

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О. М. БЕКЕТОВА

О. В. ЯКИМЕНКО

О. В. КОНДРАЩЕНКО

А. О. АТИНЯН

БЕТОННІ РОБОТИ

МОНОГРАФІЯ

ХАРКІВ
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

УДК 69:624.05
Я45

Автори

Якименко Олег Вікторович, доцент;

Кондращенко Олена Володимирівна, професор, доктор технічних наук;

Атинян Армен Овікович, доцент, кандидат технічних наук

Рецензенти

Ушеров-Маршак Олександр Володимирович, доктор технічних наук, професор кафедри фізико-хімічної механіки і технології будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва та архітектури (ХНУБА);

Толмачев Сергій Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри технології дорожньо-будівельних матеріалів і хімії Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ)

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, протокол № 11 від 31 березня 2017 р.

Якименко О. В.

Я45 Бетонні роботи : монографія / О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 275 с.

ISBN 978-966-695-440-7

У монографії подано теоретичні засади, методи й способи виконання виробничих процесів під час виконання бетонних робіт. Висвітлено питання застосування сучасних технічних засобів, ефективних будівельних конструкцій і матеріалів.

Монографія призначена аспірантам будівельних ВНЗ, інженерно-технічним працівникам проектних, будівельних та науково-дослідних організацій.

УДК 69:624.05

© О. В. Якименко, О. В. Кондращенко, А. О. Атинян, 2017
ISBN 978-966-695-440-7 © ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 Опалубні системи та їхнє застосування в будівництві	8
1.1 Класифікація і сфери застосування сучасних опалубок	8
1.2 Конструктивні елементи опалубних систем	11
1.3 Різновиди опалубних систем	26
1.3.1 Розбірно-переставна опалубка	26
1.3.2 Підйимально-переставна опалубка	29
1.3.3 Блокова опалубка	31
1.3.4 Об'ємно-переставна опалубка	34
1.3.5 Ковзна опалубка	37
1.3.6 Котюча опалубка	42
1.3.7 Пневматична опалубка	45
1.3.8 Незнімна опалубка	46
1.4 Виконання опалубних робіт	48
Висновки	54
2 Армування та виконання арматурних робіт	55
2.1 Загальні відомості	55
2.2 Стрижневий арматурний прокат	57
2.3 Арматурний прокат, що постачається в бухтах	58
2.4 Гвинтовий арматурний прокат	59
2.5 Арматурні вироби	62
2.6 Фіброва сталевая й неметалева арматури	68
2.7 Неметалева композитна арматура	72
2.8 Зчеплення арматури з бетоном	76
2.9 Виконання арматурних робіт на будівельному майданчику	80
2.10 Контроль якості арматурних виробів і робіт	86
Висновки	89
3 Вимоги до бетону і забезпечення його якості	90
3.1 Функціональна залежність міцності бетонів від низки факторів	90
3.2 Обумовленість міцності бетону водоцементним співвідношенням	91
3.3 Вплив фактора якості і міцності складників бетонної суміші на міцність і деформативні властивості бетону	94
3.4 Технологічні властивості бетонної суміші	98
3.5 Добавки для бетонів	100
3.6 Литі бетонні суміші	108
3.7 Забезпечення якості бетону під час визначення його складу й приготування	110
Висновки	114

4	Транспортування, подавання і розподіл бетонної суміші	116
4.1	Загальні положення	116
4.2	Транспортування бетонної суміші в автобетонозмішувачах	118
4.3	Подавання бетонної суміші вантажопідіймальними механізмами	122
4.4	Трубопровідний транспорт для переміщення бетонної суміші	125
4.5	Укладання бетонної суміші за допомогою стрічкових конвеєрів	132
4.6	Укладання бетонної суміші за допомогою вібраційних конвеєрів	136
4.7	Загальні вимоги до процесу укладання бетонної суміші	137
4.8	Ущільнення бетонної суміші	139
	Висновки	143
5	Зведення монолітних залізобетонних конструкцій	144
5.1	Загальні положення	144
5.2	Зведення конструкцій підземної частини будівель	145
5.3	Зведення колон, балок і перекриттів	151
5.4	Зведення стін і перегородок	153
5.5	Зведення арок, склепінь, куполів і оболонок	156
5.6	Спеціальні різновиди бетонування	157
5.6.1	Вакуумування	157
5.6.2	Торкретування	161
5.6.3	Роздільне бетонування	169
5.6.4	Підводне бетонування	170
5.7	Розпалублення й виправлення дефектів бетонування	176
5.8	Контроль якості бетонних робіт	179
	Висновки	184
6	Виконання бетонних робіт за негативних температур	186
6.1	Загальні положення	186
6.2	Спосіб бетонування із застосуванням методу «термоса»	192
6.3	Спосіб бетонування із застосуванням протиморозних добавок	193
6.4	Спосіб бетонування із застосуванням методів штучного прогрівання	197
6.4.1	Загальні положення	197
6.4.2	Електродний метод прогрівання бетону	198
6.4.3	Інфрачервоне прогрівання бетону	204
6.4.4	Індукційне прогрівання бетону	207
6.4.5	Електричне прогрівання бетону	210
6.4.6	Прогрівання бетону зігрівальними ізолюваними проводами	215
6.5	Обігрівання бетону в зігрівальній опалубці	223
	Висновки	226
	Додаток А	228
	Додаток Б	232
	Додаток В	266
	Висновки	270
	Список джерел	272

Прагни не до того, щоб домогтися успіху, а до того, щоб твоє життя мало сенс.

Альберт Ейнштейн

Або не берися, або доведь до кінця.

Овідій

У природі все мудро продумано і влаштовано, всяк повинен займатися своєю справою, і в цій мудрості – вища справедливість життя.

Леонардо да Вінчі

ВСТУП

Історія розвитку та використання бетону налічує вже понад сто п'ятдесят років, але, незважаючи на це, він продовжує залишатися сучасним матеріалом і в наступні десятиліття також збереже своє домінуюче значення під час зведення будівель і споруд із монолітного бетону та залізобетону.

Протягом останніх років докорінно змінилися не тільки цілі й завдання будівництва, але й методи технології і організації будівництва. Це, насамперед, пов'язано з постійно зростаючою потребою поліпшити якість житлових і громадських будівель, із необхідністю застосувати науковий підхід під час використання на будівельних майданчиках усіх різновидів ресурсів.

Відкриті протягом останнього десятиліття нові технологічні прийоми й механізми, необхідність враховувати не тільки економічні, а й соціальні, архітектурні, містобудівні та інші вимоги, призвело до підвищення ролі монолітного будівництва. У наш час зведення монолітного багатопверхового каркаса будівлі вважається одним із найперспективніших напрямів у будівництві житла, адміністративних будівель та інших споруд як в Україні, так і за кордоном.

Будівництво житлових і громадських будівель з монолітного залізобетону відкриває широкі можливості не тільки для створення архітектурної виразності об'єкта і його індивідуальності, а й для підвищення якості та довговічності споруд, потребує значно менших енергетичних витрат (до 30 %), витрат металу (до 20 %), а в кінцевому підсумку, і менших фінансових витрат (понад 15 %).

Останнім часом у монолітні конструкції (в світовому масштабі) щорічно укладають понад півтора мільярда кубометрів бетону. За обсягом виробництва і застосування монолітний бетон набагато випереджає інші різновиди будівельних матеріалів. У розвинених країнах душевий показник застосування монолітного бетону становить: у США – 0,75 м³, у Японії – 1,2 м³, у Німеччині – 0,8 м³, в Італії – 1,1 м³.

На приготування бетону для монолітного будівництва припадає більше половини світового виробництва цементу. Очевидно, що з упровадженням нових будівельних технологій, засобів механізації та вдосконалення конструктивних рішень будівель і споруд сфера застосування монолітного бетону в будівництві буде розширюватися.

Досвід, накопичений вітчизняними і зарубіжними будівельними фірмами на сьогодні, дав змогу визначити перспективні напрями ефективного застосування монолітного залізобетону в будівництві, а саме:

– *підземні споруди та конструкції цивільних будівель*: споруди, що стоять окремо; конструкції підземної частини будівель; зовнішні і внутрішні стіни; перекриття над підвалами. З метою оптимального використання підземного простору можна застосувати такі прогресивні технології, як «стіна в ґрунті»; різноманітні опалубні системи для формування каркасних і несучих стін підземних споруд; ефективні опалубки для виконання безбалкових перекриттів;

– *конструкції найнижчих нежитлових поверхів*: так звані «столи» для багатоповерхових будівель – панельних, цегляних, блокових, монолітних, розташованих на базових магістралях міста уможливили створення сучасного рішення магазинів і обслуговувальних підприємств. Для найнижчих нежитлових поверхів можна обрати прийнятний для кожного випадку крок колон (від 4,2 до 7,2 м), а також потрібну висоту нежитлових приміщень (від 3 до 6 м);

– *просторові ядра жорсткості* для багатоповерхових каркасних і панельних будинків дають змогу збільшити поверховість панельних будинків. Монолітні ядра жорсткості, які зводяться в універсальних ковзних опалубках, сприймають горизонтальні навантаження, що діють на будівлю, а панелі – тільки вертикальні навантаження. Ядра жорсткості рекомендується розміщувати в центрі маси будівлі, розташовуючи їх у межах ядра жорсткості сходово-ліфтових вузлів і інженерних комунікацій;

– *суцільномонолітні будівлі різної поверховості* з монолітними конструкціями стін, каркаса й перекриттів: житлові будинки, готелі, навчальні заклади та інші об'єкти соціально-культурного призначення дають змогу отримати неповторні щодо архітектурного вирішення будівлі для забудови акцептних ділянок міста.

Чималий вітчизняний і зарубіжний досвід уможливорює вибір будівель, несучі стіни і перекриття яких виконуються з монолітного залізобетону, або збірно-монолітних конструкцій будівель, зовнішні стіни яких виконуються зі збірних залізобетонних панелей. Оптимальним варіантом є монолітний залізобетонний каркас, що поєднується з плоскими безбалковими монолітними перекриттями й просторовими ядрами жорсткості;

– *безбалкові перекриття під підвищені корисні навантаження, зокрема такі, що виготовляються за допомогою методу підіймання*. Застосування безбалкових перекриттів забезпечує найбільші можливості планування в цивільних будівлях, а внаслідок використання порівняно нескладної опалубки вони є найменш трудомісткі для виконання. Влаштування монолітних перекриттів для будівель, що зводяться за допомогою методу підіймання, унаслідок того, що роботи проводяться на рівні землі і при цьому використовується тільки бортова опалубка, сприяє комплексній механізації процесу бетонування та забезпечує зручність виконання бетонних і арматурних робіт.

Безбалкові перекриття можуть бути ефективні для гаражів-стоянок у підземній частині будинків і поза ними;

– *малі архітектурні форми, елементи зовнішнього упорядкування* (зокрема сходів, підпірних стінок, басейнів тощо). Застосування монолітного бетону сприяє урізноманітненню архітектурного вигляду населених місць унаслідок використання малих архітектурних форм, необхідних для упорядкування.

Реконструкція наявних будівель. Це важлива проблема для міст, для рішення якої можна застосувати монолітний бетон. Використання для підсилення фундаментів, улаштування додаткових опорних конструкцій, несучих об'ємних колон і несучих стін, перекриттів, покриттів, сходів та інших конструктивних елементів монолітного бетону дають змогу змінити конструктивні й планувальні рішення наявних будівель, які морально й фізично застаріли.

Під час проектування монолітних і збірно-монолітних будівель необхідно брати до уваги місцеві демографічні, інженерно-геологічні й матеріально-технічні умови будівництва. Для цього потрібно:

- якомога повніше використовувати особливості відомих методів зведення монолітних будівель, що визначають архітектурно-планувальні рішення;
- надавати перевагу тим конструкціям опалубок, секції яких збираються з окремих модульних щитів, що дозволяє створювати різноманітні об'ємно-планувальні чарунки;
- проектувати будівлі за допомогою певних технологій і організації робіт, що уможливорює поєднання архітектурно-планувальних, конструктивних і технологічних рішень;
- використовувати опалубні системи й методи зведення, що дають змогу звести до мінімуму обсяги оздоблювальних робіт;
- використовувати комплексну механізацію процесів транспортування, укладання й ущільнення бетонної суміші, застосовувати арматурні вироби заводського виготовлення, а також механізацію оздоблювальних робіт;
- скорочувати терміни будівництва шляхом забезпечення максимальної оборотності опалубки шляхом інтенсифікації тверднення бетону під час позитивних і негативних температурах зовнішнього повітря.

Розглядаючи перспективи застосування монолітного залізобетону, потрібно усвідомлювати, що мова йде про якісно новий технічний рівень його використання. Цей рівень визначається новим підходом до всього комплексу питань, пов'язаних із монолітним житловим будівництвом: проектування; застосування сучасного формувального оснащення й арматурних виробів; приготування якісної бетонної суміші, її транспортування, подавання й розподіл; способи інтенсивного тверднення, теплового та хімічного оброблення бетону; виконання зовнішніх і внутрішніх опоряджувальних робіт на поверхнях із монолітного бетону.

1 ОПАЛУБНІ СИСТЕМИ ТА ЇХНЄ ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

1.1 Класифікація і сфери застосування сучасних опалубок

Зведення будівель із монолітного бетону обов'язково супроводжується проведенням опалубних робіт. Опалубка необхідна для надання свіжоукладеній бетонній суміші певної форми і витримання бетону протягом тривалого часу, щоб він набув необхідної міцності. На перший погляд опалубка є допоміжною конструкцією, однак для отримання високоякісної бетонної поверхні, а також можливості її багаторазового використання вона повинна мати необхідну міцність, стійкість, недеформативність, бути здатною сприймати технологічні навантаження й тиск бетонної суміші під час її укладання та ущільнення.

Опалубка бетонних конструкцій істотно впливає на вибір технології і вартість будівництва. З підвищенням вимог до якості бетонних поверхонь зростає вартість опалубок, що безпосередньо визначається на вартості бетонної конструкції.

Під час виконання бетонних робіт увесь комплект опалубки, що становить собою сукупність формоутворювальних та підтримувальних елементів, об'єднують загальним терміном «опалубка», що забезпечує: точність розмірів монолітних конструкцій; швидкий монтаж і демонтаж; можливість укрупненого збирання й переналагодження в умовах будівельного майданчика; швидкознімність з'єднувальних елементів і можливість усунення в них експлуатаційних зазорів; технологічну гнучкість – модульність.

Опалубку поділяють за конструктивними ознаками, функційним призначенням, матеріалом формоутворювальних елементів, рівнем забезпечення чіткості геометричних параметрів, вживаності за різної температури зовнішнього повітря й особливостей його впливу на бетон.

За конструктивними ознаками опалубку поділяють на розбірно-переставну дрібнощитову, розбірно-переставну великощитову, підйимально-переставну, блокову, об'ємно-переставну, ковзну, горизонтально-переміщувану (котюча, тунельна), пневматичну, незнімну.

Опалубку класифікують за функційним призначенням залежно від різновиду бетонованих конструкцій. У цьому разі розрізняють опалубку для отримання вертикальних поверхонь (зокрема стін), для горизонтальних і похилих поверхонь, для утворення криволінійних поверхонь (пневматична), для одночасного бетонування стін і перекриттів, кімнат і цілих квартир.

За матеріалами формоутворювальних елементів опалубку поділяють на металеву, дерев'яну, фанерну, пластмасову, незнімну (пінополістирол, фіброліт).

За ступенем застосовуваності при різних температурах зовнішнього повітря і особливостями впливу на бетон опалубку поділяють на неутеплену, утеплену, зігрівальну (термоактивну).

Дрібнощитова опалубка складається з набору елементів невеликого розміру, маса яких приблизно становить 50 кг, що дає змогу встановлювати й розбирати їх уручну. Частинами опалубки є щити площею до 1 м², несучі

елементи (схватки, елементи жорсткості), що підтримують елементи опалубки горизонтальних і похилих поверхонь, елементи кріплення і з'єднання. З елементів дрібнощитової опалубки можна збирати великі панелі і блоки, які монтують і демонтують краном, не розбираючи на елементи.

Опалубку універсального призначення застосовують для зведення різноманітних монолітних конструкцій зі змінюваними, невеликими або повторюваними розмірами.

Великощитова опалубка складається з великорозмірних щитів, елементів з'єднання та кріплення. Щити опалубки сприймають технологічні навантаження без установаження додаткових несучих або підтримувальних елементів. Такі щити включають палубу, елементи жорсткості й несучі елементи; їх обладнують риштуванням для бетонування, підкосинами для установаження й стійкості, регулювальними й установними домкратами. Великощитову опалубку застосовують для бетонування протяжних стін, тунелів, перекриттів (у каркасних спорудах, із яких опалубку можна витягати після бетонування).

Підіймально-переставна опалубка монтується із щитів, спеціальних кріплень і пристосувань для підіймання. Опалубку застосовують для зведення залізобетонних споруд зі змінюваною товщиною стін типу димових труб, градирень.

Горизонтально переміщувана (котюча) опалубка складається з каркаса (рами) і закріплених на ньому, здебільшого нерухомо, опалубних щитів. Каркас установажується на візках або інших пристосуваннях і переміщується уздовж споруджуваної конструкції. Застосовується для бетонування протяжних конструкцій прямо- або криволінійного, зокрема замкнутого обрису, типу підпірних стін, тунелів, колекторів, водоводів, що зводяться відкритим способом.

Блок-форми становлять собою просторові замкнуті блоки, нероз'ємні й жорсткі (виконані на конус) або роз'ємні й розсувні. Застосовують їх для бетонування відносно невеликих замкнутих конструкцій типу ростверків, східчастих фундаментів тощо.

Об'ємно-переставна опалубка складається із секцій П-подібної форми, які в разі з'єднання по довжині утворюють тунелі. Система тунелів, встановлених паралельно або перпендикулярно один до одного, відповідно до плану конструкцій утворює опалубку для бетонування стін і перекриттів. Під час розпалублення секції зрушують (стискають) усередину й викочують до отвору для вилучення краном. Застосовують їх для бетонування поперечних несучих стін і монолітних перекриттів житлових і громадських будівель.

Блокова опалубка монтується з блоків замкнутого перетину; під час розпалублення їх зрушують усередину і переставляють краном або за допомогою домкратів. Застосовують її для бетонування замкнутих конструкцій або чарунків типу ліфтових шахт, сходових клітин тощо.

Ковзна опалубка складається із щитів, закріплених на домкратних рамах, робочої підлоги, домкратів, приводних станцій та інших елементів. Усю систему поступово піднімають домкратами в процесі бетонування.

Застосовують її для бетонування вертикальних елементів великих за висотою залізобетонних будівель і споруд.

Пневматична опалубка має вигляд гнучкої повітронепроникливої оболонки, розкрякуваної відповідно до типу споруди. Її встановлюють у робоче положення і заповнюють бетоном після створення всередині надлишкового тиску повітря або газу, потім знову піднімають у робоче положення після бетонування. Застосовують також пневматичні балони, які підтримують несучі елементи опалубки. Таку опалубку використовують для бетонування споруд відносно невеликого обсягу із криволінійними обрисами.

Термоактивна опалубка – будь-яка система опалубки із встановленими на ній нагрівальними елементами для прогрівання бетону.

Незнімна опалубка. Елементи її залишаються після бетонування в конструкції і в деяких випадках виконують функції гідроізоляції, личкування, утеплювача. Для її виготовлення використовують різні матеріали: ткану сітку, метал, пластмасу, армоцемент, склоцемент, залізобетон, пінополістирол.

Спеціальну опалубку використовують для бетонування малоповторюваних нетипових або складних конструкцій невеликого розміру зі спеціальною поверхнею і рельєфом – сходових маршів, карнизів, малих архітектурних форм, оздоблення інтер'єрів.

Тунельна опалубка, яка застосовується для бетонування монолітного личкування тунелів, що зводяться закритим способом, включає формувальні й підтримувальні секції. Її переміщують за допомогою механізмів із механічним або гідравлічним приводом. Бетонна суміш подається до формувальної секції і ущільнюється за допомогою пресування. Переміщується опалубка по затверділому бетону. Щоб зменшити руйнування незатверділого бетону, підтримувальні секції виконують рухливими і з'єднують їх із жорсткою формувальною секцією.

Тип опалубки обирають за різновидом бетонованих конструкцій, а також відповідно до способу виконання робіт. Щоб здійснити вибір, необхідно провести всебічний економічний аналіз, узявши до основи терміни будівництва, темп оборотності опалубки, повторюваність конструкцій, наявність механізмів.

Важливою характеристикою опалубних систем є їхня технологічність, яка визначається трудомісткістю монтажу, демонтажу й транспортування стосовно одиниці продукції (1 м² палубленої площі або 1 м³ бетонованої конструкції).

Клас точності змонтованої опалубки повинен бути на 1–2 одиниці вищим за клас точності бетонованих конструкцій. Клас точності виготовлених окремо елементів повинен призначатися на 1–2 одиниці вище за клас точності палублення або з урахуванням допусків, установлених проектом під час збирання.

Під час проектування й застосування опалубки беруть до уваги її деформативність, яка обумовлює не тільки стійкість системи, але і якість виконання монолітних конструкцій, трудомісткість палублення і наступних опоряджувальних робіт.

Використання легких конструктивних і надійних укріплювальних елементів дає змогу виконати палублення уручну, що істотно зменшує використання важкого кранового обладнання.

1.2 Конструктивні елементи опалубних систем

Опалубка для монолітного бетону складається з двох базових елементів – палуби (обшивки опалубки) і підтримувальних конструкцій.

Палуба. Палуба безпосередньо прилягає до бетону, надаючи йому заданих розмірів і форми, а також визначає фактуру поверхні. Крім того, палуба повинна передавати виниклі під час бетонування зусилля без значного деформування підтримувальної конструкції. Щоб виконати ці завдання, палуба має задовольняти таким вимогам:

- виготовлятися із сумішуваних з бетонною сумішшю матеріалів (щоб він не заважав перебігу хімічних реакцій під час тверднення та не зазнавав руйнівного впливу свіжоукладеного або затверділого бетону);

- бути герметичною, щоб у неї не потрапляли компоненти бетонної суміші (особливо цементне молоко і дрібні фракції), погіршуючи якість бетону і його поверхні;

- мати здатність набувати необхідної форми й утримувати задані розміри, зберігати форму під навантаженням;

- характеризуватися незначним зчепленням із бетоном, щоб полегшити розпалублення й очищення, а також зменшити термін зношуваності матеріалу;

- бути економічною – низька вартість й трудомісткість робіт.

Оптимальної «універсальної опалубки» для всіх різновидів опалубних робіт не існує, тому на практиці під час різних видів робіт застосовують різні типи опалубок. Розрізняють такі опалубки: за базовим матеріалом – опалубки з деревини, деревних матеріалів, металеві, пластикові; за властивостями поверхні – для конструктивного бетону, для оброблення поверхні, спеціальні опалубки, водовідштовхувальні; за кількістю оборотів – разового користування (незнімні), багаторазового і з великою кількістю оборотів.

Дошки для опалубки. Дошки зазвичай заготовляють з деревини хвойних порід (сосни, ялини, модрина). Непридатна для виготовлення палуби деревина берези (внаслідок розтріскування), а також деревина дуба, оскільки її висока кислотність перешкоджає затвердінню бетону й спричиняє відшаровування його поверхні. Деревина є поруватим негомogenousним і анізотропним матеріалом, що поглинає або віддає вологу залежно від умов навколишнього середовища. При вологості вище або нижче точки насичення волокон (25...30 %) обсяг деревини змінюється. Унаслідок змінювання обсягу (розбухання або зсихання) відбуваються властиві деревині деформації, які необхідно брати до уваги під час палублення.

За різновидом поверхні розрізняють пиляні дошки з шорсткою поверхнею, стругані з одного або двох боків і профільовані.

Пиляні дошки внаслідок шорсткості поверхні різняться значним зчепленням із бетоном і тому їх потрібно ретельно обробляти розділювальним засобом (змащення опалубки) перед бетонуванням. Оборотність становить 3...5 разів.

Стругані дошки мають менше зчеплення з бетоном. Використовуючи стругані дошки, отримують порівняно гладку поверхню.

Зазвичай дошки опалубки мають прямокутний поперечний переріз. Оскільки дошки повинні прилягати щільно, застосовуються тільки із паралельним розпилюванням і неперервними окрайками (обрізні дошки). Для отримання щільнішого стику необхідно застосовувати шпунтові дошки. Ширина дощок повинна становити не більше ніж 150 мм, а товщина – не менше ніж 19 мм.

Дощаті опалубки придатні для всіх різновидів робіт. Через те що їхні форму і розміри можна змінювати в широкому діапазоні вони особливо підходять для опалубки асиметричних, криволінійних і склепінчатих поверхонь, а також добірних і немодульних поверхонь у комбінації з великорозмірними елементами опалубки. Дошки, особливо з шорсткою поверхнею, утворюють водовбиральну опалубку, що уможливорює видалення повітря з бетонної суміші під час її ущільнення. Як наслідок зменшується кількість бульбашок на поверхні бетону. Недоліком таких опалубок є те, що вони вбирають із свіжоукладеного бетону воду замішування, а це може спричинити відшарування на поверхні бетону або обвалення окрайок. Отже, перед бетонуванням дерев'яну опалубку треба ретельно зволожити, а в спекотну погоду підтримувати вологий стан її зовнішнього боку.

Перевагою дерев'яної опалубки є порівняно низька теплопровідність, унаслідок чого в холодну пору року вона краще захищає бетон від охолодження порівняно з металевою опалубкою. Дошки легко розпилюються, скріплюються і свердяться, мають невелику масу. Недоліками є їхня низька оборотність і значні трудовитрати під час перероблення.

Дерев'яні щити опалубки. Щити становлять собою плоскі прямокутні елементи, виготовлені промисловим способом з деревних матеріалів.

Щити розрізняються за конструкцією. Щити з цільної деревини виготовляють із окремих дощок, склеєних по довгому боку. Оборотність – 20...30 разів. Багатошарові щити можуть бути тришаровими (із трьох склеєних хрест-навхрест дощок) і багатошаровими (із фанери більш ніж у три шари, теж склеєних хрест-навхрест).

Такі щити після відповідного оброблення довше й краще зберігають форму, ніж щити з цільної деревини. Щоб захистити окрайки від механічних пошкоджень, щити з цільної деревини, а деколи й багатошарові щити, окантовують металевими профілями. Профілі за рівнем міцно з'єднують із плитами, не перешкоджаючи їхньому розбуханню й зсиданню. Профілі також захищають від корозії. Зазвичай у них утворюють отвори для полегшення кріплення щитів цвяхами. Додатково щити захищають металевими куточками. Поверхні щитів опалубки гладко застругують. У деяких випадках їх просочують на заводі-виробнику відповідним розчином, тобто створюють захисний шар.

Щити мають такі розміри і масу, що їх можна вільно встановлювати уручну, водночас унаслідок того, що їхня площа порівняно з дошками більша, зменшується кількість кріплень. Оскільки щити використовують довше, їхня вища закупівельна вартість компенсується великою кількістю оборотів. Щитами можна палубити тільки плоскі поверхні. Для палублення криволінійних поверхонь із досить великим радіусом кривизни застосовують щити у вигляді багатокутника, поєднуючи їх підтримувальними елементами опалубки для влаштування плит перекриттів. Щити застосовують і для палублення стін, обираючи такий тип тяжів і спосіб їх установа, які б дали змогу уникнути великої кількості отворів. У разі пропускання стяжок через стінки плит не повинні утворюватися надто широкі шви і, отже, виступи на поверхні бетону. Для влаштування чолових поверхонь щити не використовують, тому що на поверхні бетону залишаються сліди від захисних профілів, надаючи їй неестетичного вигляду. Зазвичай їх застосовують для укладання конструктивного бетону.

Великорозмірні щити опалубки з клеєної деревини. Клеєна деревина – термін, яким визначають різні типи багатошарових плит, а деякі з них – щити з фанери і столярні плити – застосовують для опалубки. Їх виготовляють промисловим способом; за конструкцією, пружно-механічними властивостями й різновидом поверхні вони повинні відповідати вимогам, що ставляться до бетонних конструкцій.

Фанера – базовий елемент габаритного щита опалубки з клеєної деревини. Вона становить собою тонкі листи деревини до 10 мм завтовшки (зазвичай товщина становить 1 мм). Їх отримують з деревини шляхом розпилювання (пиляна фанера), стругання (стругана фанера) або луцення по спіралі (шпон). Щити з клеєної фанери утворюються з трьох і більше листів, здебільшого шпону. Щити з п'яти і більше листів називаються багатошаровими. Зверху листи фанери зазвичай скривають деревиною дуже міцних порід тропічних або скандинавських дерев (макоре, лімба, габун, махагони, північна береза).

Плити до 10 мм завтовшки не дуже жорсткі, їх можна застосовувати тільки для личкування опалубки в поєднанні з рамами достатньої жорсткості, які мають дрібні чарунки (прогони) або під час установа по розрідженому настилу з дощок завтовшки 4...5 см і завширшки 12...14 см. Листи завтовшки 4 мм гнучкі, їх застосовують для палублення криволінійних поверхонь. Листи, товщина яких становить 21 мм і більше, можна розглядати як самонесучі. Фанера відрізняється від плит з цільної деревини меншою деформативністю під час зсихання й розбухання, особливо якщо її поверхня й торцеві крайки захищені пластиком від потрапляння вологи.

Великорозмірні щити опалубки із столярних плит складаються з середнього шару у вигляді брусків або смуг фанери (бруски завширшки 24...30 мм, смуги фанери максимальної). Товщина великорозмірних столярних плит зазвичай становить 19...30 мм при розмірі 7...10 м². Їх застосовують як опалубку в разі порівняно великої відстані між опертями.

Щити опалубки з клеєної деревини мають необроблену або поліпшену поверхню. Необроблені поверхні плит шліфують по обидва боки. Шліфовані поверхні поглинають води більше, ніж поліпшені, але менше, ніж плити з суцільної деревини. Таким чином, вони посідають проміжне місце між водовбирними й водоневбирними опалубками. Кількість оборотів обумовлюється їхньою зносостійкістю, яка визначається жорсткістю верхнього шару фанери. Щоб унеможливити або зменшити водопоглинання, збільшити стійкість до механічних впливів і знизити зчеплюваність з бетоном поверхню поліпшують. Кількість оборотів опалубки з клеєної деревини обумовлюється якістю її поверхні.

Опалубки цього типу належать до водонепроникних, вони утворюють щільну, гладку поверхню бетону. Для поліпшення поверхні застосовують синтетичні смоли, поліетиленові плівки й листи. По всій поверхні ці матеріали мають бути міцно з'єднані з фанерою й не повинні негативно впливати на зчеплення цементу і процес тверднення бетону, вони також змінюють колір бетону.

Оброблення смолою виконують наносячи її на поверхню фанери з подальшим гарячим пресуванням (здебільшого застосовують фенольні смоли). Як наслідок отримують не зовсім закриту поверхню, у якій унаслідок її низької пружності через деякий час можуть утворитися тріщини. За допомогою такого способу оброблення отримують гладкі й сітчасті поверхні. Останні – якщо під час пресування смоли на ній розміщують сито; залежно від розміру отворів сита утворюється різна за шорсткістю поверхня. Виготовлений у такий опалубці бетон краще зчіплюється з штукатуркою або іншим покриттям, а облицювальний шар більш рівномірний, хоча його поверхня темніша.

Як покриття застосовують різні плівки на основі паперу, просоченого фенолформальдегідною смолою. Таку плівку наносять на поверхню під високим тиском і температурою, отримуючи при цьому пружний шар із закритою поверхнею. Якість поверхні обумовлюється товщиною плівки.

Високоякісними вважаються плити з поліефірним покриттям. Використовуючи скловолокно, отримують покриття зі зміцненої скловолокном пластмаси завтовшки 1 мм, шовковисто-матова поверхня якого найбільше підходить для влаштування облицювального шару. Таке покриття різниться високою зносостійкістю і призначається для опалубок із великою кількістю оборотів. Плити з таким покриттям можна використовувати 150 і більше разів.

Як покриття також використовують одержувані шляхом пресування пластмасові листи. Вони відрізняються високою зносостійкістю і мають гладку поверхню. Оскільки кількість оборотів поліпшених таким способом плит більше ніж 200, то їх доцільно застосовувати для виготовлення збірного бетону. Для монолітного бетону їх використовують зрідка.

Плити з клеєної деревини, унаслідок їхніх розмірів і високої оборотності насамперед доцільно застосовувати для великощитової опалубки. Плити з фанери з поліпшеною поверхнею використовують для всіх різновидів опалубних робіт, включаючи опалубку для отримання високоякісних бетонних поверхонь. Практика засвідчує, що під час використання тришарових столярних плит бруски середнього шару через фанеру можуть відбитися на

поверхні бетону, що негативно позначається на її фактурі. У разі використання п'ятишарових плит такого не спостерігається.

Торцеві крайки плит із клеєної деревини з поліпшеною поверхнею зазвичай захищають від потрапляння вологи ще на заводі, тому на будівельному майданчику плити не потрібно розпилювати й різати. Якщо крайки оголюються внаслідок великої кількості оборотів опалубки, їх необхідно знову захищати.

Деревостружкові плити (далі – ДСП) складаються з невеликих деревних стружок, з'єднаних за допомогою різних зв'язних на основі синтетичних смол. Вони розподіляються на плити плоского й профільного пресування (стружки розташовуються переважно вздовж і впоперек плити). Плити плоского пресування набрякають менше у повздовжньому напрямі, а по товщині більше, ніж плити профільного пресування. Водостійкість плит насамперед обумовлюється застосуванням зв'язним.

Для опалубки як самонесучий матеріал застосовують плити плоского пресування завтовшки 22 мм; до того ж поверхню можна бути не обробляти, а вкрити маслом або полімерною плівкою. Щільність цих плит, що становить 650...800 кг/м³, на 30...60 % більша, ніж у плит з клеєної деревини, тоді як показники механічних властивостей нижчі. Механічні властивості деревостружкових плит, як і у плит з клеєної деревини, однакові як у повздовжньому, так і в поперечному напрямках.

Необроблені ДСП вважаються водовбирними опалубками. Поглинаючи воду, вони розбухають, унаслідок чого кількість їхніх оборотів обмежується десятьма. Плити, вкриті плівкою, значно менше поглинають воду, відповідно зростає і їхня оборотність.

Деревоволокнуваті плити (далі – ДВП) виготовляють промисловим способом шляхом пресування деревних волокон, які отримують за допомогою різних засобів із відходів деревини, із додаванням зв'язувального або без нього. Залежно від вихідного матеріалу, способу виготовлення і властивостей продукту отримують жорсткі, напівжорсткі й пористі плити. Жорсткі плити використовують для опалубок. Розмір ДВП із необробленою поверхнею, так званих стандартних ДВП, становить приблизно 520×200 см, а товщина – до 6 мм. Стабільність їх порівняно низька, окрім того вони не водостійкі, а отже легко деформуються: відбувається розбухання, видимання, хвилеутворення, які в разі несприятливих погодних умов виникають ще до бетонування.

Деревоволокнуваті плити, оброблені водовідштовхувальними сумішами, менше піддаються впливу вологи, ніж не оброблені. Зазвичай їхні розміри становлять 275×122 см при товщині 4...6 мм.

Із огляду на зазначені недоліки необроблені ДВП доцільно застосовувати лише один раз як палубу для часто встановлюваних підтримувальних елементів, зокрема для криволінійних поверхонь, або як незнімну опалубку. Плити, оброблені маслом, можна застосовувати повторно (до п'яти разів), якщо до якості поверхні бетону не ставляться особливі вимоги, зокрема щодо плям і

відмінності кольорів. ДВП з пластмасовим покриттям подібні до клеєних щитів з своїми технологічними властивостями.

Сталеві опалубки. Міцність сталі в 14 разів, а модуль пружності в 20...30 разів вищі за такі самі показники для деревини й, відповідно, деревних матеріалів, а їхня маса у 12 разів більша. Сталь менше деформується, не піддається впливу вологи, зносостійкіша порівняно з деревиною і забезпечує тривалу сталість розмірів навіть під час дуже великої кількості оборотів.

Спочатку сталеві опалубки застосовували тільки під час будівництва складних інженерних споруд, таких як греблі або шлюзи, тобто там, де передбачено сприйняття високих навантажень, а поверхня опалубки піддається сильному стиранню. Пізніше вони почали застосовуватися і в інших галузях будівництва, зокрема для опалубки стін і в об'ємних опалубках під час будівництва цивільних і промислових споруд. Унаслідок того, що вони погано комбінуються з деревиною та іншими матеріалами, сталеві опалубки намагаються встановлювати як монолітні конструкції, тобто палуба, несуча конструкція і приналежності до неї повинні співвідноситися. Для палуби застосовують листову сталь, товщина якої становить 2...5 мм.

Щити з'єднують болтами, клиновими замками або скобами, для збільшення жорсткості щитів застосовують сталеві профілі. Їхні стандартні розміри – 1,5×0,5 м або 5×3 м. Одночасно із цими стандартними елементами в деяких конструкціях застосовують добірні щити невеликих типорозмірів.

Під час використання сталевої опалубки утворюється гладка поверхня бетону, але, як і у всіх водоневбирних опалубках, у них можуть утворитися повітряні пори.

Теплоізолювальна здатність сталі в 400 разів менша порівняно з деревиною, тому під час використання сталевої опалубки в холодну погоду можуть виникнути труднощі з укладанням бетонної суміші внаслідок її швидкого охолодження. У такому разі застосовуються додаткові заходи – прогрівання або теплоізолювання.

Опалубки з листової сталі застосовуються як звичайні щити або спіральні труби. Щити складаються з листів із високою зносостійкістю, товщина яких становить 1...2 мм, їх переважно застосовують для личкування. Спіральні труби, діаметр яких – до 60 см, а довжина – кілька метрів, виготовляють на заводах зі смугової сталі, розташовуючи стики по спіралі. Їх застосовують, якщо необхідно отримати порожнини в конструкції, залишаючи в бетоні, або для опалубки круглих колон. Під час розпалублення труби відокремлюють від бетону вузькими смугами.

У личкувальному шарі їх застосовують обмежено, оскільки на поверхні бетону залишаються відбитки стикових смуг.

Алюмінієві опалубки. Алюміній різниться невеликою стійкістю порівняно з лугами, тому, здавалося б, його не можна застосовувати під час виготовлення опалубок, оскільки як бетонна суміш має лужне середовище. Однак легування алюмінію кремнієм, магнієм і цинком забезпечує його достатню стійкість, і тоді його використовують як матеріал для опалубки. За своїми властивостями

алюміній посідає проміжне місце між деревиною і сталлю. Залежно від складу межа міцності алюмінію на вигин у 6...10 разів, а модуль пружності в 7 разів вище, ніж у деревини. Стосовно сталі ці показники становлять 90 і 33 % відповідно. Маса алюмінію на 65 % менша за масу сталі. На повітрі поверхня алюмінію швидко вкривається окисною плівкою, яка герметизує розташований нижче матеріал, запобігаючи його подальшому окисленню, тому алюміній не потрібно захищати від корозії, як сталь.

Металева сітка. Для опалубки використовують сітки, посилені поясами завтовшки 0,5 мм. Опалубка з сітки має багато переваг, оскільки розміщені з одного боку отвори сприяють видаленню повітря, а з іншого – перешкоджають розшаруванню суміші. Якщо роботи виконуються правильно, тільки невелика частина дрібного заповнювача проходить через опалубку. Після затвердіння бетону утворюється шорстка поверхня, що забезпечує хороше зчеплення з шарами штукатурки. Сітка, як торцева опалубка, забезпечує надійне зчеплення робочих швів окремих блоків бетонування.

Сітки доставляють у вигляді листового матеріалу. Вони швидко набувають потрібної форми і легко встановлюються, що дуже важливо під час палублення криволінійних поверхонь. Оскільки опалубка «прозора», можна постійно контролювати процес укладання бетонної суміші. Гранулометричний склад заповнювача підбирають за розмірами отворів в опалубці, а бетонна суміш повинна мати пластичну оптимальну консистенцію.

Пластмаси для опалубки. Існують різноманітні види пластмас, що різняться за своїми властивостями. Під час палублення їх використовують як прорізоутворювачі, власне опалубки, матриці, оболонки пневматичної опалубки. Прорізоутворювачі з пластмаси застосовують для утворення порожнин і виїмок. З пластика із прямокутним або круглим перетином на будівельному майданчику шляхом пиляння, нарізування або застосування розпеченого дроту отримують елементи необхідних розмірів і встановлюють їх в опалубку. Оскільки їхня маса невелика, вони спливають під час бетонування, тому їх потрібно прикріплювати до опалубки або арматури.

Як і пластмасові прорізоутворювачі одноразового використання застосовують елементи, вкриті етиленовою плівкою, що уможливорює їхнє багаторазове використання.

Для виготовлення опалубок інтерес становлять пластмаси, що мають високі показники міцності під час статичного навантаження, стійкі до стирання, тверді, хімічно сумісні з бетоном. Ці вимоги задовольняють пластмаси, армовані скловолокном (склопластики).

Найбільшою перевагою склопластиків порівняно з іншими матеріалами є те, що з них можна виготовити конструкції будь-якої форми. Окрім того, вони різняться невеликою масою, значною стабільністю форми за сталої температури і стійкі до корозії. Стійкість до стирання і зносостійкість менші, ніж у металевих опалубок, проте пошкодження поверхні легко усуваються за допомогою нанесення нового покриття. Щити опалубок зі склопластику виготовляють з ребрами жорсткості. Товщина палуби під час сталого навантаження може ста-

новити 5...12 мм, якщо відстань між ребрами – 20...50 см. При температурі понад 50 °С несуча здатність знижується, тому опалубки цього типу не варто застосовувати під час термооброблення бетону. Оборотність сягає 60...100 разів. Бетонну суміш рекомендується ущільнювати внутрішніми вібраторами, оскільки в разі використання зовнішніх вібраторів пластикові опалубки поглинають більше коливальної енергії, ніж опалубки з інших матеріалів.

Матриці використовують для надання чоловій поверхні бетонних конструкцій необхідної фактури і форми, перед бетонуванням їх встановлюють в опалубку. Залежно від різновиду матеріалу їх можна використовувати один або багато разів. Багаторазово застосовують гнучкі матриці, розмір яких становить до 3×10 м, із поліуретану, полісульфіду або натурального каучуку, армованого нейлоною тканиною.

Після розпалублення їх знімають з бетону і після очищення, якщо воно необхідне, їх знову встановлюють в опалубку. Утворюється певна фактура – від імітуючої дерево до грубої, абстрактної, яка пропонується виробником в готовому вигляді або з подальшим покриттям відповідно до проекту. Плити опалубки з пінистого полістиролу залишаються після розпалублення в бетоні, захищаючи чолову поверхню під час догляду за бетоном, після чого їх видаляють.

Елементи підтримувальних конструкцій. Підтримувальні конструкції використовують як опора для палуби, а також для кріплення опалубки. Вони повинні бути достатньо міцними і не змінюватися в робочому положенні і передавати навантаження на основу або несучі елементи конструкції. Тип підтримувальних елементів обумовлюється місцем розташування опалубки і величиною діючого навантаження.

Кріплення вертикальних поверхонь опалубки. На вертикальні або похилі поверхні опалубки бетон діє зі значним бічним тиском. Через палубу й ребра тиск передається схваткам і сприймається тяжами.

Тяжі можуть мати різну конструкцію, але всі вони складаються з елементів для розтягу, які, поєднуючи обидва боки опалубки, утримують їх у рівновазі, і розпірок для стиску, які використовують для фіксації товщини стінки опалубки в робочому положенні (див. рис. 1.1).

Дротові стяжки. М'який гнучкий сталевий дрід діаметром 3...4 мм пропускають два рази через опалубку, перехрещуючи її при цьому один раз. Кінці дроту скручують зовні так, щоб утворилася петля. Натягувати дрід можна різними способами. Якщо простір усередині опалубки дозволяє, то дрід можна натягувати, скручуючи його всередині. Під час палублення стін значної висоти такий спосіб застосовувати не можна, оскільки заважає встановлена арматура, а внутрішній простір не доступний. У такому разі дрід натягують зовні клином. При обох способах закріплення розпірки (уздовж, за відповідної товщини стін) утримують опалубку в проектному положенні і убезпечують її від зсування всередину. Дерев'яні розпірки можна кріпити цвяхами, забиваючи їх навскоси зверху вниз. У такому разі під час бетонування розпірки не будуть випадати, а їхнє кріплення буде легко вийматися. Після бетонування дерев'яні розпірки виймають, оскільки вони не захищені від гниття і знижують якість бетону.

Дротові стяжки різняться низькою несучою здатністю, а для їхнього влаштування і видалення потрібно затратити багато зусиль. Вони застосовуються лише як допоміжний засіб у разі невеликих обсягів опалубних робіт і низьких вимог до якості.

Тяжі опалубки. Вони складаються зі стрижня, замка і розпірки. Анкерний тяж є елементом, який працює на розтяг. Застосовують тяжі зі сталі різних марок із круглим і плоским перерізом. Перевагою плоских тяжів завтовшки 2 мм є те, що їх можна пропускати через стики щитів опалубки, тоді як для круглих стрижнів потрібні отвори, просвердлені в опалубці.

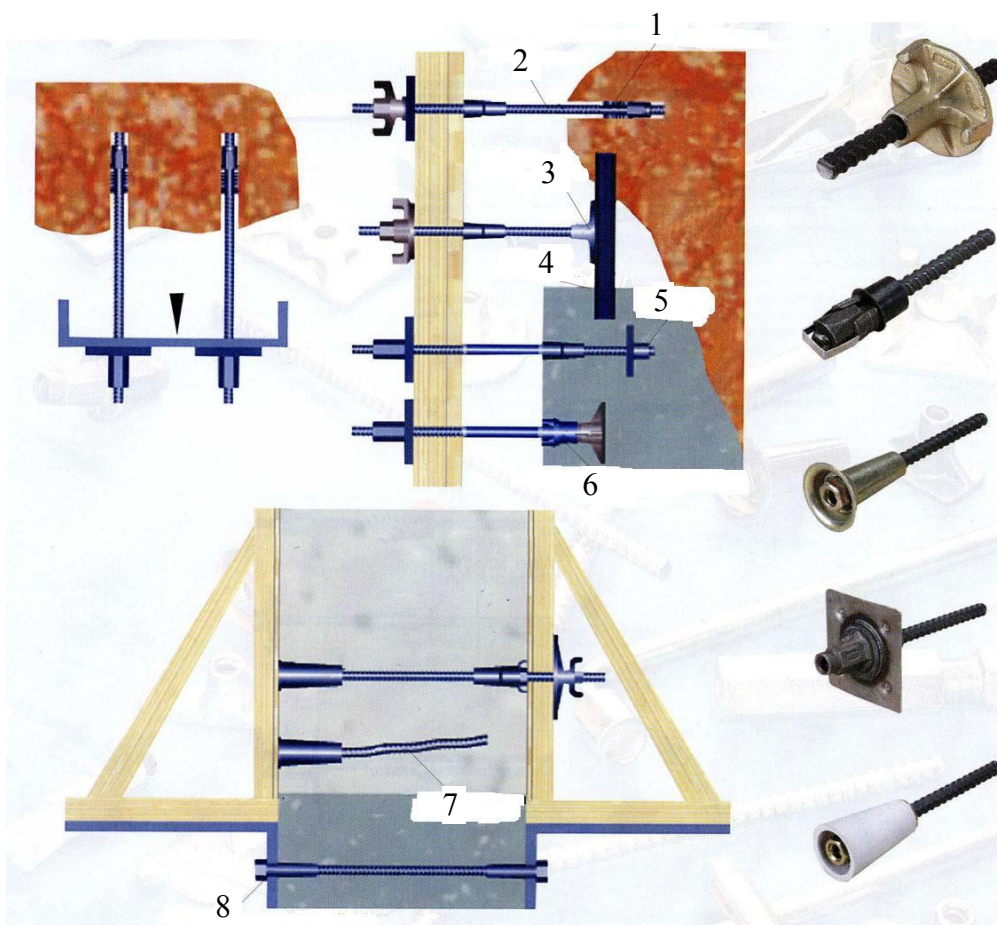


Рисунок 1.1 – Кріплення опалубки: 1 – дво- (три-) пелюстковий анкер; 2 – стяжка-болт; 3 – гайка-фланець приварна; 4 – сталева конструкція; 5 – закладна плата; 6 – закладний анкер; 7 – хвилеподібна стяжка; 8 – фіксуючий конус з гайкою

Несуча здатність круглих стрижнів більша. Анкерні тяжі можуть складатися з одного елемента і використовуватися багаторазово. У цьому разі стрижень пропускають через пластмасову трубку, що слугує одночасно розпіркою. Під час розпалублення стрижень витягують з трубки і використовують удруге.

Отвори, що залишаються в стіні, необхідно закладати розчином, бетонними або пластмасовими пробками. Головною перевагою цього методу є легкість вилучення стрижня. Однак для водонепроникного бетону цей метод непридатний, тому що він не забезпечує повну водонепроникність анкерних отворів. З цією метою застосовують складові стрижні.

У опалубках застосовують багато різноманітних замків. За своїм призначенням замки розподіляються на такі, що передають горизонтальні зусилля, які виникають в опалубці анкерного стрижня й стягувальні і з'єднувальні елементи опалубки. За принципом влаштування і дії розрізняють *клинові, ексцентрикові, клино-ексцентрикові, гвинтові й спеціальні замки*.

У *клиновому анкерному замку* стрижень утримується за допомогою клина, при цьому заклинювальна дія збільшується внаслідок викривлення анкерного стрижня в місці забивання клина. Простий клиновий замок застосовується в разі невеликого діаметра стрижня і незначної величини переданих зусиль.

Ексцентрикові замки (рис. 1.2) передають зусилля через зубчасту притискну колодку, яка внаслідок ексцентричного розташування заклинюється тим сильніше, чим більше зростає навантаження. Стабілізація настає тільки після прослизання стрижня, тому попередньо його потрібно трохи натягнути.



Рисунок 1.2 – Замок ексцентриковий

Ексцентриковий замок легше встановлювати, але демонтувати його, на противагу клиновому замку, потрібно в напрямі, протилежному напрямку розтягувальних зусиль, унаслідок чого виникають високі напруги.

Клино-ексцентрикові замки становлять собою комбінацію двох описаних вище пристроїв. Найпростішою вважається конструкція із затискною колодкою, яка є упором для анкерного стрижня. Заклинювання здійснюється за допомогою ексцентрикового клина. Під час дії на анкерний стрижень розтягувальних навантажень ексцентриковий клин обертається навколо своєї повздовжньої осі, збільшуючи заклинювальну дію. Під час великих навантажень упором слугує ексцентриковий клин, до того ж на протилежному боці розташовується інша колодка, затиснута клином, яка під час його забивання притискається до стрижня, і тому до початку спрацьовування затиску прослизання стрижня не спостерігається.

У разі використання *гвинтового замка* зусилля сприймаються гайками, накрученими на кінці стрижня. Цей різновид замка застосовують, насамперед, у великорозмірних опалубках, де невелика кількість анкерів має сприймати великі зусилля. Гайки зазвичай виконуються як баранці, які можна відгвинчувати без гайкового ключа уручну або за допомогою легких ударів молотка.

Для забезпечення відстані у проміжку між стінками опалубки і запобігання зсуванню стінок під час натягання використовують *розпірки*. Як розпірки застосовують труби із сполучуваних із бетоном матеріалів, таких як пластмаса, азбестоцемент, бетон або сталь, які обрізають на товщину стіни.

Вони можуть мати круглий, шестикутний або зірчастий поперечний переріз. Площа поперечного перерізу, виходячи з величини притискного зусилля до 1,5 кН, повинна становити не менше ніж 5 см². Вони також не повинні також мати граничного вигину або інших неконтрольованих деформацій.

Розпірки цього типу мають переваги порівняно з дерев'яними, застосовуваними в дротяних стяжках. Їх не потрібно спеціально закріплювати на опалубці, оскільки анкерний стрижень, проходячи усередині трубки, унеможливає її зміщення. Бетон не стикається зі стрижнем, тому під час розпалублення він легко витягається. Нарешті, розпірки, унаслідок їхньої суміщованості з бетоном, можна залишати в затверділому бетоні. Отвір трубки потрібно закладати розчином або закривати спеціальною пробкою. Якщо витягати анкерний стрижень небажано або неможливо (у водонепроникному бетоні), то його стабільне положення досягається за допомогою анкерного стрижня, який з'єднується з гвинтовим конусом. Гвинтові конуси, які виготовляють із бетону, слугують з'єднувальною муфтою між внутрішньою і зовнішньою частинами складеного тяжа, одночасно вони виконують функцію розпірки, тому використовувати для цієї мети трубки або дерев'яні розпірки не потрібно.

Хомути опалубки використовують для надання жорсткості і здатності сприймати навантаження опалубки прямокутним опорам, фундаментам і балкам. На противагу тяжам зусилля на них передаються не в одній точці, а по всій лінії, тому вони сприймають не тільки напруження стиснення, а й вигину. Хомути здебільшого використовують під час палублення колон. Вони складаються з чотирьох елементів, що скріплюються клинами і утворюють навколо опалубки замкнуту раму. Розташування прорізів полегшує їхнє встановлення під типові розміри колон.

Опори опалубки використовують для підтримування опалубок і сприйняття вертикальних навантажень під час бетонування конструкцій із горизонтальними або похилими поверхнями. Окрім достатньої несучої здатності вони повинні мати змінну висоту, легко встановлюватися уручну. Опори опалубки виготовляються з дерева і сталі.

Дерев'яні стійки. Матеріалом для дерев'яних стійок слугують колоди й бруси. У верхній частині стійки з кругляка повинні мати опору із діаметром не менше ніж 70 мм. За необхідності вільний прогін можна зменшити за допомогою подвійних діагональних зв'язок у двох взаємно перпендикулярних напрямках або горизонтальних зв'язок, які не повинні зміщуватися. Недоліком

дерев'яних стояків є їхня низька несуча здатність, унаслідок чого доводиться їх часто установлювати, великі витрати матеріалу, а також ускладненість змінювання розмірів по висоті. Щоб встановити їх правильно підкладають клини, що дає змогу регулювати їх по висоті, навіть в межах декількох сантиметрів. Отже, під час кожного установлення доводиться обрізати опори до певної довжини, що дає багато відходів. Щоб їх зменшити, під плитами перекриттів кожен другий, а під балками кожен третій опору встановлюють із одним стиком, якщо він задовольняє такі вимоги. Площини зрізу горизонтальні й щільно підганяються; місце стику захищають від повздовжнього вигинання цвяховими накладками не менше ніж 70 см завдовжки, до того ж для опор із колод для кожного стику передбачено три, а з брусів – чотири накладки; через небезпеку повздовжнього вигинання стик має розміщуватися на відстані 1/3 довжини опори.

Сталеві опори поділяються на опори зі складових стояків, які розраховані на великі навантаження; будівельні опори з розсувних стояків; рамні опори. Сталеві будівельні опори (трубчасті опори) виготовляються промисловим способом. Вони складаються з телескопічних стояків, виконаних з труб (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Трубчасті опори

Нижня частина стояків обладнана опорною плитою. Опора оголовника виконана з пластини або швелероподібного профілю. Висоту регулюють у дві стадії: грубе регулювання виконується під час переставлення висувної частини стояка стосовно основи з фіксуванням його положення за допомогою пальця, що пропускається в отвори. Чітке установлення виконується за допомогою гайки, що слугує опорою для фіксувального пальця. Установна гайка може мати зовнішню і внутрішню нарізку.

Внутрішня нарізка краще захищена від пошкоджень і забруднень, проте при зовнішній нарізці легше здійснювати рихтування за допомогою опорної

гайки. Внутрішню висувну частину стояка також можна фіксувати по висоті за допомогою затискного механізму.

Опори з металевих труб виготовляються переважно оцинкованими, унаслідок такого захисту від корозії вони довговічніші. Уручну вони встановлюються швидше ніж дерев'яні опор і потребують менших витрат праці; до того ж застосовується менша кількість опор, оскільки їхня несуча здатність більша. У зміненій формі будівельні опори можна застосовувати в похилому положенні як підкоси, наприклад для розкріплення опалубок стін і опор. Замість верхньої і нижньої опорних плит вони забезпечені шарнірними з'єднаннями для роботи не тільки на стиск, але й на розтяг.

Рамні опори складаються з окремих металевих рам заводського виготовлення, які монтують за допомогою діагональних зв'язок у трьох- або чотирикутні вежі з базовим розміром 1...2 м (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Рамні опори

З'єднання окремих елементів забезпечує швидкі і нетрудомісткі монтаж і демонтаж. Для сприйняття більших навантажень кількість стояків у деяких рамах цього типу може бути збільшена за допомогою приставних рам.

Висота змінюється за допомогою добірних рам. Для чіткого встановлення рамні опори у верхній і нижній частинах оснащені гвинтовими домкратами. Залежно від горизонтального навантаження і типу рамних опор, вони можуть встановлюватися на висоту 4...10 м. Для встановлення на велику висоту за допомогою додаткових зв'язок потрібно збільшити жорсткість. Максимально допустиме навантаження становить 40...80 кН залежно від типу рамної опори. Ці значення зменшуються в разі нерівномірного навантаження стояків або коли одночасно з вертикальними діють і горизонтальні навантаження. Несуча здатність деяких типів опор визначається величиною висунення домкрата.

Рамні опори доцільно застосовувати на висоті не менше ніж 4 м, коли несуча здатність звичайних опор з металевих труб швидко знижується.

Балки – важливий для процесу палублення елемент. Застосування балок або ферм унаслідок їхньої значної несучої здатності дає змогу збільшити вільні прогони до кількох метрів, не устанавлюючи додаткові опори. За сферою застосування розрізняють балки для опалубок перекриттів, регульовані по довжині, або встановленої довжини; балки опалубок стін; за матеріалом – сталеві, дерев'яні, алюмінієві; за конструкцією – наскрізні й із суцільними стінками.

Балки опалубок перекриттів – полегшені балки, призначені для вигину, виготовляють зі сталі, дерева або алюмінію, застосовують під час будівництва цивільних, промислових та інженерних споруд, де передбачено сприйняття невеликих і середніх навантажень з прогонами менше ніж 10 м. Унаслідок цього їх вигинальний момент менший за 30 кНм. Балки з більшим вигинальним моментом і будівельною висотою називаються балками риштування або висним риштуванням. Вони виготовляються обтяженими і призначені для великих навантажень і прогонів під час палублення.

Дерев'яні балки опалубок перекриттів. Промисловістю випускаються клеєні гратчасті дерев'яні балки і суцільні балки із тавровим перетином, до того ж більшість із них можна застосовувати для опалубок як перекриттів, так і стін. Для захисту дерева від пошкоджень і збереження несучої здатності протягом усього терміну експлуатації їх просочують на заводі засобом для захисту деревини (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Дерев'яні балки опалубок перекриттів

Іноді один пояс балки виконують із будівельним підйомом для опалубок перекриттів, а інший – прямим. Оскільки обидва пояси мають однакову міцність на розтяг і стиск, можна одну й ту саму балку застосовувати і для

опалубки стін, міняючи місцями верхній і нижній пояси. Щоб уникнути при цьому плутанини, пояс з опуклістю позначають жолобком, фарбою або іншим способом. По довжині дерев'яні балки з'єднують внапусток, до того ж у місці з'єднання встановлюють додаткову дерев'яну опору.

Сталеві ригелі опалубки перекриттів складаються з окремих балок, виготовлених на заводі. Їх можна встановлювати на різні прогони, переміщуючи внутрішні й зовнішні елементи один відносно одного. Фіксують їх за допомогою клинів або болтів. Зовнішні елементи виготовляються майже виключно у вигляді зварних ферм, а внутрішні елементи – це також суцільні балки. Нижній пояс зовнішнього елемента зазвичай може сприймати тільки розтягувальні зусилля, тому кінці зовнішніх частин необхідно укріпити, щоб у нижньому поясі не виникали негативні згинальні моменти і стискувальні зусилля. Нижній пояс внутрішнього елемента, навпаки, здатний сприймати напруги стиснення, що виникають під час установа проміжних опор. Ригелі встановлюють із будівельним підйомом для компенсування прогину під навантаженням і створення будівельного підйому в перекритті.

Балки опалубки з алюмінію. Їх виготовляють за допомогою пресування, що дає змогу отримати необхідну для цього форму поперечного перерізу.

Балки опалубки стін. Опалубка стін відрізняється від опалубки перекриттів багатьма аспектами. Унаслідок великого бокового тиску бетонної суміші опалубка стіни сприймає набагато більші навантаження; палуба не може вільно спиратися, а повинна жорстко з'єднуватися з підтримувальною конструкцією; балки мають бути розкріплені перехватами або тяжами.

Для великощитової опалубки розроблено спеціальні сталеві балки опалубки стін. Вони можуть бути виконані як балки із суцільними стінками з поперечними отворами або як ґратчаста балка з конструктивною висотою до 75 см і згинальним моментом до 70 кНм. Їхня довжина співвідноситься з проектною висотою стін; за необхідності їх можна нарощувати з'єднуючи внапусток або за допомогою з'єднувальних накладок. Такі балки не мають вигинів, оскільки стіни, на противагу перекриттям, виготовляють без вигину.

У деяких типах балок на будь-якій висоті можна встановити тяжі, унаслідок чого найбільше використовуються несуча здатність і зручність установа у вільному просторі під час армування.

Балки спеціального застосування – це гнучкі балки, які можна встановлювати з різним радіусом кривизни, що дає змогу використовувати їх для опалубки криволінійних поверхонь. Вони складаються з розкосів ґратчастої конструкції з двома або трьома поясами, виконаними з гнучкої, пружно деформованої, листової сталі. Хвилеподібні розкоси жорстко з'єднані тільки з поясом. У середньому й нижньому поясах вони закріплюються болтами через отвори або на шліцах, зберігається можливість їхнього переміщення. Таким чином, первісна довжина верхнього пояса не змінюється, тоді як середнього й нижнього під час установа дуги коротшає й перекивається внапусток. Балки цього типу можуть використовуватися як самонесучі в опалубці криволінійних перекриттів.

1.3 Різновиди опалубних систем

1.3.1 Розбірно-переставна опалубка

Унаслідок універсальності й можливості використання для зведення будь-яких за складністю монолітних будівель і конструкцій розбірно-переставна дрібно- та великощитові опалубки масово застосовуються в усіх різновидах будівництва.

Простота виготовлення й експлуатації розбірно-переставних опалубок, можливість зводити частини будівлі залежно від наявності певного обсягу опалубки призвели до того, що у вітчизняній і зарубіжній практиці монолітного будівництва здебільшого почали використовувати саме ці різновиди опалубки.

Матеріал і конструкція інвентарних щитів та інших елементів опалубки можуть бути різними. У вітчизняній і зарубіжній практиці застосовують інвентарні опалубки з дерева, водостійкої фанери, сталеві й комбіновані опалубки.

Фанерну опалубку доцільно застосовувати тоді, коли до поверхні бетону ставляться підвищені вимоги. Оздоблення поверхні бетонної конструкції, виготовленої у фанерній опалубці, потребує значно менших затрат, ніж використання дощатої опалубки.

Сталеві опалубки, як і дерев'яні, складаються із щитів і підтримувальних схваток. Щити виконуються у вигляді рамки з прокатних або гнутих профілів, до якої за допомогою контактного зварювання приварюється палуба із сталевого листа завтовшки 2 мм. У рамці й щиті палуби передбачаються отвори для з'єднання щитів між собою і для пропускання болтових стяжок. Схватки виготовляють з двох швелерів і використовуються для з'єднання щитів. Як елементи щитів опалубки можуть застосовуватися гнуті профілі, профілі коробчастого вигляду.

Дрібнощитова опалубка. Вона складається з декількох невеликих за розміром щитів, виконаних зі сталі, фанери, або комбінованих, а також елементів кріплення і підтримувальних пристроїв. Площа щитів становить не більше ніж 3 м^2 , маса одного елемента такої опалубки не повинна перевищувати 50 кг, що дає змогу в разі необхідності встановлювати й розбирати опалубку вручну. Бічний тиск бетонної суміші на опалубку може становити до 60 кН/м^2 . Для кращого використання механізмів і зниження трудовитрат щити опалубки можна попередньо зібрати у великорозмірні плоскі опалубні панелі або просторові блоки, які встановлюватимуться і зніматимуться за допомогою кранів.

Дрібнощитові опалубки універсальні, їх можна використовувати для зведення найрізноманітніших конструкцій – фундаментів, колон, стін, балок, перекриттів. Ретельне оброблення поверхні фанерної палуби уможливорює її експлуатацію до 200 циклів. Простота кріплення щитів до каркаса дає змогу швидко замінювати зношену палубу.

Технологічність монтажу й демонтажу опалубних систем визначається конструкцією з'єднувальних елементів. У вітчизняних опалубках застосовують замкові з'єднання у вигляді муфти або металевого стрижня із загвіздком і болтові з'єднання. Під час розбирання, а особливо заклинювання, таке рішення

потребує прикладання великих зусиль і значних трудовитрат. Під час укрупненого збирання часто використовують морально застарілі болтові з'єднання, тоді як закордонний досвід заперечує використання болтових з'єднань. Істотними недоліками дрібнощитових опалубок є великі трудовитрати на установлення й зняття опалубки, низький рівень механізації цих процесів (рис. 1.6).

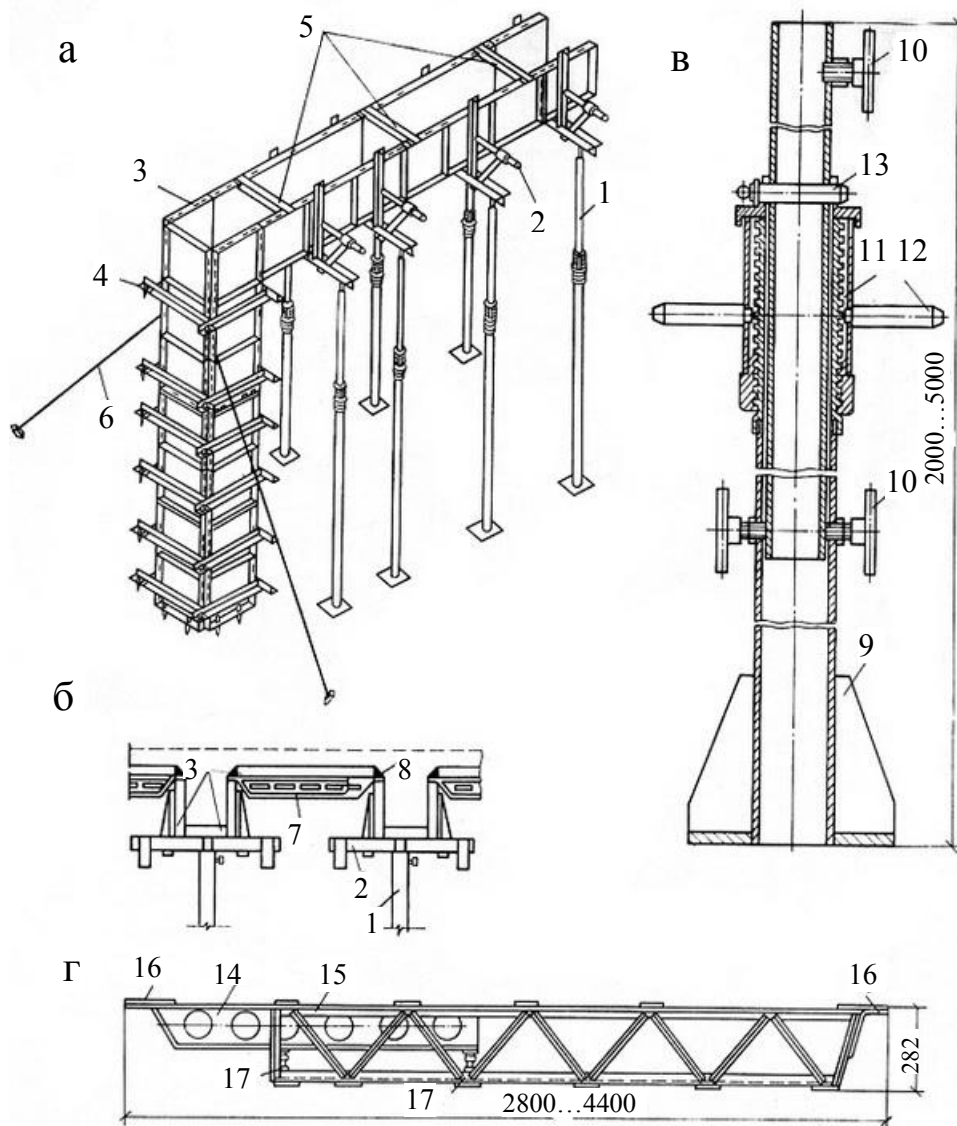


Рисунок 1.6 – Дрібнощитова розбірно-переставна опалубка:

- а – опалубка колон і балок; б – опалубка ребристого перекриття; в – телескопічна стійка;
 г – розсувний ригель: 1 – телескопічні стійки; 2 – балкові струбцини; 3 – щити; 4 – хомути;
 5 – розпірки; 6 – розтяжки; 7 – розсувний ригель; 8 – фризний брусок; 9 – база стійки;
 10 – фіксатори; 11 – опорний домкрат; 12 – ручка домкрата; 13 – гвинти; 14 – висувна балка;
 15 – ферма; 16 – опори; 17 – гвинтові домкрати

Великощитова опалубка складається із щитів підвищеної несучої здатності, розмір яких становить 3...20 м² і застосовується в конструкціях із великими палубленими поверхнями. Елементи опалубки поєднують палубу з підтримувальними прогонами й ребрами. Збільшення розмірів щитів опалубки уможливує різке зниження трудомісткості палублення конструкцій і повнішу реалізацію комплексної механізації процесів. Великощитова опалубка найуніверсальніша і мобільна для використання, вона сприяє істотному поліпшенню

якості конструкцій, оскільки зменшується кількість з'єднань, до того ж висота щита приймається рівною висоті ярусу бетонування.

Опалубка призначена для зведення великорозмірних монолітних конструкцій найрізноманітніших споруд, палублення й розпалублення у яких здійснюється тільки за допомогою кранів. Конструктивно опалубка складається з чотирьох елементів. Щити опалубки є самонесучими і включають палубу, елементи жорсткості щита й несучі конструкції. Такі щити обладнують риштуванням, підкосами для установлення й початкового вивірення й регулювальними домкратами (рис. 1.7).

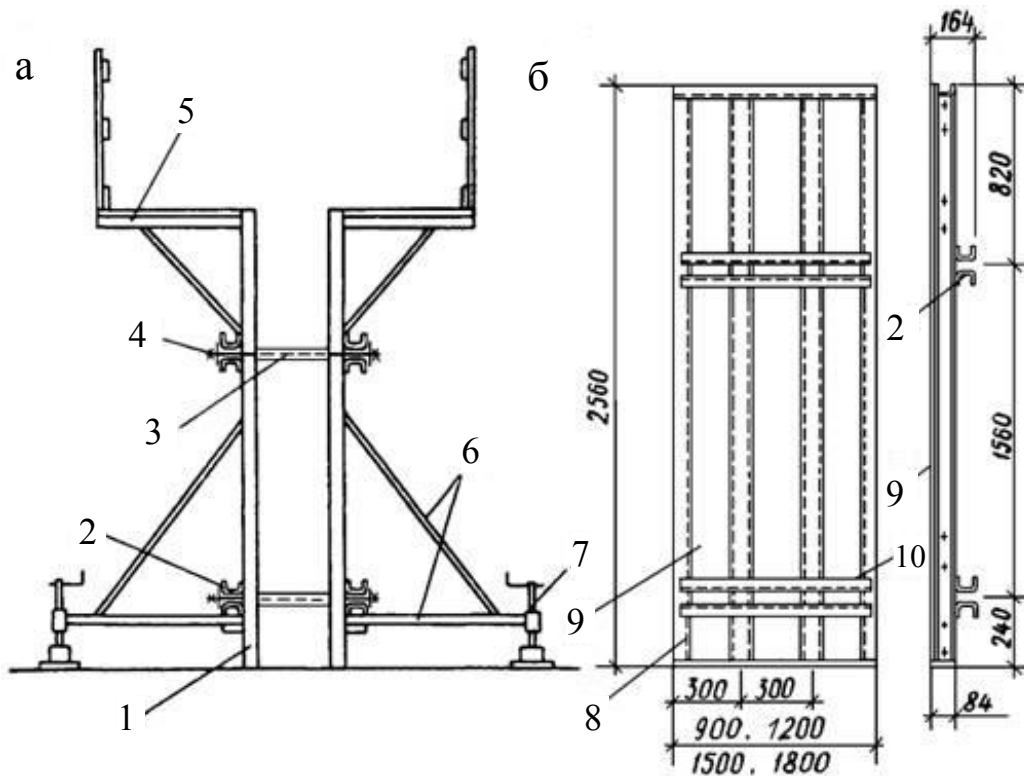


Рисунок 1.7 – Великощитова опалубка: а – загальний вигляд (фрагмент опалубки стіни); б – опалубний щит; 1 – щит; 2, 10 – прогін щита; 3 – тяж-розпірка; 4 – гайка; 5 – риштування; 6 – підкоси; 7 – домкрат; 8 – ребро щита; 9 – палуба щита

Великощитову опалубку можна застосовувати майже у всіх конструктивних елементах будівель і споруд: фундаментах, зовнішніх і внутрішніх стінах, колонах, перекриттях. Опалубку здебільшого використовують під час будівництва житлових і громадських будівель.

Під час використання великощитової опалубки в багатоповерховому житловому будівництві краще, якщо зовнішні стіни виготовлені зі збірних панелей заводського виробництва – тришарових з ефективним утеплювачем, керамзитобетонних або з цегли. Внутрішні несучі стіни виконують з монолітного залізобетону. Поширеною є конструктивна схема, у якій несучими є залізобетонні колони при балочному або безбалковому перекритті. Під час зведення збірних і цегляних зовнішніх стін доцільно, щоб монтаж на один поверх відставав від бетонних робіт.

Залежно від товщини бетонованої конструкції і вимог до якості поверхонь щит опалубки виконують з несучого каркаса і палуби на всю площину

палублення або з окремих інвентарних щитів, що з'єднуються системою зачепів або горизонтальних стяжок, які пропускають через тіло майбутньої бетонної конструкції, встановлюючи їх до початку бетонування. Для забезпечення стійкості опалубки і вивірення її в проектне положення використовують різні системи підкосів і розкосів, забезпечені механічними гвинтовими домкратами і регулювальними пристроями.

Опалубку стін встановлюють у два етапи. Спочатку монтують арматурний каркас, потім – опалубку з одного боку стіни на всю висоту поверху, на останньому етапі – опалубку з другого боку. Під час приймання опалубки контролюють геометричні розміри, збіг осей, вертикальність і горизонтальність опалубних щитів, закладні деталі, щільність стиків і швів.

Бетонну суміш в опалубку укладають зверху із закріпленого на ній консольного риштування, що розташовується із зовнішнього боку щита. Стіни бетонують ділянками, межами зазвичай слугують дверні прорізи. Бункер з бетонною сумішшю завжди розвантажують у декількох місцях, до того ж суміш в опалубку укладають шарами товщиною 30...40 см, під час укладання ущільнюючи її внутрішніми вібраторами. Для сприйняття тиску бетонної суміші під час палублення використовують спеціальні інвентарні стяжки, а іноді й додаткові вкладні. Щити опалубки для стін і перекриттів зазвичай виконують за розміром бетонованої площі; ця площа не повинна перевищувати 70 м².

Опалубку встановлюють у послідовності, яка визначається її конструкцією і забезпечується стійкістю окремих елементів і опалубки загалом у процесі виконання робіт.

1.3.2 Підйимально-переставна опалубка

Опалубку застосовують для зведення спеціальних споруд із постійним і змінним перерізом по висоті, які зазвичай конусоподібно спрямовуються вгору, труб, градирень, силосних споруд тощо. Опалубка складається із зовнішніх і внутрішніх щитів, що відокремлюються від бетону під час установа на новий ярус, елементів кріплень і підтримувальних пристроїв, робочого настилу і підйимальних пристосувань (див. рис. 1.8).

Зовнішню опалубку збирають із панелей прямокутної і трапецієподібної форми, виготовлених із сталевого листа завтовшки 2 мм, обрамленого куточками, або з вологостійкої фанери 20...22 мм завтовшки, яка встановлюється на металевий каркас. Розміри прямокутних панелей 2,700×0,850 м; трапецієподібних, які надають зовнішній опалубці конічної форми, – 2,700 м заввишки, ширина поверху становить 0,818 м, унизу – 0,850 м. Панелі з'єднують кріпильними пристроями, для стягування зовнішньої опалубки в місцях розташування кінця панелей встановлюють стяжні елементи.

Внутрішню опалубку збирають із двох ярусів щитів меншої площі – 1,250×0,550 м. Для переміщення опалубки передбачена підйимальна головка, яка спирається на шахтний підйімач. Під час підймання опалубки головка відривається від підйімача на висоту 2,5 м, на цьому цикл робіт зі зведення чергового ярусу закінчують: переставляють опалубку, нарощують додаткову ланку підйімача.

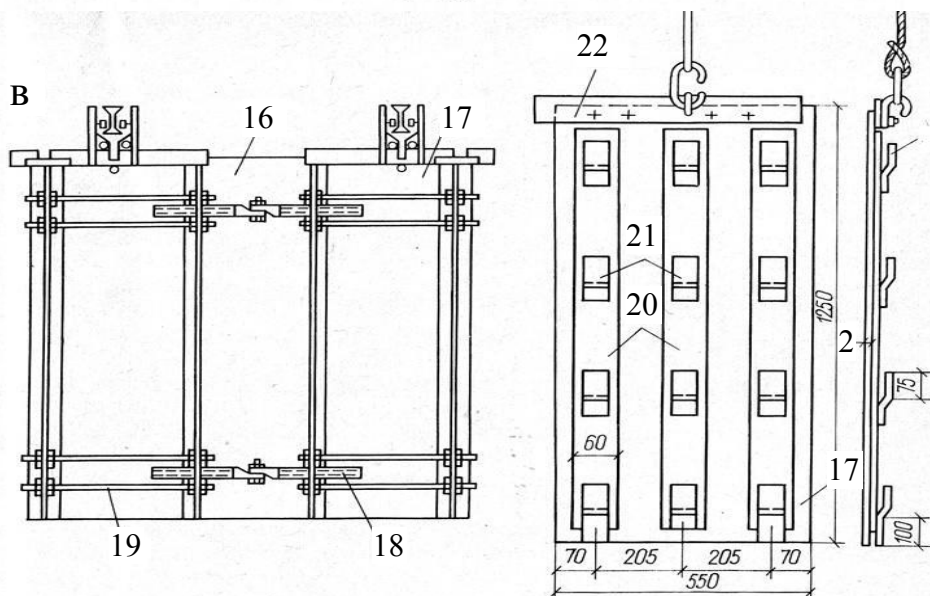
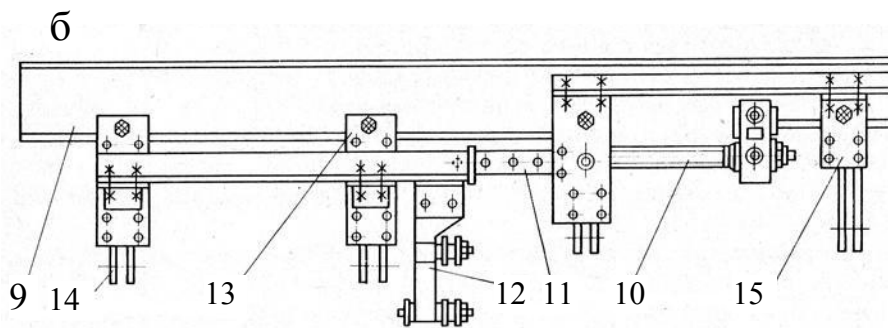
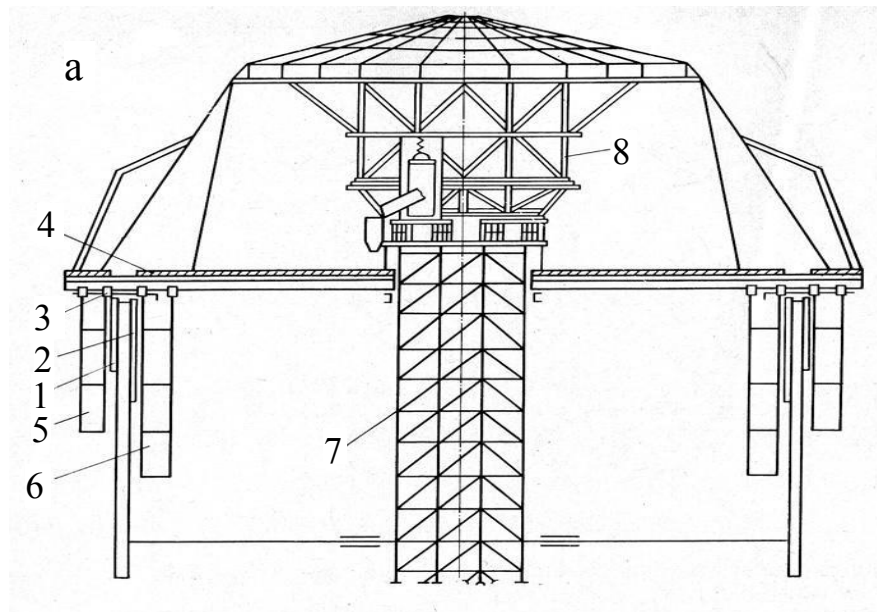


Рисунок 1.8 – Підйимально-переставна опалубка: а – загальний вид; б – механізм радіального переміщення щитів опалубки; в – стяжка щитів зовнішньої опалубки; г – щит внутрішньої опалубки; 1 – щити зовнішньої опалубки; 2 – внутрішня опалубка; 3 – механізм радіального переміщення; 4 – робочий майданчик; 5 – підвісне зовнішнє риштування; 6 – те саме, внутрішнє; 7 – шахтовий підйимач; 8 – підйимальна головка; 9 – головна радіальна балка; 10 – гвинт радіального переміщення; 11 – трубка-фіксатор; 12 – роликів підвіски панелі радіального переміщення; 13 – ролик підвіски; 14 – підвіска зовнішнього риштування; 15 – те саме, внутрішнього; 16 – кінцева панель; 17 – прямокутний щит; 18 – стягувальні болти; 19 – стяжки; 20 – сталеві смуги; 21 – скоби з смугової сталі; 22 – смугова накладка

1.3.3 Блокова опалубка

Блок-форми. Ця просторова конструкція здебільшого застосовується в монолітному будівництві, оскільки уможливує виготовлення різних конструктивних елементів будівель. Набули поширення універсальні, рознімані і переналагоджувані блок-форми, що збираються зі сталевих щитів на рознімних, шарнірних кріпленнях або за допомогою зварювання.

Зазвичай блок-форми застосовують у східчастих фундаментах. Для зведення фундаментів невеликих розмірів (1,5...2,0 м³) використовують нерознімну опалубку. Палуба ступенів у ній розташовується з невеликою конусністю, що значно знижує силу тертя опалубки і бетону під час розпалублення. Різноманітні вставки й добірні елементи дають змогу використовувати одну форму для виготовлення 10...20 типорозмірів фундаментів. Кожен елемент блок-форми конусний і призначений для бетонування однієї з частин фундаменту або його ступені. Для відривання форм від бетону використовують монтажні механізми – крани (у разі досить великого запасу їхньої вантажопідйомності), але зазвичай для цієї мети застосовують домкрати, які встановлюють і опирають через підкладки на блок-форму розташованого нижче ярусу; верхню частину поршня домкрата впирають у спеціальні кронштейни з чотирьох боків форми. За допомогою виникаючих зусиль блок-форми відриваються від бетону. Для самого нижнього ярусу блок-форми прокладки встановлюють на землю або готову бетонну основу.

Для економії часу і зменшення трудовитрат на будівельному майданчику блокову опалубку заздалегідь складають за межами площі споруджуваного об'єкта, і в деяких випадках – за межами будівельного майданчика. Доставлені до місця установа опалубні блоки відразу ж встановлюють в проектне положення. Монтують і демонтують такі блоки за допомогою крана. Іноді в блокову опалубку спочатку закріплюють арматурний каркас, а потім встановлюють його в проектне положення. Конструкцію, що складається з арматурного каркаса і опалубки, називають арматурно-опалубним блоком.

Застосовують універсальні блок-форми, що складаються з блока-підколонника і об'ємних щитів ступінчастої частини фундаменту 0,3 і 0,6 м заввишки і з довжиною сторони щита від 1,2 до 2,1 м та кроком 30 см. Розташування щитів під час палублення забезпечується спеціальними фіксаторами. Готову блок-форму доставляють спеціальними механічними домкратами, які дають змогу розпалубити окремі щити, не порушуючи поверхні й структури бетону. Конструкція блок-форми досить жорстка, що обумовлено наявністю спеціальних ребер і надійною фіксацією окремих щитів.

Для виготовлення масивніших конструкцій фундаментів використовують переналагоджувані або рознімні блок-форми. Їх виконують з чотирьох жорстких поверхонь, з'єднаних у кутах замками, які уможливають переміщення поверхонь одна відносно одної на шарнірі, без від'єднання. Замки встановлюють на протилежних щитах блока по два з кожного боку. Замки розкривають за допомогою важеля.

Застосовують опалубні форми для бетонування східчастих фундаментів, коли металева опалубка є однією зі сторін усього фундаменту. Чотири окремі великі щити опалубки для типових фундаментів у кутах примикання з'єднують жорсткими пластинами, закріплюючи їх клинами (рис. 1.9).

