

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів
і матеріалознавства

03-09-70М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни
«Проектування і реконструкція
підприємств будівельної індустрії»
(розділи «Технологічне проектування заводів залізобетонних
виробів», «Підприємства по виробництву виробів із бетонів
особливих видів»)
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Технології будівельних
конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 2 від 04.10.2022 р.

Рівне – 2022

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Проектування і реконструкція підприємств будівельної індустрії» (розділи «Технологічне проектування заводів залізобетонних виробів», «Підприємства по виробництву виробів із бетонів особливих видів») для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Марчук В. В., Бордюженко О. М., Житковський В. В. – Рівне : НУВГП, 2022. – 34 с.

Укладачі: Марчук В. В., к.т.н., доцент кафедри ТБВіМ;
Бордюженко О. М., к.т.н., доцент кафедри ТБВіМ;
Житковський В. В., к.т.н., доцент кафедри ТБВіМ.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д.т.н., проф., завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення спеціальності Дворкін Л. Й.

© В. В. Марчук,
О. М. Бордюженко
В. В. Житковський, 2022
© НУВГП, 2022

ЗМІСТ

Передмова	4
1 Способи та особливості приготування бетонної суміші....	5
2. Склади цементу і заповнювачів для бетону.....	11
3. Дозування складових бетонних сумішей.....	16
4. Основні види бетонозмішувальних установок.	19
5. Транспортування і подавання бетонної суміші.	25
6. Ущільнення бетонних сумішей.....	29
Література.....	34

ПЕРЕДМОВА

В сучасному будівництві промислових та цивільних споруд основну масу становлять збірні бетонні та залізобетонні конструкції, що виготовляються на підприємствах будіндустрії та монтуються на будівельних об'єктах.

Бетон та залізобетон в Україні залишаються найважливішими конструктивними матеріалами для будівництва. Затрати праці та енергії на монтаж металевих і збірних залізобетонних конструкцій приблизно однакові, але трудові та енергетичні затрати на виробництво 1 м³ збірного залізобетону значно нижчі за витрати на еквівалентну кількість металевих конструкцій. Широкому використанню в будівництві збірного залізобетону сприяють: висока індустріальність виготовлення і монтажу конструкцій, що дозволяє різко скоротити строки і затрати праці в будівництві і по суті, звести будівництво споруд до високомеханізованого їх монтажу; універсальність властивостей залізобетонних виробів, варіюючи технологічні прийоми і матеріали, можна одержувати вироби з різними фізико-механічними властивостями по міцності, теплопровідності, кислотостійкості і т.д.; висока довговічність залізобетону. Крім того, використання збірного залізобетону дозволяє частково відмовитися від використання таких дефіцитних матеріалів, як сталь і деревина.

1. Способи та особливості приготування бетонної суміші.

Приготування бетонної суміші може бути організоване:

- на центральному (міському, районному) заводі, який постачає готову суміш на будівельні об'єкти, розташовані на відстанях, що не перевищують технологічно допустимі радіуси автомобільних перевезень;
- на приоб'єктних бетонних заводах;
- в автобетонозмішувачах, що завантажуються на центральних установках сухою бетонною сумішшю.

Крім того, як допоміжне обладнання для приготування невеликих порцій бетонної суміші використовують окремі бетонозмішувачі.

У великих населених пунктах і в районах з розвинутою дорожньою мережею приготування бетонної суміші краще здійснювати на центральних районних заводах. Такі підприємства як правило, економічно більш ефективні, ніж система дрібних приоб'єктних заводів. Великі центральні заводи мають більш високий коефіцієнт використання обладнання в часі, характеризуються більш високим ступенем механізації і автоматизації, що дозволяє організувати ефективний контроль якості продукції.

Дрібні приоб'єктні бетонні заводи доцільні головним чином у віддалених від центральних заводів районах і при неможливості доставки суміші з центрального заводу за дорожніх умов району.

Застосування автобетонозмішувачів доцільне також, якщо використовуються бетонні суміші високої рухливості при підвищеній вимозі до однорідності її складу (наприклад, для будівництва в ковзній опалубці, для трубопровідного транспорту та ін.).

Раціональна схема розміщення бетонних заводів на території району будівництва повинна визначатися з урахуванням

техніко-економічних умов. При проектуванні розміщення бетонних заводів необхідно враховувати перспективний розвиток району будівництва.

У даний час багато фірм пропонують приоб'єктні бетонні заводи, які відрізняються продуктивністю, компонованням, особливостями обладнання тощо. В табл.1 наведені для прикладу технічні характеристики модульних бетонозмішувальних установок типу МБСУ.

Таблиця 1

Технічні характеристики бетонозмішувальних установок

Технічні характеристики	Од. вим.	МБСУ–20	МБСУ–30	МБСУ–50СК	МБСУ–60
Продуктивність	м ³ /ч	20–23	30	50	60
Кількість бункерів інертних	шт.	3	4	8	4
Ємкість бункерів інертних	м ³	8	14	14	14
Найбільша крупність заповнювача	мм	70	70	70	70
Кількість силосів	шт.	1	1	2	2
Ємкість силосів	т	28	28	28	28
Потужність	кВт/ч	47,2	73,7	119,3	111,2
Тип змішувача		СБ 146 А	СБ 138 Б	СБ 138 Б	СБ 138 Б
К-сть змішувачів		1	1	2	2
Об'єм за завантаженням компонентів	л	750	1500	1500	1500
Об'єм готового замісу бетонної суміші	л	500	1000	1000	1000
Габаритні розміри: довжина	м	30,0	43,1	21,5	38,7
ширина	м	5,5	15,9	11,0	15,9
висота	м	15,3	17,3	16,8	16,8
Кількість блоків	шт.	4	11	17	12
Кількість платформ для транспортування	шт.	3	7	11	9

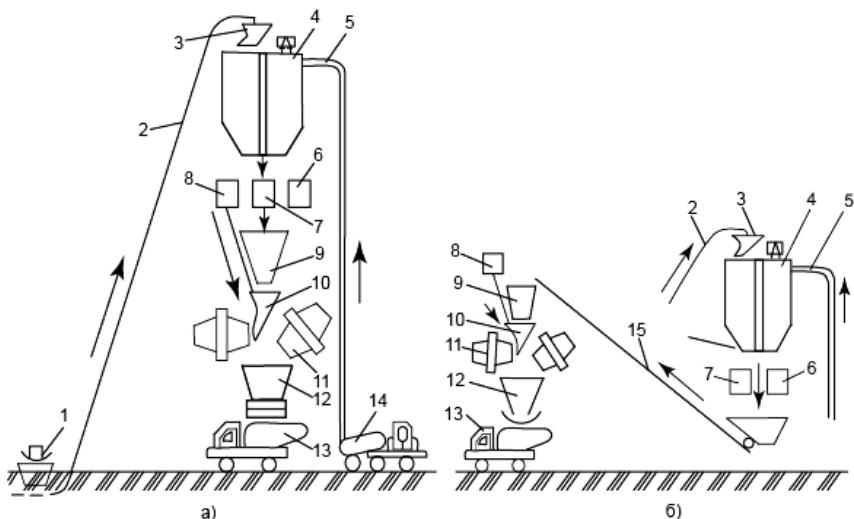


Рис. 1. Схеми компонування бетонозмішувальних установок:

а – одноступенева (вертикальна); б – двоступенева (партерна); 1 - конвеєр складу заповнювачів; 2 - конвеєр подавання заповнювачів у витратні бункери; 3, 9, 10 - поворотна направляюча, розподільна лійка; 4 - витратний бункер; 5 - труба пневмоподавання цементу; 6, 7, 8 - дозатори цементу, заповнювачів, води; 11 – бетонозмішувач; 12 - видатковий бункер; 13 - автобетоновоз; 14 - автоцементовоз, 15 - скіповий підйомник

Виробництво бетонних сумішей на сучасних бетонних заводах складається з певних транспортно-складських, допоміжних і технологічних процесів. До основних технологічних операцій відносяться: дозування цементу, води, заповнювачів і добавок і їх перемішування для досягнення однорідної суміші заданого складу. Бетонні заводи чи установки (рис. 1) класифікують: за конструкцією – на стаціонарні та інвентарні збірно-розбірні і пересувні (мобільні); за принципом роботи – на підприємства циклічної і безперервної дії; за компонуванням обладнання – на партерні (двоступеневі) і вертикальні (одноступеневі); за схемою розташування змішувальних машин у плані – на лінійні і гніздові (рис. 2); за способом управління – на механізовані і автоматизовані.

