможливають вимивання цементу. Тільки верхній шар першої порції бетонної суміші стикається з водою, решта суміші, що надходить крізь нижній отвір труби, залишається захищеною верхнім шаром від контакту з водою.

Бетонування цим методом є можливим за глибини води до 50 м і товщини шару бетону, що укладається, не менш ніж 1 м. Підводну конструкцію (блок, захватку) методом ВПТ бетонують безперервно до рівня, що перевищує проєктну позначку на величину, рівну 2% висоти конструкції, але не менше, ніж 20 см.

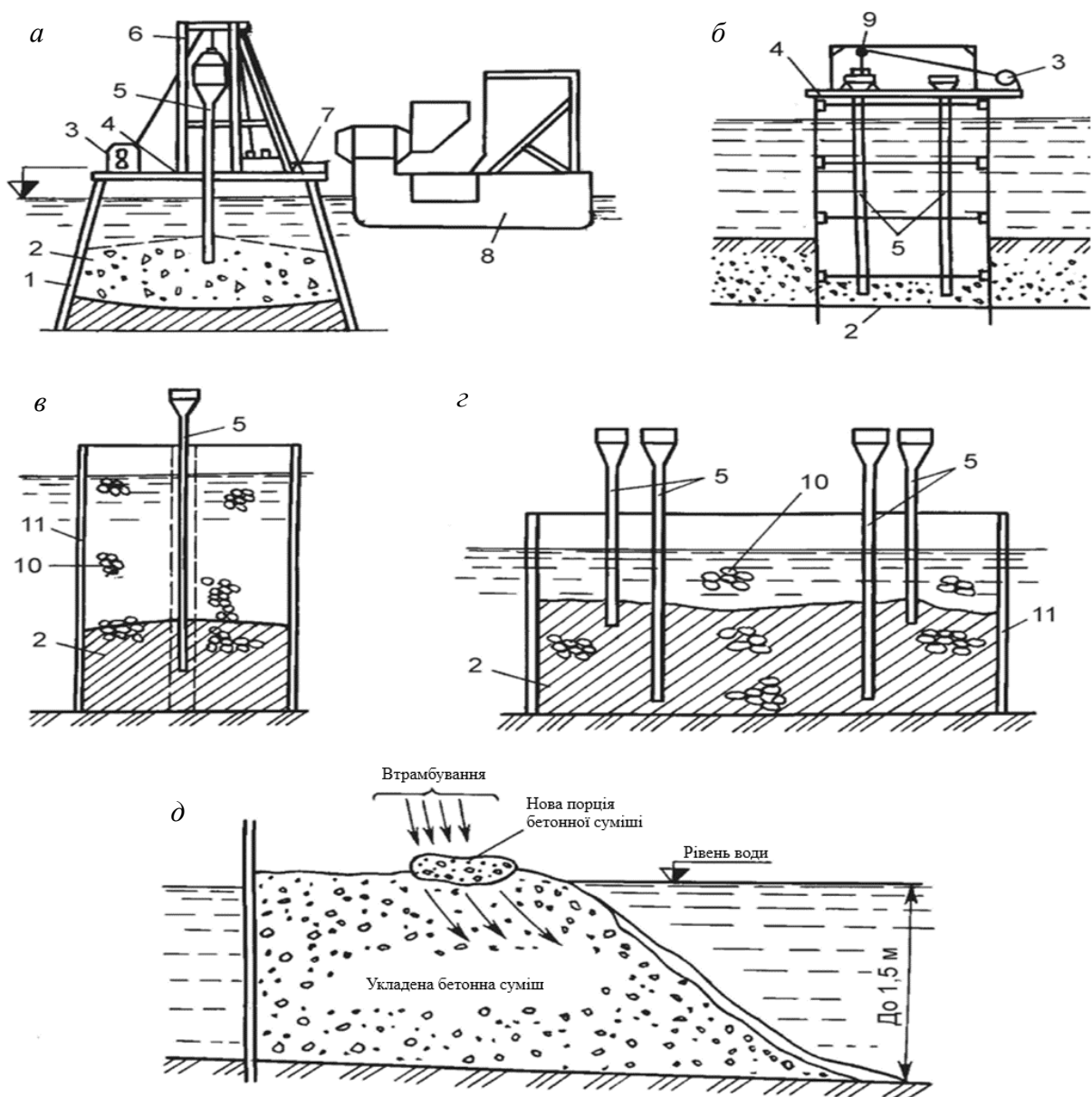


Рис. 27. Схеми підводного бетонування та нагнітання розчину:
a – бетонування методом ТВП (комбіноване розміщення обладнання); *б* – те саме, з розміщенням обладнання на шпунтовому огороженні; *в* – бетонування методом ВР із шахтою; *г* – те саме, без шахти; *д* – бетонування методом втрамбування бетонної суміші;
 1 – бездонний залізобетонний ящик; 2 – бетонований блок; 3 – лебідка; 4 – робочий майданчик; 5 – заливальні труби з лійками; 6 – баштовий витяг; 7 – завантажувальний ківш витягу; 8 – плавучий бетонний завод; 9 – трос; 10 – великий заповнювач; 11 – опалубні конструкції за їхньої глибини від 1,5 м і більше з використанням бетону проектного класу до С20/25.

Бетонування методом висхідного розчину (ВР), або методом роздільного бетонування, виконують, подаючи цементний розчин в опалублену підводну стіну (або масив – блок), попередньо завантаженою

крупним заповнювачем. При цьому можна застосовувати різні види цього методу, зокрема:

- безнапірне (гравітаційне) бетонування, коли заливальні труби встановлюють у ґратчастих огорожувальних шахтах і поширення розчину в порожнини великого заповнювача відбувається під дією маси розчину;

- напірне бетонування (ін'єкційний метод), коли встановлені в блоці труби засипають крупним заповнювачем і поширення розчину досягають завдяки тиску, створеному масою стовпа розчину в трубах або розчинонасосом (рис. 27, з);

- напірне бетонування з вібрацією (вібронагнітальний метод), коли розповсюдження розчину в порожнинах заповнювача досягають тиском, створеним розчинонасосом, та під впливом вібраторів, встановлених окремо від заливальних труб на відстані, яка не перевищує радіуса дії цих труб.