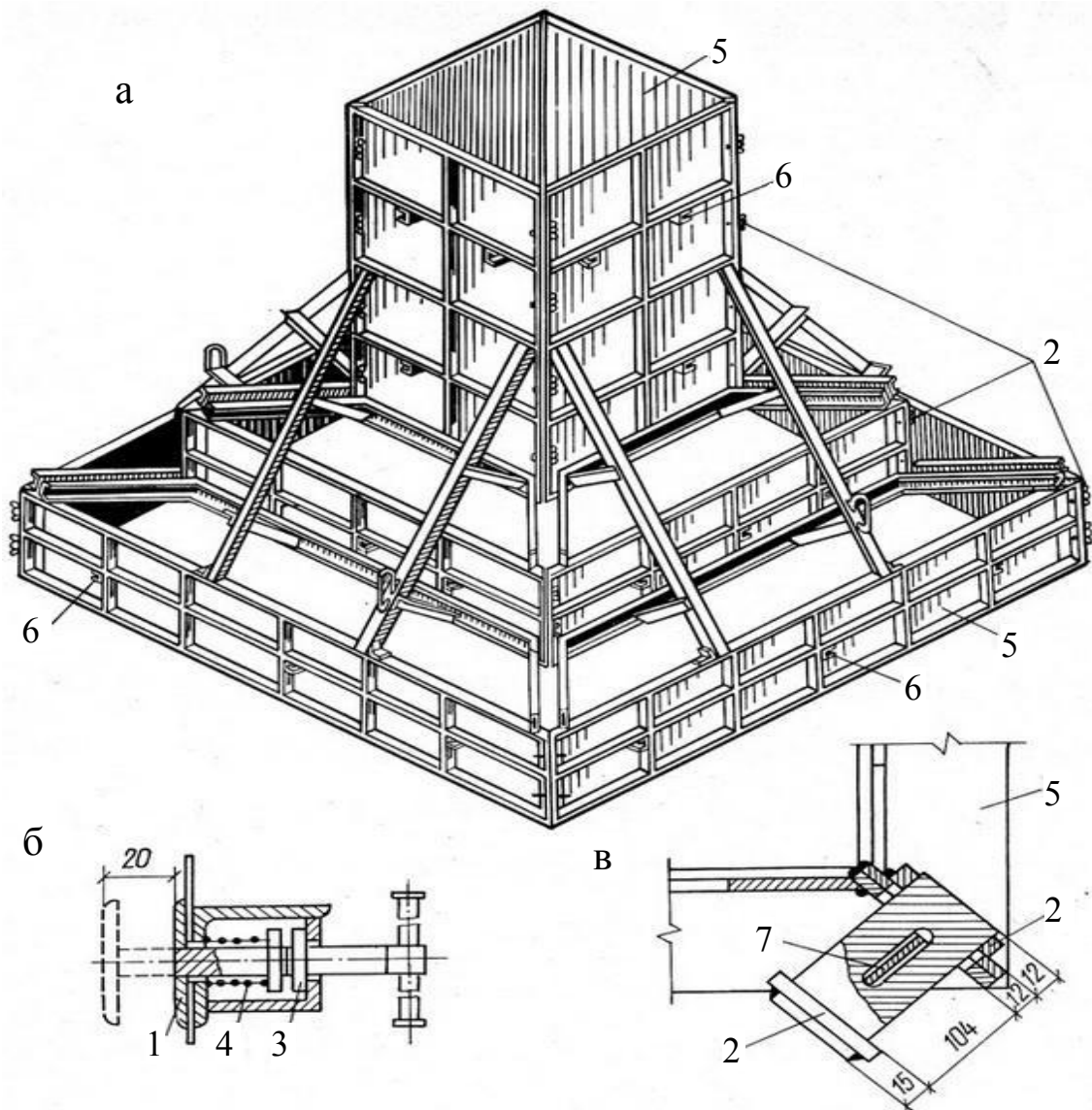


Рисунок 1.9 – Рознімна блок-форма: а – загальний вигляд; б – відтискний пристрій; в – вузол з'єднання стулок; 1 – опорна пластинка; 2 – клиновий замок; 3 – гвинт; 4 – пружина; 5 – стулка; 6 – відтискний пристрій; 7 – клин

Для відривання опалубки від бетону й розсування стулок використовують відривні пристосування, приварені до всіх площин опалубки. Для відривання застосовують знімні гвинтові домкрати. Кількість відривних пристроїв обирають із розрахунку один домкрат на $0,6 \text{ м}^2$ палубленої поверхні і не менше трьох штук на опалубний щит ступінчастої частини фундаменту. Форма відривається від забетонованого фундаменту після ослаблення кріплень у вузлах за допомогою послідовного обертання гвинтових домкратів на всіх поверхнях починаючи з верху форми.

Блокову опалубку застосовують під час зведення колон житлових і громадських будівель. Конструкція опалубки становить собою жорстку

зовнішню раму, на якій за допомогою кривошипа монтують щити опалубки на повну висоту колони. Щити мають каркасну конструкцію, палуба виконана з листового металу. Під час відривання опалубки від забетонованої конструкції щити розкриваються, за ними починає підніматися рама. І, навпаки, під час опускання опалубки щити під власною масою зближуються і встановлюються в робоче положення за допомогою шарнірно-важельного механізму. Вертикальність форми досягається шляхом застосування чотирьох гвинтових домкратів, розташованих на основі рами. Такою опалубкою можна бетонувати колони з перетином від 40×40 до 60×60 см і висотою до 4 м. Блок-форми до повного зношування обертаються 200...300 разів.

Розроблено декілька типів блокової опалубки: нерознімна, рознімна і переналагоджувана.

Нерознімна – з фіксованим положенням формувальних поверхонь. Блоки виконані з конусністю, що становить приблизно 1/10 висоти. Для відривання від бетону застосовують пристосування, подібні до домкратів. Нерознімні блоки застосовують для бетонування однотипних невеликих конструкцій з розпалубленням на ранньому етапі. Їхня загальна площа становить 6...10 м².

Рознімна блокова опалубка відрізняється тим, що перед демонтажем поверхні опалубки відокремлюються і відводяться від бетону. Загальна площа – 6...40 м². Застосовують для бетонування однотипних великих конструкцій.

Переналагоджувальна опалубка припускає змінювання розмірів у плані і по висоті. Загальна площа – 10...40 м². Застосовують для бетонування різноманітних монолітних конструкцій.

Нерознімні блокові опалубки зазвичай використовують для бетонування ліфтових шахт і подібних конструктивних елементів будівель. Під час бетонування ліфтових шахт опалубка спирається на перекриття, що прилягають до шахти, або на стіни шахти за допомогою консольних опор, що закріплюються в гніздах стін.

Для зведення стін будівель застосовують блокову опалубку з такими планувальними і конструктивними характеристиками: висота поверху – 2,8; 3,0; 3,3 м; крок за осями повздовжніх і поперечних стін – 1,8...7,2 м; товщина внутрішніх стін – 14, 16, 20, 22 см; товщина перекриттів – 12, 14, 16, 22 см; зовнішні стіни і перекриття – збірні, монолітні або збірно-монолітні.

Опалубку переналагоджують, додаючи, замінюючи або виключаючи щити до складу панелей. Для переналагодження у зв'язку зі змінюванням товщини стін, застосовують спеціальні вставки, що розташовуються між кутовими щитами і з'єднаними з ними панелями.

Якщо конструкції різноманітні, що не дає змоги використовувати блоки опалубки на об'єкті більше ніж 30 разів, застосовувати їх (порівняно з розбірно-переставною дрібнощитовою опалубкою) економічно недоцільно. Перемонтування форм з частковим розбиранням, виконуваним через 10...15 оборотів і частіше, приводить до того, що вони стають неконкурентоздатними порівняно з дрібнощитовою опалубкою.

1.3.4 Об'ємно-переставна опалубка

Об'ємно-переставну опалубку застосовують для зведення житлових і цивільних будівель з монолітними внутрішніми стінами і перекриттями. Опалубка становить собою великорозмірний опалубний блок, до складу якого входить опалубка стін і перекриттів, її монтують і переставляють за допомогою крана.

Конструктивно її виконують у вигляді П- і Г-подібних просторових секцій, зібраних у прогоні, і додаткових елементів у вигляді щитів зовнішніх стін, опалубки ліфтових шахт і риштування. Залежно від прийнятого кроку секції опалубки мають змінювану ширину стін і різну довжину (рис. 1.10).

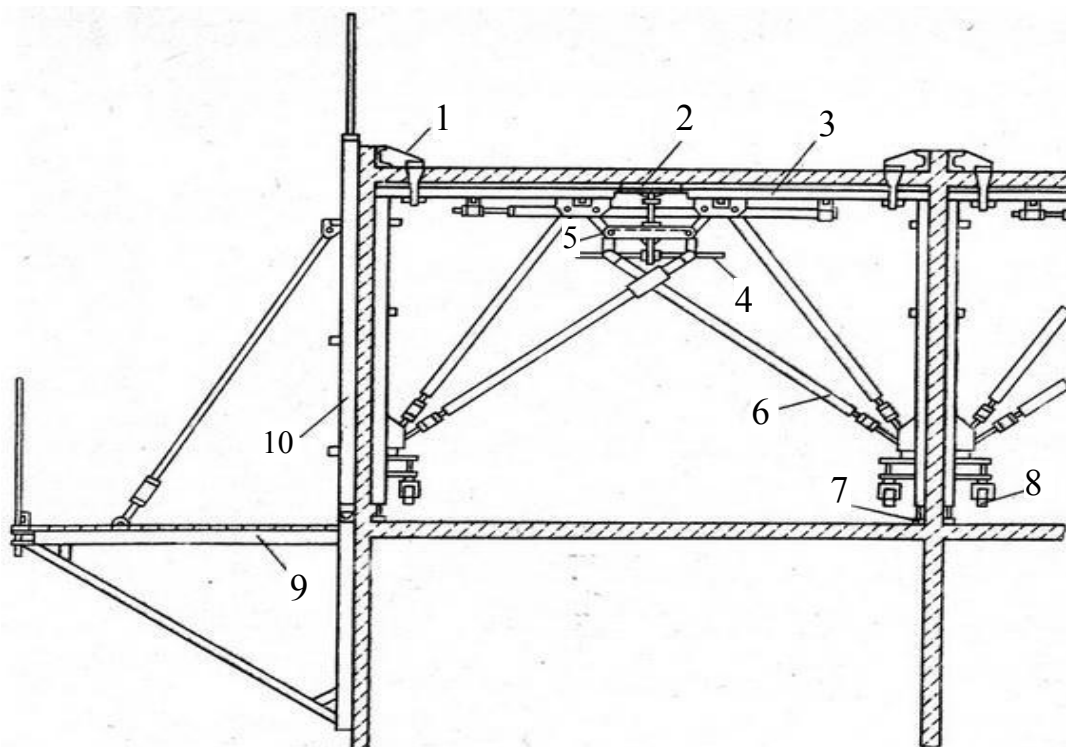


Рисунок 1.10 – Об'ємно-переставна опалубка: 1 – опалубка маяків; 2 – центральна вставка; 3 – Г-подібний щит; 4 – розпалубний гвинт; 5 – шарнірний розпалубний механізм; 6 – регульований підкіс; 7 – гвинтовий домкрат; 8 – котки; 9 – риштування торцевих стін; 10 – щит торцевої стіни

Різні конструктивні рішення об'ємно-переставних опалубок відрізняються одна від одної механізмом розпалублення і розрізання елементів. Загальна конструктивна ознака – наявність механічних домкратів для вивірення в проектне положення; котючих опор для переміщення секцій опалубки під час монтажу й демонтажу; системи розкосів для забезпечення необхідної просторової жорсткості і сприйняття бічного навантаження від бетону.

Для змінювання прогонів перекриттів, розташування опалубок одна відносно одної і їхньої орієнтації застосовують трансформовані об'ємно-переставні опалубки, що дає змогу урізноманітнити об'ємно-планувальні рішення будівель.

Застосування об'ємно-переставної опалубки передбачає певні технологічні обмеження: необхідно залишати прорізи або відкриті фасади для вилучення опалубки, застосовувати для вилучення секцій баштові крани з рухомою

кареткою. Об'ємно-переставні опалубки мають складнішу, порівняно з великощитовою, конструкцію і велику питому вартість, що обумовлює необхідність зведення великої серії монолітних будівель.

Металева опалубка фірми «Утінорд» (Франція) – найуніфікованіша й характеризується гнучкістю застосування. Опалубка складається з незалежних Г-подібних напівсекцій і проміжних просторових вставок. Це дає змогу варіювати розміри бетонованих чарунків у широких межах, а також встановлювати і демонтувати опалубку окремими частинами, для чого достатньо мати крани невеликої вантажності. Питома маса опалубки – 75 кг/м^2 . Висота опалубки – 265 см. Оборотноість – до 300 циклів.

Секція об'ємно-переставної опалубки складається з двох Г-подібних жорстких щитів, що включають бічні й горизонтальні поверхні, об'єднані розпалубним механізмом і регульованими по довжині підкосами. У центральній частині секції встановлена горизонтальна вставка, замінюючи її, можна змінювати ширину прогону. Для розпалублення й установа в робоче положення нижня частина секції обладнується чотирма гвинтовими домкратами і котками для переміщення по перекриттю.

Піднімають секції за стропувальні пальці. Для їхнього пропускання використовують отвори в горизонтальному щиті, які застосовують для встановлення опалубки маяків. Поверхні секцій розміщують у робочому положенні за допомогою гвинтових домкратів, установлених на бічних щитах, і шарнірного механізму.

Під час розпалублення піднімають гвинтові домкрати, за допомогою обертання гвинтового регулятора Г-подібні щити відривають від бетону, зближують і всю секцію опускають на ковзанки. Перед зближенням щитів центральний стоек опускають униз.

Ширина секцій становить 1,2 і 1,5 м, питома маса секцій залежно від розмірів – $85 \dots 100 \text{ кг/м}^2$. Секція, що прилягає до повздовжньої стіни, обладнана додатковим щитом. Секція коридорів також виконується з двох Г-подібних щитів з підкосами і обладнується чотирма котками і гвинтовими домкратами. Ширина коридорної секції – 1,2 і 1,5 м.

Риштування для викочування та перестановлення секцій розраховано на всі типорозміри секцій і змінювану висоту поверху. Риштування спирається на розташовані нижче перекриття й фіксується за допомогою пальців. Верхня частина риштування прикріплюється до стіни за допомогою відтяжки, довжина якої регулюється. Для закріплення відтяжки використовують отвори в стінах, що залишаються після вилучення стяжних болтів.

Слід зазначити, що П-подібна опалубка гнучкіша під час використання, монтується кранами невеликої вантажності, застосовується для будинків із складними архітектурно-планувальними рішеннями. У роботі проста і не передбачає високої кваліфікації робітників.

Г-подібна опалубка також дає змогу знизити трудомісткість робіт ($0,05 \dots 0,1 \text{ люд.год/м}^2$) порівняно з монтуванням П-подібної опалубки за допомогою риштування. Під час використання траверси «качиний ніс»

трудомісткість опалубних робіт П- і Г-подібних секцій приблизно однакова. Розпалублення Г-подібними напівсекціями уможливорює інтенсивніше обертання опалубки, оскільки розпалублення можна здійснювати при меншій міцності бетону перекриттів. Цього досягають, установлюючи приблизно посередині прогону телескопічні стійки. Однак Г-подібну опалубку можна встановлювати за наявності каретного крана достатньої вантажності. Демонтаж опалубки вимагає кваліфікованих робітників.

Залежно від застосовуваної конструкції опалубок і відповідної технології опалубних робіт використовують кілька схем демонтажу об'ємно-переставної опалубки (рис. 1.11). Оскільки застосування риштування передбачає збільшення витрат праці, пов'язаних із їхнім монтуванням і демонтуванням, доцільно застосовувати спеціальні траверси («качиний ніс», траверса-кантувач, розподільні ферми).

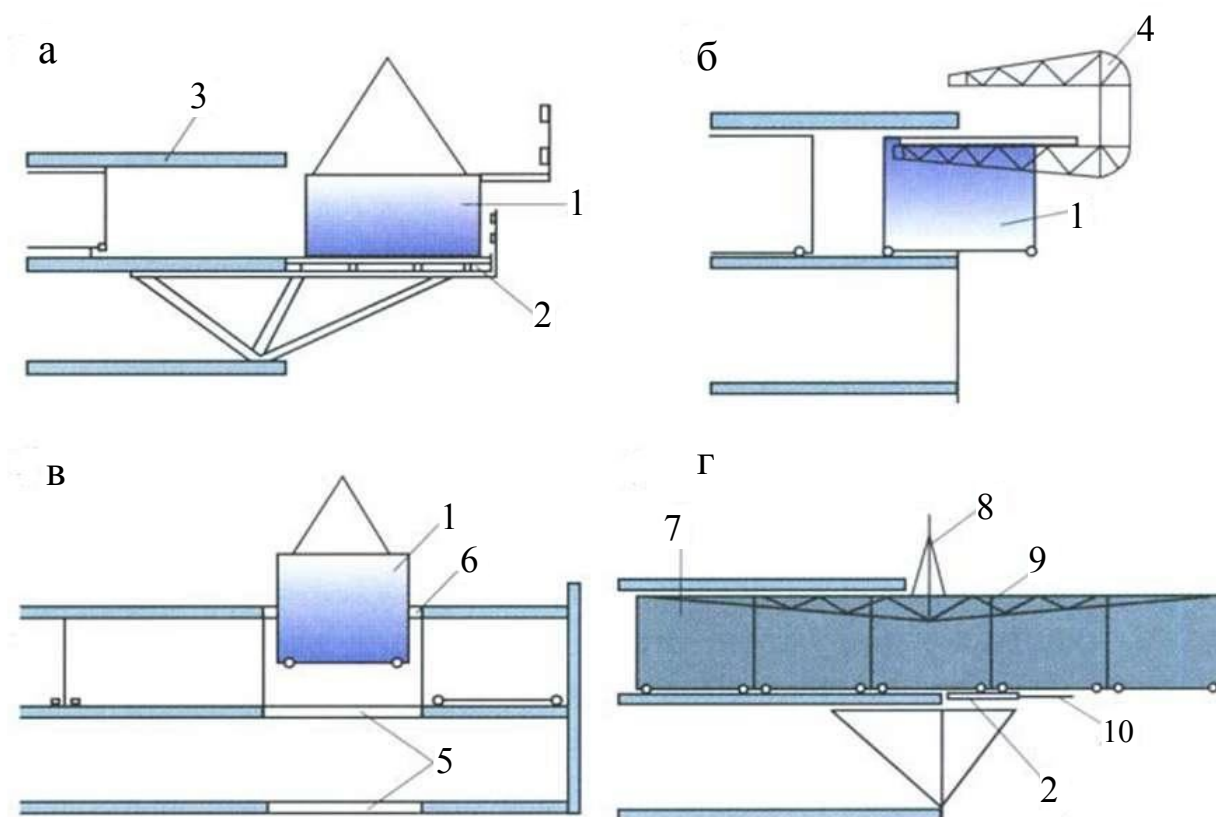


Рисунок 1.11 – Схема демонтажу об'ємно-переставної опалубки: а – малорозмірними секціями за допомогою виносного монтажного риштування; б – те саме, за допомогою спеціальної траверси «качиний ніс»; в – те саме, через отвори, що залишаються в перекритті; г – великими блоками за допомогою спеціальної траверси і риштування з відкидним огородженням; 1 – секція опалубки; 2 – виносне монтажне риштування; 3 – перекриття; 4 – траверса «качиний ніс»; 5 – збірне перекриття; 6 – отвір в перекритті; 7 – великорозмірний блок; 8 – запірний домкрат; 9 – розподільна ферма; 10 – відкидне огородження

Застосування траверс типу «качиний ніс» дає змогу зменшити витрати праці на демонтаж секцій. Крім того, траверсу можна застосовувати для монтування й демонтування великощитових столових опалубок, описаних вище.

1.3.5 Ковзна опалубка

Ковзну опалубку застосовують для зведення монолітних висотних споруд, ядер жорсткості, житлових і громадських будівель з компактним периметром і постійним перетином споруди по висоті (рис. 1.12).

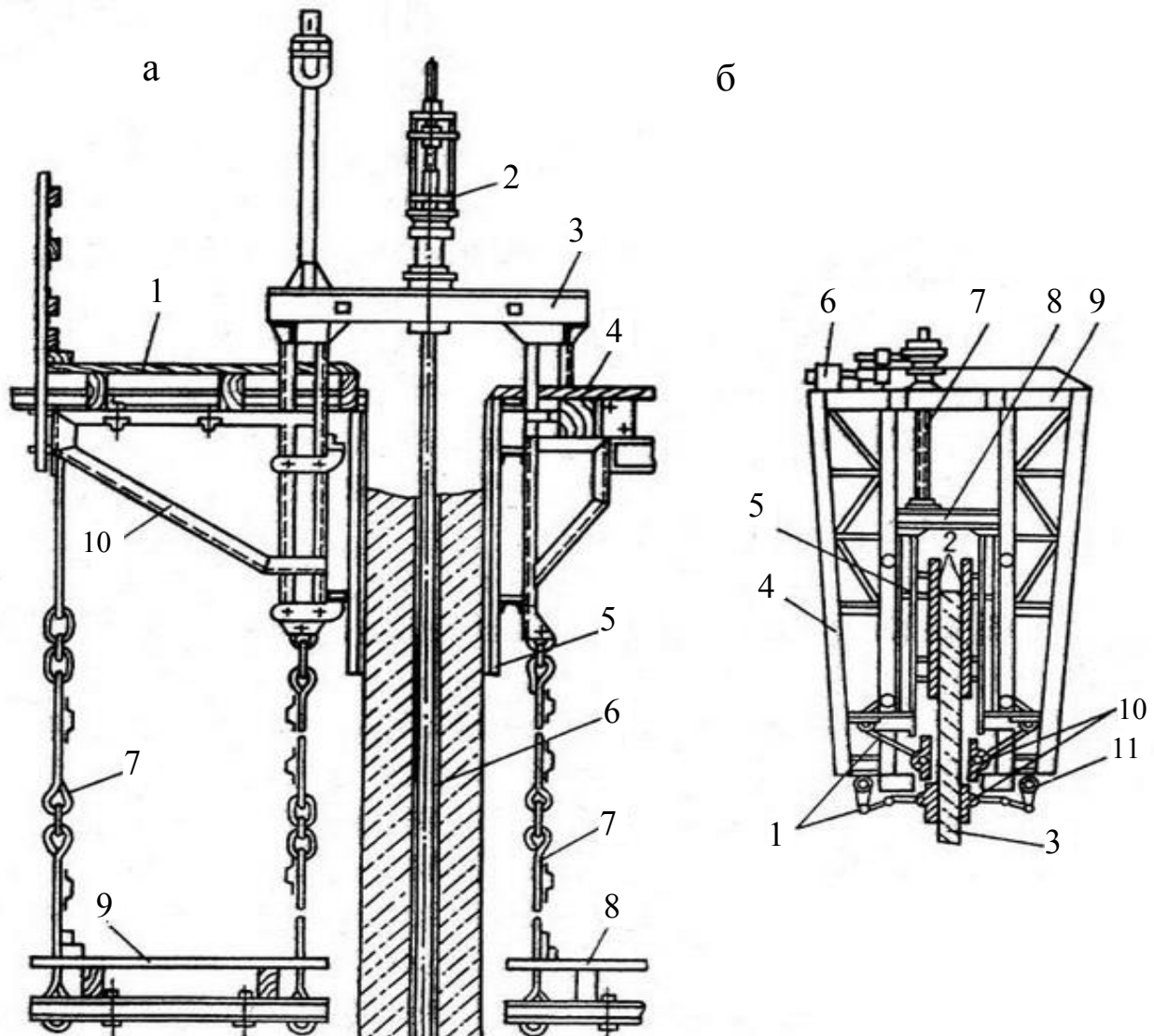


Рисунок 1.12 – Улаштування вертикальної ковзної опалубки: а – з домкратними стрижнями: 1, 9 – зовнішнє риштування; 2 – гідродомкрат з регулятором горизонтальності; 3 – домкратна рама; 4 – робоча підлога; 5 – щит опалубки; 6 – домкратний стрижень; 7 – підвіски; 8 – внутрішнє риштування; 10 – кронштейн; б – з опорними пластинами: 1 – бетонована стіна; 2 – опалубні щити; 3 – важелі; 4 – опорна зовнішня рама; 5 – піднімальна внутрішня рама; 6 – привід гвинтового підняття; 7 – гвинт; 8,9 – ригелі піднімальної і опорної рам відповідно; 10 – опорні пластини; 11 – притискний пристрій

Використання ковзної опалубки дає змогу здійснювати одночасно багато операцій (за інших методів монолітного будівництва їх здійснюють послідовно), що призводить до значного скорочення термінів будівництва. Унаслідок чіткого кроку технологічного потоку, що обумовлено технологією бетонування в ковзних опалубках, забезпечується безперервність виконання робіт і усуваються простоювання. Забезпечується висока еквівалентна оборотність щитів та інших елементів (приблизно 150...500 циклів).

Вітчизняний і зарубіжний досвід застосування ковзних опалубок доводить, що за допомогою одного комплекту з висотою щита 1...1,2 м можна звести кілька будівель із загальною висотою стін 200...600 м для дерев'яної опалубки і 1800...2400 м – для металевої.

Ковзна опалубка забезпечує велику швидкість зведення стін (до 6 м на добу), високу якість робіт при значній економії арматурної сталі внаслідок монолітності стін і перекриттів, уможливорює вибір архітектурно-планувальних рішень, забезпечує хорошу звукоізоляцію і експлуатаційні характеристики будівель. Практика доводить, що, застосовуючи ковзну опалубку, можна зводити житлові будинки заввишки 100 м і більше, димові труби – до 400 м заввишки і різні інженерні споруди (елеватори, зерносховища, градирні тощо).

Ковзна опалубка потребує безперервного контрольного вимірювання, щоб встановити відхилення щодо вертикального положення, скручування, а також своєчасно вжити заходів. Ефективність зведення монолітних будівель у ковзній опалубці обумовлюється бездоганною організацією робіт і станом будівельного майданчика, забезпеченням безперервності бетонування, підбирання спеціальних складів бетонів, особливостями армування тощо.

Ковзна опалубка складається з опалубних щитів, підвішених до домкратних рам, домкратів, маслостанції і маслопроводів до домкратів, робочих майданчиків і підвісного риштування (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Ковзна опалубка

Домкратні рами є базовими несучими елементами, на них закріплюються щити опалубки, які сприймають тиск бетонної суміші. До домкратних рам підвішується риштування та встановлюється робочий настил. Вони мають жорстку зварену конструкцію і розраховуються на сприйняття всіх навантажень, включаючи бічний тиск бетонної суміші, зчеплення з бетоном, тертя, тимчасові навантаження, власну вагу опалубки. На домкратні рами встановлю-

ють домкрати, які, спираючись на домкратні стрижні, піднімають всю конструкцію опалубки. Щити опалубки встановлюють так, щоб відстань між ними збільшувалася донизу, утворюючи конусність в межах $1/500 \dots 1/200$ висоти щитів або 5...7 мм на кожен бік, якщо висота щитів – 1...1,2 м. Внутрішній щит опалубки встановлюють з нахилом. Зовнішній щит встановлюють без нахилу, що дає змогу отримувати якіснішу поверхню стін.

Домкратні рами виконують з двома, трьома і чотирма стояками. Три- і чотирістоякові рами встановлюють на перетині стін і застосовують під час зведення будинків з великою кількістю різних перетинів у плані, віконних і дверних прорізів.

Найчастіше застосовують двостоякові рами. Рама складається з вертикальних стояків і горизонтального ригеля. На стояках встановлюють кронштейни для кріплення ригелів, кружала і щитів. Домкратні рами для бетонування стін різної товщини виготовляють зі знімним ригелем декількох типорозмірів.

Розділяють верхні й нижні робочі майданчики. Верхні робочі майданчики використовують для пересування людей, розміщення устаткування, апаратів, пристроїв, необхідних для обслуговування ковзної опалубки та для операцій з укладання бетонної суміші – транспортування і зберігання матеріалів, монтування арматури в стінах, монтування дверних і віконних отвороутворювачів, укладання й ущільнення бетону, управління й контролювання підйимального устаткування, контролювання руху опалубки тощо.

Нижні робочі майданчики призначені для пересування людей, перевірення якості бетону, транспортування матеріалів, необхідних для ремонту та оздоблення бетону, що виступив з опалубки, демонтажу отвороутворювачів. Нижні майданчики підвішуються на 3,5...4 м нижче за верхні. На кожному рівні майданчики розміщуються як із зовнішнього боку будівлі, що зводиться, так і з внутрішнього.

Для піднімання ковзної опалубки застосовують гідравлічні, електромеханічні та пневматичні домкрати. Поширення набули гідравлічні домкрати. Електромеханічні домкрати зручніші в експлуатації, дають змогу регулювати режими піднімання і спрощують систему розведення.

Незалежно від влаштування домкратів або способу їхньої дії їх піднімають по несучих елементах, що передають навантаження безпосередньо на фундамент або на нижню, вже затверділу частину стіни. Піднімаючись по несучих елементах, домкрати захоплюють ковзну опалубку з усіма матеріалами, обладнанням і обслуговувальним персоналом.

Гідравлічне обладнання дає змогу піднімати опалубку в напівавтоматичному й автоматичному режимах. Автоматичний режим уможливорює піднімання опалубки за заздалегідь заданою програмою з автоматичним регулюванням горизонтальності.

Домкрати з напівавтоматичним режимом піднімання мають реверсивний хід, що сприяє здійсненню зворотно-поступального руху «крок на місці». Це також дає змогу під час вимушених перерв у подаванні бетонної суміші виключити зчеплення опалубки з бетоном, надаючи їй зворотно-поступального руху.

Домкратні стрижні становлять собою елементи, що сприймають масу ковзної опалубки через гідродомкрати. Домкратні стрижні встановлюють на відстані 1,5...2 м один від одного. Ця відстань обумовлюється вантажопідймальністю домкратів, жорсткістю форми, розташування і розмірів прорізів. Відстань між стрижнями приймають такою, щоб зусилля в опорному стрижні було менше, ніж сумарне навантаження на нього.

Діаметр домкратних стрижнів змінюється в межах 25...32 мм і обумовлюється типом застосовуваних гідродомкратів. Домкратні стрижні не повинні мати вигинів, косих перетинів, потовщення або раковин, які ускладнюють виконання робіт.

Довжина домкратних стрижнів – 1,5...4 м. Стрижні необхідно з'єднувати, якщо вони залишаються в бетоні як несучі. Якщо передбачено використовувати стрижні повторно після закінчення зведення будівлі або споруди, то застосовують спеціальні заходи щодо усунення налипання бетону на стрижні.

Важливим елементом ковзної опалубки є отвороутворювачі. Як отвороутворювачі використовують рами й коробки. Рами призначені для утворення великих отворів у стінах (двері, лоджії, вікна тощо) (рис. 1.14).

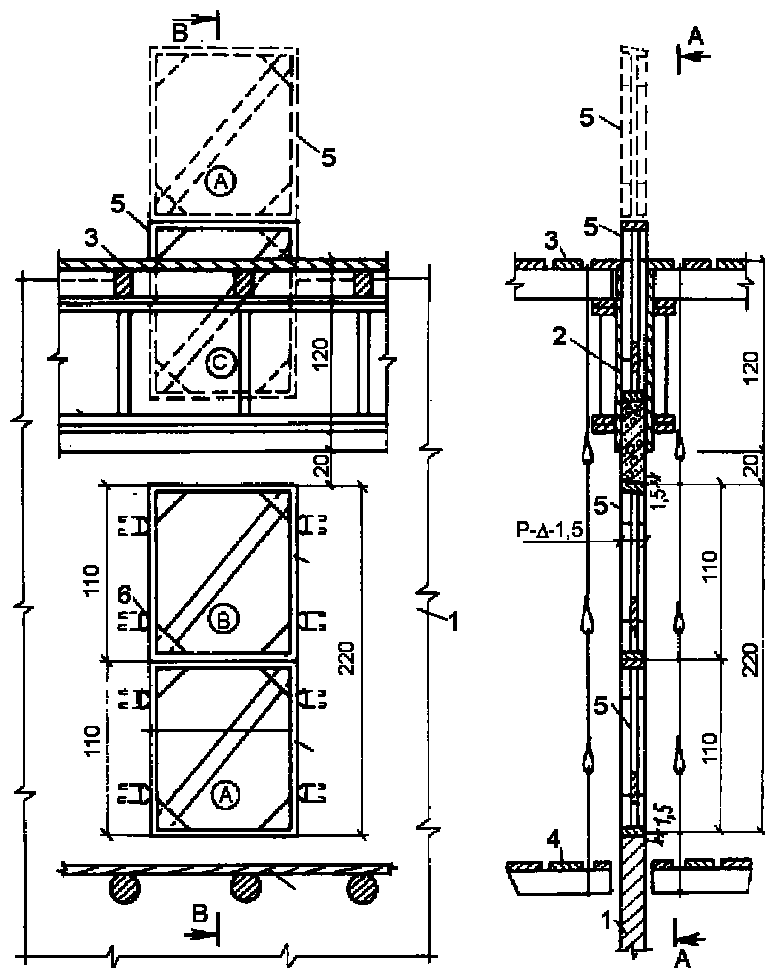


Рисунок 1.14 – Рами для утворення дверних отворів: А, В, С – послідовність монтажу; 1 – бетонні стіни; 2 – щити ковзної опалубки; 3 – верхній робочий майданчик; 4 – нижній робочий майданчик; 5 – рами для утворення дверних отворів; 6 – закладні деталі для дверних коробок до стін

Коробки призначені для утворення отворів, необхідних для обпирання перекриттів. Коробки монтують у ковзній опалубці на проектну позначку і витягують зі стін після палублення з нижнього робочого майданчика. Для полегшення вилучення рам і коробок зі стін їхні бічні грані розташовуються під кутом 10...15 %. Рами і коробки виготовляють з металу, дерева, багат шарової фанери, пластмас та інших матеріалів. Після вилучення зі стін отвороутворювачі очищають і змащують для полегшення роботи під час повторного застосування.

Товщина (глибина) рам або коробок на 15 мм менша за вільний простір верхньої частини опалубки, вони використовуються для створення проміжку між рамою і щитами опалубки і для запобігання висмикування рами опалубкою під час її переміщення вгору.

Ковзну опалубку починають монтувати після закінчення всіх операцій по зведенню фундаментів будівлі або споруди. Перед монтажем ковзної опалубки на фундаменті або на відповідному перекритті з великою точністю наносять нижню частину контуру ковзної опалубки.

Точність розбивання забезпечує дотримання розмірів і форми будівлі та можливість подальшого виявлення та виправлення помилок в процесі ковзання. Осі приміщень наносять за допомогою геодезичних інструментів на підставі жорстких реперів, розташованих за межами будівлі, що зводиться, або споруди.

Монтаж стінних елементів опалубки розпочинають із побудови та встановлення внутрішніх коробів великощитової опалубки. Опалубку для зовнішніх стін встановлюють після монтажу внутрішньої опалубки. Щити тимчасово з'єднують між собою. Якщо об'єкт, що зводиться, складається з декількох приміщень, то внутрішні щити, які утворюють замкнутий простір, монтують через приміщення для зручності монтажу наступних поверхонь стін. Для забезпечення проектної товщини стін між щитами опалубки розміщують спеціальні розпірки, які видаляють під час встановлення домкратних рам.

Стінки ковзної опалубки з'єднують за допомогою домкратних рам, які монтують у такій послідовності:

- відповідно до креслень на ковзній опалубці позначають місця розташування домкратних рам;
- монтують вертикальні стійки домкратних рам. За допомогою болтів ригелі домкратних рам прикріплюють до горизонтальних ригелів;
- кожен домкратну раму перевіряють на горизонтальність ригеля в двох напрямках за допомогою рівня і на вертикальність стійок – за допомогою схилу. Домкратні рами розміщують чітко по осі стін.

Перед укладанням робочої підлоги збирають зовнішнє риштування і влаштовують козирки. Потім монтують в'язи та щити робочої підлоги. Після піднімання опалубки до рівня перекриття першого поверху встановлюють підвісне риштування.

Щоб уникнути витікання бетонної суміші в щілину між низом опалубки і майданчиком, на яку вона спирається, рекомендовано проводити такі заходи:

– під час бетонування з перекриття цокольного поверху або з плити фундаменту перед монтажем опалубку забетонувати на висоту 10...12 см, утворивши заділ по всьому периметру;

– перед укладанням перших порцій бетонної суміші змонтувати легкі (що залишаються в бетоні) нащільники з покрівельного заліза або фанери;

– використовувати для запобігання витікання бетонної суміші ткану металеву сітку, прикріплену до арматури.

Практика зведення будівель і споруд доводить, що під час проведення бетонувань в ковзній опалубці необхідно дотримуватися технологічного регламенту. Недотримання правил виконання робіт і обраної технології призводить до пошкодження бетону, утворення нерівності стін, порушення вертикальності та інших дефектів.

Уникнути цих дефектів можна, дотримуючись заданого складу бетону, зведення до мінімуму перерв між закінченням бетонування і піднімання опалубки, зменшення періоду зчеплення бетону з опалубною поверхнею.

У ковзній опалубці можна зводити неармовані стінки, товщина яких менше ніж 10...12 см, а також тонкостінні конструкції з переважанням горизонтальної робочої арматури. У цих конструкціях власної ваги бетонної суміші і сил зчеплення її шарів (30...35 см), що забезпечують бетон від піднімання разом із опалубкою, недостатньо.

У густоармованих стінках вертикальна арматура, що з'єднує бетонну суміш верхніх шарів з нижніми, затверділими шарами, сприймає значну частку зусиль, утримуючи верхні шари бетонної суміші від зсування вгору за ковзною опалубкою. Арматура, розташована поблизу щитів опалубки, може спричинити збільшення сил, що перешкоджають її підніманню.

У пристінній ділянці першого шару може виникати заклинювання зерен великого заповнювача між опалубкою і арматурою. Щоб унеможливити заклинювання, товщина захисного шару має становити не менше ніж 25 мм, а в бетонній суміші необхідно виключити значні фракції великого заповнювача.

Одним з технологічних рішень, що підвищують індустріальність робіт у ковзній опалубці, є змінювання безперервного руху опалубки на циклічний. Із цією метою використовують механізовану циклічно-переставну опалубку.

1.3.6 Котюча опалубка

Котюча (горизонтально переміщувана опалубка) періодично пересувається в горизонтальному напрямі відповідно до того, як бетон набуває достатньої міцності. Її застосовують для бетонування лінійно протяжних споруд із постійним поперечним перерізом і типовими повторюваними елементами чарунок – підпірних стінок, тунелів і колекторів для підземних споруд і комунікацій, що зводять відкритим способом. Залежно від типу й об'ємно-планувального рішення споруди котюча опалубка може різнитися певними технологічними особливостями, але базове конструктивне рішення загалом не змінюється. Така опалубка призначена для забезпечення безперервності процесу бетонування (допускаються незначні перерви). Застосовують два варіанти технології – безперервне ковзання опалубних щитів по поверхні конструкції, що будується, і

попереднє переставлення щитів з попереднім відриванням їх від бетону на попередній захватці.

Сучасні типи опалубок забезпечують переміщення опалубних щитів уздовж осі бетонованої конструкції, піднімання щитів по вертикалі для по-ярусного бетонування, регулювання ухилу бетонованих поверхонь.

Котюча опалубка для бетонування лінійно протяжної споруди (тунелю) складається з внутрішньої і зовнішньої частин. Нижня, внутрішня частина опалубки, монтується на рейковому шляху і складається з візка із закріпленими на ньому підймальними пристроями – домкратами двох типів, підйально-опускними опорами, які підтримують інвентарну опалубку (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Котюча опалубка для бетонування лінійно протяжних споруд

На візку розміщуються горизонтальні домкрати, за допомогою яких внутрішні бічні щити опалубки встановлюються в проектне положення. На переміщуваному візку встановлюються також центральні стояки з гвинтовими домкратами. Верхній щит складений, він шарнірно закріплюється на стояку. Вертикальні щити з'єднані з горизонтальними також на шарнірах. Верхні щити встановлюють в робоче положення і розпалублюють за допомогою обертання домкратів, розташованих на стояках.

Зовнішня опалубка складається з двох бічних рам, з'єднаних шарнірно; їх можна повертати під час установа в робоче положення і під час розпалублення. Зовнішня опалубка переставляється краном, внутрішня – на візку переміщається по рейках за допомогою лебідок. Для переміщення опалубка забезпечена котками або візками, що пересуваються по напрямних або рейках, для транспортування – лебідкою або приводом.

Після укладання й тверднення бетону від нього відривають опалубні щити, приводячи їх у транспортне положення. Потім опалубку переміщують по напрямних уздовж будованої споруди на нову стоянку. Під час розпалублення горизонтальний щит ніби переламується і під час опускання вниз тягне за собою вертикальні щити; їх також відривають від бетону й повертають.

Котюча опалубка колекторів і тунелів може мати прямокутний і криволінійний переріз. Опалубка дає змогу бетонувати тунелі 2100...2800 мм завширшки із модулем 100 мм і висотою споруди – 1800...2200 мм. Висоту змінюють за допомогою телескопічних бічних несучих стояків, а ширину – шляхом розсування бічних поверхонь щодо нижнього ригеля з центральним стояком. Цей стояк, оснащений гвинтовим домкратом, забезпечує розпалублення внутрішньої опалубки і установлення її знову в робоче положення.

Різновиди котючої опалубки застосовують для бетонування склепінь-оболонок та оболонок подвійної кривизни. Бетоновані прогони можуть сягати 12...18 м, а висота споруди від рівня підлоги до низу перекриття – 5...7 м.

Ланка інвентарної опалубки має довжину 6 м; залежно від необхідного ритму робіт по довжині захватки в роботі можуть перебувати одночасно 2...3 і більше ланок опалубки.

Застосовують різновид котючої опалубки, яка призначається для бетонування високих і протяжних стін, зокрема підпірних стінок (рис. 1.16). Довжина щитів опалубки може становити до 8 м, вони закріплюються на порталі, що переміщується.

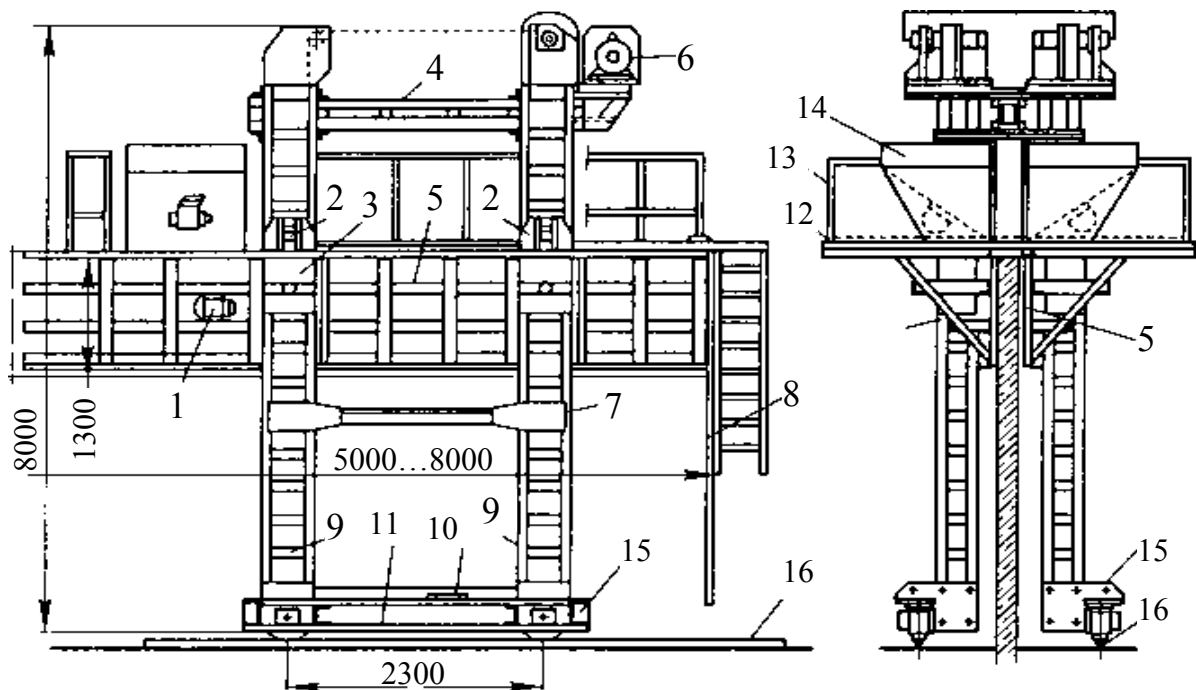


Рисунок 1.16 – Котюча опалубка для бетонування стін: 1 – вібратор; 2 – фіксатори; 3 – повзуни; 4 – з'єднувальна балка; 5 – щит опалубки; 6 – лебідка для піднімання щитів; 7 – монтажний пристрій; 8 – сходи; 9 – стійка котючої опалубки; 10 – електричний привід; 11 – візок; 12 – робочий настил; 13 – огорожа настилу; 14 – бункер для бетонної суміші з вібратором; 15 – візок для горизонтального переміщення; 16 – рейковий шлях порталу для переставляння на наступний ярус бетонування

Портал забезпечує різну товщину стін – до 800 мм. Щити можна переміщувати вгору по напрямних порталу для переставляння на наступний ярус бетонування. Щити опалубки відривають від бетону й переміщують горизонтально за допомогою домкратів, а піднімають і опускають – за допомогою тросів.

1.3.7 Пневматична опалубка

Для зведення споруд і окремих елементів криволінійної поверхні економічно доцільно використовувати пневматичну опалубку. Її застосовують для зведення колекторів, покриттів купольних споруд із діаметром до 36 м і склепінчастих тонкостінних конструкцій із прогоном 12...18 м. Пневматична опалубка використовується для зведення складів, виробничих будівель, ангарів для різноманітної техніки, сховищ зерна і добрив, систем колекторів і трубопроводів, спортивних споруд.

Цей різновид опалубки виконують у вигляді гнучкої оболонки з високоміцної прогумованої тканини завтовшки 0,3...0,5 мм, міцної полімерної плівки, плівки з резинолатексних матеріалів, наповнених стисненим повітрям, або пневматично підтримувальних елементів із формотворчою оболонкою. У робочому положенні опалубка підтримується за допомогою надлишкового тиску повітря. Опалубку розкрояють за спеціальними викрійками, зшивають, шви проклеюють тим самим матеріалом. Опалубку закріплюють по контуру основи, потім у неї нагнітають повітря під тиском 0,05 МПа.

Перед бетонуванням її поверхню вкривають емульсійним мастилом. Армування виконують із дисперсного армованого скловолокна або зі звичайного сітчастого армування. Бетон наносять набризком або пошарово. Коли бетон набуває проектної міцності, опалубку відокремлюють від нього. Для прискореного тверднення бетону в опалубку можна подавати пару або підігріте повітря.

Застосування пневматичної опалубки не передбачає великих витрат на транспортування, монтаж і експлуатацію. За допомогою такої опалубки можна зводити конструкції у важкодоступних місцях.

Перевагами пневмоопалубок є їхня невелика маса, висока оборотність і низька трудомісткість монтажу й демонтажу.

Під час роботи з пневмоопалубкою потрібно, щоб робочий тиск у ній становив приблизно 1,2 кПа. Повітроподавальна установка повинна працювати в автоматичному режимі, тиск усередині опалубки необхідно постійно контролювати манометрами. Для проходу робітників під оболонку опалубки влаштовують вхідний шлюз із двома дверима, що щільно закриваються.

Бетонну суміш наносять за допомогою установки «Пневмобетон», починаючи бетонувати її знизу від фундаменту вгору до замка по зонах і на повну конструктивну висоту. Робітники розміщуються на автогідропідйомнику, товщина шару набризку контролюється шляхом попереднього встановлення на опалубці спеціальних маяків, що показують проектну товщину конструкції.

Під час укладання бетонної суміші декількома шарами із застосуванням торкретування для забезпечення надійного зчеплення поверхню раніше укладеного бетону необхідно ретельно зволожити. До того ж різниця за термінами нанесення бетону на суміжних ділянках опалубки не повинна перевищувати 2...4 год, оскільки в разі великих термінів деформація опалубки під час укладання суміші може передатися і спричинити порушення структури бетону, що твердне на сусідній ділянці.

Для запобігання висушуванню бетону, що твердне під дією вітру й сонячної радіації, його поверхню одразу після укладання шару проектної товщини вкривають шляхом напилення захисною плівкою, що перешкоджає активному випаровуванню вологи.

Після досягнення бетоном проектної міцності проводять розпалублення. Спочатку нейтралізують внутрішній тиск у системі і опалубці, потім демонтують кріпильні пристрої. Опалубка легко відділяється від вертикальних і горизонтальних поверхонь, набувши міцності бетону; після очищення її згортають і готують для повторного використання.

1.3.8 Незнімна опалубка

Раціональним напрямом у будівництві є оптимальне поєднання монолітного залізобетону і збірних конструкцій. Ефективним, зазвичай, є комбіноване застосування збірних і монолітних конструкцій стін, перекриттів та інших конструктивних елементів (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Незнімна опалубка

Незнімна опалубка після укладання монолітного бетону й завершення наступних процесів залишається в тілі забетонованої конструкції і використовується як одне ціле. Опалубка не тільки набуває форми споруди, його архітектурних особливостей, але й захищає поверхню від впливу атмосферних явищ, підвищує міцність конструкції, збільшує режим тверднення бетону. Випуски арматури у вигляді змійки і сама внутрішня поверхня панелі – нерівна й шорстка – сприяють кращому контакту з укладуваним монолітним бетоном.

Як матеріал для незнімної опалубки використовують сталевий профільований настил, різноманітні листові матеріали, керамічні й скляні

блоки, навіть металеві сітки. Опалубку виготовляють також із плоских, ребруватих і коритоподібних профільних плит, виготовлених із залізобетону, бетону, армоцементу, склоцементу, фіброцементу. Такі плити застосовують для бетонування монолітних конструкцій і споруд із простою конфігурацією і з великими палубленими поверхнями; їх встановлюють у проектне положення за допомогою кранів. Зовнішні площини цих елементів повинні співпадати з поверхнею монолітної конструкції, що зводиться. Такі плити кріплять за допомогою зварювання їхніх випусків і армокаркаса монолітної конструкції. Можливими варіантами є кріплення за допомогою інвентарних кріпильних і підтримувальних пристроїв (прогонів, підкосів, зачепів), які після бетонування й набуття бетоном початкової достатньої міцності знімають і застосовують повторно.

Залежно від функційного призначення опалубку використовують як формуювальну конструкцію, опалубку-личкування і опалубку-ізоляцію, зазвичай поєднуючи всі або частину цих функцій. У будь-якому разі ці елементи є зовнішньою поверхнею будованої конструкції, тому мають різну фактуру і обробляються плиткою та іншими матеріалами, що наносять в заводських умовах.

Самі ж плити незнімної опалубки після бетонування монолітних конструкцій залишаються її складниками. Перевагою незнімної опалубки є скорочення приблизно в два рази трудовитрат внаслідок виключення циклу демонтажу опалубки, зменшення обсягів монолітного бетону внаслідок того, що опалубка стає складником конструкції, скорочення трудовитрат на оброблення фасадних поверхонь і майже повне виключення оздоблювальних робіт.

Під час зведення монолітних житлових будинків застосовують спеціальні двошарові плити, які одночасно виконують функції опалубки і декоративного теплоізолювального шару для фасадних стін будівель. Незнімна опалубка стін може використовуватися також у вигляді шкаралуп з монолітного керамзитобетону, шкаралуп з наклеюваним утеплювачем з пінополістиролу і внутрішнім монолітним шаром з важкого бетону. Незнімну опалубку встановлюють також із зовнішнього і внутрішнього боку конструкції, простір між ними заповнюють теплоізолювальним конструктивним матеріалом – пінобетоном, поризованим бетоном, пінофосфогіпсом тощо.

Найбільшого поширення набула залізобетонна опалубка-личкування. Її з успіхом застосовують під час зведення гідротехнічних, енергетичних об'єктів, фундаментів під обладнання, масивних колон і стін в промисловому будівництві, під час зведення збірно-монолітних житлових і цивільних будівель.

Опалубку-личкування для збірно-монолітного будівництва виготовляють у вигляді плит 8...10 см завтовшки з керамзитобетону й важкого бетону. Як можливий варіант застосовують двобічну опалубку-личкування із заповненням порожнини легким бетоном – керамзитобетоном і пінобетоном.

Залежно від технологічного призначення залізобетонну опалубку виготовляють із спеціальних цементів та наповнювачів, що дає змогу використовувати її для теплоізоляції, захисту майбутньої конструкції від агресивних середовищ, зокрема й ґрунтових вод.

1.4 Виконання опалубних робіт

Проект опалубних робіт є частиною загального проекту виконання робіт. Він включає схему організації опалубних робіт у поєднанні з іншими різновидами робіт із розбиванням їх на захватки, напрями руху комплектів опалубки, зазначення темпу оборотності комплекту на окремих захватках або складних конструкціях, технологічні карти на виконання опалубних робіт, маркувальня креслення опалубки окремих, найбільш характерних, часто повторюваних або складних конструкцій, специфікація елементів і загальний обсяг комплекту опалубки.

Маркувальне креслення – схематичне зображення палубленої поверхні з елементами опалубки, на яких нанесені присвоєні їм умовні позначення – марки. Крім уніфікування елементів, вказують місця устанавлення «добирень». На маркувальному кресленні розміщують специфікацію елементів опалубки на бетоновану конструкцію, а також обсяг матеріалів, необхідних для влаштування «добирень».

Креслення кріплення опалубки конструкцій, що використовуються під час зведення складних споруд типу каркасних багатопверхових будинків із безбалковими перекриттями або з капітелями, розробляються з відповідним ступенем деталізації, який необхідний для того, щоб креслення могли зрозуміти робітники III – IV розрядів.

Для простих за конфігурацією залізобетонних конструкцій невеликого обсягу (ступінчасті фундаменти під колони каркаса, стіни тощо) маркувальне креслення може бути виконане як ескіз.

Технологічні карти на виконання опалубних робіт розробляються для всіх складних залізобетонних конструкцій і споруд, що мають маркувальні креслення, а також для одного з найбільш повторюваних типів простих конструкцій. На технологічній карті вказується послідовність устанавлення і розбирання закладних деталей і послідовність окремих операцій під час монтажу підтримувальних елементів опалубки складних споруд.

Чисельно кваліфікаційний склад ланок опалубників обумовлюється різновидом робіт, типом опалубки і риштування, а в деяких випадках – специфічними умовами будівництва. Опалубники-монтажники повинні володіти професійними навичками монтажників, слюсарів-складальників і теслярів.

Розмір монтажних одиниць (панелей, блоків, тунелів, напівтунелів, секцій, столів) призначається максимальним з урахуванням вантажопідіймальності крана; максимального використання площі робочої поверхні щитів; уніфікації монтажних одиниць елементів опалубки і оснащення.

Прогин елементів опалубки під дією навантажень не повинен перевищувати 1/400 прогону елемента опалубки для відкритих поверхонь конструкцій, 1/250 прогону елемента опалубки для прихованих поверхонь конструкцій, 1/500 прогону опалубки перекриттів. Панелі з уніфікованих щитів збирають на спеціальному майданчику, який необхідно спланувати й забезпечити твердим покриттям. На покриття в двох напрямках укладається швелер або двутавр не

менше ніж 20 см заввишки. Профіль потрібно віднівелювати й жорстко закріпити в робочому положенні.

Панелі збирають у такій послідовності: щити, відповідно до монтажної схеми, розкладають на монтажному майданчику палубою вниз і пригружують (або притягують струбцинами до опорних швелерів), щоб уникнути зсування; щити скріплюють між собою замками; встановлюють і закріплюють накладки і (за необхідності) додаткові надставки; встановлюють і закріплюють кронштейни риштування й підкоси; панель переводять у вертикальне положення (ставлять у стапель); монтують настил риштування й огорожі.

Великощитову опалубку перекриттів, зовнішніх стін, блокову та об'ємно-переставну опалубку монтують з готових панелей (рис. 1.18).



Рисунок 1.18 – Монтаж панелей опалубки

Опалубку очищують після кожного обороту за допомогою ручного інструменту і змащують, застосовуючи малярні пневморозпилювачі. Мастило наносять не раніше, ніж за дві години до бетонування. У суху й спекотну погоду змащену поверхню необхідно оберігати від висихання.

Під час монтажу опалубки спочатку монтують монтажні одиниці, що утворюють формувальну площину зовнішніх стін або визначають в подальшому положення опалубки зовнішніх стін, і вивіряють їх по лінії фасаду. Далі монтують опалубку ліфтової шахти, вивіряючи її щодо вертикальної осі шахти. Потім монтують опалубку, розташовану між цими монтажними одиницями.

За такої послідовності монтажу помилки й допуски компенсуються в зоні найменше значущих конструкцій.

Монтажні одиниці вивіряють за допомогою геодезійних інструментів. Вивіряють кожен монтажну одиницю окремо, до початку монтажу наступної, що до неї прилягає. Після закінчення вивіряння монтажну одиницю (за винятком столів великощитової опалубки перекриттів) жорстко фіксують стяжками до встановлених раніше.

Під час застосування великощитової опалубки стін необхідно дотримуватися такого порядку виконання технологічних операцій:

- розбивання осей стін і нанесення розмічувальних ліній для встановлення щитів і панелей;
- очищення, змашування й комплектування панелей елементами електропроводки, каналоутворювачами, вкладками й закладними деталями;
- встановлення панелей уздовж розмічувальної лінії по один бік від осі стіни, закріплення їх за допомогою системи підкосів і з'єднання суміжних панелей за допомогою струбцин;
- встановлення прорізоутворювачів і нижніх фіксаторів товщини стін;
- встановлення панелей, що протиставляються раніше встановленим, поєднання їх за допомогою струбцин, встановлення щитів торців стін;
- встановлення й затягування стяжок і кутових щитів, бетонування стін;
- демонтаж стяжок після затвердіння бетону, кріпильних елементів, вкладок і прорізоутворювачів, звільнення замків кутових щитів;
- зняття струбцин, що з'єднують суміжні панелі;
- розпалублення стін шляхом відхилення панелей за допомогою підкосів;
- переміщення панелей разом із кутовими щитами на наступну технологічну захватку;
- вилучення та перенесення прорізоутворювачів на наступну захватку.

Щоб зменшити кількість ручних і кранових операцій, панелі великощитової опалубки стін, що утворюють кут, потрібно об'єднати в монтажну одиницю (напівблок), що включає дві панелі – один кутовий елемент. Аналогічно потрібно чинити під час палублення колон, утворюючи два Г-подібні напівблоки.

Під час укладання великощитової опалубки перекриттів доцільно дотримуватися такого порядку виконання технологічних операцій:

- встановлення столів зі змонтованими на них бортами і майданчиками обслуговування між попередньо зведеними стінами;
- вивірення положення столів по нівеліру за допомогою гвинтових домкратів телескопічних стояків;
- підтискання щитів до стін по торцях панелі за допомогою спеціального пристрою;
- армування, бетонування, витримування бетону до набуття ним розпалубної міцності;
- розпалублення шляхом стиснення пристрою, що підтискає панелі до стін, вигвинчування домкратів на стояках і переобпирання столів на колеса телескопічних стояків або на спеціальний відкатний візок;
- витягування столової опалубки методом послідовного перестропування з-під готового перекриття й подавання її на пост чищення, змашення й

комплектації. При цьому перекриття необхідно тимчасово переоперти на інвентарні стояки.

За наявності траверси «качиний ніс» столову опалубку витягують без послідовного перестропування.

Під час укладання блокової опалубки стін необхідно дотримуватися такого порядку виконання технологічних операцій:

- блок встановлюють на горизонтальний майданчик біля будівлі. Допускається установа блоку на готове перекриття на сусідній захватці;

- встановлюють важільний розпалубний механізм у монтажне (робоче) положення, за якого стиснення блоку виключається. При монолітній конструкції зовнішньої стіни навішують віконні прорізоутворювачі, стропують блок за монтажні петлі і подають до місця установа;

- встановлюють перший блок в плані по розбивних мітках, нанесених на перекриття, або за спеціальними фіксувальними елементами, що виступають над перекриттям, вивіряють у плані і розстроплюють;

- домкратами вивіряють положення блоку, контролюючи вивірення геодезійними інструментами;

- армують стіни і встановлюють прорізоутворювачі, вкладки, трубку розводку або каналоутворювачі для електричних слабкострумівих мереж (у разі монолітної конструкції зовнішньої стіни цю операцію проводять з риштування);

- встановлюють нижні фіксатори товщини стін, сусідній блок, верхні фіксатори товщини стіни, кріплять щити протилежних блоків стяжками;

- встановлюють щит торця стіни, проміжки між щитами і перекриттями зашпаровують розчином.

Якщо конструкція зовнішніх стін монолітна, на кронштейни блоку перед його монтуванням навішують панель опалубки зовнішньої стіни. Блоки опалубки в сходовій клітці й ліфтовій шахті встановлюють на опорні майданчики.

Блокову опалубку демонтують у наступній послідовності:

- знімають щити торців стін, стяжки, фіксатори, елементи кріплення вкладок і прорізоутворювачі (якщо конструкція зовнішніх стін монолітна, демонтують опалубку панель зовнішньої стіни);

- переводять важільний розпалубний механізм в положення розпалублення, за допомогою важільних механізмів відривають щити від стін;

- стропують опалубку за монтажні петлі чотиригілковим стропом, потім витягують його з відформованого осереддя;

- витягують прорізоутворювачі і вкладки.

У ліфтовому вузлі після демонтажу блоково-щитової опалубки опорний майданчик переставляють на розміщений вище поверх, а отвір у розташованому нижче перекритті забезпечують.

Об'ємно-переставна опалубка дає змогу зводити повздовжні, поперечні стіни і перекриття одночасно – методом поєднання або поетапним методом, під час якого спочатку зводять у великощитовій опалубці повздовжні стіни, а потім

в об'ємно-переставній – поперечні стіни й перекриття. Зовнішні стіни, незалежно від їхньої конструкції, зводять із відставанням на один-два поверхи.

Застосовуючи суміщений метод, будівлю зводять у такій послідовності:

– очищення, змащування, комплектування монтажних одиниць елементами прихованої електропроводки, слабкострумівих мереж, вкладками, каналотворювачами й закладними деталями;

– установлення монтажних одиниць між цоколями стін попереднього поверху одночасно з монтажем прорізоутворювачів і армуванням стін, установлення верхніх і нижніх фіксаторів товщини стіни;

– вивірення положення опалубки за допомогою домкратів і контроль положення геодезійними інструментами, поєднання вертикальних щитів за допомогою стяжок;

– установлення щитів торців стін і бортів;

– комплектація (за необхідності) щитів перекриття елементами прихованої електропроводки і закладними деталями, армування перекриттів; установлення і закріплення опалубки цоколів.

Після набуття бетоном розпалубної міцності вигвинчують домкрати, відривають монтажні одиниці від бетонних конструкцій, витягують монтажні одиниці із забетонуваних чарунків і транспортують їх на наступну технологічну захватку (рис. 1.19). У разі застосування поетапного методу до початку базових операцій зводять повздовжні стіни будівлі у великощитовій опалубці і монтують опалубку перекриття для зведення перекриттів над повздовжніми стінами (у разі монолітної конструкції перекриття).



Рисунок 1.19 – Демонтаж ковзної опалубки

Опалубку демонтують в такій послідовності:

– витягання напівтунелів і тунелів за допомогою траверси «качиний ніс»;

- переміщення секцій тунелів або напівтунелів на викочуване риштування і наступне їхнє транспортування вантажопідіймальними засобами;
- витягання тунелів за допомогою спеціальної траверси з регульованою довжиною строп.

Заходи щодо зниження зчеплення бетону з опалубкою. Зчеплення бетону з опалубкою ускладнює розпалублення, погіршує якість бетонних поверхонь і призводить до передчасного зношування опалубних щитів. Бетон прилипає до дерев'яних і металевих поверхонь опалубки більше, ніж до пластмасових.

Ступінь зчеплення бетону з опалубкою обумовлюється адгезією і когезією бетону, швидкістю його усідання, шорсткістю і поруватістю формувальної поверхні опалубки.

Під час контакту бетону з опалубкою, особливо в разі застосування віброущільнення, збільшується пластичність бетонної суміші, бетон зближується з поверхнею опалубки, суцільність контакту збільшується і створюються сприятливі умови для прояву адгезійних властивостей бетону (прилипання).

Усадка негативно впливає на адгезію: що більше вона в пристикових шарах бетону, то більшою є ймовірність появи в зоні контакту зсідних тріщин, що послаблюють зчеплення. Одним із засобів зниження адгезійних процесів є застосування мастил, адгезійних покриттів і футерування. За принципом дії мастила умовно розподіляють на плівкоутворювальні, гідрофобізувальні, мастила – сповільнювачі зчеплення, розкривачі й комбіновані.

Під час використання плівкоутворювальних мастил на формувальних поверхнях опалубки з'являється тонка мінеральна плівка, що унеможлиблює прилипання бетону до опалубки. Гідрофобізувальні мастила під час нанесення на опалубку утворюють гідрофобну (незмочену) плівку. До них належать прямі і зворотні емульсії, розчини й відходи нафтопродуктів, консистентні тощо.

Дія мастил-розкривачів базується на уповільненні процесів зчеплення тонких пристикових шарів бетону. Опалубка під час розпалублення відривається частково по контактній зоні або по слабким пристиковим шарам бетону. Ці мастила внаслідок деякої пухкості пристикового шару уможливають оголення структури бетону під дією струменя води, забезпечуючи естетичний вигляд конструкції.

Найефективнішими є комбіновані мастила. До їхнього складу входять гідрофобізувальні речовини, сповільнювачі зчеплення, а також пластифікатори, які зменшують поверхневу поруватість і підвищують якість бетону.

Мастило обирають, аналізуючи місцеві умови і можливості, вимоги технології бетонування й економічності.

Окрім правильного вибору мастила, важливо також його правильно нанести. Спосіб нанесення мастила насамперед обумовлюється його в'язкістю, а також розташуванням поверхні опалубки. Рідкі мастила рекомендовано наносити за допомогою звичайних розпилювачів, що забезпечує отримання рівномірного шару при невеликих витратах за будь-якого положення поверхні опалубки. Для в'язкоплинних складів допускається застосування валиків, пензлів, щіток і ганчірок. Горизонтальні або слабопохилі опалубки доцільно

обробляти механічними щітками, що забезпечує зниження трудовитрат і полегшує розподіл мастил жорсткої консистенції.

Бетонування розчинають після розпаду емульсій і випаровування розчинника з розчину. Мастила не повинні стикатися з арматурою. Надлишок мастила, що утворюється в окремих випадках, видаляють губкою або гумовими щітками.

Висновки

Використання різноманітних сучасних опалубних систем уможливорює підвищення технологічності будівельного процесу. До того ж терміни будівництва і якість цього процесу безпосередньо залежать від якості використовуваної опалубки. Отже, вкрай важливо, щоб опалубні системи були надійними, міцними й довговічними, а також мали хороші механічні характеристики. Вони різняться за призначенням, і цим обумовлюються вимоги, що висуваються до прогину, навантажень і точності їхнього виготовлення.

Ефективність опалубки визначається її здатністю видозмінюватися і підлаштовуватися до особливостей об'єкта, а також ступенем легкості й простоти збирання. Кожна торгова марка застосовує свої способи з'єднання і складання компонентів тощо. Системи виготовляють, керуючись розробками її фахівців. Зрозуміло, що кожна фірма-виробник вважає свої розробки і, відповідно, опалубки найкращими й найпрактичнішими.

Якісні опалубки можуть бути виготовлені тільки за допомогою сучасного технологічного обладнання та передових технологій. Під час виготовлення вітчизняних опалубок застосовують світовий досвід, оскільки, на відміну від України, в Європі опалубки використовують вже давно.

Економічність зведення будівель і споруд з монолітного бетону та залізобетону, їх довговічність, мінімальні терміни будівництва, невелика вага будівель порівняно з будівлями з інших матеріалів, зокрема цегляних, виконання робіт в різних кліматичних умовах та обмеження простору, оригінальність, зведення будівель різної висоти і функціонального призначення, застосування інноваційних технологій забезпечили не тільки розвиток монолітного будівництва, а й розроблення й упровадження нових опалубних систем.

2 АРМАТУРА ТА ВИКОНАННЯ АРМАТУРНИХ РОБІТ

2.1 Загальні відомості

Особливості монолітного залізобетону значною мірою визначає раціональне армування. Обираючи різновид арматури для монолітних конструкцій, беруть до уваги особливості роботи цих конструкцій, їхні розміри та конфігурацію, а також технології і спосіб організації робіт щодо зведення монолітних будівель і споруд. Призначаючи методи армування враховують технологічність влаштування, що визначає трудомісткість, обсяги немеханізованої праці, інтенсивність виконання робіт.

У складі комплексного процесу виконання конструктивних елементів будівлі частка арматурних робіт становить 17...30 % від вартості і 15...25 % від трудомісткості. Аналіз витрат праці на арматурні роботи свідчить про те, що до 15 % загальної трудомісткості робіт припадає на операції по збиранню і зварюванню арматури, із них приблизно 60 % робіт виконується вручну.

Арматура залізобетонних конструкцій класифікується за призначенням, за умовами роботи та за способом виготовлення.

За призначенням арматуру розподіляють на *робочу*, яка сприймає, головним чином, розтягувальні зусилля, що виникають в процесі експлуатації конструкцій; *розподільну* – для розподілу зусиль між робочою арматурою, закріплення стрижнів у каркасі і забезпечення їхньої спільної роботи; *монтажну* – для забезпечення проектного положення окремих стрижнів під час складання плоских і просторових каркасів; *хомути* – для сприйняття поперечних зусиль і запобігання косим тріщинам у бетоні.

За умовами роботи арматуру розподіляють на *ненапружену* й *напружену*, за способом виготовлення – на *стрижневу* й *дротяну*. Стрижнева й дротяна арматури можуть бути *гладкою* й *періодичного профілю*. Виокремлюють такі різновиди стрижневої арматури: *гарячекатана* (класів А-I; А-II; А-III; А-IV; А-V), *термічно зміцнена* (класів Ат-IV; Ат-V; Ат-VI), *зміцнена витяганням* (класів А-IIв і А-IIIв).

Дротяну арматуру розподіляють так: арматурний дріт із низьковуглецевої сталі круглий класу В-I і періодичного профілю Вр-I, із вуглецевої сталі (високоміцна) круглий класу В-II і періодичного профілю Вр-II; арматурні пасма і канати.

Арматурні сталі класів А-I, А-II, А-III, В-I, Вр-I використовують як ненапружену арматуру в звичайних і попередньо напружених конструкціях.

Залізобетонні конструкції армують арматурними виробами заводського і будівельного виробництва: плоскими і гнутими сітками, плоскими і просторовими каркасами та різними типами закладних деталей.

Сітки виготовляють з робочою арматурою одного напрямку діаметром 12, 14, 16, 18, 20, 22 і 25 мм і кроком 200 мм та монтажною арматурою з діаметром 8, 10 і 12 мм і кроком 600 мм. Робоча арматура виготовляється зі сталі класів А-II і А-III, монтажна – зі сталі класу А-I. Розмірний модуль сіток – 300 мм.

Конструкції армують плоскими окремими сітками і просторовими каркасами, зібраними з уніфікованих сіток. Плоскі сітки поставляють пакетами, рулонні – рулонами, маса яких становить 100...150 кг, а внутрішній діаметр – не менше ніж 500 мм (рис. 2.1).

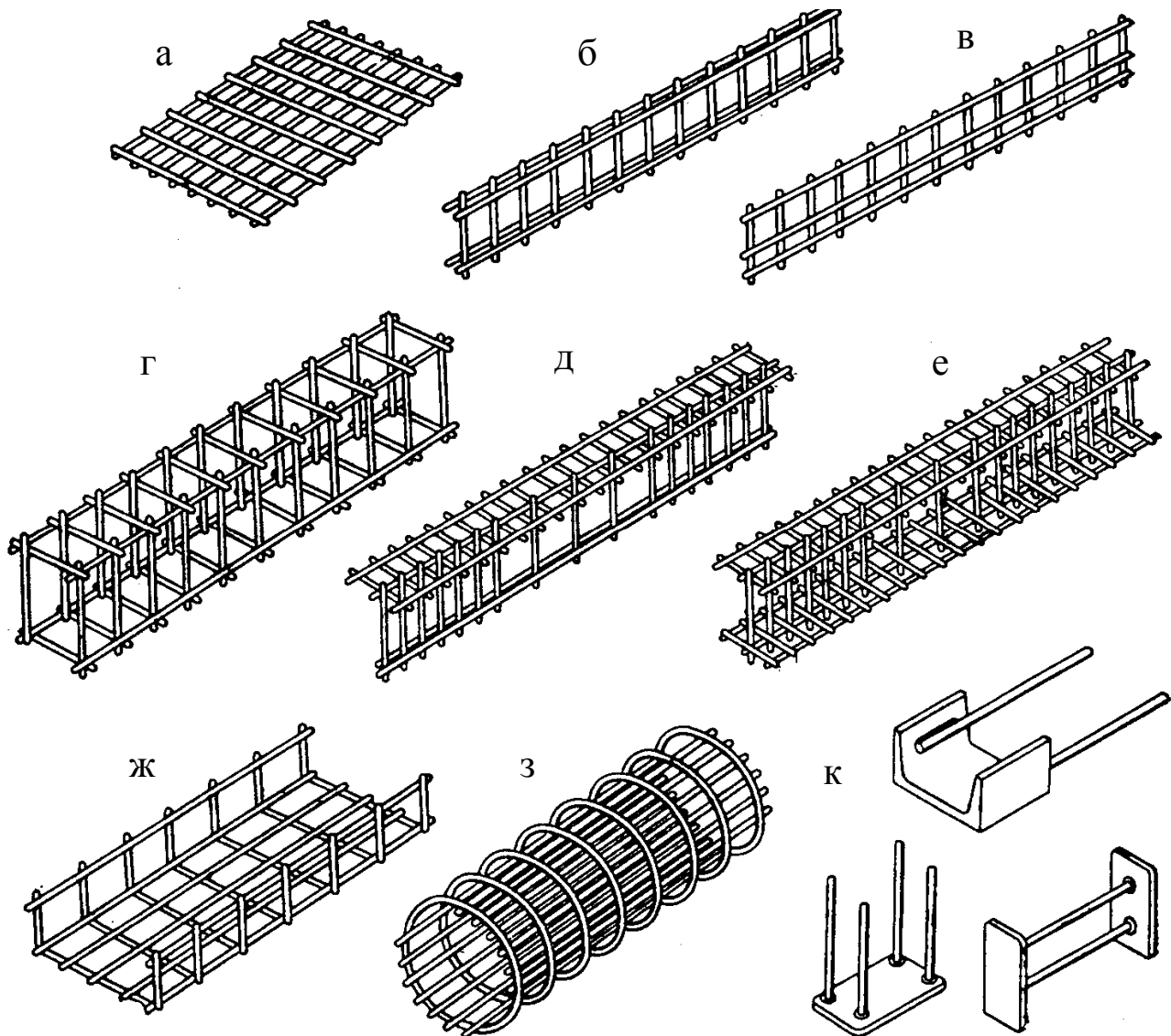


Рисунок 2.1 – Різновиди арматурних виробів: а – плоска сітка; б, в – плоскі каркаси; г – просторовий каркас; д – просторовий каркас із тавровим перерізом; е – те саме, із двотавровим перерізом; ж – гнута сітка; з – те саме, із криволінійним перерізом; к – закладні деталі

Відповідно до розмірів і типів бетонованих конструкцій підбирають сітки, план їхнього розкладання, за необхідності сітки розрізають за необхідними розмірами, з'єднують сітки внапусток відповідно до розмірів перекриття стрижнів. Просторові каркаси збирають із уніфікованих важких і легких сіток та стрижнів у вигляді замкнутих, прямокутних і криволінійних конструкцій, зі змінюваним по довжині перерізом.

Металеві закладні деталі різної конфігурації виконують зі сталевих пластин, до яких приварюють анкерні стрижні для закріплення їх у бетоні. Закладні деталі виготовляють із арматурної сталі класів А-I...А-III.

Для плоских елементів застосовують гарячекатану листову, смугову й фасонну сталь марки Ст3. Закладні деталі захищають від корозії. Антикоровий захист закладних деталей забезпечує надійність і довговічність споруд, тоді як лакофарбові покриття не захищають закладні деталі від корозії, оскільки в процесі експлуатації в цих покриттях можуть утворюватися тріщини й пори.

Ефективнішим способом антикоровий захисту є цинкування сталі. У місцях із підвищеним вмістом сірчистих сполук, наприклад у містах, а також після зварювання, яке руйнує покриття, цинкування виконують за допомогою методу металізації: закладні деталі очищують від корозії піскоструминними апаратами, потім шляхом розпилення наносять шар розплавленого цинку. Для металізації використовують електричні та газополум'яні металізатори.

2.2 Стрижневий арматурний прокат

Під час будівництва з монолітного залізобетону для армування застосовують переважно стрижневий арматурний прокат із діаметром 10...40 мм. На сьогодні стрижневий арматурний прокат найвикористовуваніших класів А400 і А500 випускають як із «кільцевим», так і з «європрофілем», із двостороннім розташуванням серповидних поперечних ребер. У європейських країнах цей профіль почали широко застосовувати у стрижневій арматурі з початку 70-х років і на сьогодні він майже повністю витіснив профілі інших типів (рис. 2.2).

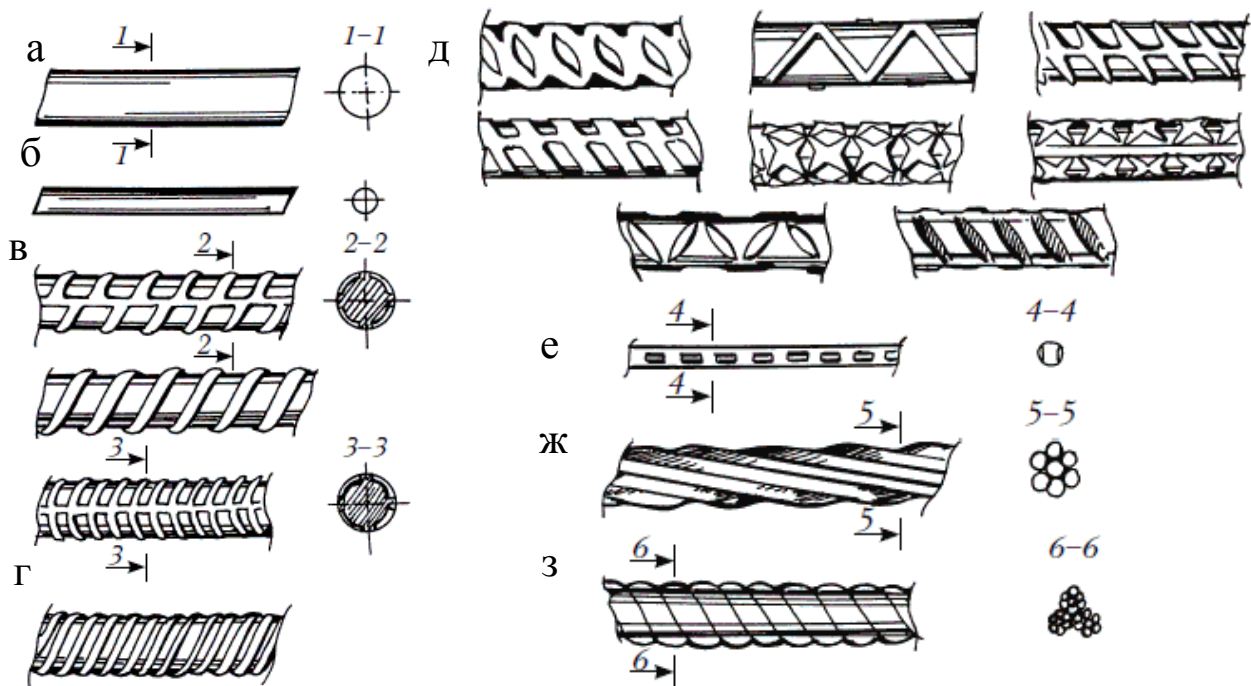


Рисунок 2.2 – Арматура за типами й різновидами поперечного перерізу: а – гладкий гарячекатаний стрижень (тип арматури А-I); б – дротова арматура круглого перетину; в – стрижнева гарячекатана арматура періодичного профілю (тип арматури А-II); г – стрижнева гарячекатана арматура періодичного профілю (типи арматури А-III і А-IV); д – стрижнева гарячекатана арматура періодичного профілю менш поширених типів; е – холодносплющена дротова арматура періодичного профілю; ж – семидротове пасмо класу К-7; з – трипасмовий трос класу К-3

Порівняно з кільцевим профілем геометрія серпоподібного профілю має низку переваг, що у сучасному прокатному виробництві належать до технологічних. Поступове змінювання висоти серпоподібних поперечних ребер і відсутність їхнього перетинання з повздовжніми ребрами забезпечує невелике підвищення міцності стрижнів під впливом багаторазово повторюваних навантажень.

Істотним недоліком серпоподібного профілю є менша порівняно з кільцевим, міцність і жорсткість зчеплення арматурних стрижнів із бетоном унаслідок того, що площа зминання поперечних ребер при збільшеному кроці є меншою. Це відображено в нормах проектування різних країн. У міжнародних рекомендаціях проекту єврокодів, нормах США розрахункові базові довжини анкерування арматури в 1,3...2 рази більші порівняно з необхідними будівельними нормами у нас. Великий обсяг нових зарубіжних публікацій щодо дослідження зчеплення, що з'явилися останнім часом, свідчить про наукову обґрунтованість таких вимог до арматури з європрофілю.

На відміну від європейських країн, де серпоподібний профіль посідає монопольне становище на ринку арматури, у нас використовують і серпоподібний профіль і традиційний, кільцевий.

Розроблений спеціально для арматури класу міцності 500 МПа (А500СП) профіль із умовною назвою серпоподібний чотиристоронній поєднує позитивні властивості як кільцевого, так і серпоподібного двобічного профілів. Крім того, він дає змогу без прокатного маркування спеціальних символів безпомилково ідентифікувати клас міцності арматури на поверхні стрижнів, що практично виключає можливість випадкового потрапляння в конструкції арматури нижчого класу міцності.

Порівняно з двобічним серповидним, новий профіль дає змогу при тій самій висоті поперечних ребер збільшити їхню відносну площу зминання в 1,3...1,4 рази, до того ж крок ребер у кожному ряду збільшується на 10...15 %. Збільшений крок розташованих у розбіг поперечних виступів полегшує заповнення проміжків між виступами зернами великого заповнювача, що підвищує міцність і жорсткість зчеплення. Чотирирядне компонування ребер забезпечує рівномірніший за контуром перетину стрижня розподіл розклинюваних бетон зусиль розпертя, що виникають у зонах анкерування, або напуск арматури.

2.3 Арматурний прокат, що постачається в бухтах

Для виготовлення залізобетонних конструкцій широко використовується арматурний прокат із діаметром до 12 мм, що постачається в бухтах. Його частка в загальній потребі щодо ненапруженої арматури становить приблизно 30 %, а якщо застосовується дріт Вр-І із діаметром 3...5 мм, може сягати 40...45 %. Застосування арматури в бухтах фактично виключає утворення відходів під час заготівельних операцій, уможливорює механізацію готовлення зварних арматурних сіток, каркасів та інших виробів.

Арматурний прокат, що постачається в бухтах (рис. 2.3), застосовують переважно під час виготовлення збірного залізобетону. У монолітному будівництві арматура в бухтах застосовувалася як хомути колон і пілонів, конструктивної арматури стін, поперечних перекриттів і балкових елементів, що згинаються. Її раціонально застосовувати в разі використання в монолітному будівництві арматурних каркасів і сіток, що виготовляються в процесі спеціалізованого арматурного виробництва, укомплектованого правильно-відрізним обладнанням.



Рисунок 2.3 – Арматурний прокат у бухтах

Одним з напрямів зменшення дефіциту арматури із діаметром до 12 мм є організація масового виробництва арматури класу B500 за досвідом Німеччини та інших країн, у яких як арматуру з діаметром 4...12 мм застосовують переважно холодноформовану сталь. Інший напрям пов'язаний з освоєнням виробництва арматури класу A500 в бухтах із діаметром 12 мм і менше.

2.4 Гвинтовий арматурний прокат

Гвинтовий арматурний прокат відрізняється від звичайного тим, що виступи його періодичного профілю використовуються не тільки для зчеплення з бетоном, а й утворюють гвинтову нарізку по всій довжині стрижнів для нагвинчування різноманітних гвинтових кріпильних елементів – муфт, анкерних гайок тощо. Таким чином, арматурний стрижень по суті перетворюється на кручену шпильку великої довжини (до 12 м за умовами перевезення), що створює великі можливості для застосування гвинтової арматури в будівництві.

Гвинтову арматуру вперше почали виготовляти й застосовувати в Німеччині в кінці 60-х років з ініціативи будівельної фірми «ДИВІДАГ» (DYWIDAG). Випускається арматура двох базових різновидів – для ненапруженого залізобетону класу BSt420RU (натепер BSt500S) із діаметром 16...50 мм і високоміцна (класів 835/1030, 900/1100 та 1080/1230) із діаметром 15...36 мм. В Японії фірма «СУМІТОМО» (SUMITOMO) виготовляє і застосовує гвинтову

арматуру класів SD30, SD35 і SD40 із діаметром 19...57 мм. В Угорщині на початку 80-х років на Оздському металургійному заводі освоєно виробництво гвинтової арматури класів BSt420/500 і BSt835/1030 із діаметром 12...40 мм. З'єднувальні елементи за кордоном виготовляються здебільшого або з шестикутника, або із застосуванням лиття (анкерні й спецгайки), внутрішня різьба виготовляється за допомогою методів оброблення металу шляхом різання.

У закордонному будівництві у монолітному залізобетоні застосовується переважно гвинтова сталь, незважаючи на більшу вартість гвинтової арматури порівняно зі звичайною, додаткові витрати на муфти й гайки і складність технології стикування стрижнів (затягування контргайок за допомогою нормованих зусиль для виключення податності муфтових стиків унаслідок обминання різьблення). Це пояснюється тим, що за кордоном арматура в монолітному залізобетоні здебільшого стикується внапусток без зварювання, до того ж, за німецькими джерелами, для реальних об'єктів витрати арматурної сталі на стикування можуть становити до 50 % від маси всієї робочої арматури.

Крім того, у дуже навантажених конструкціях (колонах нижніх поверхів висотних цивільних і промислових будівель, фундаментних стояках тощо) насичення перерізів арматурою може бути таким великим, що саме розміщення в межах перерізу конструкції арматури, яка стикується внапусток, стає проблематичним, оскільки це призводить до погіршення якості бетону внаслідок незадовільних умов його вібрування. Для забезпечення необхідних умов застосовують гвинтову арматуру. У зарубіжній практиці гвинтова арматура з межею плинності 500 Н/мм^2 (клас BSt500S) застосовується в різноманітних монолітних конструкціях будівель і споруд – атомних і теплових електростанцій, конструкцій мостів (опор мостів, пілонів), тунелів метро, виробничих, адміністративних і спортивних будівель. У наш час для зазначення вище цілей використовується гвинтова арматура з діаметром 16...50 мм і межею текучості 500 Н/мм^2 (за європейською класифікацією – B500) у комплекті зі з'єднувальними елементами (рис. 2.4). Контргайки муфтових з'єднань і кінцевих анкерів затягуються нормованим зусиллям.



Рисунок 2.4 – З'єднання гвинтової арматури

На відміну від Західної Європи, в Україні для стикування арматури монолітного залізобетону використовують напусток і зварювання, що до 2005 року

коштувало значно дешевше порівняно з гвинтовими стиками. Зі збільшенням довжини напустку на 15...30 % упровадження безнапускних стиків, зокрема гвинтових, в Україні стало актуальним і економічно доцільним. Відомі різновиди монолітних конструкцій, у яких зварювання забороняється з міркувань пожежної безпеки. Насамперед це монолітні залізобетонні димові труби і градирні теплових електростанцій, арматура яких з'єднується по довжині за допомогою стиків внапусток без зварювання анкерними гайками, з'єднувальними муфтами, трубками для ін'єктування тощо.

Прути гвинтової арматури в комплекті з гайками можуть використовуватися для кріплення щитів опалубки під час бетонування бетонних і залізобетонних конструкцій у будівельних умовах. У такому разі арматурні прутки відіграють роль гвинтових стяжок; ці стяжки можуть використовуватися багато разів (витягуються після розпалублення) або залишатися в бетоні.

На сьогодні, у зв'язку зі збільшенням обсягів будівництва монолітних залізобетонних житлових і громадських будівель, багато закордонних і вітчизняних фірм постачають інвентарну опалубку різноманітної конструкції (сталеву, деревометалеву, алюмінієву тощо), яка комплектується тяжами з гвинтової арматури. Закордонні фірми використовують міцну кручену арматуру із номінальним діаметром 15 мм.

Крім гвинтової арматури, використовуються прутки до 2 м завдовжки з різьбленням, накатаним без нагрівання (процес холодного гвинтового прокатування). Практика застосування показала невисоку надійність таких тяжів – відзначалися випадки крихкого руйнування холодnodeформованих прутів-стяжок у процесі вібрування бетонної суміші в опалубці.

У будівництві застосовується багато різних типів фундаментних болтів, які використовують здебільшого для кріплення до залізобетонних фундаментів технологічного обладнання та різноманітних будівельних конструкцій: сталевих опор ЛЕП, сталевих кроквових і підкроквових ферм, балок тощо. Болти виготовляють здебільшого зі сталі Ст3 виходячи з умов їхньої експлуатації; бажано передбачити підвищену стійкість болтів до дії динамічних навантажень. У зв'язку з цим їх можна застосовувати як болти арматури гвинтового профілю класу А500С, що виготовляється зі сталі Ст3 з використанням термомеханічного зміцнення для підвищення опору до дії динамічних навантажень. Крім того, гвинтова арматура, використовувана як болт, має такі переваги: наявне велике трапецієподібне різьблення, вона менше піддається пошкодженням в процесі монтажу порівняно з метричною, добре зчеплюється з бетоном.