В умовах сучасних темпів будівництва все більш ефективними стають мобільні бетонні заводи. Вони дозволяють

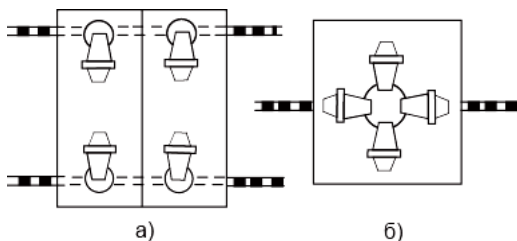


Рис. 2. Схеми одноступінчатих бетонозмішувальних установок: а - двосекційна з двома бетонозмішувачами в кожній секції, б - односекційна гніздового типу з чотирма бетонозмішувачами

здійснювати оперативне перебезування з одного будівельного майданчика на інший, наближаючи виробництво бетонної суміші до місця її укладання.

Мобільні установки, як правило, являють

собою автоматизований комплекс пристроїв, що подають і змішують, змонтованих у компактний агрегат (рис. 3). Такі установки випускають у модульному виконанні або у вигляді моноблока.

Вони можуть бути легко переміщені в інше місце і адаптовані до зовнішніх умов. Розгортання мобільного заводу виконується протягом одного дня і не вимагає спеціальних фундаментів.

Бетонозмішувальні установки циклічної дії з періодично повторюваними технологічними операціями - кращий вибір для підприємств з продукцією багатьох марок. Установки безперервної дії ефективні при масовому виробництві бетонної суміші однієї марки, наприклад у гідротехнічному і дорожньому будівництві.

Бетонні заводи, розраховані на довгострокову експлуатацію, проектують за одноступінчастою або вертикальною схемою. За такою схемою здійснюється одноразовий підйом матеріалів у витратні бункери з подальшим гравітаційним проходженням аж до розвантаження готової бетонної суміші в транспортні засоби.

Найбільш пореними є стаціонарні заводи для виробництва бетонів і розчинів вертикального типу. Головною особливістю таких заводів є розташування видаткового складу заповнювачів безпосередньо над змішувальним блоком, що дозволяє значно заощадити площу землі, відведеної під бетонне господарство.

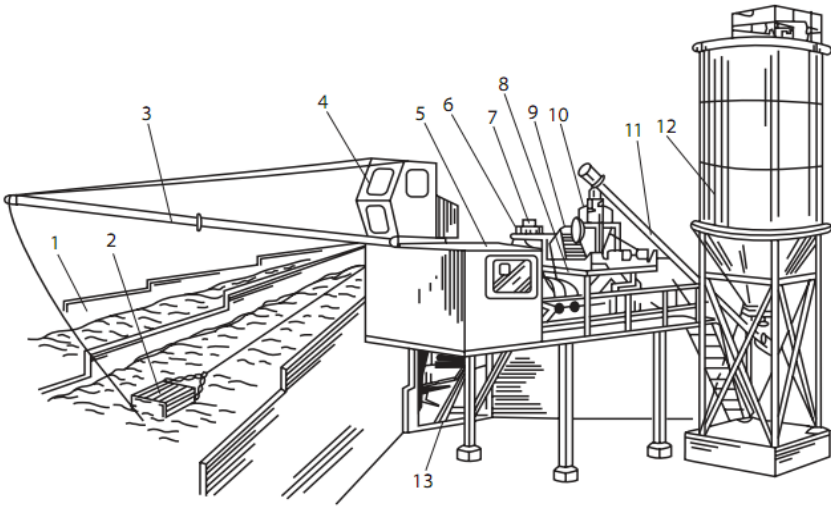


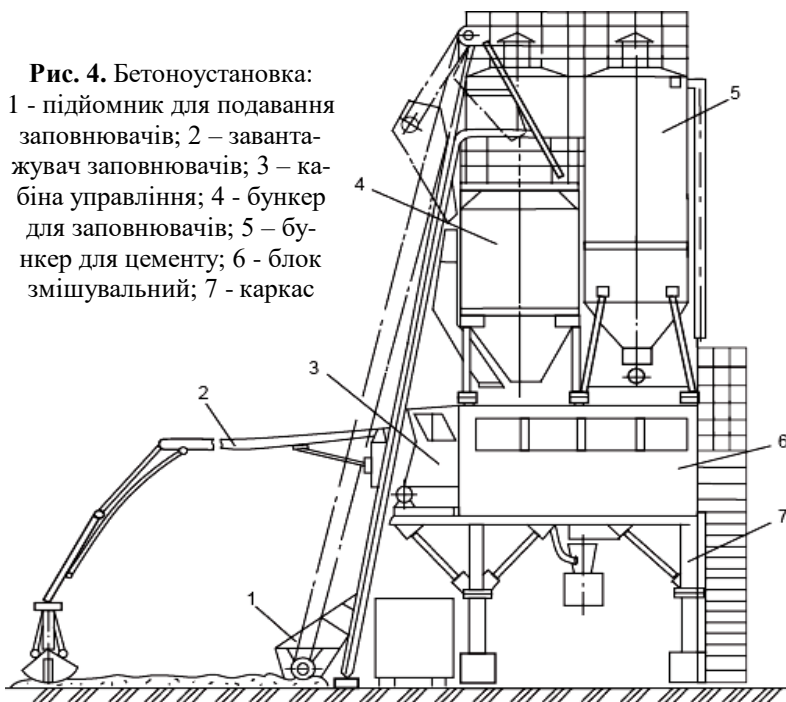
Рис. 3. Бетонозмішувальна установка СБ-134А: 1 - склад заповнювачів; 2 - ківш; 3 - стріла; 4, 5 - кабіна; 6 - змішувач; 7, 10 - дозатори води і цементу; 8 - рама; 9 - воронка; 11 - конвеєр; 12 - ємність для зберігання цементу, 13 - направляюча

Завантаження бункерів заповнювачів здійснюється нахиленим конвеєром, елеватором або скіповим підйомником.

Залежно від компоновки складу заповнювачів поряд з вертикальними (баштовими) заводами будують заводи з рядними і зіркоподібними складами заповнювачів. Зіркоподібні склади розташовуються відносно змішувача у вигляді окремих "пелюсток", розділених перегородками. Заводи баштового типу в 2-3 рази дорожчі, ніж з рядними або зіркоподібними складами, але більш економічні в експлуатації.

За двоступеневою або партерною схемою матеріали піднімають у два прийоми – спочатку в витратні бункери, а потім - у завантажувальні пристрої змішувачів (рис. 4). Основною перевагою вертикальної компоновки є менша площа, необхідна для бетонозмішувальної установки, партерної схеми – менша висота. За партерною схемою полегшується монтаж, проте зростає число одиниць приймального обладнання для

матеріалів і перевантажень останніх. Партерні установки є кращими для мобільних заводів, які часто перебазовуються і тому зараз все більше користуються попитом.



При лінійному однорідному розташуванні кожному змішувачу необхідний один комплект дозаторів з витратними бункерами, при гніздовому розташуванні один комплект дозаторів забезпечує роботу декількох змішувачів. В останньому випадку раціональним є масове виготовлення бетону обмеженого числа складів, стає можливим завантаження транспортних засобів великої вантажопідйомності, зниження витрат на будівництво і експлуатацію заводів. Лінійне розташування бетонозмішувачів дозволяє одночасно видавати на транспортні засоби суміші різних складів.