Бетонування укладанням бетону бункерами (цебрами, ящиками, грейферами) виконують, опускаючи їх під воду на основу опускного блока або на раніше укладений шар бетону з подальшим випусканням бетонної суміші крізь дно, що відкривається, або затвор.

Бетонування методом втрамбовування бетонної суміші застосовують за глибини води до 1,5 м. Бетон укладають з берега від урізу води або з бетонного острівця, причому наступні порції суміші укладають і утрамбовують в раніше покладені, але ще не затужавілі (рис. 27, д). Таким чином, з водою стикається тільки бетон, а утрамбовувана суміш залишається ізольованою від впливу води. Для укладання бетону в мішках застосовують мішки, на 2/3 заповнені бетонною сумішшю. Роботи виконують водолази, які укладають мішки з перев'язуванням.

Розпалублення конструкцій та догляд за бетоном

Догляд за бетоном полягає в дотриманні:

- температурно-вологісного режиму, що унеможливорює інтенсивне висихання бетону та пов'язані з цим температурно-усадкові деформації;

- умов, за яких унеможливорюються механічні пошкодження бетону, порушення міцності і стійкості забетонованої конструкції.

Умови витримування бетону і терміни розпалублення визначають на підставі вимог, установлених чинними будівельними нормами і правилами.

За літньої температури зовнішнього повітря, характерної для більшості західних, центральних і східних регіонів країни, більш відкриті поверхні бетону (наприклад, плоскі перекриття) захищають від прямого впливу сонячних променів і вітру брезентом, мокрою тирсою, полімерними плівками.

Бетон на портландцементі поливають протягом сімох діб, на глиноземистих цементах – протягом трьох діб, на інших цементах – 14 діб.

За температури повітря, вищої за 15 °С, бетон перші три доби поливають з інтервалом 3 год. У наступні дні полив може бути скорочений до трьох разів на добу.

Для того щоби унеможливити механічні пошкодження бетону, забороняється рух людей, установлення риштовань та опалубки до досягнення бетоном міцності, не меншої за 1,5 МПа. Рух забетонованими перекриттями автотранспорту, бетоноукладачів та інших машин забороняється до досягнення бетоном проектної міцності.

