

Клименко М.О., Луценко Я.О., Погребняк Т.С.<sup>1</sup>

## ОСОБЛИВОСТІ ПРИГОТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ТА ВИКОНАННЯ БЕТОННИХ РОБІТ ПРИ ЗВЕДЕННІ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ВОДОЮ

**АНОТАЦІЯ.** Наведено особливості конструкції машин та технологічного виконання робіт для підводного бетонування. Запропоновано шляхи раціоналізації конструкцій та їх оптимальних параметрів.

**SUMMARY:** The peculiarities of construction machinery and technological works for underwater concreting are given. There are ways of rationalizing structures and their optimal settings.

**Постановка проблеми.** Підводним бетонуванням називається укладання бетону під водою без улаштування перемичок і, за можливості, без виконання водовідливних робіт.

Підводне бетонування застосовується при зведенні підводних елементів опор мостів, веж, вітрові електростанції та ліній електропередач, фундаментів при проведенні будівельних і ремонтних робіт на об'єктах гідротехнічного призначення, заповненні пустотелих залізобетонних конструкцій тощо (рис.1-2).



Рис. 1.



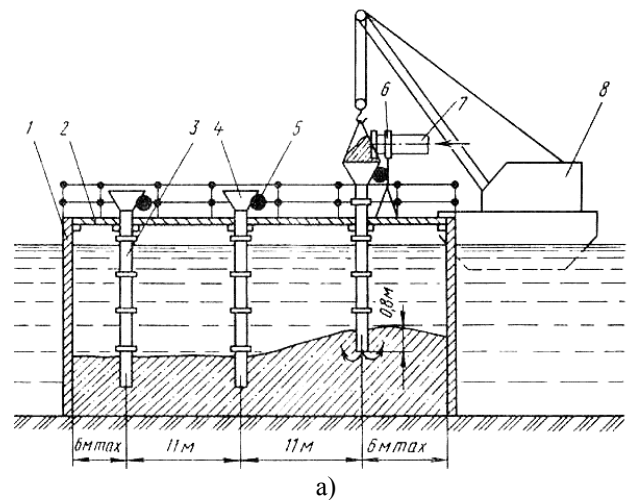
Рис.2.

Для успішного проведення такого бетонування необхідно вирішити два основних завдання: перешкодити вільному падінню розчину через шар води і захистити укладений бетон від розмивання.

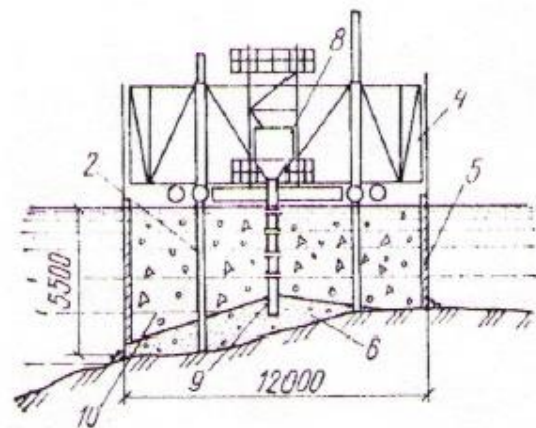
**Мета даної роботи** полягає в аналізі особливості конструкції машин та технологічного виконання робіт для підводного бетонування.

**Виклад основних результатів дослідження.** Серед існуючих методів підводного бетонування найбільш використовуваними є наступні:

1. Вертикально переміщуваної труби (ВПТ) (рис. 3, а).
2. Висхідного розчину (ВР) (рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. Найбільш використовувані методи підводного бетонування

Перший метод є найбільш ефективним при проведенні робіт на глибині від 1,5 до 50 метрів і необхідності отримання високоміцної монолітної підводної споруди. Бетонування конструкції здійснюється

<sup>1</sup> Клименко М.О., к.т.н., доцент., Луценко Я.О., студентка, Погребняк Т.С., студентка, Київський національний університет будівництва і архітектури

в котловані, огороженому від впливу проточної води.

Для доставки бетонної суміші в котлован використовують сталеві безшовні труби. Діаметр труб становить 200-300 мм, збираються вони ланками довжиною до одного метра на легкороз'ємних з'єднаннях, захищених від проникнення в них води. Труби підвішуються до крана або лебідок, які закріплюються на надбудові огороження котловану. На верхньому торці труби знаходиться воронка, на нижньому - металеві клапани, що відкриваються з риштування. Радіус дії труб - до 6 м. Число труб повинно бути таким, щоб їх кругові зони перекривали всю площу котловану.