Бетонні заводи включають бетонозмішувальну установку,

яка складається з витратних ємностей для вихідних матеріалів, дозаторів, бетонозмішувачів і різного допоміжного обладнання; склади основних компонентів бетонної суміші; внутрішньозаводські транспортні технологічні комунікації (конвеєри, цементопроводи, повітропроводи та ін.).

Залежно від конкретних потреб і особливостей будівництва до складу бетонних заводів можуть входити додаткові установки та обладнання для сортування заповнювачів, приготування добавок тощо.

Бетонні заводи і бетонозмішувальні цехи заводів залізобетонних виробів малої потужності мають річну продуктивність до 50 тис.м³ бетону, середньої і великої потужності відповідно 100 і 250 тис.м³. Заводи товарного бетону можуть мати потужність і понад 250 тис.м³.

Економічно найбільш ефективним є приготування товарних бетонних сумішей на централізованих районних заводах. У той же час надмірна централізація може призвести до значного збільшення витрат на транспортування бетонних сумішей. Приоб'єктні бетонні заводи доцільні, головним чином, при великих обсягах бетонних робіт, а також при значній відстані від об'єкта районного заводу і несприятливих дорожніх умовах.

Приоб'єктні бетонні заводи складаються з окремих модулів - транспортабельних блоків повної заводської готовності із вмонтованим обладнанням.

2. Склади цементу і заповнювачів для бетону.

До складу сучасних бетонорозчинових заводів і вузлів входять змішувальні установки, склади цементу, заповнювачів, добавок, інші допоміжні підрозділи, а також пристрої автоматичного управління та контролю.

Склади цементу класифікують за ступенем мобільності – на стаціонарні та пересувні, виду транспортних пристроїв – з механічною, пневматичною і комбінованою подачею цементу, за конструкцією – на засічні, бункерні і силосні, за способом управління – на механізовані і автоматизовані.

Для складування цементу і золи-виносу найбільшого поширення набули склади силосного типу. Типові проекти передбачають спорудження силосних складів із однотипних комірок циліндричної форми діаметром від 3 до 10 м, ємністю від 25 до 1500 т кожна з металу, монолітного або збірного залізобетону (рис. 5).

Залежно від кількості силосів у складі і прийнятої системи механізації їх розташовують в один або два ряди. Кількість силосів встановлюється з урахуванням необхідної ємності складу, кількості марок і типів цементу, що використовуються.

Найбільш прогресивними є автоматизовані силосні склади (рис. 6), де управління виробничими процесами виконується автоматично.

На дрібних розосереджених об'єктах цемент зберігається в контейнерах. Цемент, що надходить на будівництво в мішках, розміщують у закритому сухому приміщенні. Зберігання цементу насипом у тимчасових складах комірною типу, під навісом, на відкритих майданчиках під брезентовими покриттями не рекомендується.

Місткість стаціонарного складу повинна забезпечувати запас цементу не менше ніж на 7 діб, місткість приоб'єктного складу – до 5 діб, місткість контейнера - двох-тридобовий запас матеріалів.

Ефективним способом внутрішньоскладського транспортування цементу є пневматичний спосіб. Він заснований на переміщенні зважених часток матеріалу, що рухаються потоком повітря. Пристрої пневматичного транспорту мають переваги, до яких належать: герметизація процесів транспортування; відсутність втрат цементу; компактність і можливість застосування у будь-яких виробничих умовах, завдяки поворотам трубопроводу; повна механізація завантаження і розвантаження; можливість



Рис. 5.
Металевий
силос цементу

автоматизації процесу транспортування; нормальні умови праці для обслуговуючого персоналу. Для транспортування цементу по горизонталі з невеликим ухилом застосовуються аерожолоби, а по вертикалі – ерліфти.

Для розвантаження, транспортування і видачі цементу на складі використовують пневматичні розвантажувачі

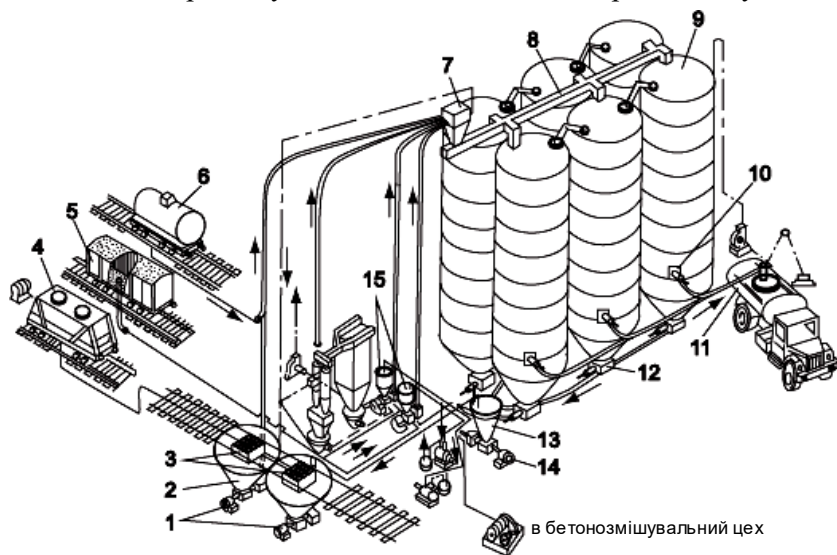


Рис. 6. Технологічна схема автоматизованого прирейкового складу цементу ємністю 1100/1700 т: 1 - пневмопідйомник; 2 - подвійний приймальний бункер; 3 - приймальний рукав; 4 - вагон-цементовоз; 5 - критий вагон; 6 - вагон-цементовоз із пневморозвантаженням; 7 - бункер-осаджувач; 8 - аерожолоб; 9 - силос; 10 - пневморозвантажувач бічного розвантаження; 11 - автоцементовоз; 12 - пневморозвантажувач донного розвантаження; 13 - бункер видачі; 14 - пневмогвинтовий насос; 15 - пневморозвантажувач

всмоктувальної і всмоктувально-нагнітальної дії, гвинтові підйомники, гвинтові і камерні насоси.

За способом складування і зберігання склади наповнювачів бувають: штабельні, напівбункерні, бункерні і силосні, а також відкриті і закриті.

Штабельні і напівбункерні склади, в свою чергу, поділяються на траншейні, естакадно-траншейні.

Штабельних склади являють собою бетонний майданчик з комплексом розвантажувальних і штабелюючих механізмів: грейферний кран, навантажувач, бульдозер.

Штабельно-траншейні склади (рис. 7) обладнуються підземною галереєю, в якій розміщуються у верхній частині бункери з затворами, в нижній - стрічкові конвеєри. Заповнювачі розвантажують спеціальними розвантажувальними машинами, самовивантажувальними вагонами, або самоскидами в приймальний пристрій; складують – одно- і двохконсольними штабелелекладальниками або машинами типу С-492, подають у

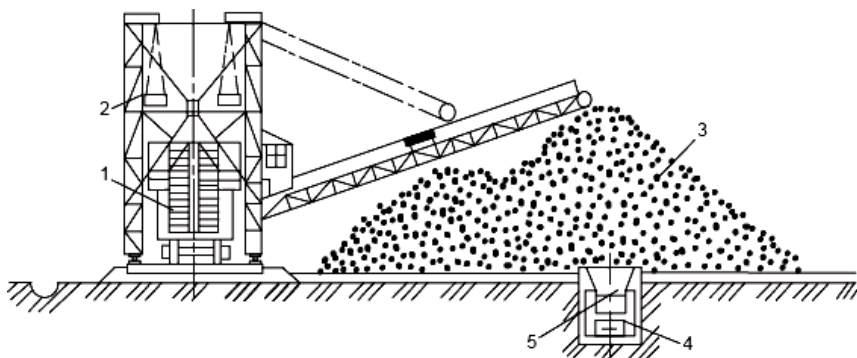


Рис. 7. Штабельно-траншейний склад заповнювачів з порталною розвантажувально-штабелюючою машиною ТР-2: 1 - напіввагон; 2 - портална розвантажувально-штабелююча машина; 3 - штабель заповнювачів; 4 - стрічковий конвеєр; 5 - бункер з затвором

витратні бункери бетонних заводів скреперними установками або стрічковими конвеєрами.