У зв'язку з тим, що гвинтова арматура є, по суті, гвинтовою шпилькою великої довжини, вона може застосовуватися в будівництві для різних цілей як тяж або стяжка, зокрема для ремонтних і відновлювальних робіт, кріплення сантехнічного обладнання, трубопроводів і тимчасових риштувань для проведення монтажних та оздоблювальних будівельних робіт.

Ефективним є застосування гвинтової арматури як анкерних елементів для кріплення стін у ґрунті, які широко використовуються в підземному монолітному будівництві.

2.5 Арматурні вироби

Зварювання – це технологічний процес отримання нерознімних з'єднань у металевих виробах. За принципом створення зварного з'єднання розрізняють зварювання за допомогою плавлення (дугове, електродугове, ванне) і за допомогою пластичного деформування (контактне).

Зварювання за допомогою плавлення передбачає місцеве сплавлення деталей, що з'єднуються. Джерелом тепла зазвичай є електричний струм. Під дією високої температури електричної дуги, що виникає в процесі зварювання (приблизно 2400 °С) метал контактуючих поверхонь розплавляється, утворюючи загальну зварювальну ванну, після охолодження якої залишається зварювальний шов.

Дугове шовне зварювання. У процесі такого різновиду зварювання арматурні стрижні з'єднують внапусток, із накладками або на жолобчастих підкладках. Таким способом стикуються горизонтальні, похилі й вертикальні стрижні зі сталей класів А240 (А-I), А800 (А-V) із діаметром від 8 до 80 мм. Дугове шовне зварювання виконують за допомогою трансформаторів змінного струму або агрегатів постійного струму (рис. 2.5, в, г).

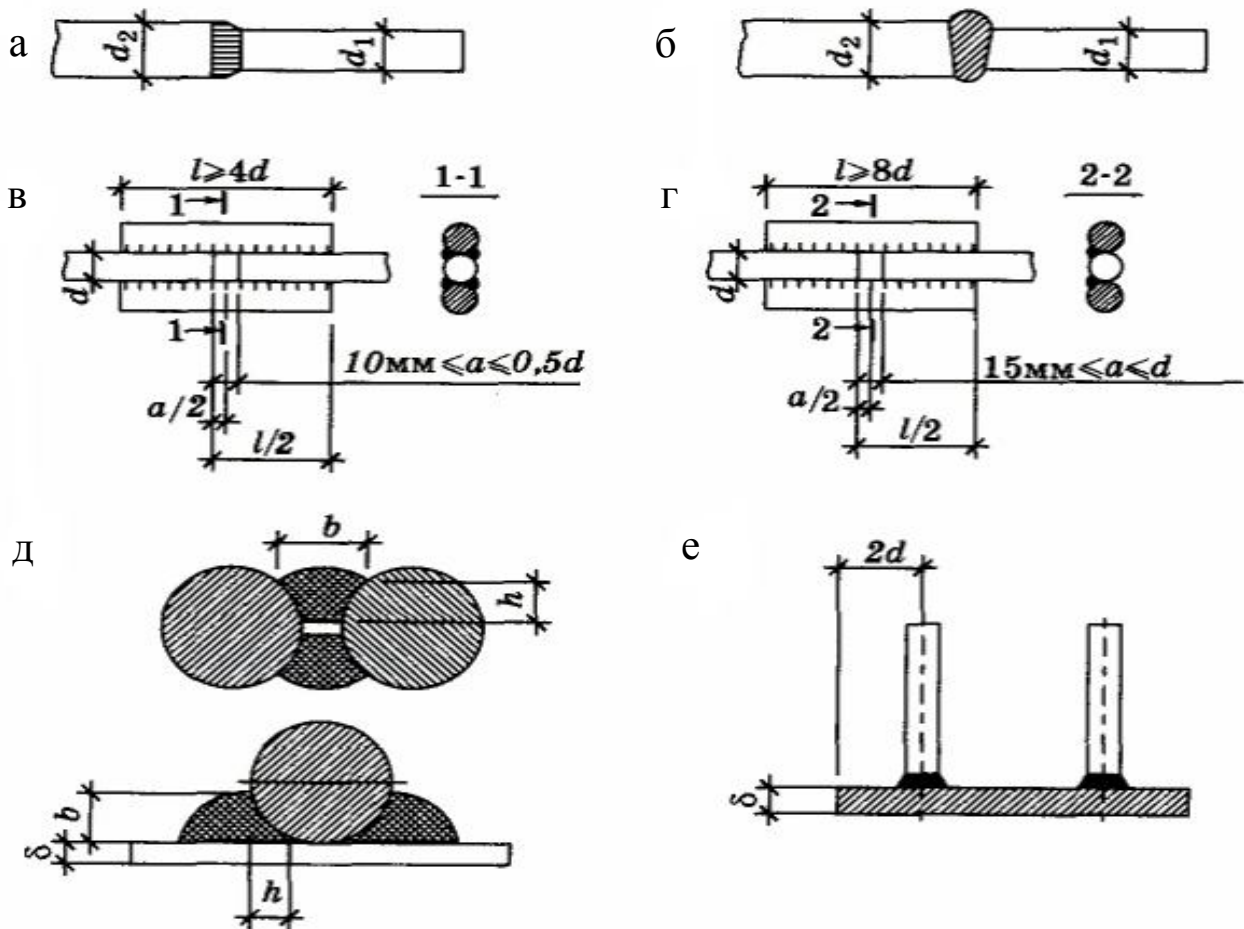


Рисунок 2.5 – Зварні з'єднання арматури: а – контактне електрозварювання встик; б – дугове ванне зварювання в інвентарній формі; в – дугове зварювання з накладками із чотирма фланговими швами; г – те саме, з двома фланговими швами; д – позначення розмірів зварного шва; е – зварне з'єднання в тавр стрижнів з пластиною

Перевагами дугового шовного зварювання є простота й універсальність; недоліками – трудомісткість і великі витрати металу на напуск і накладки.

Ванне зварювання. Сутність цього зварювання полягає в отриманні розплавленого металу в просторі, обмеженому торцями з'єднаних стрижнів і скобою-накладкою. Кінці з'єднаних стрижнів установлюють із проміжком, який дорівнює 1,5...2 діаметрам електрода з покриттям (див. рис. 2.5, б). За допомогою ванного зварювання стикуються горизонтальні, похилі і вертикальні стрижні. Ванну заповнюють рідким металом із розплавлених електродів і частково з металу з'єднаних стрижнів. Щоб розплавлений метал не розтікався під час зварювання, застосовують знімні мідні форми або сталеві необертні скоби-підкладки чи накладки.

Особливістю ванного зварювання є те, що процес зварювання відбувається безперервно. Метал у верхній зоні ванни перебуває в рідкому стані, шлак і бульбашки інертних газів піднімаються вгору, до металу, унаслідок чого якість стику поліпшується.

Ванне зварювання виконують за допомогою одного електрода або гребінця з декількох електродів, прихоплених до спеціальної пластини або затиснутих у спеціальному електродотримачі. Одноелектродне ванне зварювання застосовують для з'єднання стиків гладких стрижнів і періодичного профілю діаметром до 32 мм. Багатоелектродне зварювання в мідних формах використовують для стикування гладких стрижнів і періодичного профілю із діаметром до 80 мм зі сталей Ст3 і Ст5. Найбільший діаметр мають стрижні зі сталі 35 ГС – 40 мм.

Для ванного зварювання необхідні зварювальні трансформатори змінного або агрегати постійного струму. Порівняно з дуговим шовним під час ванного зварювання зменшуються витрати сталі на стик, електроди і електроенергію, знижується трудомісткість і вартість робіт.

Ванно-шовне зварювання. Цей різновид зварювання відрізняється від ванного тим, що сталеву необертану скобу-накладку приварюють до з'єднаних стрижнів фланговими швами, унаслідок чого накладка сприймає частину зусиль, що діють на стик. Ванно-шовне зварювання виконують в два етапи: спочатку за допомогою дугового шовного зварювання проварюють флангові шви, а потім гребінцем із 3–4 електродів заплавлюють проміжок між торцями з'єднаних стрижнів. Ванно-шовне зварювання доцільно застосовувати для з'єднання стрижнів із діаметром від 36 мм і більше.

Зварювання за допомогою пластичного деформування (контактне) полягає в місцевому нагріванні деталей, що з'єднуються до пластичного або рідкого стану під час пропускання через них значного електричного струму з одночасним або наступним сильним їхнім стисканням, що забезпечує взаємодію атомів металу. Контактне зварювання не потребує додаткових витрат металу для накладок і електродів. Міцне з'єднання забезпечується шляхом розплавлення металу деталей (див. рис. 2.5, а).

Недоліками контактного зварювання є велика маса зварювального устаткування і великі електричні потужності, що уможлиблює їхнє використання тільки в стаціонарних умовах.

Контактне зварювання застосовують для стикування арматурних стрижнів із діаметром 12...32 мм класу А240 (А-I) або А300 (А-II). Переваги цього зварювання – економія трудових витрат і арматурної сталі. Контактне зварювання не набуло поширення у будівництві внаслідок обмеженого випуску мобільних контактних-зварювальних машин.

Під час контактного зварювання застосовують як безперервне, так і переривчасте оплавлення. В останньому разі стрижні багаторазово зближують (від 3 до 20 разів) до легкого дотику, унаслідок чого вони розігріваються і безперервно плавляться. Під час переривчастого оплавлення потрібна менша щільність струму, що дає змогу за такої самої потужності зварювати стрижні більшого діаметра, зменшити величину оплавлення і уникнути гартування металу в зоні стику.

Режим стикового зварювання, що відрізняється тривалістю перебігу, силою і щільністю струму і обумовлюється класом зварної арматурної сталі, повинен забезпечувати рівномірність стикового з'єднання матеріалу стрижнів за найменшої витрати електроенергії.

Напівавтоматичне електрошлакове зварювання. Воно полягає в механізованому подаванні електродного дроту за допомогою спеціального напівавтомата і в поступовому заповненні стику розплавленим металом. Під час підготування стику торці стрижнів обробляють під кутом 10...15°, кріплять мідну форму і засипають порошкоподібний флюс.

Під час контакту електродного дроту зі стрижнями, що стикуються, утворюється електрична дуга, яка розплавляє метал і флюс. Останній, унаслідок меншої маси, піднімається у верхню зону ванни, утворюючи над рідким металом шлакову кірку, яка захищає метал від сполучування з киснем і азотом повітря, що, зі свого боку, призводить до покращення якості стику.

Під час напівавтоматичного електрошлакового зварювання продуктивність праці підвищується в 3...5 разів, а вартість зварювальних робіт у 2,5...3 рази знижується порівняно з ванним і ванно-шовним зварюванням. Однак для цього способу потрібно мати складне устаткування, тому його застосовують тільки для з'єднання арматурних стрижнів діаметром 16 мм і більше.

Зварні арматурні вироби (сітки й каркаси) застосовують для зниження трудомісткості армування залізобетонних конструкцій. Крім того, вони забезпечують краще зчеплення арматурних стрижнів з бетоном.

Повздовжні й поперечні стрижні зварних виробів у місцях перетину (зазвичай під прямим кутом) з'єднують контактним точковим електрозварюванням або за допомогою дугового електрозварювання (можливі й інші способи з'єднання). Стрижні окремих позицій зварного каркаса можуть складатися з цілісного стрижня однакового діаметра або зі стрижнів двох-трьох різних діаметрів.

За діаметром стрижнів зварні сітки поділяють на важкі (із однонапрямними стрижнями діаметром 12...40 мм зі стрижневої арматури класу А400 і легкі (із повздовжніми й поперечними стрижнями діаметром 3...5 мм зі

звичайного арматурного холоднотянутого дроту класу В 500 або діаметром 6...10 мм – зі стрижневої арматури класу А 400).

За розташуванням робочої арматури – на сітки з повздовжньою робочою арматурою, із поперечною робочою арматурою, із робочою арматурою в двох напрямках.

Виготовляють сітки таких типів: важкі із повздовжньою робочою арматурою, діаметр якої більший за діаметр розподільної арматури; важкі з робочою арматурою в двох напрямках; важкі з поперечною робочою арматурою, діаметр якої більший за діаметр розподільної арматури; легкі з поперечними стрижнями на всю ширину сітки; легкі зі зміщеними поперечними стрижнями. Вони можуть бути рулонними й плоскими (рис. 2.6). Діаметр стрижнів рулонних сіток – 3...5 мм. Ширина рулонних сіток становить 650...3800 мм, довжина – 850...9000 мм (або така сама, як і довжина рулону), обмежується масою рулону – 900...1300 кг. Довжина сітки в рулоні становить 50...100 м, тому під час використання в конструкціях сітки розрізають за місцем.

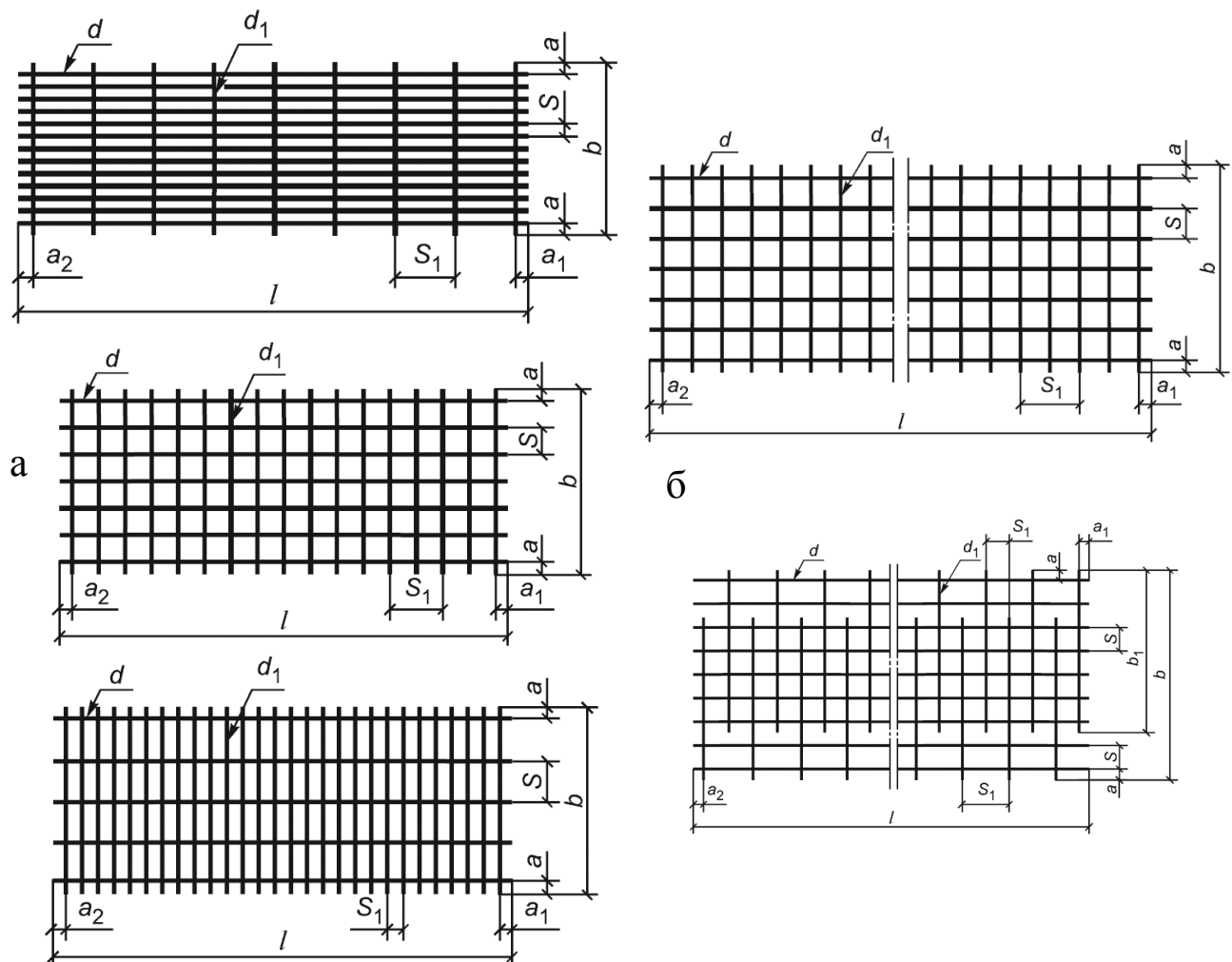


Рисунок 2.6 – Типи зварних сіток: а – важкі сітки; б – легкі сітки

Приймають крок робочих стрижнів 100, 150, 200 мм (у разі техніко-економічного обґрунтування допускається крок 75, 125, 175 мм) і крок розподільних стрижнів – 250 мм. Ширина плоских стрижнів становить

650...3050 мм, довжина – 850...9000 мм. Крок робочих стрижнів становить 200 мм, крок розподільних – 600 мм.

Зварні каркаси виготовляють плоскими й просторовими. Їх застосовують для армування лінійних елементів (балок, ригелів, колон тощо).

Плоскі зварні каркаси (іноді їх називають сітками) складаються з повздовжніх стрижнів і приварених до них поперечних. Просторові каркаси конструюють із плоских каркасів, у деяких випадках застосовують з'єднувальні стрижні. Просторові каркаси повинні бути достатньо жорсткими, щоб їх можна було складувати, транспортувати і зберігати в проектному положенні в опалубній формі під час бетонування (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Виготовлення зварних просторових каркасів

Якість точкового електрозварювання каркасів обумовлюється співвідношенням діаметрів зварюваних поперечних і повздовжніх стрижнів, яке повинно бути не менше ніж $1/4$. Найменша відстань між осями зварюваних стрижнів також залежить від діаметрів.

З'єднання арматури внапусток (без зварювання). Стики арматури внапусток застосовують під час стикування окремих стрижнів, сіток і каркасів, при цьому діаметр стрижнів повинен становити не більше ніж 36 мм.

Стрижневу арматуру класів А 240, А 300, А 400 допускається з'єднувати внапусток без зварювання з перепуском кінців стрижнів на 20...40 діаметрів при стиснутому стику й 30...50 діаметрів – при розтягнутому стику в тих місцях залізобетонних елементів, де міцність арматури використовується не

повною мірою. Такі стики не допускаються в лінійних елементах, перетин яких повністю розтягнуто.

Стики зварних сіток внапусток зварюють аналогічно. У напрямі робочої арматури довжина перепуску (напустку), що визначається шляхом розрахування, повинна становити не менше ніж 200 мм в стиснутому бетоні й не менше ніж 250 мм – в розтягнутому бетоні.

Поперечні стрижні з'єднувальних сіток можуть розташовуватися в одній площині (рис. 2.8, а) або в різних площинах (рис. 2.8, б, в). У кожній із з'єднаних в розтягнутій зоні сіток на довжині напустку має розташовуватися не менше двох поперечних стрижнів, приварених до всіх поздовжніх стрижнів сіток. Якщо робочою арматурою сіток є стрижні періодичного профілю, то одна сітка з іншою або стики обох сіток приєднуються без приварення поперечних стрижнів (рис. 2.8, г, д).

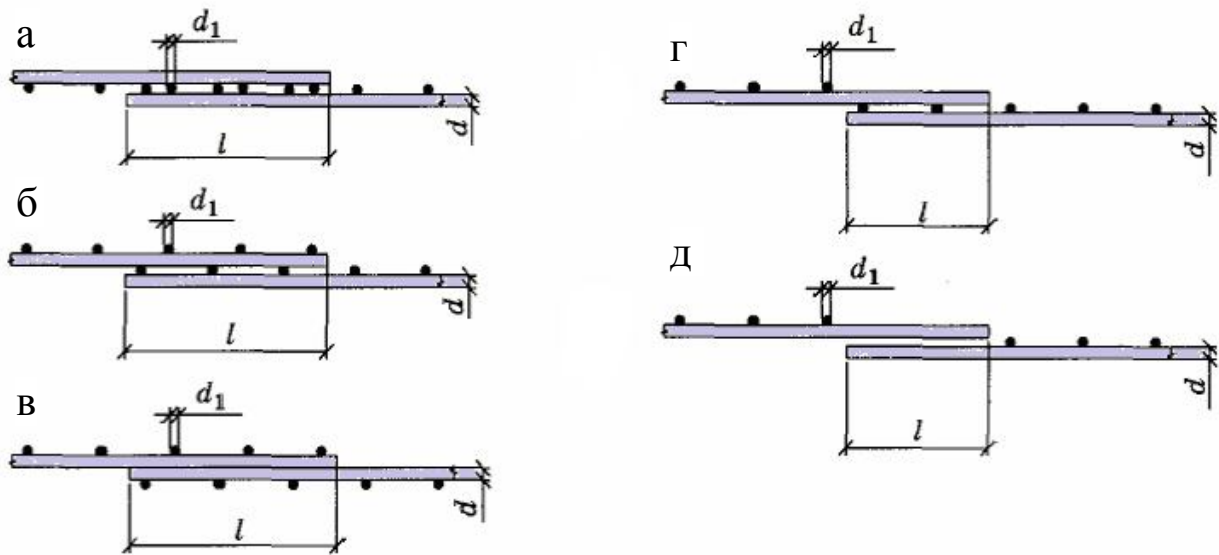


Рисунок 2.8 – Стики зварних сіток в напрямі робочої арматури: а – при гладких стрижнях, коли поперечні стрижні розташовані в одній площині; б, в – те саме, коли поперечні стрижні розташовані в різних площинах; г – при стрижнях періодичного профілю, коли в межах стиків поперечні стрижні відсутні в одній із стикованих сіток; д – те саме, коли в межах стиків поперечні стрижні відсутні в обох стикованих сітках; l – довжина напустку сіток; d , d_1 – діаметри робочої і розподільної арматури відповідно

Стики зварних сіток в неробочому напрямі (коли з'єднується розподільна арматура) виконують також внапусток.

Довжину напустку (між крайніми робочими стрижнями сітки) приймають рівною 50 мм, якщо діаметр розподільної арматури до 4 мм і 100 мм – якщо діаметр більше ніж 4 мм. Якщо діаметр робочої арматури більше або дорівнює 16 мм, зварні сітки в неробочому напрямі допускається укладати впритул одна до одної, перекриваючи стик спеціальними стиковими сітками, що укладаються з напустком в кожен сторону не менше ніж на 15 діаметрів розподільної арматури і не менше ніж на 100 мм.

Допускається з'єднувати стики зварних каркасів внапусток в разі одностороннього розташування робочих стрижнів. Їх з'єднують як стики

зварних сіток в робочому напрямі; при цьому на довжині стику встановлюють додаткові поперечні стрижні з кроком не більше ніж 5 діаметрів повздожньої арматури. Стики зварних сіток і каркасів, з'єднані внапусток, потрібно розташовувати в конструкціях в розбіг.

Зв'язування арматури. Зв'язування застосовують, якщо контактне й дугове електрозварювання не допускаються. Дротові вузли зв'язують за допомогою арматурних кусачок або гачків, а також спеціальних пристроїв для зв'язування арматури (акумуляторні пістолети для зв'язування арматури) (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Зв'язування арматури за допомогою акумуляторного пістолета

Для прискореного з'єднання стрижнів застосовуються пружинні дротові фіксатори з діаметром 1,6...2,8 мм; за їхньою допомогою виконуються одне й більше з'єднування. За допомогою пружинних фіксаторів складають арматурні каркаси й сітки.

2.6 Фіброва сталевая й неметалева арматури

У наш час для фібрового армування бетонів широко застосовують сталеве й скляне волокна, у незначних обсягах – базальтове, вуглецеве тощо.

Найбільшої ефективності фіробетон як композит досягає в разі правильного підбирання й поєднання властивостей компонентів. Щодо цього досить ефективною (із урахуванням відносної вартості) є сталевая арматура. Оскільки її модуль пружності в 56 разів перевищує модуль пружності бетону, то в разі достатнього анкерування такої арматури в бетоні можна повністю використати

її міцність і саму фібру в композиті до і після утворення тріщин. Сталева фібра досить легко анкерується в бетоні на відміну від синтетичної фібри.

Сталева фібра здебільшого виготовляється шляхом різання з тонкого дроту; рубання з тонкого сталевго листа; витягання (екструдкування) із сталевго розплаву; фрезерування спеціального сталевго слябу. Фібра може мати різний поперечний переріз (круглий, прямокутний тощо), розміри – 0,2...1,6 мм і довжину – 5...160 мм. Міцність на розтяг – 600...1100 МПа.

Для армування бетону зазвичай застосовують фібру з дроту діаметром 0,3...1,0 мм і 45...100 d завдовжки (d – діаметр дроту). Для виготовлення фібри здебільшого використовують сталевий низьковуглецевий дріт. Під час виготовлення фібри з дроту передбачаються заходи, що підвищують її анкерування в бетоні: профілювання або протравлення поверхні, надання профілю хвилястості, влаштування загинів на кінцях або їх деформування (рис. 2.10).

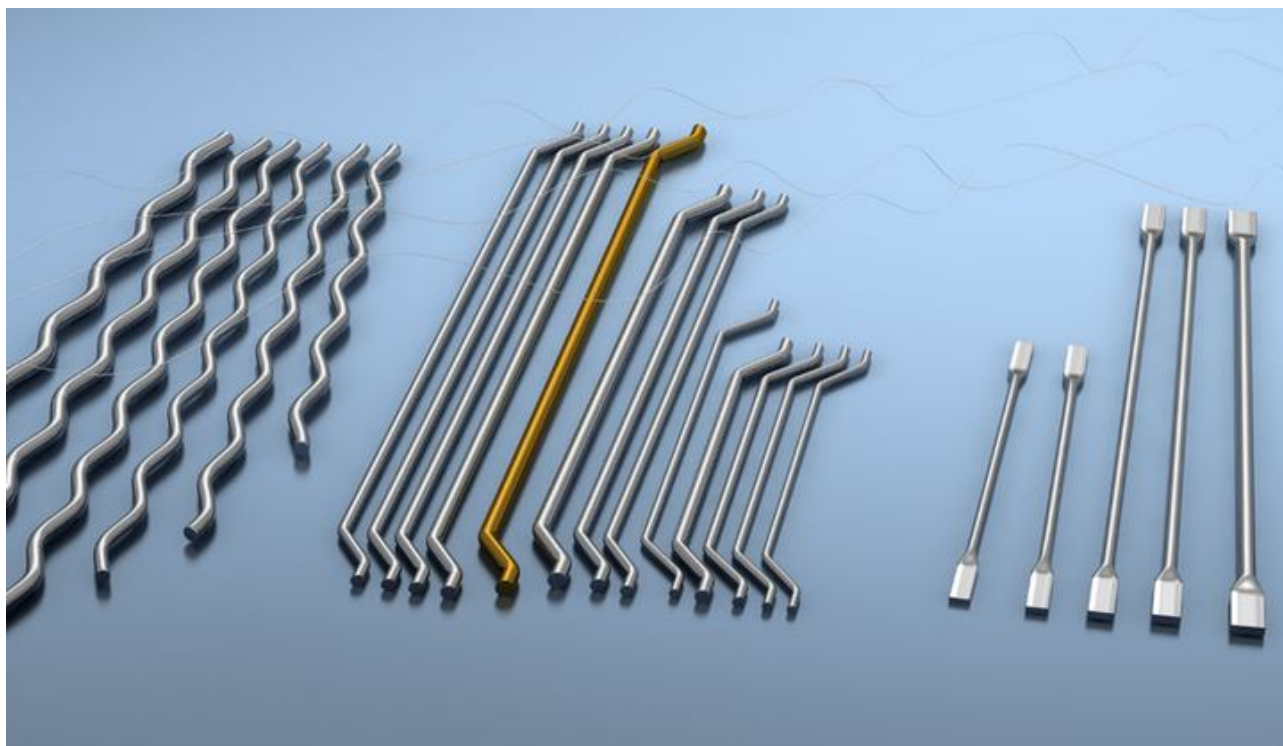


Рисунок 2.10 – Металева фіброва арматура з дроту

Останнім часом організовано виробництво фібри з листової холоднокатаної сталі 0,5...1,0 мм завтовшки. Фібра зі сталевго листа становить собою волокно 20...60 мм завдовжки, торці якого повернуті один відносно одного на довільний кут, а повздовжня вісь викривлена по положистій гвинтовій лінії. На повздовжніх гранях фібри може бути задано періодичний профіль для збільшення зчеплення з бетоном. Міцність на розтяг – 380...650 МПа.

Для виготовлення фібри також використовують некондиційні канати або канати, технічний ресурс яких використано і які потрібно спеціально очищати, діаметр дротів – 0,2...1 мм.

Фібра, що фрезерується зі сляба, має міцність 600...900 МПа, довжину 25...32 мм, трапецієподібний переріз до 3 мм завширшки і 0,2...0,6 мм завтовшки. Переконливим підтвердженням ефективного використання сталевіфробе-

тону в будівництві є зарубіжний досвід його застосування, широкий асортимент сталевих фібри.

У разі якісно організованого виробництва сталеву фібру упаковують в міцні картонні коробки, де вона розташовується акуратними рядами або шарами. Таке упакування забезпечує порівняно просту утилізацію фібри, а для її зберігання потрібні відносно менші площі. Так, фібра з дроту марки «Драмікс» (Бельгія) виготовляється у вигляді блок-пластин, що складаються з десяти фібр, склеєних водорозчинним клеєм. Така фібра не грудкується під час транспортування і подавання в змішувач, добре розподіляється в об'ємі бетонної суміші після розчинення клею водою замішування бетону.

Іншим різновидом волокон для фібрового армування бетонів є скляне волокно. Для дисперсного армування бетону зазвичай використовують спеціальне лугостійке скловолокно, оскільки звичайне алюмоборосилікатне (безлужне) скловолокно швидко кородує в лужному середовищі бетону, що твердне й потребує спеціального захисту (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Фібра зі скловолокна

У зарубіжній практиці для виготовлення склофібробетону широко використовують лугостійке скловолокно марки «Цем-Філ», розроблене й випущене у Великобританії. Дослідження щодо проблеми вдосконалення скловолокна призвели до створення покращених лугостійких волокон, що збільшують довговічність, міцність і в'язкість склофібробетону.

У Японії поширено виготовлення лугостійкого скловолокна «Ерфайб», а для людей з особливими потребами створено надстійке до дії лугів скловолокно «Ерфайб-супер».

У вітчизняній практиці для армування бетону використовується скловолокно, що виготовляється фільтрним способом у вигляді безперервних елементарних волокон із діаметром 10...15 мкм. Їх склеюють за допомогою полімеру в кількості 100...400 штук у комплексні нитки, які збираються в джугути-ровінги, що складаються з 14 або більше ниток. Ровінг потім намотується на бобіну.

Скловолокно для фібрового армування поставляється у вигляді ровінгу (вагою 10 кг) на бобіні, яка під час виробництва спеціальними пістолетами-напилювачами рубається на відрізки 20...40 мм завдовжки. Під час рубання й перемішування з бетоном вони розпадаються на відрізки окремих волокон.

У таблиці 2.1 наведено дані про інші волокна (синтетичні, рослинні, мінеральні й хімічні), які можуть використовуватися для армування бетонів. Кожен різновид волокон має свої характерні властивості, що визначають їхню ефективність як фібрової арматури для бетону.

Таблиця 2.1 – Властивості різних видів волокон для виготовлення фібри

Волокно	Щільність, г/см ³	Міцність на розтяг, МПа	Модуль пружності, МПа	Подовження під час розриву, %
Поліпропіленове	0,90	400...770	3500...8000	10...25
Поліетиленове	0,95	600...720	1400...4200	10...12
Нейлонове	1,10	770...840	4200...4500	16...20
Акрилове	1,10	210...420	2100...2150	25...45
Поліефірне	1,40	730...780	8400...8600	11...13
Бавовняне	1,50	420...700	4900...5100	3...10
Азбестове	2,60	910...3100	68000...70000	0,6...0,7
Скляне	2,60	1800...3850	7000...8000	1,5...3,5
Сталеве	7,80	600...3150	190000...210000	3...4
Вуглецеве	2,00	2000...3500	200000...250000	1...1,6
Карбонове	1,63	1200...4000	280000...380000	2,0...2,2
Поліамідне	0,90	720...750	1900...2000	24...25
Віскозне надміцне	1,20	660...700	5600...5800	14...16
Базальтове	2,6...2,7	1600...3200	7000...11000	1,4...3,6

Так, фібра з синтетичних волокон найдешевша й хімічно стійка. Але вона різниться низьким модулем пружності й високою граничною деформативністю, що зумовлює деформативність фібробетону, особливо після утворення тріщин. Проте її можна ефективно використовувати для поліпшення реологічних властивостей фібробетонних сумішей, структуроутворення бетону-матриці на стадії тверднення й підвищення його довговічності.

Найефективнішим з погляду міцності й довговічності фібробетону, зокрема під час екстремальних хімічних, температурних і пожежних впливах, є вуглецеве волокно.

У деяких типових залізобетонних конструкціях, таких як блоки фундаментів, дорожні плити, сталеву арматуру можна замінити базальтовою фіброю – хімічно стійкою і відносно дешевою (див. рис. 2.12).

Досвід Японії свідчить про те, що найближчим часом для армування будівельних конструкцій буде широко застосовуватися фібра з високомодульного поліпропілену. Ця фібра різниться відносно високим (до 8000 МПа) модулем пружності, значними хімічною стійкістю й механічною міцністю (до 500 МПа), широким температурним діапазоном застосування (–60...320 °С), неелектропровідністю й радіопрозорістю.

Дослідження властивостей фібри, особливостей роботи сталеві фібробетону

й реології сталевібробетонних сумішей показали, що для найповнішого використання міцності фібри в бетоні і отримання при цьому технологічних і зручноукладуваних фібробетонних сумішей відношення довжини до діаметру сталевібро з дроту без анкерів повинно перебувати в межах 80...100. Для фібр з анкерами це відношення може визначатися в межах 45...65.



Рисунок 2.12 – Фібра базальтова

Фібра зі скловолокна повинна мати довжину 10...40 мм. Досліди показали, що коефіцієнти варіації міцності фібри змінюються в досить широкому діапазоні і становлять у відсотках для фібри: із дроту – 4...8; із рубаного листа – 12...18; стругані зі сляба – 20...24; зі скловолокна – 20...27; із поліпропілену – 10...12.

Шляхом проведення експериментів було встановлено значення коефіцієнтів заанкерування – 0,6...1,2 залежно від різновиду фібри. Ці дані й розрахункові положення стосуються лінійної фібри без анкерів. Анкерування фібри з загнутими розплющеними кінцями або іншими анкерними пристроями визначається дослідним шляхом.

2.7 Неметалева композитна арматура

У будівельній галузі дедалі більше використовуються нові технології й інноваційні матеріали, які за технічними та економічними показниками перевершують традиційні матеріали. Інноваційним напрямом будівництва є використання неметалевої композитної арматури замість традиційної металевібро.

Неметалеву композитну арматуру (далі – АНК) виготовляють із періодичного профілю із суцільним і трубчастим поперечним перерізом зі скляних або базальтових волокнуватих матеріалів (див. рис. 2.13).

Сфера застосування арматури АНК визначається з урахуванням факторів, визначених шляхом проведення досліджень: висока міцність; мала питома вага, а отже, вона легша за металеву арматуру в дев'ять разів; довговічність; низька

теплопровідність; висока корозійна стійкість під час взаємодії з хлоридами й іншими агресивними середовищами; висока корозійна стійкість в кислих середовищах; є діелектриком, радіопрозора, магнітоінертна; наявна економічна вигода від менших витрат під час замінювання рівномічної сталевий арматури на композитну, а також під час перевезення й зберігання.



Рисунок 2.13 – Арматура неметалева композитна

Під час визначення сфери застосування беруть до уваги:

- низький порівняно з сталевий арматурою модуль пружності;
- відсутність можливості конструктивного згинання готових арматурних стрижнів під час арматурних робіт, неможливість виготовляти на майданчику гнуті елементи (П- і Г-подібні елементи) – всі гнуті елементи виготовляють із сталевий арматури;
- незначна стійкість щодо високих температур – втрачає форму при температурі 200 °С.

Випробування показали, що стійкість композитної арматури в кислому середовищі більше ніж в 10 разів, а в розчинах солей більше ніж в 5 разів вища за стійкість сталевий арматури.

Беручи до уваги властивості АНК, її рекомендують застосовувати в таких випадках:

- у плитах перекриття до 5 м завдовжки, товщина плити – 200 мм, крок чарунки – 200×200 мм, діаметр – 8 мм (арматура укладається у верхній і нижній частині плити), клас бетону – В25;
- фундаментах нижче за нульову позначку залягання;
- для армування бетонних конструкцій і змішаного армування залізобетонних конструкцій;
- для армування підлог і плит по ґрунту;
- в армованих конструкціях, що зазнають впливу агресивних середовищ, унаслідок чого відбувається корозія сталевий арматури (у конструкціях, які

взаємодіють із морською водою – набережні, берегоукріплення). Рационально застосовувати АНК в елементах дорожнього будівництва (дорожні плити), які зазнають агресивного впливу протиожеледних реагентів;

- під час ремонту бетонних конструкцій, пошкоджених унаслідок впливу агресивних середовищ (насамперед хлоридних);

- тонкостінні конструкції різного призначення, якщо немає змоги забезпечити нормативні вимоги до товщини захисного шару;

- під час армування цегляного мурування, особливо в зимовий період, коли в розчин мурування вводяться протиморозні добавки – хлористі солі, які призводять до корозії сталеві арматури;

- під час зведення будинків із незнімної опалубки;

- освітлювальні опори, опори ЛЕП, ізолювальні траверси ЛЕП;

- у каналізаційних колекторах і конструкціях нижче за нульову позначку залягання для виключення блукаючих струмів і електроосмосу;

- для поліпшення теплотехнічних характеристик стін – у тришарових стінних панелях, як гнучкі в'язі (із кроком 600×600 мм в шаховому порядку);

- у конструкціях, якщо постійний тепловий режим не перевищує 60 °С, а короткочасний – до 100 °С;

- у несучих конструкціях басейну при товщині стінок від 200 мм;

- в армуванні дерев'яних і клеєних балок для підвищення жорсткості згинаного елемента (зменшення обсягу деревини до 30 %, з економією до 15 % від вартості деревини);

- на об'єктах АПК (пташники, свинарники, корівники) – арматура не містить фенольних смол, що підтверджується санітарно-гігієнічним висновком;

- на об'єктах дорожнього будівництва (в полотнах інтенсивного руху транспорту) як несуча арматура.

Оскільки якість арматури постійно поліпшується, надходять нові дані тривалих термінів випробувань, сфера застосування АНК надалі може розширюватися, а технології та виробництво вдосконалюватися.

Особливості застосування композитної арматури. Існує думка, що композитна арматура не взаємодіє з бетоном під час температурних перепадів, проте це не так. Коефіцієнт температурного розширення бетону 0,00001 °С – отже, зі збільшенням температури на 50 °С розширення становить приблизно 0,5 мм/м, сталеві арматури – 0,000012 °С, а композитної – 0,00001 °С. Як бачимо, усі дані і бетону дуже близькі.

Неметалева композитна арматура може застосовуватися як у вигляді окремих стрижнів, так і у вигляді сіток та каркасів. У зовнішніх стінних панелях арматура АНК має застосовуватися у вигляді сіток і гнучких зв'язок. Якщо готові сітки отримати неможливо, їх виготовляють на місці.

Арматуру з'єднують внапусток, довжина анкерування – 70 d. Каркаси з композитної і сталеві арматури складають аналогічно. Застосовуються ті самі прийоми, оснащення та витратні матеріали. Традиційно – зв'язування арматури сталевим дротом ефективніше й економічніше зв'язування за допомогою самозатягувальних полімерних стяжок.

Товщина захисного шару арматури визначається умовами взаємної роботи арматури й бетону і забезпечується встановленням фіксаторів із теплостійких і полімерних матеріалів, наприклад поліетилену. Під час проектування конструкцій з неметалевою арматурою товщина захисного шару в середньому має становити 15 мм (рис. 2.14).

Термін експлуатації залізобетонних конструкцій за умови впливу агресивних середовищ різко скорочується. Заміна їх на склопластобетонні забезпечує ліквідацію витрат на капітальний ремонт, збитки від якого істотно зростають. Капіталовкладення на зведення конструкцій, де використовується композитна арматура, менші порівняно із залізобетонними, це є головним економічним ефектом – довговічність і менша, порівняно з металом вартість.



Рисунок 2.14 – Застосування АНК для армування підлог і плит по ґрунту

Транспортування та зберігання композитної арматури. Арматура з діаметром 4...8 мм постачається в бухтах. Діаметр бухти – 1,2 м, довжина арматури в бухті – 100 м (довжина може бути збільшена до 150 м). Арматура з діаметром 10 мм також постачається в бухтах, її діаметр становить 1,7 м. Довжина арматури в бухті – 50 м. Довжина арматури з діаметром 12 мм і більше може бути будь-якої будівельної довжини (стандартна – 12 м, оскільки це довжина кузова вантажного автомобіля).

АНК транспортують будь-яким різновидом транспорту відповідно до встановлення правил перевезення вантажів, із дотриманням умов, що

виключають можливість пошкодження АНК під час транспортування. Упаковану арматуру транспортують в горизонтальному положенні.

АНК зберігають в неопалюваних складських приміщеннях або на опалювальних складах на відстані не менше ніж один метр від опалювальних приладів і на висоті не менше ніж 100 мм від підлоги, із дотриманням умов, що виключають імовірність механічних пошкоджень і затоплення. АНК зберігають в горизонтальному положенні на стелажах. Під час зберігання застосовують заходи, що унеможливають вплив ультрафіолетового опромінення.

2.8 Зчеплення арматури з бетоном

Дослідження показують, що навіть в разі невеликого закладання арматури в бетон у зоні їхнього контакту виникають значні сили зчеплення, що перешкоджає просмикуванню (зрушенню) арматури в бетоні.

Надійне зчеплення арматури з бетоном – головна умова, що забезпечує взаємодію арматури й бетону в залізобетоні і забезпечує йому роботу під навантаженням як єдиного монолітного тіла. У разі відсутності зчеплення утворення першої тріщини спричиняє збільшення подовжень по всій довжині розтягнутої арматури, що, зі свого боку, призводить до різкого розкриття тріщини, яка утворилася, скорочення висоти стиснутої зони, зменшення згинальної жорсткості й зниження несучої здатності.

Надійне зчеплення арматури з бетоном забезпечується наявністю трьох головних факторів:

- опором бетону зусиллям зминання і зрізування, обумовленим виступами і іншими нерівностями на поверхні арматури, тобто механічним зачепленням арматури за бетон;
- силами тертя, що виникають на поверхні арматури внаслідок обтискання арматурних стрижнів бетоном у процесі його осідання;
- склеюванням (адгезією) поверхні арматури з бетоном унаслідок в'язкості колоїдної маси цементного тіста.

Найбільше на зчеплення арматури з бетоном впливає перший фактор – він забезпечує приблизно 75 % загальної величини зчеплення. Зчеплення стрижневої арматури періодичного профілю з бетоном у 2...3 рази більше за зчеплення гладкої арматури, тому у залізобетоні арматуру періодичного профілю використовують без спеціальних анкерних пристроїв на кінцях.

На зчеплення арматури з бетоном істотно впливає седиментація твердих частинок і вичавлювання води під час тверднення бетонної суміші. Це призводить (особливо в рухомих складах бетону) до того, що арматура зчеплюється з бетоном на стрижнях у напрямі бетонування не однаково і перпендикулярно до нього в нижній або у верхній частинах перетину виробу, бетонованого за один прийом. Періодичний профіль арматури значно послаблює негативний вплив седиментації.

Напруга в бетоні під виступами арматури під час її висмикування може в 5...7 разів перевищувати кубикову міцність бетону, тому неприпустимо допускати зменшення щільності бетону в зоні його контакту з арматурою.

Механічне зачеплення арматури за бетон по довжині елементів, окрім профілювання її поверхні, досягається також за допомогою скручування арматури в канати. Кручені канати надійно самоанкеруються в бетоні.

Для забезпечення надійного зчеплення арматури з бетоном необхідно врахувати таке:

- напруга зчеплення збільшується зі зменшенням діаметра арматури, що обумовлюється збільшенням питомої поверхні зчеплення арматури з бетоном, тому для збільшення площі контакту арматури з бетоном діаметр розтягнутих стрижнів потрібно обмежувати;

- що швидше повздовжні зусилля передаються з арматури на бетон, то більшою є напруга зчеплення;

- зі стрижня на бетон висмикувальна сила передається на певній ділянці закладення стрижня;

- закладення стрижня на велику глибину не впливає на зміну форми епюри напружень зчеплення арматури з бетоном;

- довжина зони анкерування арматури збільшується зі збільшенням її міцності і діаметра і зменшується зі збільшенням зчеплення арматури з бетоном;

- зчеплення арматури з бетоном збільшується з підвищенням класу бетону, збільшенням вмісту цементу, зменшенням водоцементного відношення, збільшенням щільності бетону за допомогою вібрації, центрифугування, пресування або вакуумування;

- зчеплення арматури під час висмикування значно менше, ніж зчеплення під час її вдавлення, оскільки під час стиснення арматурного стрижня його поперечний переріз збільшується, а отже, збільшується зчеплення стрижня з бетоном унаслідок того, що бетон опирається поперечному розширенню. У середньому зчеплення під час розтягування арматури на 40 % менше за зчеплення під час її стиснення, тому діаметр стиснутих стрижнів також необхідно обмежувати, хоча менше, ніж розтягнутих стрижнів.

Умови взаємодії бетону та арматури. Надійність взаємодії бетону й сталеві арматури в залізобетонних конструкціях забезпечує:

- зчеплення арматури з бетоном за площею їхнього контакту, що виключає просмикування (зрушення) арматури в бетоні;

- приблизна однаковість коефіцієнтів температурного подовження (скорочення) бетону й сталеві арматури;

- здатність бетону, за його відповідної щільності, достатньої товщини захисного шару, короткочасного розкриття тріщин не більше ніж на 0,4 мм і вмісту цементу більше ніж 250 кг/м³, надійно захищати арматуру від корозії і впливу вогню. Захисна дія бетону на сталеву арматуру базується на здатності лужного середовища підтримувати хімічно пасивний стан сталі невизначено тривалий час. Головним фактором, що визначає надійні захисні властивості бетону, є непроникність його для газів і для агресивних іонів у водних розчинах.

Щоб арматура працювала в залізобетонних конструкціях із заданим розрахунковим опором, необхідно її завести (анкерувати) за обраний переріз

елемента на довжину зони передавання напружень із арматури на бетон, обумовлену зчепленням арматури з бетоном або заанкерувати її за допомогою спеціальних пристроїв.

Арматуру, кінці якої надійно самоанкеруються в бетоні внаслідок сил зчеплення, називають арматурою без анкерів у межах довжини зони анкерування. Арматуру, кінці якої анкерують в бетоні за допомогою спеціальних пристроїв, називають арматурою з анкерами на кінцях. Арматурою без анкерів вважають усю стрижневу, дротяну профіліровану арматуру й канати одноразового плетіння під час натягання їх на упори за достатньої передавальної міцності бетону. Арматурою з анкерами на кінцях вважають будь-яку арматуру, що натягується на бетон, а також арматуру, що натягується на упори, за недостатнього її зчеплення з бетоном (гладкий високоміцний дріт, багатопрядивні канати).

В окремих випадках застосовують арматурні елементи з високоміцного дроту, не зчеплюючи їх із бетоном (зовнішнє розміщення арматури). Конструкції з такою арматурою порівняно з аналогічними конструкціями, у яких арматура надійно зчеплюється з бетоном, потребують більшого витрачання сталі. Їх можна вважати шпренгельними конструкціями.

Анкерування ненапруженої арматури. Методи анкерування ненапруженої арматури (окремі стрижні, зварні сітки або каркаси) обирають залежно від її класу й різновиду зусилля в арматурі (стиснення або розтягнення). Ненапружену розтягнуту й стиснену арматуру заводять за нормальний перетин елемента, у якому вона повинна працювати із повним розрахунковим опором, на довжину зони закладання. Зона закладання – довжина кінців арматури, що закладаються в бетон, за яких зусилля її розриву й опору висмикування з бетону однакові.

Нормама передбачено, щоб розтягнуті гладкі арматурні стрижні закінчувалися гаками, лапками чи петлями або мали приварену поперечну арматуру по довжині закладення. Спеціально анкерувати кінці арматури не потрібно, якщо армування гладкими стрижнями виконують у вигляді зварних сіток і каркасів. У цьому разі гладка арматура надійно анкерується за допомогою стрижнів поперечного напрямку.

Стрижні періодичного профілю надійно самоанкеруються в бетоні, тому спеціально анкерувати кінці арматури не потрібно.

Анкерування напруженої арматури. Якщо як напружену робочу арматуру використовують високоміцний дріт періодичного профілю, арматурні канати одноразового плетіння, гарячекатану й термічно зміцнену стрижневу арматуру періодичного профілю, яка натягується на упори, будь-які анкери на кінцях такої арматури влаштовувати не потрібно. Вона надійно самоанкерується в бетоні за допомогою періодичного профілю.

Під час натягування арматури на упори (до бетонування), у момент послаблення натяжних пристроїв, унаслідок виникнення динамічного ефекту арматура розклинає бетон, створюючи в ньому небезпечні місцеві, концентричні щодо себе самої розтягувальні зусилля.

Якщо ці зусилля спричиняють утворення повздовжніх тріщин уздовж арматури, то опір зчепленню послаблюється, а в разі відсутності або недостатності поперечної арматури може остаточно порушитися. Такий елемент застосовувати не можна. Саме тому миттєвий спосіб передавання зусилля обтискання, зазвичай не використовується, а якщо діаметр стрижнів більше ніж 18 мм, за нормами застосовувати його заборонено (рис. 2.15).

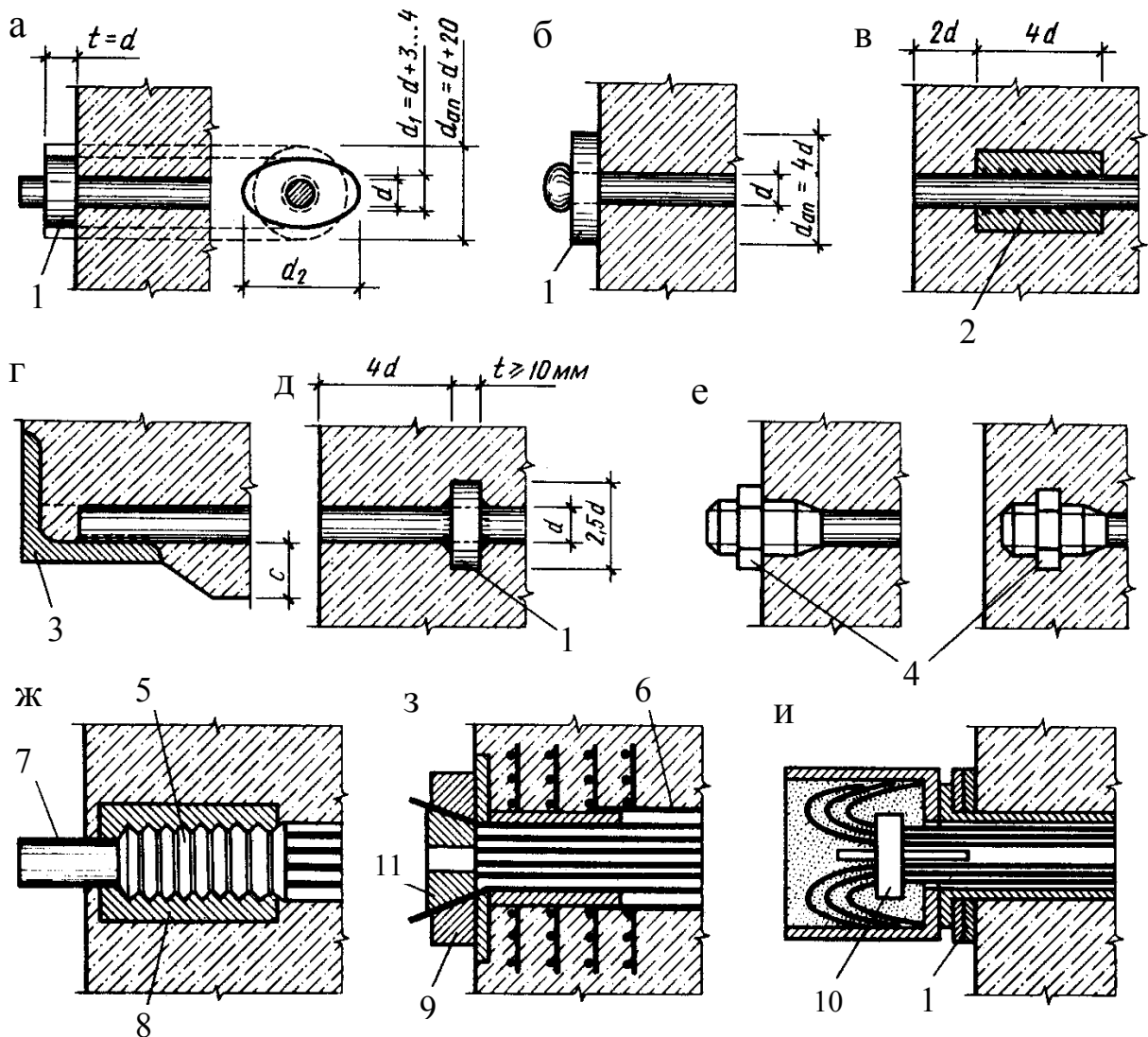


Рисунок 2.15 – Анкерування напруженої арматури: а – із запресуванням головки; б – із висадженням головки; в – із приваренням оцупків; г – кутиками; д – шайбами; е – з гайками; ж – спеціальні анкери гільзового типу; з – з колодкою та конічною пробкою для канатної арматури; и – те саме, стаканного типу; 1 – шайба, 2 – оцупок; 3 – кутик; 4 – гайка; 5 – стрижень з нарізкою; 6 – патрубок; 7 – сталевий стакан; 8 – гільза; 9 – колодка; 10 – кільце; 11 – пробка

Для забезпечення сприйняття бетоном місцевих розтягувальних концентричних зусиль на кінцях напруженої арматури якомога ближче до торців конструкцій встановлюють спіралі з дроту класу В 500 (Вр-1) із кроком 25...30 мм, внутрішній діаметр витків на 20...30 мм має бути більшим за діаметр арматурного елемента. Не менший ефект дає використання поперечних сіток (кількість – 4 шт., крок – 50...100 мм) на ділянці, довжина якої має бути

не менше ніж 200 мм і не менше ніж $10d$ і $20d$ відповідно (d – діаметр напруженої повздовжньої арматури) – для профільованої і гладкої арматури без анкерів і не менше двох довжин анкерів – для арматури з анкерами на кінцях. Сітки повинні охоплювати всі повздовжні стрижні арматури.

Крім обмеження розкриття повздовжніх горизонтальних тріщин, зварні сітки й замкнуті хомути у кількості до двох на половину збільшують несучу здатність бетону на місцевий стиск, обмежують розкриття вертикальних тріщин на кінцях елемента, а також підсилюють їх під час впливу поперечних сил. Діаметр стрижнів сіток або хомутів повинні становити не менше ніж $0,25d$ і не менше ніж 5 мм (для дроту класу B500 (Bp-1) – 4 мм). Щоб уникнути місцевого стиснення бетону під анкерами, потужні зосереджені реакції анкерів необхідно розподіляти на більшу площу бетону за допомогою торцевих металевих листів із отворами для пропускання арматури.

Кінці гладкого високоміцного дроту анкерують за допомогою конструктивних анкерів, тобто тих, що залишаються на кінцях арматури на весь період експлуатації конструкції. Конструктивні анкери виконують за допомогою висаджених головок і анкерних плит, а під час натягування арматури на упори – за допомогою петльових (кільцевих) анкерних пристроїв.

Високоміцну дротяну арматуру або канати намотують на бетон із круглою конструкцією (труби, циліндричні резервуари, силоси), анкерують, закріплюючи початок і кінець кожної групи затискними болтами або найпростішими плащечними затискачами, які не виходять за межі захисного шару бетону.

За необхідності кінці канатної арматури анкерують у вигляді обтиснутих муфт, клинових і цангових затискачів, а пучки – у вигляді гільзострижневих і гільзоклинових анкерів, металевих колодок і конусних пробок тощо. Щоб запобігти корозії анкерних пристроїв, розташованих на поверхні бетону, застосовують антикорозійні покриття.

2.9 Виконання арматурних робіт на будівельному майданчику

Перелік арматурних робіт. Комплексний технологічний процес виконання арматурних робіт на будівельному майданчику складається з окремих простих процесів і операцій: транспортування арматури на об'єкт, її сортування і складування; укрупнювальне збирання; стропування арматурних каркасів і сіток; установлення каркасів у проектне положення і тимчасове закріплення; з'єднання арматурних виробів між собою внапусток, за допомогою в'язання або зварювання; установлення закладних деталей.

Арматурні роботи в умовах будівельного майданчика різняться певною специфікою: складністю обрисів монолітних залізобетонних конструкцій; різноманітністю конструкцій; необхідністю збирання та встановлення арматури на різній висоті і за умов, що ускладнюють організацію робочого місця арматурника; необхідністю узгодження роботи арматурника і машиніста крана, бетонувальників і робітників інших суміжних професій; необхідністю виконувати ручне електрозварювання в процесі монтажу і укладання арматури.

Перед бетонуванням встановлену арматуру ретельно перевіряють на відповідність робочим кресленням і вимогам нормативних документів. За результатами перевірки складається акт на приховані роботи.

Транспортування та складування арматурних виробів. Під час транспортування й проведення вантажувально-розвантажувальних робіт вживають заходи, що забезпечують арматурні вироби від руйнування та деформації, розриву зварних з'єднань, викривлення сіток, каркасів або окремих стрижнів. Арматурні стрижні (прямі й гнуті) потрібно перевозити зв'язаними в пачки, сітки й каркаси по декілька штук у пакети.

Просторові арматурні каркаси надійно закріплюють на транспортних засобах, щоб унеможливити їхнє деформування під дією власної ваги й поштовхів. У місцях можливих пошкоджень просторові каркаси підсилюють тимчасовими кріпленнями.

Арматуру на будівельний майданчик постачають комплектно і складують на приоб'єктному складі або складувально-комплектувальній ділянці відповідно до послідовності подавання її для встановлення в опалубку або відповідно до проекту виконання робіт.

Під час складування арматурних каркасів і сіток їх необхідно обпирає на підкладки й прокладки, відстань між якими має виключати залишкові деформації в арматурі, їхня висота повинна бути трохи більшою за габарити стропувальних пристроїв. Висота штабеля не повинна перевищувати 1,5 м. Штабелі арматури розміщують так, щоб між ними були проїзди для транспорту і проходи для людей.

Під час приймання арматури на приоб'єктному складі перевіряють: наявність бірок на арматурних елементах і сертифіката на кожен партію арматури, у якому виробник гарантує відповідність виробів і з'єднань у них проектним.

До підймання й установлення арматуру необхідно очистити від бруду, криги, іржі. Елементи, що піднімаються, повинні мати маркування й мітки, які вказують місця стропування.

Арматурну сталь, що надходить у бухтах, підготовлюють до подальшого використання в автоматичних верстатах, які одночасно розмотують бухти, випрямляють прутки і ріжуть їх на стрижні необхідної довжини.

Дріт подається роликми, що тягнуть, ріжуть його ножами в напрямі руху, без зупинок. Очищують і випрямляють дріт у барабані, що швидко обертається. Дріт пропускають через отвори в ексцентрикових плашках. Унаслідок пропускання плашок через дріт він набуває форми хвилі, амплітуда якої регулюється переміщенням плашок. Дріт випрямляється шляхом почергового його вигинання в різних напрямках і одночасного протягування.

На будівельному майданчику арматурну сталь ріжуть на верстатах і ручними ножицями. Під час виготовлення арматурних виробів згинають як стрижні арматури, так і сітки для просторових каркасів. Для згинання арматури використовують ручні і приводні верстати. Уручну арматурну сталь гнуть, якщо обсяг робіт невеликий.

Установлення арматури в конструкції. Під час зведення монолітних залізобетонних конструкцій застосовують два способи установлення арматури – окремими елементами (стрижнями) й укрупненими елементами (каркасами і сітками) (рис. 2.16).

У разі укладання арматури окремими стрижнями просторове положення арматури в конструкції істотно впливає на технологію армування.

Робочу арматуру в конструкції можна установлювати декількома способами:

- розташовуючи арматуру (колони) вертикально;
- розташовуючи арматуру (балки, прогони, ригелі) горизонтально;
- розташовуючи стрижні арматури в горизонтальній площині (фундаментні плити, перекриття) взаємно перпендикулярно;
- розташовуючи стрижнів арматури в вертикальній площині (стіни жорсткості, ядра жорсткості, стіни) взаємно перпендикулярно.



Рисунок 2.16 – Арматурні каркаси, підготовлені до монтажу

Укладаючи арматуру окремими стрижнями, всі операції розподіляють усередині ланки: арматурники 5–6 розрядів виконують тільки зв'язування арматури, а робітники 2–3 розрядів розкладають стрижні й допомагають їх зв'язувати. Під час виконання цих операцій робітники переміщуються по фронту укладання. Перед початком робіт вивчаються робочі креслення, запропонована організація праці, робітники – забезпечуються необхідними пристроями та інструментом.

Під час армування плит перед розкладанням стрижнів і зв'язуванням вузлів на опалубці розмічають місця укладання елементів. Якщо арматура

плити має стяжки між верхньою і нижньою сітками, то один з кінців стяжки залишають у вертикальному положенні, загинаючи кінці, що випинаються.

До установлення арматури, користуючись шаблоном, розмічують місця розташування вертикальних і горизонтальних стрижнів. Під час розмічування через 1...1,5 м по висоті арматурник прибиває до опалубки цвяхи, до яких потім кріплять вертикальні стрижні. Ці стрижні встановлюють першими, потім горизонтальні, одночасно зв'язуючи місця перетину. Вузли зв'язують у шаховому порядку (крім двох крайніх стрижнів по контуру).

Установлюючи окремі стрижні вручну і зв'язуючи їх, склад ланки арматурників визначають залежно від різновиду конструкції і її складності, а також від діаметра стрижнів. Якщо стрижні з'єднують зварюванням, то в складі ланки повинен бути електрозварник ручного зварювання (рис. 2.17).



Рисунок 2.17 – Армуння вертикальних стін

Сітки й каркаси монтують, застосовуючи кран. Якщо маса арматурного елемента не більше 100 кг, то безпосередньо до конструкції його подають пакетами. Далі сітки й робочі каркаси розносять вручну й укладають їх на прокладки. Якщо маса одного арматурного елемента більше 100 кг, його доставляють до місця установлення за допомогою крана по декілька штук одразу, а потім розкладають їх у проектне положення.

Стики робочої арматури із діаметром до 32 мм в зварних і зв'язаних каркасах виконують внапусток, не зварюючи. Якщо діаметр стрижнів 32...40 мм, застосовувати такі стики не рекомендується, а якщо понад 40 мм – не допускаються. Не можна також влаштовувати стики внапусток, не зварюючи елементи, перетин яких повністю розтягнуто, а також у тих випадках, коли застосовують арматуру й сталі класів А-IVк і А-IIIв.

У зварних каркасах стикування внапусток допускається тільки під час одностороннього розташування робочих стрижнів арматури.

Під час стикування зварних сіток із круглих гладких стрижнів у кожній сітці в межах стику необхідно розташувати не менше двох поперечних стрижнів. У разі стикування сіток зі стрижнів періодичного профілю зварювати поперечні стрижні в межах стику не обов'язково, але тоді довжину перепуску збільшують на п'ять діаметрів. Стики стрижнів у неробочому напрямі (поперечні монтажні стрижні) виконують з припуском, що дорівнює 50 мм, якщо діаметр розподільних стрижнів до 4 мм, і 10 мм – якщо більше ніж 4 мм. Якщо діаметр арматури становить 16 мм і більше, зварні сітки в неробочому напрямі укладають упритул одна до одної, перекриваючи стик спеціальними стиковими сітками, що укладаються з перепуском в кожен бік не більше ніж 15 діаметрів розподільної арматури, але не менше ніж 100 мм.

Сітки зварні в неробочому напрямі можна укласти впритул (без напустку і без додаткових стикових сіток) у таких випадках: під час укладання зварних смугових сіток у двох взаємно перпендикулярних напрямках; за наявності в місцях стику додаткового конструктивного армування в напрямі розподільної арматури.

Робочі стрижні на місці установаження зварних сіток і каркасів стикують за допомогою дугового зварювання, якщо їх діаметр не менше ніж 6 мм. Стрижні із діаметром до 18...20 мм зварюють за допомогою накладки або внапусток. Стикування здійснюють також шляхом приварювання стрижнів сіток і каркасів до загальної сталевий смуги. У такому разі загальна довжина флангових швів на кожному стрижні повинна бути не менше десяти діаметрів привареного стрижня. З'єднання стрижнів діаметром понад 18...20 мм виконують за допомогою ванного зварювання.

Під час установаження арматури потрібно дотримуватися таких розмірів захисного шару, які забезпечують арматуру від корозії і забезпечують збільшення терміну її використання.

Хомути повинні вивищуватися над поверхнею бетону не менше ніж на 15 мм. Товщина захисного шару бетону має бути більшою не менше ніж на 10 мм у місцях систематичного впливу на бетон кислот, високої вологості, а також у разі підвищених вимог до вогнестійкості залізобетонної конструкції.

Захисний шар бетону забезпечується шляхом установаження між арматурою і опалубкою бетонних або сталевих прокладок упорів і поперечних стрижнів. Таке рішення допускається під час роботи конструкцій в сухих умовах.

В інших випадках необхідна товщина захисного шару забезпечується шляхом установаження бетонних і пластмасових фіксаторів, які прив'язують або надягають на арматурні стрижні. Найефективніші й найзручніші для роботи пластмасові фіксатори.

За кордоном і у вітчизняній практиці для скріплення пересічних стрижнів замість зв'язування застосовують пружинні фіксатори (скріпи) різної конструкції. Застосування скріп знижує стомлюваність працівників, підвищує

продуктивність праці. Скріплення виконують протягом 2...3 с на відміну від 7 с під час зв'язування відпаленим дротом.

Скрепи виготовляють зі сталевого пружинного дроту діаметром 1,6...2 мм. Як зарубіжний, так і вітчизняний досвід дають змогу рекомендувати скрепи для застосування під час виготовлення незварюваних арматурних елементів. Перетинальні стрижні можна з'єднувати скрепами як в опалубці, так і під час попереднього збирання арматурних елементів в кондукторах і шаблонах, із подальшим транспортуванням і установленням їх в опалубку (рис. 2.18).

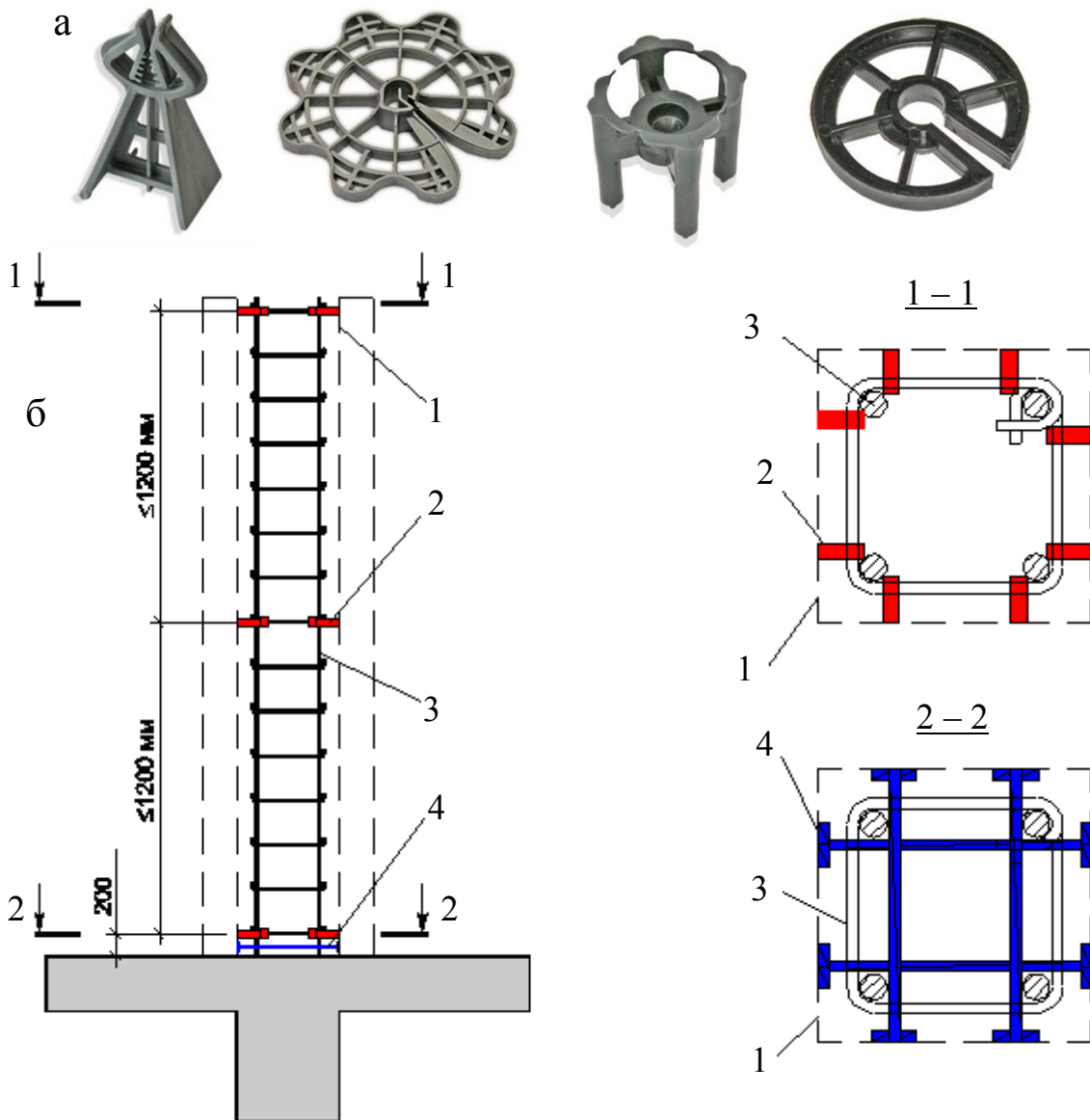


Рисунок 2.18 – Встановлення фіксаторів із теплостійких і полімерних матеріалів:
 а – фіксатори для забезпечення захисного шару бетону; б – схема встановлення фіксаторів захисного шару арматури і арматурних фіксаторів-обмежувачів; 1 – контур встановлюваної опалубки; 2 – пластмасовий фіксатор захисного шару арматури; 3 – арматурний каркас; 4 – арматурний фіксатор-обмежувач

Встановлені арматурні конструкції перед бетонуванням необхідно перевірити і прийняти за актом. З цією метою проводять зовнішній огляд і перевіряють розміри конструкції за кресленнями. Місце розташування, діаметр

і кількість стрижнів, а також відстань між ними і допуски повинні відповідати проектним.

В акті змонтованих арматурних конструкцій необхідно вказати номери робочих креслень, відступання від них, оцінки якості бетону й дозвіл на бетонування. До акта приймання потрібно прикласти:

- заводські сертифікати або паспорти базового металу або електродів;
- витяг з лабораторних журналів або акти випробувань зразків зварних з'єднань і стиків;
- прізвища зварювальників, які зварювали арматурні конструкції під час їхнього виготовлення й монтажу;
- копії та перелік документів, на підставі яких було внесено зміни в робочі креслення.

2.10 Контроль якості арматурних виробів і робіт

Організація контролю. Якість виготовлення і зварювання арматурних, закладних виробів і окремих арматурних стрижнів – відповідність матеріалів проектній документації, геометричні параметри виробів, підготування й складання під зварювання, якість зварних з'єднань і їхня відповідність нормативній і проектній документації – перевіряється службою контролю підприємства-виготовлювача, будівельною монтажною організацією або незалежною лабораторією, акредитованою на виконання цих різновидів робіт.

Готову продукцію та якість зварювання приймають партіями. Партія готових виробів повинна складатися з виробів одного типо-розміру, однієї марки, виготовлених за єдиною технологією одним зварником.

Відповідність арматурних і закладних виробів, а також зварних з'єднань вимогам нормативної документації встановлюється за результатами вибіркового контролю, який необхідно виконувати:

- під час виготовлення підприємством (організацією) арматурних і закладних виробів для постачання сторонньому споживачеві й до передавання їх на склад готової продукції;
- під час виготовлення і використання арматурних і закладних виробів виробничою ділянкою одного підприємства (організації) і до установа виробів в опалубку;
- під час виконання зварних з'єднань на будівельному майданчику й до бетонування монолітних конструкцій або випусків арматури в стиках збірних залізобетонних елементів.

Зразки для проведення контролю вибирають методом випадкового відбору. Кількість виробів, що відбираються з партії для контролю за допомогою зовнішнього огляду й шляхом вимірювання, має становити не менше трьох штук. Для стикових зварних з'єднань випусків арматури кількість зварних з'єднань, що перевіряються за допомогою зовнішнього огляду і вимірювань, має становити не менше 10 % від кількості прийнятих зварних з'єднань.

Контрольні (допускні) зварні зразки для механічних випробувань відбирають у кількості трьох штук:

– контрольні зразки хрестоподібних зварних з'єднань сіток і арматурних виробів, якщо вони виготовленні із застосуванням дугових прихваток для проведення механічних випробувань на знеміцнення базового металу, відбирають шляхом вирізання з готових виробів. Можна вирізати зразки з одного готового виробу;

– контрольні зразки хрестоподібних з'єднань стрижнів робочої арматури сіток, плоских і просторових каркасів у разі зварювання їх на контактних зварювальних машинах із автоматичним управлінням циклу зварювання повинні виготовлятися в довільний момент часу одночасно з діловими зварними з'єднаннями під час тих самих режимів зварювання і з таких самих матеріалів;

– в арматурних виробках, що виготовляються на багатоелектродних контактних зварювальних машинах, контроль якості зварювання необхідно проводити для кожного електрода;

– контрольні зразки таврових зварних з'єднань елементів закладних виробів відбирають шляхом вирізання з готових виробів. Допускається замість вирізання зразків із готових виробів зварювати контрольні зразки з одним стрижнем. Усі параметри режиму зварювання, діаметр і клас арматури, марка сталі і товщина плоского елемента повинні бути такими самими, як і для виробів, що виготовляються;

– контрольні зразки зварних стикових з'єднань, виконані шляхом контактного зварювання, виготовляють з обрізків арматури. Режим зварювання, діаметр і клас арматури повинні бути такими самими, як і під час зварювання ділових з'єднань;

– зварні стикові з'єднання арматурних стрижнів, виконані за допомогою ванного зварювання під флюсом і дугового зварювання в інвентарних формах, дугового і ванно-шовного зварювання на сталевій скобі-накладці або без неї, контролюють ультразвуковою дефектоскопією.

Засоби й обладнання для проведення контролю. Для проведення контролю за допомогою зовнішнього огляду і вимірювання застосовують такі засоби: лінійки вимірювальні металеві; лупи зі збільшенням у 4...7 разів; косинці перевірочні, 90°; штангенциркулі; кутоміри; універсальний шаблон зварювальника УШЗ-3; вимірювальні рулетки.

За умови відповідності діапазонів вимірюваних параметрів і точності вимірювань вимогам нормативних документів допускається застосовувати інші засоби контролю.

Механічні випробування зварних з'єднань проводять на розривних машинах, оснащених набором пристосувань, що забезпечують проведення того чи іншого різновиду випробувань.

Ультразвуковий контроль зварних стикових з'єднань арматурних стрижнів відповідно до вимог нормативної документації здійснює персонал, атестований для проведення таких робіт, у встановленому порядку.

Методи контролю. Для контролю якості зварних з'єднань арматурних і закладних виробів застосовують такі методи контролю:

– арматурні вироби (сітки, каркаси) – технічний огляд (зовнішній огляд і вимірювання); механічні випробування (розтягування, зрізування, знеміцнення);

– закладні вироби – технічний огляд (зовнішній огляд і вимірювання); механічні випробування (зрізування, відривання);

– стикові зварні з'єднання арматури – технічний огляд (зовнішній огляд і вимірювання); механічні випробування (розтягування); акустичний (ультразвуковий).

За необхідності застосовують додаткові різновиди контролю, не передбачені нормативними документами; вони повинні бути вказані в проектній документації із зазначенням регламентування норм та порядку дій у разі забракування партії.

Осідання арматурних стрижнів в хрестоподібних зварних з'єднаннях, виконаних за допомогою контактного зварювання, і рівень їхнього змінання електродами вимірюють штангенциркулем з точністю до 0,1 мм.

Контроль арматурних, закладних виробів і зварних стикових з'єднань арматури. Під час монтажу, будівництва, реконструкції споруд контроль за допомогою зовнішнього огляду й вимірювання виконується за місцем проведення робіт. У цьому разі необхідно забезпечити зручність підходу фахівців до місця проведення контрольних робіт.

Підготування поверхонь зварних з'єднань для проведення контролю в обов'язки фахівця з контролю не входить. Поверхню підготовляють робітники організації виконавця робіт. На елементах арматурних і закладних виробів, а також на зварних з'єднаннях не повинно спостерігатися відшаровування іржі й окалини, слідів масла, інших забруднень. Зварні з'єднання необхідно очистити від шлаку й бризок металу.

У зварних швах і зоні термічного впливу не повинно бути тріщин будь-якої довжини й напрямку. Не допускається поява проміжків наплавленого металу, свищів, пропалювання плоских елементів закладних виробів, непроварювання й поверхневого опікання базового металу.

У кожному відібраному арматурному виробі перевіряють:

– клас і діаметр арматури, марку сталі за даними документа про якість (сертифіката), а в разі його відсутності – за результатами лабораторних випробувань – механічних випробувань і хімічного аналізу арматурної сталі;

– довжину окремих стрижнів, відстань між крайніми стрижнями по довжині, ширині або висоті виробу, довжину випуску стрижнів і відстань між двома сусідніми повздовжніми стрижнями в арматурних каркасах;

– всі зварні з'єднання, виконані за допомогою дугового або контактного стикового зварювання (не менше п'яти з'єднань), виконані за допомогою контактного точкового зварювання;

– стикові й хрестоподібні з'єднання, виконані за допомогою контактного зварювання, повинні бути оточені ґратом, розміри якого для відповідного типу з'єднання регламентують.

Якщо під час проведення контролю за допомогою зовнішнього огляду й вимірювання арматурних і закладних виробів та їхніх зварних з'єднань, а також зварних з'єднань елементів арматури збірних і монолітних залізобетонних конструкцій виявлено хоча б одне з'єднання, що не відповідає вимогам нормативної документації, то проводять повторне приймання подвоєної кількості виробів (зварних з'єднань) .

Якщо і під час повторного перевірення буде виявлено хоча б один ушкоджений виріб (зварене з'єднання), що не відповідає вимогам нормативних документів, то здійснюють поштучне приймання.

Висновки

Номенклатура й сортамент арматурного прокату, виготовленого на металургійних підприємствах колишнього СРСР, формувалися попитом, орієнтованим на масовий розвиток збірного залізобетону, в умовах практичної ізоляції від світового ринку. До сьогодні ця обставина більшою або меншою мірою позначилася на недоотриманні прибутку різними металургійними підприємствами, що пов'язано з виготовленням застарілих різновидів арматурного прокату, з високою собівартістю і низькою конкурентною здатністю продукції.

Вимоги, що висуваються до арматурного прокату будівельниками (споживачами) ще на ранній стадії виготовлення залізобетону, залишаються такими самими і сьогодні.

З огляду на особливості сучасного виробництва і експлуатації арматурних елементів збірного й монолітного залізобетону (каркасів, сіток, закладних деталей, монтажних петель тощо), до головних вимог щодо міцності, деформативності й зчеплення з бетоном додалися певні вимоги стосовно зварюваності, морозостійкості, корозійної стійкості арматури тощо, оскільки вимоги до якості будівництва, економічної ефективності та надійності застосування того чи іншого різновиду арматурного прокату постійно підвищуються і стають базовими, а також обумовлюють їхній вибір виробником.

На ранньому етапі виробництва арматури визначальними її споживчими властивостями вважалися технічні можливості сталеливарного і прокатного технологічного обладнання. Будівельники були змушені використовувати ту арматурну продукцію, яку виробляла вітчизняна металургійна промисловість.

У зв'язку з бурхливим розвитком металургійного виробництва протягом останніх років майже всі технологічні обмеження щодо виробництва арматури було знято. У наш час металургійна промисловість виготовляє ту арматурну продукцію, яку можна ефективно використовувати в будівництві.

3 ВИМОГИ ДО БЕТОНУ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЙОГО ЯКОСТІ

3.1 Функційна залежність міцності бетонів від низки факторів

Залежно від призначення бетони повинні відповідати певним вимогам:

- для звичайних залізобетонних конструкцій – мати задану міцність;
- для конструкцій, що перебувають на відкритому повітрі – морозостійкість;
- для стін опалювальних будівель – мати необхідну міцність і теплопровідність;
- для підлог – достатню міцність при вигині й незначну стиранисть;
- для дорожніх і аеродромних покриттів – міцність при вигині й морозостійкість.

До загальних вимог щодо всіх різновидів бетонів і бетонних сумішей варто віднести такі:

- до затвердіння бетонні суміші повинні легко перемішуватися, укладатися (бути рухливими й не розшаровуватися);
- бетони повинні мати певну швидкість тверднення відповідно до заданих термінів розпалублення;
- витрати цементу й вартість бетону повинні бути мінімальними.

Отримати бетон, що задовольняє всі висунуті вимоги, можна за умови правильного проектування його складу, правильного приготування, укладання та ущільнення бетонної суміші, а також правильного зберігання в початковий період його тверднення.

Особливістю зведення монолітних бетонних і залізобетонних конструктивних елементів будівель і споруд є те, що якість кінцевого матеріалу неможливо встановити заздалегідь. Необхідних властивостей бетон набуває в процесі зведення конструкції. Отже, важливо:

- правильно підібрати матеріали;
- проектувати склад бетону із огляду на обрану технологію бетонування (залежно від конструктивних особливостей опалубки, перетину конструкції і насиченості її арматурою);
- дотримуватися технологічних режимів виконання процесів зведення будівлі;
- проводити операційний контроль якості на всіх етапах зведення – від приготування бетонної суміші до розпалублення й наступного витримання.

Отже завдання є такими: виготовляти бетонну суміш із такими заданими показниками, щоб її можна було з мінімальними затратами ручної праці і без розшарування транспортувати, розподіляти та ущільнювати, а також скорочувати терміни розпалублення. Цього досягають у такому разі, якщо якість бетонної суміші і бетону оптимально узгоджується із загальним процесом виробництва – від зберігання заповнювачів, змішування, транспортування, розподіляння та ущільнення до тверднення й подальшого оброблення. Крім того, необхідно брати до уваги коливання якості компонентів, що входять до

складу бетонної суміші, і можливість виключення помилок на окремих технологічних переділах.

Найважливішою характеристикою бетону, як конструкційного матеріалу, є його міцність на стиск. Вона обумовлюється багатьма чинниками, зокрема якістю й міцністю складників бетону (заповнювачів і цементного каменю), зчеплення між ними й щільності структури. На міцність бетону впливають також технологічні чинники: режим транспортування, спосіб укладання та ущільнення, умови тверднення, його однорідність, вік, температура та вологість умови тверднення.

Загалом міцність бетону можна визначити за такою функційною залежністю:

$$R_{\bar{\sigma}} = f(B/C, K_{скл}, K_{тех}, K_{ущ}, K_o, K_{кл}) \quad (3.1)$$

де B/C – водоцементне співвідношення;

$K_{скл}$ – фактор якості й міцності складників бетону;

$K_{тех}$ – комплекс організаційно-технологічних факторів;

$K_{ущ}$ – коефіцієнт ущільнення;

K_o – коефіцієнт однорідності на стадіях приготування й укладання;

$K_{кл}$ – кліматичні умови проведення бетонних робіт.

Кількість технологічних факторів, що впливають на властивості бетону, може бути значно більшою. Крім того, унаслідок взаємовпливу окремих факторів керувати технологією комплексного процесу – від приготування бетонної суміші до досягнення заданих властивостей бетону на будівельному майданчику – не використовуючи математичні методи, практично неможливо.

На сьогодні під час визначення складу бетону пропонується планувати експерименти за допомогою математично-статистичних методів, сутність яких полягає у встановленні математичної залежності між заданими властивостями бетону та його витратою і властивостями складників матеріалів. Отримана математична залежність використовується для визначення й пошуку оптимальних складів. Такими факторами, залежно від умов певного завдання, можуть вважатися B/C суміші, витрати води (або цементу), заповнювачів або співвідношення між ними, показники якості складників матеріалів, витрати різноманітних добавок тощо.

3.2 Обумовленість міцності бетону водоцементним співвідношенням

Міцність бетону в певний момент тверднення в сталих умовах обумовлюється насамперед міцністю (активністю) цементу й водоцементного співвідношення. Під водоцементним співвідношенням в цьому разі розуміють співвідношення маси води до маси цементу свіжоприготованої бетонної суміші, до того ж береться до уваги тільки вільна вода, яка не була поглинена заповнювачем. Міцність бетону підвищується зі збільшенням міцності цементу або зменшенням водоцементного співвідношення.

Цю залежність можна виразити формулою:

$$R_{\bar{\sigma}} = R_u / [A(B/C)^{1/2}] \quad (3.2)$$

де R_b – міцність бетону після 28 діб нормального тверднення;
 R_u – активність цементу;
 A – коефіцієнт, який ураховує вплив інших факторів;
 V/C – водоцементне відношення.

Як відомо, цемент, залежно від його якості й терміну тверднення, приєднує всього 15...25 % води від своєї маси. Однак для надання бетонній суміші пластичності до бетону додають значно більше води (40...70 % від маси цементу, $V/C = 0,4...0,7$), бо при $V/C = 0,2$ бетонна суміш буде майже сухою і її не можна буде як належить перемішати й укласти. До того ж надлишкова вода, яка не вступає в хімічну реакцію з цементом, залишається в бетоні у вигляді водяних пор і капілярів або випаровується, залишаючи повітряні пори. В обох випадках бетон буде ослаблений наявністю пор, і що їх більше, тобто що більше V/C , то нижча міцність бетону.

Таким чином, закон водоцементного співвідношення, по суті, ілюструє обумовленість міцності бетону його щільністю або поруватістю. Максимальну міцність бетон набуває, якщо V/C перебуває в межах 0,27...0,35. Подальше зростання водоцементного співвідношення призводить до зниження міцності, а якщо $V/C = 1...1,2$, міцність бетону наближується до нуля.

За умовами виконання робіт стосовно монолітного будівництва приймають, що для бетонних сумішей $V/C = 0,4...0,6$, це дає змогу істотно знизити інтенсивність вібраційного впливу, енергетичні витрати й підвищити легкість укладання. Це призводить також до недовикористання теоретично можливої міцності бетону. Варто зазначити, що обумовленість міцності бетону його водоцементним співвідношенням досягається лише в певних межах. За дуже низьких значень водоцементного співвідношення (навіть у разі підвищених витрат цементу й води) отримати бетонні суміші з необхідними показниками легкоукладуваності й щільності бетону не вдається, тому залежність $R_b = f(V/C)$ порушується.