Труби, опущені до дна котловану з мінімальним зазором і перекриті клапанами, до самого верху заповнюються бетонним розчином. Бетон виготовляють, використовуючи гравій або суміш гравію з 20-30% щебню з обов'язковим додаванням пластифікуючих модифікаторів. Розчин подається за допомогою бетононасосів, пневмонагнітачів тощо.

Після відкриття клапанів суміш, що виходить з труб, розтікається по площині котловану. Бетонування конструкції без підйому труби триває, поки бетон не підніметься над нижнім краєм труби на 0,8-1,5 метра.

Нижній кінець труби повинен постійно розташовуватися на рівні, який не менше ніж на 0,8 м нижче поверхні покладеного розчину при глибині до 10 м та на 1,5 м при глибині виробництва робіт до 20 м.

Після підняття труби на висоту ланки роботи тимчасово припиняють, верхня ланка демонтують, слідкуючи, щоб вода не потрапляла в трубу. Після встановлення воронки в нову трубу бетонування відновлюють.

Бетонування продовжують до висоти, яка на 2% вище проектного вертикального розміру елемента, але не нижча за 100 мм. Після досягнення певної величини міцності слабкий верхній шар видаляється.

При другому методі – висхідного розчину – в центральній частині бетонованого блоку монтують шахту з ґратчастими стінками, звареними з сталевого прокату. У шахту опускають трубу діаметром близько 100 мм. Труба складається з ланок завдовжки до 1 м на легкороз'ємних з'єднаннях, захищених від потрапляння води.

Обмежений опалубкою простір заповнюється кам'яною накидкою. Порожнечі заповнюють цементним розчином.

Труба постійно повинна бути опущена в розчин на глибину не менше 0,8 м. Зі збільшенням рівня бетонування верхні ланки труби демонтують. Після часткового затвердіння надлишок розчину з поверхні видаляють. Даний метод є гравітаційним, оскільки розтікання цементної суміші відбувається під напором стовпа розчину.

Ін'єкційний спосіб напірного бетонування полягає в подачі під тиском цементного розчину по трубах, встановленим безпосередньо в кам'яну засипку.

Розчин піднімається знизу вгору, витісняючи з пустот засипку воду.

Метод Висхідного розчину (ВР) має певні переваги в порівнянні з Вертикально переміщуваною трубою (ВПТ), а саме:

- наявність бетонного заводу стає необов'язковим, досить розчино-змішувальної установки;
- немає необхідності в транспортуванні бетону, що виключає можливість розшарування суміші;
- застосовується зручна роздільна подача великих заповнювачів і цементної суміші.

Недоліками способу Висхідного розчину ВР є:

- необхідність ретельного відбору величини зерна піску;
- збільшення кількості труб;
- порожнечі не завжди надійно заповнюються розчином.

Поряд з вищезначеними проблемами процесу бетонування досить гостро постає питання виготовлення та передачі будівельного розчину до місця його укладання. Це пов'язано насамперед з значним обсягом суміші, що має біти укладений, а в деяких випадках до того ж в дуже стислий термін.

Як відомо, бетон, що використовується в гідротехнічному будівництві, крім традиційних вимог щодо міцності повинен відповідати підвищеним вимогам щодо його щільності, швидкості набору міцності, водонепроникності і витривалості до корозійного впливу води (особливо морської). Ці вимоги досягаються шляхом використання домішок, об'єм яких не перевищує 1-2%, але які разом з тим мають бути розподілені по усьому об'єму рівномірно. Цього можна досягти виключно в умовах інвентарних бетонних заводів, що мають високу точність дозування сировинних компонентів та якісне і швидке їх перемішування.

І якщо для звичайного будівництва це не становить проблем завдяки використанню автобетонозмішувачів та бетононасосів (рис. 4), то при зведенні гідротехнічних споруд це спонукає до розташування потужних бетонних заводів в безпосередній близькості до місця проведення бетонних робіт (рис. 5).



Рис. 4.



Рис. 5.

При цьому сам процес укладання відбувається по чергові: спочатку до найближчих місць, а згодом через них до наступних, більш віддалених (рис.6).



Рис. 6. Особливості надходження бетону до місця укладання поряд з берегом

Ситуація ще більше ускладнюється за необхідності виконання бетонних робіт на значній відстані від берега, або у відкритому морі.