Естакадні штабельно-траншейні і напівбункерні склади завантажують зверху за допомогою стрічкових конвеєрів, що розміщуються на спеціальній естакаді, і обладнані скидальними візками для подачі матеріалів в будь-яке місце складів. У напівбункерному складі заповнювачі складуються в траншею трапецієвидного перерізу, розділену поперечними залізобетонними стінками на відсіки. Під бункерами

споруджується галерея з стрічковими конвеєрами.

Естакадні штабельно-траншейні і напівбункерні склади можуть бути відкритими і закритими. Вони застосовуються для обслуговування середніх і великих бетонних заводів.

Бункерні і силосні склади заповнювачів закритого типу (рис. 8) складаються з декількох багатокутних або круглих банок діаметром до 5-10 м з монолітного залізобетону, збірних залізобетонних або металевих елементів. Завантажують склади вертикальним багатоковшовим елеватором і розподільчим конвеєром, вивантаження заповнювачів на стрічковий конвеєр проводиться за допомогою вібратора, розташованого під

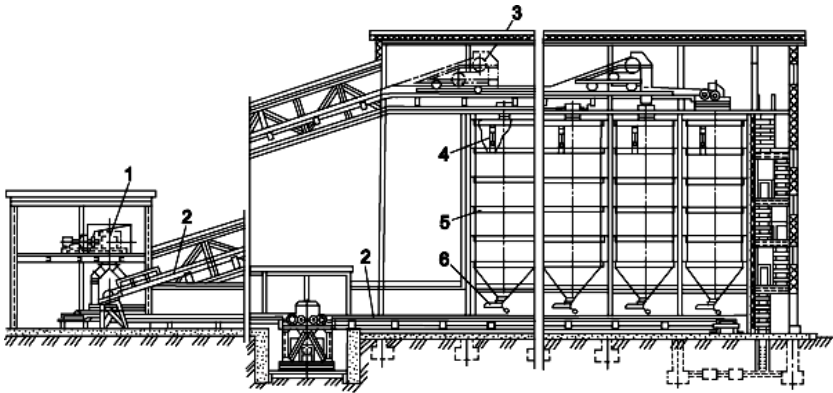


Рис. 8. Силосний склад заповнювачів:

1,2 - стрічкові конвеєри; 3 - скидаючий візок; 4 - верхній показчик рівня; 5 - силос; 6 - віброживильник

днищем силосу. Для експлуатації в зимовий час склади обладнуються реєстрами підігріву заповнювачів.

При виборі типу складу заповнювачів необхідно враховувати наступні фактори: ємність і вантажообіг, розміри наявного майданчика; вид транспорту, що доставляє заповнювачі, і приймального пристрою, вартість спорудження ділянок доріг, якщо в цьому є необхідність; типи внутрішньоскладського і внутрішньозаводського обладнання та механізмів; вид системи управління і контролю; необхідність забезпечення роздільного зберігання заповнювачів за видами, фракціями і сортами з

мінімальним дробленням і розшаруванням при перевантаженнях; кліматичні умови.

Для районів з помірними кліматичними умовами естакадні штабельно-траншейні склади найбільш ефективні, так як вони забезпечують високу продуктивність переробки і значні запаси заповнювачів при порівняно невеликих капіталовкладеннях.

3. Дозування складових бетонних сумішей?

Дозування компонентів бетонної суміші істотно впливає на її якість. Тому похибка дозування води і в'язучого не повинна перевищувати 2%, заповнювачів - 2,5%. Воду, розчини добавок і пористі заповнювачі можна дозувати за масою і за об'ємом, в'язуче і щільні заповнювачі - тільки за масою. Дозування може бути циклічним і безперервним залежно від особливостей роботи бетонозмішувача.

Для об'ємного дозування води найбільш поширені дозатори турбінного типу (лічильники-водоміри), де необхідна кількість рідини відміряється за допомогою крильчатки і лічильника, з'єднаних між собою. Для бетонозмішувачів ємністю до 330 л застосовують дозатори типу ДВК-40, ДАТ-1, для бетонозмішувачів більшої місткості - автоматичні дозатори АОДЖ-425/1200. Для об'ємного дозування розчинів хімічних добавок застосовують дозатори ДоП-6-12У4, ДоП-25-12У4, ДоП-45-12У4 з верхньою межею дозування відповідно 6, 25 і 45 л при обсязі готового замісу до 166, 330 і 2000 л. Вагові дозатори рідин працюють зазвичай за принципом важеля і аналогічні дозаторам цементу.

Для циклічного дозування сипучих матеріалів промисловість виготовляє три серії вагових дозаторів:

- вагові дозатори серії ВДБ з ручним керуванням для змішувачів місткістю до 550 л. Застосовуються в пересувних бетонозмішувальних установках і на заводах невеликої потужності з партерною схемою. У таких дозаторах з пружинним силовимірювачем оператор, відкриваючи важіль засуви, наповнює дозатор матеріалом до досягнення необхідної ваги. Випускають дозатори марок ДЦ-100 (рис.9), ДЦ-200 для цементу, ДЖ-100, ДЖ-

200 - для води і ДІ-500, ДІ-1200 - для заповнювачів. Цифра в марці означає верхню межу дозування в кілограмах.

- автоматичні вагові дозатори серії АВД (табл. 2) для бетонозмішувачів ємністю 330 ... 2000 л. У таких дозаторах всі операції зважування і вивантаження матеріалів у змішувач виконуються автоматично. Марки таких дозаторів для цементу - АВДЦ-425М, АВДЦ-1200М, АВДЦ-2400М. Для рідин у марці дозатора четверта буква буде "Ж", наприклад АВДЖ-425М, для заповнювачів (інертних) – "И", наприклад АВДИ-425М.

- дозатори серії ДБ, які поставляються як вбудоване обладнання автоматизованих бетонних заводів із бетонозмішувачами ємністю 500 ... 2000 л типів СБ-91, СБ-93, СБ-103 і ін. Їх виготовляють, в основному, двофракційними. У позначенні дозатора, наприклад, АТ-500-2БП цифра після дефіса показує межу зважування в кілограмах, цифра після другого дефіса – кількість дозованих фракцій, остання буква – вид матеріалу, що дозується (пісок, щебінь, цемент, керамзит або рідина).

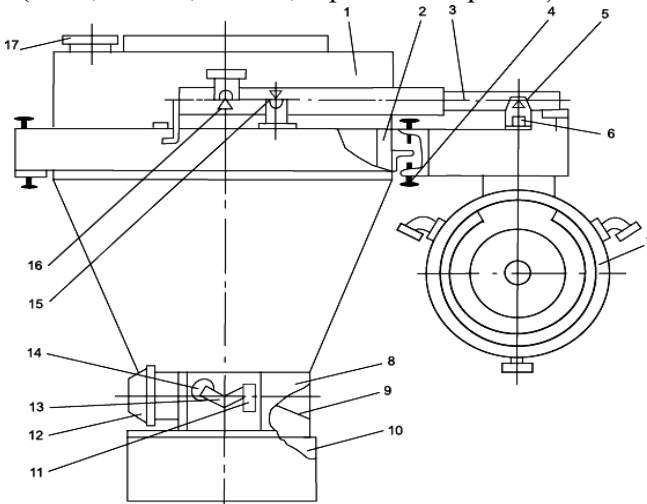


Рис. 9. Конструктивна схема дозатора цементу ДЦ-100Д:

- 1 - бункер; 2 - рама; 3,14 - вагові важелі; 4 - гвинт; 5,15 - призма; 6 - тяга;
- 7 - пружинний вказівник; 8 - затвор; 9 - засувка; 10 - рукав; 11 - перетворювач;
- 12 - пневмокамера; 13 - фланец; 16 - подушка; 17 - отвір

Таблиця 2

Технічні характеристики вагових дозаторів періодичної дії

Показник	АВДЦ-425Д	АВДЦ-1200Д	АВДЦ-2400	АВДИ-425Д	АВДИ-1200Д	А8ДИ-2400Д	АВДЖ-1200Д	АВДЖ-2400Д
Зважуваний матеріал	Цемент			Заповнювачі			Рідини	
Найбільше навантаження, кН	15	30	70	60	120	130	20	50
Похибка дозування, %	2	2	2	3	3	3	2	2
Тривалість циклу зважування, с	45							
Тиск повітря у повітряній мережі, МПа	0,6							
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	1700 900 1700	1700 900 2100	1700 1100 2500	2100 1200 1900	2100 1200 2700	1600 1100 2700	1300 900 2000	1600 1100 2600
Маса, кг	495	520	560	570	600	586	241	479

У будь-якому конструктивному виконанні циклічні вагові дозатори мають завантажувальний пристрій, бункер, важелі, ваговий механізм, випускний пристрій, систему управління. Останнім часом в дозаторах важільні зважувальні механізми все частіше замінюються електронними тензодавачами, що суттєво підвищує точність зважування та створює можливість для автоматизації.