Обумовлення міцності бетону водоцементним співвідношенням і активністю цементу важко визначити за однією формулою, тому для розрахування складу бетону використовують дві емпіричні формули:

– для бетонів з $V/C \geq 0,4 (C/B \leq 2,5)$

$$R_b = A \cdot R_u [(C/B) - 0,5]; \quad (3.3)$$

– для бетонів з $V/C \leq 0,4 (C/B \geq 0,5)$;

$$R_b = A_1 \cdot R_u [(C/B) + 0,5], \quad (3.4)$$

де R_u – міцність цементу.

Значення коефіцієнтів A і A_1 приймають за таблицею 3.1.

Наведені формули справедливі для бетонів виготовлених із помірно жорстких і рухливих бетонних сумішей, укладених шляхом вібрування, якщо коефіцієнт ущільнення не нижче ніж 0,98. Під час визначення складу бетону формулу міцності використовують для призначення водоцементного співвідношення, що забезпечує задану міцність бетону при певній активності цементу.

Високопорувата структура легких бетонів обумовлює зниження їхньої міцності порівняно зі звичайними бетонами. Вона залежить від тих же факторів, що й міцність важких бетонів: активності в'язучого, величини водоцементного співвідношення, способу приготування та ущільнення суміші, умов і режимів тверднення, міцності заповнювача. На відміну від бетонів на щільних заповнювачах, крива залежності міцності В/Ц має висхідну й спадну гілки. Унаслідок додавання в бетонну суміш води його міцність (через кращу легкоукладуваність) спочатку підвищується. За оптимального значення В/Ц досягає максимуму, а зі збільшенням В/Ц його міцність плавно знижується, наближаючись до мінімального значення.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів A й A_1 в формулах (3.3) и (3.4)

Матеріал для бетону	A	A_1
Високоякісний	0,65	0,43
Рядовий	0,60	0,40
Пониженої якості	0,55	0,37

Примітка. Високоякісні матеріали: щебінь із щільних гірських порід високої міцності, пісок оптимальної крупності і портландцемент високої активності, без добавок або з мінімальною кількістю гідравлічної добавки; наповнювачі чисті, промиті, фракціоновані з оптимальним зерновим складом суміші фракцій. *Звичайні матеріали:* наповнювачі середньої якості, зокрема гравій, портландцемент середньої активності або високомарочний – шлакопортландцемент. *Матеріали низької якості:* великий заповнювач низької міцності, дрібні піски, цементи низької активності.

Механізм набирання міцності легким бетоном обумовлюється особливостями вологообміну між поруватим заповнювачем і цементним тістом. На початковому етапі поруваті заповнювачі вбирають вологу, а отже, сприяють утворенню більш міцного контактного шару цементного каменю. Потім поруваті заповнювачі віддають частину води, створюючи, таким чином, сприятливі умови для гідратації цементу й зменшуючи осадочні явища в цементному камені.

Найінтенсивніше процес водопоглинання поруватих заповнювачів відбувається в перші 10...15 хв після приготування бетонної суміші. Кількість води, яку поглинає заповнювач, залежить від складу бетонної суміші. Вона збільшується в литих і рухливих сумішах при високих значеннях водоцементного співвідношення і зменшується в жорстких бетонних сумішах при низьких. Зазвичай водопоглинальна здатність поруватого заповнювача в бетонній суміші на 30...50 % менша, ніж у воді, унаслідок впливу водоутримувальної здатності цементного тіста.

Важливою особливістю легких бетонів є їхня здатність збільшувати міцність протягом тривалого часу. Якщо бетон перебуває у вологих умовах, то його міцність вища за міцність такого самого бетону, що перебуває в сухому середовищі. Наприклад, збільшення міцності керамзитового бетону при вологості середовища 90...100 % і температурі 20 ± 5 °C відбувається з такою швидкістю, %: за семидобового віку – 50...55, 28-добового – 100, три місяці – 115...130, один рік – 140...150.

Якщо тверднення відбувається в сухому середовищі, необхідно обмежити або виключити процеси інтенсивної міграції рідкої фази під час укладання та витримування легкого бетону.

3.3 Вплив фактора якості і міцності складників бетонної суміші на міцність і деформативні властивості бетону

У наш час в монолітному будівництві використовують різні види бетонів. Залежно від призначення бетони повинні відповідати певним вимогам: для несучих конструкцій – мати задану міцність, головне на стиск; для обгороджувальних конструкцій – необхідну міцність і низьку теплопровідність. Отримати бетон, що задовольняє всі висунуті вимоги, можна, якщо правильно спроектувати його склад.

У вказівках щодо проектування складу бетону повинні міститися такі дані: різновиди цементів; об'ємна маса і об'єми застосовуваних бетонів; різновиди хімічних добавок; гранична крупність заповнювача; рухливість (легкоукладуваність) бетонної суміші; спеціальні заходи проти розшарування; терміни тужавіння; спеціальні заходи щодо зменшення осідання; спеціальні заходи проти зневоднення. Матеріали для приготування бетону повинні відповідати всім вимогам, викладеним у державних стандартах.

У монолітних конструкціях поширення набув портландцемент. Серед його різновидів зазвичай застосовують гідрофобний, сульфатостійкий і шлакопортландцемент, а також швидкотверднучі цементы.

Пуцолановий портландцемент і цемент з помірною екзотермією, а також цементы із вмістом трьохкальцієвого алюмінату не більше 8 % у монолітному будівництві не застосовують.

У бетоні використовують великий і дрібний заповнювач. Великий заповнювач, зерна якого більше 5 мм, розподіляють на щєбінь і гравій. Дрібним заповнювачем в бетоні є природний або штучний пісок.

Крім природних пісків, після відповідних випробувань допускається застосовувати дрібніші піски: відсів кам'яної дрібниці, одержуваний шляхом подріблення кам'яної породи на щєбінь; дрібнозернисті відходи промисловості; золошлакова суміш з відвалів теплових електростанцій; подрібнений шлак.

Як великий заповнювач у бетоні використовують матеріали природного і штучного походження.

Заповнювачі монолітного бетону повинні мати мінімальну водопотребу й максимальне зчеплення з цементним каменем (за умови тріщиностійкості).

Правильний вибір наповнювачів для бетону – одне з найважливіших завдань технології бетону. Властивості бетону визначаються його зерновим складом, міцністю й чистотою заповнювачів. Розрізняють звичайний заповнювач, що містить зерна різного розміру, і фракціонований, у якому зерна заповнювача розподілені на окремі фракції, що включають зерна майже однакових розмірів, наприклад 5...10 або 20...40 мм.

Заповнювач характеризується найменшою і найбільшою крупністю, які визначають розміри найменших і найбільших зерен заповнювача. Зерновий

склад називають безперервним, якщо в ньому є зерна із різним діаметром – від найменшого до найбільшого. Якщо ж у заповнювачі немає зерен якогось проміжного розміру, то такий зерновий склад називають переривчастим.

Існує багато пропозицій щодо визначення оптимального зернового складу заповнювача. Більшість дослідників вважають оптимальнішим безперервний зерновий склад заповнювача. Суміші з переривчастим складом (без фракцій середніх розмірів) забезпечують меншу пустотність, проте в них рухливість дрібних зерен, розташованих між великими, обмежена, і для отримання певної рухливості бетонної суміші товщина обмазування зерен цементним тістом повинна бути товщою, ніж у сумішах із безперервним зерновим складом. Зі зростанням обсягу дрібної фракції, тобто питомої поверхні заповнювача, збільшуються витрати цементу на обмазування зерен. Суміші з переривчастим зерновим складом піддаються розшаруванню і негативно впливають на однорідність бетону.

На будівельних об'єктах і бетонорозчинних вузлах зерновий склад заповнювача підбирають, використовуючи певні різновиди піску й щебеню, і обирають відповідне співвідношення піску й окремих фракцій щебеню. Правильно визначити це співвідношення можна тільки з урахуванням складу бетону, зокрема вмісту цементу й води. У бетонах низьких і середніх класів, де витрати цементу становлять 200...300 кг/м³ при рухомій бетонній суміші, найкращі результати забезпечує зерновий склад, що наближається до «ідеальних» кривих розсіювання. У бетонах високої міцності з підвищеними витратами цементу і в жорстких бетонних сумішах частку піску й дрібних фракцій заповнювача щодо загального його обсягу доцільно дещо зменшити, виходячи з конкретних властивостей заповнювача і складу бетону.

Для забезпечення тріщиностійкості витрати великого заповнювача повинні виключати можливість розсування зерен (зазвичай не менше 1м³ великого заповнювача на 1м³ бетону). Варто обирати тільки фракціонований великий заповнювач. Без розсіювання природну піщано-гравійну суміш, подрібнений щебінь або керамзит застосовувати не можна. Залежно від різновиду конструкції і способу укладання бетонної суміші застосовуються найбільші крупність заповнювача (НКЗ) (табл. 3.2) і співвідношення фракцій заповнювача в суміші (див. табл. 3.3).

Таблиця 3.2 – Найбільша допустима крупність заповнювача (НКЗ)

Різнovid конструкцій і спосіб укладання бетонної суміші	Допустима НКЗ
Плити покриттів і перекриттів	Не більш 1/2 товщини плити, але не більш 40 мм
Балки, колони, рами	Не більш 1/4 найменшої відстані між стрижнями арматури, але не більш 40 мм
Укладання бетонної суміші у ковзну опалубку	Не більш 1/6 найменшого розміру поперечного розміру конструкції
Подавання бетонної суміші по хоботах і бетононасосами	Не більш 1/3 діаметра, при вмісті лещадної форми зерна заповнювача не більше ніж 15 %

Міцність великих заповнювачів з твердих гірських порід перевищує

міцність розчинного складника бетону, тоді як міцність поруватих заповнювачів може дорівнювати або бути меншою за міцність розчину.

Міцність бетону на гранітному щебені трохи більша за міцність розчину. У разі застосування менш міцного великого заповнювача міцність бетону зі збільшенням міцності розчину зростає до певних значень, і подальше збільшення міцності розчину не призводить до збільшення міцності бетону. Гранично допустима міцність бетону тим нижча, чим менша міцність великого заповнювача. У звичайному бетоні можна застосовувати щебінь тільки з кам'яних порід, міцність яких вища за задану марку (клас) бетону, а саме: необхідна міцність вихідної кам'яної породи (в насиченому водою стані) $R_{ц} > 2 (R_б$ для бетону М300 (В25) і вище) і $R_{ц} > 1,5 (R_б$ для бетонів нижчих марок).

Таблиця 3.3 – Співвідношення фракцій великого заповнювача в суміші

НКЗ, мм	Співвідношення між фракціями, % при розмірі фракцій, мм				
	5...10	10...20	20...40	40...80	80...120
10	100	–	–	–	–
20	35	65	–	–	–
40	45...60	45...60	40...55	–	–
80	25...35	25...35	25...35	30...50	–
120	15...25	15...25	15...25	25...35	15...45

Примітка 1. За необхідності зерновий склад суміші великого заповнювача уточнюється експериментально за найбільшою щільністю та середньою густиною з урахуванням виробничих і техніко-економічних можливостей.

Примітка 2. Для бетону марки М300 рекомендується звичайний великий заповнювач; для марки М400 – покращений великий заповнювач (вимитий щебінь, щебінь з гравію, гравій); для марок М500-М600 – високоякісний заповнювач (гранітний та базальтовий щебінь).

Вплив легкого заповнювача на властивості бетону визначається всім комплексом його властивостей, особливостями структури, складом бетону. Велике значення має не тільки загальний обсяг поруватості, а й її особливості: дрібнопоруваті наповнювачі дають змогу одержувати міцніші й економічніші за витратою цементу бетони. Наявність щільнішої й міцнішої зовнішньої оболонки на зернах деяких легких заповнювачів, наприклад на керамзиті, підвищує властивості заповнювача й ефективність його застосування в бетоні. Щоб зменшити ступінь водопоглинання легкого заповнювача, можна обробити його поверхню полімерами, гідрофобізувальними речовинами або наситити водою.

У монолітному житловому будівництві як великий заповнювач легкого бетону здебільшого застосовують керамзитовий гравій. Марку міцності керамзиту треба обирати залежно від класу керамзитобетону, вона має бути не меншою за зазначену в таблиці 3.4.

Для одержання керамзитобетону заданої густини потрібно використовувати керамзит відповідної густини (див. табл. 3.5).

Як дрібний заповнювач, для приготування керамзитобетону зазвичай застосовують подрібнений керамзитовий пісок. Допускається застосовувати кварцовий пісок із густиною 1400 кг/м^3 , класу В10 і вище – за умови обов'яз-

кового застосування пластифікувальних і повітрозатягувальних добавок.

Таблиця 3.4 – Співвідношення міцності керамзитового гравію й бетону

Клас міцності керамзитобетону	Мінімальна марка керамзитового гравію за міцністю	Міцність під час здавлювання в циліндрі, МПа
B3,5 (M50)	П-35	0,7...0,99
B5 (M75)	П-50	1,0...1,49
B7,5 (M100)	П-75	1,5...1,69
B10 (M150)	П-75	1,7...1,99
B12,5 (M150)	П-100	2,0...2,24
B15 (M200)	П-100	2,25...2,49

Ступінь впливу заповнювача на міцність розчину й бетону можна приблизно визначити за результатами випробувань розчину й бетону, приготовлених на досліджуваних заповнювачах (за однакових умов), і за значенням коефіцієнта міцності A у відомій формулі міцності бетону:

$$A = R_{\sigma(p)}/R_c (C/B - 0,5) \quad (3.5)$$

Ступінь впливу піску на міцність розчину і дрібнозернистого бетону визначають за результатами випробування зразків із розчину, термін витримування якого – 28 діб. Ступінь впливу щебеню – за результатами випробування бетонних зразків, оскільки вплив піску на міцність бетону є незначним. Коефіцієнт міцності A для різних наповнювачів змінюється істотно. Для пісків цей коефіцієнт коливається в межах 0,3...0,68, для щебеню – 0,34...0,75.

Таблиця 3.5 – Співвідношення густини бетону та керамзиту

Густина керамзитобетону в абсолютно сухому стані, кг/м ³	Насипна густина керамзиту, кг/м ³
1100...1200	400...600
1300...1400	500...700

Потрібно зазначити, що на значення коефіцієнта міцності заповнювача помітно впливають різні технологічні чинники, що погіршує об'єктивність цієї характеристики. У таблиці 3.6 наведено стандартні й технологічні характеристики деяких заповнювачів.

Таблиця 3.6 – Стандартні та технологічні характеристики деяких заповнювачів

Заповнювач	Істинна густина, г/см ³	Густина, г/см ³	Пустотність, %	Модуль крупності, $M_{кр}$	Водопотреба, %	Коефіцієнт міцності
Щебінь із вивержених порід	2,69	1,45	45,7	–	3,43	0,50
	2,60	1,47	42,6	–	5,88	0,59
Вапняковий щебінь	2,56	1,34	45,6	–	6,72	0,63
Будівельний пісок	2,63	1,51	42,5	2,79	7,0	0,53
	2,70	1,37	49,0	0,69	11,5	0,25
Пісок стандартної крупності	2,65	1,56	41,0	2,05	4,0	0,32

З таблиці 3.6 зрозуміло, що заповнювачі з подібними стандартними характеристиками можуть мати різні технологічні характеристики і по-різному впливати на рухливість бетонної суміші й міцність бетону.

3.4 Технологічні властивості бетонної суміші

Щоб забезпечити високу якість бетону під час виконання робіт необхідно забезпечувати таке співвідношення складників бетонної суміші, яке б відповідало умовам її укладання. Консистенція бетонної суміші обумовлюється її складом і може змінюватися від жорсткої до рідкої, легко розтікатися. Щоб оцінити технологічні властивості бетонної суміші, що визначають здатність заповнювати певну форму й ущільнюватися в процесі укладання, зберігаючи при цьому монолітність і однорідність, існує багато способів. Зазвичай технологічні властивості оцінюються: якісно – рухливість, перекачування, ущільненість й кількісно – осідання конуса, коефіцієнт ущільнення, тривалість витікання, розшаровуваність тощо.

Легкоукладуваність бетонної суміші обумовлюється її рухливістю. Визначити ступінь легкоукладуваності можна двома способами: за рухливістю – осідання стандартного конуса, см, і за жорсткістю – витікання суміші, с (на приладі Вебе). Для визначення жорсткості можна застосувати технічний віскозиметр і спрощений метод за методикою Б. Г. Скрамтаєва.

Усі бетонні суміші за рухливістю й жорсткістю поділяються на дві групи. Кожна група включає чотири типи сумішей (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Класифікація бетонної суміші за легкоукладуваністю

Марка за легкоукладуваністю	Норма легкоукладуваності за показниками		
	жорсткості, с	рухливості, см	
		осідання конуса	розплив конуса
Наджорсткі суміші			
НЖ3	Більше 100	–	–
НЖ2	51...100	–	–
НЖ1	50 і менше	–	–
Жорсткі суміші			
Ж4	31...60	–	–
Ж3	21...30	–	–
Ж2	11...20	–	–
Ж1	5...10	–	–
Рухливі суміші			
P1	4 й менше	1...4	–
P2	–	5...9	26...30
P3	–	10 ...15	–
P4	–	16...20	–
P5	–	21 і більше	31 і більше

Методи оцінювання технологічних властивостей бетонної суміші дуже недосконалі, тому необхідно брати до уваги такі обставини. По-перше, кожен метод випробувань найпридатніший для певних умов і складів бетонних сумішей, де забезпечує необхідну точність вимірювань. Метод визначення рухливос-

ті за осіданням конуса можна використовувати тільки тоді, коли $V/C > 0,45$, тоді як технічний віскозиметр або прилад Вебе вимірює жорсткість сумішей при $V/C = 0,3...0,7$. Однак при великих значеннях V/C точність вимірювання технічним віскозиметром значно зменшується. По-друге, оскільки методи, що застосовуються під час оцінювання легкоукладуваності суміші, визначають лише умовні показники, одержані внаслідок випробувань у різних умовах, отримати істинні кількісні показники практично неможливо. Бетонні суміші з однаковим осіданням конуса, але різним складом можуть мати різні показники жорсткості. Отже, отримати істинні залежності можна тільки для бетонних сумішей, приготовлених на подібних за складом і властивостями матеріалах.

Під час визначення жорсткості й рухливості бетонної суміші потрібно використовувати той метод, який є оптимальнішим для умов виконання робіт. Учені вважають, що процес формування цих методів може визначатися показником стійкості структур, ступенем їхнього розшарування й ущільненості.

Рухливість бетонної суміші визначається її складом і властивостями використовуваних матеріалів. Наприклад, що більшим є вміст цементного тіста, то рідшими є його консистенція та рухливість бетонної суміші. Уведений в цементне тісто, заповнювач зменшує рухливість суміші: що більшим є вміст заповнювача і його питома поверхня, то менша рухливість.

У разі постійного витрачання води з витратою цементу $200...400 \text{ кг/м}^3$ рухливість бетонної суміші змінюється дуже мало і її можна не враховувати. Рухливість бетонної суміші змінюється тільки в разі змінювання витрат води. Залежно від властивостей заповнювача й співвідношення піску та щебеню мінімальний вміст цементного тіста в бетонній суміші, що забезпечує її нерозшарованість і якісне ущільнення, орієнтовно становить від $170...200 \text{ л}$ в жорсткій суміші і до $220...270 \text{ л}$ – в рухомих і литих сумішах.

Таблиця 3.8 – Рекомендовані рухливість і жорсткість бетонної суміші залежно від різновиду конструкції

Конструкції	Спосіб укладання бетонної суміші		
	з вібрацією		без вібрації
	ЗК, см	жорсткість, с	ЗК, см
Збірні залізобетонні на жорстких сумішах із швидким розпалубленням	0	90...35	–
Підготовка під фундаменти і підлоги, дорожні й аеродромні покриття	1...2	35...25	2...3
Масивні неармовані і з рідкорозташованою арматурою	2...4	25...15	3...6
Каркасні залізобетонні (плити, балки, колони)	4...8	15...10	6...12
Залізобетонні з густо розташованою арматурою	8...10	10...5	12...15
Конструкції, дуже насичені арматурою і закладними деталями, що заважають укладанню пластичних сумішей із вібрацією	20...24	–	–

Змінювання кількості води – головний фактор, за допомогою якого регулюють консистенцію бетонної суміші. Окрім того, кожна бетонна суміш характеризується певною водоутримувальною здатністю.

Зі збільшенням величини зерен заповнювача рухливість суміші збільшується. Пил, глинисті та інші домішки зменшують рухливість бетонної суміші. Оптимальної рухливості досягають за відповідного співвідношення піску й щебеню. Рухливість і жорсткість бетонної суміші визначають за таблицею 3.8 і уточнюють в проектах виконання робіт (залежно від особливостей і розмірів конструкцій, ступеня армування, способу транспортування й ущільнення суміші).

Ефективним регулятором рухливості бетонної суміші є добавки пластифікаторів і суперпластифікаторів, що підвищують рухливість бетонної суміші й зменшують її водопотребу. У таблиці 3.9 наведено дані про орієнтовне зниження водопотреби бетонної суміші в разі додавання пластифікатора СДБ і суперпластифікатора С-3.

Таблиця 3.9 – Зниження водопотреби бетонної суміші в разі введення суперпластифікаторів (у чисельнику) і пластифікаторів (у знаменнику)

Жорсткість, с	Рухливість, см	Витрати цементу, кг/м ³		
		500	400	300
–	15...18	23/16	20/14	17/12
–	8...10	21/14	17/12	15/10
5...10	1...4	18/12	14/10	12/8
20...30	–	13/10	12/8	9/6

3.5 Добавки для бетонів

Для поліпшення технологічних властивостей бетонних сумішей, фізико-хімічних властивостей бетонів, економії цементу й зниження трудомісткості робіт застосовують різні добавки. Їх поділяють на два різновиди: хімічні добавки, що вводять у бетон в невеликій кількості (0,1...2 % від маси цементу) і які відповідно змінюють властивості бетону й бетонної суміші; тонкомелені добавки (5...20 % і більше), що використовуються для економії цементу, отримання щільного бетону при малих витратах цементу і підвищення стійкості бетону.

Залежно від призначення (головного ефекту дії) добавки для бетонів підрозділяють так:

- регулятори властивостей бетонних сумішей, які збільшують їхню рухливість;
- стабілізуючі, які запобігають розшаруванню бетонної суміші;
- водоутримувачі, які зменшують водовідділення;
- регулятори тужавіння бетонних сумішей і тверднення бетону, які прискорюють або сповільнюють тужавіння; прискорюють тверднення і такі, що уможливають тверднення за негативних температур (протиморозні);
- регулятори поруватості бетонної суміші й бетону, повітровтягувальні, газоутворювачі, піноутворювачі, що ущільнюють (дегазатори й кольматувальні пори бетону);
- добавки – регулятори деформації бетону, що розширюють;
- підвищують захисні властивості бетону щодо сталюї арматури, інгібітори корозії сталі;

– надають бетону спеціальних властивостей: гідрофобізувальні (зменшують змочуваність бетону); антикорозійні (підвищують стійкість до дії агресивних середовищ); підвищують бактерицидні й інсектицидні властивості; електроізоляційні; електропровідні; протирадіаційні.

У монолітному житловому будівництві добавки використовують для:

- поліпшення технологічних властивостей сумішей;
- зниження витрат цементу, підвищення міцності, морозостійкості, тепло-технічних характеристик, водогазонепроникності;
- пришвидшення термінів набуття міцності для прискорення розпалублення конструкцій.

Деякі добавки мають поліфункційну дію, наприклад пластифікувальні й повітровтягувальні, пластифікувальні й газоутворювальні тощо.

Деякі хімічні добавки впливають негативно: пришвидшують тужавіння, корозію арматури, утворення висолів. Наприклад, добавки, що вміщують хлористі солі, варто використовувати як прискорювачі тверднення в конструкціях із ненапруженою арматурою, діаметр яких більше 5 мм (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Перелік добавок, застосовуваних у будівництві

Різновид і назва домішки	Умовна марка
1	2
I Пластифікатори, водоредуктивні домішки	
1 Суперпоастифікатор С-3	С-3
2 «Дофен»	ДФ
3 Меламінформальдегідна аніоноактивна смола МФ-АР	МФ-АР, МКФ-АР
4 НКНС 40–03	40–03
5 Розріджувач СМФ	СМФ
6 Лігносульфонати технічні	ЛСТ
7 Лігносульфонати технічні модифіковані (ЛСТМ)	ЛСТМ
8 Лігносульфонати технічні модифіковані (ЛСТМ-2)	ЛСТМ-2
9 Пластифікатор МТС-1	МТС-1
10 Меласна упарена післядріжжева барда	УПБ
11 Водорозчинний препарат	ВРП-1
12 Водорозчинний препарат ВРП-Э ₅₀	ВРП-Э ₅₀
13 Пластифікатор «Моноліт-1»	М-1
14 Полісупряжений полімерний фенол	ПФ _n
15 Плав дикарбонових кислот	ПДК
16 Лужний стік виготовлення капролактаму	ЛСВК, ЛСВК _м
17 Нейтралізований чорний контакт	НЧК
18 Чорний нейтралізований рафінований контакт	ЧНРК
19 Етилсиліконат натрію	ГКЖ-10
20 Метилсиліконат натрію	ГКЖ-11
21 Понижувач в'язкості фенольний лісохімічний	ПФЛХ
22 Підмилений луг	ПМЛ
II Стабілізатори, водоутримувачі й покращувачі перекачування бетону	
1 Поліетиленоксид, поліоксиетилен	ПОЕ
2 Метилцелюлоза	МЦ
3 Гіпан	ГП

1	2
III Стримувачі тужавіння бетонних сумішей і тверднення бетону	
1 Лігносульфонати технічні	ЛСТ
2 Нітрлотриметиленфосонова кислота	НТФ
3 Кормова цукрова патока (меласа)	КП
4 Кремнійорганічна рідина 13	КОР
IV Пришвидшувачі тужавіння бетонних сумішей і тверднення бетону	
1 Поташ (калій вуглекислий, карбонат калія)	П
2 Хлорид кальцію	ХК
3 Нітрат кальцію	НК
4 Нітрит-нітрат кальцію	ННК
5 Нітрит-нітрат хлориду кальцію	ННХК
6 Хлорид натрію	ХН
7 Сульфат натрію (натрій сірчано-кислий)	СН
8 Карбамід (сичовина)	С
9 Тринатрійфосфат	ТНФ
V Кольматувачі пор	
1 Поліамінна смола № 89	С-89
2 Аліфатична епоксидна смола	АЕС
3 Сульфат алюмінію	СА
4 Сульфат заліза	СЖ
5 Хлорид заліза	ХЗ
VI Газоутворювачі	
1 Полігідросилоксани	136157М
2 Пудра алюмінієва	ПАК, ПАП-1
VII Повітровтягувальні	
1 Смола повітровтягувальна пекова	СПП
2 Клен таловий пековий	КТП
3 Клен таловий омилений	КТО
4 Смола деревна омилена	СДО
5 Допоміжний препарат	ДП
6 Лужний стік виготовлення капролактаму	ЛСВК, ЛСВК _м
7 Нейтралізований чорний контакт	НЧК
8 Чорний нейтралізований рафінований контакт	КЧНР
9 Етилсиліконат натрію	ЕН
10 Метилсиліконат натрію	МН
11 Понижувач в'язкості лісохімічний	ПВЛХ
12 Підмилений луг	ПМЛ
13 Поверхнево-активна добавка ЛХД	ЛХД
VIII Піноутворювачі	
1 Сульфонол	С
IX Протиморозні	
1 Нітрит натрію	НН
2 Хлорид натрію	ХН
3 Поташ	П
4 Хлорид кальцію	ХК
5 Нітрит-нітрат кальцію	ННК
6 Сичовина	С
7 Нітрит-нітрат хлориду кальцію	ННХК

X Підвищувачі захисних властивостей бетону щодо арматури	
1 Нітрит натрію	НН
2 Тетраборат натрію	ТБН
3 Біхромат натрію	БХН
4 Біхромат калію	БХК
5 Катапін-інгібітор	КІ-1
XI Гідрофобізатори	
1 Фенилетоксисилоксан	113-63
2 Алюмометилсиліконат натрію	АМСН-3
3 Полігідросплексани	
4 Етилсиліконат натрію	ЕСН
5 Метилсиліконат натрію	МСН

Ефективність дії добавки на бетонну суміш або бетон визначається величиною максимального технічного або технологічного ефекту, що досягається введенням цієї добавки (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 – Класифікація добавок за ефективністю дії на бетон

Різновид добавки	Вимоги надійності (критерій ефективності) добавки *	Можливі додаткові позитивні або негативні ефекти
1	2	3
1. Пластифікатор групи I	Збільшення рухливості бетонної суміші від П ₁ (із забезпеченням осідання конуса на 2...4 см) до П ₅ (без зниження міцності бетону протягом усього періоду випробувань)	Підвищення міцності бетону, розшарування бетонної суміші, додаткове повітровтягування, збільшення деформацій осідання, збільшення деформацій повзскості
2. Пластифікатор групи II	Збільшення рухливості бетонної суміші від П ₁ (із забезпеченням осідання конуса на 2...4 см) до П ₄ (без зниження міцності бетону протягом усього періоду випробувань)	Сповільнення тужавіння бетонної суміші, розшарування бетонної суміші, додаткове повітровтягування, збільшення деформацій осідання, збільшення деформацій повзскості
3. Пластифікатор групи III	Збільшення рухливості бетонної суміші від П ₁ (із забезпеченням осідання конуса на 2...4 см) до П ₃ (без зниження міцності бетону протягом усього періоду випробувань)	Сповільнення тужавіння бетонної суміші й тверднення бетону
4. Пластифікатор групи IV	Збільшення рухливості бетонної суміші від П ₁ (із забезпеченням зсідання конуса на 2...4 см) до П ₂ (без зниження міцності бетону протягом усього періоду випробувань)	Сповільнення тужавіння бетонної суміші й тверднення бетону
5. Стабілізатор	Показник розчиновидалення бетонної суміші з осіданням конуса = 20...22 см не більше ніж 2,5 %	Підвищення однорідності бетону й зниження його проникності

1	2	3
6. Водоутримувачі	Водовидалення бетонної суміші з осіданням конуса = 20...22 см не більше ніж 2 %	Підвищення рухливості бетонної суміші, зниження проникності бетону, покращення однорідності бетону, зниження міцності бетону
7. Покращувач перекачування	Зниження тиску манометра на 20 %	Збільшення однорідності бетону, зниження водовидалення бетонної суміші, зниження міцності бетону
8. Сповільнювач тужавіння	Збільшення часу втрати рухливості бетонної суміші від вихідного значення до 2 см у 2 рази й більше при температурі навколишнього повітря (20±2) °С. Сповільнення тужавіння в 2 рази і більше при температурі навколишнього повітря (20±2) °С (додатковий спосіб)	Зменшення швидкості тепловиділення в масивних спорудах, сповільнення тверднення бетону на ранній стадії, подовження терміну попереднього витримування перед термообробленням. Збільшення міцності бетону протягом подальших термінів тверднення, зменшення швидкості тепловиділення, підвищення щільності бетону, сповільнення набуття ним міцності протягом ранніх термінів тверднення
9. Прискорювач тужавіння	Прискорення тужавіння на 25 % і більше при температурі навколишнього повітря (20 ± 2) °С	Прискорення тверднення бетону, сповільнення збільшення міцності бетону протягом пізніх термінів тверднення, утворення висолів, корозія арматури
10. Повітровтягувач (для легких бетонів)	Необхідний об'єм втягнутого повітря в межах від 6 до 15 % з одержанням суцільної структури бетону. Втрата втягнутого повітря після 30 хв витримування не більше 25 %. Незмінюваність міцності при однаковій середній густині бетону	Підвищення легкоукладуваності й зменшення розшарування бетонної суміші
11. Піноутворювач (для легких бетонів)	Об'єм повітря, уведеного в бетонну суміш з піною, приготовленою заздалегідь, у межах 10...25 %, з одержанням поруватої структури бетону. Втрата повітря після 30 хв витримування в межах 25 % і менше. Відсутність зниження міцності при однаковій середній густині бетону	Підвищення легкоукладуваності й зменшення розшарування бетонної суміші
12. Газоутворювач (для легких бетонів)	Потрібний об'єм газу, що утворюється в бетонній суміші внаслідок газоутворення, становить 15...25 %. Період активного газовиділення – 5...30 хв. Незмінюваність міцності при однаковій середній густині бетону	Підвищення легкоукладуваності й зменшення розшарування бетонної суміші

1	2	3
13. Газоутворювач (для легких бетонів)	Потрібний об'єм газу, що утворюється в бетонній суміші внаслідок газоутворення, становить 15...25 %. Період активного газовиділення – 5...30 хв. Незмінюваність міцності при однаковій середній густині бетону	Підвищення легкоукладуваності й зменшення розшарування бетонної суміші
14. Прискорювач тверднення	Підвищення міцності бетону на 20 % і більше протягом однієї доби сталого тверднення	Підвищення електропровідності бетонної суміші, сповільнення збільшення міцності протягом пізніх термінів тверднення, утворення висолів, корозія арматури
15. Сповільнювач тверднення	Зменшення міцності бетону на 30 % і більше протягом періоду до семи діб	Сповільнення тужавіння бетонної суміші, підвищення міцності бетону протягом 28 діб і більше, зменшення швидкості тепловиділення, зниження проникності бетону, подовження терміну попереднього витримування перед термообробленням
16. Водоредукувальні групи I	Зменшення витрати води на 20 % і більше. Підвищення міцності бетону. Підвищення марки бетону за водонепроникністю на чотири ступеня й більше	Підвищення інтенсивності тепловиділення, підвищення морозостійкості та корозійної стійкості бетону
17. Водоредукувальні групи II	Зниження витрат води на 12...19 %. Підвищення міцності бетону. Підвищення марки бетону за водонепроникністю на два–три ступеня	Підвищення інтенсивності тепловиділення, підвищення морозостійкості та корозійної стійкості бетону
18. Водоредукувальні групи III	Зниження витрат води на 6...11 %. Підвищення міцності бетону. Підвищення марки бетону за водонепроникністю на один–два ступеня	Підвищення інтенсивності тепловиділення, підвищення корозійної стійкості бетону
19. Водоредукувальні групи IV	Зниження витрат води на 5 % і менше. Підвищення міцності бетону. Підвищення марки бетону за водонепроникністю на один ступінь	Підвищення інтенсивності тепловиділення, підвищення корозійної стійкості бетону
20. Кольматувальна	Підвищення марки бетону за водонепроникністю на два ступеня і більше	Зниження міцності й підвищення корозійної стійкості бетону
21 Газоутворювач	Об'єм газу, який виділився в ущільненій бетонній суміші – 1,5...3,5 %. Підвищення морозостійкості бетону у 2 рази й більше	Пластифікація бетонної суміші, зниження її розшарованості бетонної суміші, підвищення марки бетону за водонепроникністю, зниження водопоглинання, можливість використання електропрогрівання

1	2	3
22. Повітровтягувальні	Вміст повітря в ущільненій бетонній суміші – 2...5 % (за об'ємом). Підвищення морозостійкості бетону у 2 рази й більше	Пластифікація бетонної суміші, зниження розшарованості бетонної суміші, підвищення марки бетону за водонепроникністю, зниження водопоглинання, зниження міцності бетону
23. Підвищувач захисних властивостей бетону щодо сталльної арматури	Забезпечення значення струму пасивації сталі – не менше ніж 10 mA/cm ² і потенціалу пасивації сталі – не менше –450 mV	Збільшення рухливості бетонної суміші, зниження дифузійної проникності бетону, забезпечення тверднення бетону при негативних температурах, збільшення електропровідності бетону
24. Протиморозна	Забезпечення тверднення бетону при температурі $-(15\pm 5)$ °C з набуттям ним міцності 30 % і більше порівняно з міцністю протягом 28 діб сталого тверднення	Підвищення електропровідності бетону, прискорення тужавіння, утворення висолів, корозія арматури
25. Гідрофобізатори групи I	Зниження водопоглинання бетону в 5 разів і більше (після 28 діб випробувань)	Зменшення швидкості тепловиділення, сповільнення тужавіння й тверднення бетону, зниження його міцності
26. Гідрофобізатори групи II	Зниження водопоглинання бетону в 2...4,9 рази (після 28 діб випробувань)	Зменшення швидкості тепловиділення, сповільнення тужавіння й тверднення бетону, зниження його міцності
27. Гідрофобізатори групи III	Зниження водопоглинання бетону в 1,4...1,9 рази (після 28 діб випробувань)	Зменшення швидкості тепловиділення, сповільнення тужавіння й тверднення бетону, зниження його міцності

Примітка. Одні й ті самі речовини можуть вважатися добавками різного призначення.

Однакові за функційним призначенням добавки можуть значно різнитися за ефективністю дії.

Найбільший технологічний ефект дають суперпластифікатори. Ці добавки більшою мірою, порівняно з раніше застосовуваними пластифікаторами, збільшують рухливість і плинність бетонної суміші, істотно поліпшують будівельно-технологічні властивості бетону, забезпечують значну економію цементу. Механізм дії суперпластифікаторів базується на адсорбції полярних молекул на поверхні частинок цементу під час їхньої гідратації. Як наслідок, після початкового сповільнення гідратації й утворення коагуляційної структури розпочинається прискорення тверднення.

Більшість суперпластифікаторів – це синтетичні полімерні речовини, які додають до бетонної суміші в кількості 0,1...1,2 % від маси цементу. Дія суперпластифікаторів зазвичай обмежується 2...3 год з моменту їхнього введення в бетонну суміш. За хімічним складом суперпластифікатори можна умовно розподілити на чотири групи:

- сульфовані меламіноформальдегідні смоли й комплексні добавки на їхній основі;
- продукти конденсації нафталінсульфо кислоти й формальдегіду;
- модифіковані лігносульфати;
- продукти конденсації оксікарбонатних кислот.

Використання суперпластифікаторів забезпечує ефективніше застосування бетонів із низькими показниками В/Ц і їхню високу міцність (60...80 МПа) порівняно із застосуванням інших технологічних прийомів; ширше використання способу лиття під час бетонування для заповнення складної форми опалубки, особливо під час виготовлення густоармованих і тонкостінних конструкцій; зменшення періоду заповнення форми, підвищення якості чолових поверхонь, зменшення витрат цементу.

Найбільше міцність підвищується у разі витрати цементу 400...450 кг/м³ і більше. Для бетонних сумішей, де витрати цементу становлять до 300 кг/м³, істотної економії цементу не спостерігається. Отримати високу міцність бетону протягом раннього періоду можна в разі більшого дозування суперпластифікатора (0,8...1,0 %). Подальше підвищення вмісту суперпластифікатора не призводить до значного збільшення міцності. У таблиці 3.12 наведено дані щодо впливу різних типів суперпластифікаторів на характеристики міцності бетонів і зниження витрат води, якщо кількість добавки – в межах 1 %, а рухливість бетонної суміші зберігається на рівні осідання конусу = 5...6 см.

Таблиця 3.12 – Вплив суперпластифікаторів на міцність бетону

Домішки	В/Ц	Зниження витрати води, л / м ³	Міцність при стиску, МПа, через	
			7 діб	28 діб
Без добавки	0,425	–	37,9	49,7
С-3	0,320	24,7	63,7	74,4
30-03	0,315	26,0	68,2	74,9
10-03	0,310	27,2	67,8	77,4
С-4	0,340	20,0	57,8	62,9
Майти 100 (Японія)	0,315	26,0	63,4	73,6
БП – 1 (Болгарія)	0,320	24,7	57,3	70,6
Мелмент 110 (ФРН)	0,320	24,7	72,0	73,8
Суперпласт (США)	0,320	25,3	65,7	73,2

Рухливість різко припиняється в межах 1...1,5 год після введення добавки. Ця межа може слугувати технологічним обмежувачем термінів проведення робіт. З огляду на час збереження ефекту розрідження доцільно додавати пластифікатори в готову бетонну суміш. Перед транспортуванням бетонної суміші на заводі відміряють необхідну кількість пластифікатора, який перевозиться в спеціальному баку для добавок із ємністю, що співвідноситься з обсягом автобетонозмішувача. Пластифікатор додають у бетон безпосередньо перед розвантаженням автобетонозмішувача. Бетонна суміш повністю перемішується з пластифікатором протягом 5 хв.

Одним із шляхів тривалого збереження рухливості бетонної суміші є поетапне введення суперпластифікатора – в невеликих дозах через певний

проміжок часу. Такий прийом сприяє розширенню сфери застосування суперпластифікаторів у разі тривалого транспортування бетонної суміші автобетонозмішувачами.

Для отримання ефекту поліфункційної дії застосовують комплексні добавки, що містять декілька компонентів, наприклад добавки, що одночасно пластифікують бетонну суміш і прискорюють тверднення бетону тощо. Розроблено багато різноманітних комплексних добавок, що дають змогу змінювати властивості й технологію бетону. Комплексні добавки умовно можна розподілити на п'ять груп: суміші поверхнево-активних речовин (I), суміші електролітів (II), суміші поверхнево-активних речовин і електролітів (III), комплексні добавки на основі суперпластифікаторів (IV), складні багатокомпонентні комплексні добавки (V).

Найоптимальнішими щодо застосування в монолітному будівництві є комплексні добавки на основі суперпластифікаторів (група IV). До суперпластифікаторів додають хлорид, нітрат кальцію, тіосульфат і бікарбонат натрію, карбоксиметилцелюлозу (КМЦ) та інші речовини.

Уведення в суперпластифікатори додаткових компонентів уможливорює регулювання термінів тужавіння й темпи тверднення бетону; збільшення термінів збереження рухливості бетонної суміші; зменшення водовидалення й розшарування бетонної суміші; підвищення щільності, водопроникності й міцності бетону; поліпшується якість поверхні бетону. Залежно від призначення комплексної добавки обирають додаткові компоненти до суперпластифікатора. Наприклад, поєднання С-3 в кількості 0,26...0,3 % з СДБ (0,15...0,2 %) дає змогу збільшити пластичність бетонних сумішей, не збільшуючи водоцементного співвідношення і зменшити витрати цементу. Оптимальне дозування добавки обумовлюється різновидом цементу, складом бетонної суміші, технологією ведення бетонних робіт. Зазвичай застосовують (відсоток від маси цементу): пластифікувальних добавок – 0,1...0,3; суперпластифікаторів – 0,3...1; повітровтягувальних добавок – 0,01...0,05; прискорювачів тверднення – 1...2. На практиці оптимальне дозування добавки визначають дослідним шляхом.

3.6 Литі бетонні суміші

До литих належать бетонні суміші з показником рухливості осідання конуса (ОК) понад 15 см, у яких не спостерігається ознак розшарування й водовидалення. На практиці в разі використання безвібраційних методів формування рекомендується застосовувати литі бетонні суміші, показник рухливості яких $OK \geq 18$ см.

Перевагами застосування литих сумішей є:

– економія 50...70 % трудовитрат на операціях укладання й ущільнення (порівняно із застосуванням сумішей, що потребують вібраційного ущільнення);

– унаслідок поліпшення якості поверхні зниження на 70...85 % трудовитрат на затирання й часткове тинькування поверхні бетонних конструкцій (обсяг

робіт у разі часткового шпаклювання поверхонь стін для подальшого обклеювання шпалерами скорочується на 75...85 %);

– виключення важких операцій із застосуванням ручної праці щодо укладання й вібраційного ущільнення бетонних сумішей і поліпшення гігієнічних умов праці бетонників (виключається вплив вібрації і шуму);

– унаслідок виключення вібраційних впливів збільшення довговічності опалубки;

– економія електроенергії (до 4,3 кВт/м³).

Литі бетонні суміші, що застосовуються в монолітному житловому будівництві, мають задовольняти такі вимоги: витрати цементу не повинні перевищувати нормативних витрат для бетонної суміші початкового складу із осіданням конуса 2...5 см; швидкість набору міцності має бути не меншою, ніж для бетонної суміші вихідного складу; технологічні характеристики бетонної суміші (стійкість до розшаровування під час транспортування й укладання, до втрати рухливості під дією кліматичних факторів) повинні бути аналогічними до показників суміші вихідного складу.

Відомі п'ять методів отримання литих бетонних сумішей:

– із використанням суперпластифікаторів для легких і важких бетонів;

– із використанням комплексної домішки – суперпластифікатора (СДБ) і прискорювача тверднення – для легких і важких бетонів;

– із використанням тонкодисперсного наповнювача (ТДН) – для легких бетонів;

– із використанням ТДН і пластифікувальної добавки СДБ – для легких бетонів;

– із використанням ТДН і комплексної добавки (СДБ і прискорювач тверднення) – для легкого і важкого бетонів.

Під час використання пластифікаторів і суперпластифікаторів якість бетонної суміші та бетону потрібно оцінювати такими критеріями:

– міцність 28-денного бетону;

– міцність на початковому етапі (через 2...3 год тверднення для стін, зведених у ковзній опалубці; через 24...28 год для стін, зведених у великощитовій і блоковій опалубках; через 48...72 год для перекриттів, бетонованих у великощитовій і об'ємнопересувній опалубках; до того ж необхідно моделювати умови тверднення, наближені до умов будівельного майданчика);

– показник рухливості визначають через 5, 60, 90, 120 хв після замішування.

Литі важкі бетонні суміші з використанням суперпластифікаторів, пластифікаторів і комплексних добавок перемішують за тією ж технологією, що й звичайні бетонні суміші. Литі легкобетонні суміші, поєднані з добавками, готують за допомогою розподільного змішування складників за такою схемою: цемент + вода з розчиненою пластифікувальною добавкою (або без неї) – перемішування + великий і дрібний заповнювач – перемішування. Така послідовність завантаження й перемішування компонентів підвищує міцність бетону на 7...15 %.

У разі використання автобетонозмішувачів рекомендується готувати бетонну суміш без пластифікуючої добавки, а води має бути менше, ніж розрахункової. На будівельний майданчик вводиться додаткова (порівняно з розрахунковою) кількість води з розчиненою в ній добавкою і перемішується протягом 1...2 хв. Така послідовність операцій обумовлюється обмеженістю терміну пластифікуючого впливу деяких суперпластифікаторів.

Укладання литих бетонних сумішей зводиться до заливання їх в опалубку; ущільнення відбувається під дією спонукальної вібрації і гравітаційних сил. Заливання опалубки стін і колон литою бетонною сумішшю доцільно проводити за допомогою бетононасоса або «бункера-голки», обладнаного хоботом. Швидкість бетонування при цьому не повинна перевищувати розрахункову для цієї опалубки.

Для пересувних опалубок швидкість бетонування має бути не більшою, ніж 2 м/год для важкого бетону і 2,5 м/год – для легкого бетону.

У місцях, де густе армування перешкоджає заповненню опалубки бетонною сумішшю, допускається застосовувати вібрації або штикування.

Нормативна вимога до пошарового укладання для литих бетонних сумішей, що укладаються без вібрації, визначається не за висотою робочого органу вібратора, а лише за розрахунковою швидкістю бетонування для цього типу опалубки.

3.7 Забезпечення якості бетону під час визначення його складу й приготування

Якість бетонних сумішей, призначених для бетонування монолітних конструкцій, забезпечується здебільшого під час визначення їхнього складу й приготування.

Завдання стосовно визначення складу бетону, крім загальних вимог (рухливість до моменту укладання, марка бетону й умови роботи конструкцій, вимоги до матеріалів тощо), має містити такі вихідні дані:

– фізико-механічні властивості бетону в терміни, передбачені проектом виконання робіт (ПВР);

– режими приготування, способи транспортування, укладання й ущільнення бетонної суміші;

– відомості про температуру й вологість повітря в період виконання робіт;

– умови й режим тверднення укладеного бетону.

Проектування складу бетону включає:

– попереднє оцінювання й вибір вихідних матеріалів для приготування бетонної суміші;

– розрахування і призначення вихідного складу бетону для дослідних замісів з урахуванням зазначених у ПВР технологій робіт, а також температури й вологості повітря;

– приготування дослідних замісів, випробовування контрольних зразків, оброблення отриманих результатів і визначення робочого складу бетону;

– перевірення робочого складу бетону у виробничих умовах і його коригування залежно від умов бетонування, коливань властивостей заповнювача та інших чинників.

Під час вибору вихідних матеріалів визначають різновид, марку цементу та його відповідну активність, терміни початку й закінчення його тужавіння, необхідну густину цементного тіста, пустотність, поруватість, гранулометричний склад заповнювачів, хімічний склад і активність добавок, водопотребу наповнювачів і мінеральних добавок тощо.

Під час дослідних замісів встановлюють ступінь легкоукладуваності бетонних сумішей і фактичні витрати матеріалів та виготовляють зразки для визначення властивостей бетону.

Робочий склад коригують у разі зміни якості наявних наповнювачів і цементу та умов виконання бетонних робіт. За необхідності поліпшити властивості бетону за допомогою хімічних добавок їх вплив беруть до уваги під час визначення витрат матеріалів шляхом введення відповідних поправок в розрахунки. Дослідниками розроблено багато методик і таблиць для визначення складу бетону. У рекомендаціях склад важкого бетону та залізобетону запропоновано проводити за однією з таких трьох методик:

– розрахунково-експериментальної – за формулами й графіками або таблицями, використовуючи дані про активність цементу і якість заповнювачів;

– прискореної, за відсутності даних про активність цементу і якість заповнювачів;

– за таблицями, графіками, номограмами, використовуючи інформацію про якість складників бетону.

Усі три методики дають змогу вирішити завдання щодо визначення номінального (лабораторного) складу бетону для пробних замісів на сухих матеріалах.

Виробничі склади бетону розраховують з урахуванням фактичної вологості заповнювачів, що використовуються під час приготування бетону, шляхом коригування кількості води замішування і вологих заповнювачів.

Приготування бетонних сумішей. Отримання однорідного й високоякісного бетону із заданими властивостями забезпечується якісними вихідними матеріалами, правильним і точним дозуванням складників та їхнім однорідним перемішуванням. Якість змішування оцінюється рівномірністю розподілу складників бетонної суміші в одиниці об'єму.

Одним з важливих показників під час оцінювання якості приготування бетонних сумішей є точність дозування компонентів суміші. Нормативні документи рекомендують сипкі вихідні матеріали для бетонних сумішей дозувати за масою (крім поруватих заповнювачів, які дозують за об'ємом із корекцією за масою).

Гранично допустимі похибки дозування цементу й води – $\pm 1\%$, а заповнювачів – $\pm 2,0\%$. Похибка дозування поруватих заповнювачів за обсягом не повинна перевищувати $\pm 2\%$.

Фактичні відхилення іноді бувають значно більшими внаслідок неоднорідності матеріалів, що подають до дозаторів, зношеності обладнання, кліматичних умов тощо. Найважливішою умовою досягнення необхідних властивостей бетону є суворе дотримання величини водоцементного співвідношення. Якщо, наприклад, вміст цементу зменшиться на 3 %, а вміст води зросте на 3 %, то В/Ц збільшиться на 6 % ($1,03В/0,97Ц = 1,06 В/Ц$). До того ж міцність бетону марки 300 зменшиться майже на 4 МПа.

Головними причинами виникнення помилок під час дозування є значне коливання вологості заповнювачів і змінювання їхньої насипної густини. У разі переважання відкритого зберігання на змінювання вологості заповнювачів найбільше впливають погодні чинники, тому навіть на закритих складах вологість розподіляється нерівномірно. Об'ємна насипна маса заповнювачів здебільшого визначається його зерновим складом і вологістю. Під час призначення допусків на похибку дозування потрібно пам'ятати, що вона істотно впливає на неоднорідність бетону, але не домінує. Значно більше на фізико-механічні характеристики бетонів впливає технологія перемішування й транспортування, режими укладання й ущільнення, затвердіння та інші чинники, порушення яких призводить до різкого змінювання властивостей бетонів.

Показники варіювання міцності бетону свідчать про те, що діапазон її змінювання досить широкий і становить 30...40 %. Середнє значення (10...12 %) обумовлює запас міцності бетону до 20 %, що потребує додаткових витрат цементу на компенсацію варіювання міцності бетону до 15...20 %. Це пояснюється відсутністю контролю вихідних характеристик матеріалів – активності цементу, лещадності і форми поверхні заповнювача, точного гранулометричного складу, що унеможлиблює врахування їхнього змінювання під час корекції складу бетону.

Бетонну суміш готують у змішувачах примусового й гравітаційного перемішування. Бетонні суміші всіх марок за легкоукладуваністю для всіх різновидів бетонів рекомендується готувати в змішувачах примусової дії.

Бетонні суміші для важкого бетону марок П1-П5, Ж-1 і для легкого бетону класу В12,5 і вище, середньої густини Д1600 і вище, марок за легкоукладуваністю Р1...Р5 та Ж1 допускається готувати у гравітаційних змішувачах. Сухі бетонні суміші готують у змішувачах примусової дії.

Вихідні матеріали в змішувач, що працює, завантажують одночасно. У бетонну суміш для важкого бетону робочий розчин хімічної добавки вводять одночасно з водою замішування. У бетонну суміш для легкого бетону, що готують із рідкою хімічною добавкою, одночасно з цементом і заповнювачами вводять 50...70 % розрахункової кількості води, перемішують протягом 30 с, а потім вводять робочий розчин добавки одночасно з частиною води.

За необхідності використати гарячу воду або цемент їхня температура не повинна перевищувати 70 °С, а послідовність завантаження має бути такою:

- під час використання гарячої води – заповнювач, гаряча вода, цемент;
- під час використання гарячого цементу – дрібний заповнювач, цемент, великий заповнювач, вода, хімічна добавка.

Тривалість перемішування в стаціонарному циклічному змішувачі (час від моменту закінчення завантаження всіх матеріалів у робочий змішувач до початку вивантаження готової суміші) приймають для бетонної суміші на щільних заповнювачах відповідно до таблиці 3.13, для бетонної суміші на поруватих заповнювачах – відповідно до таблиці 3.14 або за технологічним регламентом.

Таблиця 3.13 – Рекомендована тривалість перемішування бетонних сумішей на щільних заповнювачах у стаціонарних змішувачах

Об'єм змішувача під час завантаження, л	Тривалість перемішування, с			
	У гравітаційних змішувачах для сумішей марок за легкоукладуваністю			В змішувачах спонукальної дії для сумішей усіх марок за легкоукладуваністю
	Ж1, П1	П2	П3...П5	
750 й менше	90	75	60	50
Понад 750 до 1500	120	105	90	50
Понад 1500	150	135	120	50

Примітки: 1. Бетонні суміші всіх марок за легкоукладуваністю готують у змішувачах примусової дії.

2. Бетонні суміші для важкого бетону марок П1...П5, Ж1 і для легкого бетону класу В12,5 і вище середньою щільністю Д1600 і вище, марок за легкоукладальністю Р1...Р5 та Ж1 допускається готувати у гравітаційних змішувачах.

3. Тривалість перемішування в гравітаційних змішувачах для легких бетонів приймати за зазначеною таблицею.

4. Сухі бетонні суміші готують у змішувачах примусової дії.

Критерієм якості перемішування бетонної суміші є коефіцієнт варіації її рухливості, однорідності й міцності контрольних кубів, виготовлених із одного замісу. Проби для випробувань обирають одразу після перемішування, до того ж вони повинні відбиратися рівномірно відповідно до вивантаження замісу з усіх його частин.

Таблиця 3.14 – Рекомендована тривалість перемішування бетонних сумішей на поруватих заповнювачах у змішувачах примусової дії

Об'єм готового замісу бетонної суміші, л	Тривалість перемішування, с, при середній густині бетону, кг/м ³			
	1600 і більше	1400...1600	1000...1400	1000 і менше
750 і менше	105	120	150	180
Понад 750 до 1500	120	150	180	210
Понад 1500	135	180	210	240

Примітки: 1. Значення тривалості перемішування наведено для сумішей на поруватих заповнювачах марки П1.

2. Для сумішей марок П2, П3, П4 і П5 тривалість перемішування зменшують на 15, 30, 45 і 50 с відповідно.

3. Для сумішей марок Ж1, Ж2, Ж3 і Ж4 тривалість перемішування збільшують на 15, 30, 45 і 60 с відповідно.

Матеріали для приготування бетонних сумішей випробовують згідно з вимогами стандартів і технічних умов на ці матеріали.

Ефективність добавок визначають, порівнюючи показники якості бетонних сумішей, бетонів контрольного та базового складів, за винятком стабілізувальних, водоутримувальних добавок і добавок, що підвищують захисні властивості бетону щодо сталеві арматури.

Бетон контрольного складу – це бетон без добавок. Бетон базового складу – бетон контрольного складу з оптимальним дозуванням добавки.

Оптимальне дозування добавки – це мінімальна кількість добавки, у разі введення якої до складу бетону досягається максимальний ефект дії за критеріями ефективності. Сферу оптимального дозування добавки обирають у такий спосіб. Готують бетонні суміші і бетони з дозами, що дорівнюють граничним значенням величин і з 2...4 проміжними дозами. За величиною критеріїв ефективності визначають сферу оптимальної кількості добавки.

Стабільність властивостей (легкоукладуваність, середня густина, обсяг залученого повітря) визначають через певні проміжки часу протягом періоду, встановленого договором із замовником. Кожна партія бетонної суміші, відправлена споживачеві, повинна супроводжуватися документом про якість.

Висновки

Постійна та ефективна економія матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів під час виготовлення бетону й залізобетонних конструкцій і виробів є найважливішим народногосподарським завданням. Його вирішення забезпечують правильний вибір матеріалів для бетону, визначення оптимального складу бетону, раціональна організація виробництва. Задані властивості бетону мають забезпечуватися за мінімальних витрат матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів.

Найбільш дорогим і енергоємним компонентом бетону є цемент. Витрата умовного палива під час виготовлення портландцементу М400 становить приблизно 280 кг/т, М600 – 345 кг/т, тоді як на виробництво природних наповнювачів витрачається 3...6 кг/м³ і штучних легких наповнювачів 90...130 кг/м³ умовного палива. Отже, економія цементу – найважливіше завдання технології виготовлення бетону. Застосовуючи різні способи економії цементу, можна скоротити витрати цементу на 10...25 % порівняно із середніми статистичними даними для звичайних технологій.

Найоптимальнішими способами економії цементу є такі: правильний вибір цементу в залежності від міцності бетону і умов експлуатації; уведення в бетон суперпластифікаторів, пластифікуючих, повітрязбірних і комплексних добавок, що зменшують водопотребу бетонної суміші (особливо ефективним є застосування добавок під час виготовлення високоміцних і морозостійких бетонів); застосування бетонних сумішей з мінімально допустимою за умовами формування виробів і конструкцій рухливістю (для виготовлення збірного залізобетону здебільшого жорстких і малорухомих сумішей); застосування чистих наповнювачів із оптимальним зерновим складом і максимальним розміром, допустимих за умов бетонування конструкцій; вибір оптимального

співвідношення піску й щебеня відповідно до їхніх властивостей, витрат цементу, умов формування та подальшої експлуатації виробів; використання способів активації цементу і бетонної суміші; застосування мікронаповнювачів, зокрема золи, меленого шлаку та іншої вторинної сировини промисловості для бетонів невисокої міцності; використання способів видалення зайвої води з бетону в процесі формування виробів (гідропресування, вакуумування); раціональний вибір режимів тверднення бетонів із урахуванням властивостей використовуваної сировини і умов виробництва, зокрема закінчення теплового оброблення під час досягнення бетоном 50...60 % проектної міцності і використання подальшого збільшення міцності, яке в цьому разі відбувається інтенсивніше, ніж після тривалого прогрівання; підвищення однорідності бетону і, як наслідок, зменшення вимог щодо середньої міцності бетону; визначення вимог щодо міцності та інших властивостей бетону з урахуванням реальних термінів будівництва і зростання міцністю в часі, зокрема встановлення заданої міцності бетону за цією міцності у віці 90 і 180 діб; своєчасне коректування складу бетону і режимів технологічних операцій під час змінювання умов виробництва з метою забезпечення мінімальних витрат цементу за будь-яких умов.

4 ТРАНСПОРТУВАННЯ, ПОДАВАННЯ І РОЗПОДІЛ БЕТОННОЇ СУМІШІ

4.1 Загальні положення

Доставляння бетонних сумішей – це комплексний технологічний процес, що включає транспортування, приготування суміші і управління її властивостями в процесі транспортування, навантажувальних і розвантажувальних операцій, підігрівання й розподілу вивантажувальної суміші, перевантаження суміші до внутрішньооб'єктного бетоноподавального обладнання. До того ж, щоб забезпечити якісне виконання бетонних робіт необхідно, щоб показники і температура бетонної суміші та приготовлених із неї бетонів після всіх операцій перебували на допустимому технологічному рівні.

Загальна тривалість всіх операцій $T_{заг}$, що включає тривалість завантаження суміші в автомобіль $T_з$, її доставляння, зокрема порційної $T_д$, розвантаження $T_р$, витримування на об'єкті до укладання $T_в$, внутрішньооб'єктного подавання $T_н$ і укладання $T_у$, а також допустимий технологічний резерв часу $T_{т.р}$, не повинна перевищувати термінів початку зчеплення суміші та її життєздатності $T_{жс}$, що зумовлюються як властивостями суміші, так і її піддатливістю до перероблення, подавання, укладання й ущільнення наявними засобами:

$$T_{заг} = (T_з + T_д + T_р + T_в + T_н + T_у + T_{т.р}) \leq T_{жс} \quad (4.1)$$

Транспортування бетонної суміші необхідно організувати так, щоб на місці укладання вона мала задану рухливість, температуру й однорідність, а виготовлений з неї бетон повинен мати проектну марку за міцністю й за необхідності, бути морозостійким, водонепроникним, стираним тощо.

Допустима тривалість кожної операції може коригуватися підсилювальним або компенсуювальним впливом (розшарування перевезеної суміші може компенсуватися її перемішуванням на будівельному об'єкті, а тривале порційне доставляння – скороченням термінів зберігання суміші на об'єкті перед укладанням або технологічним резервом часу).

Бетонні суміші поставляються виробником у вигляді:

- готової, зачиненої водою суміші;
- частково приготовленої бетонної суміші, зачиненої частиною необхідної кількості води з подальшим додаванням в дорозі або після прибуття на об'єкт частини води, що залишилася, і додатковим перемішуванням всієї маси суміші;
- сухих сумішей, що містять висушені наповнювачі;
- сухих сумішей, що містять вологі наповнювачі;
- розфасованих в спеціальну тару (мішки) сухих сумішей, що містять висушені наповнювачі.

Залежно від початкової рухливості, швидкості зчеплення застосовуваного цементу й температурно-вологісних умов перевезень, а також стану доріг для транспортування бетонної суміші можуть застосовуватися автобетонозмішувачі й автобетоновози. В окремих випадках бетонну суміш транспортують в удосконалених автосамоскидах, баддях і бункерах, встановлених на автомашинах.

Кузови та змішувальні барабани усіх автотранспортних засобів повинні мати відповідну місткість, щоб перевозити бетонні суміші різної щільності.

З метою запобігання розшаруванню й збереженню технологічних властивостей перевезеної бетонної суміші рекомендується:

– перевозити бетонну суміш по дорогах і під'їзних шляхах з твердим покриттям;

– максимально скорочувати кількість перевантажувальних операцій і, по зможі, розвантажувати суміш безпосередньо в бетоновану конструкцію або бетоноукладальне обладнання;

– обмежувати висоту вільного скидання бетонної суміші під час вивантаження її з автотранспортних засобів 1,5 м або обладнати автотранспорт спеціальними лотками;

– під час транспортування бетонних сумішей у зимовий період захищати її від переохолодження, а пункти перевантаження – від вітру й снігу.

Вибір тієї чи іншої технології доставляння визначається техніко-економічним обґрунтуванням. До того ж критеріями вибору можуть бути економічні, енергетичні, трудові та інші показники.

Технологічні критерії встановлюються будівельними лабораторіями. Важливішим технологічним критерієм зазвичай є допустима відстань транспортування суміші $L_{i,x,доп}$, яка встановлюється експериментально. Визначаються, також, всі необхідні показники властивостей перевезених на об'єкт бетонних сумішей і перевіряється їхня відповідність проектним показникам.

Обрану технологію доставляння можна застосовувати, якщо відстань $L_{i,x}$ доставляння не перевищує допустимого $L_{i,x,доп}$:

$$L_{i,x} = L_{i,x,доп} \cdot k_o, \quad (4.2)$$

де i – індекс показника типу покриття дороги (тверде, м'яке тощо);

x – індекс показника якості суміші (рухливості, міцності, щільності, однорідності тощо);

k_o – коефіцієнт технології, приймається рівним одиниці для звичайних і 0,7...0,8 – для значущих тонкостінних конструкцій, а також у разі застосування бетононасосів.

Під час перевезення готових сумішей по дорогах з різним покриттям неодмінною умовою є обмеження наведеної за контрольованою властивістю відстані їх транспортування $L_{x,нав}$, яка має перевищувати допустиму для доріг з твердим покриттям $L_{m,x,доп}$:

$$L_{x,нав} = \sum L_{i,x} \cdot k_g = L_{m,x,доп} \cdot k_o, \quad (4.3)$$

де n – кількість відрізків дороги з різним дорожнім покриттям (асфальт, бетон, ґрунт тощо);

k_g – коефіцієнт дорожнього покриття (див. табл. 4.1).

Якщо наведена відстань доставляння сумішей перевищує допустиму, то необхідно вибрати інший спосіб, режим, засіб доставляння, інший маршрут або, по зможі, застосувати додаткове обладнання (перевантажувачі суміші).

Таблиця 4.1 – Коефіцієнт дорожнього покриття

Покриття дороги	Швидкість перевезення, км/год	Коефіцієнт дорожнього покриття для	
		автосамоскида	автобетоновоза
		важка бетонна суміш/керамзитобетонна суміш	
Жорстке (асфальт, бетон, асфальтобетон)	30	1/1	1/1
М'яке (грунтове покращене)	15	4/3...3,5	3,7/2,5...2,9

Автобетоновози рекомендується застосовувати для відстані до 20 км, а автобетонозмішувачі – понад 20 км, у виняткових випадках можна застосовувати автосамоскиди з обмеженням дальності транспортування до 5 км.

Під час транспортування бетонної суміші автосамоскидами необхідно брати до уваги, що бетонна суміш ризиком нестійкості властивостей, а її якість може швидко погіршуватися, особливо під час транспортування.

Під час розшарування суміші більш важкі частки щебеню або гравію, що містяться в бетонній суміші, під впливом динамічного навантаження починають осідати, а цементне молоко і вода спливають на поверхню. Частина суміші, що осіла, становить собою жорстку, погано оброблювану масу, у якій зерна недостатньо перемішані з цементним розчином, а цементне молоко, що розташовується зверху, становить собою суміш цементу, піску й великої кількості води. Унаслідок цього під час доставляння на будівельний майданчик потрібні значні трудовитрати на розвантаження й перемішування бетонної суміші, що осіла.

За відсутності автобетонозмішувачів, а також при значній сконцентрованості бетонних робіт можна застосовувати автобетоновози або автосамоскиди та перевантажувачі-змішувачі, які відновлюють однорідність і рухливість суміші і дають змогу здійснювати рівномірне завантаження бетононасосів, бетоноукладачів та іншого внутрішньобудівельного обладнання під час порційного транспортування.

4.2 Транспортування бетонної суміші в автобетонозмішувачах

Найнадійнішим способом транспортування бетонної суміші є її перевезення в автобетонозмішувачах, що забезпечує збереження якості цієї суміші. Автобетонозмішувач є комбінованим агрегатом, що включає бетонозмішувальну й транспортну машини.

Як транспортну машину використовують дво-, три- й чотиривісні шасі вантажних автомобілів, а також тягачі. На транспортній машині монтують бетонозмішувач, зазвичай гравітаційного типу, із похилою або горизонтальною віссю обертання барабана. Поширення набули автобетонозмішувачі з похилою віссю, які мають високий коефіцієнт заповнення барабана.

Дальність перевезення компонентів сухої суміші в автобетонозмішувачах технологічно не обмежена. Перемішувати їх можна розпочинати в дорозі з таким розрахунком, щоб закінчити приготування суміші до моменту прибуття на будівельний майданчик.

Залежно від обсягу барабани автобетонозмішувачів бувають дво-, три- й чотирикonusні. Завантажують барабани через задній торцевий отвір або через люк на боковій стінці. Під час заднього завантаження барабан заповнюють під час його обертання, а бічне завантаження здійснюється, коли барабан нерухомий і заповнювати його можна тільки пошарово.

Всі автобетонозмішувачі оснащені баками для води замішування, а іноді й для промивання барабана (рис. 4.1).

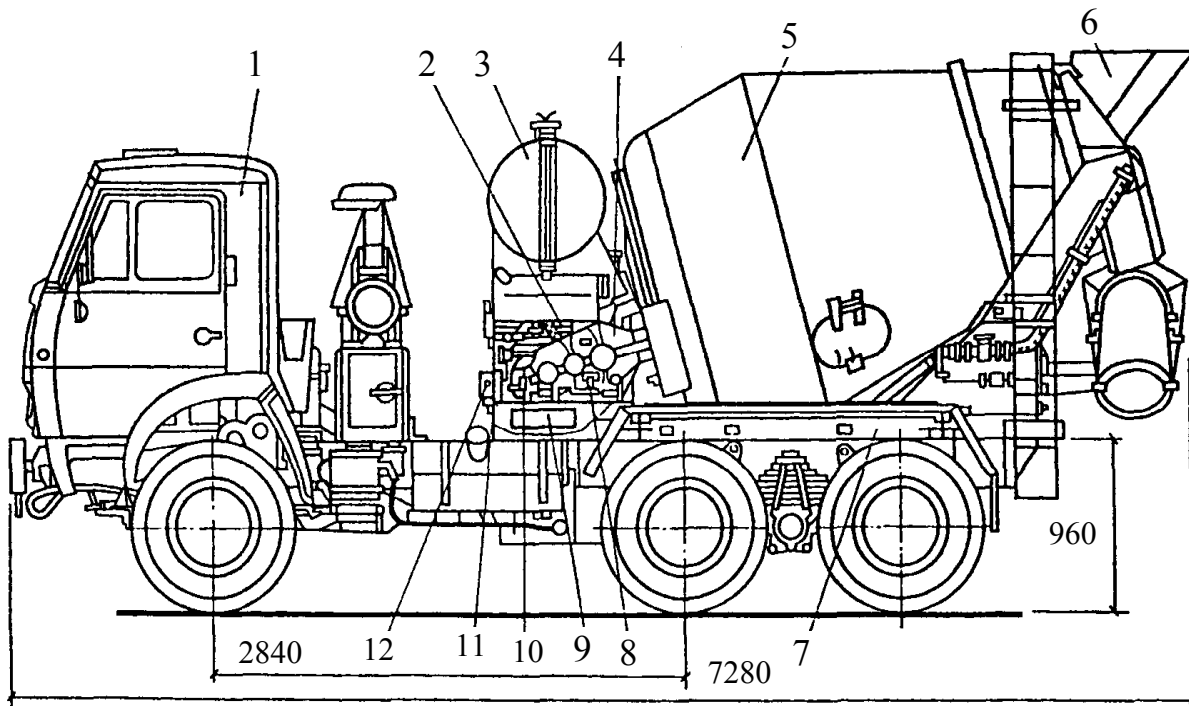


Рисунок 4.1 – Автобетонозмішувач: 1 – кабіна автомобіля; 2 – управління компресором; 3 – дозувально-промивний бак; 4 – привод змішувального барабана; 5 – змішувальний барабан; 6 – завантажувально-розвантажувальний пристрій; 7 – рама; 8 – управління реверсом редуктора; 9 – панель контрольно-вимірювальних приладів; 10 – муфта зчеплення; 11 – муфта насоса; 12 – управління подавання палива

Воду в барабан подають самопливом, а також за допомогою водяного насоса або стисненого повітря. Для дозування води застосовують лічильники-водоміри. Швидкість обертання барабана під час перемішування суміші становить 11...14 об./хв. Швидкість в режимі спонукання становить 2...6 об./хв.

Коефіцієнт використання змішувального барабана обумовлюється різновидом застосовуваних сумішей і змінюється в таких межах: у разі завантаження сухою сумішшю – 0,53...0,57; частково зачиненою – 0,65...0,7; готовою – 0,75...0,8. Якщо відстані доставляння невеликі, автобетонозмішувач доцільно завантажувати готовою бетонної сумішшю.

Автобетонозмішувачі на напівпричепі, обсяг змішувального барабана яких після виходу готової суміші становить відповідно 8 і 6 м³, є модифікованим різновидом автобетонозмішувачів, які забезпечують транспортування й приготування бетонної суміші під час перевезення або після прибуття на будівельний об'єкт.

Технологічне обладнання автобетонозмішувачів (рис. 4.2) змонтовано на напівпричепі, що з'єднується зчпним пристроєм з тривісними сідельними тягачами різних моделей – КамАЗ, МАЗ, «Татра», «Івеко», «Мерседес-Бенц».



Рисунок 4.2 – Автобетонозмішувач на напівпричепі

Залежно від різновиду суміші автобетонозмішувач може працювати в трьох режимах:

– під час доставляння сухої суміші, що містить висушені наповнювачі, – увімкнення барабана і подавання в нього води з водяного бака під час прямування або на будівельному об'єкті за 10...20 хв до розвантаження (режим А);

– під час доставляння сухої суміші, що містить вологі наповнювачі, або частково зачиненої суміші – увімкнення барабана й подавання в нього води безпосередньо після його наповнення (режим Б);

– під час доставляння готової суміші – періодичне вмикання барабана під час транспортування суміші до об'єкта, постійне обертання барабана з мінімальною частотою або періодичним збільшенням частоти обертання (режим В).

Автосамоскид може працювати в двох режимах:

– перевезення готових бетонних сумішей без приготування їх у дорозі на відстань до 45 км (режим Г);

– для доставляння частково зачинених бетонних сумішей автосамоскидами з подальшим приготуванням на будівельних об'єктах (режим Д).

Для суміщення функцій доставляння й укладання бетонних сумішей автобетонозмішувачі забезпечують навісними розподільними конвеєрами 6, 9 і 12 м завдовжки. Деякі зарубіжні автобетонозмішувачі обладнані бетононасосами з бетоноподавальною стрілою (див. рис. 4.3).

Недоліком автобетонозмішувачів є утрудненість їхньої сталої експлуатації під час негативних температур зовнішнього повітря. Під час негативних температур 3...5 °С експлуатацію автобетонозмішувачів припиняють, якщо дальність транспортування становить понад 10...15 км.

Для експлуатації автобетонозмішувачів у зимовий період розроблені конструкції змішувальних барабанів із ефективною теплоізоляцією їхніх стінок, наприклад пінополіуретаном, а також із водопідігрівачами для водяних баків.



Рисунок 4.3 – Автобетононасос-автобетонозмішувач

Під час вибору транспортних засобів для доставляння бетонної суміші на об'єкт беруть до уваги дальність транспортування і, відповідно, допустимі технологічні властивості бетонної суміші й режими (табл. 4.2, 4.3).

Таблиця 4.2 – Граничні відстані доставляння важких бетонних сумішей

Рухливість бетонної суміші, см	Різновид дорожнього покриття	Швидкість транспортування, км / год	Дальність доставляння, км, в режимі				
			автобетонозмішувачем		автосамоскидом		
			А	Б	В	Г	Д
1...3	Жорстке (асфальтове, асфальто-бетонне)	30	Будь-яка дальність	120	100	30	45
4...6				100	80	20	30
7...9				80	60	15	22
10...14				60	45	–	15
1...3	М'яке (грунтове, покращене)	15	–	–	–	7	10
4...6			–	–	–	5	7
7...9			–	–	–	4	5
10...14			–	–	–	–	–

Примітка. Дані наведені для таких умов: температура повітря +20...30 °С, температура бетонної суміші – +15...25 °С.

У процесі транспортування вихідна рухливість суміші може знижуватися не більше ніж на 30 %, а її температура – на 3...5 °С за годину. Інші задані показники властивостей сумішей змінювати не можна. Залежно від температури бетонної суміші гранично допустимий термін їхнього доставляння становить: при 20 °С – 45 хв, 10...19 °С – 60 хв, 5...9 °С – 90 хв.

Таблиця 4.3 – Граничні відстані доставляння легких бетонних сумішей

Рухливість бетонної суміші, см	Різновид дорожнього покриття	Швидкість транспортування, км / год	Дальність доставляння, км, в режимі				
			А	Б	В	Г	Д
			автобетонозмішувачем			автосамоскидом	
1...3	Жорстке (асфальтове, асфальто-бетонне)	30	Будь-яка дальність	100	80	25	40
4...6				80	60	18	30
7...9				70	50	10	15
10...14				60	40	8	10
1...3	М'яке (грунтове, покращене)	15	–	–	–	7	–
4...6			–	–	–	4	–
7...9			–	–	–	3	–
10...14			–	–	–	2	–

Примітка. Дані наведені для таких умов: температура повітря +20...30 °С, температура бетонної суміші – +15...25 °С.

На вибір засобів доставляння помітно впливають умови будівництва. За необхідності поступового й порціонного вивантаження з транспортного засобу (незалежно від віддаленості будівельного об'єкта від бетонного заводу) доцільно застосовувати автобетонозмішувачі. У разі відсутності на будівництві спеціального бетоноукладального обладнання ефективним є застосування автобетонозмішувачів, обладнаних стрічковими конвеєрами.

Ефективність обраної технології транспортування бетонної суміші можна встановити за показником витрат на 1м³ бетонної суміші в дії.

4.3 Подавання бетонної суміші вантажопідіймальними механізмами

Подавання бетонної суміші на місце укладання є частиною комплексного технологічного процесу зведення монолітних конструкцій і повинно розглядатися у взаємозв'язку з прийнятою технологією бетонування, різновидом конструкції і технологічними характеристиками сумішей.

Найбільший обсяг бетонної суміші подається до місця укладання будівельними вантажопідіймальними кранами за допомогою баддів різної конструкції. Під час укладання бетонної суміші використовують два види баддів – поворотні і неповоротні. Поворотні бадді (калоші) завантажуються з автосамоскидів, потім за допомогою вантажопідіймального механізму їх розвертають, подають до місця укладання суміші й розвантажують.

Неповоротні бадді можуть завантажуватися на заводі з бетонозмішувача, а на будівельному майданчику – з автобетоновоза або автобетонозмішувача.

Бадді повинні бути герметичними, що унеможливило втрати цементного молока; забезпечувати безперервне й порціонне вивантаження бетонної суміші;

транспортабельними; забезпечувати приймання бетонної суміші з будь-якого автотранспортного засобу; із гладкою внутрішньою поверхнею, що сприяє мінімальному зчепленню з бетонною сумішшю.

Затвори баддів повинні бути зручними й надійними в експлуатації, а вантажозахоплювальні пристрої – міцними й надійними.

Застосовують бадді з такою ємністю:

- 0,5...1 м³ – для бетонування немасивних конструкцій: фундаментів невеликих обсягів, колон, балок, ригелів, тонкостінних покриттів і перекриттів;
- 1...2 м³ – для конструкцій середньої масивності: фундаменти під будинки й споруди, підпірні стінки, монолітні конструкції;
- від 2 м³ і більше – для укладання бетону в масивні конструкції: фундаменти під компресори, доменні печі, блоки гідроспоруд (рис. 4.4).



Рисунок 4.4 – Бадді для кранового подавання бетонної суміші: а – поворотна; б – неповоротна

Технічні характеристики баддів наводяться в додатку Б.

Дослідниками була розроблена конструкція поворотної бадді, яка забезпечує інтенсивність подавання бетонної суміші шляхом її вібророзрідження. Конструктивною особливістю поворотної бадді є використання вібробуджувачів у вигляді системи з кутовою формою коливань. Коливання передаються через еластичний елемент у вигляді транспортерної стрічки або гумометалевого листа.

Під час вібраційного впливу відбувається перемішування бетонної суміші. Амплітуда кутових переміщень 3...5 мм і частота 400...600 хв⁻¹ забезпечують велику швидкість витікання малорухомих сумішей на щільних і поруватих заповнювачах без помітного зависання й заклинювання. Використання еластичного передавального елемента попереджає налипання бетонної суміші й виключає операції з очищення бадді.

Перевагою кранового способу подавання бетонної суміші є можливість її транспортування по вертикалі й горизонталі в будь-яку точку в межах вильоту стріли й висоти підймання гака. Крім того, перевагою таких кранів є їхня універсальність як вантажопідіймальних механізмів – ними до місця виконання бетонних робіт подають арматуру, опалубку, будівельний інвентар, а також обслуговують у межах зони дії інші будівельно-монтажні роботи.

Автомобільні крани достатньо мобільні при порівняно невеликій вантажопідіймальності, застосовуються в разі невеликих обсягів робіт (під час будівництва одноповерхових промислових і сільськогосподарських будівель).

Стрілові крани на гусеничному ході використовують під час укладання бетонної суміші на висоту до 20 м, якщо виліт стріли – до 30 м. Вони маневрені й характеризуються високою прохідністю, працюють на брівці котловану і з його підшви.

Баштові крани вантажопідіймальністю 3...8 т застосовують для подавання бетонної суміші під час будівництва багатопверхових промислових і цивільних будівель (замонолічування вузлів, бетонування ядра жорсткості), а також бетонування високих споруд (веж, силосів, градирень) (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Подавання бетонної суміші кранами

Баштові та портално-стрілові крани вантажопідіймальністю 5...25 т застосовують під час будівництва гідроспоруд. Вони здатні піднімати бетонну суміш на велику висоту при великому вантажному моменті.

Мостові крани використовують здебільшого під час бетонування фундаментів під устаткування, розташоване всередині будівлі. Будівельники зазвичай монтують мостові експлуатаційні крани до початку проведення бетонних робіт усередині будівлі.

Козлові крани використовують під час зведення одноповерхових промислових будівель.

Застосування ефективних спеціалізованих бетонотранспортних засобів не виключає необхідності обслуговування зони бетонування вантажопідіймальним краном, тому використання спеціалізованих засобів подавання бетонної суміші забезпечує технологічний і економічний ефекти, коли резерви кранового часу не призводять до створення необхідного темпу бетонування або коли відволікання крана для подавання бетонної суміші сповільнює виконання інших робіт, пов'язаних з вантажопідіймальними операціями.

Висота вільного скидання бетонної суміші регламентується нормативними документами. Обмеження мають на меті виключити розшарування суміші, що укладається. Для зменшення швидкості падіння частинок бетонної суміші застосовують хоботи й віброхоботи.

Хобот становить собою металевий вертикальний трубопровід, що складається з конусних ланок, по яких бетонну суміш подають вертикально. У поперечному перерізі ланки мають форму кола або квадрата з діаметром або бічною поверхнею, розміри яких у 2,5...3 рази більші за максимальний розмір щебеню або гравію в бетонній суміші. У верхній частині хобота розташована приймальна воронка. Хобот виготовляють із тонкої листової сталі, прогумованої тканини, полімерних матеріалів.

Для рівномірного розподілу бетонної суміші по площині бетонованої конструкції хобот відтягують у бік не більше ніж на 0,25 м на кожен метр висоти. Застосовують хобот для подавання бетонної суміші з висоти 2...10 м. Зі зменшенням висоти спускання бетонної суміші нижні ланки хобота знімають, щоб відстань від гирла хобота до місця укладання становила 0,7...1 м.

Віброхобот складають з циліндричних секцій із діаметром 300...350 мм і довжиною 1000...1500 мм із розтрубним з'єднанням. Їх застосовують для подавання бетонної суміші з висоти до 80 м.

На завантажувальній воронці і на ланках хобота через кожні 4...8 м встановлюють вібратори, які полегшують проходження бетонної суміші і запобігають їй налипанню на стінки віброхобота. Ємність завантажувальних воронок для різних віброхоботів повинна становити 0,75...2 м³.

Для зменшення швидкості виходу бетонної суміші секції обладнують гасниками у вигляді розсіювачів трикутної форми. Сучасні віброхоботи мають гасники швидкості, розташовані з інтервалом 10 м один від іншого, і кінцевий гасник. Конструкція гасників передбачає забезпечення розрахункової швидкості руху бетонної суміші без зупинки потоку суміші.

Для роботи в зимовий період віброхоботи оснащують ланками з подвійною стінкою, які прогріваються газоповітряною сумішшю.

4.4 Трубопровідний транспорт для переміщення бетонної суміші

Бетононасосний транспорт забезпечує найпрогресивніший спосіб подавання й укладання бетонної суміші на будівельному майданчику.

Укладання бетонної суміші за допомогою бетононасосних установок є комплексним технологічним процесом, що передбачає її приймання в завантажувальний бункер бетонотранспортної установки з бетоно- або автобетонозмі-

шувального обладнання, перекачування суміші по бетонопроводу до місця укладання, її розподіл у зоні бетонування (із застосуванням гнучких рукавів або розподільних стріл), а також усі супутні роботи щодо обслуговування цього процесу: монтаж і демонтаж трубопроводів, їхнє очищення, обслуговування бетононасосів.

Він передбачає підвищення продуктивності праці в 2...5 разів, зниження собівартості й трудомісткості укладання. Бетононасосний транспорт доцільно застосовувати для будь-яких частин споруди, розташованих нижче і вище позначки установлення бетононасоса, для густо армованих конструкцій і для укладання бетонної суміші у важкодоступних місцях, де використовувати схему «кран-баддя» або інший різновид транспорту неможливо.

Варто зазначити, що застосування бетононасосів передбачає жорсткий ритм усіх процесів, пов'язаних із бетонуванням конструкцій, що, зі свого боку підвищує загальні темпи будівельних робіт. До того ж потрібна більш чітка організація бетонних робіт щодо приготування й своєчасного доставляння на об'єкт бетонної суміші, ретельного підбирання й контролювання її складу та якості, забезпечення необхідного догляду за бетонотранспортним устаткуванням і поєднання темпів арматурно-опалубних робіт із бетонними.

Укладати бетонну суміш за допомогою бетононасосів доцільно у разі інтенсивного бетонування конструкцій – не менше ніж $6 \text{ м}^3/\text{год}$, а також в умовах обмеженості простору і в місцях, недоступних для інших засобів механізації.

Під час зведення залізобетонних густоармованих і тонкостінних конструкцій (монолітні стіни, каркаси, силоси, резервуари), якщо обсяг бетону $1000...2000 \text{ м}^3$, рекомендується застосовувати стаціонарні бетононасоси, продуктивність яких становить $20 \text{ м}^3/\text{год}$; при обсязі бетону $500...1000 \text{ м}^3/\text{год}$ – стаціонарні бетононасоси з продуктивністю $10 \text{ м}^3/\text{год}$, при обсязі до 500 м^3 – пересувні бетононасосні установки з продуктивністю $20...40 \text{ м}^3/\text{год}$. У цих випадках доцільно застосовувати бетонопроводи з діаметром $100...125 \text{ мм}$.

У таблиці 4.4 наведено варіанти виконання насосних і пневмонагнітальних пристроїв.