Щойно бетон набере міцності, за якої може бути досягнуте збереження поверхонь і граней конструкції, демонтують бічні елементи опалубки.

Елементи опалубки, що сприймають вагу бетону, розпалублюють після досягнення бетоном міцності, % від проектної:

- для плит і арок прогоном до 8 м50;
- для балок і прогонів прогоном до 8 м.....70;
- для несучих конструкцій прогоном понад 8 м.....100.

Зі споруд, зведених в сейсмічних районах, несучу опалубку знімають в терміни, вказані в проекті.

Повне розрахункове навантаження всіх конструкцій допускається лише після досягнення бетоном проектної міцності.

Розпалублюючи залізобетонні конструкції, потрібно плавно демонтувати опалубку, попередньо послабивши клини або гвинти під стояками, щоби зберегти для подальшого використання елементи інвентарної опалубки.

Розпалублення каркасних конструкцій багатопверхових будинків ведуть поверхами, при цьому стояки безпосередньо під бетонованим перекриттям залишають повністю, а стояки перекриття, розміщеного нижче, залишають під всіма балками і прогонами, довшими, ніж 4 м, на відстані до 3 м один від одного. Опалубку видаляють повністю, якщо бетон в розміщених нижче перекриттях досяг проектної міцності.

Розпалубку просторових конструкцій – склепінь, арок, а також лінійних конструкцій прогоном понад 8 м слід виконувати плавно, без перекосів.

У разі бетонування оболонок із застосуванням інвентарних котючих форм розпалубку ведуть, ослаблюючи домкрати, плавно відриваючи форму по всій площині дотику з бетоном з подальшим опусканням на потрібний рівень.

У разі використання звичайної інвентарної опалубки розкручування (тобто поступовий відрив форми від бетонної поверхні) виконують, ослаблюючи клини під стояками, гвинти у домкратах або випускаючи пісок з опорних пісочниць. Розкручування склепінь оболонок починають від поздовжньої осі склепіння до опор. Наявні у склепіннях або арках металеві затягування підтягують, а натяг перевіряють відповідними приладами.

Контрольні запитання

1. Назвіть підводні методи бетонування.
2. У чому особливість встановлення опалубок для підводного бетонування?
3. Як виконують розпалублення конструкцій?

Лекція 14

ТЕХНОЛОГІЯ «СТІНА В ҐРУНТІ»

«Стіна в ґрунті» – спеціальна, інноваційна технологія. Завдяки її специфіці стає можливим зведення підземних споруд в тісному сусідстві з наявними будівлями і спорудами, і навіть всередині цехів, що вже функціонують. «Стіна в ґрунті» дає змогу виконувати огороження котлованів в умовах щільної забудови і в безпосередній близькості від комунікацій. Найчастіше це єдине рішення під час зведення підземних об'єктів. Воно оптимальне і в умовах реконструкції історичних пам'яток.

Для освоєння підземного простору нижче від рівня ґрунтових вод і для створення протифільтраційних завіс в основі гідротехнічних споруд застосовують метод «стіна в ґрунті».

Цей тип огорожі виготовляють, виймаючи ґрунт під захистом бентонітового розчину. Потім встановлюють арматурний каркас, і розчин

заміщають бетоном. Технологія дає змогу в подальшому використовувати «стіну в ґрунті» як несучу конструкцію, а також як конструкцію, що унеможливує доступ ґрунтових вод в середину споруди.

Застосування цієї технології є максимально виправданим у будівництві великих об'єктів. Інколи «стіна в ґрунті» є єдиною прийнятною технологією для будівництва підземної автостоянки. Метод кардинально вирішує проблеми, з якими стикається замовник в центрі міста: вузькі майданчики будівельних об'єктів, обмеження в русі, потреба в збереженні цілісності будівель, мінімізації скидання стічних вод, дотримання екологічної безпеки.