Вагові дозатори безперервної дії складаються із завантажувального і вимірювального пристрою, стрічкового живильника і системи автоматичного регулювання. Витрата матеріалу регулюється зміною швидкості руху стрічки живильника або перерізу матеріалу на стрічці. У двоступеневих дозаторах регулюються обидва параметри.

Дозатор типу СБ-71В (рис. 10) складається з двобарабанного живильника, вагового конвеєра, давача зусилля, приводу і системи автоматичного регулювання.

Цемент у дозатор подається двобарабанным живильником на стрічку підвешеного на шарнірних опорах конвеєра, що має спільний з живильником привід. Ваговий конвеєр складається з натяжного і приводного барабанів, проміжної передачі, стрічки і деталей, що утворюють раму. Для запобігання запилення конвеєр



Рис. 10. Дозатор цементу СБ-71В

оснащений герметизованим кожухом. Натяг стрічки здійснюється гвинтами.

Ваговий конвеєр підвішується до живильника на шарнірних опорах. На стрічці вагового конвеєра цемент зважується компенсаційним способом за допомогою вантажу, який переміщується по важелю, інформація про масу вантажу через систему автоматизації передається на живильник і

регулює швидкість видачі матеріалу.

Для надійної роботи циклічні дозатори не рідше одного разу в квартал тарують зразковими вантажами, а дозатори безперервної дії - шляхом зважування проб матеріалу, відібраних при стабільній роботі дозатора.

4. Основні види бетонозмішувальних установок.

Для приготування бетонних сумішей застосовують пересувні і стаціонарні бетонозмішувачі циклічної і безперервної дії. За принципом дії їх поділяють на гравітаційні і примусової дії.

У гравітаційних бетонозмішувачах для перемішування використовують вільне падіння матеріалу. Змішувач циклічної дії складається з барабана (рис. 11), на внутрішній поверхні якого по гвинтовій лінії закріплені лопасті. При обертанні барабана лопаті захоплюють порції суміші і піднімають їх в

крайне верхнє положення, звідки матеріал вільно падає і переміщується із сумішшю, що знаходиться в нижній частині барабана.

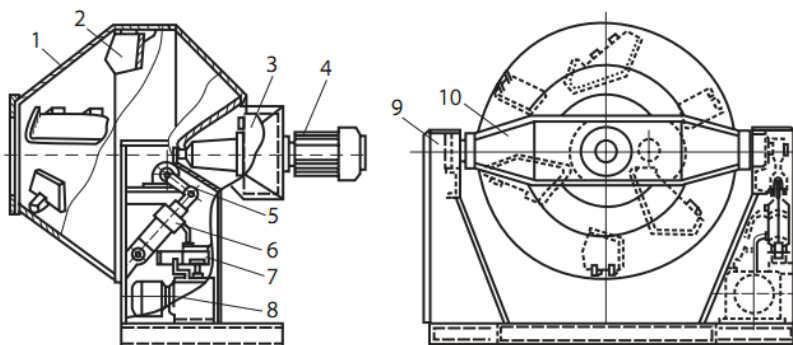


Рис. 11. Гравітаційний бетонозмішувач:

- 1 - змішувальний барабан; 2 - лопаті; 3 - редуктор; 4, 8 - електродвигун;
5 - важіль пневмопривода; 6 - пневмопривід; 7 - компресор; 9 - рама;
10 - траверса

Гравітаційні бетонозмішувачі виготовляють з перекидними або неперекидними барабанами. Перекидні барабани мають грушоподібну або двоконусну форму, завантажуються і розвантажуються з одного або двох відкритих торців. Неперекидними барабанами оснащуються, в основному, реверсивні змішувачі, встановлені на автомобілях (автобетонозмішувачі). Їх завантажують і розвантажують з протилежних боків. Після перемішування барабан зупиняється, а потім починає обертатися в протилежну сторону.

У гравітаційних змішувачах перемішують досить рухомі бетонні суміші. Тривалість перемішування збільшується при зниженні рухомості і збільшенні об'єму замісу. Об'єм готового замісу для гравітаційних змішувачів коливається від 65 до 3000 л і залежить від об'єму барабана при завантаженні сухими матеріалами.

Гравітаційні змішувачі при порівняно низькій вартості, простоті конструкції і експлуатації не забезпечують достатню однорідність жорстких бетонних сумішей. Для перемішування

жорстких і легкобетонних сумішей застосовують бетонозмішувачі примусової дії (рис. 12).

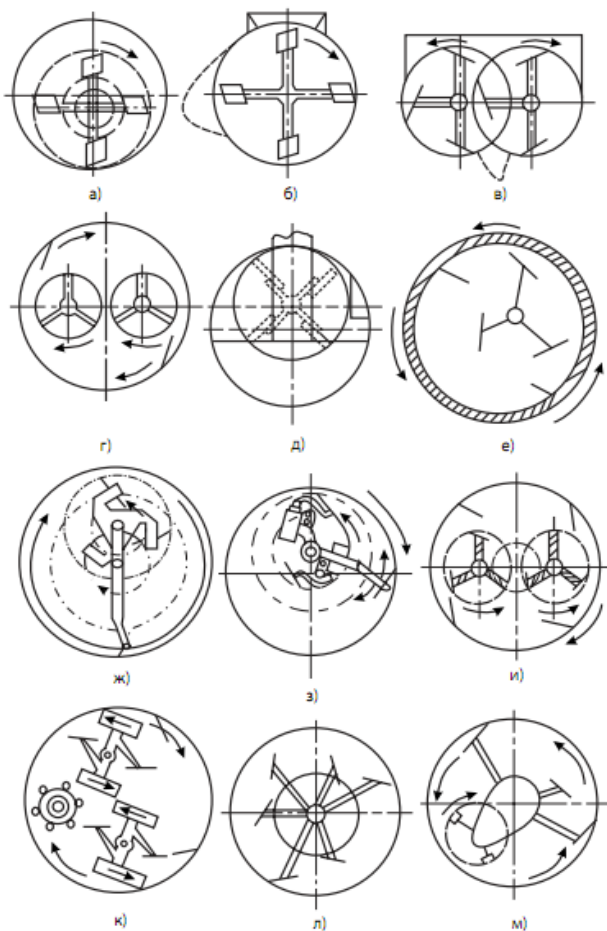


Рис. 12. Схеми змішувачів примусової дії:

а, б, в - одно- і двовальні з горизонтальним розташуванням валів; г, д, е - прямоточні з вертикально розташованими валами і нерухомою чашею, ж - протиточні з нерухомою горизонтальною чашею; з, і, к - протиточні з чашею, що обертає-ться; л - роторні турбулентного типу з вертикальним валом; м - планетарно-роторні з нерухомими лопатями

Ефективні ці змішувачі також для перемішування сумішей з підвищеною витратою цементу і на дрібних пісках. У змішувачах цього виду перетин траєкторій матеріалів, які змішуються, здійснюється при переміщенні лопатей щодо корпусу. Тривалість перемішування в змішувачах примусової дії в 1,5-2 рази менша, ніж у гравітаційних при менших габаритах і більшій місткості барабана

За конструктивними ознаками змішувачі примусової дії поділяють на тарільчасті з вертикально розташованими змішувальними валами і лоткові з горизонтально розташованими змішувальними валами. Тарільчасті змішувачі з нерухомим корпусом (рис. 13) займають провідне місце. У порівнянні з гравітаційними бетонозмішувачі тарільчатого типу забезпечують більш високу якість суміші і у 2-3 рази вищу продуктивність. Разом з тим вони мають у 3-4 рази більшу



Рис. 13. Бетонозмішувач примусової дії СБ-138БМ (1000 л)



Рис. 14. Планетарний змішувач з об'ємом готового замісу 500 л

енергоємність і у 7-8 разів більший знос лопатей.