Провідними виробниками, такими як Skako, Batchtec, EUROTEC ASIA PACIFIC та ін., дана проблема вирішується шляхом розташування бетонозмішувального заводу разом зі складами інертних заповнювачів (пісок, щебінь), цементу та водою безпосередньо на плавучій платформі (рис. 7-8). До складу заводу входять від 2 до 4 лоткових або гравітаційних змішувачів, які забезпечують сумарну продуктивність в межах 150-500 м<sup>3</sup>/год.



Рис. 7. Бетонозмішувальний завод фірми EUROTEC ASIA PACIFIC



Рис. 8. Бетонозмішувальний завод фірми Batchtec

За результатами досліджень запропоновано наступний спосіб укладання тампонажного шару в шпунтового огорожі. Технічний результат - поліпшення якості тампонажного шару і зниження кількості бетону в тампонажному шарі на будівництві опор мостів, фундаментів під маяки і т.д. в шпунтового огорожі. Бункер з бетонолитной трубою і закритим водонепроникним затвором завантажують бетоном з бетонозмішувача, переносять бункер в шпунтове огороження в місце, де необхідно провести бетонування, і встановлюють бетонолитную трубу затвором на ґрунт. Після цього розфіксується затвор. Піднімають бункер з бетонолитной трубою на висоту 0,5-0,6 діаметра труби і укладають порцію бетонної суміші, що дорівнює об'єму бункера в потрібному місці. Після укладання порції бетонної суміші бункер з бетонолитной трубою виймають, закривають водонепроникний затвор і завантажують бункер бетонної сумішшю, після чого процес повторюється.

За існуючого способу бетонування, як відомо, за рахунок регулювання ступеня відкриття клапана бетонна суміш, слідує за пробкою, поступово опускається вниз і через нижній кінець труби випускається на поверхню підводного ґрунту. Для подальшого бетонування необхідно піднімати трубу і проводити бетонування по висоті.

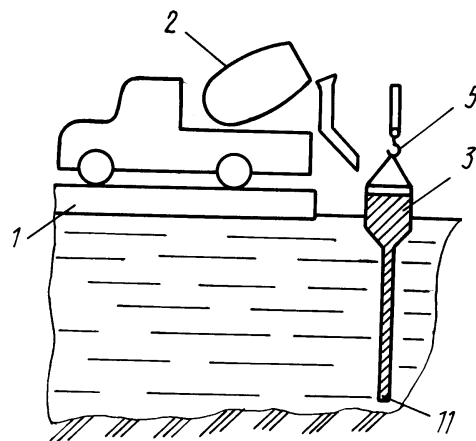


Рис. 9.

Недоліком цього способу є те, що затвор розташований на деякій відстані від кінця бетонолітної труби і вода з ґрунтом потрапляє в бетонну суміш. Це призводить до неоднорідності бетону.

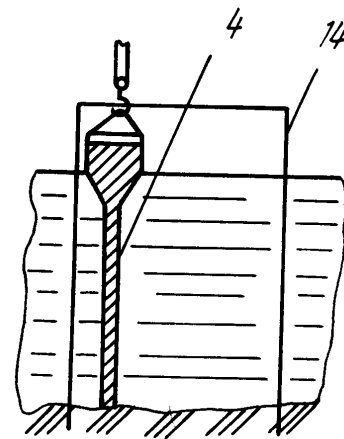
В розробленій конструкції завантажують бетоном бункер з бетонолітної трубою, кінець якої герметично закритий затвором, потім ущільнюють бетонну суміш в бетонолітній трубі вібратором і відкривають затвор. Після чого опускають бетонолітну трубу до низу бетонируємої конструкції і піднімають на висоту 10-15 см, включають вібратор і укладають бетон. Наступним заповненням бетонною сумішшю бетонолітної труби лідерним її підйомом проізго способу ТВП є те, що для досягнення однорідності укладається бетонної суміші необхідно постійне розташування кінця труби у раніше укладеному бетоні.

При бетонуванні, наприклад, набивних паль цей метод широко застосовується. Але при бетонуванні великих площ потрібна установка декількох таких пристроїв для безперервності тампонажного шару. Але в цьому випадку точне дозування бетонної суміші не гарантується.