Таблиця 4.4 – Варіанти виконання та призначення бетононасосного і пневмонагнітаючих пристроїв

Тип пристрою	Призначення
1	2
Стаціонарний бетононасосний пристрій із продуктивністю до $10, 20$ і $40 \text{ м}^3/\text{год}$ відповідно	Бетонування конструкцій нульового циклу й надземних споруд у разі великих термінів будівництва та інтенсивності потоку бетонної суміші до $5, 10$ і $20 \text{ м}^3/\text{год}$ відповідно
Те саме, з продуктивністю понад $60 \text{ м}^3/\text{год}$	Бетонування масивних конструкцій при інтенсивності потоку бетонної суміші понад $30 \text{ м}^3/\text{год}$
Стаціонарний бетононасосний пристрій продуктивністю до $20 \text{ м}^3/\text{год}$ із власною розподільною стрілою	Бетонування масивних конструкцій нульового циклу при інтенсивності потоку бетонної суміші до $10 \text{ м}^3/\text{год}$ і наявності на об'єкті кранів відповідної вантажопідймальності

1	2
Стаціонарний бетононасосний пристрій із продуктивністю до 20 м ³ /год з автономною розподільною стрілою	Бетонування конструкцій нульового циклу й надземних споруд при інтенсивності потоку бетонної суміші до 20 м ³ /год
Те саме, з продуктивністю понад 60 м ³ /год	Те саме, при інтенсивності бетонування понад 30 м ³ /год
Причипний бетононасосний пристрій із продуктивністю до 40 м ³ /год	Бетонування конструкцій нульового циклу і надземних споруд у разі частого переміщення пристрою з об'єкта на об'єкт і порівняно невеликої довжини бетонопровода
Те саме, із власною розподільною стрілою	Бетонування конструкцій нульового циклу і невисоких надземних споруд при частих переміщеннях пристрою з об'єкта на об'єкт
Самохідний бетононасосний пристрій із власною розподільною стрілою (автобетононасос із розподільною стрілою) та продуктивністю 40...60 м ³ /год	Бетонування конструкцій нульового циклу й невисоких надземних споруд при частих перебезуваннях пристрою з об'єкта на об'єкт, необхідності використання високої мобільності пристрою всередині об'єкта та інтенсивності потоку бетонної суміші 20...30 м ³ /год
Самохідний бетононасосний пристрій із автономною розподільною стрілою та продуктивністю до 40 м ³ /год	Комплексне бетонування конструкцій нульового циклу й надземних споруд на двох-трьох об'єктах, розташованих недалеко один від одного, із встановленням на кожному об'єкті розподільних стріл і одного бетононасоса
Те саме, із автономною розподільною стрілою	Бетонування конструкцій нульового циклу й надземних споруд при частому переміщенні пристрою з об'єкта на об'єкт
Самохідний бетононасосний пристрій із продуктивністю до 40 м ³ /год	Бетонування конструкцій нульового циклу й надземних споруд при частому переміщенні пристрою як усередині об'єкта, так і з об'єкта на об'єкт, і порівняно невеликій довжині бетонопроводу

Під час бетонування розосереджених споруд об'єм бетону має становити не менше ніж 50 м³ (окремо розташовані фундаменти, колони, плити покриттів і перекриттів, буронабивні палі, ростверки). За необхідності подавати бетонну суміш у віконні або технологічні отвори та інші важкодоступні місця можуть використовуватися причіпні й самохідні установки, оснащені складними розподільними стрілами з діаметром бетонопроводу 100...125 мм.

Устаткування для транспортування бетонних сумішей по трубах складається з бетононасоса, бетонопровода з пристроєм для його очищення і устаткування для розподілу суміші.

Гідравлічні бетононасоси забезпечують рівномірне подавання суміші з наповнювачем, обсяг якого становить до 60 мм, в умовах обмеження простору і у важкодоступні місця, з дальністю подавання суміші по горизонталі 1000 м і більше, по вертикалі – до 300 м; збереження однорідності суміші і захист від впливу атмосферних опадів у процесі її подавання; плавне регулювання інтенсивності укладання сумішей.

Найпридатніші для переміщення по трубах суміші з рухливістю 5...15 см. Під час переміщення малорухливих сумішей опір руху може виявитися

більшим за тиск, який створюється бетононасосом, що призводить до закупорення бетонопроводу. Під час транспортування литих сумішей із рухливістю понад 15 см унаслідок їхнього розшарування через надлишок води в трубопроводі можуть утворитися затори з великих заповнювачів.

Вимоги до гранулометричного складу заповнювача й цементів, використовуваних у бетонних сумішах, що перекачуються бетононасосами як з механічним, так і з гідравлічним приводом, однакові.

Максимальна крупність використовуваних наповнювачів не повинна перевищувати 0,33...0,4 діаметра бетонопровода, тобто для бетонопроводів із діаметром 100...150 мм максимальна крупність заповнювача має становити не більше 40 мм, а для бетонопроводів із діаметром 203 і 283 мм – понад 70 мм. Для перекачуваних сумішей кількість заповнювача максимальної фракції не повинна перевищувати 15...25 % маси суміші заповнювача. Менші опори руху виникають під час перекачування сумішей на гравії, ніж на щебені.

Рекомендується використовувати високомаркові пластифіковані цементи, пісок повинен містити не більше ніж 3...7 % дрібних частинок із розміром до 0,14 мм і 15...20 % – розміром до 0,31 мм; частка піску в загальній масі заповнювача повинна становити 32...60 % під час використання гравію і 40...60 %, якщо використовується щебінь. Позитивний ефект досягається шляхом введення хімічних добавок (пластифікувальних, повітровтягувальних і сповільнювачів зчеплення) в кількості 0,1...0,5 % від маси цементу.

Під час транспортування бетонних сумішей на поруватих заповнювачах зі збільшенням тиску на легкобетонну суміш відбувається активна міграція хімічно незв'язаної води в пори легкого заповнювача. Це призводить до зниження легкоукладуваності, підвищення жорсткості суміші й пробкоутворення.

Одним із засобів поліпшення легкоукладуваності бетонних сумішей (крім раціонального обрання складу бетону) є попереднє насичення великого заповнювача водою. Однак після нейтралізації тиску великий заповнювач віддає більшу частину води, що призводить до обводнення суміші і, як наслідок, до деструктивного змінювання бетонів, різкого зниження теплотехнічних і фізико-механічних властивостей, підвищення тріщиноутворюваності, спричинених значним просіданням бетону.

Для поліпшення перекачування легких бетонних сумішей у їхній склад вводять суперпластифікатор у кількості 1...1,5 % від маси цементу, а в бункері бетононасоса встановлюють клапан для засмоктування в нагнітальний рукав повітря.

Бетонну суміш подають за допомогою високонапірних бетононасосів, що створюють тиск до 20 Мпа (див. рис. 4.6). За відсутності високонапірних бетононасосів застосовують ступінчасту схему подавання – декілька бетононасосів, розташованих на різних відмітках по висоті.

Досвід доводить, що розпочинати подавати легкобетонну суміш до її виходу з бетонопроводу необхідно на малій швидкості. Потім інтенсивність подавання повинна співпадати із заданою інтенсивністю укладання. Щоб зберегти однорідність суміші, її потрібно перемішувати в бункері бетононасоса.

Тривалість перерв повинна становити не більше 30 хв. У процесі експлуатації бетононасосів під час перекачування бетонних сумішей доводиться спостерігати утворення заторів, причинами яких є:

- неправильне обрання складу бетонної суміші, за якого не забезпечується її зручноперекачування;
- використання розшарованої, погано перемішаної або такої, що почала зчеплюватися суміші;
- недостатнє змазування трубопроводу пусковою сумішшю;
- недостатній тиск у бетононасосі для подолання опорів перекачування;
- витікання цементного молока в місцях з'єднання ланок бетонопроводу;
- незадовільне очищення та промивання трубопроводу, перегрівання бетонопроводу;
- примерзання суміші до стінок бетонопроводу в зимовий період;
- спрацьованість гумового манжета робочого поршня бетононасоса.



Рисунок 4.6 – Стационарний бетононасос

Типовою ознакою початку утворення пробки в трубопроводі є підвищення тиску в гідросистемі бетононасоса, а потім його раптова зупинка. У такому разі необхідно припинити приймання бетонної суміші в бункер бетононасоса й відкачати бетонну суміш з бетонопроводу. Після додаткового перемішування суміші в приймальному бункері її перекачування можна продовжити.

Перед початком транспортування бетонної суміші в приймальний бункер завантажують пускову суміш, приготовлену з цементу й води або цементно-піщаного розчину складу 1:1. Під час руху по трубопроводу така суміш утворює мастильний шар на внутрішній поверхні сухого бетонопроводу й унеможливорює утворення заторів на початковій стадії перекачування бетонної суміші.

Промивання поршневого бетононасоса й бетоноводу. Для очищення системи від залишків бетону застосовують теплу воду (200 л на кілька циклів очищення); повітряний компресор; промивальну ланку, розраховану на подавання води або стисненого повітря (під тиском не більше 10 бар); промивні кулі й піжі у вигляді циліндра. Останні виготовляють з губчатого матеріалу за діаметром бетоноводу.

Бетоновод прочищають одразу після закінчення подавання останньої партії бетону, підготувавши все необхідне для цього до спорожнення останнього автобетонозмішувача. Під час очищення постійно підтримують зв'язок із оператором на майданчику бетонування – він повідомляє, коли залишиться залити лише суміш, що міститься в системі в цей момент. Після такого сигналу подавання бетону припиняють і заливають у бункер бетононасоса воду – отримана внаслідок цього рідка суміш підтримується в бункері на якомога нижчому рівні, але не на такому, щоб в циліндри поршнів могло потрапити повітря (надходження повітря призведе до проблеми – розшарування суміші).

Завершивши заливання, оператор ділянки бетонування дає сигнал оператору бетононасоса – той перемикає роботу бетононасоса на реверс (зворотний режим) для зменшення кількості суміші в тій частині бетоноводу, що розташована ближче до ділянки робіт і для зниження тиску в бетоноводі. Потім бетоновод від'єднують від насоса і нарощують додатковими секціями для досягнення ділянки, призначеної для скидання вмісту бетоноводу (їх потрібно підготувати й зібрати на потрібну довжину заздалегідь). На кінцеву трубу одягають підвідний бетоновод, спрямований до ділянки скидання, насадку-уловлювач промивної кулі – він може вилетіти із великою швидкістю. Оператор ділянки бетонування знімає роздатковий шланг зі свого кінця бетоноводу і встановлює замість останнього коліна насадку для продування, попередньо розмістивши в бетоноводі рясно змочену водою промивну кулю (краще скомбінувати – спочатку ввести кулю, а за нею піж). Запуск стисненого повітря і переведення пальців голчастого клапана в положення «відкрито» оператор ділянки бетонування виконує одночасно – рух промивної кулі по бетоноводу не повинен припинятися ні на хвилину. Операцію по промиванню проводять двічі – у бетоновод потрібно повторно подати воду через бетононасос, перемикнувши голчастий клапан в положення «закрито».

Бункер бетононасоса промивають і чистять із підставкою під вихідний отвір зливного лотка. Особливо зручно, коли ця модель обладнається водяним насосом зі шлангом і ємністю для води, що прогрівається гарячими газами викидної труби – легше промити й видалити залишки бетонної суміші.

Бетонування за допомогою автобетононасоса. Останнім часом широко застосовують автобетононасоси, що становлять собою бетононасос із повноротною розподільною стрілою, змонтованою на рамі, укріпленій на шасі автомобіля. Автобетононасоси призначені для подавання бетонної суміші до місця укладання як по вертикалі, так і по горизонталі. По стрілі, що складається з трьох шарнірно закріплених частин, проходить бетоновод із

шарнірами – вставками на заклепках стріли, що закінчується гнучким розподільним рукавом на опорах.

Бетонна суміш по бетоноводу стріли подається й розподіляється по конструкції тільки під час стійкого положення автобетононасоса.

Місця стоянок і маршрут пересування автобетононасосів і автобетонозмішувачів на будівельному майданчику відповідно до ПВР влаштовуються з дорожніх плит, укладених по горизонтально вирівняній поверхні.

Автобетононасос на робочому майданчику встановлюють за умови:

- горизонтальності майданчика для автобетононасоса;
- наявності підкладок під аутригерами;
- заготування цементу й води для замішування цементного тіста (для пускової суміші);
- заготування пижів для прочищення бетоноводів;
- підготування резервних місць для приймання бетонної суміші з автобетонозмішувачів.

Автобетононасос встановлюють на будівельному майданчику таким чином, щоб забезпечити безперебійність роботи насоса в межах його робочої зони. Автобетононасос встановлюється на виносні опори (аутригери) для стійкості його положення під час роботи (рис. 4.7).



Рисунок 4.7 – Бетонування за допомогою автобетононасосів

Бетононасос експлуатується в ручному та автоматичному режимах. Ручний режим застосовується під час підготування насоса до роботи, пуску, укладання невеликих обсягів бетонної суміші, промивання бетоноводів після закінчення робіт. Найоптимальнішим є автоматичний режим експлуатації бетононасоса. Він застосовується в разі великих обсягів бетонування.

Під час вимушених перерв у роботі автобетононасоса в завантажувальному бункері повинно залишатися $0,1 \dots 0,2 \text{ м}^3$ бетонної суміші для періодичного ввімкнення насоса для роботи «на себе».

Під час бетонування конструкцій, розташованих нижче рівня стоянки автобетононасоса, у похилій частині бетоноводу, що має велику протяжність, рекомендується вбудовувати коліна або підпірні відводи, які перешкоджають відриванню бетонної суміші і розшаруванню її на похилій ділянці.

4.5 Укладання бетонної суміші за допомогою стрічкових конвеєрів

Розрізняють переставні й установлені на самохідній або причіпній базі (бетоноукладальники) стрічкові конвеєри. Стрічкові конвеєри доцільно використовувати, якщо дальність подавання бетонної суміші – $20 \dots 100 \text{ м}$, а площа її розподілу в бетонованій конструкції велика. Використовують різні модифікації стрічкових конвеєрів, що різняться вантажопідіймальністю, довжиною рам, шириною стрічки тощо (рис. 4.8).

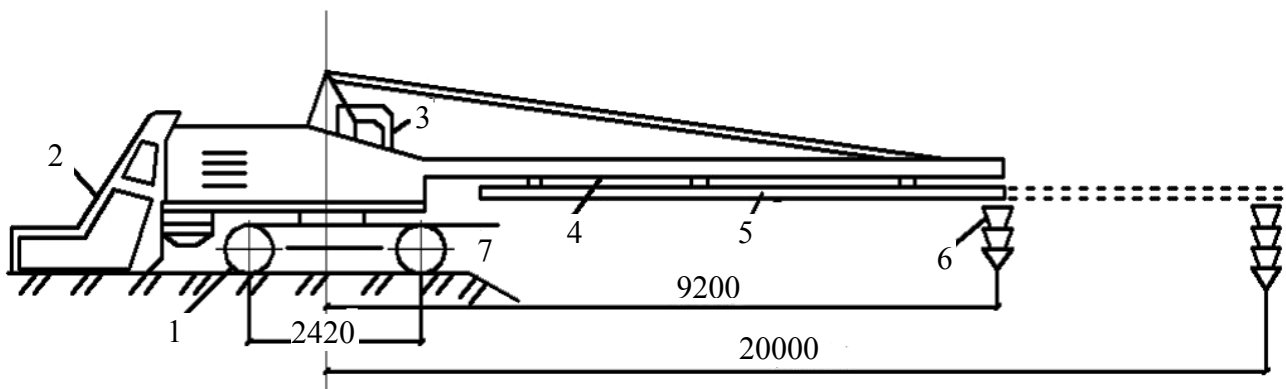


Рисунок 4.8 – Самохідний стрічковий бетоноукладальник СБУ-20:

- 1 – гусенична база; 2 – перевантажувальний бункер; 3 – кабіна;
4 – стаціонарна стріла стрічкового конвеєра; 5 – стрічковий живильник; 6 – хобот;
7 – поворотна платформа

Конвеєри здебільшого виготовляють з алюмінію або сталі. Найпоширенішими є полегшені конвеєри з алюмінію із секціями завдовжки 9 м . Їх власна маса становить не менше 220 Н/м . Навантаження від бетонної суміші, що міститься на стрічці стандартного конвеєра, змінюється в межах $150 \dots 300 \text{ Н/м}$.

Експлуатаційні характеристики конвеєрів, що використовуються у світовій практиці є такими: робоча швидкість стрічки – до 3 м/с , розрахункова продуктивність – до $70 \dots 90 \text{ м}^3/\text{год}$; номінальний кут нахилу стрічки – до 30° .

Переставні стрічкові конвеєри застосовуються під час укладання бетонної суміші в монолітні конструкції з невеликими розмірами в плані.

Одним із факторів, що обмежують продуктивність конвеєрів, є особливості бетоноподавального пристрою – бадді, автобетонозмішувача, перевантажувального бункера. Зі збільшенням кута нахилу стрічки конвеєра зменшується товщина шару бетонної суміші, а отже, знижується продуктивність пристрою. Товщина шару бетонної суміші визначається показником її рухливості: більш жорстку суміш можна транспортувати шаром більшої товщини, ніж пластичну.

Для запобігання розшаруванню бетонної суміші на кінці конвеєрної стрічки влаштовують спеціальні напрямні екрани у вигляді воронки, що унеможливають розшарування суміші під час скидання її на наступну секцію. Щоб бетонна суміш не розшарувалася під час вивантаження в місцях укладання вона повинна спадати по вертикалі. Влаштування однобічних напрямних щитків-відбивачів, а також вільне падіння суміші з кінця конвеєра в місцях вивантаження призводять до розшарування бетонної суміші.

Для зменшення зношеності сталевих воронки в місцях удару бетонної суміші під час вивантаження і перевантаження на іншу секцію конвеєра їхню поверхню необхідно футерувати гумою.

Останнім часом на бетонних роботах застосовують спеціальні переставні секційні стрічкові конвеєри для бетонування конструкцій на великих площах. Вони призначаються для подавання бетонної суміші як на малі, так і на великі відстані, а також для її розподілу в опалубленому блоці. У комплект конвеєра входить від двох до шести секцій. Вони складаються з окремих уніфікованих елементів-секцій з вильотом стріли від 9 до 25 м, що мають автономний привід. Електроприводи всіх секцій з'єднуються загальним пультом управління і взаємно блокуються (рис. 4.9).



Рисунок 4.9 – Використання стрічкового конвеєра для укладання бетонної суміші

Секція конструкції секційного конвеєра для транспортування бетонної суміші становить собою стрічковий конвеєр, стріла якого може повертатися навколо осі у вертикальній і горизонтальній площинах і здійснювати човниковий рух, унаслідок чого бетонна суміш подається і розподіляється в зоні, обмеженій радіусами, що дорівнюють максимальному й мінімальному вильотам стріли.

Висувні стріли уможливають зменшення довжини секційного конвеєра до 60 % від його максимальної довжини без демонтажу або застосування додаткових секцій, а також механізують процес розподілення бетонної суміші в

місцях, обмежених арматурою, готовими конструкціями, механізмами. Конвеєр, що складається з таких секцій, забезпечує подавання бетонної суміші практично за будь-якою траєкторією в плані, що дуже зручно під час його застосування в умовах будівельного майданчика.

Найчастіше використовують конвеєр, що складається з шести секцій із вильотом стріли 6...12 м кожна.

У разі проведення робіт із застосуванням конвеєрів в зимовий період стрічкову ділянку рекомендується закривати теплоізоляційними коробами, подаючи під них тепле повітря від електрокалорифера.

Для очищення стрічки знизу поблизу вигрузочного кінця конвеєра встановлюють приводну капронову щітку.

У разі великої дальності подавання збільшують кількість секцій або застосовують секції з великим вильотом стріли (до 25 м). Із забезпеченням належної швидкості руху стрічки й товщини завантажувального шару транспортована бетонна суміш практично не змінює своєї консистенції ні в суху, ні у вітряну погоду.

Для забезпечення оптимальної товщини завантажувального шару бетонної суміші частину стрічки конвеєра обладнують опорними роликками, встановленими під кутом 30°. Завантажувати конвеєр необхідно з пристроїв для регулювання вивантаження бетонної суміші, наприклад із автобетонозмішувачів або з перевантажувальних бункерів, оснащених віброживниками.

У разі транспортування до 120 м в окремих секційних конвеєрах швидкість руху стрічки становить 3 м/с. Така велика швидкість, на думку фахівців, убезпечує бетонну суміш від розшаровування, оскільки суміш скидається з конвеєра до стінки гумового відбивача, де швидкість миттєво зменшується, від відбивача вона спадає вниз суцільним потоком.

Зазвичай ширина стрічок секційних конвеєрів становить 400...500 мм. Продуктивність таких конвеєрів – 25...50 м³/год. Секції конвеєрів встановлюють як на аутригерах і опорних рамах, так і на легких рейках і монорейках.

Під час зведення Марина-Сіті в Чикаго для бетонування монолітних перекриттів було застосовано легкі конвеєри, що складаються з п'яти секцій, кожна завдовжки 9,15 м, ширина стрічки – 406 мм, а маса – 227 кг. Бетонну суміш перевантажували з однієї секції конвеєра на іншу за допомогою пристрою, що становить собою вертикальну прямокутну раму, змонтовану на опорі з чотирма трубчастими стійками. Рама поверталася навколо осі на 360°. У середині верхнього ригеля рами було закріплено кільце з діаметром 30,5 см, на якому встановлено інше кільце – опора для розвантажувального кінця попередньої секції конвеєра. Таким чином, обидві секції надійно з'єднувалися, а рама і секція конвеєра, яка спиралася на неї, могли вільно повертатися. Стріла секції була виготовлена з алюмінієвих швелерів. Під час бетонування було досягнуто продуктивності подавання суміші із осіданням конуса 7,5 см – 76 м³/год. У разі застосування рухливішої бетонної суміші продуктивність подавання знижувалася на 10...20 %.

Недоліком як вібраційних, так і стрічкових конвеєрів є те, що їх необхідно переставляти в процесі бетонування захваток усередині об'єкта. Тому для бетонування конструкцій нульового циклу на великих промислових об'єктах застосовують стрічкові конвеєри, змонтовані на самохідній базі (гусеничній або пневмоколесній), – стрічкові бетоноукладачі (рис. 4.10).



Рисунок 4.10 – Стрічковий конвеєр на пневмоколісній базі

Ці машини мобільні й достатньо маневрені, вони здатні подавати бетонну суміш, розташовуючись усередині або біля брівки котловану. Використовують бетоноукладачі різні за конструкцією. Зокрема, стрічковий конвеєр бетоноукладача УБК-132, створений у тресті Харківбудмеханізація, встановлено на тракторі ДТ-75 з подовженою рамою і двома додатковими балансними візками. Бетонна суміш вивантажується з автосамоскида в скіповий підіймач, за допомогою якого вона перевантажується в проміжний вібробункер, а з нього – на стрічковий конвеєр, що подає бетонну суміш в опалубку конструкції.

Конвеєр бетоноукладача виготовляють складним, щоб зменшити габарити машини під час транспортування. Щоб забезпечити стійкість бетоноукладача під час роботи, його оснащують аутригерами. Такий бетоноукладач доцільно використовувати під час бетонування монолітних конструкцій із невеликими габаритами в плані, оскільки з однієї стоянки він може подавати бетонну суміш по лінії, обмеженій радіусом повороту стріли.

Цей недолік усунуто в бетоноукладачах ЛБУ-20. Стрічковий конвеєр цього бетоноукладача телескопічний, він складається із стаціонарної і висувної стріл. Така конструкція конвеєра, змонтованого на повноворотній платформі екскаватора Е-303 або ОМ-202, забезпечує подавання бетонної суміші з однієї стоянки в будь-яку точку бетонованої конструкції, обмеженою радіусами максимального й мінімального подавання. Оскільки висувна секція конвеєра виконана з реверсивним приводом, мінімальний радіус подавання становить 3 м від осі обертання конвеєра. Бетонна суміш перевантажується з автосамоскидів у

гідрофікований перевантажувальний вібробункер, установлений на самохідній базі. Під час підняття бункера бетонна суміш поступово перевантажується з нього на стрічку конвеєра.

Дослідним шляхом було доведено, що бетоноукладачі економні і їх доцільно використовувати під час змінного укладання бетонної суміші понад 20...25 м³. За меншого обсягу робіт доцільніше використовувати самохідні крани, тому, щоб комплексно-механізована технологія бетонних робіт на базі самохідного стрічкового бетоноукладача як провідної машини була ефективною, необхідно збільшити змінні потоки бетону до 50...70 м³ за зміну.

Відсутність необхідної кількості бетоноукладачів, що випускає промисловість, змушує будівельні організації виготовляти і впроваджувати бетоноукладачі власної конструкції. Такі бетоноукладачі здебільшого облаштовуються неповоротною стрілою завдовжки 10...15 м. Як механізми для пересування використовують базові трактори Т-130, Т-74 або електродвигуни, підімкнені до електричних мереж будівельного майданчика. Бетоноукладач складається з приймального бункера місткістю 2...2,5 м³, стрічкового конвеєра, механізмів для піднімання і пересування бункера та конвеєра.

Останнім часом конвеєри як самостійну одиницю для бетонування конструкцій застосовують менше, що спричинено використанням інших високопродуктивних машин – бетоноукладачів, бетононасосів тощо.

Технічні характеристики бетоноукладачів дані в додатку Б.

Під час застосування стрічкових транспортерів для укладання бетонної суміші необхідно дотримуватися таких правил:

- осідання конуса суміші не повинно перевищувати 6 см;
- кут нахилу стрічки має розташовуватися в межах 10...18°;
- верхня робоча стрічка повинна бути забезпечена лотковим обрисом;
- плоскі стрічки можуть використовуватися на конвеєрах, що мають загальну довжину не більше 5 м;
- швидкість руху стрічки не повинна перевищувати 1 м/с;
- подавати бетонну суміш на транспортер необхідно за допомогою пристроїв, що забезпечують рівномірне подавання суміші;
- стрічку необхідно забезпечити пристроєм для очищення від цементного розчину;
- бетонну суміш з конвеєра в конструкцію потрібно подавати через воронку, яка запобігає розшаруванню бетону.

4.6 Укладання бетонної суміші за допомогою вібраційних конвеєрів

Вібраційний конвеєр складається з виброживильника й віброжолоба і застосовується для подавання бетонної суміші у виробі й конструкції на відстань не більше ніж 20 м (нахил до горизонту при температурі повітря від +5 до +20 °С). Виброживильник призначений для переміщення бетонної суміші на обмежені відстані. Він має широку приймальну частину для завантаження бетонної суміші з автосамоскидів і вузьку розвантажувальну, із якої суміш видається в конструкцію. Суміш переміщується за допомогою вібрації,

створюваної двома закріпленими поруч у похилому положенні вібраторами.

Віброжолоб використовують для рівномірного розподілу бетонної суміші по поверхні бетонованого виробу або конструкції, а також для завантаження приймальної воронки хобота під час бетонування фундаментів у глибоких котлованах (рис. 4.11). Він становить собою лоток із напівкруглим перетином діаметром 300...400 мм і висотою 200...350 мм. Довжина віброжолоба не повинна перевищувати 3,5 м, в іншому разі його продуктивність різко знижується. Відстань подавання бетонної суміші можна збільшити, встановивши ряд секцій.

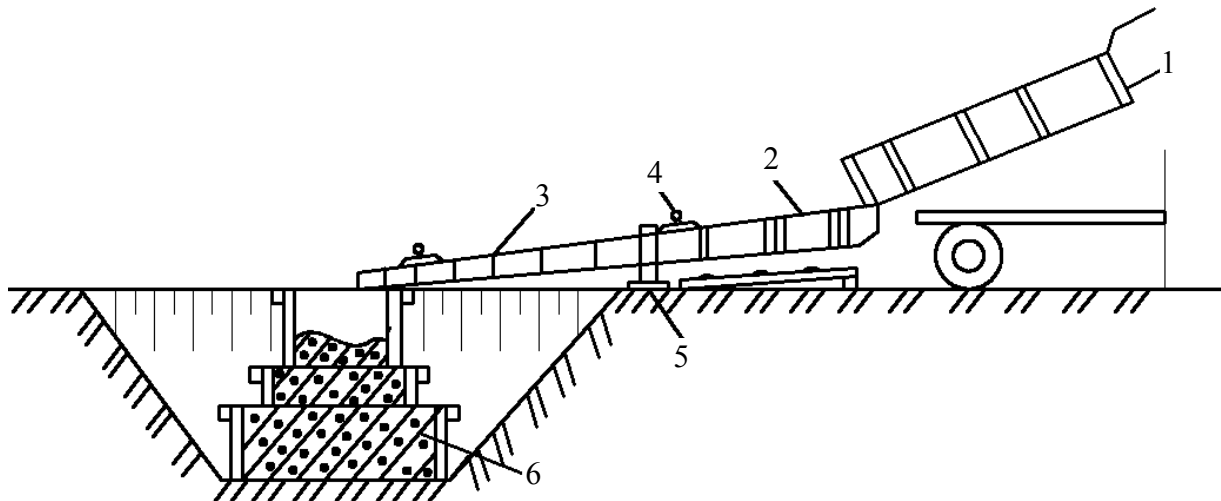


Рисунок 4.11 – Схема подавання бетону віброживильником: 1 – автосамоскид; 2 – віброживильник; 3 – віброжолоб; 4 – вібратори; 5 – стояк; 6 – бетонована конструкція

Бетонну суміш подають у віброжолобі за допомогою віброживильників, бункерів, хоботів і стрічкових конвеєрів. Продуктивність віброжолоба обумовлюється кутом нахилу і рухливістю бетонної суміші.

4.7 Загальні вимоги до процесу укладання бетонної суміші

Процес укладання бетонної суміші складається з таких операцій: подавання до місця укладання, розподіл, розрівнювання й ущільнення.

Перед початком бетонування повинні бути визначені або уточнені:

- способи подавання, розподілу й ущільнення бетонної суміші;
- склад бетонної суміші та показники її рухливості;
- товщина й напрям укладуваних шарів;
- допустима тривалість перекриття шарів;
- необхідна інтенсивність подавання бетонної суміші з перевірянням забезпеченості її постачання бетонними заводами й транспортними засобами;
- потреби щодо механізмів і робітників для подавання, розподілу й ущільнення бетонної суміші, включаючи робітників для виконання підсобних робіт у процесі бетонування.

Перед укладанням бетонної суміші опалубку необхідно очистити від сміття, бруду, льоду, снігу, масел, за необхідності промити. Якщо суміш укла-

дається на бетонну поверхню, то її попередньо необхідно підготувати, очистивши від цементної плівки. Найдоцільніше видаляти цементну плівку одразу після завершення зчеплення цементу (у спекотну погоду через 6...8 год після закінчення укладання, у прохолодну – через 12...24 год).

Очищуючи бетонні поверхні від цементної плівки, не можна допускати пошкодження поверхні бетону, тому міцність бетону повинна перебувати в таких межах:

- під час оброблення водяним або повітряним струменем – 0,2...0,3 МПа;
- під час оброблення механічною металевою щіткою – 1,5...2,5 МПа;
- під час оброблення піскоструминним агрегатом – 5,0...10,0 МПа.

Укладаючи бетонну суміш необхідно постійно стежити за станом опалубки, а в разі появи зміщення або деформації щитів – негайно їх усувати.

Бетонування конструкцій необхідно супроводжувати відповідними записами в журналі бетонних робіт:

- дата початку й закінчення бетонування (за конструкціями, блоками, ділянками, захватками);
- задані марки бетону, робочий склад і показники його рухливості (жорсткості);
- обсяги виконаних робіт на окремих частинах споруди;
- дата виготовлення контрольних зразків бетону, їхня кількість, маркування (із зазначенням місця конструкції, звідки взято зразок бетонної суміші), терміни і результати випробування зразків;
- температура зовнішнього повітря під час бетонування;
- температура бетонної суміші під час укладання (в зимовий період), а також під час бетонування масивних конструкцій.

Форма журналу та порядок його заповнення можуть уточнюватися відповідно до місцевих умов.

Відомо декілька способів укладання бетонних сумішей, до яких належать:

- пошарове укладання паралельними шарами, товщина яких не перевищує 2/3 висоти наконечця вібратора або зони опрацювання поверхневими вібраторами;
- укладання похилими шарами збільшеної товщини в монолітних малоармованих конструкціях із використанням потужних глибинних вібраторів;
- безперервне пошарове укладання рухомих і литих бетонних сумішей, що транспортуються бетононасосними установками, із застосуванням короткочасної неінтенсивної вібрації;
- напірне бетонування конструкцій на повну висоту в замкнутих формах шляхом нагнітання високорухливих і литих сумішей в простір опалубки.

Кожен із зазначених способів різниться певною сферою застосування залежно від технологічних властивостей бетонних сумішей, ступеня механізації й інтенсивності ведення бетонних робіт. У загальному циклі бетонних робіт на частку ручної праці припадає понад 60 %, зокрема на процес бетонування – приблизно 35 %.

4.8 Ущільнення бетонної суміші

Ущільнення бетонної суміші глибинними вібраторами. Глибинні вібратори призначені для ущільнення бетонних сумішей під час укладання їх в опалубку для формування бетонних і залізобетонних конструкцій з різним ступенем насиченості арматурою. За допомогою глибинних вібраторів можна ущільнювати бетонні суміші, рухливість яких не менше 2...3 см. Бетонну суміш із меншою рухливістю можна також ущільнювати глибинними вібраторами, довше обробляючи їх і частіше перестановлюючи вібратор. Для зведення залізобетонних конструкцій із великим вмістом арматури і її частим розташуванням рекомендовано застосовувати суміші з рухливістю 5...15 см.

Ефективність впливу глибинних вібраторів на бетонну суміш визначається співвідношенням частоти й амплітуди коливань, а також величиною і формою активної поверхні їхньої робочої частини. Поєднання цих параметрів визначає величину коливань і умови передавання її бетонній суміші.

Під час ущільнення бетонної суміші вібруванням необхідно враховувати, що зі збільшенням відстані від вібратора амплітуда коливань поступово згасає. Згасання коливань помітніше під час ущільнення жорстких сумішей і застосування високочастотної вібрації. Згасання коливань означає зменшення їхньої амплітуди із віддаленням від джерела.

Було доведено, що ефективність глибинних вібраторів обумовлюється не тільки динамічними параметрами коливань робочого органу, а й орієнтованістю віброущільнювача в шарі бетону. Так, ефективність підвищується в разі нахилу вібраторів на 30...40° до горизонту й під час переведення їх у горизонтальне положення (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Ефективність роботи глибинних віброущільнювачів залежно від їхньої орієнтованості

Зорієнтованість віброущільнювача	Радіус дії, см, при товщині шару, см			Об'єм ущільнюваного бетону при товщині шару 0,5 м, м ³
	30	45	60	
Вертикальна	25	30	35	0,12
Похила, під кутом 30...40°	30	35	40	0,16
Горизонтальна	60	70	80	0,24

Процес ущільнення бетонних сумішей глибинними вібраторами в обмеженому опалубкою просторі характеризується багаторазовим відображенням хвиль напружень. Зі зменшенням відстані між щитами опалубки збільшується сфера ефективного використання бетону.

Арматурне заповнення позначається на формуванні хвильових полів, слугуючи гасником коливань, тоді як контактування вібратора з арматурним каркасом підвищує ефект ущільнення в зоні дії вібратора.

Під час контактування вібратора з опалубкою різко погіршується якість прилеглих до опалубки поверхонь внаслідок концентрування повітряної фази. Для нейтралізації цього явища деякі зарубіжні фірми оснащують глибинні вібратори еластичними (гумовими) чохлами.

У практиці промислового та цивільного будівництва поширені віброзбудники з гнучким валом. Глибинні вібратори із вбудованим електродвигуном застосовують для ущільнення бетонної суміші з рухливістю 1...5 см (рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Глибинний вібратор із гнучким валом

Із розвитком монолітного будівництва збільшилася потреба щодо вібраторів, які забезпечують процес ущільнення бетонних сумішей на легких і щільних заповнювачах в опалубках до 3 м заввишки і більше. На жаль, наявні вітчизняні різновиди вібраторів із гнучким валом не забезпечують надійність і якість ущільнення.

За кордоном використовують глибинні вібратори переважно з гнучким валом і вбудованими електродвигунами, що різняться широким діапазоном розмірів вібронаконеччя. Фірми «Динапак» і «Ваккер» випускають глибинні вібратори, діаметр робочої частини яких становить 17...90 мм, із електричним, пневматичним, бензиновим і дизельним двигунами.

Важливим напрямом удосконалення глибинного віброущільнення є збільшення радіусу їхньої дії шляхом ребрення вібронаконеччя. Це уможливило істотне зниження трудомісткості бетонних робіт у разі використання ручного віброінструменту. Збільшення радіуса дії таких вібраторів пояснюється більшою часткою енергії, що постійно передається бетонній суміші від поверхні збудника коливань. Вібратори з ребристим вібронаконеччям краще за звичайні ущільнюють жорсткі бетонні суміші й довговічніші.

Варто зазначити, що ребра збільшують діаметр вібронаконеччя й обмежують його застосування в тонкостінних конструкціях, насичених арматурою.

Контроль якості ущільнення бетонної суміші в процесі виконання робіт не передбачає об'єктивних критеріїв і обумовлюється головню від рівня професійної підготовки бетонників.

Технологія ущільнення полягає в дотриманні низки обов'язкових вимог. Зміцнюючи бетонну суміш, бетонник занурює вібратор в ущільнювальний шар вертикально або з нахилом. При цьому кінець вібронаконеччя занурюють у

раніше покладений шар на глибину 5...10 см. Під час тривалих перерв у бетонуванні для запобігання руйнуванню раніше укладеного шару бетону наступний шар укладають тоді, коли міцність попереднього досягла 1,5 МПа.

Вібратор необхідно швидко опускати в ущільнювальний шар бетонної суміші й залишати нерухомим протягом 20...40 с, а потім повільно витягувати його, щоб забезпечити заповнення бетонною сумішшю простору, утвореного вібратором. Товщина шару, що ущільнюється за допомогою ручного глибинного вібратора, не повинна перевищувати 1,25 довжини робочої частини вібро-наконечця. Крок його переставляння не повинен у півтора рази перевищувати радіус дії (рис. 4.13).



Рисунок 4.13 – Ущільнення бетону глибинним вібратором

Ущільнення бетонної суміші вважається достатнім тоді, коли припиняється її осідання й виділення великих бульбашок повітря, а на поверхні і в місцях прилягання бетону до опалубки з'являється цементне молоко.

Досвідчені робітники визначають, що ущільнення бетонної суміші закінчилося, за висотою звуку вібратора – від глухого до високого постійного звуку при повному виділенні повітря з бетонної суміші.

Поверхнєве ущільнення рекомендують застосовувати під час ущільнення бетонної суміші, що укладається в підготовку під підлоги, плити перекриттів і інші конструкції, товщина яких не перевищує 25 см для неармованих конструкцій або конструкцій, армованих легкою сіткою.

У разі, якщо товщина бетонного шару понад 25 см або за наявності арматури суміш ущільнюють, застосовуючи спочатку глибинні, а потім

поверхневі вібратори для ущільнення верхніх шарів, вирівнювання й загладжування поверхні.

Для поверхневого ущільнення застосовують майданчикові вібратори й віброрейки. Під час ущільнення майданчик або віброрейка встановлюється на поверхню ущільнюваної бетонної суміші і переміщується по ній відповідно до ущільнення бетонної суміші. Переміщуються віброрейки й майданчики по ущільнювальним шарам вручну (рис. 4.14).



Рисунок 4.14 – Поверхнєве ущільнення бетону віброрейкою

Глибина опрацювання суміші обумовлюється рухливістю бетонної суміші, ступенем армування, різновидом заповнювача й параметрами вібрації.

Найважливішою вимогою щодо поверхневих віброущільнювачів, особливо віброрейок, є рівномірність розподілу коливань по довжині інструмента. У разі недостатньої жорсткості ущільнювача його коливання в центрі віброрейки можуть істотно відрізнятися від коливань по краях, що спричиняє зниження якості ущільнення внаслідок виникнення негармонійних коливань. У тій частині віброрейки, де амплітуди вищі, відбувається відривання від поверхні бетону з ударами по ньому.

Ефективність роботи поверхневих віброущільнювачів зазвичай перевіряють експериментально. Така необхідність спричинена низкою припущень у методиці конструкторського розрахунку, складністю обліку характеристик ущільнюваного середовища і впливу підстильного шару. Для певних випадків швидкість переміщення віброрейки встановлюється на підставі досвіду. Зазвичай для найпоширеніших умов (рухливість суміші – 1...3 см, товщина шару – 10...15 см) вона дорівнює 0,5...1 м/хв.

Зі збільшенням рухливості бетонних сумішей процес укладання істотно полегшується, проте вібраційне ущільнення плинних сумішей призводить до розшарування і, як наслідок, до неоднорідності фізико-механічних властивостей окремих частин конструкції. Вібраційні впливи спричиняють мігрування щільніших частинок в нижню зону, а менш щільних – у верхню, оминувши рідку фазу. Перерозподіл рідкої фази по висоті стовпа бетонної суміші призводить до збільшення В/Ц верхньої зони та зменшення його в нижній, що, зі свого боку спричиняє зниження міцності бетону конструкції.

Одним із засобів зниження неоднорідності бетонів є правильне обрання технологічних режимів ущільнення, що забезпечать підвищення водоутримувальної здатності наповнювачів і збережуть однорідність бетонної суміші. Для литих бетонних сумішей практично не потрібен динамічний вплив; для високорухливих і пластичних потрібен слабкий ущільнювальний вплив; для жорсткопластичних – середній ущільнювальний вплив, а для дуже жорстких – висока інтенсивність вібрації в поєднанні з пресувальним тиском.

Висновки

Вартість перевезення в середньому становить 20 % від загальної вартості використовуваного бетону. Багаторазові перезавантаження бетонної суміші під час транспортування погіршують її якість і збільшують вартість перевезення. Із огляду на це необхідно надавати перевагу способам перевезення, за яких кількість перевантажень мінімальна.

Рухливість бетонної суміші вже протягом перших годин після її приготування знижується – вона тужавіє; отже час її транспортування необхідно чітко обмежувати. До моменту укладання бетонної суміші потрібно визначити її рухливість, запобігаючи процесу тужавіння. Час транспортування обумовлюється різновидом цементу й температурою бетонної суміші.

Відстань перевезення бетонної суміші обумовлюється допустимим часом її перебування в дорозі, станом доріг і середньою швидкістю транспортних засобів.

Під час перевезення бетонної суміші необхідно вживати заходів, що унеможливають її розшарування, уникати втрат цементного молока і розчину, захищати суміш від впливу атмосферних опадів, вітру, сонячних променів, а взимку – від швидкого охолодження і замерзання. Правильно організоване перевезення передбачає використання спеціальних транспортних засобів з високими швидкостями, що забезпечують скорочення часу перебування суміші під завантаженням.

5 ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

5.1 Загальні положення

Бетонування – найвідповідальніший етап зведення бетонної або залізобетонної конструкції. Бетонна суміш, яка укладається, повинна набути форми, передбаченої проектом конструкції і визначається контурами опалубки. Під час бетонування суміш заповнює всі проміжки між стрижнями арматури, утворює захисний шар необхідної товщини і ущільнюється до заданої об'ємної маси й марки бетону.

Затверділі бетонні вироби виправити важко, тому потрібно суворо дотримуватися обумовленої технології бетонування. Процес бетонування складається з підготовчих і перевірочних операцій, укладання, де передбачено операції щодо приймання, розподілу та ущільнення бетонної суміші, а також допоміжні операції, здійснювані в процесі бетонування.

Перш ніж дати дозвіл на початок робіт щодо бетонування, потрібно перевірити й оформити актами приховані роботи, тобто якість і відповідність проекту тих елементів конструкції, які в процесі бетонування будуть закриті – залишаться в «тілі» бетону. Перевіряється, як підготовлено до бетонування природну основу, виконано гідроізоляційні роботи, правильність установлення арматури й закладних деталей, анкерів, каналоутворювачів тощо.

Акти на приховані роботи повинні бути підписані відповідальними особами й слугувати звітними документами під час введення в експлуатацію готової споруди. Потім за допомогою геодезійних інструментів вивіряють точність палублення, наявність будівельних отворів у днищах коробів балок і арок, правильність установлення клинів або домкратів для розкружачення. Під час перевіряння риштувань та помосту складають акт, що фіксує дотримання вимог охорони праці.

Безпосередньо перед бетонуванням опалубку очищують струменем води або стисненого повітря від сміття і бруду. Поверхню дерев'яної опалубки змочують. Щілини в дерев'яній опалубці, товщина якої не менше ніж 8 мм, закладають, щоб запобігти витіканню цементного молока. Поверхні сталеві та пластикові опалубки змащують (відпрацьованим маслом), а залізобетонну, армоцементну або азбестоцементну опалубку-личкування промивають струменем води. Арматуру очищують від бруду та іржі. Одночасно виконують роботи щодо налагодження механізмів, машин і пристроїв, які використовуються під час усіх взаємопов'язаних операцій бетонування. На робочому місці встановлюють потрібний інвентар, влаштовують огорожі, запобіжні та захисні пристрої, передбачені вимогами щодо охорони праці. За необхідності забезпечують телефонний, світловий або звуковий сигнальний зв'язок між робочими місцями для подавання, приймання та укладання бетонної суміші.

Приймати, розподіляти й ущільнювати бетонну суміш потрібно безперервно й послідовно. Цей важливий процес має постійно контролювати технічний персонал будівництва. В журналі бетонних робіт протягом кожної зміни записують дату, властивості бетонної суміші, обсяги виконаних робіт,

кількість і дату виготовлення контрольних зразків, температуру зовнішнього повітря й бетонної суміші, тип опалубки й дату розпалублення конструкцій.

Під час укладання й розподілу бетонної суміші стежать за станом риштування й опалубки. У разі встановлення зсування або деформування опалубки бетонування припиняють і вживають заходів для виправлення дефектів.

Одночасно з бетонуванням проводять допоміжні операції щодо установа й переміщення транспортних і вантажопідіймальних засобів – віброжолобов, бункерів, бетоноводів, конвеєрів тощо.

Наприкінці зміни інвентар, механізми й пристосування очищують від напливів бетону, промивають бетоноводи тощо.

5.2 Зведення конструкцій підземної частини будівель

Для монолітних і збірно-монолітних будівель різних будівельних систем рекомендуються стрічкові, стовпчасті, плитні й пальові фундаменти, що виконуються з монолітного бетону. Зі свого боку, залежно від розрахункової схеми й навантаження від будівлі розрізняють такі плитні фундаменти – у вигляді ребристої плити, у вигляді плоскої (безбалкової) плити, у вигляді порожнистої плити (коробчастий перетин).

Комплексний процес зведення фундаментів і стін з монолітного бетону включає розбивання вісі фундаментів, влаштування опалубки, збирання й установа арматури і безпосереднє бетонування фундаментів.

Вибір технології зведення фундаментів з монолітного бетону обумовлюється конструктивним рішенням фундаментів і будівель, а також можливими схемами комплексної механізації. Зазвичай можливі схеми комплексної механізації складають на стадії проектування виконання робіт на підставі наявності технологічного обладнання та механізмів.

Для зведення монолітних залізобетонних фундаментів використовують різні схеми механізації. До складу механізованого комплексу для влаштування фундаментів, незалежно від технології бетонних робіт («кран-баддя», віброживильники, автобетононасос тощо), включають баштові або стрілові крани для виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, палублення, встановлення арматури й монтажу арматурно-опалубних блоків.

Вибір тягової машини під час бетонування фундаментів визначається насамперед габаритами підземної частини будівлі, глибиною закладання й конструктивними особливостями фундаментів, які зводяться, а також темпами укладання бетонної суміші (інтенсивністю).

Залежно від продуктивності обраного комплексу машин тягового потоку підбирають комплекти машин для окремих потоків монтажу опалубки й арматури. Кількість захваток визначається кількістю комплектів опалубки, якими розпоряджується виробник.

Окремий потік армування фундаментів розпочинають з укладання арматурних сіток їхньої підоснови, використовуючи кран.

Перед укладанням арматурних сіток на них встановлюють фіксатори, що забезпечують формування проектного захисного шару. Після укладання сіток

встановлюють арматурні каркаси фундаменту, які вивіряють і закріплюють тимчасовими кріпленнями.

Тимчасові кріплення каркасів знімають після електроприхоплення до арматури підшви фундаменту. Склад окремого потоку палублення визначається застосовуваним різновидом опалубки. Для використання вантажо-підіймального крана щити опалубки укрупнюють у панелі. Монтують опалубні панелі після того, як остаточно вивірять і закріплять арматурні каркаси в проектному положенні. Спочатку встановлюють і закріплюють опалубку ступінчастої частини фундаменту, потім – опалубні панелі стін фундаменту.

У разі використання технології бетонування фундаменту за схемою «кран-баддя» бетонну суміш з транспортного засобу розвантажують у переносну баддю. Баддю подають до місця укладання краном і вивантажують бетонну суміш безпосередньо в опалубку (рис. 5.1). Кран рухається по верху котловану. Виліт стріли крана повинен забезпечити подавання суміші в будь-яку точку фундаменту.



Рисунок 5.1 – Бетонування фундаментної плити за схемою «кран-баддя»

У разі використання як тягової машини віброживильника бетонну суміш з транспортного засобу розвантажують в приймальний бункер віброживильника, звідки вона надходить на віброток і за його допомогою укладається в опалубку. Віброживильник переміщується по верху котловану за периметром будівлі (див. рис. 5.2, б).

Якщо фундамент бетонують за допомогою автобетононасоса, бетонну суміш з автобетонозмішувача вивантажують у приймальний бункер бетононасоса. Автобетононасос рухається по верху котловану (див. рис. 5.2, в).

Залежно від конструктивних особливостей стрічкові фундаменти бетонують в один, два й три етапи. Одноетапне пошарове бетонування застосовується

в разі облаштування стрічкових фундаментів із прямокутним або змінним перерізом, якщо площа поперечного перерізу менше 3 м^2 . Стрічкові фундаменти зі ступенями бетонують в два етапи – спочатку ступені, а потім стіну. У три етапи бетонують стрічкові фундаменти з підколонниками під каркас будівлі.

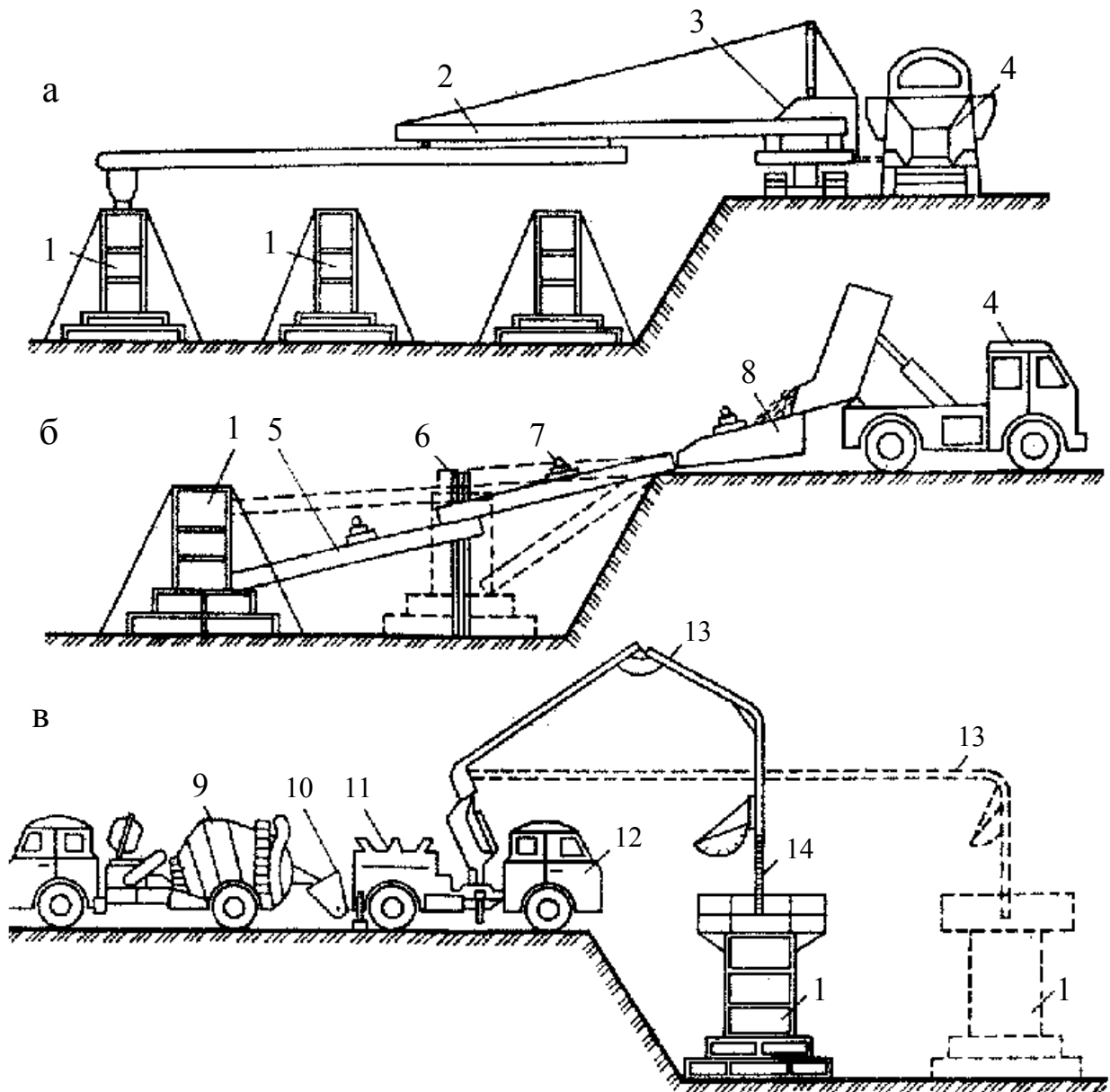


Рисунок 5.2 – Технологічні схеми бетонування фундаментів:

- а – самохідними бетоноукладачами; б – за допомогою віброживильників і віброжолобів;
- в – автобетононасосами; 1 – бетоновані фундаменти; 2 – телескопічна стріла бетоноукладача;
- 3 – бетоноукладач; 4 – автомобіль-самоскид; 5 – віброжолоб; 6 – стояк; 7 – вібратор;
- 8 – віброживильники; 9 – автобетонозмішувач; 10 – приймальний бункер; 11 – бетононасос;
- 12 – базовий автомобіль; 13 – шарнірно-зчленована стріла;
- 14 – гнучкий рукав

У фундаменти під колони будинків, обсяг яких до 15 м^3 , бетонну суміш доцільно подавати по віброжолобах, самохідними бетоноукладачами, у баддях кранами й бетононасосами.

У східчасті фундаменти, загальна висота яких до 3 м, а площею східця – до 6 м^2 , суміш подають через верх опалубки (див. рис. 5.3, а), передбачаючи

заходи проти зсування анкерних болтів і закладних деталей. Під час ущільнення глибинні вібратори занурюють у суміш через відкриті грані нижнього східця й переставляють їх за периметром східця в напрямі до центру фундаменту. Аналогічно ущільнюють бетонну суміш другого й третього східця. Якщо висота підколонника фундаменту невелика застосовують малорухливі бетонні суміші (осідання конуса суміші до 3 см).

Підколонник бетонують одразу після бетонування східців. Ущільнюють суміш глибинними вібраторами, опускаючи їх зверху.

Якщо висота східчастих фундаментів понад 3 м, а площа нижнього східця – понад 6 м², бетонну суміш подають спочатку в нижній східець за периметром фундаменту (рис. 5.3, б, в), а потім через приймальний бункер і ланкові хоботи бетонують підколонник. У разі осідання конуса суміші на 4...6 см підколонник бетонують повільно, роблячи перерви (1...1,5 год) з метою унеможливлення видавлювання бетону, укладеного в східці.

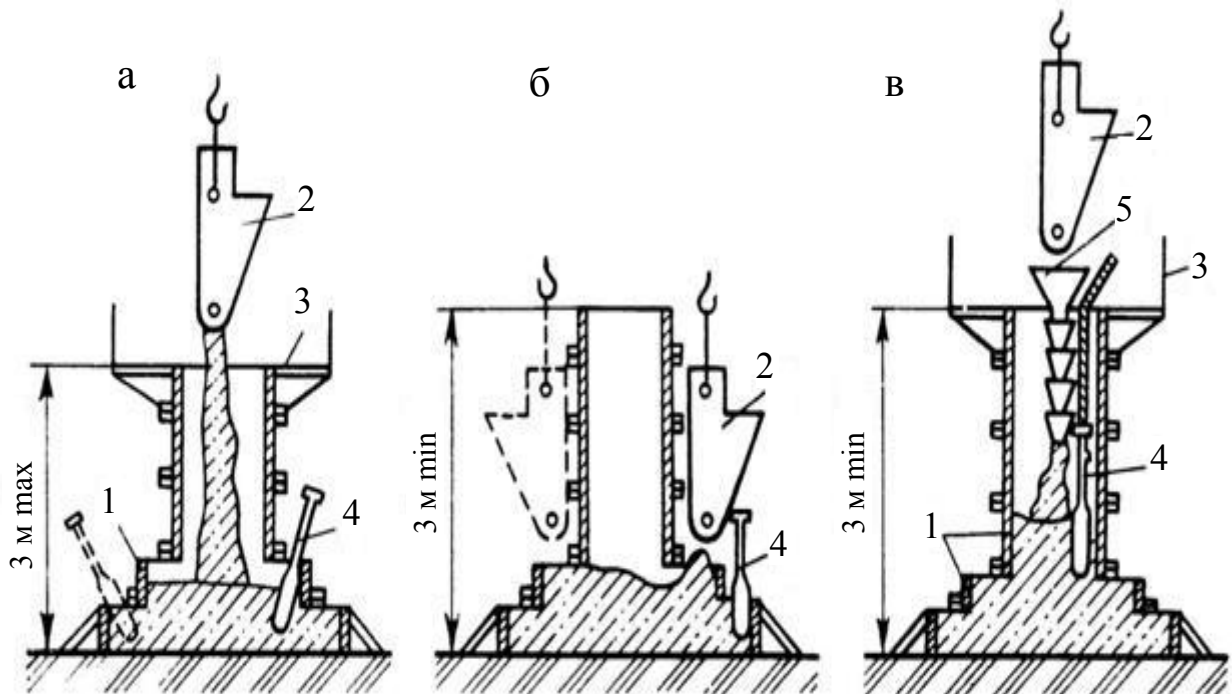


Рисунок 5.3 – Бетонування східчастих фундаментів: а – висотою до 3 м; б, в – висотою 3 м; 1 – опалубка східця; 2 – баддя; 3 – настил; 4 – внутрішній вібратор; 5 – приймальна воронка

Вибір технології бетонування стін підземної частини будівлі обумовлюється товщиною й висотою стін, а також конструкцією опалубки. Під час бетонування стін застосовують розбірно-переставну, дрібно- та великощитову, підйимально-переставну та інші різновиди опалубок.

Розбірно-переставну щитову опалубку встановлюють у два прийоми: спочатку з одного боку на всю висоту стіни, а після встановлення арматури – з іншого. Якщо висота й товщина стіни велика опалубку другого боку встановлюють поярусно в процесі бетонування. Якщо ж опалубку встановлюють на всю висоту стіни, в опалубці передбачають вікна для подавання суміші. Опалубку стін, товщина яких понад 0,5 м, можна зводити на всю висоту стіни, подаючи суміш зверху за допомогою хоботів.

Під час бетонування стін в розбірно-переставній опалубці висота ділянок, які бетонують без перерви, не повинна перевищувати трьох метрів. Якщо висота ділянок стін, бетонованих без робочих швів, більша, роблять перерви не менше 40 хв і не більше 2 год для осідання укладеної суміші та попередження утворення зсідальних тріщин (рис. 5.4).

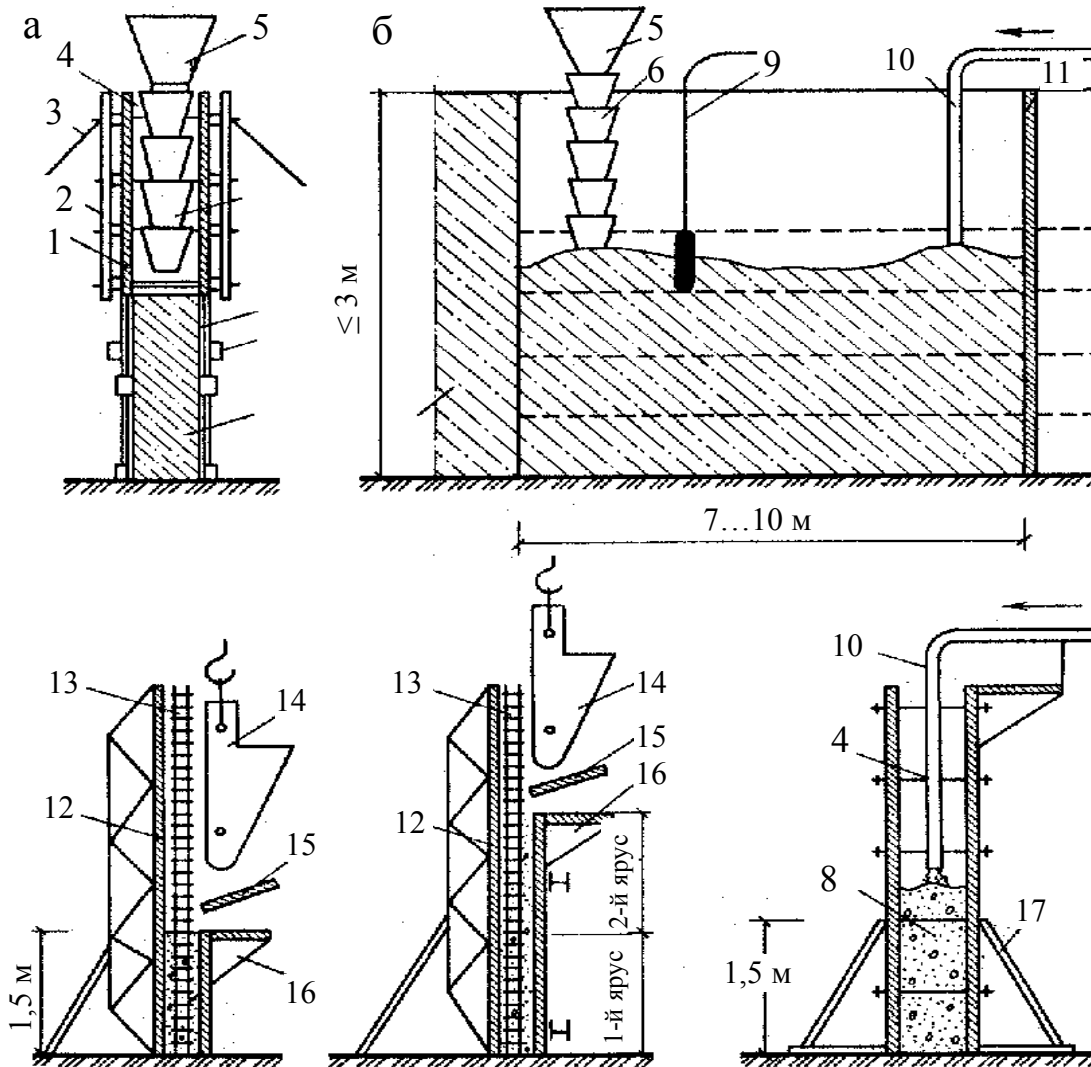


Рисунок 5.4 – Схема бетонування стін підземних споруд: а – стін завтовшки 0,5 м і більше, висотою 3 м; б – тонких стін; в – пошарове бетонування стін бетононасосами;
 1 – щити опалубки; 2 – в'язі жорсткості; 3 – розчалювання; 4 – стяжка; 5 – воронка;
 6 – ланковий хобот; 7 – телескопічні стояки; 8 – забетонувана ділянка; 9 – вібратор;
 10 – рукав бетононасоса; 11 – розподільна опалубка; 12 – зовнішній щит опалубки;
 13 – арматурний каркас; 14 – баддя; 15 – напрямний щит; 16 – риштування; 17 – підкіс

Якщо довжина стіни понад 20 м, її розподіляють на частини завдовжки 7...10 м і на межі ділянок встановлюють розподільну перегородку, утворюючи шпонкове сполучення. Бетонну суміш укладають безперервно (товщиною 0,3...0,5 м) і з обов'язковим віброуцільненням.

Для бетонування масивних плитних фундаментів багатоповерхових будинків, де навантаження значні можна використовувати бетоноукладачі, а за

інтенсивності 50...100 м³/зміну можуть бути використані стаціонарні бетононасоси з розподільними стрілами.

У малоармовані плитні фундаменти укладають бетонну суміш із осіданням конуса 1...3 см і розміром заповнювача до 70 мм, у густоармовані – з осіданням конуса 3...6 см і розміром, що не перевищує 1/3 найменшої відстані між арматурними стрижнями.

Щоб зменшити температурні деформації конструкцій під час тверднення бетону в масивних фундаментах і плитах використовують бетонні суміші на цементі з низькою екзотермією. Укладають бетонну суміш у масивні фундаменти горизонтальними шарами завтовшки 0,3...0,4 м, із обов'язковим віброуцільненням.

Великі малоармовані або неармовані фундаменти бетонують шарами 1...2 м. Ущільнюють у них суміш потужними пакетними вібраторами, які переставляються за допомогою кранів.

Під час бетонування густоармованих плит бетонну суміш рекомендується укладати безперервно на всю висоту плити. Плити, товщина яких до 0,5 м, бетонують картами завширшки 3...4 м. Якщо товщина плит карти більша, – завширшки 5...10 м, із розподільними смугами 1...1,5 м. Щоб забезпечити безперервне укладання суміші на всю висоту, плити розбивають на блоки, не розрізаючи арматуру з огорожею блоків металевими сітками (рис. 5.5).



Рисунок 5.5 – Бетонування великорозмірних плит

Розташування й конструкція робочих швів повинні бути передбачені проектом. Ділянка бетонування в межах карти має бути мінімальною. Карти бетонують одну за одною. Для зменшення сумарного осідання бетонну суміш в розподільні смуги укладають врозпір із затверділим бетоном карт після зняття опалубки на їхніх межах. Укладання бетонної суміші в межах карти бетононасосами, бетоноукладачами й баддями на крані рекомендується виконувати в напрямі до раніше укладеного бетону, притискаючи, таким чином нові порції бетону до раніше укладених.

5.3 Зведення колон, балок і перекриттів

Залежно від несучої здатності колон, балок і перекриттів вони можуть бути слабо- й сильноармованими. Як арматура, крім поширеної, у каркасі будівель використовують несучу арматуру у вигляді прокатних і зварних конструкцій, а також трубобетонні конструкції колон. Колони з труб армують додатковими арматурними каркасами, встановленими всередині труби. Труба включається в робочий перетин як непряме армування. За такого рішення виключається технологічний процес монтажу і демонтажу опалубки.

Конструкції з густим армуванням бетонують сумішшю з осіданням конуса 6...8 см і крупністю заповнювача до 20 мм, зі слабким армуванням – сумішшю з осіданням конуса 4...6 см і крупністю заповнювача до 40 мм.

Залежно від висоти колон як опалубку використовують спеціальні щити на всю висоту колони або ті, що збираються з окремих дрібних щитів. Монтувати опалубку розпочинають з установаження рамки, яка формує перетин колони і орієнтує її відповідно до координаційних осей. Осі, нанесені на рамці, повинні збігатися з осями, винесеними на бетонну поверхню раніше забетонованої колони або перекриття нижнього ярусу.

Короб, який формує три грані колони, встановлюють у рамки, закріплюють за допомогою розчалювання або універсальних підкосів. Потім вивіряють вертикальність короба. Четвертий щит опалубки колони і відсутні притискні пристрої та фіксатори встановлюють після монтажу арматурних каркасів.

Армування у вигляді готових просторових каркасів виконують за допомогою крана. Каркаси вивіряють і тимчасово закріплюють за допомогою фіксаторів для випусків арматурних стрижнів нижнього ярусу колони. Тимчасові кріплення знімають після прихоплення електрозварюванням і зв'язуванням каркасів до випусків арматури нижніх колон.

Опалубку демонтують у зворотній послідовності після того, як бетон набуде розпалубної міцності. Опалубку демонтують щитами і переміщують на місце очищення, змащення й підготування щитів для подальшого використання.

Колони, висота яких до 5 м, бетонують безперервно на всю висоту. Бетонну суміш завантажують зверху за допомогою бадді або гнучкого хобота маніпулятора бетонопроводу і ущільнюють за допомогою глибинних вібраторів, опускають в опалубку на канатах. У колони, висота яких понад 5 м, бетонну суміш подають через воронки по хоботу й ущільнюють її за допомогою внутрішніх або зовнішніх вібраторів (див. рис. 5.6).

Високі й густо армовані колони з перехресними хомутами бетонують через вікна в опалубці й спеціальні кармани. Ущільнюють суміш за допомогою глибинних вібраторів, що вводять через вікна й кармани. Колони, незалежно від їхньої висоти, перетину й армування, необхідно бетонувати безупинно на всю висоту поверху.

Балки й плити, монолітно з'єднані з колонами, бетонують не раніше ніж через 1...2 год після закінчення бетонування колон. Перерва необхідна для опадання бетону, укладеного в колони. У ребристих перекриттях головні й

другорядні балки та плити перекриттів бетонують одночасно. Балки понад 0,8 м заввишки бетонують окремо від плит, влаштовуючи горизонтальні робочі шви на рівні нижнього краю плити.



Рисунок 5.6 – Бетонування колон

У густо армовані балки бетонну суміш укладають із осіданням конуса 6...8 см і крупністю заповнювача не більше ніж 20 мм. Окремі балки й прогони необхідно бетонувати безупинно. Суміш завантажують в опалубку з бадді, ущільнюючи їх глибинними вібраторами.

Плити перекриттів бетонують у напрямі, паралельному головним або другорядним балкам, фронт бетонування – мінімальний. Подавати бетон потрібно в напрямі бетонування. За наявності подвійного армування плит, щоб уникнути деформування арматури з малим діаметром, поверх сіток укладають легкі переносні щити. Суміш у плитах ущільнюють майданчиковими вібраторами, якщо товщина плит до 0,25 м і внутрішніми за більшої товщини. Особливо ретельно віброущільнення потрібно виконувати в місцях прилягання плит до балок і колон, а також у місцях з густим армуванням.

Плити бетонують за маяками. Їхню поверхню вирівнюють і загладжують. Робочі шви в плоских плитах влаштовують паралельно до їхнього меншого боку, у будь-якому місці. У ребристих перекриттях, бетонованих паралельно до другорядних балок, а також в окремих балках робочі шви влаштовують у середній третині прогону цих балок.

Під час бетонування в напрямі, паралельному до головних балок, робочий шов влаштовують у межах двох середніх чвертей прогону головних балок і посередині плит. Робочі шви повинні бути вертикальними, для цього в плитах встановлюють дошки або спеціальні розподільні пристрої, а в балках – щити з отворами для пропускання арматури.

У разі продовження бетонування перекриття з поверхні шва видаляють пухкі шари бетону й цементну кірку, очищують його від бруду й сміття. Безпосередньо перед укладанням нового бетону поверхню шва потрібно зволожити, а також укласти шар жирного розчину на цементі того самого, що і в базовому бетоні.

5.4 Зведення стін і перегородок

Технологія зведення стін і перегородок із монолітного бетону значною мірою обумовлюється її товщиною й висотою, ступенем армування, використовуваною конструкцією опалубки, методами подавання й ущільнення сумішей, використовуваного бетону (легкий, важкий) для огорожувальних і несучих конструкцій відповідно (рис. 5.7).

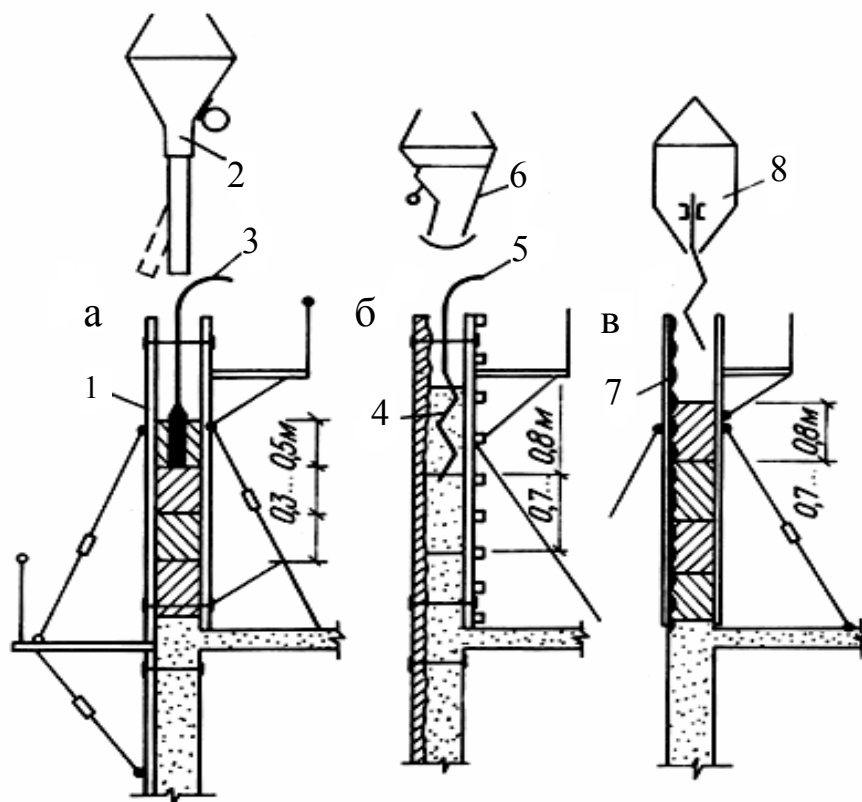


Рисунок 5.7 – Технологічні схеми бетонування стін: а – з використанням віробункера з гнучким хоботом; б – ущільнення лопатевим вібратором; в – із використанням бункера з телескопічними вібраторами: 1 – великощитова опалубка; 2 – віробункер з гнучким хоботом; 3 – глибинний вібратор; 4 – незнімна панель опалубки; 5 – лопатевий вібратор; 6 – бункер з пульсуючим улаштуванням; 7 – матриця опалубки; 8 – бункер із телескопічними вібраторами

Було систематизовано можливі технологічні схеми бетонування стін. Головними критеріями порівняльного оцінювання запропонованих схем

визначено такі: отримання якісного оцінювання поверхні стін; запобігання розшаруванню під час укладання бетону на легких заповнювачах; забезпечення однакової міцності бетону по всій площині і товщині конструкцій.

Наприклад, спосіб нагнітання базується на подаванні бетонної суміші під тиском 1...1,2 МПа в порожнину між щитами опалубки. Спосіб нагнітання уможливорює виконання бетонування по висоті зі швидкістю до 0,5 м/хв.

Щитову опалубку стін встановлюють здебільшого в два етапи: спочатку опалубку одного боку стіни на всю її висоту, а після армування стіни монтують опалубку іншого боку. Опалубку зовнішнього боку кріплять до внутрішнього стяжними болтами. Для забезпечення проектної товщини стін усередині них встановлюють розпірні пристрої разом із стяжними болтами.

Армування стін розпочинають із монтажу каркасів за допомогою крана. Уручну встановлюють окремі стрижні й каркаси над прорізами і в кутових елементах стін. Установлений каркас вивіряють і тимчасово закріплюють за допомогою фіксаторів. Для вивірення й осьового суміщення каркаса стін застосовують струбцини. Зняття тимчасових кріплень виконують після прихватки їх шляхом електрозварювання каркасів і випусків арматури розташованого нижче поверху стіни.

Технологічна послідовність виконання арматурних робіт в ковзній, об'ємно-переставній, блоковій і пересувній опалубках відрізняється від установлення арматурних каркасів і сіток у щитовій розбірно-переставній опалубці.

У стіни, товщина яких понад 0,5 м у разі застосування слабкого армування укладають бетонну суміш з осіданням конуса 4...6 см і крупністю заповнювача до 60 мм. Якщо довжина стін становить 15 м, їх розподіляють на ділянки 7...10 м завдовжки для рівномірного (без переривання) бетонування протягом певного часу.

Для подавання суміші використовують баддю і віброжолоб. Бетонують стіни горизонтальними шарами з товщиною 0,35...0,4 м.

Не рекомендується подавати бетонну суміш в одну точку, передбачаючи її переміщення всередині опалубки вібраторами (див. рис. 5.8, в). У цьому разі утворюються похилі пухкі шари, що зменшують якість бетону. У стіни, висота яких понад 3 м суміш, подають через воронки по ланковому хоботу.

У тонкі й густо армовані стіни (перегородки) укладають бетонні суміші із осіданням конуса 6...10 см і розміром заповнювача до 20 мм. Якщо товщина до 0,15 м, бетонують шарами до 1,5 м заввишки. Опалубку таких стін із одного боку зводять на всю висоту, а з іншого – тільки на висоту ярусу. Арматуру встановлюють на всю висоту. Бетонну суміш подають і ущільнюють вібраторами з боку низької опалубки (див. рис. 5.8, г). Якщо поярусно опалублення забезпечити важко, бетонну суміш в тонкі стіни подають через спеціальні вікна й кармани (див. рис. 5.8, д).

Розподільні елементи, що встановлюються на межі ділянок без розрізання арматури, формують шпонкові з'єднання в стіні. Замість розподільного елемента можна встановлювати сітчасту опалубку, що залишається в бетоні.

Якщо висота стін до 3 м, бетонну суміш розвантажують безпосередньо в опалубку в декількох місцях по довжині ділянки.

Під час ущільнення бетонної суміші вібратори не повинні дотикатися до частин опалубки, оскільки передавання коливань на опалубку спричиняє руйнування раніше укладених шарів. Під час ущільнення бетонної суміші з пластифікувальними добавками вібраційний вплив має бути короточасним, а його частота зниженою (15...20 Гц).

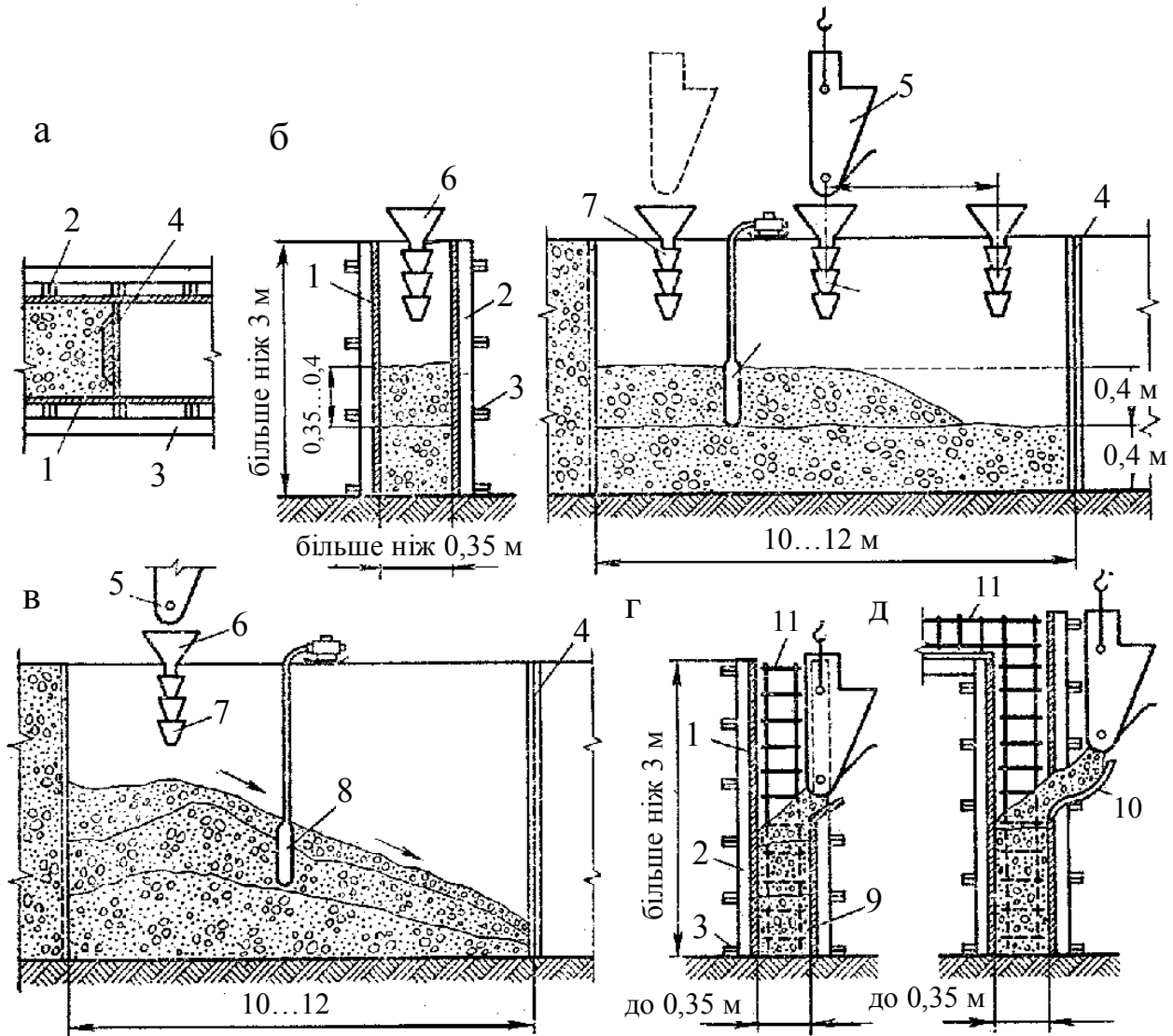


Рисунок 5.8 – Бетонування стін: а – установлення розподільної опалубки; б – пошарове бетонування стін; в – неправильне бетонування стін з подаванням суміші в одне місце; г, д – бетонування високих густо армованих стін; 1 – опалубка; 2 – підсилювальні ребра опалубки; 3 – захват; 4 – організація робочого шва; 5 – баддя; 6 – приймальна воронка; 7 – ланковий хобот; 8 – вібратор; 9 – шари бетону; 10 – кишень; 11 – арматура

Під час зведення зовнішніх стін з легких бетонних сумішей рекомендують замість вібраційного формування застосовувати високорухливі суміші. Безвібраційне укладання уможливорює підвищення якості поверхні, зниження зчеплення опалубки із свіжоукладеним бетоном, збільшення термінів експлуатації опалубки.

5.5 Зведення арок, склепінь, куполів і оболонки

Для зменшення зсідання бетону й унеможливлення його сповзання під час віброущільнення під час зведення арок і склепінь застосовують малорухливі бетонні суміші з осіданням конуса 1...3 см і крупністю заповнювача до 30 мм.

Положисті двошарнірні арки з прогонами до 20 м бетонують безперервно з двох боків – від п'ят до замка. За наявності третього шарніра бетонують одночасно обидві напіварки від опор до середнього шарніру.

Арки з прогонами понад 20 м і з великими перетинами бетонують ділянками. Для двошарнірних арок кількість таких ділянок має бути непарною, а для трьохшарнірних – парною. Між ділянками залишають розподільні смуги 0,8...1,2 м завширшки. Укласти суміш на кожній ділянці потрібно безперервно. Першими бетонують ділянки, що прилягають до опор. Потім, щоб уникнути випинання опалубки у вершині арки, бетонують замкову ділянку. Після цього укладають бетонну суміш в рядові ділянки, рівномірно з двох боків арки.

Розподільні смуги бетонують через 6...8 діб після того, як відбудеться осідання бетону базових ділянок. Для розподільних смуг застосовують жорстку суміш (ОК = 0...1 см).

Приопорні ділянки крутих арок бетонують в чотирибічній опалубці, щоб суміш не сповзала під час віброущільнення. Суміш подають у баддях, завантажуючи її у відкриту опалубку зверху або в спеціальні вікна поблизу чотирибічної опалубки.

Ущільнюють суміш внутрішніми вібраторами, а в разі густого армування і значної висоти перетину арок – комбінованим способом, застосовуючи внутрішні й навісні вібратори.

Затяжки арок, обладнані натяжними пристосуваннями, бетонують після розкружувлювання арок і підтягування цих пристосувань. Жорсткі затяжки замоноличують одночасно з бетонуванням арок.

Склепіння, протяжність яких значна, розподіляють по довжині на окремі ділянки, улаштовуючи робочі шви перпендикулярно до утворюваного склепіння. Якщо прогони невеликі (до 15 м), а товщина склепіння незначна (до 0,2 м), ділянки бетонують безперервно, укладаючи суміш смугами, паралельно до утворюваного склепіння, одночасно з двох боків від замка.

Масивні склепіння із прогонами понад 15 м в межах кожної ділянки розподіляють на непарну кількість ділянок, паралельних до твірної. Ширина розподільвальних смуг між ними має дорівнювати товщині склепіння.

Бетонну суміш подають у баддях, розвантажуючи її порціями в окремих точках по фронту бетонування. Якщо товщина склепіння до 0,35 м, суміш ущільнюють поверхневими вібраторами або віброрейками, у масивніших склепіннях – внутрішніми вібраторами.

Якщо склепіння круті ділянки біля опор бетонують у двобічній опалубці, щоб уникнути сповзання бетону під час вібрування. Зовнішні щити встановлюють під час бетонування (див. рис. 5.9).

Невеликі склепіння бетонують безперервно дві-три ланки. Укладають суміш горизонтальними круговими смугами, без утворення робочих швів. Великорозмірні склепіння розподіляють на ділянки-«пелюстки», утворюючи між ними розподільні смуги. Склепіння зазвичай бетонують у двобічній опалубці, зовнішні щити якої встановлюють у процесі бетонування.



Рисунок 5.9 – Бетонування склепінь великої протяжності

Чотирикутні в плані оболонки бетонують в одnobічній опалубці смугами, паралельними до їхніх зовнішніх граней, а круглі – концентричними смугами. Ущільнюють суміш за допомогою вібрації майданчиковими вібраторами, віброрейками або шляхом вакуумування. Для малорухомих сумішей, з осіданням конуса 1..3 см, застосовують віброущільнення, а більш рухливі, з осіданням конуса 4...6 см, ущільнюють вакуумуванням.

5.6 Спеціальні різновиди бетонування

5.6.1 Вакуумування

Вакуумування – технологічний прийом, який уможливорює вилучення частини води замішування з укладеного й ущільненого бетону. Використання такого прийому дає змогу застосувати бетонні суміші з підвищеною рухливістю, що спрощує й здешевлює їхній розподіл і ущільнення, забезпечуючи істотне поліпшення фізико-механічних характеристик затверділого бетону, що відповідають зниженому залишковому водоцементному співвідношенню.

Вакуумування бетону виконують з палублених і не палублених поверхонь конструкцій. Обмежено застосовують також внутрішнє вакуумування

зануреними вакуум-трубками (аналогічно до голкофільтрової схеми осушення ґрунтів). Сфери ефективного застосування внутрішнього вакуумування не встановлені, у наш час ця технологія не розробляється.

На сьогодні вакуумування широко застосовується в деяких країнах у дорожньому будівництві й під час влаштування бетонних підлог (у Швеції, наприклад, 50 % конструкцій такого типу). Після вакуумування бетонний шар у поєднанні з покриттями підвищеної твердості забезпечує високий ступінь міцності підлоги в ранньому періоді.

Вакуумування використовується в конструкціях різної конфігурації і масивності як з монолітного, так і зі збірного залізобетону. Дослідження і практика застосування вакуумування довели, що одночасно з підвищенням кінцевої міцності бетонів (до 20...40 %) забезпечується низка інших переваг. У дорожньому будівництві надзвичайно важливо збільшити на 30...50 % опір вакуумованого бетону щодо стирання й знизити на 30...40 % щодо його осідання. Зменшення ступеня стирання підлог промислових будівель зменшує їхнє запилювання. Для більшості конструкцій важливою перевагою вакуумування бетону є зменшення пластичного осідання. Підвищення щільності вакуумованого бетону (до 2 %) у 2...3 рази скорочує капілярне підсмоктування і збільшує хімічну стійкість, водонепроникність, морозостійкість. Вакуумований бетон різниться високою початковою міцністю (0,3...0,5 МПа), що в більшості випадків дає змогу проводити його негайне розпалублення, а під час влаштування плоских конструкцій розпочинати загладжування.

Ефективність вакуумування щодо глибини поширення вакууму значною мірою обумовлюється фільтраційними властивостями бетонної суміші. Для звичайних сумішей, приготовлених на портландцементі, товщина обробленого вакуумованого шару може становити 45...50 см, для сумішей на пуцолановому цементі – 25 см, на шлакопортландцементі – приблизно 40 см. Під час вакуумування бетонного масиву глибина впливу вакууму досягає 70 см, однак найраціональніше використовувати метод у конструкціях до 20 см завтовшки, якщо розрідження становить 0,08 МПа.