З тарільчастих змішувачів широко поширені роторні циклічні змішувачі, робочим органом яких є ротор, на якому закріплені змішувальні лопаті. У планетарно-роторних бетонозмішувачах (рис. 14) застосовують планетарний привід з додатковими лопатями, які обертаються в напрямку, протилежному

обертанню ротора. Турбулентні змішувачі характеризуються швидкісним обертанням ротора ($5 \dots 10 \text{с}^{-1}$). При турбулентному перемішуванні відбувається активація цементного тіста, що призводить до підвищення міцності бетону. Поліпшується також текучість сумішей, різко знижується їх водовідділення. Турбулентні змішувачі застосовують для отримання як бетонних сумішей з розміром заповнювачів до 40 мм, так і цементно-піщаних розчинів.

Оптимальна тривалість перемішування бетонних сумішей залежно від конкретних умов для гравітаційних змішувачів – 9...180 с, тарільчатих – 60...180 с і лоткових – 30...90 с. Найменша тривалість змішування залежно від рухомості бетонної суміші і об'єму змішувача може призначатися відповідно до табл. 3.

Таблиця 3

Тривалість перемішування бетонної суміші

Об'єм готового замісу бетонної суміші, л	Тривалість перемішування, с		
	у гравітаційних змішувачах при рухомості бетонної суміші, см		у змішувачах примусової дії
	3...8	більше 8	
500 і менше	75	60	50
більше 500	120	90	50



Рис. 15. Двовальний примусовий бетонозмішувач серії СВ

Серед змішувачів примусової дії для безперервного перемішування поширені двовальні лопатеві змішувачі з лотковидним корпусом (рис. 15). Лопаті змішувачів повернені під кутом до площини нормальної осі валу, завдяки чому матеріал не тільки перемішується, але і просувається від завантажувального отвору в

крищі корпусу до розвантажувального отвору в його днищі. Чим ближча до 90° величина кута між площиною лопати і площиною, нормальної до осі вала, тим інтенсивніше і довше переміщується матеріал і, таким чином, нижча його продуктивність.

З метою інтенсифікації процесу перемішування розроблені спеціальні конструкції змішувачів. До них можна віднести змішувачі, які поєднують гравітаційне і примусове перемішування, вібробетонозмішувачі, струменеві змішувачі, змішувачі-активатори.

При віброперемішуванні в результаті інтенсивних коливань корпусу змішувача відбуваються циркуляція компонентів суміші, активація часток цементу, оголення поверхні зерен заповнювачів, що призводять до підвищення міцності бетону, особливо в ранні терміни твердіння. Вібробетонозмішувачі, однак, не набули широкого поширення внаслідок їх недостатньої надійності, енергоємності, конструктивної складності.

Струменеве перемішування (рис. 16) полягає в обробці суміші при зустрічних турбулентних потоках повітря. Стиснене повітря подається через штуцери з соплами, встановленими всередині корпусу змішувача. При обертанні валів отвори штуцерів спрямовані по горизонтальній лінії назустріч один одному.

Розроблені безлопатеві (спірально-вихрові) змішувачі з гнучким корпусом. Змішувач такого типу являє собою нахилений під певним кутом металевий диск, змонтований на обертовому валу. По колу диска жорстко закріплений гнучкий конічний корпус змішувача. Під час обертання приводного валу

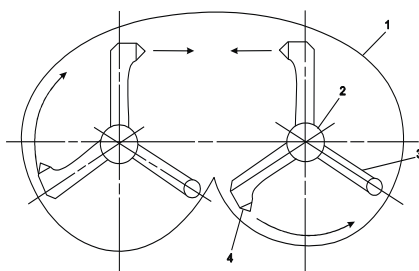


Рис. 16. Схема струменевого бетонозмішувача безперервної дії:
1 - корпус; 2 - пустотний вал;
3 - трубка; 4 - сопло

диск робить складний рух. Переваги такого змішувача: коротка тривалість перемішування (10...30 с), знижений рівень звукового тиску, підвищена експлуатаційна надійність. Недоліки: велика металоємність, значні габарити і обмежена місткість.

Режим роботи бетонозмішувачів усіх типів істотно впливає на якість і однорідність суміші. Зазвичай приймають наступний порядок завантаження в змішувач вихідних матеріалів:

- для важких сумішей всі компоненти слід завантажувати одночасно;
- для легких сумішей з рідкими хімічними добавками одночасно з цементом і заповнювачами вводять 50...70% води, перемішують протягом 30 с, а потім вводять робочий розчин добавки одночасно з подачею води (таким чином виключається втрата частини добавки через поглинання рідини заповнювачем).

У зимовий період спочатку подають заповнювачі, потім гарячу воду з температурою не вище 70°C і потім – цемент.

5. Транспортування і подавання бетонної суміші.

Існує безліч способів транспортування бетонної суміші до місця укладання. На заводах товарного бетону суміш перевозять на об'єкти, розташовані на значній відстані, спеціалізованим автомобільним транспортом (автосамоскидами, автобетоновозами, автобетонозмішувачами), на об'єкти, розташовані близько до заводу, – за допомогою насосного транспорту, стрічкових конвеєрів, вузькоколіїної залізниці. На заводах збірного залізобетону суміш транспортують стрічковими конвеєрами, самохідними роздатковими бункерами, бадьями і по трубах за допомогою стиснутого повітря.

На будівельному об'єкті доставку бетонної суміші від місця її розвантаження до місця укладання здійснюють кранами за схемою "кран-баддя", підйомниками, конвеєрами, а також трубопроводами за допомогою бетононасосів і пневмонагнітачів.

Автобетонозмішувачі (рис. 17) являють собою змішувальні барабани, змонтовані на шасі автомобіля або на напівпричепі. Застосування автобетонозмішувачів у порівнянні з бетоновозами дозволяє збільшити відстань транспортування без

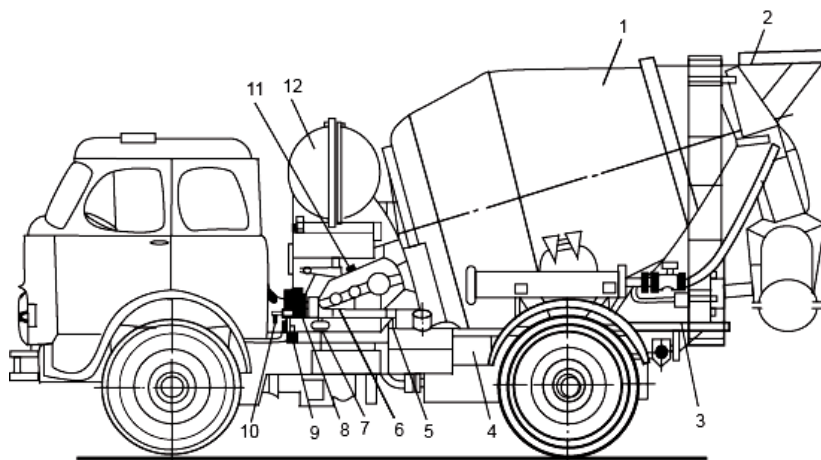


Рис. 17. Автобетонозмішувач СБ-69Б:

- 1 – барабан; 2 – завантажувально-розвантажувальний пристрій; 3 – рама;
- 4 – шасі; 5 – контрольно-вимірювальні прилади; 6 – привід; 7 – муфта;
- 8-11 – механізми управління подачею палива з муфтою зчеплення, редуктором і декомпресором; 12 – бак для води

зниження якості бетонної суміші і забезпечувати його порційне розвантаження і дозовану подачу безпосередньо у конструкцію. У автобетонозмішувачах можна перевозити як сухі, так і готові суміші. При перевезенні сухої суміші на шляху слідування в барабан надходить вода з водного бачка. Початок перемішування призначають не раніше ніж за 5...10 хв. до моменту доставки на пункт призначення. Дальність транспортування сухої суміші становить 100...120 км. При перевезеннях на відстань до 80...100 км більш економічно транспортувати в автобетонозмішувачах готову суміш, перемішуючи її, щоб уникнути розшарування, обертанням барабана.