Можливим є також застосування неармованих «стін у ґрунті» для виконання функції протифільтраційних діафрагм, а саме:

- у тілі та в основі земляних гребель;
- в основі бетонних гребель;
- у тілі та в основі дамб верхових водойм ГАЕС, ставків-охолоджувачів АЕС, по бортах каналів;
- по периметру відстійників і шламонакопичувачів нафтопереробних, хімічних і металургійних підприємств;
- по бортах кар'єрів відкритого видобутку корисних копалин і великих будівельних котлованів замість водозниження.

Послідовність операцій для побудови «стіни в ґрунті»:

1. По периметру майбутнього котловану споруджують монолітну залізобетонну напрямну стінку – форшахту. Вона забезпечує проєктне спрямування, належну точність спорудження «стіни в ґрунті» і запобігає обваленню ґрунту у верхній частині траншеї.

2. Розробляють траншею під «стіну в ґрунті». Розроблення виконують двощелепним гідравлічним грейфером. Під час розроблення ґрунту траншею заповнюють бентонітовим розчином, який запобігає обваленню стінок.

3. Виконують підготовку викопаної траншеї до бетонування. Спеціально підготовлені арматурні каркаси переводять у вертикальне положення й опускають в траншею. Після монтажу каркасів в траншею опускають бетонолитні труби з приймальними лійками.

4. Виконують бетонування стіни, при цьому бетонна суміш витісняє бентонітовий розчин, який відкачують насосом і подають на установку регенерації. Темп бетонування становить 20-30 м³/год (рис. 28).