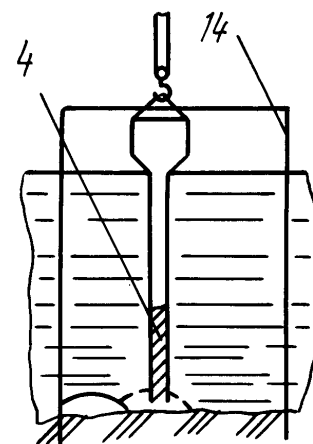
Технічним результатом пропозиції є зниження металоемності, можливості точного дозування в будь-якій точці площі бетонування, збільшення міцності бетону за рахунок збільшення жорсткості бетонної суміші, виключення необхідності зсуви раніше покладеного масиву бетону. Крім того, виключається необхідність безперервності бетонування, пов'язаної з не обов'язковістю заглиблення бетонолітної труби в раніше покладений бетон. Технічний результат досягається за рахунок того, що в способі укладання тампонажного шару в котловані, огороженій шпунтом, що включає підводний укладання бетону на дно котловану окремими ділянками шляхом установки на дні котловану завантаженого бетоном бункера з прикріпленою до нього бетонолітної трубою, нижній кінець якої перекритий затвором зі стулками, підйом труби з одночасним виливом з неї бетону при розкритих стулках затвора і з розміщенням при цьому нижнього торця труби в изливаемом бетоні, здійснюють на висоту, рівну 0,5-0,6 її діаметра, а вилив бетону здійснюють в обсязі, рівному обсягу бункера, причому після виливу бетону витягують трубу з котловану при закритих стулках кресленнями, де зображено: на рис.10, а завантаження бетонолітної труби при закритому водонепроникному затворі (рис.10, б) - установка бетонолітної труби в шпунтового огорожі на ґрунт (рис.10, в) - підйом бетонолітної труби на 0,5-0,6 її діаметра і укладання порції бетонної суміші; на укладання бетонної суміші на черговій ділянці котловану; водонепроникний затвор.

На плавучій опори 1 встановлений бетонозмішувач 2, який завантажує бункер 3 з бетонолітної трубою 4, піднімаємий гаком крана 5.

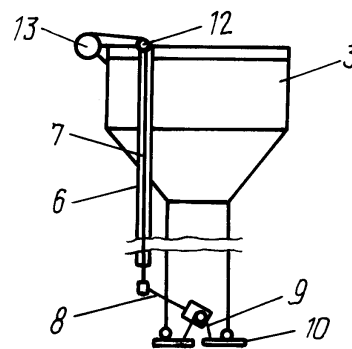
В бункері 3 проходить напрямна труба 6, в якій розташований трос 7, пов'язаний через важіль 8 і тяги 9 з встановленими шарнірно стулками 10 водонепроникного затвора 11.



а)



б)



в)

Рис. 10

Трос 7 пов'язаний через блочок 12 з лебідкою 13, встановленої на бункері 3.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Бункер 3 з бетонолітної трубою 4 і закритим водонепроникним затвором 11 завантажують бетонною сумішшю з бетонозмішувача 2, встановленого на плавучій опори 1, потім краном переносять бункер 3 з бетонолітної трубою 4 в шпунтове огороження 14 в місце, де необхідно провести бетонування, і встановлюють бетонолітну трубу 4 затвором 11 на ґрунт.

Після цього розфіксується ступки 10 затвора 11, стравив трос 7 лебідки 13.

Торець бетонолитной труби в цей час розташовується в укладиваемом бетоні. Експериментально було з'ясовано, що при завантаженні повністю бункера 3 об'єму 2,5-3,0 куб.м. для укладання бетонної суміші на ґрунт необхідно підняти бетонолитную трубу 4 на 0,5-0,6 її діаметра /діаметр бетонолитной труби 300 мм/.

Після укладання бетонної суміші бункер 3 з бетонолитной трубою 4 витягують з води, закривають

ступки 10 водонепроникного затвора 11, підтягнувши трос 7 лебідкою 13, і знову завантажують бункер 3 бетонною сумішшю.

Бетонолитную трубу 4 подають вже до раніше покладеної бетонного шару і, виконавши ті ж операції, укладають нову порцію бетонної суміші з перекриттям на раніше покладений бетон.

Процес повторюється до повного укладання тампонажного шару в шпунтового огорожі.

### **Висновки**

1. Виконаний аналіз дозволяє запропонувати шляхи вирішення проблеми здійснення значної кількості робіт з підводного бетонування.
2. Розглянуті світові тенденції дозволяють рекомендувати розробку багатотонажних високопродуктивних бетонних заводів, змонтованих на плавучих платформах, що дозволяє оперативнo вирішувати питання забезпечення дуже великої кількості бетонної суміші у віддалених від берега місцях.

### **Література**

1. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
2. Костерин Э.В. Основания и фундаменты. М.: Высшая школа, 1978.
3. Кудрявцев Е.М. Теоретические основы комплексной механизации строительства / Е.М. Кудрявцев // Механизация строительства. – 1996. – № 5. – С. 19 – 21.