Вибираючи відповідну частоту обертання барабана і періодичність перемішування можна запобігти зменшенню рухомості суміші і досягти (при високій швидкості обертання) певний пластифікуючого ефекту. Серійно випускають автобетонозмішувачі ємністю 2,5 ... 9 м³. У зимових умовах необхідну температуру бетонної суміші можна підтримувати, розігрівуючи її парою безпосередньо в барабані автобетонозмішувача. З цією метою використовують пересувні парогенератори. Освоєно випуск автобетонозмішувачів, оснащених виносним стрічковим конвеєром.

Подача бетонної суміші кранами в бадях здійснюється безпосередньо на будівельних об'єктах. За конструкцією і принципом дії бадді бувають поворотні (туфельки) і неповоротні.

Поворотні бадді (рис. 18 а) завантажуються бетонною сумішшю на будівельному майданчику з автотранспортних засобів, після чого краном встановлюються у вертикальне положення, подаються до конструкції, що бетонується, і

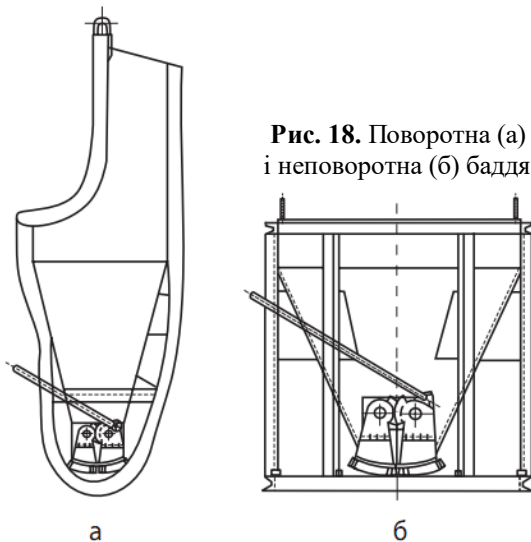


Рис. 18. Поворотна (а) і неповоротна (б) баддя

розвантажуються. Неповоротні бадді (рис. 18 б) завантажуються як на бетонозмішувальних вузлах, так і на будівельному

майданчику за допомогою перевантажувальних пристроїв, автобетоновозів, автобетонозмішувачів та інших засобів, які забезпечують достатню висоту розвантаження.

Для подачі бетонної суміші за схемою «кран-баддя» застосовуються крани стрілові, автомобільні, гусеничні, баштові, портално-стрілові, мостові та ін.

Трубопровідний транспорт застосовують в основному для переміщення і розподілу бетонної суміші в межах об'єкту, що будується. Його перевагами є можливість доставки бетонної суміші безпосередньо до місця укладання без погіршення її якості за рахунок перевантаження, в тому числі, у важкодоступні для інших видів транспорту місця; можливість напірного бетонування, наприклад, різного роду стиків, замоноличення елементів тунелів, бетонування тонкостінних конструкцій та ін.

Подавання бетонної суміші трубопроводами здійснюється пневматично або бетононасосами. Зокрема, виготовляють бетононасоси, поршні яких мають гідравлічні приводи (рис. 19). Засувки таких бетононасосів, за допомогою яких суміш всмоктується і нагнітається, приводяться в дію гідросистемою. Бетононасоси, що працюють за таким принципом, забезпечують більш рівномірну подачу суміші на великі відстані, ніж машини з механічним приводом.

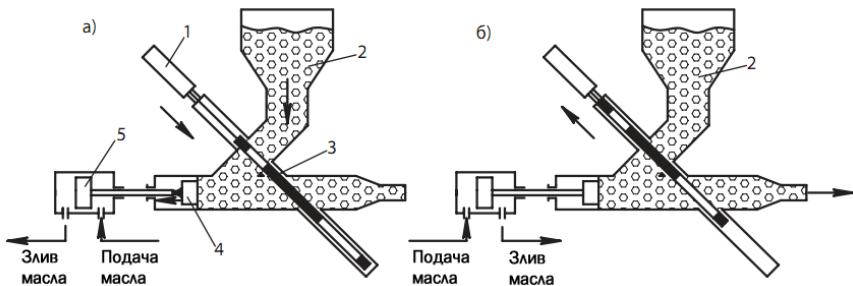


Рис. 19. Принципова схема бетононасоса з гідравлічним приводом:
а - всмоктування; б - нагнітання; 1 - гідроциліндр управління; 2 - бункер;
3 - засувка; 4 - транспортний поршень; 5 - гідравлічний поршень

Подавати бетонну суміш трубопроводами можна також за допомогою пневмонагнітачів за рахунок стисненого повітря. Продуктивність їх 10...20 м³/год при дальності подачі до 200 м і висоті підйому до 35 м.

У комплект пневмотранспортної установки крім пневмонагнітача входить набір ланок бетоноводу, гасник, компресор з ресивером та система трубопроводів для подачі стисненого повітря (рис. 20).

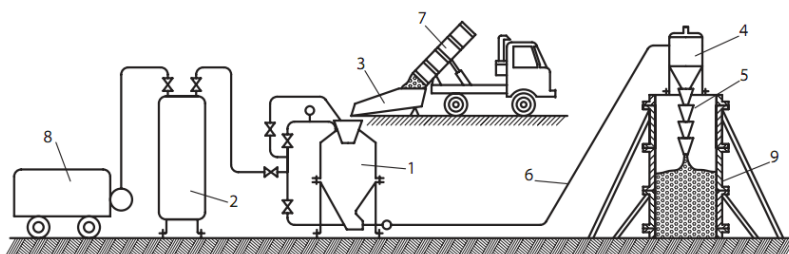


Рис. 20. Бетонування за допомогою пневмонагнітача:

- 1 - пневмонагнітач; 2 - ресивер; 3 - віброживильники; 4 - гасник; 5 - хоботи;
6 - бетоновод; 7 - автобетоновоз; 8 - компресор; 9 - опалубка

При підборі складу бетонної суміші, призначеної для перекачування, необхідно враховувати гранулометричний склад заповнювачів, співвідношення між об'ємом крупних заповнювачів і розчиною частиною суміші, витрату і вид цементу і ін.

6. Ущільнення бетонних сумішей.

Ущільнення бетонної суміші є основною технологічною операцією при бетонуванні, від якості якої в основному залежить щільність і однорідність бетону, а отже, його міцність і довговічність.

Метод віброущільнення полягає в передачі коливань у бетонну суміш від джерела механічних коливань. Під дією вібрації відбувається розрідження бетонної суміші, її щільна

укладка в опалубці конструкції і видалення повітря, що міститься в ній.

Сучасні віброущільнюючі машини мають різноманітну конструкцію. Основним їх елементом є інерційні вібробудники дебалансного або самобалансного типу. Як робочі частоти вібромашин зазвичай (табл. 4) застосовуються частоти 50 Гц і вище.