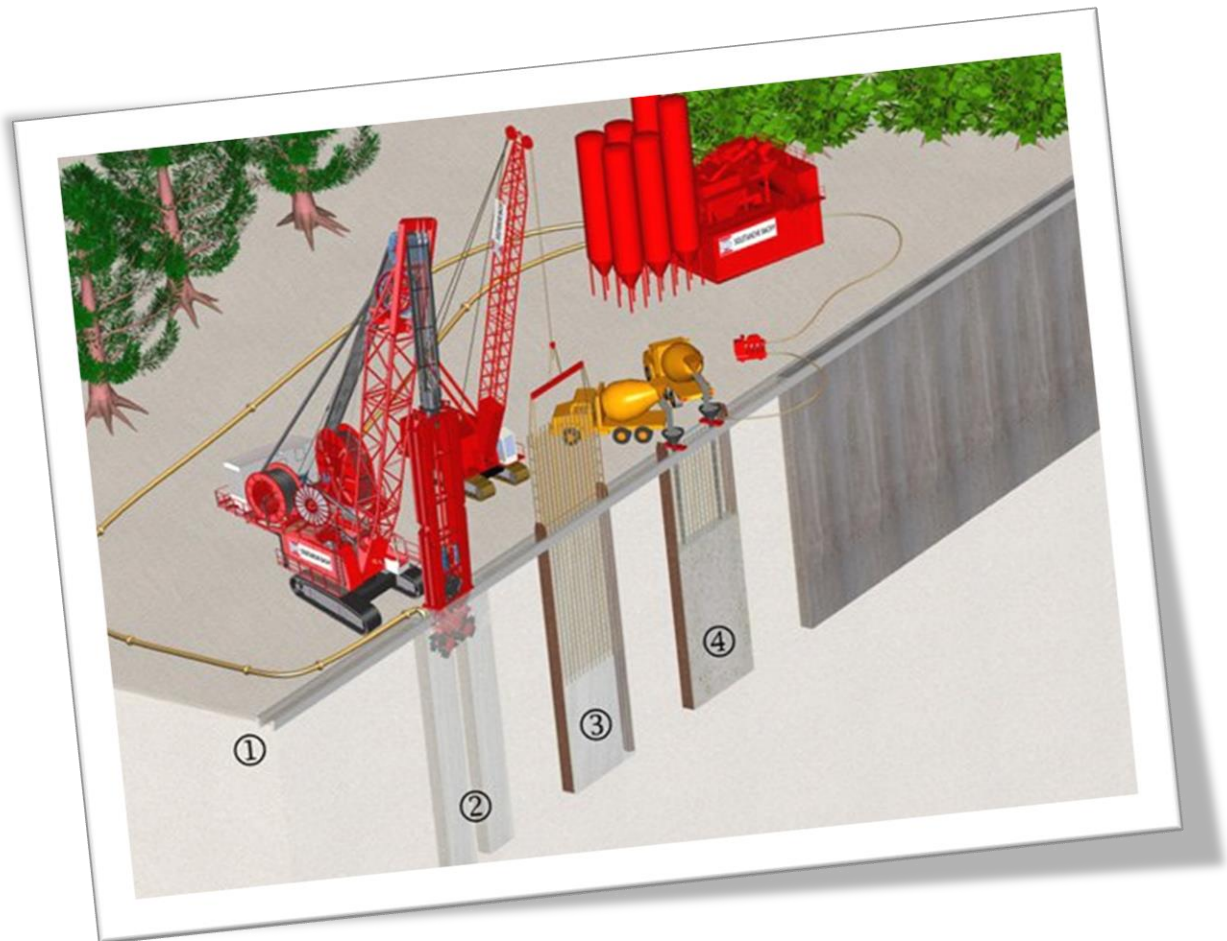


Рис. 28. Бетонування «стіна в ґрунті»

5. Виконують розроблення ґрунту котловану та влаштування кріплення стіни. Котлован розробляють ярусами.

Основними способами досягнення несучої здатності «стіною в ґрунті» на горизонтальні навантаження є встановлення ґрунтових анкерів, влаштування розпірної системи та спорудження нульового циклу напівзакритим способом за схемою «зверху - вниз».

Переваги технології «стіна в ґрунті»

«Стіна в ґрунті» дає можливість на великій глибині зводити конструкції торгівельних комплексів, об'єктів побутового обслуговування, автостоянок, складів, транспортних та інженерних тунелів і колекторів.

«Стіна в ґрунті» слугує не тільки огорожею глибоких котлованів, але також може бути одночасно капітальним фундаментом і стіною споруджуваної будівлі (рис. 29).



Рис. 29. Бурунабавні і буруін'єкційні механізмами

Порівняно з відомими способами огороження будівельних котлованів технологія «стіна в ґрунті» має технічні переваги.

1. Можливість влаштовувати котловани там, де звичайні способи їхнього кріплення є неефективними або зовсім неможливими.

2. Досить висока водонепроникність.

3. Висока надійність і можливість роботи в складних геологічних умовах.

4. Високі темпи спорудження (до 200 п/м готової стіни за місяць на один станок).

5. Цілковите унеможливлення динамічних коливань ґрунту, що дає змогу будувати в безпосередній близькості від вже зведених споруд і комунікацій.

6. Низький рівень шуму на всіх етапах робіт.

Контрольні запитання

1. У чому суть технології «стіна в ґрунті».

2. Назвіть переваги і недоліки технології «стіна в ґрунті».

Список літератури

1. Цементи загально-будівельного призначення. Технічні умови: ДСТУ БВ.2.7.-46-2010. [Чинний від 2011-09-01]. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 20 с. (Національні стандарти України).

2. Гоц В.І. Технологія керамічних будівельних матеріалів: підручник / В.І. Гоц та ін. – Київ: Основа, 2020. – 744 с.

3. Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник / Н.О. Амеліна та ін.; за заг. ред. В.І. Гоца. – Київ: Основа, 2019. – 464 с.

4. Ушеров-Маршак О.В Бетони та будівельні розчини: навч. посіб. / О.В. Ушеров-Маршак, В.І. Гоц, О.В. Кабусь. – Харків: ХНУБА; Київ: КНУБА, 2022. – 76 с.

Навчальне видання

БЕРДНИК Оксана Юріївна,
ПЕТРИКОВА Євгенія Миколаївна,
МАЙСТРЕНКО Алла Анатоліївна,
АМЕЛІНА Наталія Олексіївна

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СУПРОВІД ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

*Конспект лекцій
у трьох частинах*

Частина 2

*Транспортування бетонної суміші
і бетонування монолітних бетонних конструкцій*

Редагування та коректура *Г.В. Кобриної*
Комп'ютерне верстання *Т.В. Кукарєвої*

Підписано до друку 19.03.2025. Формат 60 × 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 2,79. Обл.-вид. арк. 3,0 .
Електронний документ. Вид. № 9/І-25.

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.