Вакуумування найдоцільніше застосовувати в пластичних бетонних сумішах, у яких В/Ц становить 0,65...0,75. Застосування бетонних сумішей із рухливістю 12 см і осіданням конуса полегшує і прискорює процеси подавання бетонних сумішей у бетоновану конструкцію і забезпечує їхнє рівне розподіляння будь-яким відомим способом.

Процес вакуумування передбачає таке. Відсмоктувальний мат або вакуумний щит, покладений на бетонну суміш, повинен щільно прилягати до неї. В іншому разі під час вакуумування буде відбуватися часткове осідання бетону, а повітряний прошарок, що утворюється між його поверхнею і щитом, повністю нейтралізує ефект вакуумування. Таким чином, мат або щит повинні постійно прикривати суміш під час її ущільнення і зсідання, яке може сягати 5 % від початкового об'єму суміші, що укладається з надлишком. Після накладання мату або щита за допомогою крана (у разі застосування ручного управління) або електромагнітного вентиля (у разі застосування дистанційного

управління) вакуумна порожнина (проміжок між бетонною сумішшю і матом або щитом) з'єднується з вакуумною системою, у якій попередньо вже створений вакууметричний тиск 0,02...0,05 МПа. Час вакуумування обумовлюється товщиною виробу (для практичних розрахунків можна рекомендувати таку залежність: 1 хв вакуумування на 1 см товщини виробу). Після закінчення процесу вакууметричний тиск у вакуумній порожнині піднімається до нормального атмосферного внаслідок впускання повітря та одночасного перекриття вакуумної системи. Після цього мати або щити без зусиль знімають і переносять на інше робоче місце.

Протягом повного циклу вакуумування виріб набуває проектних геометричних розмірів, а з бетонної суміші видаляється 20...25 % надлишкової води замішування. До того ж виріб досягає розпалубленої міцності 0,1...0,12 МПа, що дає змогу зняти опалубку і цим прискорити її обертання.

Процес нарощування міцності монолітної конструкції в природних умовах відбувається набагато швидше порівняно із звичайним бетоном. Встановлено, що в тридобовому віці міцність вакуумованого бетону вдвічі перевищує міцність звичайного бетону, а в 28-добовому – на 25 %. Зі збільшенням розрідження у вакуум-порожнині кількість відсмоктуваної води збільшується. Потовщення шару бетону порівняно мало впливає на кількість води, вилученої за певний час. Якщо процес вакуумування продовжується, цю кількість можна збільшити. У разі збільшення кількості води замішування кількість видаленої води збільшується тим швидше, чим більшим є водоцементне співвідношення до вакуумування; проте остаточне В/Ц у бетонах з великим початковим В/Ц залишається високим. Температура 8...30 °С майже не впливає на відсмоктування води. Температура нижче 8 °С ускладнює вакуумування, оскільки вода в розрідженому просторі перетворюється на лід за більш високих температур, ніж це відбувається при атмосферному тиску.

Час, необхідний для проходження розрідження крізь шар бетону, приблизно пропорційний до квадрата відстані шару від вакуум-порожнини або квадрата товщини бетону. Час вакуумування зростає дещо швидше, ніж збільшення товщини шару бетону, оброблюваного за допомогою вакуумування, а це свідчить про те, що існує технічна межа товщини бетону, обробленого вакуумом. Оптимальний режим вакуумування для кожного окремого випадку встановлюють експериментальним шляхом.

Для поверхневого вакуумування бетону застосовують жорсткі вакуумні щити або гнучкі вакуумні мати. Вони прилягають до поверхні бетону й герметизуються по периметру. Між поверхнею бетону й вакуум-покриттям утворюється замкнута порожнина, із якої відсмоктується повітря. Рівень розрідження становить 80...95 %.

Гнучкі й жорсткі вакуумні покриття влаштовують аналогічно. Безпосередньо до бетону прилягає фільтрувальна тканина, що запобігає винесенню із відсмоктуваною водою частинок цементу й дрібних фракцій піску. Поверх цієї тканини розташовують гнучку розподільну сітку, призначенням якої є утворення проміжку між фільтром і верхнім покривним шаром, з-під якого

відкачують повітря. Цей проміжок необхідний для рівномірного розподілу розрідження по оброблюваній площині (рис. 5.10).

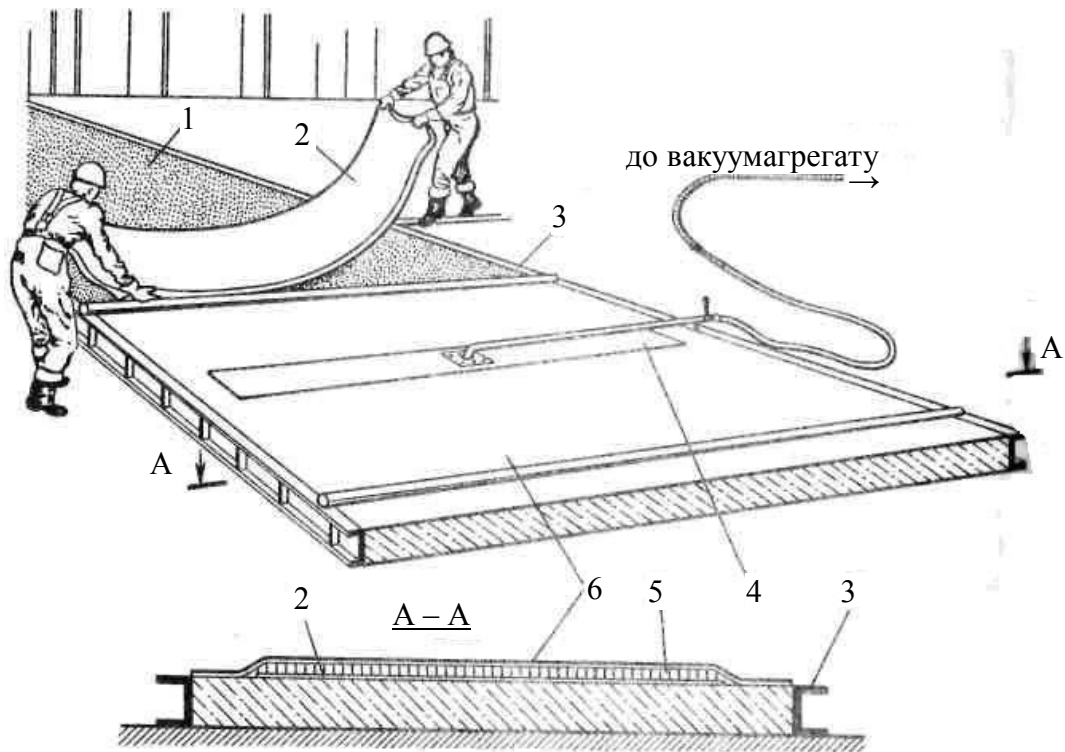


Рисунок 5.10 – Вакуумування бетону: 1 – бетонна суміш; 2 – фільтрувальна тканина; 3 – опалубка; 4 – вакуум-рейка; 5 – гнучка розподільна сітка; 6 – вакуумний мат

У вакуум-щитах усі елементи нижнього й верхнього покриття об'єднані в одну конструкцію. Герметизовану коробку верхнього покриття вакуум-щита виготовляють зі сталі, фанери або склопластику. Вона є основою, на яку кріплять розподільні сітки й фільтр. До коробки кріпляться арматура (штуцер) для під'єднання до вакуум-насоса й колектор для збирання відсмоктуваної з бетону води. По периметру вакуум-щита обладнують гумовими фартухами для герметизації по бетону. Переносні вакуум-щити зазвичай виготовляють із площею до $5...8 \text{ м}^2$, але не більше ніж $10...15 \text{ м}^2$. Ці обмеження визначаються їхньою масою (маса 1 м^2 сучасних конструкцій щитів становить приблизно 10 кг) та транспортними габаритами.

Для вакуумування вертикальних і крутопохилих поверхонь застосовують вакуум-опалубку. Окрім власне вакуум-щитів, вона включає елементи жорсткості, які сприймають розпір бетонної суміші, і кріпильні деталі.

Останнім часом для вакуумування неопалублених поверхонь (підлоги, дороги) замість вакуум-щитів зазвичай застосовують гнучкі вакуум-мати. Вакуум-мати складаються з двох самостійних елементів. Нижній, що укладається на бетон, – із фільтрувальної тканини, прошитої із розподільною сіткою. Фільтрувальні елементи розкладають по поверхні бетону, перекриваючи окремі полотнища на $2...3 \text{ см}$. Верхній елемент – герметизувальний – його виготовляють із щільної газонепроникної синтетичної тканини і розкочують із рулону поверх розстелених раніше на свіжоукладений бетон фільтрувальних елементів, перекриваючи останні по периметру не менше ніж на 10 см . Це

забезпечує достатній контакт полотнища із свіжоукладеним бетоном, запобігаючи підсмоктуванню повітря під час вакуумування. По поперечній осі верхнього елемента розташовують відсмоктувальний перфорований рукав, що по центру сполучається з рукавом від вакуум-насоса.

Найбільшою перевагою гнучких вакуум-матів порівняно з вакуум-щитами є те, що їх можна використовувати на площах будь-яких лінійних розмірів, тоді як розміри щитів повинні чітко співвідноситися з оброблюваними ділянками. Гнучке верхнє герметизувальне покриття може бути ширшим за оброблювану поверхню і розкочуватися з рулону на відстань, меншу за його довжину. Перевагою жорстких вакуум-щитів є те, що згладжуються невеликі нерівності на поверхні вакуумованого бетону, тоді як вакуум-мати їх обгинають.

Як матеріали для фільтрувальної тканини довго застосовували міткаль і невивілену бязь. Їх було дуже важко очистити від цементного тіста, й вони були недостатньо міцними. Тканина характеризувалася малою оборотністю, що відображалося на економності методу й стримувало його поширення. Пізніше для фільтрів почали використовувати тканину з нейлону й капрону. Іншим став і матеріал для розподільних сіток – замість одно- й двошарових дротяних у наш час використовують некородувальні легкі, штамповані сітки з пластмаси. Якщо перерви у вакуумуванні більше ніж 30...60 хв, після закінчення робіт фільтрувальну тканину промивають. Щоб очистити краще, у промивний бак заливають воду, додаючи до неї сірчану кислоту (1 %).

Для створення вакууму застосовують агрегати, укомплектовані поршне-вими або ротаційними вакуум-насосами. Іноді використовують компресори, що забезпечують у всмоктувальному патрубку розрідження до 90 %. Вакуум-агрегати зазвичай обладнують водозбірним баком, що містить відстійник для частинок цементу, що потрапляють через фільтр. Сучасні вакуум-агрегати здатні обслуговувати одночасно 50...70 м² вакуумованої поверхні.

Вакуумування пришвидшує розпалублення в 1,5...2 рази, підвищує підсумкову міцність бетону на 20...25 %, покращує морозостійкість, водонепроникність, знижує потреби в цементі на 12..20 %.

Тривалість вакуумування обумовлюється товщиною шару бетону.

Вакуумування розпочинають не пізніше ніж через 15 хв після закінчення бетонування; після завершення вакуумування й віброущільнення бетону поверхню необхідно одразу обробити затирними машинами.

Вакуумування бажано проводити на режимах якомога вищого розрядження. Час вакуумування залежить від ступеня розрядження, товщини вакуумованої конструкції, витрат цементу, рухливості бетонної суміші, температури навколишнього середовища та інших факторів.

5.6.2 Торкретування

Торкретування – прогресивний спосіб нанесення на оброблювану поверхню одного або декількох шарів розчину чи бетону з цементу, піску, щебеню або гравію і води, зокрема із застосуванням традиційної арматури або з використанням як армувальних компонентів металевих (переважно сталевих) або неметалевих фібр, що здійснюється шляхом застосування стисненого повітря

під час виконання робіт, пов'язаних із будівництвом, ремонтом або відновленням несучих і огорожувальних конструкцій будівель і споруд (рис. 5.11).



Рисунок 5.11 – Нанесення бетону на поверхню методом торкретування

Унаслідок нанесення розчину або бетону на поверхню під тиском утворюється ущільнений шар торкрету, властивості якого відрізняються від властивостей звичайного бетону або розчину. Порівняно зі звичайним бетоном торкрет відрізняється підвищеною механічною міцністю, морозостійкістю, водонепроникністю, краще зчеплюється з поверхнею оброблюваної конструкції.

Перевагою торкретування порівняно з іншими методами є повна механізація процесів, що зазвичай потребують великих витрат праці і поєднання в одній технологічній операції транспортування, укладання й ущільнення розчину або бетону.

Торкрет-бетон добре тримається на стелях і стінах, його не потрібно палубити, під час транспортування до робочої ділянки не виникає труднощів, гнучкий транспортний трубопровід легко проходить через вузькі місця, тому роботи, пов'язані з торкретуванням можна здійснюватися не тільки у вільному просторі, але і в умовах обмеженого простору.

У наш час технологічним питанням отримання та застосування в будівельній практиці торкрет-фібробетону, особливостям створення захисних покриттів із використанням цього матеріалу приділяють багато уваги. Успішне застосування торкрет-фібробетону обумовлюється оптимізацією параметрів дисперсного армування і залежить від характеристик використовуваних фібр: їх міцності і об'ємного вмісту в торкрет-бетоні, діаметра й довжини фібр, співвідношення діаметра й довжини, профілю і якості їхньої поверхні, що визначають різновид анкерування в бетонній матриці, а також від технологічних прийомів створення захисних покриттів. Застосування в торкрет-бетоні фібр як армувальних компонентів підвищує його здатність до пластичної деформації, тріщиностійкості, міцності під час розтягування й вигинання, опору до динамічних і вогневих впливів; до того ж часткове або повне

виключення з перерізу торкрет-бетонного покриття традиційної стрижневої арматури уможлиблює зниження трудовитрат під час виконання робіт, скорочення термінів будівництва.

Покриття з торкрет-бетону зазвичай укривають неармованою або армованою металевою сіткою, фібрами, або це може бути комбінованим конструктивним рішенням, зокрема поєднуватися з кріпильними анкерними елементами.

Торкрет-бетон застосовують:

– під час зведення нових будівель і споруд – під час будівництва резервуарів, ємностей, веж, зокрема питного водопостачання; гідроізоляції гідротехнічних споруд, тунелів і колекторів; прокладання елементів гідротехнічних споруд; реконструкції залізничних і автомобільних тунелів; укріплення будівельних котлованів, скельних стін і укосин; підведення під споруди контропор і фундаментів; оброблення та поверхневого покриття під час надземного будівництва; посилення конструкцій із мурування й бетону;

– під час виконання робіт, пов'язаних із попереджувальним ремонтом, відновленням конструкцій будівель і споруд, проведення захисних робіт у підземних спорудах; вогнетривкого облицювання; антикорозійного захисту сталевих конструкцій; відновлення захисного шару бетону; нанесення зносостійких покриттів; ремонту пошкоджень, спричинених зношенням, впливом кислот, газів, вогню, вибухів, морозів і надмірних навантажень; реконструкцією армованих покриттів; усуненням дефектів будівництва бетонних споруд; ремонтом тунельних покриттів і оздоблень, мостів і підпірних стін, гідротехнічних споруд.

Бетон торкретують двома способами – «сухим» і «мокрим».

Під час застосування «сухого» способу вихідна суха суміш у завислому стані подається в насадку (сопло), у яку в потрібній кількості надходить вода замішування. У соплі суміш перемішується, а потім під тиском стисненого повітря подається на бетоновану поверхню.

Під час застосування «мокрого» способу використовується гідравлічне подавання поршневими насосами. Крім цього, для набризкування «мокрих» торкрет-сумішей може використовуватися і пневматичне подавання відповідними роторними насосами.

У разі застосування гідравлічного подавання торкрет-сумішей зазвичай використовують двопоршневі насоси. Готова «мокра» суміш подається в приймальний бункер насоса й по трубах і шлангах транспортується до торкрет-форсунки. Технологія торкретування бетону передбачає зниження до мінімуму рівня пульсації, що виникає під час перекачування, щоб забезпечити безперервність розпилення суміші форсункою. З цією метою застосовують різні методи підвищення ступеня заповнення подавальних поршнів насоса, а також зменшення часу перемикання шибера.

Використовуючи компресор, стиснене повітря по спеціальних шлангах подається до форсунки. Добавка за допомогою дозувального насоса (прискорювача тверднення) по окремих шлангах також подається до форсунки. Обсяги подавання добавки й бетону синхронізуються між собою, унаслідок

чого забезпечується сталість заданого співвідношення кількості підмішуваної добавки й обсягу бетону, що подається.

«Мокрий» метод торкретування має багато переваг і є новітнім і високопродуктивним способом нанесення торкрет-бетону (рис. 5.12).

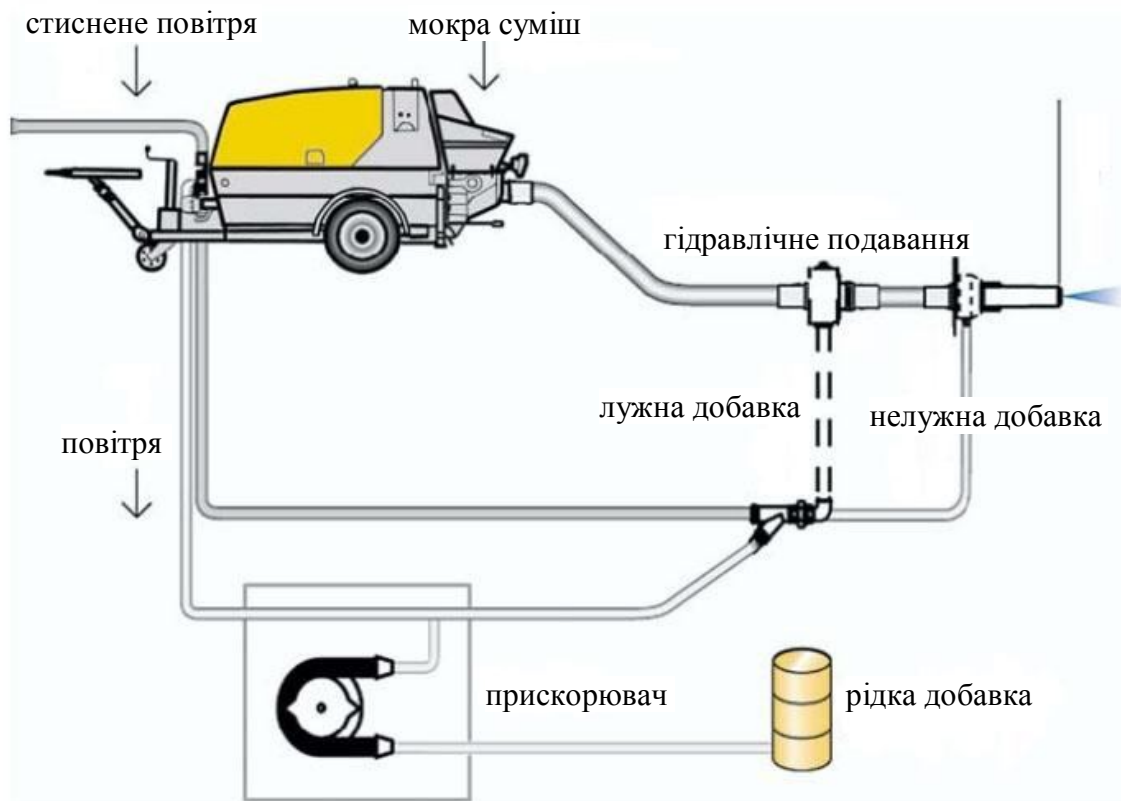


Рисунок 5.12 – Гідралічне подавання суміші під час «мокрого» торкретування:

Серед переваг «мокрого» способу торкретування потрібно виокремити такі: зменшення відскоку і, унаслідок цього, втрат у два й більше разів (до 4); збільшення продуктивності торкрет-робіт (у деяких випадках до 25 м³/год); поліпшення умов праці робітників унаслідок значного зниження пилоутворення; невелику потребу стиснутого повітря під час використання гідралічного подавання торкрет-суміші; зниження зношуваності обладнання для торкретування; підвищення якості нанесеного торкрет-бетону внаслідок сталості водоцементного співвідношення.

Під час використання «мокрого» способу торкретування процеси початку (приготування суміші, її доставляння до насоса) і завершення (очищення обладнання) роботи різняться більшою трудомісткістю порівняно з пневматичним подаванням «сухої» торкрет-суміші. Крім цього, під час «мокрого» торкретування час використання приготовленої суміші обмежується, тому суміш необхідно нанести протягом цього терміну. В іншому разі торкрет-бетон стає непридатним для використання, що спричиняє втрати.

Підготування поверхні для торкретування. Перед нанесенням торкретного шару поверхню очищують від бруду, пилу, фарби, сажі, плям мазуту та інших масляних плям. Видаляють виявлені шляхом простукування частини, які

відшаровуються, базового масиву оброблюваної поверхні, напливи розчину й цементного молока, а також слабо забетоновані ділянки.

Поверхню бетону з утвореною цементної плівкою, а також гладко затерті і залізнені поверхні ретельно обробляють для надання їм шорсткості, щоб збільшити міцність зчеплення торкрету з основою. Поверхню обробляють шляхом хімічного протравлювання, скребками, металевими щітками, зубилами, у разі піскоструминного способу використовують цемент-гармату. Очищувати струменем піску мокрі або фільтрувальні поверхні забороняється.

Поверхня, що має раковини завглибшки 5 см, які вивітрилися, і її дефектні частини розчищають, влаштовуючи насічки на «здоровій» поверхні. Щоб запобігти скупчуванню «відскоку» на краю раковин, їх розчищають із нахилом назовні під кутом 45°.

Під час торкретування по металевій сітці, а також залізобетонних поверхонь, на яких відколовся захисний шар, арматуру очищують від бруду та іржі.

Перед нанесенням торкретної суміші оброблену поверхню продувають стисненим повітрям і промивають напірним струменем води. Продування й промивання виконують безпосередньо перед торкретуванням за допомогою сопла цемент-гармати із тиском 0,2–0,3 МПа. Підготовлену поверхню захищають від повторного забруднення. Наносити торкрет на незволожену поверхню не можна, оскільки в цьому разі відбувається відсмоктування води зі свіжоукладеного матеріалу, що різко знижує адгезію й міцність торкрету.

Під час нанесення торкрету на поверхню при мінусовій температурі її заздалегідь очищують від шматків льоду, продувають стисненим повітрям і, за необхідності, обробляють струменем піску. Промивати поверхню водою, щоб уникнути утворення льодової кірки, не варто.

Щоб отримати торкрет-бетонні покриття, які характеризуються підвищеними показниками морозостійкості, не варто застосовувати заповнювачі, що різняться низьким опором до негативних температур. До того ж у складі торкрет-бетонної суміші необхідно зменшити вміст великого заповнювача і обмежити максимальну величину його зерен до 10 або 5 мм.

За допомогою традиційної арматури торкрет армують так. По всій поверхні, яку торкретують, пробивають отвори діаметром 16...20 мм 150...250 мм завглибшки на відстані 400...500 мм один від одного, у які на цементному розчині закладають штирі (анкери) діаметром 8...10 мм із загнутими кінцями. Замість штирів використовують також болти і шляхові костилі. До анкерів за допомогою в'язання дротом прикріплюють арматуру з діаметром 3...6 мм у вигляді сітки зі стороною квадрата 25...100 мм. Замість окремих прутів арматури до анкерів прикріплюють готову сітку, уживану під час тинькування стін. Сітку зі стороною квадрата 100 мм встановлюють до початку торкретування, із більш частим розташуванням арматурних стрижнів – після нанесення першого шару торкрету. Сітку встановлюють на відстані не менше 10 мм від поверхні основи.

Нанесення торкрету. Перед нанесенням торкрету необхідно перевірити стан підготовленої до торкретування поверхні конструкції. Якщо промивання

проводилось заздалегідь і поверхня повністю висохла, то до нанесення першого торкретного шару його потрібно повторити.

Швидкість вильоту струменя матеріалу обумовлюється діаметром сопла і його відстанню до торкретованої поверхні. Оптимальна швидкість виходу, що дає змогу отримати найміцніше покриття, – у межах 140...170 м/с.

До початку робіт, а також після кожної перерви в роботі подавання води в сопло регулюють за допомогою крана, розташованого на водопровідному трубопроводі. У разі недостатності води в суміші на поверхні торкрету з'являються сухі плями й смуги, а біля місця торкретування скупчується багато пилу. Надлишок води призводить до обпливання суміші й утворення «мішків» на поверхні. При правильному подаванні води до сопла «відскік» матеріалу від торкретованої поверхні основи під час нанесення першого шару розчину становить 30...35 %, потім по мірі збільшення товщини покриття кількість «відскоку» знижується.

Торкретують поверхню пошарово. Під час нанесення першого шару сопло розташовується на відстані 80...100 см від торкретованої поверхні. Наступні шари наносять на меншій відстані між соплом і поверхнею, але не менше ніж 50 см (рис. 5.13).



Рисунок 5.13 – Нанесення торкретного покриття

Кількість шарів під час нанесення торкретного покриття і товщина кожного шару обумовлюється товщиною покриття і визначаються проектом. Мінімальна товщина шару торкретного покриття становить 5...7 мм. Зазвичай товщина шару торкрету, що наноситься, становить 20...40 мм, до того ж торкретне покриття, загальна товщина якого понад 20...25 мм, необхідно укладати не менш ніж у два шари, оскільки один шар такої товщини при звичайній кількості води починає обпливати. Збільшення кількості шарів

торкрету, що наносяться послідовно, підвищує водонепроникність покриття, але спричиняє подорожчання робіт.

Сопло під час роботи безперервно переміщують рівномірно по спіралі, тримаючи його перпендикулярно до торкретованої поверхні. Під час торкретування по арматурі сопло необхідно дещо нахилити, щоб заповнити пустоти за арматурою.

Торкретування проводять горизонтальними смугами 1...1,5 м заввишки по всій ширині поверхні. Вертикальні поверхні торкретують знизу вгору, щоб «відскік» падав на вже заторкретовану, дещо затверділу поверхню.

Під час торкретування по металевій сітці шар торкрету повинен вкрити металеву сітку на 12...15 мм, до того ж виступні кінці штирів повинні бути вкриті шаром завтовшки 8...10 мм. Необхідно стежити за тим, щоб торкрет не обпливав, оскільки це може призвести до утворення пустот між прутами арматури, визначити й усунути які дуже важко.

Товщину шару нанесеного торкрету потрібно перевіряти тонким шилом або дротом, промацуючи свіжий шар в декількох місцях. Занадто товстий шар торкрету за необхідності в окремих місцях зрізають кельмою до зчеплення розчину. У місцях, де товщина шару торкрету недостатня, шилом роблять позначки для додаткового нанесення торкрету. Поверхня торкрету повинна бути рівною і не мати горбів або западин понад 5...7 мм.

Під час виконання робіт не можна допускати скупчення «відскоку» в окремих місцях, який в процесі накопичення потрібно прибирати. Особливо уважно необхідно стежити за накопиченням і своєчасним прибиранням «відскоку» під час торкретування по сітці.

Затирати торкретний шар не рекомендується, оскільки якість торкрету при цьому погіршується. У разі особливої необхідності для отримання гладкої поверхні під затирання наносять додатковий шар завтовшки 5...7 мм на дрібному піску для того, щоб базові торкретні шари не послаблювалися. Затирання виконують відразу після нанесення додаткового шару (до початку зчеплення цементу).

Кожен наступний шар торкрету з прискорювачем зчеплення наносять не раніше ніж через 20 хв (на стіни) і через 40 хв (на склепіння) після укладання попереднього шару, щоб уникнути деформації і порушення структури в свіжо-укладеному торкреті під дією струменя. Якщо наступний шар наносять більше ніж через 2 год (при плюсовій температурі навколишнього середовища), то попередній шар потрібно зволожувати розпорошеним струменем води.

Поверхні, що фільтрують воду, торкретують після усунення протікання оскільки внаслідок фільтрації торкрет може відшаруватися від ремонтваної поверхні. Наносити торкрет на поверхню із щілинами, тріщинами або раковинами великих розмірів, що зменшують міцність споруд, забороняється. Не рекомендується торкретувати вузькі щілини, оскільки в таких місцях важко забезпечити високу якість ущільнення торкрету. У цих випадках перед торкретуванням необхідно або розкрити (розширити) тріщини, або закрити їх.

Після закінчення робіт, а також під час тривалої перерви (понад 40 хв) торкрет-машину й матеріальний шланг ретельно продувають повітрям, а сопло й змішувальну камеру розбирають, промивають і просушують.

Догляд за торкретним покриттям. Торкрет у період зчеплення і тверднення оберігають від заморожування, висихання, механічних пошкоджень та хімічного впливу: протягом 6 год – у разі застосування спеціальних швидкотверднучих, розширювальних цементів, а також добавок-прискорювачів зчеплення і протягом 3 діб – у разі використання звичайних цементів без добавок-прискорювачів.

Торкретне покриття після набуття ним 70 %-ої проектної міцності (через 8...10 год після нанесення) зволожують розпорошеним струменем води.

Захищають поверхню торкрету від висихання також вкриваючи її плівкоутворювальними складами (етиоловий лак методом розпилення).

Якщо на торкретовану поверхню безпосередньо впливає сонячне проміння або сильний вітер, крім регулярного поливання в процесі тверднення торкрету, поверхню вкривають поліетиленовою плівкою або вологою мішковиною. У разі раптового зменшення температури повітря нижче 0 °С свіжий торкрет закривають солом'яними матами або мішками з тирсою. Торкретні роботи припиняють, а вкриті місця вказують у журналі робіт для подальшого проведення ретельної перевірки якості торкрету на цих ділянках.

Під час сильного дощу роботи щодо нанесення торкретного покриття припиняють. Свіжий, що ще не зчепився, шар торкрету оберігають від дощу – він може бути змитий або пошкоджений.

За необхідності виправити дефектні ділянки заторкретованої поверхні (обпливання, відшаровування викришування, окремі дрібні тріщини) торкрет починають зрубувати не раніше, ніж він набуде 50 %-ої проектної міцності. Зрубувати потрібно лише той шар торкрету, який відшаровувався від попереднього або безпосередньо від вихідної поверхні. Зрубування проводять обережно, щоб не пошкодити сусідніх ділянок міцного торкрету. Дефектні місця після вирубування очищують, промивають струменем розпиленої води і знову торкретують.

Приготування і нанесення на оброблювану поверхню торкрет-фібробетону. Для отримання покриттів із торкрет-фібробетону як армувальні компоненти використовують сталеві фібри, що постачають споживачам у розсипу або в пакетах на базі водорозчинного клею.

Якщо торкрет-фібробетон буде використовуватися в конструкціях, експлуатація яких передбачає наявність підвищених температур, зокрема під час вибуху, пожежі, у такому разі в суху суміш, окрім сталевих фібр доцільно вводити поліпропіленові волокна завтовшки 30 мкм у кількості 1,8...2,5 кг/м³.

Сухі суміші для торкрет-фібробетону необхідно готувати в стаціонарних умовах виробництва: на діючих БЗУ, спеціально обладнаних постах або на пересувних установках (бетонозмішувачах).

Якщо сухі й торкрет-бетонні суміші отримують за допомогою сталевих фібр, необхідно попереджати зчепленування один з одним шматків (клубків)

фібр в обсязі розглядуваних сумішей і складів. У процесі отримання сухих сумішей і торкрет-фібробетонних складів уводити в них сталеві фібри необхідно поступово й безперервно.

Покриття з торкрет-фібробетону наносять традиційним способом – сухим або мокрим методами, використовуючи наявне обладнання, до якого додають технологічні вузли, призначені для дозування маси сталевих фібр.

Створюючи покриття з торкрет-фібробетону, беруть до уваги те, що значна частина сталевих фібр потрапляє в зовнішню частину повітряного потоку, більшість із них здуваються поблизу зони удару – незадовго до або після нього. До того ж у процесі проведення оціночних розрахунків необхідно брати до уваги те, що величина «відскоку» сумішей, армованих сталевими фібрами, нижча за значення, встановлене для неармованого торкрет-бетону.

Для отримання торкрет-фібробетонних покриттів використовують наявні торкрет-установки, вносячи необхідні корективи, щоб запобігти можливому закупорюванню фібрами окремих вузлів устаткування, зокрема:

- усувають із робочих органів установки колінчасті патрубки з вигином під кутом 90°;

- підбирають шланги (труби) з однаковим діаметром, ущільнюючи їх у місцях з'єднання, щоб забезпечити вільне транспортування по них суміші з фібрами;

- використовують шланги, внутрішній діаметр яких не менше ніж 50 мм. Діаметр шланга як мінімум у два рази повинен перевищувати довжину фібри.

5.6.3 Роздільне бетонування

Метод роздільного бетонування полягає в нарізному укладанні в опалубку великого заповнювача (щебеню), а потім цементно-піщаного розчину, який заповнює в ньому порожнини. Його застосовують під час зведення залізобетонних резервуарів, бетонування в умовах інтенсивного припливу ґрунтових вод, влаштування монолітних паль та інших заглиблених у ґрунт конструкцій, які важко вібрувати, і контролю якості укладеного бетону.

Роздільне бетонування може бути *гравітаційним* та *ін'єкційним*. У разі застосування першого розчин потрапляє у великий заповнювач під дією сил тяжіння, а при другому – під тиском, створюваним нагнітачами. Метод нагнітання розчину ефективніший і може бути застосований для бетонування тонкостінних конструкцій. Гравітаційне роздільне бетонування із заливанням розчину зверху застосовують під час бетонування конструкцій до 1,2 м заввишки, а якщо їхня висота більша – ін'єкційне, із нагнітанням розчину через труби-ін'єктори. У разі товщини конструкції понад один метр розчин нагнітають через сталеві труби, що встановлюють в опалубку, а якщо товщина менше одного метра – через бічні ін'єкційні отвори в опалубці. Для нагнітання розчину застосовують розчинонасоси.

Ін'єкційні труби з довжиною 1...2 м і діаметром 38...50 мм з'єднують за допомогою муфт. Під час піднімання рівня розчину ін'єкційні труби витягають, при цьому устя ін'єкційної труби має заглиблюватися в розчин. Для нагнітання

використовують розчин, приготовлений на звичайному або пластифікованому портландцементі.

Під час 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'єктування розчину.

На ефективність ін'єктування істотно впливає гранулометричний склад заповнювачів. Під час роздільного укладання бетону замість проблеми легкоукладуваності виникає проблема проходження великого заповнювача крізь цементно-піщаний розчин. Для забезпечення найкращого проходження великого заповнювача крізь розчин, підбираючи склад суміші, застосовують дві фракції заповнювача.

У процесі ін'єктування застосовувати вібрування заповнювача непрактично, оскільки ефект тиксотропії внаслідок зменшення порожнистості в накиді великого заповнювача зводиться нанівець.

У разі використання бетонних сумішей на поруватих заповнювачах, що відсмоктують із розчину вологу, заповнювач в опалубці необхідно рясно змочувати водою, щоб уникнути зменшення рухливості розчину і пробкоутворення. Під час бетонування тонкостінних конструкцій і нагнітання розчину через ін'єкційні отвори подавання розчину припиняють після того, як його рівень досягне чергового ярусу ін'єкційних отворів.

Тривалість бетонування ярусу не повинна перевищувати тривалості тужавіння цементу в розчині. Нагнітають розчин безперервно від низу до верху під тиском 0,15...0,2 Мпа, під час нагнітання труби піднімають. Перерви під час виконання робіт понад 20 хв не допускаються, оскільки може відбутися закупорювання ін'єкційних труб.

Метод роздільного бетонування порівняно з пошаровим укладанням суміші має деякі технологічні переваги: зменшується обсяг робіт зі змішування матеріалів; з'являється можливість використовувати великий заповнювач; бетонна суміш унаслідок роздільного перевезення заповнювача і розчинного складника не розшаровується; під час бетонування утворюється мінімальна кількість робочих швів тощо. Недоліком є необхідність застосовувати розчини з великим вмістом цементу.

Оцінюючи роздільне бетонування з економічного погляду, потрібно мати на увазі, що головним фактором, який визначає економічні показники, є вартість опалубки.

5.6.4 Підводне бетонування

Бетон, як будівельний матеріал, використовується для підводних робіт уже давно. Однак примітивність (без будь-яких допоміжних пристосувань) прийому занурення бетонної суміші, заготовленої на повітрі (сухий) або зачिनеної на воді, призвела до формування думки про його непридатність. Розпадаючись під час відсипання під воду, така бетонна маса була неоднорідною, шаруватою, крихкою і, як наслідок, не відповідала навіть наймінімальнішим технічним вимогам. Водночас застосовувати підводне

бетонування, якщо роботи проводяться на повітрі і при цьому використовується водовідлив, технічно складно або неекономічно.

Проблема підводного бетонування протягом тривалого періоду не розглядалася. Дослідження щодо отримання доброякісного підводного бетону, які проводилися, призвели до появи великої кількості прийомів і методів підводного бетонування. Не всі вони рівноцінні, але яскраво характеризують процес розвитку і вдосконалення методів такого бетонування.

Діапазон застосування цього різновиду будівельних технологій у наш час досить широкий: його використовують під час зведення фундаментів гідротехнічних та інженерних споруд, опор мостів, влаштування фундаментів цивільних будівель (за наявності рясних ґрунтових вод), для ремонту підводних частин споруд, закладання глибоких і широких тріщин, щілин у бетоні під водою і навіть пробоїн у корпусах суден, які зазнали аварії (рис. 5.14).

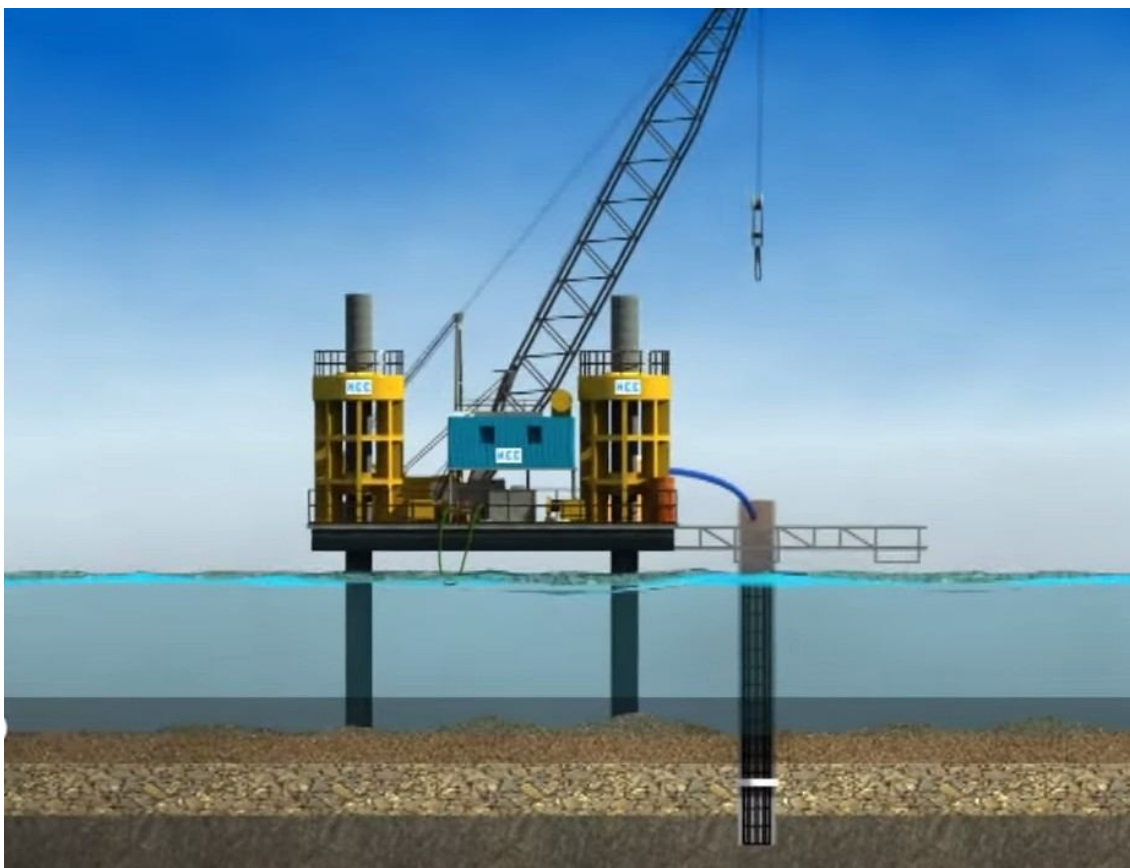


Рисунок 5.14 – Підводне бетонування

Чинними державними будівельними нормами передбачено застосування таких методів підводного бетонування:

- за допомогою баддів або саморозкривних ящиків (кюбеля);
- укладання бетонної суміші в закритих мішках;
- відвалювання бетонної суміші від берега і утрамбовування її на малих глибинах;
- за допомогою стаціонарних вертикально переміщуваних труб (ВПТ);
- за допомогою методу «висхідного розчину» (ВР) і шляхом використання ін'єкційних методів.

Незважаючи на позитивні результати підводного бетонування побутує думка про те, що в значущих гідротехнічних та інженерних спорудах використовувати підводне бетонування ризиковано, оскільки візуально перевірити правильність виконання робіт неможливо. Ці міркування мали підстави 15...20 років тому, а в наш час вони значною мірою хибні: наявність підводних телевізійних установок, обладнаних приймальним і передавальним пристроями і служби легких водолазів-аквалангістів дають змогу не тільки успішно обстежити підводні частини споруд, а й спостерігати за процесом підводного бетонування. Зокрема, за допомогою телевізійної камери можна стежити за розтіканням бетонної або розчинної суміші через заклені отвори, зроблені на різній висоті в обгородженні (опалубці) бетонованого масиву.

Відсипання бетону з баддів і саморозкривних ящиків (кюбеля). Цей метод досить успішно використовують уже давно і в нас, і за кордоном, а сутність його пояснюється самою назвою.

ДБН пропонують використовувати для такого бетонування бадді або кюбелі без щілин, із щільними та денними закривками, які легко відчиняються. Ці кюбелі можуть бути різними за конструкцією, зокрема й грейферного типу, а також різні за обсягом ($0,1...4,0 \text{ м}^3$) залежно від розмірів бетонованих масивів, продуктивності й потужності підйимального обладнання, в якості якого можуть бути використані крани й лебідки, що розміщуються на котючих візках або плавких засобах.

Кюбелі заповнюють бетонною сумішшю на всю висоту, а занурювати їх у воду потрібно повільно й без ривків.

Під час посадки кюбеля на місце укладання його необхідно дещо заглибити (на 5...10 см) в раніше укладену масу й цим зменшити вплив води на розвантажувану з кюбеля нову порцію бетонної суміші. У початковий момент бетонування кюбель необхідно розташовувати в найнижчих місцях основи, насамперед заповнюючи западини.

Розкривати закривку можна тільки після щільного посадки кюбеля; розвантажувати його у висному стані або шляхом перекидання, щоб уникнути розшарування або розпаду суміші, категорично забороняється; після розвантаження кюбель витягують з води так само повільно, щоб не створювати завихрень над вилитою бетонною сумішшю.

Застосовується бетонна суміш із пластичною консистенцією із осіданням конуса 5...10 см. Інтенсивність бетонування під час такого укладання повинна забезпечуватися перекриттям у блоці кожним новим шаром попереднього – до початку зчеплення в ньому цементу.

Бетонувати цим методом можна під час зведення конструкцій, що працюють переважно на вертикальне навантаження і обгороджених постійними жорсткими стінками або заглиблених у нерозмивний ґрунт.

Бетонування за допомогою саморозкривних ящиків зазвичай використовують у разі великої глибини води (зокрема на глибині понад 20 м), коли інші методи використовувати складно, а іноді й неможливо. Його перевагою є те, що роботи можна проводити, не влаштовуючи риштування й використовуючи

звичайне кранове обладнання для палублення й встановлення арматури; іншою перевагою є забезпечення укладання бетонної суміші на нерівну основу з великими заглибинами й виступами. Не можна лише забувати, що перший шар бетонної суміші, який найбільше піддається розмиванню водою, необхідно укладати з підвищенням на 15...20 % щодо звичайної витрати цементу; втім, це зауваження стосується всіх прийомів підводного бетонування взагалі.

Недоліками методу є часткове розмивання бетонної суміші з поверхні в момент її випускання з бадді; деяка шаруватість мурування, обумовлена опісненням поверхневих шарів, схильних до розмивання; необхідність постійно задіювати водолазів для забезпечення належної якості підводного укладання бетону (видалення шламу, розрівнювання бетонної суміші тощо).

Укладання бетону під воду в закритих мішках. Цей різновид підводного бетонування проводять так: наповнені приготовленою на повітрі бетонною сумішшю мішки занурюють у воду і укладають широкою постіллю на дно котловану, якомога щільніше підганяючи їх один до одного і перев'язуючи шви. Роботи зазвичай виконують водолази.

Мішки виготовляють із міцної тканини; категорично забороняється застосовувати паперові, оскільки вони можуть розмокнути й розірватися у воді. Останнім часом за кордоном для їхнього виготовлення почали використовувати нейлон, як надзвичайно міцний і еластичний матеріал.

Щоб водолази могли укладати їх вручну, використовують мішки ємністю 40...50 л. Для гарантування максимальної щільності укладання їх заповнюють сумішшю на дві третини обсягу. Завантажувати сухою сумішшю забороняється. Рекомендовано мати певний запас мішків малого обсягу – 5...7 л.

Вивантажувати масу з мішків під водою неприпустимо, щоб уникнути вимивання цементу і, отже, зниження міцності самого бетону. Кожен завантажений мішок до спускання його у воду необхідно міцно зав'язати, щоб під час виконання робіт він випадково не розкрився.

Проводячи бетонування поблизу берега, мішки з сумішшю транспортують у вагонетках вузькоколієюю й опускають у воду з берега за допомогою пересувного крана або зі спеціально побудованої легкої естакади. Далеко від берега готують суміш і наповнюють мішки на баржі, а під воду їх опускають за допомогою лебідок, укладаючи мішки в кошики, у брезент або на майданчики. На невеликій глибині їх подають водолазам по одному на канаті або похилими лотками.

Склад бетону і витрати цементу на 1 м³ такого укладання для кожного випадку визначають окремо, до того ж як в'язуче можуть бути застосовані найрізноманітніші сорти цементів, включаючи й цементи низьких марок, оскільки цей метод використовується головно для зведення тимчасових або малозначущих підводних конструкцій невеликої міцності. Бетонну суміш потрібно застосовувати одразу після приготування.

Розміри великого заповнювача (щебеню або гравію) ті самі, що й для бетону, який укладають на повітрі. Рухливість бетонної суміші обирається в межах 5...7 см осідання конуса.

Глибинне бетонування цим методом не обмежується, але укласти бетон під водою в мішках найдоцільніше, тому цей метод застосовують для виконання таких робіт: вирівнювання скельної основи споруд; забезпечення ущільнення по контуру опалубки в місцях її прилягання до подошви основи споруди; заповнення пазух і тимчасового (на 2...3 роки) закладання проломів, що утворилися внаслідок розмивання або часткового руйнування конструкцій.

Відвалювання бетонної суміші від берега і утрамбовування її на малих глибинах. Укладання методом трамбування полягає в подаванні готової бетонної суміші на раніше покладений і виступаючий з води «острівець» з поступовим витісненням зовнішньої укосини цього острівця за допомогою утрамбовування зверху нових порцій суміші. Суміш повинна мати пластичну консистенцію із осіданням конуса 5...10 см.

Попереднє відсипання бетонного острівця, що виступає з води, проводять за допомогою труби або спеціально пристосованої бадді, подальше подавання й утрамбовування бетонної суміші виконують, дотримуючись таких умов:

- не допускається її перевалювання у воду зверху на укосину;
- суміш подають рівномірно й послідовно з такою інтенсивністю, щоб не зачіпати зону бетону, що твердне, і щоб нові порції бетону не стикалися з водою; її утрамбовують у покладену раніше, не доходячи 20 см до рівня води;
- утрамбовування поєднують з внутрішньою вібрацією, обмежуючи наближення вібраторів до зовнішньої укосини острівця на відстань, за якої не каламутиться цементне молочко;
- надійно захищають від механічних пошкоджень і розмивання хвилями поверхні свіжого бетонного мурування, що розташовується вище рівня води, до моменту її затвердіння;
- транспортують бетонну суміш до місця укладання так, щоб не порушувалась якість щойно покладеного мурування.

Інтенсивність подавання бетонної суміші витримується по всьому контуру укосини, повернутої до води, такою, щоб не відбувалося зчеплення цементу в зоні утрамбовування не менше 1 м завширшки, від основи й бровки укосини.

Цей метод рекомендується використовувати для неармованих споруд або їхніх елементів на глибині не більше ніж 1,5 м. Він застосовується здебільшого для влаштування підводних основ на кам'янистій міліні берега, бетонних ростверків на дерев'яних палях та в інших аналогічних конструкціях, а також у разі відновлення гідротехнічних споруд на мілководді.

Позитивними у цьому методі є простота робіт і непотрібність використання складного спеціального обладнання й риштування; споруди не потрібно розбивати на блоки, якщо це не обумовлено іншими спеціальними потребами; великим є рівень продуктивності і невисокою вартість робіт порівняно з бетонуванням з кубеля.

Недоліками методу є неможливість виконувати роботи, якщо глибина води понад 1,5 м, тоді як під час бетонування із саморозкривних ящиків допустимою є глибина 1...75 м; часткове розмивання бетонної суміші по поверхні укосини; необхідність великих витрат робочої сили.

Під час бетонування методом утрамбовування застосовується трамбування звичайного типу, що використовується під час ручного ущільнення бетонної суміші малопластичної консистенції. Для подавання перших порцій суміші використовують труби з діаметром 20...25 см або кубелі невеликого обсягу. Можна також поєднувати ручне утрамбовування та вібрування, обмежуючи наближення вібраторів до зовнішньої укосини укладеної суміші на відстань, як передбачає практика, у два рази більшу за радіус їхньої дії.

Метод вертикального переміщення труби (ВПТ) полягає в тому, що бетонну суміш подають в опущені до самого низу майбутньої споруди труби. Метод ВПТ застосовують під час бетонування захищених від проточної води конструкцій на глибині 1,5...50 м, якщо необхідно забезпечити міцність і монолітність підводної споруди.

Бетонну суміш подають по сталевих безшовних трубах діаметром 200...300 мм, зібраних із ланок 1...1,2 м завдовжки, за допомогою швидкорознімних водонепроникних з'єднань. Біля верхньої ланки труби влаштовують воронку або бункер для завантаження бетонної суміші.

Із підвищенням рівня бетонування трубу за допомогою поліспасти і лебідки піднімають, а зайві ланки видаляють. Радіус дії труби не повинен перевищувати 6 м, а нижній кінець труби повинен бути постійно заглибленим у бетонну суміш не менше ніж на 0,8 м при глибині бетонування до 10 м і на 1,2 м – при великих глибинах. Щоб запобігти вимиванню укладуваної бетонної суміші, цементну і частково піщану ділянки бетонування захищають від надходження води шпунтовими огорожами або спеціально виготовленою опалубкою.

Під час підводного бетонування задані властивості укладуваної бетонної суміші не погіршуються, оскільки вона подається під шаром раніше укладеної суміші. Верхній шар після закінчення бетонування видаляють (не менше 10 см).

До бетонної суміші, що укладається методом ВПТ, висувають такі вимоги: застосовують бетон класу не нижче В25; осідання конуса повинно становити 6...10 см під час укладання з вібруванням і 16...20 см – без вібрування; готують суміш на гравії або гравії з 20...30 % щебеню; у суміш необхідно вводити пластифікувальні добавки. Метод ВПТ економічно доцільно застосовувати, якщо гранична глибина становить 50 м.

Метод висхідного розчину (ВР) може бути безнапірним і напірним. При безнапірному методі в бетонований блок встановлюють шахту з ґратчастими стінками, на всю глибину якої опускають сталеву трубу з діаметром 38...100 мм, зібрану з ланок до 1 м завдовжки з водонепроникними легкорознімними з'єднаннями. У запалублений простір відсипають кам'яний накид (із крупністю 150...400 мм для бутобетонного мурування і 40...150 мм – для бетонного), порожнини якого заповнюють розчином, що подається через трубу. У разі використання бутобетонного мурування кам'яний накид заливають цементним розчином зі складом 1:1 та 1:2, а при бетонному – цементним тістом. Цементний розчин і цементне тісто, що подаються в шахту через трубу, повинні вільно розтікатися і огортати заповнювач, тому для приготування розчину застосовують дрібні піски із крупністю зерен не більше 2,5 мм і

вмістом не менше як 50 % часток, розмір яких становить не більше 0,6 мм. Рухливість розчину має бути 12...15 см по конусу. Радіус дії кожної труби – 2...3 м. Заглиблювати труби в розчин, що укладається, необхідно на глибину не менше ніж 0,8 м. Із підвищенням рівня укладального розчину труби піднімають, демонтуючи їхні верхні ланки. Рівень розчину доводять на висоту, що на 100...200 мм вище проектної позначки. Коли міцність мурування досягне 2...2,5 МПа, надлишок розчину видаляють.

У разі застосування напірного методу заливальні труби встановлюють у кам'яний або щебневий заповнювач без шахт і через них нагнітають (ін'єктують) під тиском цементний розчин (тісто). Метод ВР застосовують під час укладання бетонної суміші на глибинах до 20 м.

5.7 Розпалублення й виправлення дефектів бетонування

Відповідно до нормативних документів, під час догляду за укладеним бетоном у початковий період його тверднення необхідно підтримувати сприятливий температурно-вологісний режим, запобігати значному температурно-зсідальному деформуванню і оберігати від механічних пошкоджень.

Заходи щодо витримування й догляду за бетоном передбачають у проекті виконання робіт. У літній період поверхню свіжоукладеного бетону захищають від впливу прямих сонячних променів і вітру.

Цього досягають шляхом укриття бетонної поверхні брезентом або мішковиною, які забезпечують підтримання вологого стану. У разі якщо брезенту або мішковини немає, поверхню бетону закривають шаром вологої тирси, яку укладають через 3...4 год після укладання бетонної суміші і поливають розсіяним струменем води з розпилювача до 5 разів на день. Догляд продовжують протягом 7...14 днів залежно від погоди й різновиду використовуваного цементу до набуття бетоном міцності 50...70 %.

В осінній та весняний періоди, якщо температура повітря +5 °С і нижче, на будівельному майданчику влаштовують склад матеріалів для утеплення відкритих поверхонь бетону. Час витримування укритего бетону призначають, урахувавши зростання міцності укладеного бетону, яку визначають у будівельній лабораторії за результатами випробувань контрольних зразків.

Рух людей по забетонованих конструкціях, а також встановлення на них риштування й опалубки для зведення верхніх конструкцій допускається тоді, коли міцність бетону буде не нижче 0,15 МПа.

Розпалублюють конструкції після набуття бетоном міцності, що забезпечує збереження кутів, крайків і поверхонь. Терміни розпалублення обумовлюються режимом тверднення і маркою бетону, різновидом цементу й конструктивними особливостями елементів.

Мінімальна міцність бетону незавантажених монолітних конструкцій під час розпалублення поверхонь має бути такою:

- вертикальних за умови збереження форми – 0,2...0,3 МПа;
- горизонтальних і похилих, якщо прогон до 6 м – 70 % проектної, понад 6 м – 80 % проектної.

Мінімальна міцність бетону під час розпалублення завантажених конструкцій визначається ПВР і узгоджується з проектною організацією. За наявності несучих зварних армокаркасів опалубку знімають, коли бетон набуде 25 % проектної міцності (рис. 5.15).



Рисунок 5.15 – Розпалублення монолітних фундаментів

Під час розпалублення міжповерхових перекриттів під балками, прогонами й плитами на відстані не більше ніж 3 м одна від одної залишають так звані стояки безпеки. Опорні стояки нижчих перекриттів видаляють після того, як бетон перекриття, що зводиться, набуде проектної міцності.

Послідовність розпалублення зазвичай зворотна палубленню, за винятком випадків, спеціально обумовлених у технологічних картах і проектах виконання робіт. Перед повторним використанням елементи опалубки очищають від бетону, оглядають і ремонтують. Формувальні поверхні щитів змащують.

Після розпалублення із залізобетонних конструкцій часто виявляються дефекти бетонування. Вони виникають унаслідок застосування неякісних матеріалів, зношеної опалубки, порушення технології виконання бетонних робіт або недоліків конструктивних рішень. Наприклад, застосування опалубки, яка в процесі багаторазової оборотності поступово зношувалася і своєчасно не ремонтувалася, призводить до того, що під час бетонування через щілини і нещільності в ній інтенсивної вібрації впливає цементне молоко, унаслідок чого поверхня конструкції може стати гравелистою, а на ній утворяться раковини.

Після розпалублення виконавець робіт повинен ретельно оглянути стан відкритих поверхонь бетонних і залізобетонних конструкцій, перевірити

конструкції на наявність прихованих дефектів, простукавши їх звичайним молотком. Встановлені дефекти усувають.

Дефекти в бетоні конструкцій поділяють на дві групи. До першої групи належать гравелиста в окремих місцях поверхня бетону, неглибокі раковини, незначні нерівності й напливи. виправлення цих дефектів не передбачає розроблення спеціальних заходів, не пов'язане воно й зі значними витратами праці та матеріальних засобів.

До другої групи – глибокі й наскрізні раковини, порожнини, тріщини, відхилення від проектних розмірів тощо. Ці дефекти виправляють тільки після ретельного огляду конструкції і, здебільшого, після узгодження методу усунення дефектів з проектною організацією.

Гравелисту поверхню бетону очищають металевими щітками, промивають струменем води, а потім тинькують цементно-піщаним розчином складу 1:2...1:3 (за обсягом) портландцементу марки 400...500. Неглибокі раковини очищують від нещільного бетону зубилом і металевою щіткою, промивають водою і закладають розчином, торкретують або зачеканюють жорстким розчином. Напливи на бетонній поверхні видаляють одразу після розпалублювання, поки бетон ще не набув проектної міцності, для чого застосовують кельми, молотки-кирочки, зубила, відбійні молотки й шліфувальні круги.

Найпоширенішими дефектами залізобетонних конструкцій є раковини, які утворюються внаслідок скидання бетону в опалубку з великої висоти, недостатнє ущільнення, застосування жорсткої бетонної суміші, як результат тривалого транспортування, під час якого бетонна суміш розшарувалася й почала зчеплюватися. Найчастіше раковини з'являються в місцях найбільшої насиченості арматурою, важкодоступних та незручних для укладання й ущільнення бетону.

Під час обрання методу усунення раковин необхідно брати до уваги їхню кількість і розміри. У дуже завантажених колонах раковини послідовно розчищають, видаляючи ущільнений бетон з кожного боку колони, потім їх промивають водою і підготовлені поверхні бетонують.

Якщо під час перевірки виявлено наскрізні раковини, розчищення яких спричинить значне зниження несучої здатності навантажених колон, влаштовують залізобетонні обойми або накладки, нагнітаючи потім у в порожнини цементно-піщаний розчин через установлені задалегідь труби. На місці кожного дефекту рекомендується встановлювати не менше двох труб, по одній з яких під тиском подають розчин, а іншу використовують для продування раковин.

Досить поширеним і небезпечним для забезпечення несучої здатності залізобетонних конструкцій різновидом дефектів є порожнини. Вони зустрічаються дуже часто і з'являються здебільшого внаслідок непроходження бетону на цій ділянці. Порожнини досягають іноді таких розмірів, що повністю оголюється арматура, утворюються наскрізні розриви в конструкціях і порушується їхня монолітність.

Усувають такі дефекти так. Поверхню стиків очищають від пухкого старого бетону, після чого стики ретельно промивають водою. У місцях бетону-

вання влаштовують опалубку з карманами, яка має дещо виступати над верхнім стиком. Зашпаровують порожнини бетоном на дрібному щебені, застосовуючи ущільнення або вібрування (рис. 5.16). Для прискорення тверднення бетону в місцях зашпаровування рекомендується застосовувати електропрогрівання або влаштовувати тепляк, подаючи в нього гаряче повітря. У зимовий період для обігріву порожнин в конструкціях перед укладанням бетону і для його подальшого тверднення використовують установки інфрачервоного випромінювання.

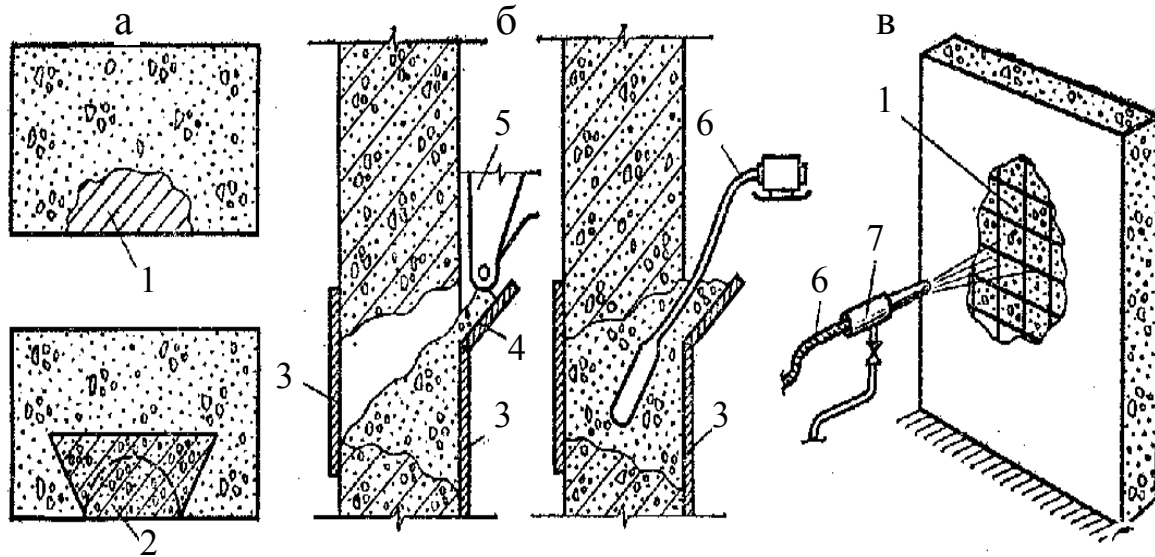


Рисунок 5.16 – Виправлення дефектів бетонування: а – у плитах; б, в – у стінах; 1 – раковини; 2 – вирубка за формою хвоста; 3 – опалубка; 4 – лоток; 5 – баддя; 6 – вібратор; 7 – сопло

Якщо виявлено тріщини, які утворилися внаслідок осідання, температурних напружень або різних деформацій, створюють комісію за участю представника проектної організації. У разі необхідності до участі в роботі комісії запрошують досвідчених фахівців науково-дослідних інститутів. У процесі обстеження комісія повинна встановити причини появи тріщин, позначити їх на конструкції, виміряти величину їхнього розкриття і забезпечити спостереження за їхнім станом.

Тріщини, які було стабілізовано, залежно від величини їхнього розкриття закладають з поверхні цементним розчином, застосовуючи набризк або тиск. Усі виконані роботи щодо виправлення дефектів у бетонних і залізобетонних конструкціях оформляються спеціальним актом.

5.8 Контроль якості бетонних робіт

На будівельному майданчику контролюють, насамперед, неухильне виконання вимог проекту, а також Державних будівельних норм під час виконання бетонних робіт.

Здійснюють такі різновиди контролю:

– контроль за відповідністю проекту точності опалублення, встановлення арматури й закладних деталей, за необхідності із застосуванням геодезійних приладів;

- контроль якості бетонної суміші, а також міцності бетону в процесі бетонування шляхом випробування контрольних зразків;
- контроль за дотриманням правил бетонування, а також точності зведення будівель і споруд, за необхідності із застосуванням засобів геодезійного інструментального контролю;
- контроль міцності бетону в готових конструкціях (за необхідності).

За призначенням виокремлюють на вхідний, операційний і приймальний контроль. Вхідний контроль полягає в перевірці якості надхідних матеріалів, напівфабрикатів і виробів; операційний контроль – у змінюванні й коригуванні параметрів технологічного процесу, а також спостереженні за забезпеченням якості продукції в процесі будівництва.

Вимоги до якості бетонної суміші. Бетонні суміші необхідно готувати за технологічним регламентом, затвердженим в установленому порядку.

Кожна партія бетонної суміші, яку відправляють споживачеві, повинна супроводжуватися документом про якість, у якому потрібно вказати:

- виробника, дату й час відправлення бетонної суміші;
- різновид бетонної суміші і її умовне позначення;
- номер складу бетонної суміші, клас або марку бетону за міцністю на стиск у проектному віці, те саме за міцністю на розтяг під час згинання;
- коефіцієнт варіації міцності бетону, його необхідна міцність, проектну марку за середньою густиною (для легких бетонів);
- різновид і обсяг добавок; найбільшу крупність заповнювача, легкоукладальність бетонної суміші у місця укладання;
- номер супровідного документа, гарантії виробника;
- інші показники (за необхідності).

Про результати випробувань контрольних зразків бетону в проектному або іншому необхідному періоді виготовлювач зобов'язаний повідомити споживача на його вимогу не пізніше ніж через 3 доби після проведення випробувань. Споживач має право вимагати проведення контрольної перевірки якості бетонної суміші й бетону.

Готові бетонні суміші мають доставлятися споживачеві спеціалізованими різновидами транспорту відповідно до ПВР. Застосовувані способи транспортування бетонної суміші повинні унеможливити потрапляння в суміш атмосферних опадів, порушення однорідності, втрати цементного розчину, а також убезпечити суміш під час перевезення від шкідливого впливу вітру й сонячних променів.

Під час проведення вхідного контролю бетонної суміші на будівельному майданчику потрібно перевірити наявність паспорта на бетонну суміш і необхідних в ньому даних; шляхом зовнішнього огляду переконатися у відсутності ознак розшарування бетонної суміші, у наявності в бетонній суміші необхідних фракцій великого заповнювача відповідно до її заданої пластичності; у разі виникнення сумнівів щодо якості бетонної суміші вимагати контрольної перевірки її відповідності вимогам ДБН та проекту.

Технологічні вимоги. Транспортувати й подавати бетонні суміші необхідно за допомогою спеціальних засобів, що забезпечують збереження заданих властивостей бетонної суміші. Забороняється додавати воду на місці укладання бетонної суміші для компенсування її рухливості.

До початку бетонуванням скельні основи, горизонтальні й похилі бетонні поверхні робочих швів необхідно очистити від сміття, бруду, масел, снігу й льоду, цементної плівки. Безпосередньо перед укладанням бетонної суміші очищені поверхні потрібно промити водою й просушити струменем повітря.

Усі конструкції і їхні елементи, що закриваються в процесі подальшого виконання робіт (підготовлені основи конструкцій, арматура, закладні вироби та інше, а також правильність палублення й підтримувальних елементів), мають бути такими, як визначено в нормативних документах.

Бетонні суміші потрібно укладати в бетоновані конструкції горизонтальними шарами однакової товщини без розривів, напрям укладання має бути послідовним, в один бік у всіх шарах.

Під час ущільнення бетонної суміші не можна обпірати вібратори на арматуру й закладні вироби, тяжі та інші елементи кріплення опалубки. Глибина занурення глибинного вібратора в бетонну суміш повинна забезпечувати його поглиблення в раніше укладений шар на 5...10 см. Крок переставлення глибинних вібраторів не повинен перевищувати полуторного радіуса їхньої дії, поверхневих вібраторів – забезпечувати перекриття на 100 мм майданчиком вібратора межі вже провіброваної ділянки.

Наступний шар бетонної суміші допускається укладати до початку зчеплення бетону попереднього шару. Тривалість перерви між укладанням суміжних шарів бетонної суміші без утворення робочого шва встановлюється будівельною лабораторією. Верхній рівень укладеної бетонної суміші повинен розміщуватися на 50...70 мм нижче верху щитів опалубки.

Поверхня робочих швів, що влаштовуються під час укладання бетонної суміші з перервами, має бути перпендикулярною до осі бетонованих колон, балок, поверхні плит і стін. Відновлювати бетонування допускається після досягнення бетоном міцності не менше 1,5 МПа.

Робочі шви влаштовують під час бетонування:

- колон – на позначці верху фундаменту, низу прогонів, балок і підкранових консолей, верху підкранових балок, низу капітелей колон;
- балок великих розмірів, монолітно сполучених з плитами, – на 20...30 мм нижче позначки нижньої поверхні плити, а в разі наявності в плиті вутів – на позначці низу вута;
- плоских плит – у будь-якому місці паралельно до меншого боку плити;
- ребристих перекриттів – у напрямі, паралельному до другорядних балок;
- окремих балок – у межах середньої третини їхнього прогону, у напрямі, паралельному до головних балок (прогонів), у межах двох середніх чвертей прогонів і плит.

Операційний контроль у процесі виконання робіт здійснюють майстер (виконроб), інженер відділу якості, геодезист.

Приймальний контроль – працівники відділу контролю якості, майстер (виконроб), геодезист, представник технагляду замовника.

Якість зведення монолітних конструкцій за допомогою автобетононасосів визначають за такими показниками: виконання вимог до якості бетонних сумішей, що перекачуються по трубах; організація робіт на будівельному майданчику із застосуванням атобетононасосів; дотримання технологічного регламенту використання бетононасоса.

Бетонні суміші для важких бетонів марок за легкоукладальністю ПЗ (10...15 см) необхідно готувати з обов'язковим застосуванням пластифікувальних добавок і без збільшення витрат цементу; бетонні суміші, марка за легкоукладальністю яких П4 (16 і більше сантиметрів) – із застосуванням пластифікувальних добавок із підвищеним дозуванням або добавок суперпластифікаторів.

Найбільша крупність заповнювачів бетонних сумішей, які необхідно перекачувати бетононасосом, не повинна перевищувати 33 % внутрішнього діаметра трубопроводу, зокрема зерна найбільшого розміру лещадної й кутастої форм не повинні бути більшими 15 % за масою. Вміст піску в бетонній суміші із крупністю менше ніж 0,14 мм має перебувати в межах 5...7 %, а з розміром менше ніж 0,3 мм – 15...20 %.

Рухливість готової бетонної суміші, призначеної для перевезення автобетонозмішувачами, необхідно призначати, беручи до уваги її змінювання під час перевезення на задану відстань:

- за дальності перевезення до 15 км (час доставляння від 15 до 20 хв) в автобетонозмішувач завантажують бетонну суміш заданої консистенції;
- за дальності перевезення від 15 до 30 км в автобетонозмішувач завантажують жорстку суміш (осідання конуса 2...3 см); заданої консистенції досягають під час перевезення, додаючи воду з бака автобетонозмішувача;
- за дальності перевезення понад 30 км в автобетонозмішувач завантажують суху бетонну суміш.

Під час проведення вхідного контролю бетонної суміші на будівельному майданчику необхідно перевірити: наявність паспорта на бетонну суміш і необхідних у ньому даних; відсутність ознак розшарування суміші (шляхом зовнішнього огляду); відповідність пластичності бетонної суміші вимогам проекту виконання бетонних робіт; відсутність у суміші щебеню із крупністю понад 33 % внутрішнього діаметра трубопроводу.

Бетонувати монолітні конструкції необхідно по захваткам у порядку, зазначеному на схемах виконання робіт. Розташування захваток визначають за умовою змінної (добової) експлуатаційної продуктивності автобетононасоса, а також залежно від схеми руху навколо будівлі.

Відповідно до відстані до місця укладання бетону по вертикалі й горизонталі застосовують різне поєднання бетонопровода, розподільної стріли автобетононасоса й стаціонарного бетонопровода.

Установлювати автобетононасос на будівельному майданчику потрібно так, щоб забезпечити достатність простору маневрування автобетонозмішувачів

і хороші умови для огляду робочої зони. Автобетононасос має бути обладнаний двома автобетонозмішувачами, щоб забезпечити безперебійність його роботи. Автобетононасос встановлюють на виносні опори, щоб його положення під час роботи було стійким.

Експлуатують бетононасос в ручному та автоматичному режимах. Ручний режим застосовується під час підготування насоса до роботи, пуску, укладання в опалубку невеликих обсягів бетону, промивання бетоноводів після закінчення роботи. Автоматичний режим застосовується у разі великих обсягів бетонування. Під час вимушених перерв у роботі автобетононасоса в завантажувальному бункері повинно залишатися 0,1...0,2 м³ бетонної суміші для періодичного ввімкнення насоса під час роботи «на себе», що уможливить збільшення допустимого часу перерв під час подавання бетонної суміші.

Операційний контроль у процесі виконання робіт здійснюють майстер (виконроб), інженер відділу якості, геодезист.

Приймальний контроль – працівники відділу контролю якості, майстер (виконроб), геодезист, представник технагляду замовника.

Перед завантаженням бетону в автобетононасос через бетонопровід необхідно пропустити «пускову суміш», обсяг якої обумовлюється довжиною бетонопроводу й рухливістю бетонної суміші.

У середньому на кожний погонний метр бетонопроводу потрібно: 0,006 м³ – для бетонопроводу з діаметром 150 мм; 0,005 м³ – для бетонопроводу з діаметром 125 мм; 0,004 м³ – для бетонопроводу з діаметром 100 мм. Фактичний обсяг розчину, необхідний для змащення бетонопроводу залежно від його довжини, діаметра й розташування (вертикальне, похиле, горизонтальне), а також від рухливості бетонної суміші, уточнюють дослідним шляхом. Відповідно до обсягу розчину його можна приготувати в автобетонозмішувачі, у бункері автобетононасоса або вручну. «Пускову суміш» готують із цементу й води (тістоподібної консистенції) або цементно-піщаного розчину (складу 1:1; 1:2) із рухливістю від 6 до 8 см.

Приймальний бункер автобетононасоса має бути постійно заповнений бетонною сумішшю, щоб запобігти всмоктуванню повітря й утворенню в бетоноводі повітряних пробок. Оптимальним є заповнення бункера на рівень нижче верхньої межі на 0,15 м.

Протягом зміни необхідно забезпечити безперервне перекачування бетонної суміші. Випадкові або організаційні перерви в роботі автобетононасоса (наприклад, демонтаж ланки бетонопроводу) не повинні перевищувати 15...20 хв. У разі триваліших перерв, що наближаються до термінів зчеплення цементу (визначається будівельною лабораторією), бетонну суміш потрібно перекачувати по замкнутому контуру системи бетононасос-бетонопровід на стрілі. До того ж гнучкий шланг на кінці бетонопроводу стріли необхідно прикріпити до приймальної воронки автобетононасоса.

Про будь-які відхилення якісних характеристик бетонних сумішей від заданих необхідно негайно повідомляти на бетонний завод.

Бетонувати малоармовані масивні конструкції (окремі фундаменти, фундаментні плити значної висоти тощо) потрібно при максимальній продуктивності бетононасоса. У густоармованих, особливо тонкостінних конструкціях, у яких й оброблення поверхні забетонованої конструкції необхідно виконувати ретельніше, бетонування потрібно здійснювати при мінімальній продуктивності автобетононасоса.

Завершальний етап перевіряння виконання бетонних і залізобетонних робіт – контроль уже готових конструкцій. Допустимі відхилення в окремих елементах конструкцій не повинні перевищувати певних значень.

У процесі приймання якість бетону конструкцій перевіряють шляхом зовнішнього огляду їх поверхонь і простукування бетону, а в сумнівних випадках – додаткових лабораторних випробувань і пробних навантажень.

Одночасно з визначенням міцності бетону за допомогою геодезійних інструментів виконують обмірювання конструкцій і споруди загалом щодо відповідності запроектованому положенню (горизонтальність, вертикальність, розташування осей).

На підставі даних перевірки складаються виконавчі схеми (порусні, поверхові). До здавання конструкцій, виконаних з бетону та залізобетону, виконавець робіт повинен підготувати такі документи: робочі креслення, у яких зазначені зміни, допущені в процесі будівництва, або виконавчі креслення (у разі значних змін); документи, що свідчать про своєчасність узгодження змін в установленому порядку; акти на приховані роботи; журнал виконання робіт; дані випробувань контрольних зразків бетону; акти приймання зварних арматурних сіток і каркасів.

Якщо на певному об'єкті виконувалися спеціальні роботи щодо усунення дефектів або посилення бетонних конструкцій, додатково подають креслення посилення, розроблені проектною організацією, що здійснює авторський нагляд, акти про виконання зазначених вище робіт і результати контрольних випробувань зразків бетону, застосовуваного для посилення цих конструкцій.

Висновки

У монолітному будівництві оптимальнішим і перспективним є створення різноманітних опалубних систем, які передбачають широкий вибір модульних уніфікованих розмірів великощитових, блоково-щитових і об'ємно-переставних опалубок для бетонування внутрішніх і зовнішніх стін, внутрішніх стін і перекриттів, колон тощо. Це забезпечує широкі можливості для роботи архітекторів і одночасно спрощує вирішення проблеми централізації та спеціалізації заводів із виготовлення опалубок і збірних залізобетонних елементів, підвищує рівень індустріалізації монолітного домобудівництва.

Сучасні тенденції розвитку опалубних робіт характеризуються універсалізацією опалубок усіх різновидів будівництва, їхньою типізацією, індустріалізацією виготовлення, збільшенням оборотності, створенням можливостей для

активного впливу на суміш через опалубку, зниженням трудомісткості робіт і проведення їх за будь-яких погодних умов.

Удосконалення організації арматурних робіт відбувається за трьома напрямками:

- розвиток заводських централізованих поставок товарної арматури;
- застосування пересувних арматурних майстерень;
- удосконалення технологій із застосуванням малої механізації будівельних робіт.

Ефективним способом вирішення сучасної технології бетонування монолітних будівель є застосування бетоноукладального комплексу. До складу комплексу належать автоматизовані бетонозмішувальні установки, автобетонозмішувачі, бетононасосні установки й автономні розподільні стріли. Застосування бетоноукладального комплексу забезпечить досягнення повної механізації під час виконання процесів приготування, доставляння та укладання бетонних сумішей. До того ж використання суперпластифікаторів у бетонній суміші дає змогу укладати їх без віброущільнення.

Широке застосування в монолітному будівництві методу торкретування забезпечує зниження витрат бетону, архітектурну виразність будівель і прискорює розвиток індустріального домобудівництва.

Щоб забезпечити раціональну організацію будівництва монолітних будівель, створюють приоб'єктні полігони й бази монолітного будівництва.

6 ВИКОНАННЯ БЕТОННИХ РОБІТ ЗА НЕГАТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР

6.1 Загальні положення

Зі зниженням температури (негативної) відсотковий вміст льоду в цементному камені, що твердне, збільшується, а рідини – зменшується. У цей момент у бетоні відбуваються структурні зміни, насамперед унаслідок збільшення обсягу води, що перетворюється на лід. Замерзаючи в бетоні, обсяг води збільшується приблизно на 9 %, а отже виникає внутрішньопоровий тиск. Цементний камінь у процесі формування міцної кристалізаційної структури набуває здатності чинити опір цьому тискові. Тверда фаза новоутворень збільшується, а рідка, відповідно, зменшується. Формувальна структура новоутворень зберігається, оскільки цьому сприяють контракційні пори в гелях, які спричиняють деформації не розширення, а стиснення.

Високих фізико-механічних властивостей бетону можна досягти в тому разі, якщо навчитися керувати процесом структуроутворення бетону ще на стадії його тверднення. На процес формування структури на ранній стадії значно впливає об'ємне змінювання складників бетону під впливом чинників навколишнього середовища. Таке змінювання особливо помітне під час перепадів позитивних і негативних температур. Здебільшого ці змінювання відбуваються внаслідок розширення води замішування.

На ранній стадії тверднення бетону внаслідок розширення низки складників під час нагрівання й замерзання відбуваються деструктивні процеси. Висока температура теплового оброблення бетону призводить до збільшення внутрішньопорового тиску, спричиняючи виникнення в ньому напруги.

Таким чином, фізико-хімічні властивості бетону визначаються здебільшого будовою капілярно-пористої структури цементного каменю, утвореного в процесі його тверднення. На структуру бетону істотно впливають температура й вологісні умови тверднення. У процесі теплового оброблення бетонних виробів і конструкцій особливо важливо правильно обрати спосіб підведення тепла. Залежно від способу теплопідведення механізм тепло- й масоперенесення принципово різниться. У процесі розгляду закономірностей перенесення тепла й маси в матеріалі необхідно чітко розмежовувати дві області: тепло- й масообмін у тверднучому бетоні на стадії структуроутворення (від коагуляції до стабільної кристалізації) і перенесення тепла й маси в бетоні з такою структурою.

Відповідно до теорії тепло- й масообміну, волога в капілярно-пороватих тілах рухається в бік нижчої температури. Переміщуючись до охолодженої поверхні заповнювача бетону, вона спричиняє утворення макровкраплень льоду здебільшого за його периметром. У процесі утворення крижаних вкраплень волога переміщується з тепліших шарів у холодні, призводячи до збільшення обсягу вкраплень льоду. Залізобетонні вироби та конструкції остигають починаючи із зовнішніх шарів, поступово проходячи всередину.

У процесі замерзання бетону волога переміщується з тонких капілярів в утворені крижані вкраплення, обсяг яких збільшується. Після відтавання бетону в місцях крижаних вкраплень залишаються каверни, які порушують моноліт-

ність матеріалу, знижуючи його міцність і збільшуючи проникність. Отже, змінювання структури бетону під час замерзання обумовлюється не тільки температурними перепадами, а й внутрішнім масоперенесенням.

Проаналізуємо зміни, що відбуваються в конструкціях і виробих за негативних температур? Спочатку волога інтенсивно рухається до периферії з внутрішніх шарів, оскільки їхня температура вища за температуру зовнішніх шарів. Перенесення вологи в холодну зону призводить до утворення її надлишку, замерзаючи, вона переходить у твердий стан (лід). Коефіцієнт теплопровідності металу й заповнювача трохи вищий, ніж у цементного каменя, тому на поверхні утворюються крижані лінзи, які й спричиняють послаблення їхнього контакту.

З метою вивчення механізму замерзання й тверднення бетону за негативних температур досліджувалися гідратація й тверднення цементу, розчину та бетону при однакових негативних температурах. Було встановлено, що бетонні зразки, що витримувалися при температурі $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, набували до 63 % міцності порівняно з міцністю зразків, які витримували в звичайних умовах 28 діб. Міцність зразків, що витримувалися при температурі $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, становила 6...18 %, тоді як бетон, заморожений при температурі -10 і $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, практично ніякої міцності не набував.

Ці результати підтвердилися і під час дослідження цементу. Незначне збільшення міцності бетону забезпечується його попереднім витримуванням протягом 2...3 діб. Стан бетонних виробів і конструкцій, міцність яких порівняно з R28 становила 70 %, під час подальшого витримування при температурі $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ істотно не змінювався.

Бетонну суміш необхідно готувати в бетонозмішувальних установках, що обігриваються, застосовуючи підігріту воду, розморожені чи підігріті наповнювачі, що забезпечують отримання бетонної суміші, температура якої не нижча за необхідну розраховану. Допускається застосовувати невідігріті сухі наповнювачі, без криги на зернах і замерзлих грудок. До того ж тривалість перемішування бетонної суміші має бути збільшена не менше ніж на 25 % порівняно з літнім періодом.

Способи й засоби транспортування повинні забезпечувати запобігання зниженню температури бетонної суміші нижче за необхідну розраховану.

Стан основи, на яку вкладається бетонна суміш, а також температура основи і спосіб укладання повинні унеможливити замерзання суміші в зоні контакту з основою. У разі утримування бетону в конструкції за допомогою методу термоса (при попередньому розігріванні бетонної суміші), а також під час використання бетону з протиморозними добавками допускається укладання суміші на невідігріту невігнуту основу або старий бетон, якщо протягом розрахованого періоду витримування бетон у зоні контакту не замерзне. Якщо температура повітря нижче ніж $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, густо армовані конструкції із діаметром арматури понад 24 мм, з арматурою із жорстких прокатних профілів або з великими металевими закладними частинами бетонують, попередньо відігриваючи метал до позитивної температури або створюючи місцеву

вібрацію суміші в приарматурній і опалубній зонах, за винятком випадків укладання попередньо розігрітих бетонних сумішей (якщо температура суміші понад 45 °С). Тривалість вібрування бетонної суміші необхідно збільшити не менше ніж на 25 % порівняно з літнім періодом.

Під час бетонування елементів каркасних і рамних конструкцій у спорудах із жорстким з'єднанням вузлів (опор) необхідність влаштування розривів у прогонах залежно від температури теплового оброблення, з урахуванням виниклих температурних напружень, потрібно узгоджувати з проектною організацією. Непалублені поверхні конструкцій вкривають паро- й теплоізолювальними матеріалами безпосередньо після закінчення бетонування.

Випуски арматури забетонованих конструкцій укривають або утеплюють на висоту (довжину) не менше ніж 0,5 м. Перед укладанням бетонної (розчинної) суміші поверхні порожнин стиків збірних залізобетонних елементів очищують від снігу та криги.

Контроль міцності бетону здійснюють шляхом випробування зразків, виготовлених у місцях укладання бетонної суміші. Зразки, що зберігаються на морозі, перед випробуванням 2...4 год витримують при температурі 15...20 °С. Допускається контроль міцності проводити за температурою бетону в процесі його витримання.

Цілорічне проведення бетонних робіт, особливо при низьких температурах, має істотні відмінності. Якщо виготовлення бетонної продукції на заводах не обумовлюється сезонною температурою, то під час застосування монолітного бетону при температурах нижче ніж 5 °С у зв'язку з уповільненням тверднення та небезпекою руйнування «молодого» бетону необхідно проводити спеціальні заходи.

Під час зведення будинків у зимових умовах щодо тверднення бетону висуваються дві головні вимоги: бетон повинен набувати розпалубної міцності протягом оптимальних термінів і піддаватися впливу негативних температур лише після набуття ним стійкості до заморожування.

Під час перетворення води в лід її обсяг збільшується на 9 %. Якщо вода замерзає в порах бетону з дуже низькою міцністю, то внаслідок виникнення гідравлічного тиску відбувається часткове руйнування цементного каменю і порушується його зчеплюваність з заповнювачем, що призводить до втрати бетоном міцності. Отже, «молодий» бетон буде стійким до заморожування в тому разі, якщо він достатньо міцний, що уможливіє його раннє заморожування, а також навперемінне заморожування й відтавання без пошкодження текстури.

Варто чітко розрізняти стійкість до одноразового заморожування, стійкість до раннього заморожування, навперемінне заморожування й відтавання «молодого» бетону та морозостійкість. Бетон лише тоді вважається морозостійким, коли він здатний витримувати багато циклів заморожування й відтавання, не втрачаючи при цьому міцності. Отже, бетон у конструкціях, що відразу після розпалублення зазнають багато циклів заморожування-відтавання, уже під час розпалублення повинен мати міцність, що відповідає його марці. Для цього

його потрібно або довше витримувати в опалубці, або температура бетону має бути вищою, або витратити більше цементу.

У разі використання конструкцій, що зазнають розрахункових навантажень, відносна міцність бетону до моменту замерзання повинна становити не менше ніж 100 % міцності.

Якщо на бетон діють температури нижче 0 °С безпосередньо після розпалублення, то він повинен вже до цього моменту бути стійким до заморожування. Як засвідчують порівнювані показники необхідних розпалубних міцностей бетону і його міцності під час раннього заморожування, останні виявляються нижчими. Отже, стійкість до заморожування забезпечується під час розпалублення.

Особливе значення вона має для поверхонь, не укладених в опалубку. Під час зведення будівель необхідно пам'ятати, що саме ці поверхні, які надалі зазнають значного зношення, необхідно особливо ретельно захищати від холоду теплозахисними матеріалами (прошивними мінераловатними матами, пінопластом), до поки не буде досягнуто необхідної міцності під час заморожування.