Таблиця 4

Параметри основного віброобладнання для ущільнення бетонних сумішей

Віброобладнання	Частота, Гц	Амплітуда, Мм	Прискорення м/с ²
Навісні електромеханічні та пневматичні вібратори	50...100	0,1...0,3	30...40
Глибинні та навісні електромеханічні вібратори	100...200	0,1...0,4	100...200
Віброплощадки і вібромайданчики з привантаженням	50...100	0,1...0,3	30...40
Вібронасадки	50	0,3...0,7	30...40
Віброштампи	50	0,4...0,7	30...40

Ущільнення бетонної суміші може здійснюватися глибинними, поверхневими або зовнішніми вібраторами, що навішуються на опалубку (рис. 21). Глибинні вібратори занурюються віброуючим робочим наконечником (корпусом) у бетонну суміш і передають їй коливання. Поверхневі вібратори встановлюються на поверхні укладеної бетонної суміші і передають їй коливання через робочу площадку.

Зовнішні вібратори передають коливання бетонної суміші через опалубку.

Випускаються вібратори електромеханічні та пневматичні. Останні слід застосовувати у вибухонебезпечних умовах (наприклад, у шахтному будівництві), а також в тих випадках, коли відсутня електроенергія на будівельному майданчику.

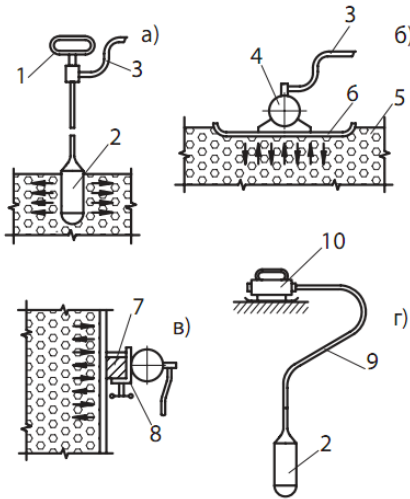


Рис. 21. Віброобладнання для ущільнення бетонної суміші:
 а) глибокий вібратор; б) поверхневий вібратор; в) зовнішній вібратор; г) вібратор з гнучким валом; 1 - ручка; 2 - робочий орган; 3, 9 - електрокабель; 4 - корпус вібратора; 5 - бетон; 6 - майданчик; 7 - ребро опалубки; 8 - лещатний затиск; 10 - електродвигун

Ефективність ущільнення бетонної суміші і продуктивність глибоких вібраторів визначаються його радіусом дії, параметрами вібрації (частота і амплітуда коливання) і конструктивними параметрами (діаметр і довжина вібронаконечника, маса), простотою і надійністю в експлуатації, зносостійкістю.

Вібратор вибирається залежно від конструкції, що бетонується, і її армування.

При ущільненні бетонної суміші

внутрішніми вібраторами товщину шарів, що укладаються, приймають не більше 1,25 від їх робочої частини. Для кращого зчеплення між окремими шарами вібратор частково заглиблюють в раніше покладений шар (рис. 22). Тривалість вібрування в одній точці залежить від типу вібратора і технологічних характеристик бетонної суміші, зокрема її рухомості. Чим менша рухомість ущільненої суміші, тим більша тривалість її віброущільнення.

Слід пам'ятати, що при недостатній тривалості вібрації суміш виявиться недоущільненою, а бетон - пористим і неякісним. Надмірно ж тривала вібрація призводить до розшарування суміші і погіршення якості бетону. У кожному разі дослідним шляхом визначають оптимальний час

вібравання. Орієнтовно для внутрішніх вібраторів він дорівнює 20 ... 50 с.

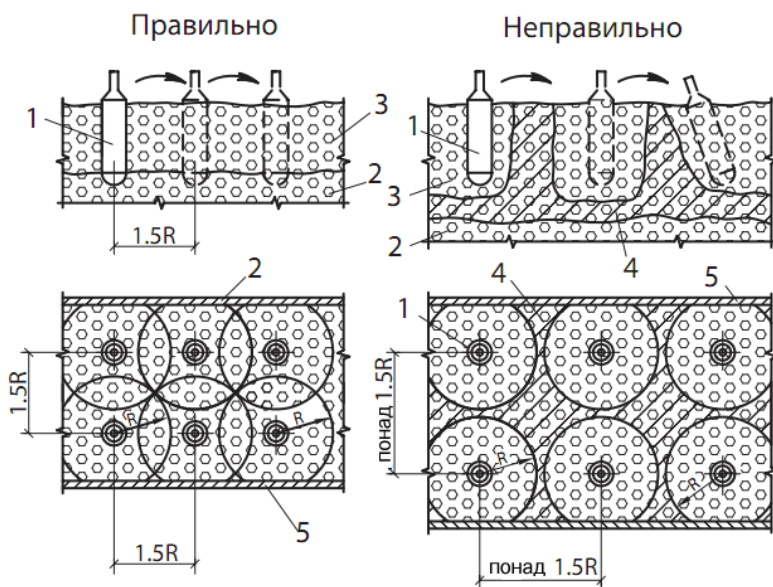


Рис. 22. Віброуцільнення бетонної суміші:

1 - робочий орган вібратора; 2 - раніше покладений шар бетону; 3 - шар, що укладається; 4 - неущільнені ділянки; 5 - опалубка

Уцільнення бетонної суміші можна вважати достатнім, якщо спостерігається припинення осідання бетонної суміші, покриття крупного заповнювача розчином, поява цементного молока на поверхні і в місцях дотику з опалубкою. Крім того, спостерігається припинення виокремлення великих бульбашок повітря на поверхні.

Поверхневу вібрацію рекомендується застосовувати при уцільненні бетонної суміші, що укладається в підготовки під підлоги, плити перекриттів, дорожні покриття і подібні конструкції, товщина яких не перевищує 25 см для неармованих конструкцій або конструкцій, армованих легкою сіткою.

При товщині покриттів понад 25 см або за наявності арматури уцільнення суміші слід виконувати із застосуванням

глибинних вібраторів з подальшим проходженням поверхневими вібраторами для ущільнення верхніх шарів, вирівнювання і загладжування поверхні.

Поверхнева вібрація може здійснюватися за допомогою віброрейок, вібробрусів і поверхневих майданчикових вібраторів.

Вібробрус (віброрейку) (рис. 23) у процесі віброущільнення повільно переміщують по спеціальних направляючих, що укладаються з країв смуги, що бетонується.

Зовнішню вібрацію опалубки (форми) можна ефективно застосовувати при бетонуванні вертикальних тонкостінних монолітних конструкцій балок, ригелів, стін, резервуарів і подібних конструкцій.



Рис. 23. Віброрейка EB-270A

Зовнішню вібрацію рекомендується застосовувати на додаток до глибинної вібрації у місцях, насичених арматурою, у кутових елементах опалубки і у інших випадках, коли у

бетонну суміш неможливо опустити глибинний вібратор.

Вібромайданчики – універсальне формувальне обладнання для формування широкої номенклатури виробів у переносних і пересувних формах вантажопідйомністю 4...40 т. Ущільнення бетонної суміші досягається різними вібраційними пристроями, що створюють коливання: гармонійно кругові, вертикально і горизонтально спрямовані, просторові (багатокомпонентні) та негармонійні ударно-вібраційні.

Амплітуду і частоту вибирають виходячи з формувальних властивостей бетонної суміші та характеру вібрації. Тривалість формування виробів визначають з урахуванням жорсткості суміші, конфігурації і характеру армування, виду вимушених коливань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Бетони і будівельні розчини. К. : "Основа", 2008. 448 с.
2. Бетонознавство: питання і відповіді : навч. посіб. / Л. Й. Дворкін, В. В. Житковський, О. М. Бордюженко, В. В. Марчук, С. М. Чудновський. Рівне : Волинські обереги, 2016. 265 с.
3. Русанова Н. Г., Пальчик П. П., Рижанкова Л. М. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій : підручник / ч. 2. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. К. : Вища школа, 1994. 334 с.
4. Шихненко И. В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона. К. : Будівельник, 1989. 296 с.