Виконання бетонних робіт за умов негативних температур необхідно планувати на тривалий період і готуватися до цього заздалегідь, що передбачає додаткові витрати. Необхідної розпалубної міцності і міцності під час раннього заморожування бетону можна досягти так: змінюючи склад суміші; використовуючи метод «термоса»; застосовуючи прогрівання й добавки.

Якщо температура повітря нижче +5 °С, необхідно проводити додаткові заходи, щоб температура бетонної суміші під час зчеплення і тверднення була достатньо високою і щоб терміни її перебування в опалубці не були невинувато тривалими. У разі використання добавок температура бетонної суміші під час перероблення повинна бути не нижче ніж –5 °С. У разі, якщо позитивні значення температури повітря низькі, доцільно застосовувати цементи й суміші, які характеризуються підвищеним виділенням тепла. Якщо переважає температура до –3 °С, то компоненти суміші (води й наповнювачів або одного з них) потрібно буде нагрівати.

За більш низьких температур у кожному окремому випадку потрібно буде застосовувати особливі заходи, що гарантують наявність температури, необхідної для затвердіння бетону (метод «термоса», прогрівання). Можливе також використання безпідігрівальних методів тверднення бетону в зимовий період – із використанням протиморозних добавок.

Кожного разу необхідно вибрати метод, який є найдоцільнішим щодо технології й вартості. Перш ніж приймати рішення про застосування того чи іншого різновиду вартісних заходів, необхідно перевірити, чи не достатньо буде застосувати оброблення методом «термоса». Перевагою застосування добавок є те, що відпадає необхідність нагрівати бетон, з іншого боку, – збільшується термін перебування суміші в опалубці.

Бетонні та залізобетонні роботи в зимових умовах рекомендується проводити тільки за спеціально розробленими технологічними картами, у яких мають бути наведені такі показники:

- спосіб і температурно-вологісний режим витримування бетону;
- дані про матеріал опалубки з урахуванням необхідних теплоізолювальних показників;
- дані про теплоізолювальне укриття неопалублених поверхонь;
- схема розміщення точок, у яких потрібно вимірювати температуру бетону, і найменування приладів для її вимірювання;
- очікувані величини міцності бетону;
- терміни й порядок розпалублення та завантаження конструкції.

У разі застосування електротермооброблення бетону в технологічних картах додатково вказуються:

- схеми розміщення і підімкнення електродів або електронагрівачів;
- необхідна електрична потужність, напруга, сила струму;
- тип понижувального трансформатора, перетину й довжини проводів.

Під час вибору способу витримування бетону насамперед потрібно розглянути можливість використання методу «термоса» і методу «термоса» з добавками – прискорювачами тверднення.

Якщо за допомогою цього методу отримати необхідну міцність бетону в задані терміни неможливо, необхідно послідовно розглянути можливості застосування бетону з противоморозними добавками, способи електротермооброблення, обігріву гарячим повітрям, у тепляках.

У кожному окремому разі метод теплового впливу на бетон обирається згідно з економічними розрахунками, з урахуванням умов виконання робіт. Оптимальний режим витримування уточнюється будівельною лабораторією на дослідних зразках-кубах для певного складу бетону.

Вихідна температура бетонної суміші повинна бути тим вищою, чим нижча температура зовнішнього повітря, довший шлях транспортування бетонної суміші, триваліший період між приготуванням бетонної суміші й ущільненням її в опалубці, а також вживанням заходів щодо її захисту. Величина втрат тепла обумовлюється і ступенем ефективності захисту бетонної суміші на етапі транспортування, а також кількістю перевантажень бетонної суміші. Безпосередньо після бетонування температура бетонної суміші повинна становити не менше ніж 5 °С і бути не вищою за +40 °С.

Якщо температура зовнішнього повітря опускається нижче 0 °С, температуру бетонної суміші зазвичай необхідно підвищувати щонайменше на кількість градусів морозу (тобто +15 °С плюс кількість градусів морозу).

Щоб зниження температури бетонної суміші було мінімальним, переносити її в опалубку потрібно якомога швидше і застосовуючи мінімальну кількість робочих операцій. Бетонування із застосуванням бетононасосів забезпечує швидке подавання бетонної суміші в опалубку і тому є оптимальним способом укладання в зимових умовах. Бетонування насосом доцільно застосовувати для безперервного заповнення великих опалубних форм. Однак цей метод потребує попереднього підготування. Бетононасоси потрібно встановлювати в теплих приміщеннях. Під час морозів до –10 °С ланки бетонопроводів необхідно утеплювати мінераловатними шкаралупами. Якщо температури більш низькі,

магістральний бетонопровід прокладають в утепленому коробі. Перед початком робіт бетонопровід прогривають гострою парою або гарячою водою. Бетононасоси й бетонопроводи промивають гарячою водою.

Відкриті поверхні свіжоукладеного бетону відразу ж після закінчення бетонування вкривають гідроізолювальним рулонним матеріалом і шаром утеплювача, щоб забезпечити верхні шари бетону від раннього заморожування. Різновид теплового захисту бетонної плити і конструкція опалубних форм істотно впливають на розподіл температури бетону і на величину тепловтрат.

Під час вибору матеріалів і оснащення для влаштування теплозахисту бетонованих конструкцій та влаштування самого теплозахисту необхідно дотримуватися таких принципів:

- проведення теплозахисту необхідно планувати й готувати заздалегідь;
- матеріали та оснащення теплозахисних пристроїв за розмірами повинні бути такими, щоб забезпечити збирання суцільного теплозахисного пристрою, що вкриває всю бетонну конструкцію;
- тепловий захист виконується у вигляді великих суцільних поверхонь і споруджується на місці призначення в процесі виконання робіт; накладається безпосередньо на поверхню укладеного бетону; встановлюється на своє місце безпосередньо після завершення бетонувальних робіт;
- теплозахисні пристрої залишаються на своїх місцях до і після розпалублення.

Особливу увагу необхідно приділяти теплозахисту простору, що обігривається (камерного), у конструкції, яка бетонується. До того ж потрібно брати до уваги послаблювальний вплив вітру й потоків повітря на ефективність обігрівання. Під час вибору матеріалів і оснащення для влаштування теплозахисту простору, що обмежує бетоновану конструкцію, необхідно брати до уваги обставини:

- надійність кріплення теплозахисних пристроїв;
- герметичність теплового захисту після монтажу;
- забезпечення транспортного зв'язку з простором, що обігривається;
- пожежостійкість теплозахисних пристроїв.

Щоб поліпшити тепловий захист простору, що обігривається (камерного), необхідно застосовувати двошарові захисні покриття, подовження захисного покриття і його закріплення (наприклад до захисних поручнів), частіше й надійніше закріплення зачеплювальних пристроїв захисних покриттів.

У разі проектування виконання бетонних робіт у зимових умовах потрібно усвідомлювати, як буде впливати теплове оброблення на міцність бетону.

Мета теплового оброблення – прискорення ранньої міцності бетону. Якщо визначається мета – забезпечити однодобове обертання опалубки, то для набуття бетоном міцності, достатньої для розпалублення, температуру бетону необхідно підтримувати в межах +50 °С – +60 °С протягом 14...16 год. У разі підвищення температури тверднення бетону до значень понад +20 °С необхідно брати до уваги втрати міцності. На процес набуття бетоном міцності і на величину втрат міцності впливають тривалість початкового часу витримування,

швидкість підвищення температури бетону, максимальна температура, тривалість теплового оброблення, швидкість охолодження бетону, заходи щодо кінцевого догляду, а також якість бетонної суміші.

Зменшення водоцементного співвідношення призводить до зменшення втрат міцності бетону. Відомо, що під час тверднення бетону утворюється цементний гель. Цей процес відбувається тим швидше, чим менше води, тобто чим більший обсяг займає цемент в цементному тесті і чим швидше він реагує. Із цієї базової залежності випливають такі закономірності:

- при невеликих значеннях В/Ц цемент, а отже, і бетон, тверднуть швидше;
- за інших однакових умов (однакові значення В/Ц і той самий цемент) жорстка суміш з невеликим вмістом води твердне швидше, ніж суміш із високим вмістом води замішування.

Збільшення тривалості витримування бетонної суміші до її теплового оброблення знижує величину втрат міцності бетону і підвищує якість поверхні бетонної конструкції. На практиці тривалість початкового витримування до прогрівання в умовах будівельного майданчика зазвичай становить 1...3 год.

Неприпустимо проводити розпалублення, якщо різниця температур бетону і навколишнього середовища становить понад 40 °С.

Величина втрат міцності бетону для температурного інтервалу +20 °С...+40 °С встановлюються в межах 10...15 %, а для інтервалу +40 °С...+60 °С – 15...25 %. Втрати міцності бетону необхідно компенсувати так, щоб бетон незалежно від величини втрат набував проектної міцності. Отже, це означає, що замість розрахункової потрібно застосовувати іншу марку бетону, із більш високою міцністю.

6.2 Спосіб бетонування із застосуванням методу «термоса»

Виготовлення бетонних виробів і конструкцій за допомогою методу «термоса» широко застосовувалося на будівництвах у 1930-х роках. Приміром, під час будівництва заводу в Краматорську, Цимлянського гідровузла, Дніпробуду метод «термоса» застосовувався під час зимового бетонування.

Цей метод є найефективнішим під час бетонування масивних виробів і конструкцій, використання швидко тверднучих портландцементів і ефективних теплоізолювальних матеріалів (особливо під час помірних морозів). Він успішно застосовується і в разі бетонування конструкцій середньої масивності. Ступінь масивності конструкції визначається модулем її поверхні, тобто відношенням площі охолоджуваних поверхонь конструкції до її обсягу.

Сутність цього методу полягає в тому, що бетонна суміш виготовляється на підігрітих заповнювачах, потім транспортується на будівельний майданчик, інтенсивно укладається в опалубку і утеплюється. Бетон набуває заданої міцності під час охолодження до 0 °С внаслідок початкового теплоутримання й екзотермічного тепловиділення цементу. Застосовуючи цей метод, необхідно забезпечити збереження позитивної температури в тілі бетону (звичайна бетонна суміш під час укладання має початкову температуру не нижче +15 °С).

Метод «термоса» варто застосовувати під час виконання бетонних робіт у зимових умовах, коли середньодобова температура зовнішнього повітря нижче $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Бетонні роботи необхідно проводити тільки за наявності проектів виконання робіт (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Бетонування із застосуванням методу «термоса»

Цей метод можна використовувати ширше – підвищуючи початкову температуру, застосовуючи цементі з підвищеним виділенням тепла і швидкотверднучими хімічними добавками, поверхнево-активні речовини. Іноді доцільно поєднувати метод «термоса» з електрообігріванням конструкції по її периметру, тоді цей метод може застосовуватися в конструкціях з модулем поверхні до 12.

Під час охолодження виробів і конструкцій в зимових умовах необхідно також знати величину коефіцієнта теплообміну, який обумовлюється швидкістю вітру, перепадами температур, конфігурацією виробу, наявністю оребрення на поверхні оснащення та її теплофізичних характеристик, а також кута набігаючого внаслідок дії вітру потоку.

6.3 Спосіб бетонування із застосуванням протиморозних добавок

Одним з методів виконання бетонних робіт у зимових умовах є застосування бетонів із протиморозними добавками, унаслідок чого вода за від'ємних температур (до певної величини, так званої евтектичної температури) перебуває в рідкій фазі і здатна взаємодіяти з цементом.

Державними будівельними нормами визначено, що добавками є хлористі солі NaCl і CaCl_2 , нітрит натрію NaNO_2 і поташ K_2CO_3 . Застосовуються також і інші добавки відповідно до спеціальних інструкцій для регулювання властивостей бетону (прискорення тверднення, поліпшення легкоукладуваності, підвищення морозостійкості тощо).

У таблиці 6.1 наведено рекомендовані різновиди конструкцій, під час бетонування яких доцільно застосовувати бетони з противоморозними добавками, а також поєднання їх з іншими способами зимового бетонування.

Таблиця 6.1 – Рекомендовані різновиди конструкцій для зведення з бетонів із противоморозними добавками

Модуль поверхні Мп	Конструкції	Температура наружного повітря середня, °С	Метод витримування бетону до набору міцності, % від проектної				
			20–30	50–70		80–100	
				28 діб і менше	понад 28 діб	28 діб і менше	понад 28 діб
4–8	Фундаменти під будівлі, колони й обладнання (колони з перерізом 50–70 см, балки заввишки 50–70 см, стіни і плити завтовшки 25–50 см)	до –25	1	1; 2	1; 2	2	1; 2
		нижче –25	1; 2	2; 3	2	2; 3	2
8–12	Рамні конструкції, колони з перетином 30–40 см, балки заввишки 30–40 см, стіни й плити завтовшки 20–25 см, дорожні та інші наземні покриття завтовшки 20–25 см	до –25	1; 2	1; 2	1; 2	2; 3	1; 2
		нижче –25	2; 3	2; 3	2	3	2
12–16	Монолітні ділянки збірно-монолітних конструкцій, стики збірних конструкцій, наземні покриття завтовшки 10–15 см	до –25	1; 2; 3	2; 3	1; 2	2; 3	1; 2
		нижче –25	2; 3	3	2	3	–
Понад 16	Стики збірних конструкцій	до –25	1; 2; 3	2; 3	1; 2	3	1; 3
		нижче –25	3	3	–	3	–

Примітка. Цифрами позначено такі методи витримування бетону: 1 – без спеціального утеплення; 2 – у поєднанні з методом «термоса»; 3 – у поєднанні з електропрогріванням.

Набуття міцності бетону з противоморозними добавками. Кількість і різновид противоморозної добавки призначається залежно від факторів навколишнього середовища (температури зовнішнього повітря, вологості, швидкості руху повітря), модуля поверхні та умов експлуатації конструкцій, темпів будівництва й техніко-економічних показників.

Під час вибору противоморозної добавки необхідно брати до уваги сферу її застосування і евтектичну температуру. Приміром, бетон із противоморозними добавками дозволяється застосовувати в тому разі, якщо до набуття критичної

міцності температура бетону з добавками (максимально допустимими) не опускається нижче:

- а) $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ в разі застосування НН;
- б) $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в разі застосування ХК + ХН; НК + М, НКМ, ННК + М;
- в) $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в разі застосуванні П, ХК + НН, ННХК, ННХК + М.

Інтенсивність збільшення міцності бетону з добавками на портландцементі здебільшого обумовлюється розрахунковою (середньою) температурою його тверднення.

Після набуття критичної міцності бетони з протиморозними добавками за умов плюсової температури набувають міцності 100 % від R_{28} . Бетони з хлористими солями можуть застосовуватися в тому разі, якщо вироби й конструкції армуються нерозрахунковою арматурою із захисним шаром не менше ніж 5 см (бетонні тротуари, тимчасові дороги, стрічкові фундаменти, фундаменти під обладнання). Використовувати ці бетони для замонолічування стиків збірних залізобетонних конструкцій, що мають закладні деталі, не допускається. Якщо інтенсивність набуття міцності не відповідає вимогам проекту виконання робіт, рекомендується підвищити розрахункову (середню) температуру тверднення шляхом утеплення конструкції.

Зазвичай у бетонах із протиморозними добавками застосовується портландцемент із вмістом C_3S понад 50 % і C_3A – 7...10%. Використовувати шлако- й пуцоланові портландцементи не бажано, а в бетонах із підвищеними вимогами щодо морозостійкості – заборонено. Найефективнішими є швидко тверднучий портландцемент і портландцемент М500 і М600.

У разі застосування нітриту натрію найдоцільніше використовувати портландцемент із вмістом C_3A не більше ніж 6 %, а з добавками хлористих солей і поташу – не більше ніж 9 %.

Бетони з протиморозними добавками потребують менших витрат води на одиницю об'єму порівняно зі звичайними бетонами. Цим пояснюється підвищена міцність і морозостійкість бетонів із добавками солей порівняно з марочною міцністю. Відповідно й водоцементне співвідношення у бетонів із добавками солей менше, ніж у звичайного (еталонного), виготовленого з рівноконсистентних сумішей.

Необхідно постійно стежити за оптимальною кількістю протиморозної добавки, що вводиться в бетонну суміш, оскільки це має важливе значення: недостатня її кількість може призвести до передчасного замерзання, а надмірна – до сповільнення тверднення бетону й безпідставного збільшення його вартості.

Заморожування бетону в ранньому віці негативно позначається на кінцевій міцності і, як наслідок, призводить до незворотних деструктивних процесів. Якщо ж бетон замерзне після набуття ним критичної міцності, то це призведе лише до тимчасового сповільнення або припинення тверднення. Отже, під час визначення кількості та різновиду добавки необхідно брати до уваги розрахункову температуру тверднення, яка може забезпечити таку міцність бетону, яка буде не меншою за критичну до замерзання.

Витримування бетону й догляд за ним. Виконання бетонних робіт із протиморозними добавками передбачає дотримання таких правил:

- після закінчення бетонування поверхню виробу або конструкції не захищену опалубкою необхідно вкрити шаром гідроізолювального матеріалу, щоб уникнути втрати вологи або підвищеного зволоження внаслідок впливу атмосферних опадів;

- не захищені опалубкою поверхні потрібно утеплити ізолювальним матеріалом (жорсткими або напівжорсткими мінеральними плитами, мінеральною повстю, шлаком, снігом);

- термічний опір опалубки й утеплювача має забезпечувати в бетоні температуру не нижчу за розрахункову до набуття міцності не менше критичної;

- товщина утеплювача обирається з урахуванням рівномірності температурних полів за перетином конструкції залежно від різної товщини, кутів, виступів та інших частин.

Під час зняття теплоізоляції, розпалублення й завантаження конструкції необхідно дотримуватися таких вимог:

- розпалублення несучих залізобетонних конструкцій виконувати після набуття бетоном проектної міцності;

- вироби й конструкції, що піддаються наперемінному відтаванню й заморожуванню, розпалублюють після набуття ними 70 % міцності від проектної;

- попередньо напружені конструкції розпалублювати при міцності не менше ніж 80 % від проектної;

- опалубка, що виконує роль несучої конструкції, яка сприймає вагу бетону, знімається після набуття конструкцією міцності не менше ніж 25 % від проектної;

- масивні конструкції розпалублюють, беручи до уваги максимально допустимі перепади між центром (ядром), зовнішньою поверхнею і температурою навколишнього середовища;

- якщо різниця температур поверхневого шару бетону й зовнішнього повітря перевищує 20 °С для виробів і конструкцій з Мп до 5 і 30 °С з Мп понад 5, розпалублені конструкції необхідно приховувати протягом часу, необхідним для вирівнювання температур;

- перш ніж розпочинати розпалублення виробів і конструкцій необхідно випробувати контрольні зразки й переконатися, що бетон набув необхідної міцності.

Контроль за якістю бетону з протиморозними добавками. Якість вихідних матеріалів повинна відповідати певним вимогам. Після закінчення гарантійного терміну зберігання добавок необхідно перевірити їхню відповідність усім показникам чинних ДБН.

Готуючи водні розчини, суворо дотримуються дозування води й добавок, а також їхньої певної щільності. Щільність розчинів перевіряють не менше одного разу протягом зміни. Перевіряти склад бетону і коригувати його потрібно в разі, якщо замінюються цемент, інертні матеріали або спостерігаються відхилення щодо їхньої вологості (особливо це стосується піску).

Готуючи бетонну суміш із добавками, систематично перевіряють правильність її дозування, рухливість, жорсткість і температуру виходу, а також час перемішування.

Під час транспортування суміші вживають заходи щодо утеплення й обігріву транспортної та приймальної тари.

Перед укладанням бетонної суміші в опалубку останню очищують від снігу, криги й будівельного сміття. Температуру суміші вимірюють до укладання і після нього. Перевіряють відповідність розрахункового й фактичного матеріалів утеплення непалублених поверхонь після укладання. Необхідно ретельно стежити за температурно-вологісним режимом витримування бетону.

Вимірювати температуру під час вистоювання бетону потрібно не менше ніж три рази на добу, а в разі електропрогрівання постійно стежать за швидкістю піднімання температури. Кількість і місце розташування свердловин або термопар для вимірювання температури зазначають у технологічній карті щодо виконання бетонних робіт.

Для зняття температурних полів в особливо значущих конструкціях застосовуються термопари, термоопори тощо. Дані про методи й терміни витримування бетону та зразків для контролю міцності, а також про тепловий режим його витримування потрібно заносити в журнал контролю температур.

Контроль якості бетону зводиться до визначення рухливості й жорсткості бетонної суміші, а також відповідності показників міцності, морозостійкості й водонепроникності бетону вимогам проекту.

Випробування бетону на міцність необхідно здійснювати відповідно до вказівок нормативної документації. Крім того, необхідно виготовляти щонайменше дев'ять зразків кожної проби у місця укладання бетонної суміші. Випробовуються ці зразки в такі терміни: три зразки – після встановленого терміну тверднення, три – перед завантаженням конструкції нормативним навантаженням, три – після 28-добового витримування в звичайних умовах.

Міцність бетону під час електропрогрівання забезпечується шляхом дотримання температурного режиму, заданого за розрахунком, оскільки витримувати зразки (кубики) в умовах, аналогічних до тих, у яких перебувають конструкції, що прогриваються, зазвичай неможливо, а контроль міцності бетону потрібно здійснювати шляхом випробовування висвердлених кернів. Для випробування бетону на морозостійкість і водонепроникність відбираються проби на бетонних заводах. Зразки протягом перших 3...7 діб витримують за умов мінусової температури (не нижче розрахункової), потім 28 діб – у звичайних умовах.

6.4 Спосіб бетонування із застосуванням методів штучного прогрівання

6.4.1 Загальні положення

Сутність методів штучного прогрівання полягає в підвищенні температури укладеного бетону до максимально допустимої і підтриманні її протягом періоду, під час якого бетон набуває критичної або заданої міцності. Штучне прогрівання об'єднує групу методів, що базуються на використанні тепла,

одержуваного внаслідок перетворення електричної енергії в теплову. Температуру можна підвищити, пропускаючи через бетон електричний струм або за допомогою нагрівальних пристроїв, від яких тепло підводиться до бетону радіаційним, кондуктивним або конвективним способом. Різноманітність методів штучного прогрівання дозволяє в кожному конкретному випадку (залежно від конфігурації, особливостей армування, призначення конструкції) обирати найбільш ефективний спосіб. Методи штучного прогрівання бетонних і залізо-бетонних конструкцій можна класифікувати так:

- електродне прогрівання;
- обігрівання за допомогою різних електронагрівальних приладів;
- нагрівання в електромагнітному полі;
- конвективний метод нагрівання бетону;
- електричне розігрівання бетонної суміші перед укладанням.

Штучне прогрівання забезпечує отримання бетонів із заданими фізико-механічними властивостями, що істотно не відрізняються від властивостей бетонів, які тверднуть у звичайних умовах. Одночасно його застосування передбачає, що інженерно-технічні працівники добре обізнані з електрофізичними й теплофізичними процесами, що відбуваються в бетоні, а також різняться високою культурою обслуговування.

Роботи зі штучного прогрівання бетону проводяться відповідно до розробленого проекту, в якому передбачено: настанови щодо вибору електрообладнання, схеми встановлення електродів (стрижневих, смугових, пластинчастих, струнних, нашивних); правила встановлення електронагрівальних елементів (інфрачервоних і низькотемпературних), схеми підведення електроживлення з підімкненням електродів або електронагрівачів.

6.4.2 Електродний метод прогрівання бетону

Серед методів штучного прогрівання, що застосовуються під час зимового бетонування, провідне місце належить електропрогріванню. Прогрівання бетону електричним струмом базується на принципі перетворення електричної енергії в теплову. Досягається це включенням бетону як опору в ланцюг змінного струму промислової частоти за допомогою металевих (стрижневих, смугових, струнних, пластинчастих) електродів, до того ж відбувається безпосереднє прогрівання бетону, а не навколишнього середовища.

В'яжучі, що входять до складу бетону, та наповнювачі в сухому стані різняться високим опором. Вода є тим складником, наявність якого в бетоні різко знижує його опір, тому свіжоукладений бетон є хорошим провідником, а електричний струм, проходячи через нього, швидко розігріває суміш.

Питомий опір бетону різко змінюється залежно від кількості і якості рідкої фази. Якщо простежити за цими змінами, то можна виокремити три головні стадії:

- зниження питомого опору з деякого початкового до якогось певного мінімального значення ρ_{\min} ;
- поступова стабілізація питомого опору;
- прогресуюче зростання електроопору.

Ці три стадії змінювання ρ співвідносяться з такими стадіями формування бетону:

- розчинення у воді мінералів клінкеру цементу й насичення рідкої фази продуктами гідратації й гідролізу оксидів калію та натрію;
- пересичення рідкої фази, колоїдація і початок кристалізації новоутворень;
- формування кристалічного кістяка новоутворення, ущільнення структури цементного каменю і збільшення механічної міцності бетону.

На величину й кінетику питомого опору здебільшого впливають такі чинники:

- кількісний вміст водорозчинних їдких лугів і окису кальцію; що вищим є їхній вміст у цементі, то нижчим початковий і мінімальний опір бетону;
- питомий опір зменшується до певної межі (приблизно 250 кг цементу на 100 л води) унаслідок збільшення концентрації солей в рідкій фазі, а подальше підвищення вмісту цементу у воді призводить до збільшення ρ ;
- зі збільшенням періоду рідкої фази бетону питомий опір зменшується, проте в разі подальшого збільшення кількості води різко скорочується концентрація солей в рідкій фазі, а опір починає зростати;
- добавка електролітів у бетоні призводить до зниження питомого опору, а також подальшої його стабілізації в процесі тверднення;
- у разі, якщо позитивні температури низькі, у перші години тверднення бетону зростає кількість клінкерних мінералів і, отже, прискорюється збільшення кількості іонів; зменшується також величина питомого опору бетону;
- охолодження бетону до 0 °C призводить до збільшення питомого опору, а в разі його повного замерзання становить $0,03 \cdot 10^5$ Ом/см;
- зі збільшенням температури витримування бетону питомий опір змінюється в широкому діапазоні (від 300 до 3000 Ом/см). Приміром, на початку витримування значення ρ мінімальне, а в процесі кристалізації новоутворень воно різко зростає;
- зневоднення бетону в процесі теплового оброблення також призводить до збільшення ρ .

Таким чином, під час електропрогрівання бетону бажано застосовувати високоалітовий портландцемент. Струмopровідних властивостей бетону можна досягти, застосовуючи добавки-електроліти й попередньо витримуючи суміш.

Термооброблення потрібно розпочинати в разі плюсової температури бетону й до початку його зчеплення. Режим електропрогрівання необхідно обрати, беручи до уваги те, як змінюється ρ в процесі термооброблення бетону.

Режими електропрогрівання бетонних конструкцій. Електропрогрівання, як і інші методи термооброблення, спрямоване на забезпечення умов, необхідних для набуття міцності бетону.

Під час зведення масивних конструкцій і подальшого набуття ними міцності можуть відбуватися такі процеси:

- центральні (ядро) й поверхневі (периферійні) шари конструкції в процесі їхнього охолодження до нульової температури набувають необхідної проектної міцності, перепади температур за перетином невеликі;

- конструкція набуває необхідної проектної міцності, але перепади температур за перетином перевищують $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{см}$;
- бетон ядра конструкції встигає набути необхідної міцності, а периферійні шари замерзають раніше;
- уся конструкція охолоняє, не набувши необхідної міцності.

У першому випадку додатковий тепловий вплив не потрібний, можна застосувати тільки термосне витримування конструкції. У всіх інших – необхідно або додатково утеплювати опалубку, або застосовувати термооброблення бетону. Для цього використовують периферійне електропрогрівання, що уможливорює створення теплового контуру для ядра конструкції, що твердне в термосних умовах.

Електроди, встановлені периферійно, підтримують позитивну температуру в зовнішніх шарах унаслідок використання джоулевого тепла, а в ядрі конструкції – екзотермії й теплопередавання з периферійних шарів. Одночасно периферійне електропрогрівання компенсує тепловтрати в навколишнє середовище, нагріває периферійні шари конструкції до температури, що уможливорює створення сприятливих умов тверднення бетону й регулює температурні поля в тілі конструкції з метою досягнення рівномірності бетону.

Електротермооброблення конструкцій середньої масивності забезпечує рівномірне прогрівання виробу по перерізу з одночасним набуттям ним міцності в мінімальні терміни.

На сьогодні розроблено й запропоновано низку режимів електротермооброблення бетону. На вибір режимів впливає багато факторів: масивність конструкції, температура навколишнього середовища, матеріал опалубки, наявність утеплювача, різновид і марка цементу, вимоги щодо кінцевої міцності бетону тощо.

Збільшення температури є одним з найвідповідальніших етапів процесу електропрівання. Застосовуючи зазначені вище режими електротермооброблення, особливу увагу необхідно приділяти швидкості підвищення температури. Зокрема встановлено: якщо швидкість підвищення температури наближається до $60\dots 80\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, то можуть спостерігатися структурні порушення у вигляді горизонтальних тріщин конструкції. Непоодинокі випадки, коли на поверхні конструкцій утворюються «окрайці» (випинання верхніх шарів бетону). Внутрішні й зовнішні деформації у виробках і конструкціях пояснюються наявністю внутрішньопорового тиску як результату швидкого розширення заземленого повітря й водяної пари.

За високих температур розширяються також тверді частинки й інтенсивно випаровується волога, особливо з верхніх шарів. Швидкість розігрівання бетонної суміші не повинна перевищувати $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. На швидкість підвищення температури помітно впливає масивність конструкцій. Під час швидкого розігрівання масивних конструкцій в тілі бетону виникають значні температурні перепади, яких надалі стає більше внаслідок хімічної реакції екзотермії. Унаслідок переміщення вологи, розширення повітря, випаровування води в порах бетону, що твердне, виникає надлишковий тиск. Приміром, під дією

температурного градієнта приблизно 3...5 °С/см тиск у порах коливається від 500 до 800 мм вод ст, тому на ранній стадії структуроутворення часто виникають деструктивні процеси, які призводять до погіршення властивостей бетону (мікропорушення структури цементного каменю, збільшення водонепроникності та зниження морозостійкості бетону).

Невелика швидкість розігрівання сприятливо позначається на структуроутворенні та кінцевій міцності бетону. Нормативними документами передбачено такі максимально допустимі швидкості підвищення температури бетону під час електропрогрівання: $M_p = 2...6 \text{ м}^{-1} - (5...8) \text{ °С/год}$; $M_p = 6...20 \text{ м}^{-1} -$ не більше ніж 10 °С/год; тонкостінні конструкції рекомендується розігрівати зі швидкістю не більше ніж 15 °С/год.

Аналогічними є причини, що позначаються на властивостях бетону і в разі застосування максимальних швидкостей охолодження. У разі, якщо спостерігаються температурні градієнти, вони також створюють у конструкції додаткову напругу, що й призводить до утворення необоротних макродефектів.

Розпалублення виробів і конструкцій рекомендується проводити при температурі зовнішнього шару не більше ніж 5 °С, до того ж різниця між температурою поверхні та зовнішнім повітрям не повинна перевищувати: за $M_p \leq 5 \text{ м}^{-1} - 20 \text{ °С}$; за $M_p > 5 \text{ м}^{-1} - 30 \text{ °С}$; для неармованих конструкцій – 40 °С.

Максимальна температура під час електротермооброблення також регламентується низкою факторів.

По-перше, встановлено, що кінцева міцність бетону, піддається електротермообробленню, виявляється нижчою за міцність зразків при звичайному твердненні, що пояснюється неповною гідратацією цементних зерен.

По-друге, високі температури спричиняють власне температурне розширення.

По-третє, різко зростають масовтрати, що може призвести до зневоднення бетону й до утворення відкритих капілярів і пор.

Попередньо напружені конструкції рекомендується прогрівати при температурі не більше ніж 80 °С, оскільки при високих температурах спостерігається втрата напруги в арматурі, що позначається на несучій здатності конструкцій.

Різновиди електродів, схема їхнього розміщення й сфера застосування. З метою підведення електричної енергії до бетону використовують різні електроди (пластинчасті, смугові, стрижневі й струнні). До конструкції електродів і схеми їх установа висувають такі вимоги:

- потужність електропрогрівання повинна відповідати потужності, визначеній у тепловому розрахунку;
- електричні й температурні поля по перерізу конструкцій повинні бути якомога рівномірнішими;
- електроди бажано розташовувати ззовні конструкції, що прогривається, для забезпечення мінімальних витрат металу;
- встановлювати електроди потрібно до початку бетонування (під час використання зовнішніх електродів);
- витрати сталі на електроди повинні бути мінімальними.

Викладеним вище вимогам найбільше задовольняють пластинчасті електроди.

Пластинчасті електроди належать до різновиду поверхневих. Це пластини з покрівельної сталі або звичайної сталі, нашитої на внутрішню частину опалубки, що прилягає до бетону, їх з'єднують до різнойменних фаз електричного кола. Між протилежними електродами виникає електричне коло, що забезпечує рівномірність температурного поля, особливо під час прогрівання неармованих і малоармованих конструкцій (рис. 6.2, а).

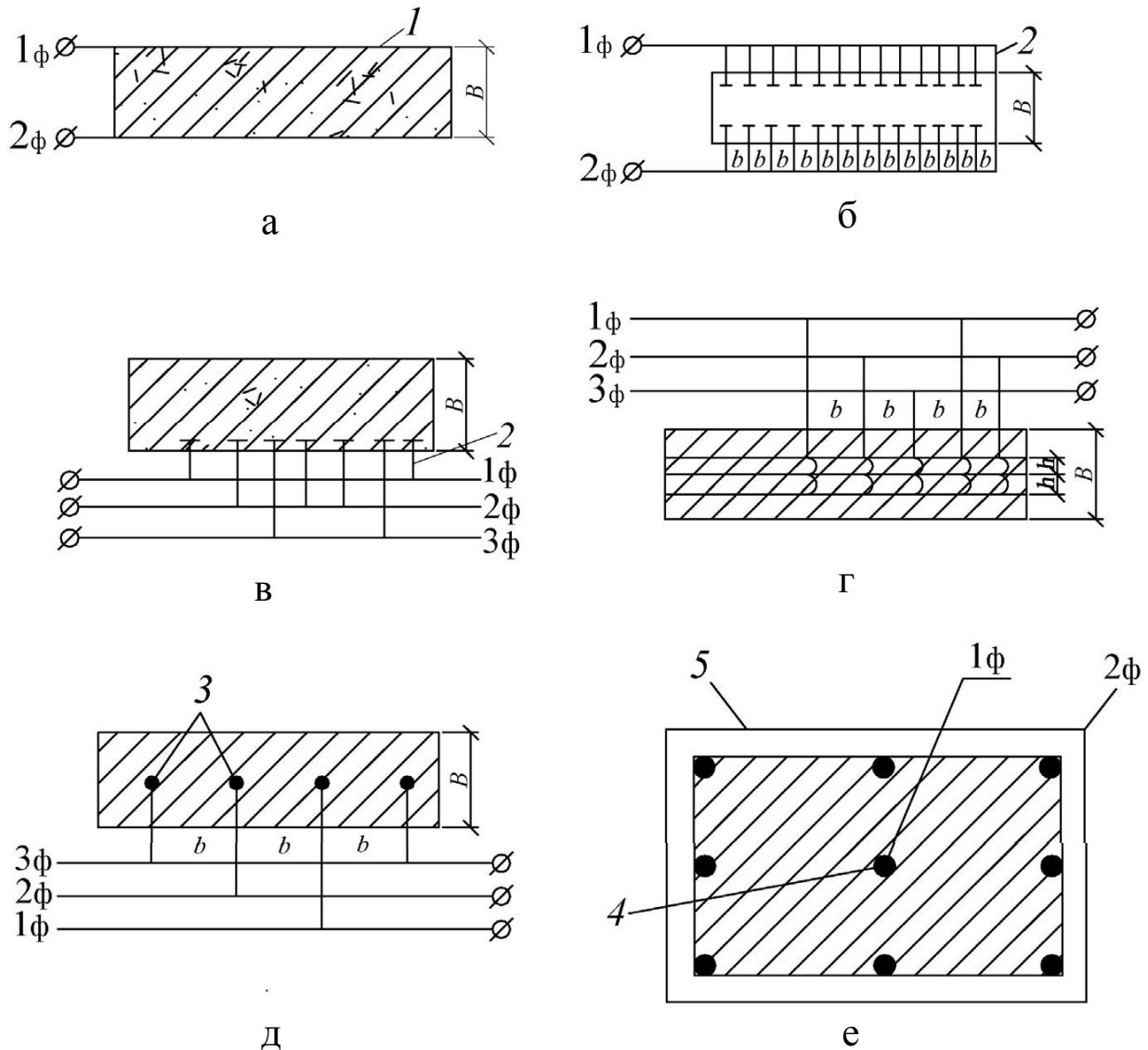


Рисунок 6.2 – Різновиди та схеми розміщення електродів: а – схема наскрізного прогрівання пластинчастими електродами; б – схема двобічного розміщення смугових електродів під час наскрізного прогрівання бетону; в – схема однібічного розміщення смугових електродів під час периферійного прогрівання бетону; г – схема розміщення плоских груп стрижневих електродів; д – схема прогрівання бетону одиничними стрижневими електродами; е – схема прогрівання бетону струнними електродами; 1 – пластинчастий електрод; 2 – смуговий електрод; 3 – стрижневий електрод; 4 – струнний електрод; 5 – металева опалубка

Пластинчасті електроди застосовуються здебільшого для прогрівання виробів і конструкцій із прямокутним перетином, невеликі за розмірами.

Стрижневі електроди застосовуються в разі суцільної конфігурації бетонуваних конструкцій (див. рис. 6.2, г, д). Це арматурні прутки з діаметром 6...12 мм, які встановлюються в шаховому порядку у вигляді плоских груп для забезпечення рівномірного температурного поля.

Під час бетонування конструкцій із малим перетином значної протяжності застосовують одиничні стрижневі електроди. Для електротермооброблення горизонтально розташованих виробів і конструкцій використовують плавкі електроди. Їх виконують із арматурних стержнів 6...12 мм і занурюють у верхні шари бетону.

Одним із головних недоліків стрижневих електродів є те, що стрижні разового використання після термооброблення залишаються в тілі бетону.

Струнні електроди (див. рис. 6.2, е) застосовуються для прогрівання конструкцій, довжина яких у багато разів перевищує розміри їхнього поперечного перерізу (балки, прогони, палі тощо).

Зазвичай струнний електрод встановлюється по осі конструкції і підмикається до однієї фази, а металева опалубка – до іншої. В окремих випадках як електрод може бути використана арматура. Струнні електроди встановлюють до початку бетонування, кріплять їх до арматури через ізолювальні прокладки.

Під час електропрогрівання з використанням струнних електродів зазвичай спостерігається нерівномірність температурного поля, тому рекомендується проводити термооброблення при невеликих напругах (до 70 В).

Температурний режим електропрогрівання обумовлюється різновидом і розмірами електродів, відстанями між ними, схемами їхнього розміщення в конструкції, а також схемами підімкнення до мережі живлення.

Електроди від джерела живлення підмикають через трансформатори, розподільні щити та софіти. Софіт становить собою суху дошку завдовжки 3...4 м із ізоляторами. На ній монтують провід, до якого приєднують фазові дроти від електродів. Магістральні та комутаційні дроти виконуються здебільшого з мідною або алюмінієвою жилою. Перетин проводів обирають залежно від параметрів сили струму. Електропрогрівання проводять на знижених напругах (50...127 В).

Смугові електроди виготовляють зі сталевих смуг завширшки 20...50 мм і розміщують або по двох протилежних площинах конструкцій, або по одній її площині. Їх так само, як і пластинчасті, нашиваються на внутрішню поверхню опалубки. Токообмін залежить від схеми приєднання смугових електродів до фаз мережі живлення (див. рис. 6.2, б, в).

У першому випадку токообмін відбувається між протилежними електродами, а джоулеве тепло виділяється по всій товщині конструкції (наскрізне прогрівання).

У другому випадку токообмін відбувається між суміжними електродами, розташованими на одній із площин конструкції. Джоулеве тепло в цьому разі виділяється тільки в периферійному шарі на глибину не більше ніж 1/2 відстані між електродами (периферійне прогрівання).

Наскрізне прогрівання за допомогою смугових електродів з двобічним розміщенням електродів зазвичай застосовують замість пластинчастих, домагаючись цим самим зменшення електричної потужності без змінювання величини напруги.

Периферійне прогрівання застосовують у конструкціях будь-якої масивності. Однобічне розміщення смугових електродів використовують під час електропрогрівання плит, стін, підлог та інших конструкцій, товщина яких не більше ніж 20 см. Для периферійного електропрогрівання протяжних конструкцій (підпірні стінки, набережні) використовують електродні панелі зі смуговими електродами, які укладають на поверхню забетонованої конструкції.

Одним із нових різновидів є гнучкі електроди, що становлять собою тонкий шар (12...200 мкм) напиленого металу або іншого матеріалу з високою електропровідністю, який наносять на опалубку або тканину. Витрати металу в цьому разі скорочуються в 10...20 разів.

6.4.3 Інфрачервоне прогрівання бетону

Фізичні засади і сфера застосування. Інфрачервоні промені є складниками спектру електромагнітних хвиль, що поширюються в просторі з певною частотою, 676...1000 мкм завдовжки; швидкість їхнього розподілу у вакуумі дорівнює універсальній константі: $c = 2,988 \cdot 10^8$ м/с. Інфрачервоні промені мають здатність поглинатися тілами й трансформуватися в теплову енергію.

Тепло від джерела інфрачервоних променів до тіла, що нагрівається, передається миттєво, без участі будь-якого переносника. Від нагрітих поверхневих шарів тіло прогрівається внаслідок власної теплопровідності.

Під час теплового оброблення бетонних виробів і конструкцій інфрачервоними нагрівачами спостерігається таке явище: частина енергії випромінювання поглинається і перетворюється на теплову, частина відбивається і розсіюється в навколишньому середовищі, залишок енергії проходить через тіло бетону.

Під час виконання бетонних робіт в зимовий період інфрачервоне випромінювання застосовують для відігрівання бетонних поверхонь і основ, теплового захисту бетону, що укладається, інтенсивності тверднення бетону, попереднього розігріву арматури і заставних деталей у вузлах (див. рис. 6.3).

Використання інфрачервоного випромінювання дає змогу виконувати фактично всі технологічні операції, які забезпечують якісне виконання бетонних робіт у зимових умовах.

Електричні інфрачервоні випромінювачі, що застосовуються в будівництві. Для електротермооброблення бетону використовуються технічні інфрачервоні випромінювачі, температура випромінювальної поверхні яких становить 600...2500 К. Це так звані сірі випромінювальні тіла.

У наш час промисловість здебільшого випускає три різновиди випромінювачів: металеві трубчасті (ТЕНи), кварцові й карборундові стрижневі.

Металеві трубчасті випромінювачі складаються з трубки, ніхромової спіралі й ізолятора. Як ізолятор, рекомендується використовувати периклаз – кристалічний окис магнію. Трубки для випромінювачів виготовляють зі сталі,

латуні, міді. Їхній діаметр – 9...18 мм, довжина – до 6 м, товщина стінки – до 1,5 мм. ТЕНи можуть різнитися за формою (прямі, спіральні тощо).

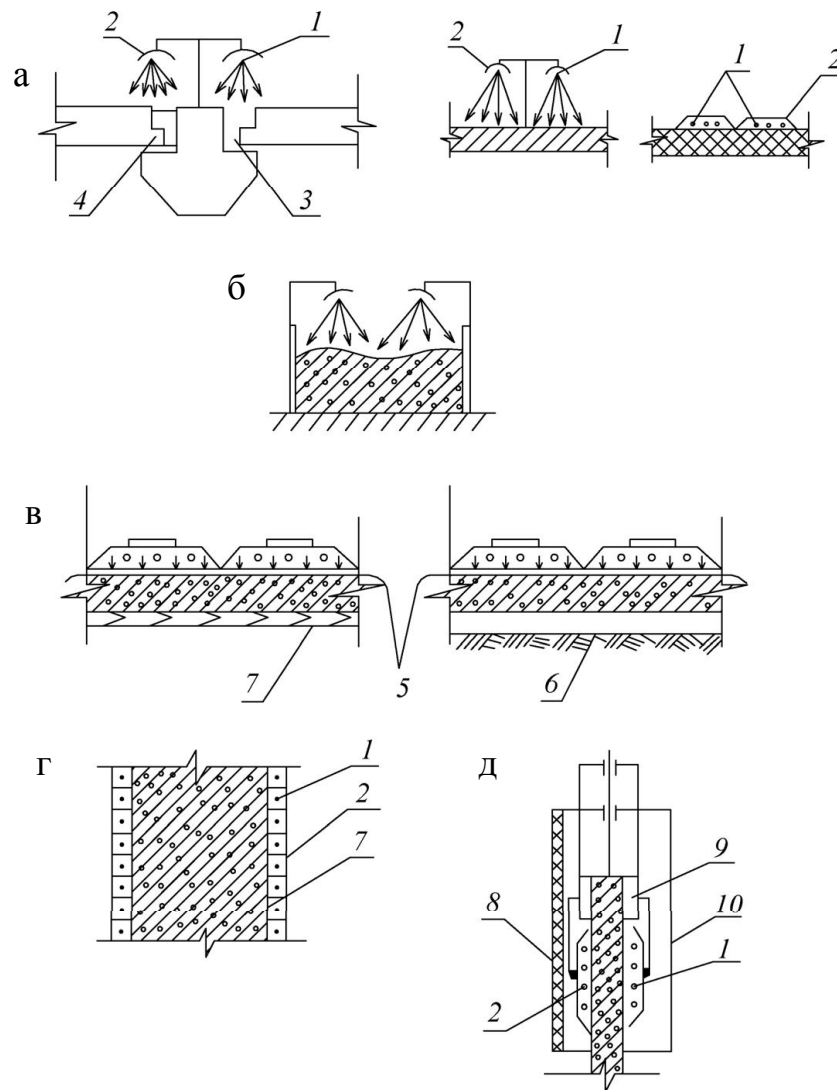


Рисунок 6.3 – Застосування інфрачервоного нагрівання під час виконання бетонних робіт:
 а – відігрівання промороженого бетону та основ; б – тепловий захист бетону, що укладається; в – теплове оброблення бетону в покриттях і перекриттях; г – інтенсифікація тверднення бетону під час зведення конструкцій у металевій опалубці; д – термічне оброблення бетону в ковзній опалубці; 1 – інфрачервоний випромінювач; 2 – відбивач; 3 – зона відігрівання бетону; 4 – повторне укладання бетону; 5 – поліамідна плівка; 6 – підготовка під бетон; 7 – металева опалубка; 8 – укриття зовнішнього риштування; 9 – металева опалубка; 10 – підвісне риштування

Термін використання електронагрівачів становить не менше п'яти років. Як генератори інфрачервоного випромінювання в теплоелектронагрівачах рекомендується застосовувати нагрівачі НПСЖ, НПС (нагрівач повітряний сушильний жаростійкий і нагрівач повітряний сушильний). Їхня погонна потужність сягає 0,6...1,2 кВт/пог. м, температура поверхні, що випромінює – 600...900 К, робочі параметри електроенергії – 127...980 В.

Для електротермооброблення бетону застосовуються також карборундові і кварцові випромінювачі (див. рис. 6.4). Карборундові випромінювачі виготовляють із карбіду кремнію у вигляді стрижнів із діаметром до 50 мм і

довжиною до 1 м. Погонна потужність нагрівача досягає 10 кВт/пог. м, а температура на поверхні – 1500 К.

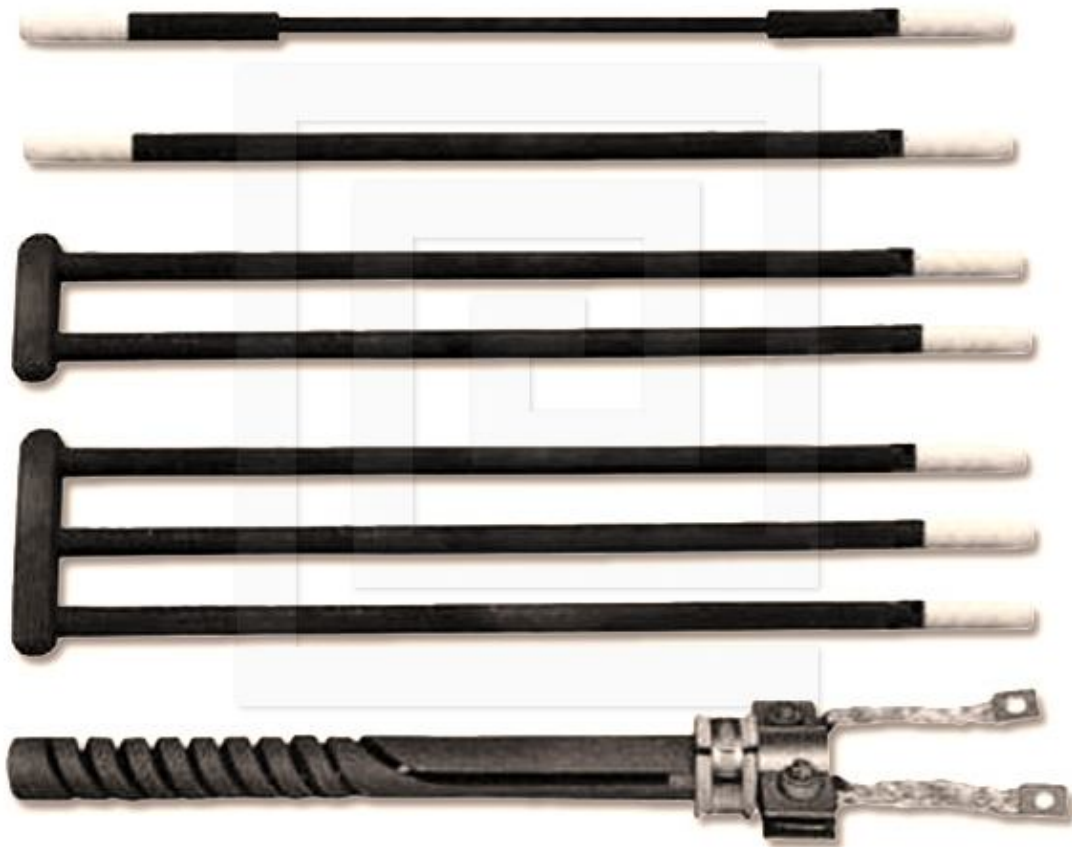


Рисунок 6.4 – Карборундові випромінювачі

У будівництві широко застосовують також кварцево-трубчасті випромінювачі типу НК-220-1000 Тр (нагрівач інфрачервоний кварцовий на напругу 220 В потужністю 1000 Вт трубчастий). Вони становлять собою кварцову трубку з діаметром до 370 мм та вольфрамовою спіраллю, що нагрівається до 2550 К. Порожній простір випромінювача заповнюється парами йоду, які перешкоджають випаровуванню вольфраму під час експлуатації.

Режим термооброблення бетону інфрачервоними випромінювачами розподіляється на три етапи: підвищення температури в тілі бетону до розрахункової; ізотермічне прогрівання при заданій температурі; охолодження до температури навколишнього середовища. Охолодження бетону може бути регульованим і вільним.

На фізико-механічні властивості бетону, обробленого інфрачервоним випромінюванням, впливають такі чинники: тривалість попереднього витримання; витримання швидкості піднімання; забезпечення вільного або вимикненого масовіддавання; температура й тривалість ізотермічного прогрівання; термін охолодження; характеристики бетону (склад, різновид застосовуваного цементу, наявність добавок); умови наступного витримання (звичайне або повітряно-сухе); модульні характеристики елемента, що прогривається (модуль поверхні й модуль масовіддавання).

Одним з головних недоліків методу електротермооброблення бетону інфрачервоними променями є інтенсивне масовіддавання (сушіння бетону) в навколишнє середовище. На величину масовіддавання впливає багато факторів: температура поверхні бетону, її площа, час електротермооброблення, склад бетону, ефективність укриття тощо.

Втрата вологи в конструкціях з модулем масовіддавання ($M_p = m^{-1}$) за умови отримання міцності 70 % від R_{28} становить 35...42 % від кількості води замішування. Висушування бетону призводить до недобирання міцності (порівняно з R_{28}) до 25 %. Під час прогрівання виробів, вкритих поліамідної плівкою (умова частково унеможливленого масовіддавання), за тими самими режимами втрата вологи становить 25...30 % від об'єму води замішування. Міцність цих бетонів у 28-добовому віці не поступається міцності зразків під час звичайного зберігання.

Отже, вологовтрата бетонів на портландцементях – до 30 % і на шлако-портландцементі – до 35 % від об'єму води замішування в разі застосування інфрачервоного нагрівання мало впливає на кінцеву міцність бетону.

6.4.4 Індукційне прогрівання бетону

У разі застосування індукційного методу термооброблення бетону використовують тепло, що виділяється в арматурі або сталевій опалубці, яка перебуває в електромагнітному полі котушки-індуктора, підімкненої до ланцюга змінного електричного струму. Теплова енергія, що утворюється в арматурі й опалубці внаслідок дії змінного магнітного поля, передається бетону.

Індукційне нагрівання застосовується для теплового оброблення довгомірних конструкцій із невеликим змінним перетином (колони, ригелі, труби, опори ЛЕП, палі тощо) і великим відсотком армування. Цей метод застосовується в будівельних і заводських умовах.

Інтенсивність тепловиділення джерел тепла під час індукційного нагрівання не залежить від властивостей бетону, а визначається електричними і магнітними властивостями джерела (арматурою, опалубкою, формою, стінкою камери) і напруженістю магнітного поля.

Електромагнітні поля з великими периметрами отримують шляхом використання багатогілкових котушок-індукторів із добре провідного матеріалу. Вихрові струми, що виникають в опалубці й арматурі, циркулюють не по всій їхній товщині. У процесі проходження вглиб електромагнітна хвиля затухає, тому щільність струму й напруженість полів мають найбільші значення біля поверхні металу.

Індукційне прогрівання каркасних конструкцій. Індукційне прогрівання застосовується здебільшого під час теплового оброблення каркасних конструкцій, що зводяться як в металевій, так і в дерев'яній опалубці. Однак за однакових параметрів струму більше тепла виділиться в конструкції з металевій опалубкою. Це пояснюється тим, що площа джерела тепла в металевій опалубці більша на величину, що дорівнює подвоєній площі поверхні металевій опалубки. Під час розігрівання конструкції в металевій опалубці потрібна менша установча потужність і, відповідно, менші параметри сили струму. Темпе-

ратурні ж поля в конструкціях, що виготовляються в металевій опалубці, рівномірніші, що дає змогу розігріти конструкцію з більшою швидкістю.

Водночас тепловтрати конструкції в металевій опалубці більші, ніж у дерев'яній, тому рекомендується вкривати металеву опалубку щільним матеріалом (брзентом, толем, пергаміном), оскільки це значно скорочує тепловтрати. Перевагу варто надати металевій опалубці, що характеризується більшою оборотністю і потребує менших трудовитрат (рис. 6.5).

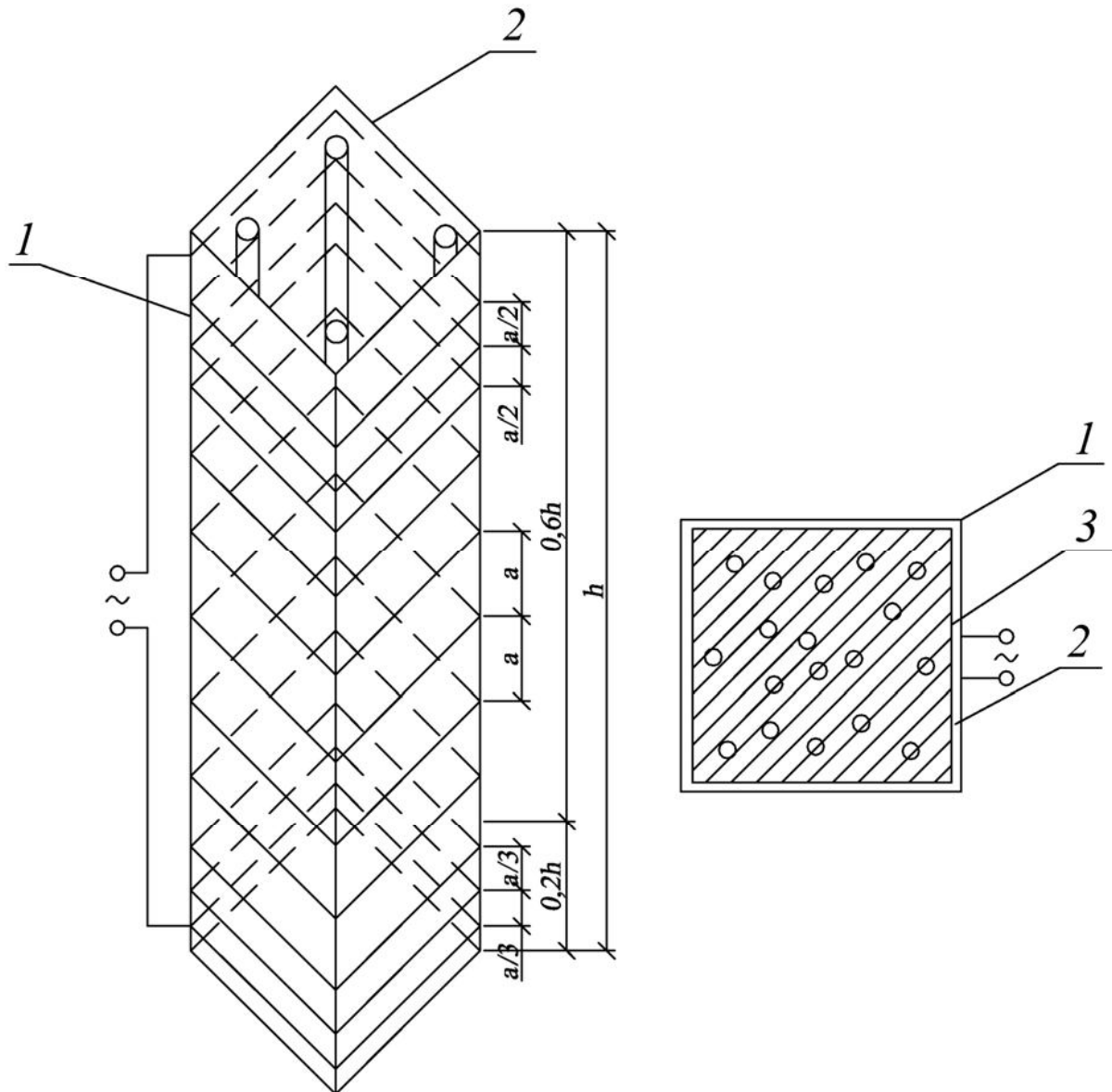


Рисунок 6.5 – Схема індукційного прогрівання: a – крок між витками; h – висота індуктора; 1 – індуктор; 2 – стрижнева арматура; 3 – металева опалубка

Роботи під час індукційного прогрівання виконують у такій послідовності:

- за периметром опалубки виставляються шаблони з пазами для розміщення витків індуктора;
- висота індуктора збільшується в обидва боки на 10...15 см (щоб компенсувати тепловтрати в торцях);

- укладається вище й нижче зони бетонування з розрахунку по 3–4 витки індуктора понад норму;
- торці ретельно утеплюються;
- встановлюється і підключається до мережі живлення індуктор;
- за наявності криги арматуру попередньо відігрівають;
- укладають бетон. Щоб досягти кінцевої міцності бетону, його необхідно витримати протягом 2...3 год при низьких позитивних температурах (до +5 °С). Цього досягають, попередньо витримуючи бетон шляхом періодичного ввімкнення індуктора на 10...15 хв щогодини;
- після укладання бетону приховуються непалублені поверхні;
- згідно з вимогами охорони праці, індукційне прогрівання проводять при напрузі до 127 В (у разі наявності надійної ізоляції можна застосовувати й напругу 220...380 В);
- конструкції, що прогриваються, підмикають до мережі паралельно, послідовно, у формі зірки або трикутника;
- після набуття бетоном розрахункової температури проводять відключення (режим «електротермос») або продовжують прогрівання (ізотермічний режим);
- ізотермічного прогрівання досягають шляхом переввімкнення на нижчу напругу, періодичного ввімкнення-вимкнення або використання різноманітних терморегуляторів;
- швидкість охолодження бетону для конструкцій з Мп понад 15 м⁻¹ становить 10...15 °С/год, а з Мп від 6 до 10 – 6...8 °С/год.

Режим індукційного прогрівання має низку переваг порівняно з електропрогріванням. По-перше, тривалість термооброблення фактично може бути необмеженою і залежить лише від необхідної міцності бетону; по-друге, режими термооброблення доступніші порівняно з електропрогріванням.

Устаткування, матеріали та пристосування для індукційного прогрівання. Під час індукційного прогрівання як індуктор використовуються гнучкі проводи марок ПРГ, АПРН, перетин проводів обирається відповідно до сили струму. З огляду на те, що крок витків індуктора може бути різним, рекомендується застосовувати інвентарні секції індукторів із різною кількістю витків і різними відстанями між ними.

Для забезпечення необхідних параметрів напруги в індукторі застосовують масляні або повітряні трансформатори. Встановлено, що найефективнішими є трансформаторами є масляні типу ТМОА-50, ТМО-50/10, із широкою шкалою вихідної напруги.

Режим індукційного прогрівання регулюється дистанційним електронним і автоматичним станційним потенціометрами.

Під час індукційного прогрівання коефіцієнт потужності ланцюга завжди менший одиниці і може дорівнювати 0,4. Для компенсації реактивної потужності можна використовувати конденсатори типу КМ (частота 50 Гц).

Контроль за виконанням робіт під час індукційного прогрівання. Необхідно встановити жорсткий контроль щодо вимірювання сили струму в

індукторі в різні періоди прогрівання конструкції, а також щодо температури бетону і його міцністю. Особливо ретельно потрібно контролювати температурний режим індукційного прогрівання, оскільки відхилення від його розрахункових параметрів негайно позначаються на міцності бетону й зчепленні його з арматурою.

Якщо швидкість розігрівання 10...15 °С/год, температуру бетону необхідно вимірювати щогодини, а якщо менша – не менше одного разу протягом двох годин. У разі ручного регулювання ізотермічного прогрівання вимірювати температуру потрібно протягом перших двох годин через кожні 30 хв, а потім через кожні 2 год.

Температура вимірюється технічним термометром, який встановлюється в заздалегідь підготовлені свердловини в тілі конструкції. За температурним режимом можна стежити і автоматично – за допомогою хромель-копелевих або мідь-константанових термопар, для чого використовується автоматичний потенціометр (КСП-4).

Силу струму і напругу достатньо виміряти один раз під час розігрівання і один раз під час ізотермічного прогрівання. Міцність контролюють за допомогою еталонних молотків, а також за показами контрольних зразків у встановленому порядку.

6.4.5 Електричне прогрівання бетону

Сутність методу й сфера застосування. Метод попереднього електропрогрівання бетонної суміші є результатом науково-дослідницької роботи щодо розширення меж застосування методу «термоса» для витримування монолітного бетону в дерев'яній або металевій опалубці при від'ємній температурі.

Високі економічні показники, отримані внаслідок застосування на будівельних майданчиках електропрогрітих бетонних сумішей, стали причиною того, що їх почали використовувати в заводських і полігонних умовах.

Бетонування із електропрогріванням суміші уможливорює підвищення коефіцієнта використання електричної енергії, дає змогу скоротити час набуття бетоном міцності, підвищити якість продукції, зменшити трудомісткість і собівартість робіт, застосувати металеву опалубку, укласти бетон на мерзлу основу, транспортувати бетонну суміш на далекі відстані, а також підвищити рівень культури виробництва.

Бетонування з електропрогріванням суміші передбачає інтенсивне внесення тепла в бетонну суміш до її ущільнення з метою прискорення тверднення бетону і підвищення його якості. Тепло вноситься електричним струмом промислової частоти з напругою 380 В. Суміш розігрівається до температури 70...90 °С протягом 10...15 хв. Ущільнюється суміш у гарячому стані і зазвичай витримується в неутепленій опалубці.

Внесення тепла під час другої стадії тверднення бетону дає змогу інтенсифікувати фізико-хімічні процеси, особливо екзотермії цементу. Вібруощільнення бетонної суміші в гарячому стані забезпечує утворення щільнішої структури внаслідок витіснення з неї пароповітряного середовища.

Подальше витримування бетону в малотеплоємній опалубці створює сприятливі умови для тепло- й масообмінних процесів. Під час переміщення вологи в бік нижчої температури одночасно переноситься і тепло – від центру конструкції до периферії, що протягом тривалого періоду забезпечує позитивну температуру по її периметру. Як засвідчила практика, на межі бетону й металеві опалубки з'являється пароповітряний прошарок, який певною мірою впливає на охолодження конструкції.

Укладання розігрітих бетонних сумішей у виробі й конструкції зменшує час їхнього розпалублення. Також забезпечується високий ступінь технологічності робіт: з'являється можливість перевозити бетонну суміш на великі відстані при мінусовій температурі, укладати її на промерзлу основу, ширше використовувати металеву опалубку, знижувати початкову температуру бетонної суміші, що ще більше підвищує ефективність її попереднього витримування.

Гарячі бетонні суміші забезпечують 50 % від R_{28} до замерзання під час зведення середньомасивних конструкцій і 70 % від R_{28} – під час зведення масивних конструкцій, що цілком задовольняє наявні вимоги.

Раціональною сферою бетонування з електропрогріванням суміші є середньомасивні конструкції. Прогріті бетонні суміші застосовують і під час виготовлення немасивних конструкцій, щоб скоротити час підвищення температури. У масивних конструкціях прогріті бетонні суміші застосовуються лише для відігрівання мерзлої основи.

Устаткування для електропрогрівання бетонної суміші. Електропрогрівання бетонної суміші, що базується на перетворенні електричної енергії в теплову, досягається шляхом прогрівання певної порції суміші (ємність, баддя) або безперервного прогрівання суміші унаслідок її руху вздовж електродів.

Порційне електропрогрівання бетонної суміші здійснюється в стаціонарно встановлених або в переносних бункерах (баддях), забезпечених електродами. На сьогодні розроблено десятки конструктивних рішень цього пристрою, однак порційний спосіб прогрівання бетонної суміші ускладнює механізацію бетонних робіт, особливо в заводських умовах під час створення поточних технологічних ліній.

Останнім часом запропоновано низку пристроїв для безперервного електропрогрівання бетонної суміші. Однак і такі пристрої не позбавлені недоліків, а саме: нерівномірне прогрівання суміші по перетину, високий рівень шуму, швидке забруднення бетоном електродів, збільшення перехідного опору електрод-суміш (див. рис. 6.6).

Щоб вивчити й усунути зазначені вище недоліки, було проведено експериментальні дослідження пристроїв безперервного електропрогрівання бетонної суміші, виконаних у вигляді конвеєрів, над транспортувальною стрічкою яких розташовувалися нерухомі й рухомі електроди. Вмикаючи привод коливального механізму, електроди здійснюють зворотно-поступальні рухи, які й забезпечують рівномірне переміщення бетонної суміші між електродами. Рівномірного розігрівання бетонної суміші можна досягнути тільки в тому разі, якщо вона щільно прилягає до електродів.

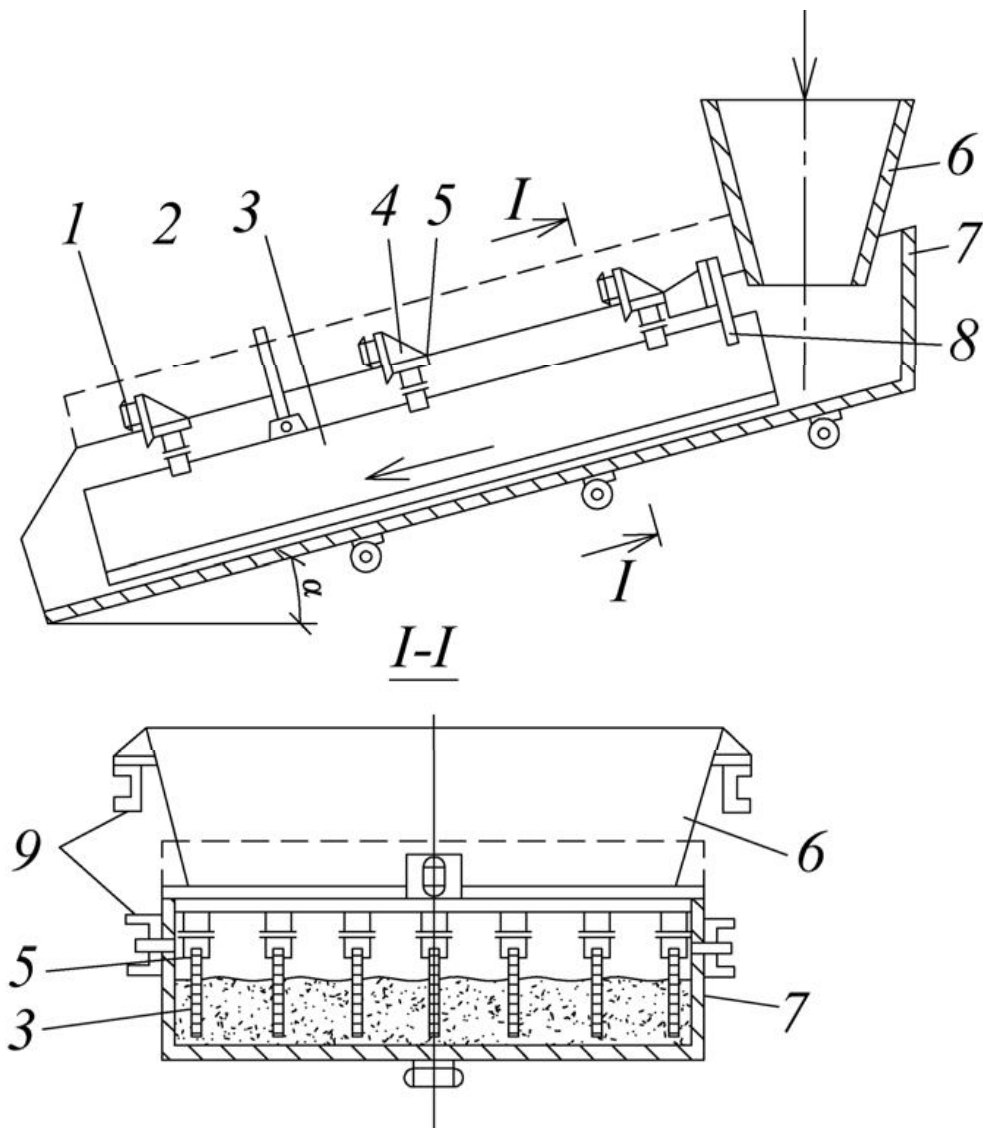


Рисунок 6.6 – Пристрій для безперервного електророзігрівання бетонної суміші:
 1 – вібратори; 2 – сітка огорожі; 3 – електроди; 4 – вібрувальна рама; 5 – електроізолювані захоплення; 6 – бункер; 7 – лоток; 8 – обмежувач товщини шару суміші; 9 – опори

На будівельних об'єктах добре себе зарекомендували пристрої для електропрогрівання суміші в спеціальних бункерах, встановлених на постах електропрогрівання цієї суміші. Поширення набули звичайні поворотні бадді, обладнані пластинчастими нагрівачами. Пластини-електроди виготовляють із п'ятиміліметрової листової сталі, жорстко закріплюють усередині приймальної частини бадді кронштейнами й ізолюються від корпусу за допомогою гетинаксових плит. Електрична мережа підводиться до електрода через сталевий стрижень, один кінець якого приварений, а інший виведений за межі бадді й закінчується токоприймальним пристроєм. Сталеві стрижні ізолюються від корпусу бадді гетинаксовими або текстолітовими втулками і гумовими трубками.

Токоприймальні пристрої захищаються кожухами в разі розташування їх на кришці або відбійними брусами – в разі їхнього торцевого приєднання. На стінці бадді приварюють два болти для нульового проводу й дроти, спрямовані до контуру захисного заземлення (див. рис. 6.7).

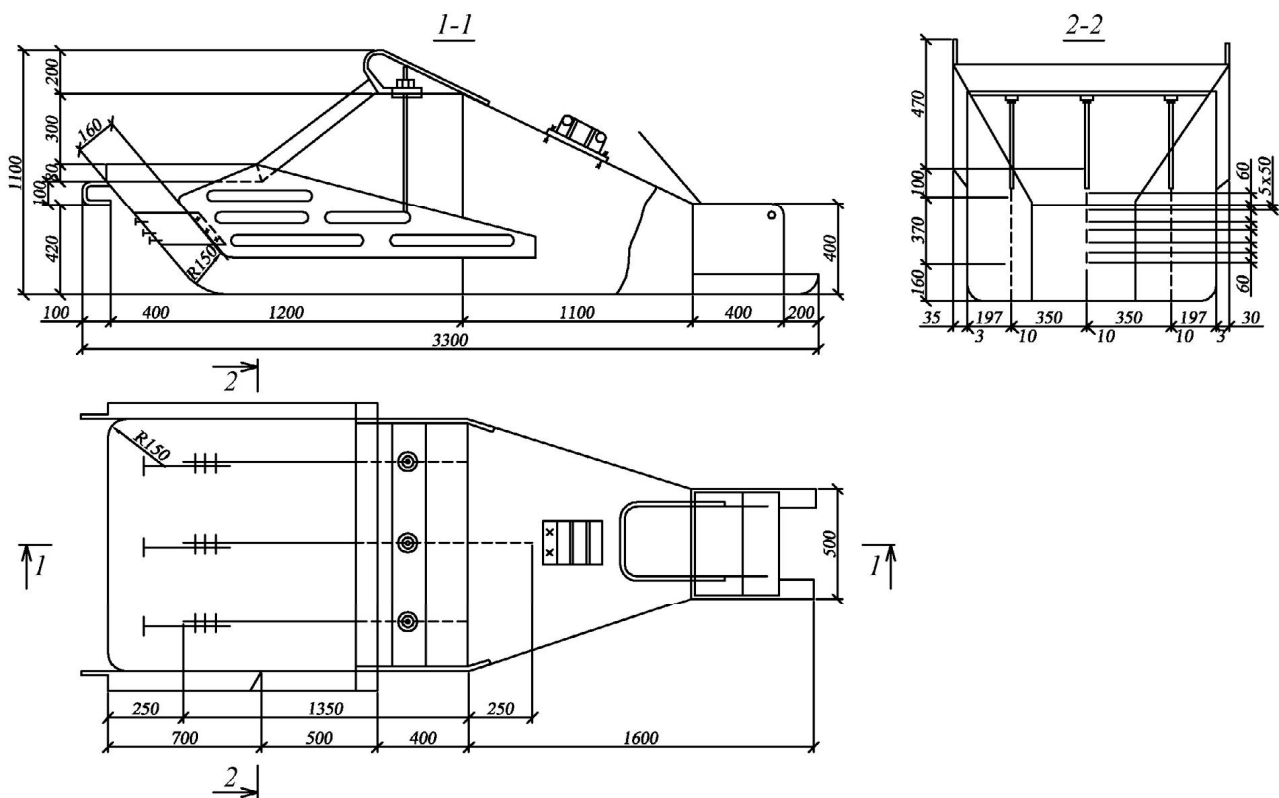


Рисунок 6.7 – Схема поворотного бункера для електропрогрівання бетонної суміші

Бадді обладнуються вібраторами для зручності їхнього вивантаження й забезпечення рівномірності розподілу суміші між електродами. Пост електропрогрівання суміші підмикається від КТП через окремий трансформатор (зазвичай 320 кВт) із самостійним щитом. Потужність трансформатора залежить від обсягу бетонної суміші, що розігрівається одночасно, і швидкості підвищення температури.

Розподільний щит обладнується амперметром, вольтметром, фазометром (для визначення коефіцієнта потужності), а трансформатор струму на кожній фазі – лічильником активної енергії, сигнальною арматурою, світильниками і сиреною. Пульт управління зосереджується в одному приміщенні. Електроенергія подається від трансформатора до бадді по гнучких кабелях, перетин яких розраховується.

Електропрогрівання бетонної суміші в баддях. Для проогрівання бетонної суміші на будівельних об'єктах обладнуються спеціальні пости у вигляді майданчиків, обгороджених дерев'яним або металевим сітчастим парканом не менше ніж 1,5 м заввишки, які планують заздалегідь. Розміри поста визначаються кількістю встановлених баддів і типом транспортних засобів, що доставляють бетонну суміш на будівельний майданчик. Бадді встановлюються на діелектричний настил, виконаний з дерева. Пост обладнується пультом управління розігріванням суміші, контуром заземлення, світильниками, кінцевими вимикачами (блокування), заземлювальним пристроєм, вібраторами і воротами.

Електропрогрівання бетонної суміші в баддях проводять в такій послідовності:

- бадді завантажують бетонною сумішшю з автобетонозмішувачів;
- під'єднують захисний і нульовий проводи, підключають електроди;
- у бетонну суміш встановлюють термопари або термодатчики;
- перевіряють надійність контактів, обслуговувальний персонал виходить за межі огорожі і на електроди подається напруга;
- у разі досягнення бетонною сумішшю заданої температури струм вимикають, потім послідовно відмикають електроди, нульовий провід та провід захисного заземлення;
- бункер із розігрітою сумішшю подається до місця укладання;
- після вивантаження суміші й ретельного очищення бадді її ставлять на попереднє місце.

Температура розігрівання суміші обумовлюється різновидом цементу (суміш на швидкотверднучому цементі розігрівається до 60 °С, на портландцементі – до 70 °С, на шлакопортландцементі – до 80 °С). Час розігрівання визначається наявними потужностями.

Вимоги щодо способу укладання розігрітої суміші. Обладнання для розігрівання, транспортування й укладання гарячої суміші має задовольняти вимоги щодо зниження тепло- й масовтрат, для чого необхідно передбачити:

- укриття поверхні бетонної суміші в процесі розігрівання;
- утеплення бункера;
- мінімальну відстань між постом розігрівання суміші й місцем її укладання у виробі та конструкції;
- укладання суміші великими порціями за обсягом і висотою;
- зменшення часу формування до мінімуму;
- вивантаження бетонної суміші з бункера із великим перетином через горловину бадді при мінімальній відстані від затвора до опалубки виробу;
- у процесі формування виробів і конструкцій влаштовувати загороджувальні екрани для убезпечення від вітру;
- після закінчення укладання вкрити непалублену поверхню бетону.

Механізми та обладнання для укладання розігрітих бетонних сумішей повинні забезпечувати мінімальний час виконання цих операцій. Необхідно уникати перевантаження розігрітої суміші.

Витримування конструкції. Важливим етапом виготовлення конструкцій із електропрогріванням суміші є витримування бетону в процесі набуття ним міцності. Особливу увагу потрібно приділяти режиму охолодження бетону. У разі різкого зниження температури зовнішнього повітря і виникнення небезпеки інтенсивнішого, ніж це передбачено розрахунком, охолодження бетону конструкцію необхідно додатково утеплити (додаткове утеплення має підтверджуватися розрахунком). Якщо й ці заходи не забезпечать рівномірного охолодження виробів і конструкцій, то потрібно вдатися до периферійного обігрівання.

Шляхом проведення експериментів встановлено, що конструкції з Мп до 4 м⁻¹ можна бетонувати гарячими сумішами без утеплення опалубки при температурі зовнішнього повітря до –40 °С, застосовуючи обов'язкове укриття конструкцій. Під час зведення конструкцій з Мп 4...8 м⁻¹ як утеплювач можна

використати суху дерев'яну опалубку не менше ніж 40 мм заввишки, укриваючи непалублену поверхню шаром утеплювача. Якщо M_p дорівнює 8 м^{-1} опалубку і відкриті поверхні додатково утеплюють, а в разі необхідності – обігривають конструкцію загалом.

Однак у будь-якому разі за якість виконання бетонних робіт потрібно контролювати, беручи до уваги вплив факторів навколишнього середовища.

6.4.6 Прогрівання бетону зігрівальними ізольованими проводами

Сутність методу і сфера застосування. З усіх методів обігривання бетону метод прогрівання за допомогою зігрівального проводу використовують найчастіше. Якщо у всіх методах прогрівання бетону передбачено підведення тепла від джерела тепловиділення до забетонованої конструкції ззовні і нагрівання поверхні супроводжується поступовим поширенням тепла у внутрішні шари бетону, то прогрівання за допомогою зігрівального проводу відбувається кондуктивно, зсередини конструкції, оскільки джерело тепловиділення – провід – розташовується безпосередньо в ній. У цьому й полягає перевага методу, оскільки все тепло, що виділяється нагрівачем, передається бетону.

Для прогрівання бетону в конструкціях застосовується спеціальний зігрівальний провід із жилою зі сталевого дроту в пластиковій ізоляції. Перед його застосуванням потрібно перевірити опір проводів, щоб визначити, на відрізки якої довжини їх розрізати для забезпечення необхідної температури прогрівання (необхідної потужності).

Найраціональніше застосовувати для струмонесучої жили зігрівальних проводів сталевий оцинкований або нецинкований дріт із діаметром 1...3 мм. У зігрівальних проводах підвищеної якості застосовують вуглецевий (канатний) сталевий дріт з великим питомим опором.

Для обігривання незначних обсягів бетону (стики, місцеві закладення), де використовують нагрівачі невеликої довжини, застосовують дріт із матеріалів з високим питомим опором – ніхром, константан тощо.

Як зігрівальні ізольовані проводи можуть використовуватися неметалеві полімерні дроти. Унікальність і новизна таких проводів полягають у тому, що використовується в них струмопровідна жила на композиційній основі, що складається з сотень найтонших полімерно-композиційних волокон, оброблених за спеціальною технологією, забезпечує інтенсивніше нагрівання дроту порівняно з металевими аналогами.

Принцип роботи неметалевих полімерних проводів полягає в згрупованості цих волокон у жмуток, у якому під час проходження струму вони, окрім нагрівання взагалі, спричиняють внутрішнє нагрівання волокон у жмутку одне від одного, створюючи висщу концентрацію теплової енергії. Усе це в підсумку призводить до зменшення витрат енергії на обігривання.

Струмопровідна жила з полімерного композиту заковчується в спеціальне полімерне покриття з термостійкістю до $130 \text{ }^\circ\text{C}$, перетворюючись за формою на електропровід із діаметром 3...6 мм, електроопором – 20...120 Ом/м і електричною потужністю – 8,0...20 Вт/м.

Провід характеризується високою гнучкістю і корозійною стійкістю. Вага 10...60 г/пог. м, може експлуатуватися при температурі до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$, підмикатися до змінного або постійного струму з напругою 12...220 В.

У разі відкритого використання зігрівальні проводи підмикають до електромережі через знижувальні трансформатори зі ступенями зниженої напруги 40...127 В, що дає змогу регулювати теплову потужність проводів під час змінювання температури середовища.

З огляду на надійність ізоляційного покриття проводів під час використання стандартних пристроїв електропідімкнення і автоматизації обігрівання допускається застосовувати напругу 110...220 В. У відкритому вигляді полімерний провід ефективно застосовується для прогрівання бетону в тонкостінних конструкціях перегородок, стяжок у покрівлях і підлогах.

Зігрівальні проводи з будь-якої жилою підмикають до електричної мережі з напругою до 220 В, і вони працюють як зігрівачі опору. Для живлення зігрівальних проводів використовують спеціальні понижувальні масляні трансформатори, трансформаторні або автоматизовані підстанції на їхній базі, які обладнані кількома ступенями понижувальної напруги, що дає змогу в широкому діапазоні регулювати теплову потужність проводів під час змінювання температури зовнішнього повітря.

Зігрівальний провід дуже зручний для прогрівання бетону в будь-яких конструкціях незалежно від особливостей їхнього армування і конфігурації. Він широко застосовується під час зведення монолітних багатоповерхових житлових будинків, у яких прогріваються перекриття, колони та інші конструкції.

Його почали застосовувати для обігрівання бетону стиків, швів і закладень; під час відігрівання раніше забетонованих конструкцій на контакт з бетоном, що знову укладається; під час обігрівання розчину в заін'єційованих каналоутворювачах, після натягнення арматурних канатів.

Обігрівання зігрівальними проводами монолітних конструкцій і стиків, що омонолічуються, а також швів можна поєднувати з іншими способами забезпечення необхідної температури тверднення бетону: термоактивні опалубки, термоактивні гнучкі покриття, повітряне прогрівання тепловими генераторами.

Накопичений досвід доводить, що прогрівання бетону зігрівальними проводами – один із найкращих методів. Правильно їх застосовуючи, можна отримати високоякісні бетонні та залізобетонні конструкції, зводячи їх за будь-яких температурних умов зовнішнього повітря.

Виконання робіт. Щоб забезпечити необхідний режим обігрівання, використовуючи зігрівальні проводи, що закладаються в бетон, необхідно дотримуватися таких вимог: запобігати механічним пошкодженням ізоляції під час установлення й кріплення проводів, палублення та укладання бетонної суміші, а також не допускати коротких замикань струмонесучої жили зі сталевими арматурами, металевою опалубкою та іншими металевими елементами під час вибору схем установлення проводів, які можуть виникати під час подавання на нагрівачі напруги електричного струму.

Перед установленням в конструкції зігрівальні проводи ріжуть на пасма розрахункової довжини. Встановлюють їх після монтажу арматури або її частини (залежно від різновиду споруджуваної конструкції). У монолітних колонах і стінах паси зазвичай встановлюють вертикально, намотуючи їх на каркаси або розміщуючи у вигляді паралельних струн на висоту бетоненованої частини конструкції (рис. 6.8).

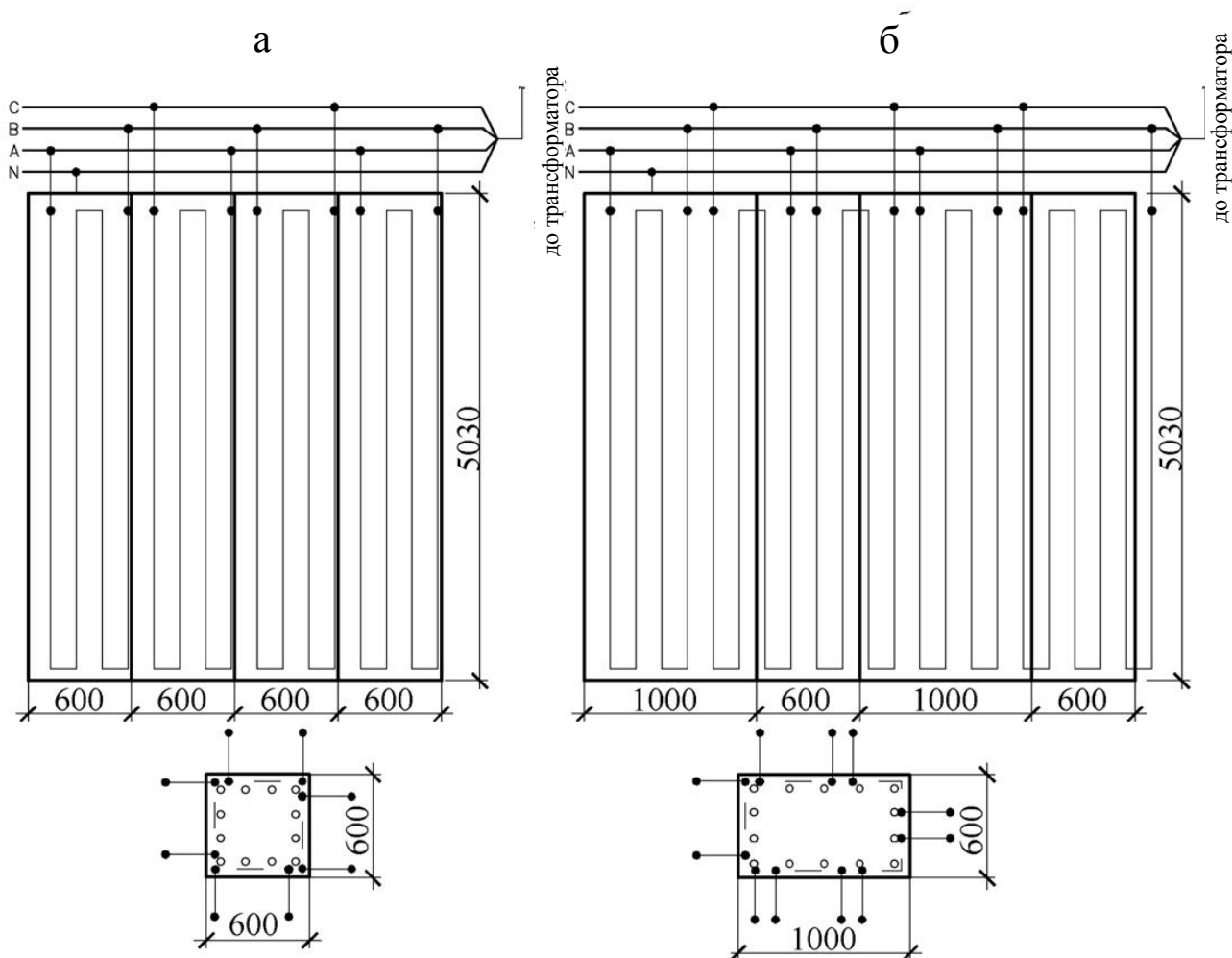


Рисунок 6.8 – Схема укладання зігрівальних проводів під час периферійного електропрогрівання колон: а – із перетином 600×600 мм; б – із перетином 600×1000 мм

Для обігрівання раніше забетонених конструкцій зігрівальні проводи встановлюються у верхній частині монолітної підготовки, фундаментів, підколонників тощо.

У монолітних перекриттях до 15 см завтовшки зігрівальний провід встановлюють на нижню арматурну сітку. У разі більшої товщини перекриття провід встановлюють по нижній і верхній сітках. Напрями розташування пасів, що прикріплюються до арматурних сіток, можуть бути різними.

У монолітних балках зігрівальний провід розташовується по бічних елементах арматурних каркасів.

Провід під час установлення кріпиться ззовні до арматурних каркасів або до арматурних сіток так, щоб під час бетонування він розташовувався в найзахиснішій щодо механічних пошкоджень зоні – між арматурою і опалубкою.

Кріплення дротяного нагрівача до арматури здійснюється без сильного натягання (із зусиллям до 3...5 кг) за допомогою м'якого в'язального дроту з діаметром не менше ніж 1,2 мм, відрізків ізолюваного проводу, поліпропіленового шпагата. До того ж суворо дотримуються цілісності ізоляції і її незмінюваності під час укладання й віброущільнення бетонної суміші. Під час установлення в кутах конструкції з різальними крайками під провід укладається додаткова електроізоляція (пластмасовий кембрик, пластмасові фіксатори).

Щоб унеможливити розплавлення й обгорання ізоляції, замикання на бетонну масу і перегорання струмопровідних жил обидва кінці дроту з'єднуються відводами з ізолюваного монтажного одножильного мідного дроту з жилою перерізом не менше ніж 2,5 мм². Заізолювані з'єднання зігрівальних проводів з відводами повинні розташовуватися в бетоні після укладання суміші.

Інші кінці відводів з мідного одножильного проводу з'єднують із інвентарною кабельною або з інвентарними секціями шинопроводів електророзведенням відкритого типу, що підводить електроживлення до зігрівальних проводів.

У цьому разі підімкнення зігрівальних проводів проводять таким чином, щоб забезпечити рівномірне завантаження всіх трьох фаз трансформатора. У разі вибору зігрівальних проводів необхідної довжини з декількох частин їх з'єднують скрутками, надійно ізолюючи в бетонній суміші.

Щоб зменшити трудомісткість робіт, як відводи використовують монтажні проводи – від групи з декількох нагрівачів із мінімальною кількістю вузлів з'єднань. Цього досягають підмикаючи решту суміжних нагрівачів у одній точці до відведення. Усі вузли з'єднань ізолюють водостійкою електроізоляційною стрічкою. Відводи від нагрівачів розташовують з одного боку монолітних конструкцій або по осьових лініях, помічуючи їх через один вузликами для зручності комунікації з мережею живлення. Забороняється фіксувати кінці і відводи проводів, прив'язуючи їх вузлом до арматури – це може призвести до їхнього місцевого перегрівання і, можливо, до перегорання під час подання напруги.

Після палублення перед укладанням бетону мегометром перевіряють, чи немає замикань у пасах зігрівальних проводів. До початку бетонування в разі наявності снігопадів заармовані конструкції із встановленими зігрівальними проводами ховають, щоб уникнути потрапляння в них снігу або води під час дощів. Температура бетонної суміші, укладеної в опалубку, не повинна бути нижчою, ніж 5 °С. З цією метою в барабанах автобетонозмішувачів, у бадях і після укладання кожного шару суміші в конструкції регулярно вимірюють температуру бетонної суміші на глибині 5...10 см.

Підмикають зігрівальні проводи до електромережі в процесі завершення робіт щодо укладання бетону та оброблення його поверхні на окремих ділянках бетонованої захватки, але не пізніше двох годин після укладання бетону, не допускаючи його підмерзання або заморожування і підімкнення нагрівачів на ділянках, де бетонна суміш ще не вклалася в конструкцію (див. рис. 6.9).

Тривалість прогрівання бетону залежить від необхідної розпалубної

міцності, установлені для різних видів конструкцій. Набуття бетоном міцності залежно від температури прогрівання може визначатися за графіками. Під час прогрівання бетону в горизонтальних конструкціях категорично забороняється ходити по тепло- й пароізоляції, якими укривається бетон, що прогривається.

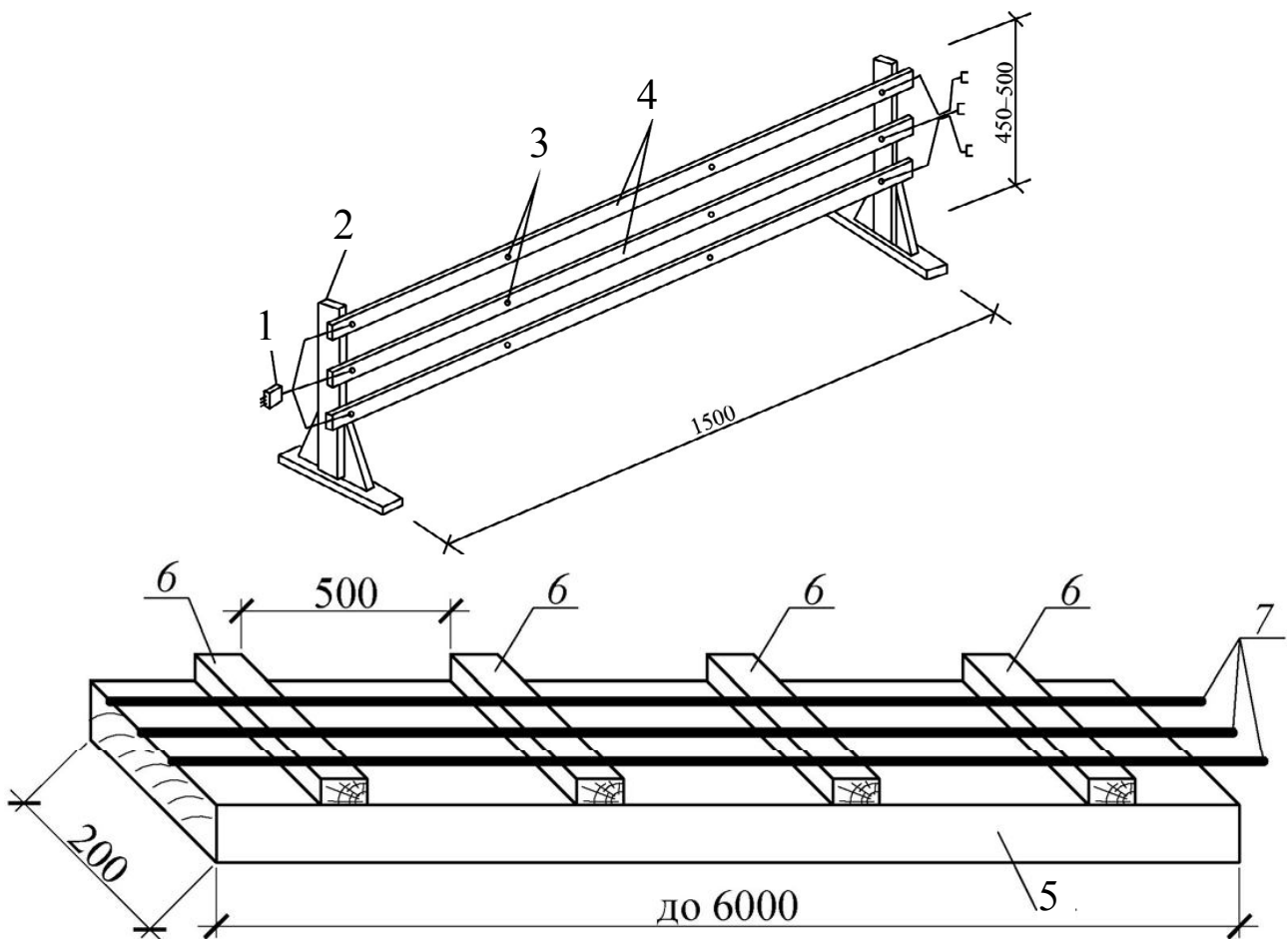


Рисунок 6.9 – Інвентарна секція шинопровода для комутації зігрівальних проводів:
 1 – кабельний відвід з роз'ємом; 2 – дерев'яний стояк; 3 – болти М6; 4 – шини зі сталеві штаби з перетином 40×3 мм; 5 – секція шинопроводу, виготовлена з дерев'яної дошки, що кріпиться безпосередньо до опалубки; 6 – дерев'яні бруски з перетином 40×40 мм;
 7 – алюмінієва катанка з діаметром 10 мм

Під час погонних навантажень на проводи, що перевищують 30 Вт/м в армованих монолітних конструкціях, рекомендується подавати на них напругу на шабелі нижче за розрахункову, а після 5...6 год зігрівання бетону перемикає трансформатор на розрахункове напруження.

У процесі тверднення бетону під час ізотермічного витримування напруга електроживлення нагрівальних проводів може бути знижена на один або два показника залежно від температури навколишнього середовища. Сила струму і напруга в живильному ланцюзі вимірюється не рідше двох разів за зміну, а в перші три години з початку прогрівання бетону – через кожну годину. Візуально перевіряється, чи немає іскріння в місцях електричних з'єднань.

Температуру бетону в процесі прогрівання контролюють за показами технічних термометрів або інших електронних пристроїв, датчики яких

занурюють у свердловини. За температурним контролем перевіряється, яким чином збільшується міцність бетону і коригується подавання напруги на живильні дроти.

Температурні датчики потрібно встановлювати:

- на вертикальних гранях – по одному (колони) або по одному на 10 м² площі грані (стіни й перегородки);
- на горизонтальних гранях – по одному (балки) або по одному на 10 м² площі грані (плити).

Після завершення ізотермічного витримування бетону його остужують за допомогою термосного витримування з якомога меншою швидкістю (5...10 °С/год), не більше 20 °С/год. У разі різкого зниження температури зовнішнього повітря і виникнення небезпеки інтенсивнішого охолодження бетону в конструкції забезпечують необхідну швидкість охолодження, періодично подаючи напругу на зігрівальні проводи протягом 0,3...0,5 год.

Підготування конструкції до бетонування. До початку електрообігрівання конструкції проводять такі підготовчі операції:

- встановлюють опалубку, арматурні сітки й каркаси (допускається застосовувати інвентарну опалубку різних конструкцій і типів);
- на рівні нижньої і верхньої арматурних сіток розкладають нагрівальні дроти;
- опалубку й арматуру очищують від сміття, снігу, криги;
- на рівному майданчику на відстані не більше ніж 25 м від ділянки електрообігрівання конструкції встановлюють трансформаторну підстанцію або інші трансформатори, використововувані для цих цілей;
- обгороджують робочу зону й проводять сигналізацію та освітлення згідно з ПВР;
- уздовж захватки встановлюють секції шинопроводів;
- за допомогою проводу марки АПР зігрівальні проводи підмикають до секцій шинопроводів:
- за допомогою кабелю марки КГПТ шинопровід підмикають до трансформаторної підстанції;
- поблизу трансформаторної підстанції і розподільних шаф встановлюють дерев'яні настили, покриті гумовими килимками;
- монтують протипожежний щит із вуглекислотними вогнегасниками, у робочій зоні розміщують таблички з безпеки і охорони праці;
- до мережі живлення підмикають трансформаторну підстанцію і тестують її на неробочому ході, а також перевіряють роботу тимчасового освітлення й систем автоматики температурного регулювання;
- робочу ланку забезпечують необхідним інструментом, індивідуальними засобами захисту, проводять інструктаж;
- після розкладання нагрівальних проводів і підімкнення їх до шинопроводу починають укладати й обігрівати бетонну суміш.

Підготовляючи та укладаючи бетонну суміш за негативних температур, необхідно дотримуватися таких вимог:

– знімати полії, використовуючи пару або гарячу воду, неприпустимо. Якщо температура повітря нижче ніж $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, арматуру з діаметром понад 25 мм, а також арматуру прокатних профілів і великі металеві закладні деталі потрібно відігрівати до позитивної температури. Усі виступні заставні частини й випуски необхідно додатково утеплити;

– бетонну суміш потрібно укласти безперервно, без перевантаження, за допомогою засобів, що забезпечують мінімальне охолодження суміші під час її подавання;

– температура бетонної суміші, укладеної в опалубку, не повинна бути нижчою $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Контроль якості під час прогрівання бетону зігрівальними ізолюваними проводами. Перед початком бетонування перевіряють наявність утеплювальних матеріалів, трансформаторів напруги, нагрівальних проводів, а також струмовимірних кліщів, вольтметра, діелектричних килимків, рукавичок. Необхідно перевіряти, чи немає механічних пошкоджень ізоляції проводів, комунікаційної мережі, знижувальних трансформаторів та іншого електрообладнання.

Не менше двох разів за зміну вимірюють температуру бетонної суміші в барабанах автобетонозмішувачів, у баддях і після укладання й ущільнення кожного шару в конструкцію – на глибині 5...10 см.

До початку укладання бетонної суміші перевіряють якість очищення основи й арматури від снігу та криги.

Після бетонування контролюють захищеність відкритих поверхонь конструкцій плівкою, а також товщину утеплювача поверх неї.

Температуру бетону, що зігрівається, контролюють за допомогою технічних термометрів. Кількість точок вимірювання температури встановлюється в середньому, із розрахунку не менше однієї точки на кожні 3 м^3 бетону, 6 м довжини конструкції, 10 м площі перекриття, 40 м^2 площі підготовок підлог, днищ. Температуру бетону вимірюють так:

– у бетон закладаються трубки з ПВХ по 10...15 см завдовжки;

– усі отвори для вимірювання температури нумеруються;

– час вимірювання температури – 3...4 хв;

– термометри під час вимірювання температури необхідно ізолювати від навколишнього повітря.

Температуру бетону вимірюють у процесі нагрівання не менше, ніж через 2 год, у період ізотермічного прогрівання – 2 рази за зміну. У процесі охолодження температуру тонкостінних конструкцій до 10 см завтовшки вимірюють через 4 год, а в середньомасивних конструкціях, товщина яких понад 15 см, – один раз за зміну. Температуру бетону вимірюють у найбільше нагрітих і найбільше охолоджених зонах конструкцій.

Швидкість охолодження бетону після закінчення теплового оброблення для конструкції з модулем поверхні від 5 до 10 повинна становити не більше ніж $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$, понад $10\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$. Один-два рази за зміну вимірюють температуру зовнішнього повітря. Результати вимірювань фіксуються в температурному аркуші.

Не менше ніж два рази за зміну, а в перші три години від початку обігрівання бетону – через кожну годину, необхідно вимірювати силу струму й напругу в живильному ланцюзі. Візуально перевіряється, чи не спостерігається іскріння в місцях електричних з'єднань.

Міцність бетону прогнозують відповідно до фактичного температурного режиму на найменше нагрітих ділянках. Щоб встановити, чи достатнім було витримування бетону в опалубці або під утеплювачем, необхідно визначити кількість градусо-годин бетону в процесі витримування. Для цього потрібно визначити середню температуру бетону між двома вимірюваннями, починаючи з моменту закінчення бетонування конструкції і укриття непалублених поверхонь, і помножити їх на час у годинах між вимірюваннями температури; підсумувати отримані дані, а потім розділити на 20 °С. За отриманим часом тверднення бетону, якщо температура становить 20 °С, за графіком збільшення міцності бетону, що застосовується на будівництві складу, визначити очікувану міцність бетону в конструкції. Після розпалублення за допомогою неруйнівних методів контролю визначають міцність зігрітого бетону, що має позитивну температуру.

Теплоізоляцію знімають не раніше того моменту, коли температура бетону в зовнішніх шарах конструкції досягне +5 °С, і не пізніше, ніж шари охолонуть до 0 °С. Не допускають примерзання опалубки і теплозахисту до бетону.

Щоб запобігти появі тріщин у конструкціях, різниця між температурами відкритої поверхні бетону й зовнішнього повітря не повинна перевищувати:

- 20 °С для монолітних конструкцій із модулем поверхні до 5 м⁻¹;
- 30 °С для монолітних конструкцій з модулем поверхні 5 м⁻¹ і більше.

Якщо дотримуватися зазначених умов неможливо, поверхню бетону після розпалублення необхідно вкрити брезентом, толлю або щитами.

Виробничий контроль якості електрообігрівання здійснюють виконроби й майстри за участю фахівців електротехнічних служб будівельних організацій.

Виробничий контроль включає вхідний контроль електротехнічного обладнання, експлуатаційних матеріалів і бетонної суміші, операційний контроль окремих виробничих операцій і оцінювання відповідності якості монолітної конструкції вимогам проекту й нормативних документів.

Під час здійснення вхідного контролю електротехнічного обладнання, експлуатаційних матеріалів і бетонної суміші шляхом зовнішнього огляду перевіряють, чи відповідають вони нормативним і проектним вимогам, а також наявність і зміст паспортів, сертифікатів та інших супровідних документів.

Операційний контроль передбачає перевірення дотримання складу підготовчих операцій, технології налагодження електрообігрівального обладнання та пристроїв, укладання бетону в конструкцію відповідно до вимог робочих креслень, норм, правил і стандартів, процесу електрообігрівання, температури, сили струму й напруги, які мають відповідати розрахунковим даним.

Під час проведення оцінювання відповідності виконаних робіт перевіряють якість монолітної конструкції, щодо якої було застосовано обігрівання електричними зігрівальними проводами.

Приховані роботи підлягають огляду із складанням актів за встановленою формою. Забороняється розпочинати інші роботи, якщо немає актів огляду попередніх прихованих робіт.

6.5 Обігрівання бетону в зігрівальній опалубці

Сутність методу та сфера його застосування. Метод базується на явищі передавання теплоти через розподільну стінку (палубу щита) в поверхневий шар бетону від електронагрівачів, установлених в утепленій опалубці. Теплота в товщі бетону здебільшого розподіляється шляхом теплопровідності.

Застосування зігрівальної опалубки в поєднанні з іншими способами термооброблення і вистоявання бетону (із попереднім електророзігріванням, використання «термоса», хімічних добавок – прискорювачів тверднення) дає змогу значно розширити сферу застосування кожного способу й підвищити їхню ефективність.

Зігрівальна опалубка використовується для компенсації теплових втрат за допомогою пристінних шарів бетону. Незалежно від того, чи змінюється температура зовнішнього повітря, можна обігрівати й витримувати температуру бетону в заданих межах, регулюючи тривалість охолодження монолітних конструкцій за заданим режимом.

Зігрівальну опалубку застосовують для обігрівання тонкостінних і середньомасивних конструкцій (із будь-яким ступенем армування) при температурі зовнішнього повітря до -40 °С. Обігріватися за допомогою зігрівальної опалубки можуть і масивні конструкції в районах, де протягом доби спостерігаються різкі перепади температури. У цьому разі застосовують «регульований термос», витримуючи розрахункову тривалість охолодження монолітних конструкцій.

Зігрівальну опалубку використовують для обігрівання бетону, укладеного в стики, шви й місцеві закладення, для відігрівання мерзлих ґрунтових, бетонних і штучних основ, видалення криги з арматури тощо.

Конструкції зігрівальної опалубки з електричними нагрівачами. Конструкція опалубки повинна відповідати вимогам нормативної документації і забезпечувати рівномірну температуру на палубі щита. У конструкції мають бути передбачені доступність нагрівальних елементів і простота замінування нагрівачів у разі виходу їх з ладу.

Як утеплювачі застосовуються теплоізолювальні матеріали, об'ємна маса яких не більше ніж 200 кг/м³. Щільність утеплювача не повинна перевищувати паспортну більш ніж на 15 %, вологість – на 6 %. Утеплювач повинен забезпечувати стабільність теплофізичних властивостей опалубки.

У конструкціях опалубки застосовуються стандартні електричні нагрівачі. Під час використання нестандартних нагрівачів ретельно контролюють електричну потужність і опір, а також стабільність електричних показників. Електричний опір ізоляції нагрівачів і комутувального розведення має становити не менше $0,5$ Мом (див. рис. 6.10, а, б).

Як нагрівачі застосовуються трубчасті електронагрівачі (ТЕНи), що обігрівають проводи й кабелі, гнучкі тканинні, зокрема вуглецеві тканини й стрічки. Можуть застосовуватися нестандартні нагрівачі, виготовлені з дроту (сталевий, ніхромовий тощо) із високим омичним опором, а також сітчасті, пластинчасті, куто-стрижневі тощо.

Термін використання нагрівачів повинен становити не менше 1000 год. Низькотемпературні нагрівачі застосовують при низьких температурах, м'яких режимах обігрівання; під час їх використання необхідно ретельно контролювати температуру.

Нагрівальні кабелі типу КНС розраховані на високу температуру й мають більший термін використання, тому їх доцільно застосовувати в інвентарних багатообертових опалубках у разі високих температур обігрівання.

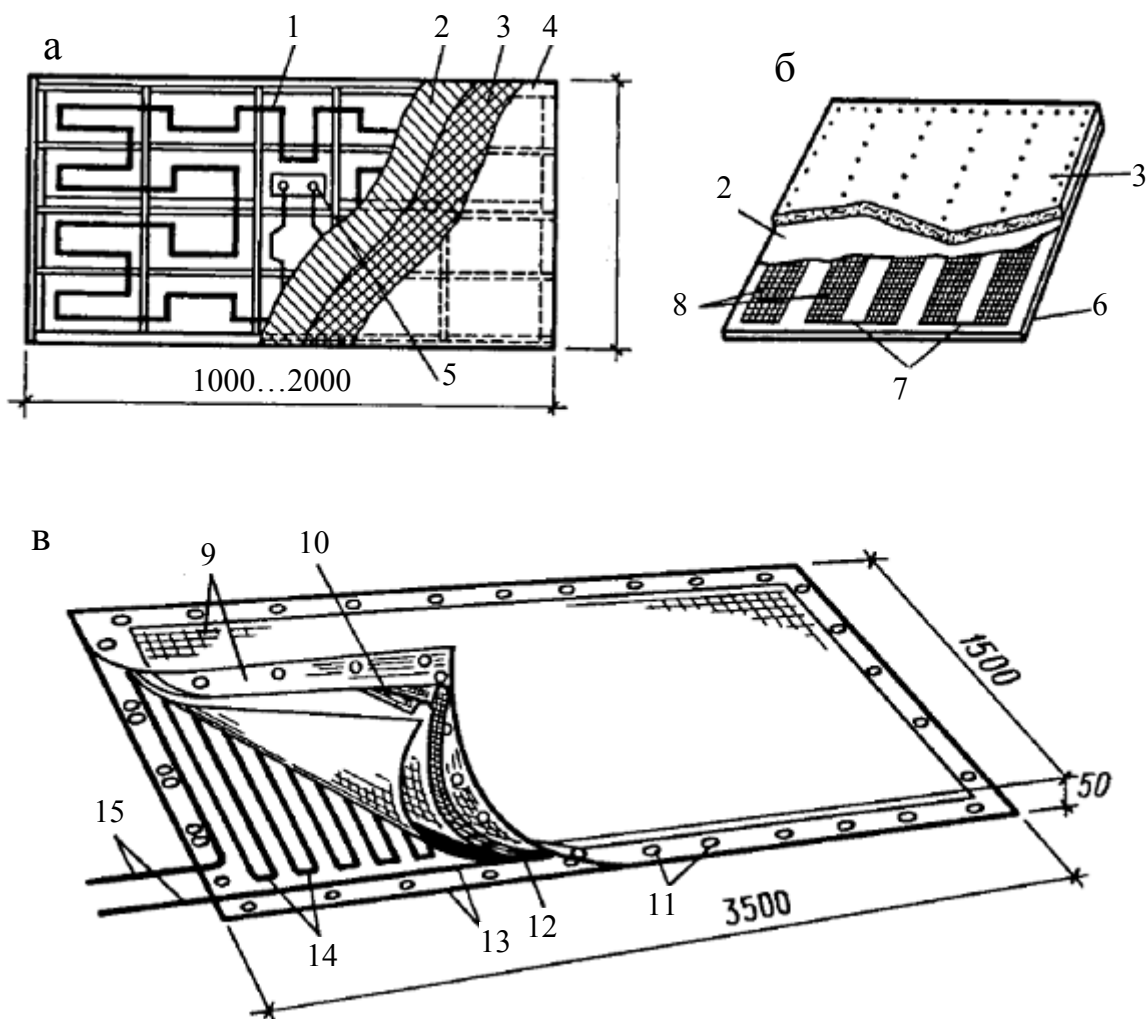


Рисунок 6.10 – Технічні засоби для кондуктивного нагрівання бетону: а – термоактивна опалубка із нагрівальними кабелями; б – те саме, із сітчастими зігрівальними елементами; в – термоактивне гнучке покриття із нагрівальним проводом; 1 – зігрівальний провід; 2 – листова пластина азбесту; 3 – мінеральна вата; 4 – захисний сталевий лист; 5 – клема; 6 – палуба із фанери; 7 – розвідні шини; 8 – сітчасті зігрівальні елементи; 9 – захисний чохол; 10 – алюмінієва фольга; 11 – отвори для кріплення утеплювача; 12 – утеплювач; 13 – листова гума; 14 – нагрівальний провід; 15 – комутаційний вивід

Високотемпературні трубчасті нагрівачі доцільно застосовувати в великогабаритних опалубках, що монтуються за допомогою крана. ТЕНи можуть застосовуватися при будь-яких режимах обігрівання.

Конструкції інвентарних гнучких зігрівальних покриттів. Під час обігрівання монолітного бетону, укладеного в дорожні основи й покриття, у підготовки під підлоги, у стики між збірними елементами, а також під час відігрівання мерзлих ґрунтових і штучних основ застосовують інвентарні термоактивні гнучкі покриття (ТАГП).

ТАГП є легким, гнучким, гідроізолюваним нагрівальним пристроєм, призначеним для периферійного радіаційно-конвективного або контактного обігрівання різних видів бетонних і залізобетонних конструкцій із відкритими горизонтальними й вертикальними поверхнями при температурі зовнішнього повітря до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура обігрівання повинна бути не більшою за $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ (див. рис. 6.10, в).

Як електронагрівачі, у ТАГП застосовують дроти, вуглецеву тканину й стрічки, одержувані шляхом обвуглювання віскози в нагрівальних печах без доступу повітря. У разі відповідного техніко-економічного обґрунтування можна застосовувати дротяні нагрівачі з металів із високим питомим омичним опором.

Нагрівач ТАГП вибирають залежно від максимальної температури обігрівання й заданих робочих параметрів, він може складатися з однієї або декількох груп нагрівальних проводів або смуг вуглецевої тканини, з'єднаних в електричний ланцюг послідовно, паралельно або «зіркою» чи «трикутником». Геометричні розміри, комутаційні й кріпильні пристрої гнучких ТАГП повинні бути уніфікованими, що уможливило обігрівання поверхні будь-якої конфігурації.

ТАГП повинні забезпечувати рівномірне обігрівання бетону при температурі не вище заданої по всій площі контакту з поверхнею бетону.

У ТАГП неприпустимо допускати перегрівання нагрівача під час експлуатації за температурою швидкого окислення (сітчасті нагрівачі), розм'якшення електроізоляції та температури девулканізації гуми, що досягається відповідністю поверхневої питомої потужності нагрівача і потужності розсіювання тепла за певної конструкції опалубки (матеріал опалубки, ізоляція нагрівача, утеплювач), обсягу й модуля поверхні конструкції, що обігрівається, а також температурою зовнішнього повітря.

Обігрівання бетону в зігрівальній опалубці із використанням ТАГП. Перед палубленням перевіряють цілісність ізоляції електронагрівачів і електричної розводки, відповідність провідників і питомої потужності нагрівачів та опалубки паспортним даним, ступінь ущільнення й вологість утеплювача.

Для просушування утеплювача перед бетонуванням опалубку підмикають до напруги на 3...4 год. Цілісність ізоляції електронагрівачів і комутованої розводки перевіряють шляхом зовнішнього огляду, омичний опір нагрівачів – за допомогою мегометра, питому потужність – ваттметром.

Транспортують і зберігають щити зігрівальної опалубки у вертикальному положенні в касетах або горизонтально в штабелях на дерев'яних та інших прокладках, висота яких на 30...40 мм перевищує висоту виступних

електричних роз'ємів. Зібрана опалубочна форма повинна виступати над поверхнею бетону на 5...10 см. Відкриті поверхні забетонованих конструкцій захищають вологонепроникною плівкою і утеплювачем із коефіцієнтом теплопередачі не більше ніж $2,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Утеплювач із такими самими теплоізолювальними властивостями застосовують для укриття відігрітих ділянок ґрунтових, бетонних або інших основ, які виступають за зовнішні межі термоактивних опалубних форм.

Для збільшення оборотності термоактивної опалубки допускається її демонтаж після ізотермічного витримування бетону, якщо це дозволяє міцність бетону. Процес охолодження конструкцій повинен відбуватися під укриттями з мінераловатних ковдр, брезенту тощо.

Укладати бетонну суміш доцільно в попередньо підігріту опалубку. Це дає змогу скоротити терміни обігрівання, знизити деформативні напруги в бетоні й опалубці, відігріти арматуру й підвищити температуру основи (попереднього бетону). Залежно від умов виконання робіт доцільно застосування ТАГП в комплексі з іншими методами теплового оброблення бетону: попереднім розігріванням бетонних сумішей, обігріванням щитів опалубки, обігріванням гарячим повітрям тощо.

Висновки

Вибір того чи іншого методу залежить від різновиду й масивності конструкції, складу та необхідної міцності бетону, метеорологічних умов виконання робіт, енергетичної оснащеності будівельного майданчика тощо. Успішність зимового бетонування обумовлюється безперервністю й достатньою інтенсивністю укладання бетонної суміші з перекриттям раніше укладеного шару, без зниження в ньому температури нижче за передбачену і обов'язковими є цілодобова робота й постійний контроль якості бетону. Мінімальна температура бетонної суміші, що укладається в конструкцію, повинна бути не нижчою $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

У наш час темпи зведення монолітних будівель значно зросли. До того ж помітно скоротилися терміни витримування монолітних конструкцій до 1...3 діб при розпалубній міцності до 50...70 % від проектної. Винайдено легкі теплоізоляційні матеріали, різноманітні електронагрівачі, зігрівальні кабелі, дроти, термоопалубка, прилади для визначення температури бетону, що твердне, і засоби автоматичного управління режимами витримування конструкцій.

Комп'ютерне програмне забезпечення дає змогу не тільки розраховувати й прогнозувати технологічні параметри, але й оптимально керувати технологічними процесами. Отже, метою зимового бетонування є запобігання замерзання бетону на ранніх етапах, забезпечення належних умов його тверднення, що забезпечує набуття ним критичної міцності.

Якщо бетон до замерзання набуває необхідної початкової міцності, то всі зазначені вище процеси не впливають на нього негативно.

Критерій морозостійкості – найбільша межа міцності, виражена у відсотках від проектної міцності у віці 28 діб, у разі досягнення якої бетон може бути заморожений без зменшення його показників після продовження тверднення при настанні позитивних температур.

Величина нормованої критичної міцності залежить від таких чинників, як тип монолітної конструкції, клас застосовуваного бетону, умови його витримування, термін застосування щодо конструкції проектної потужності, умов експлуатації, і становить:

– для бетонних і залізобетонних конструкцій з ненапруженою арматурою 50 % проектної міцності для бетону класу В7,5–В10, 40 % – для бетону класу В12,5...В25 і 30 % – для бетону В30 і вище.

Умовою досягнення бетоном критичної міцності за негативних температур зовнішнього повітря є забезпечення необхідних температури вологості для тверднення з моменту приготування бетонної суміші, доставлення, укладання й витримування її в опалубці.

Опалубки для виконання бетонних робіт

Таблиця А.1 – Приклади та відмінні особливості опалубок

Найменування. Відмінні особливості
<p style="text-align: center;">1</p> <p style="text-align: center;">Великощитова стінова опалубка Гамма Каскад</p>  <p>Марка сталі – Ст3. Максимально можливий тиск на 1 м² – 90 кПа; фосфоризація опалубки або порошкове напilenня забезпечують захист від іржі й зовнішню привабливість; варіювання висоти щитів – 1,5 м; 3,3 м; 3,0 м; варіювання ширини щитів – від 0,3 м до 1,2 м; товщина використовуваної фанери – 0,18 м; щільність ламінату фанери – 220 г/м²; вага конструкції – 45 кг на 1 м² площі; кількість робочих циклів каркаса – 400; кількість робочих циклів палуби – не менше ніж 75; ймовірний прогин при дозволеному навантаженні не перевищує 400.</p>
<p style="text-align: center;">Опалубка стін великощитова Крамос</p>  <p>Стінова опалубка Крамос серії Сімба може застосовуватися як на великих, так і на малих будівельних об'єктах, що забезпечується необхідною кількістю типорозмірів щитів і комплектуючих; розрахунки і випробування елементів опалубки свідчать про їхні можливості, зокрема: усі щити різняться значною жорсткістю конструкції (прогини не більше 1/400 прогону в разі тиску бетонної суміші – 80 кН/м²), опалубка забезпечує отримання якісних поверхонь стін, які не потрібно більше обробляти</p>

1

Опалубка стін великощитова Мекос



Системи великощитових опалубок широко застосовуються для стін стандартної висоти і простих за конструкцію. Конструкційні особливості щитової опалубки забезпечують стійкість, твердість, міцність, будівлі, що зводиться, з її допомогою легко можна зводити різноманітні конфігурації стін із різним перетином. Алюмінієва щитова опалубка відрізняється від сталеві високою стійкістю щодо корозії і незначною вагою, що значно знижує витрати на будівництво і забезпечує можливість збирання/розбирання вручну. У разі зайнятості підйомального крана монтаж опалубки можуть проводити 2...4 робітники. Із щитів алюмінієвої опалубки можна збирати різні за розмірами й конфігурацією панелі, тому використовувати ці системи можна в будь-якій будівлі або споруді.

Опалубка сталева дрібнощитова ГБІ



Маса найбільшого щита становить менше 50 кг, що дає змогу здійснювати монтаж вручну; за допомогою ударного замка можна швидко з'єднувати щити; монтаж дрібнощитової опалубки дуже простий і не потребує спеціальної підготовки будівельників.

1

Опалубка фундаментів дрібнощитова сталева МБК



Незначна вага опалубних щитів системи МБК дає змогу створювати багаступінчасті фундаменти в один етап. До того ж розбірно-переставна опалубочна система внаслідок широкого асортименту допоміжних елементів до 50 кг, зокрема щитів із невеликою площею (менше 1 м²) таких монолітних конструкцій, як ступінчасті, і оптимальна в разі малоповерхового будівництва: уможливорює формування стрічкових фундаментів, колодязів, резервуарів, глибоких шахт тощо без складних дерев'яних доборів

Опалубка ліфтових шахт балково-ригельна



Якість поверхні ідеальна; висока несуча здатність і можливість бетонувати стіни великої висоти за один етап; універсальність опалубки, що забезпечує виконання робіт будь-якої складності і конфігурації; можливість збирати великі карти, значно зменшуючи час монтажу опалубки; унікальність конструкції, що дає змогу використовувати цю систему там, де застосування інших різновидів опалубних систем не допускається; відносна дешевизна; власне виробництво, що дає змогу доставити опалубку на об'єкт у найкоротші терміни

1

Опалубка Текко зі змінною геометрією



Висока якість монолітних робіт, чітка геометрія фундаменту і економія на матеріалах для дерев'яної опалубки; висока швидкість монолітних робіт; можливість установлення опалубки вручну в будь-якому місці без будівельної техніки; універсальність щитів опалубки під будь-які типи й різновиди фундаментів

Опалубка перекриттів на телескопічних стійках



Стійка заввишки 3,7 м має робочий діапазон по висоті, який співвідноситься з більшістю висот, закладених у проектах, і становить 2025...3715 мм; інші стійки – 1485...4950 мм; опорні гайки стійки виконані з ковкого чавуну, який рекомендовано для використання в будівництві при високих ударних навантаженнях; усі стійки будь-якої партії характеризуються стовідсотковою відповідністю заявленим технічним показникам; вантажопідйомність до 3 т (допустиме навантаження обумовлюється схемою кріплення); робочі діапазони по висоті дають змогу здійснювати прив'язку до проектів будь-якої складності; легкість конструкції; значна швидкість монтажу й демонтажу; зручність транспортування і зберігання

Транспорт і обладнання для виконання бетонних робіт



Таблиця Б.1 – Технічні характеристики вертикальної круглої неповоротної бадді БН (дзвіночок)


Модель	Об'єм, м ³	Вантаж- ність, кг	Тип затвора	Ширина, мм	Висота, мм	Маса, кг
БН-0,5	0,5	1500	щелепний	1400	1400	185
БН-1,0	1,0	2500	щелепний	1330	1870	225
БН-1,5	1,5	3500	щелепний	1570	1940	310
БН-2,0	2,0	5000	щелепний	1570	2310	350



Таблиця Б.2 – Технічні характеристики поворотної бадді БП (туфелька)

Модель	Об'єм, м ³	Вантаж- ність, кг	Довжина, мм	Ширина, мм	Висота, мм	Маса, кг	Тип затвора
БП-0,5	0,5	1300	3260	750	1040	315	щелепний
БП-1,0	1,0	2500	3300	1500	1000	400	щелепний
БП-1,5	1,5	3400	4014	1232	1040	617	щелепний
БП-1,6	1,6	3500	3900	1500	1000	420	щелепний
БП-2,0	2,0	5000	3900	1520	1150	470	щелепний
БП-3,0	3,0	7000	3200	1520	1520	950	щелепний

Таблиця Б.3 – Технічні характеристики стрілових автомобільних кранів


Марка крана	Довжина стріли, м	Виліт стріли, м	Вантажність, основного крюка, т	Висота підймання крюка, м	Задній габарит, м	Габарити, м		
						Довжина	Ширина	Висота
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 16...17 т								
								
Івановець КС-35714	8 14 18	1,9–6,7 4,0–13,3 5,6–16,0	16,0–4,8 6,15–1,3 4,0–0,7	9,0–3,6 14,6–4,8 18,4–10,0	3,4	10,0	2,5	3,4
Івановець КС-35714К	8 14 18	1,9–6,5 4,0–13,0 5,6–17,6	16,0–4,8 6,15–1,3 4,0–0,6	9,1–3,6 14,5–4,5 18,2–5,2	3,2	10,0	2,5	3,7
гусачок 7 м	18	8,0–17,2	1,95–0,55	25,0–19,0				
Івановець КС-35714К-2	8 14 18	1,9–7,0 4,0–13,0 5,5–17,0	16,0–4,8 6,15–1,3 4,0–0,6	9,1–3,6 14,5–4,7 18,4–5,4	3,2	10,0	2,5	3,95
гусачок 7 м	18	8,0–17,3	1,95–0,55	25,0–19,0				
Івановець КС-35714К-3	8 14 18	1,9–7,0 4,0–13,1 5,7–17,1	16,0–4,8 6,15–1,3 4,0–0,6	9,4–3,0 14,6–4,8 18,3–5,4	3,4	10,0	2,5	3,78
гусачок 7 м	18	8,0–17,4	1,95–0,55	24,7–19,0				
Івановець КС-35715	8 14 18	1,9–6,7 4,0–13,2 5,7–17,5	16,0–4,8 6,15–1,3 4,0–0,6	9,1–3,6 14,5–4,7 18,4–5,4	3,2	10,0	2,5	3,85
гусачок 7 м	18	8,0–17,3	1,95–0,55	25,0–19,0				
Івановець КС-35714-2	8 10 12 14	2,5–7,0 2,6–9,0 3,6–11,0 4,0–13,0	17,0–4,95 11,0–3,3 8,0–2,2 5,5–1,6	8,5–2,5 10,7–2,9 12,6–3,3 14,4–3,6	3,4	10,0	2,5	3,36
гусачок 7 м	14	6,4–16,0	1,95–0,45	21,5–14,0				

Продовження таблиці Б.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Івановець КС-35715-2 гусачок 7 м	8	2,5–7,0	17,0–4,95	8,5–2,4	3,2	10,0	2,5	3,85
	10	2,7–9,0	11,0–3,3	10,7–2,7				
	12	3,5–11,0	8,0–2,2	12,7–3,2				
	14	4,0–13,0	5,5–1,6	14,4–3,5				
	14	6,5–16,0	1,95–0,45	21,5–14,0				
Івановець КС-35714-10 гусачок 9 м	9	2,0–7,5	16,0–6,5	9,7–3,2	2,4	10,88	2,5	3,81
	11	2,5–9,5	15,0–4,8	11,5–3,5				
	13	3,0–11,0	15,0–3,8	13,5–5,5				
	15	4,0–13,0	14,6–2,9	15,5–5,7				
	17	4,5–15,0	12,0–2,1	17,5–5,8				
	19	5,0–17,0	9,7–1,62	19,0–6,4				
	21	6,0–19,0	6,5–1,21	20,8–6,6				
	23	7,0–21,0	4,2–0,93	22,7–7,0				
	23	8,5–30,0	2,4–0,33	32,2–9,2				
Вантажність 25 т								
								
Івановець КС-45717-1 гусачок 7 м	9	2,0–8,0	25,0–6,35	10,0–3,0	3,6	10,9	2,5	3,6
	15	3,8–13,7	13,7–2,15	15,8–3,0				
	21	5,5–19,7	6,35–0,9	21,3–8,0				
	21	8,0–17,0	1,95–0,6	28,3–23,3				
Івановець КС-45717К-1 гусачок 7 м	9	2,0–8,0	25,0–6,35	10,0–3,0	3,6	10,9	2,5	3,6
	15	3,8–13,7	13,7–2,15	15,8–3,0				
	21	5,5–19,7	6,35–0,9	21,3–8,0				
	21	8,0–17,0	1,95–0,6	28,0–23,1				
Івановець КС-45717К-2 гусачок 7 м	9	2,0–8,0	25,0–6,35	10,0–3,0	3,2	11,0	2,5	3,6
	15	3,8–13,7	13,7–2,15	15,8–3,0				
	21	5,5–19,7	6,35–0,9	21,3–3,5				
	21	8,0–17,0	1,95–0,6	28,2–23,2				
Івановець КС-45717К-3 гусачок 7 м	9	2,0–8,0	25,0–6,35	10,0–3,0	3,2	10,83	2,5	3,95
	15	3,8–13,7	13,7–2,15	16,0–3,0				
	21	5,5–19,7	6,35–0,9	21,0–3,5				
	21	8,0–17,0	1,95–0,6	28,0–23,2				

Продовження таблиці Б.3


1	2	3	4	5	6	7	8	9
Івановець КС-45717А-1 гусачок 7 м	9	2,0–7,7	25,0–6,35	10,0–3,0	3,2	11,0	2,5	3,9
	15	3,5–13,7	13,75–2,15	15,8–3,0				
	21	5,5–19,7	6,35–0,9	21,3–3,5				
	21	8,0–17,0	1,95–0,6	28,2–23,2				
Івановець КС-45717-1Р гусачок 9 м	9,9	1,9–8,5	25,0–7,0	11,0–3,0	3,2	12,0	2,5	3,82
	17	4,0–16,0	16,6–2,2	18,0–3,0				
	23	5,5–23,6	9,3–1,19	24,0–3,5				
	30,7	7,5–29,0	5,0–0,41	31,5–7,0				
	30,7	9,0–31,0	3,0–0,25	40,3–24,5				
39,7	9,0–31,0	3,0–0,25	40,3–24,5					
Галичанин КС-55713-1 гусачок 9 м	9,7	3,25–8,0	25,0–5,5	9,0–4,0	2,95	12,0	2,5	3,6
	15,7	4,0–14,0	11,0–1,4	16,0–4,0				
	21,7	6,0–18,0	6,0–0,5	21,5–9,0				
	21,7	10,0–18,0	1,35–0,25	32,5–25,5				
	30,7	10,0–18,0	10,0–18,0	32,5–25,5				
Галичанин КС-55713-3	9,7	3,2–8,0	25,0–6,0	10,0–4,0	3,6	12,0	2,5	3,6
	15,7	4,0–14,0	10,0–1,6	16,0–4,9				
	21,7	6,1–17,9	6,0–0,8	22,0–11,2				
Галичанин КС-55713-4 гусачок 9 м	9,7	3,2–8,0	25,0–5,5	9,0–4,0	3,0	12,0	2,5	3,7
	15,7	4,0–14,0	11,0–1,4	16,0–4,0				
	21,7	6,0–18,0	6,0–0,5	21,5–9,0				
	21,7	10,0–18,0	1,35–0,25	32,6–25,4				
	30,7	10,0–18,0	1,35–0,25	1,35–0,25				
Галичанин КС-55713-5	9,7	3,2–8,0	25,0–5,5	9,0–4,0	3,0	12,0	2,5	3,8
	15,7	4,0–14,0	11,0–1,4	16,0–4,0				
	21,7	6,0–18,0	6,0–0,5	21,5–9,0				
Галичанин КС-55713-6 гусачок 9 м	9,7	3,2–8,0	25,0–5,5	10,0–4,0	2,6	12,0	2,5	3,8
	15,7	4,0–14,0	11,0–1,4	15,8–4,0				
	21,7	6,0–18,0	6,0–0,5	21,5–9,0				
	21,7	10,0–18,0	1,35–0,25	32,5–25,5				
Галичанин КС-55713-6В гусачок 9 м	9,7	3,2–8,0	25,0–5,5	10,0–4,0	2,6	11,8	2,5	3,95
	15,7	4,0–14,0	11,0–1,4	16,0–4,0				
	21,7	6,0–18,0	6,0–0,5	21,5–9,0				
	21,7	10,0–18,0	1,35–0,25	32,6–25,5				
	30,7	10,0–18,0	1,35–0,25	32,6–25,5				
Галичанин КС-55713-1В (4В) гусачок 9 м	9,5	2,5–8,0	25,0–7,05	10,0–3,3	2,5	11,8	2,5	3,86
	12	3,0–10,0	15,0–4,8	12,5–5,5				
	14	3,0–12,0	15,0–3,65	14,5–5,5				
	16	3,0–14,0	14,0–2,7	16,5–6,0				
	18	4,0–16,0	12,0–2,1	18,5–6,4				
	20	4,0–18,0	10,0–1,65	20,5–6,5				
	22	3,8–20,0	8,5–1,25	22,5–6,6				
	24	5,0–22,0	7,5–0,95	24,5–7,0				
	26	5,0–24,0	6,5–0,7	26,5–7,4				
	28	6,0–26,0	5,0–0,5	28,3–7,5				
	28	8,0–18,0	1,8–0,55	37,3–33,5				
	37	8,0–18,0	1,8–0,55	37,3–33,5				


1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 30...32 т								
								
Івановець КС-5576К	9,9 16,7 22 26 30,7 30,7	3,0–8,0 4,0–14,0 6,0–20,0 7,0–24,0 8,0–26,5 13,0–24,0	32,0–8,6 13,9–2,6 8,7–1,2 8,2–0,8 5,5–0,5 1,36–0,36	11,0–3,0 17,8–7,1 23,0–4,2 26,5–5,0 31,0–13,0 37,0–30,0		3,2	11,7	2,5 3,95
Івановець КС-55717А	9,4 15,4 21,4 27,4 27,4	3,0–7,0 4,0–12,0 6,0–18,0 8,0–23,0 10,0–22,0	32,0–10,0 16,0–3,05 9,7–1,4 6,06–0,76 1,95–0,3	9,5–4,5 15,5–8,2 21,4–9,5 27,0–13,0 34,0–26,5		3,2	10,73	2,5 3,95
Галичанин КС-55729В	9,6 16,2 24,2 30,2 30,2	3,0–8,0 4,5–14,0 5,0–22,0 6,2–27,0 8,0–22,0	32,0–11,6 13,9–3,7 8,7–1,5 5,5–0,95 1,8–0,6	10,2–4,0 16,4–6,2 25,0–7,0 30,3–11,5 37,5–30,5		4,6	12,0	2,5 3,95
Галичанин КС-55729-1В	9,7 16,2 24 30,2 30,2 39,2 30,2	2,5–7,5 3,0–14,0 5,0–22,0 6,0–27,0 8,0–22,0 8,0–22,0 9,0–22,0	32,0–11,6 13,9–3,7 8,7–1,5 5,5–0,95 9,0–22,0 3,2–0,9 1,8–0,55	10,2–5,0 17,0–6,5 24,5–7,5 30,6–13,2 30,6–13,2 40,0–33,5 46,5–42,5		3,85	12,0	2,5 3,95
Галичанин КС-55729-5В	9,6 16,2 24,2 30,2	3,0–7,5 3,0–14,0 5,0–22,0 6,0–27,0	32,0–11,6 13,9–3,7 8,7–1,5 5,5–0,95	10,2–6,0 17,8–7,3 25,0–8,0 31,3–12,7		4,65	11,9	2,5 3,95


Закінчення таблиці Б.3


1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 36 т								
Івановець КС-55717Б гусачок 7,15 м	9,9	2,8–8,0	36,0–9,9	11,0–4,4	3,3	11,5	2,5	3,98
	13,3	3,0–10,0	27,0–5,9	15,0–8,0				
	16,7	4,0–14,0	27,0–2,8	17,8–7,0				
	20,2	4,8–18,0	22,0–1,77	21,0–5,5				
	23,7	6,0–20,0	12,7–1,49	24,5–11,0				
	27,2	7,0–24,0	9,3–0,95	27,8–12,0				
	30,7	8,0–28,0	7,3–0,61	31,4–11,2				
	30,7	10,0–30,0	4,0–0,66	38,0–22,0				
Вантажність 50 т								
								
Галичанин КС-65713-1 гусачок 9,1 м	11,5	3,2–9,0	50,0–17,5	11,6–5,8	4,55	13,95	2,5	3,98
	15	4,0–12,0	32,5–10,2	16,8–10,5				
	22	4,0–20,0	20,0–3,5	22,8–7,3				
	34,1	8,0–32,0	9,0–1,6	34,0–7,2				
	34,1	7,0–31,0	4,5–0,65	45,0–29,0				
гусачок 15,1 м	43,2	7,0–31,0	4,5–0,65	45,0–29,0				
	34,1	9,0–32,0	2,2–0,4	51,0–39,0				
	49,2	9,0–32,0	2,2–0,4	51,0–39,0				
Вантажність 60 т								
Галичанин КС-65721 гусачок 9 м гусачок 15 м	11,7	2,0–10,0	60,0–14,0	13,5–3,5	5,45	14,12	2,5	3,98
	13,2	2,0–11,0	45,0–13,5	15,0–6,0				
	19,2	3,0–17,0	30,0–5,6	20,7–6,7				
	28	5,0–26,0	20,0–2,15	29,5–6,7				
	34	6,0–32,0	14,0–1,1	35,5–7,5				
	42	7,0–34,0	8,5–0,9	43,5–24,3				
	42	10,0–32,0	4,5–0,5	51,6–40,4				
	51	10,0–32,0	4,5–0,5	51,6–40,4				
	42	10,0–30,0	2,2–0,55	58,0–49,5				
57	10,0–30,0	2,2–0,55	58,0–49,5					


Таблиця Б.4 – Технічні характеристики стрілових гусеничних кранів

Марка крана	Довжина стріли, м	Виліт стріли, м	Вантажність, основного крюка, т	Висота підймання крюка, м	Задній габарит, м	Габарити, м		
						Довжина	Ширина	Висота
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 16...25 т								
								
МКГ-16М	10 18 26	4,0–6,0 5,5–16,0 8,0–20,0	16,0–8,5 9,0–1,6 4,6–0,8	10,0–9,5 18,0–12,0 24,3–18,9	3,65	15,3	3,22	3,6
МКГ-25БР гусачок 5 м	13,5 18,5	2,5–13,0 2,7–13,0	25,0–6,0 25,0–4,0	13,2–6,0 18,0–13,5	4,38	6,45	3,2	3,92
РДК-250-3 башта 15,3 м башта 27,5 м	15,3 10 20	4,0–14,5 4,5–11,0 7,0–20,0	25,0–2,8 20,0–6,2 8,0–1,4	15,2–8,7 23,0–15,8 33,0–15,4	4,72	7,08	3,23	3,35
ДЕК-251 гусачок 5 м гусачок 5 м гусачок 5 м башта 19 м башта 24 м	14 19 22,7 5 24 10 10	4,75–13,6 5,2–17,8 5,8–20,8 6,0–21,8 4,8–11,6 5,0–11,8	25,0–4,0 15,0–2,0 13,4–1,9 12,5–1,8 15,0–5,0 15,0–5,0	13,5–7,0 18,5–10,0 22,5–12,2 23,7–12,9 28,0–19,6 32,6–24,6	4,44	6,94	4,76	3,65

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 40 т								
								
МКГ-40 гусачок 6 м	15,8 20,8	5,0–14,0 6,4–18,8	40,0–8,2 23,0–3,5	13,5–7,5 18,5–9,5	4,7	7,43	4,3	4,27
СКГ-401 гусачок 5 м	17	5,5–15,0	40,0–8,3	15,8–10,1	4,0	6,475	4,6	4,3
гусачок 5 м	17	7,5–19,0	5,0	19,8–17,2				
гусачок 5 м	22	5,8–19,0	35,0–5,2	20,7–12,3				
гусачок 5 м	22	8,5–20,0	5,0	25,1–17,3				
гусачок 5 м	27	5,9–19,0	26,0–4,0	25,5–19,2				
гусачок 5 м	27	9,5–20,0	5,0	30,0–24,0				
гусачок 5 м	32	6,8–18,0	18,0–5,0	30,6–26,3				
гусачок 5 м	32	10,0–18,0	5,0	34,8–31,5				
РДК-400 гусачок 6 м	16	4,3–15,2	40,0–7,5	15,65–9,2	4,0	6,9	4,5	4,3
гусачок 6 м	16	5,0–15,15	38,0–5,6	15,65–9,2	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	21	10,0–21,4	8,0–4,0	19,4–8,15	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	26	4,8–19,0	29,4–3,8	20,9–12,4	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	26	10,4–25,2	8,0–3,0	24,7–11,35	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	31	5,25–21,3	21,3–2,8	25,9–17,45	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	31	10,8–27,6	8,0–2,2	29,65–16,9	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	31	5,75–22,8	16,4–1,8	30,85–22,9	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 6 м	31	11,3–29,3	7,5–1,5	34,65–22,9	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 50...63 т								
								
ДЕК-50	15	6,0–14,0	50,0–14,8	13,3–8,2				
	30	8,0–26,0	30,0–5,4	28,2–16,8				
	40	10,0–34,0	15,0–2,5	38,6–23,7	5,0	7,5	5,0	5,3
гусачок 10 м	15	13,8–24,0	7,0	20,7–9,9				
башта 38 м	10	15,6–28,0	10,0–5,0	49,9–30,0				
Івановець ДГК-50.1	11	3,0–12,0	50,0–15,2	11,0–1,6				
	16	3,0–17,0	48,2–9,3	15,0–1,7				
	21	3,5–22,0	39,3–6,3	20,0–2,0				
	26	4,0–27,0	37,2–4,2	25,0–2,5				
	31	4,3–32,0	39,6–2,8	30,0–2,7	5,0	12,0	3,0	3,354
	36	4,3–37,0	24,9–1,7	35,0–3,2				
	41	5,0–42,0	29,8–0,7	40,0–3,5				
	46	6,0–36,0	19,0–0,6	45,0–29,0				
	51	6,0–32,0	17,6–0,8	50,0–39,8				
ДЕК-631	18	5,1–16,0	63,0–12,9	16,0–9,2	5,93	9,06	5,4	3,7
ДЕК-631А	24	5,8–20,7	45,0–7,2	19,0–13,1	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
		12,0–30,5	10,0–4,7	30,3–15,3	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 10 м	30	6,7–25,2	40,0–5,9	27,9–16,9	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
		12,8–35,0	10,0–2,9	36,2–19,1	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 10 м	36	7,5–29,9	30,0–3,6	27,9–16,9	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
		13,7–39,7	10,0–1,3	42,2–23,0	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 10 м	42	8,4–34,5	3,6–1,9	33,9–20,8	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
		14,5–31,4	9,0–1,87	48,0–40,2	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			
гусачок 10 м	15,2	11,2–18,6	12,2–4,2	49,8–43,3	ГОЛОВНИЙ ПІДЙОМ			
башта 36 м	24	14,5–26,2	10,0–3,0	57,9–47,6	ДОПОМІЖНИЙ ПІДЙОМ			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 100 т								
								
МКГ-100	21	4,5–22,3	100,0–9,5	20,0–7,0				
гусачок 4,5 м	31	6,1–29,1	20,0–6,0	32,0–17,0				
гусачок 4,5 м	41	6,6–32,0	20,0–4,0	41,0–29,0				
башта 31 м	16	8,0–17,9	40,0–28,8	45,0–32,0	6,8	9,1	7,65	4,25
башта 31 м	30	10,2–31,3	40,0–12,3	60,0–42,0				
башта 51 м	16	8,4–18,1	40,0–27,0	65,0–52,0				
башта 51 м	30	10,6–31,7	40,0–10,3	80,0–55,5				
МКГС-100.1	22	6,5–18,0	100–13,5	20,7–13,9				
	29	8,0–24,0	50,0–13,0	28,0–18,0				
	36	9,0–24,0	42,2–12,5	35,0–28,0				
	43	9,0–27,0	41,8–10,2	42,0–34,0				
	50	9,0–30,0	35,7–8,0	49,0–40,0				
	57	9,0–36,0	35,8–3,0	55,0–45,0				
гусачок 12 м	22	15,0–24,0	25,0–11,2	29,0–24,0				
гусачок 12 м	29	15,0–28,0	24,6–7,8	36,0–27,0				
гусачок 12 м	36	15,0–30,0	24,0–6,0	43,0–35,0				
гусачок 12 м	43	15,0–30,0	24,0–6,0	51,0–43,0				
гусачок 12 м	50	15,0–30,0	24,0–4,7	58,0–51,0				
башта 29 м	26	20,0–28,0	17,0–10,5	47,0–37,0	6,8	6,3	6,3	3,8
башта 43 м	26	19,0–30,0	17,0–10,5	66,0–59,0				
башта 50 м	26	19,0–28,0	18,2–10,5	69,0–56,0				
башта 57 м	26	19,0–28,0	17,4–10,4	78,0–69,0				
башта 29 м	33	13,0–33,0	27,0–7,7	61,0–41,0				
башта 43 м	33	14,0–32,0	25,0–8,0	75,0–55,0				
башта 50 м	33	14,0–32,5	25,0–7,7	81,0–61,0				
башта 57 м	33	14,5–32,5	22,3–7,5	88,0–74,0				
башта 29 м	40	16,0–40,0	22,5–4,4	65,0–40,0				
башта 43 м	40	18,0–40,0	18,5–4,2	80,0–60,0				
башта 50 м	40	16,5–40,0	18,5–4,2	81,5–66,0				
башта 57 м	40	17,0–40,0	17,5–4,0	93,0–75,0				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вантажність 150 т								
								
МКГС-125.01	22	6,5–20,0	150–23,0	20,5–10,6				
гусачок 12 м	22	8,0–23,0	59,0–7,0	29,7–20,8				
	29	7,0–24,0	97,7–19,7	27,3–17,0				
гусачок 12 м	29	16,0–36,0	25,0–9,0	35,7–17,9				
	36	8,0–29,0	75,6–13,3	39,2–17,8				
гусачок 12 м	36	16,0–42,0	23,0–6,6	42,6–27,3				
	43	9,0–38,0	60,8–9,3	41,2–26,9				
гусачок 12 м	43	18,0–46,0	23,8–5,0	49,6–28,2	6,8	11,4	7,3	4,0
	50	10,0–39,0	53,5–6,9	48,1–25,0				
гусачок 12 м	50	18,0–52,0	22,8–3,25	56,5–33,1				
башта 29 м	26	12,0–28,0	40,0–15,2	52,9–36,4				
башта 43 м	26	12,0–29,0	40,0–14,8	67,1–49,4				
башта 50 м	26	12,5–29,5	38,2–14,5	74,1–56,0				
башта 57 м	26	13,0–30,0	36,4–14,2	81,0–62,4				
башта 64 м	26	13,5–30,5	35,0–13,9	88,0–68,8				

Таблиця Б.5 – Технічні характеристики баштових кранів

Марка крана	Виліт стріли, м	Вантажність, т	Висота підймання крюка, м	Коля × база, м	Глибина опускання, м	Вантажний момент, тм
Вантажність 5...10 т						
						
МСК-5-20	10,0–20,0	5,0	38,0–26,0	4,5×4,5	–	–
МСК-10-20	10,0–20,0	10,0	46,0–36,0	4,5×4,5	–	–
КБ.100.0А	10,0–20,0	5,0	33,0–21,0	4,5×4,5	3,0	100
КБ-314	34,0–43,0	5,0–1,0	41,7–21,0	4,0×4,0	3,0	–
КБ-100.3	12,5–25,0	8,0–4,0	48,0–33,0	4,5×4,5	3,0	100
КБ-308(А)	4,8–25,0	8,0–4,0	42,0–32,0	4,5×4,5	5,0	125
КБ-309ХЛ	12,5–25,0	8,0–5,0	37,0–22,0	4,5×4,5	5,0	125
КБ-401А	13,0–25,0	8,0–5,0	60,0–41,0	4,5×4,5	5,0	125
КБ-402Б	20,0–25,0	8,0–5,0	60,0–46,0	6,0×6,0	10,0	125
КБ-403	5,6–30,0	8,0–3,0	57,5–41,0	6,0×6,0	5,0	120
КБ-405-1А	13,0–25,0	10,0–7,5	57,8–46,0	6,0×6,0	5,0	187,5
КБ-405-2А	13,0–25,0	9,0–6,3	57,8–46,0	6,0×6,0	5,0	162,5
КБ-406	5,5–25,0	10,0–8,0	12,0	–	–	200
КБ-408	5,5–25,0	10,0–6,0	57,8–46,6	6,0×6,0	5,0	160
КБ-473	20,5–50,0	8,0–2,0	122–164	–	–	–
КБ-474	20,5–50,0	8,0–2,0	162,0	–	–	–
КБ-503Б	7,5–45,0	10,0–4,0	73,0–53,0	7,5×8,0	5,0	200
КБ-504	7,5–45,0	10,0–4,5	80,0–60,0	7,5×8,0	5,0	200
КБ-578	4,0–30,0	10,0–7,0	13,5	–	10,0	300
КБ-586	1,9–65,0	10,0–2,2	64,0–180,0	6,0×6,0	–	216
КБ-573А	2,5–40,0	8,0–4,0	153,0–73,0	7,5×8,0	5,0	180

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Вантажність понад 10 тон



КБ-414	9,5–37,0	18,4–5,0	40,4–13,0	–	–	189–248
КБ-404.4	9,5–37,0	18,4–5,0	32,2–4,8	–	–	203–252
КБ-507	6,0–40,0	12,5–7,0	14,5–21,0	–	5,0–10,0	180–312
КБ-674А-4	4,0–35,0	25,0–10,0	46,0	7,5×7,5	5,0	400
КБ-675	3,5–50,0	12,5–5,6	114,0	7,5×7,5	5,0	320
КБ-676	3,5–35,0	25,0–5,6	82,0	7,5×7,5	5,0	400
БК-1000Б	12,5–45,0	63,0–16,0	88,0–47,0	10,0×10,0	5,0	1000


Таблиця Б.6 – Технічні характеристики автобетонозмішувачів МАБС

Позначення	634207	63А307	63А507
			
Повна маса, кг, не більше ніж	28700	24700	24700
Розподіл повної маси, кг			
через передню вісь	6700	6700	6700
через задній візок	22000	18000	18000
Потужність двигуна, кВт (л.с.)	183(250)	183(250)	243(330)
Висота завантаження змішувального барабана, мм	3700	3700	3700
Висота вивантаження бетонної суміші, мм	530–2000		
Діапазон змінювання кута нахилу розвантажувального лотка від горизонтальної площини, градус	10–45		
Кут перекидання в поперечній площині, градус, не менше ніж	21	21	21
Частота обертання змішувального барабана, об/хв:			
на стоянці	0–18		
під час руху	0–4		
Габаритні розміри, мм, не більше:			
довжина	9000		
ширина	2550		
висота	3700		
Місткість змішувального барабана на виході готової суміші, м ³	7	7	7
Привод обертання змішувального барабана	гідростатична передача від автономного двигуна Д-243		
Базове шасі	МАЗ-630342	МАЗ-6303А3	МАЗ-6303А5


Таблиця Б.7 – Технічні характеристики автобетонозмішувачів на базі автомобіля КамАЗ

Технічні характеристики	58147W	58147Z	58148Z
			
Місткість змішувального барабана, м ³	7	7	8
Місткість бака для води, л	650	650	800
Висота завантаження змішувального барабана, мм	3700		
Висота вивантаження, мм	150–2200	150–2200	350–2250
Частота обертання змішувального барабана, об/хв	0...14		
Маса технологічного устаткування, кг	3550	4070	4600
Повна маса автобетонозмішувача, кг:	24000	23940	31500
Тип базового шасі	КамАЗ-65115-1958-62	КамАЗ-65115-1941-62	КамАЗ-6520-1035-61

Таблиця Б.8 – Технічні характеристики автобетонозмішувачів на базі автомобіля MAN

Позначення	MAN 41.400 8×4	63A307	63A507
			
Номінальна місткість, м ³	10	24700	24700
Геометричний об'єм, м ³	17,542	6700 18000	6700 18000
Місткість води, м ³	11,201	183(250)	243(330)
Швидкість обертання барабана, об/хв	0...14	3700	3700
Заповнюваний об'єм, с/м ³	15	21	21
Вивантажуваний об'єм, с/м ³	15...40	7	7


Таблиця Б.9 – Технічні характеристики автобетононасоса-змішувача CIFA (Італія)

Параметри	Модель			
	МК 20.4Z	МК 24.4Z	МК 32L	МК 28L
				
Максимальна теоретична продуктивність, м ³ /год	41	61	61 81	61 81
Максимальний тиск на бетон, МПа	5,2	7,1	7,1 5,6	7,1 5,6
Максимальна висота подавання, м	19,1	23,5	28,1	31,2
Максимальна дальність подавання, м	15,5	19,5	24,1	27,2
Об'єм бетонозмішувача, м ³	7	7 10	7 10	10

Таблиця Б.10 – Технічні характеристики автобетононасоса-змішувача SERMAC, Вортингтон (Італія)

Параметри	Модель		
	3Z24	4Z28	4Z33
			
Кількість секцій розподільної стріли	3	4	4
Висота подавання, м	24	28	32,2
Дальність подавання по горизонталі, м	20	24	28,2
Глибина подавання, м	-13,70	-18	-22
Обертання, град	370	370	365
Діаметр бетоновода, мм	100	100	112,5
Продуктивність, м ³ /год	73		
Тиск подавання, бар	54		
Привод	Механізм вітбіру потужності / допоміжний дизельний двигун		
Об'єм завантажувального бункера, л	450		

Таблиця Б.11 – Технічні характеристики автобетононасоса-змішувача PUTZMAISTER (Німеччина)

Тип насоса	CS-поршневий насос із S-шибером					Q-роторний насос		
	PUMI 21.67 CS	PUMI 24.67 CS	PUMI 26.67 CS	PUMI 28.67 CS	PUMI 31.67 CS	PUMI 21.67 Q	PUMI 24.67 Q	PUMI 26.67 Q
								
Продуктивність, м ³ /год	56					58		
Макс. висота подавання, м	20,6	23,8	25,6	27,8	30,6	20,6	23,8	25,6
Макс. дальність подавання, м	17,2	20,0	21,8	24,0	26,7	17,2	20,0	21,8
Глибина подавання, м	11,7	12,4	14,9	16,9	18,9	11,7	12,4	13,6
Діаметр бетоновода, мм	100	125	100	100	100	100	125	125
Тиск бетона, МПа	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	2,5	2,5	2,5
Об'єм смесителя, м ³	7	7	7	7	7	7	7	7

Таблиця Б.12 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів SCHWING Stetter (Німеччина)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Висота вивантаження бетону, мм	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
SP 305	23	4,3	60	244	1120	125	–
SP 500	35	7,6	100	354	1220	125	–
SP 750	38-54	7,6	100	354	1300	125	0,31
SP 1400	52*/34**	63*/99**	–	–	–	125	–
SP 1800	73*/42**	56*/101**	–	–	1400	150	0,57
SP 2800	101*/58**	60*/108**	–	–	1385	150	0,57
SP 3800	95*/58**	81*/137**	–	–	1420	150	0,6
SP 4800	81*/53**	104*/163**	–	–	1410	150	0,6
SP 8800	94*/63**	156*/243**	–	–	1550	150	0,6

Примітки. * – Підключення з боку штока гідроциліндрів; ** – Підключення з боку поршня гідроциліндрів.

Таблиця Б.13 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів PUTZMEISTER (Німеччина)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Рухливість перекачуваної бетонної суміші, см	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
P 715 TD/TE	20/16,5	7,0	60	80	6–12	125	–
BSA 1005 D	54	5,9	50	80–90	6–12	125	–
BSA 1005 D-SV	54	5,9	50	80–90	6–12	125	–
BSA 1005 E	47	5,5	50	80–90	6–12	125	–
BSA 1407 D	71/47	7,1/10,6	100	250	6–12	125	–
BSA 1408 E	79/53	7,1/10,6	100	250	6–12	125	–
BSA 1409 D	94	10,6	100	250	6–12	125	–
BSA 2109 H-D	95/57	9,1/15,2	130	350	6–12	125	–
BSA 2109 H-E	85/51	9,1/15,2	130	350	6–12	125	–
BSA 2110 HP-D	102/70	15,0/22,0	180	400	6–12	125	–
BSA 14000 HP-D	102/70	15,0/22,0	350	1000	6–12	125	–
BSA 14000 HP-E	95/65	15,0/22,0	350	1000	6–12	125	–


Примітки. D – дизельний привод; E – електропривод; HP – підвищений тиск; SV – знижений рівень шуму.

Таблиця Б.14 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів МЕСВО (Італія)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Рухливість перекачуваної бетонної суміші, см	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
Р 4.25	22*/15**	5*/7**	75	350	6–12	125	0,45–0,5
Р 4.30	30*/22**	5*/7**	80	400	6–12	125	0,45–0,5
Р 4.40	55*/40**	5*/7,5**	90	500	6–12	125	0,45–0,5
Р 4.65	73*/60**	5,5*/8,5**	130	550	6–12	125	0,45–0,5
Р 4.65 S	77*/65**	7,5*/12**	180	950	6–12	125	0,45–0,5
Р 6.100	115*/90**	9*/14**	200	1100	6–12	125	0,45–0,5
Р 7.150	150**	15,5**	270	2000	6–12	125	0,45–0,5

Примітки. * – Підключення з боку штока гідроциліндрів; ** – Підключення з боку поршня гідроциліндрів.

Таблиця Б.15 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів CIFA (Італія)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Гранулометричний склад суміші, мм	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
PC-307	30	7,0	120	500	0–50	100/125	0,3
PC-506	52	5,7	100	400	0–50	100/125	0,35
PC-309	34	9,1	160	650	0–50	125	0,35
PC-607	65	7,2	120	500	0–50	125	0,4
PC-411	43	11,2	180	800	0–50	125	0,4
PC-709	70	9,4	160	670	0–50	125	0,4
PC-415	46	15	220	1000	0–50	125	0,4
PC-707	65	7,3	120	500	0–50	125	0,45
PC-907	87	7,3	120	500	0–50	125	0,45
PC-612	56	11,6	180	800	0–50	125	0,45


Таблиця Б.16 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів REED (США)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Рухливість перекачуваної бетонної суміші, см	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
A30	23	6,2	107	274	6–12	100/125	0,283
A30HP	23	6,2	107	274	6–12	100/125	0,283
A40HP	31	8,1	122	297	6–12	100/125	0,283
B20	15	11,5	213	503	6–12	100/125	0,283
B20HP	15	14,5	267	670	6–12	100/125	0,283
B50	38	9,4	137	365	6–12	100/125	0,34
B50HP	38	9,4	137	365	6–12	100/125	0,34
B60	46	8,1	114	290	6–12	100/125	0,34
B70	54	6,9	91	228	6–12	100/125	0,4
C50S	38	11,4	175	434	6–12	100/125	0,34
C50SS	41	13,8	244	610	6–12	100/125	0,34
C70S	54	8,4	130	305	6–12	100/125	0,41
C70SS	56	10,2	168	411	6–12	100/125	0,41
C90S HV	69	6,2	168	411	6–12	100/125	0,41
C90S HP	56	10,2	130	305	6–12	100/125	0,41

Таблиця Б.17 – Технічні характеристики стаціонарних бетононасосів
SANY HOLDING CO., LTD (КНР)

Модель	Макс. теоретич. продуктивність, м ³ /ч	Макс. тиск на бетон, МПа	Макс. висота подавання, м	Макс. дальність подавання, м	Рухливість перекачуваної бетонної суміші, см	Діаметр бетоновода, мм	Обсяг приймальної воронки, м ³ .
							
HBT 40C-1410D III	34,65–50,6	6,32–9,88	150	500	6–12	125/150	0,55
HBT 50C-1413 III	40–65	8,8–13	200	700	6–12	125/150	0,7
HBT 60C-1816D III	45–75	10–16	250	850	6–12	125/150	0,6
HBT 80C-1818D III	50–85	10–18	320	1000	6–12	125/150	0,6
HBT 120C-2120D III	75–120	13–21	380	1350	6–12	125/150	0,7
HBT 90CH-2122D III	60–90	14–22	420	1750	6–12	125/150	0,7
HBT60A-1406D III	70	7	100	400	6–12	125/150	0,6
HBT120A-1410D	33–50	6,3–9,9	150	600	6–12	125/150	0,6
HBT120A-1613D	90	12,1	120	1000	6–12	125/150	0,9

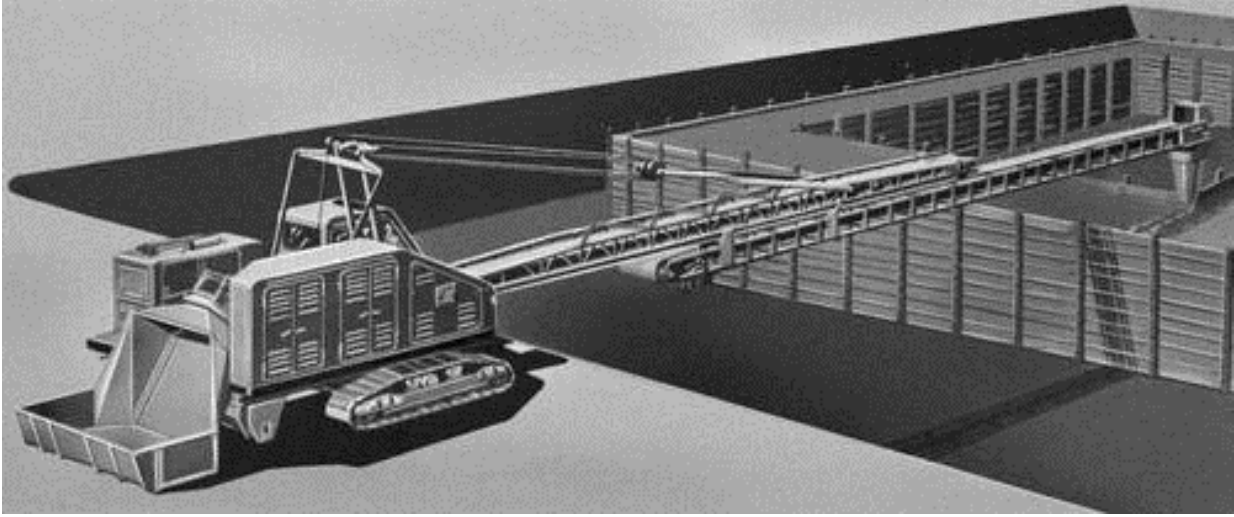
Таблиця Б.18 – Технічні характеристики переставних стрічкових конвеєрів

Параметр	Од. вим.	Тип конвеєра			
		ТК-14	ТК-13	ТК-12	ТК-11
					
Продуктивність	м ³ /год т/год	– –	35 90	35 90	35 90
Висота розвантаження:					
найменша	м	1,5	1,5	2,2	1,5
найбільша	м	3,8	2,1	5,5	3,8
Ширина стрічки	мм	400	400	500	500
Швидкість руху стрічки	м/с	1,6	1,6	1,68	1,6
Габаритні розміри:					
довжина	мм	10700	5300	15350	10570
ширина	мм	1460	900	2000	1500
висота	мм	–	–	1600	1600
Маса	кг	700	400	1200	900

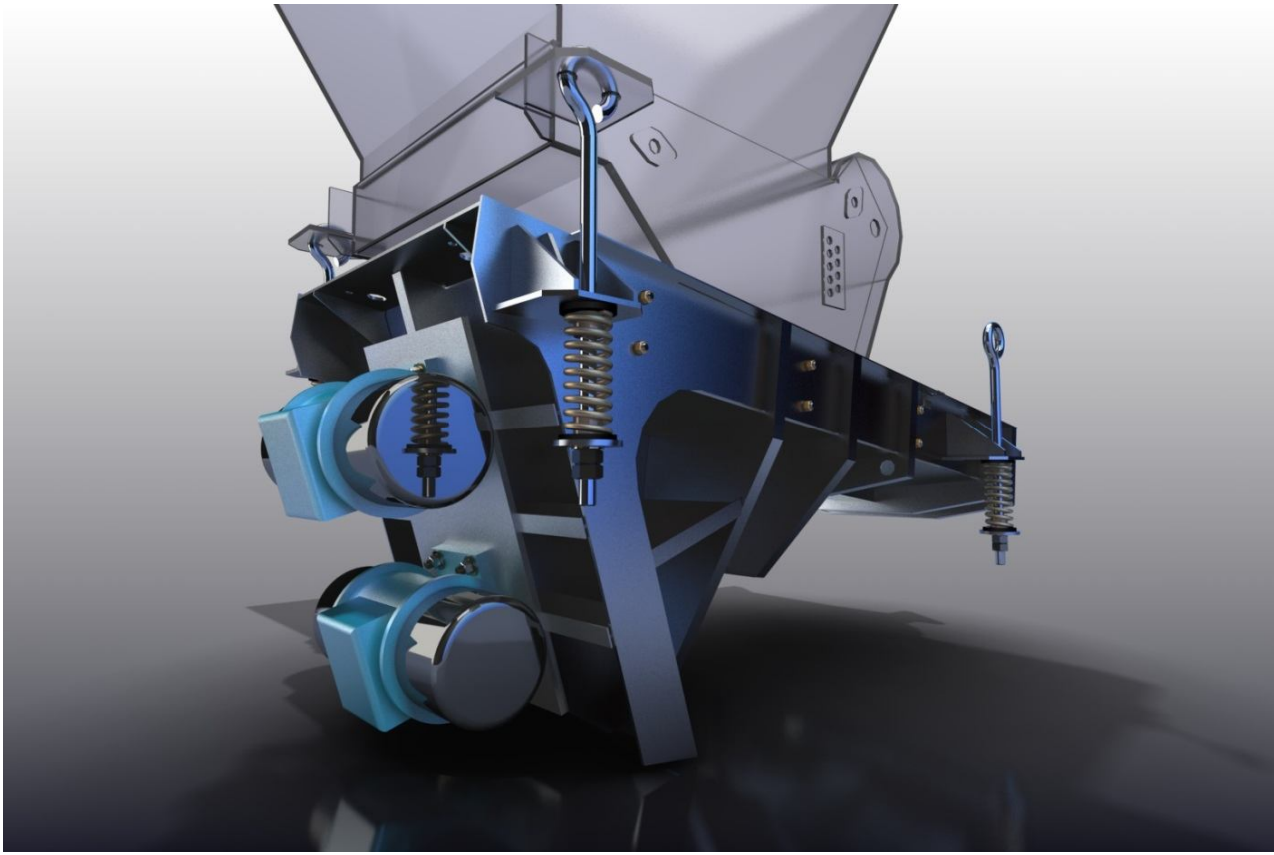
Таблиця Б.19 – Технічні характеристики переставних стрічкових конвеєрів

Показники	ТК-17-2	ТК-18	ТК-19	ТК-24
Продуктивність конвеєра, т/год	100	100	104	112
Відстань між центрами барабанів, м	6	10	10	14
Найбільша висота вивантаження, м	2,6	3,9	3,8	5,1
Найменша висота вивантаження, м	1,55	1,8	1,8	2,2
Ширина стрічки, мм	400	400	500	500
Швидкість руху стрічки, м/с	1,6	1,6	1,6	1,6
Потужність електродвигуна, кВт	2,2	2,2	2,2	4
Габарити, мм:				
довжина	6870	10900	10850	14930
ширина	1050	1500	1570	1510
Маса конвеєра, кг:				
без стрічки	397	504	730	865
зі стрічкою	445	574	830	990

Таблиця Б.20 – Технічні характеристики самохідних бетоноукладачів

Параметр	Од. вимір.	Тип бетоноукладачів				
		УБК-132	БУ-1	БУМ-1	ЕМ-44	ЛБУ-20
						
Продуктивність	м ³ /год	11	11	9	15	20
Базова машина	–	Трактор ДТ-75	Трактор С-100ПГ	Навантажувач Т-107	Трактор С-100М	Екскаватор Е-362
Довжина стріли стрічкового конвеєра	м	14,9	12,6	10	16	21
Виліт стріли	м	11	10	10	14	3-20
Кут повороту стріли	град	100	150	200	180	360
Кут підйому стріли	град	20	15	10	10	60
Висота подавання бетонної суміші	м	5,5	до 3	2,8	до 5,5	до 8
Місткість приймального бункера	м ³	1,6	2,4	1,6	1,6	3,2
Габарити:						
довжина (під час максимального вильоту стріли)	мм	18900	12600	16870	22170	25100
ширина	мм	2400	2900	2800	2900	2900
висота	мм	4700	2800	3300	3920	3950

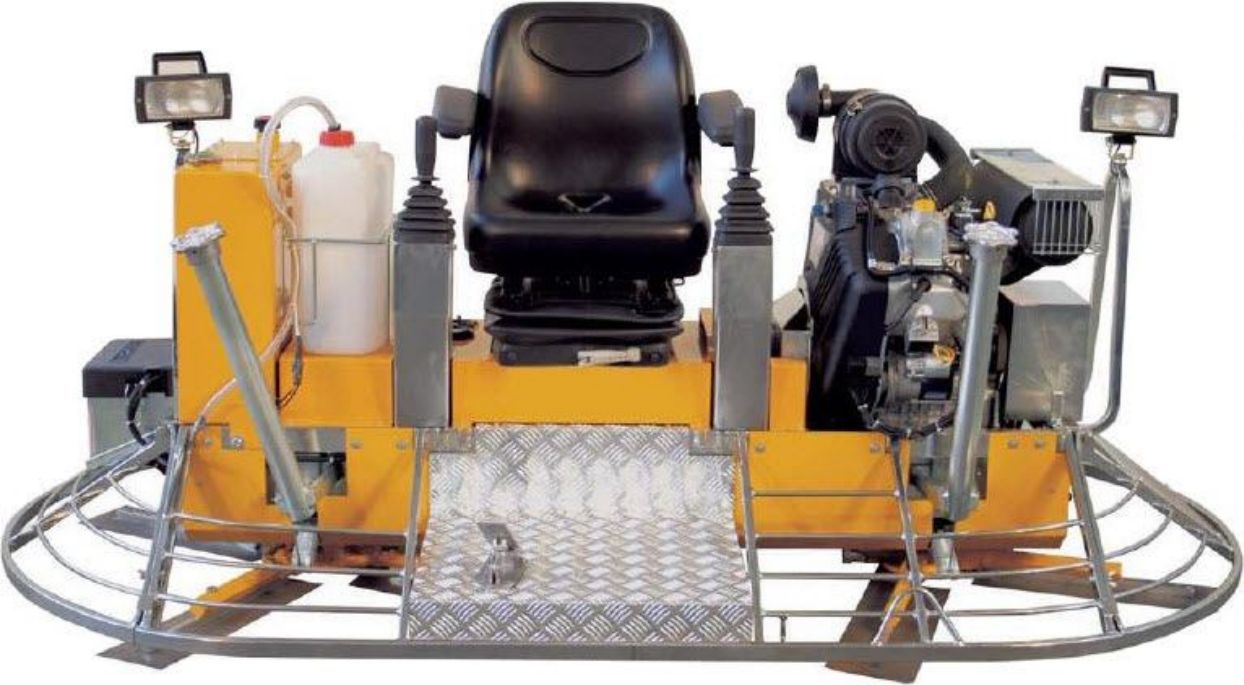
Таблиця Б.21 – Технічні характеристики віброживильників

Тип	Ширина лотка, мм	Кут нахилу лотка, град	Потужність приводу, кВт	Габаритні розміри, мм			Маса, кг	Продуктивність, м ³ /год
				довжина	ширина	висота		
								
ПВП-0,36	360	12–16	1–1,7	1400	650	800	340–400	20–35
ПВП-0,5	500	12–16	1,7–3	2100	750	850	550–650	40–65
ПВП-0,65	650	12–16	1,7–3	1700	1100	1000	650–750	60–110
ПВП-0,75	750	12–16	1,7–3,6	1800	1100	1000	700–800	85–150
ПВП-0,9	900	12–16	2,2–4,8	2600	1350	1000	1300–1400	110–180
ПВП-1,2	1200	12–16	3–6,8	2600	1600	1150	1300–1500	150–330
ПВП-1,6	1600	12–20	4,2–7,2	2600	2000	1300	1650–1850	450–800

Таблиця Б.22 – Технічні характеристики пневмонагнітачів

Характеристика	СМЛ-136-141	С-862	ПН-0,3	ПН-0,5	ПРІV-2	ППІV-3	ПБУ-2
							
Продуктивність, м ³ /год	20	3–4	9	15	8	16	16
Ємність нагнітача, л	800	350	450	620	400	800	250
Мах робочий тиск, атм	6	7	–	–	6	6	7
Дальність подавання, м:							
по горизонталі	до 200	до 200	до 200	до 200	до 200	до 200	до 200
по вертикалі	35	30	35	35	–	–	–
Внутрішній діаметр	180	69	150	150	до 60	193	150
Найбільша крупність заповнювача, мм	60	20	40	40	40	70	40
Ємність ресивера, м ³	4	0,7	1,6	1,8	3,2	5	–
Ємність гасника, м ³	0,7	–	–	–	–	–	–
Габарити нагнітача, мм:							
довжина	2054	2090	1600	1800	5650	6700	4320
ширина	2170	1240	1000	1300	2730	2600	900
висота	2430	1320	1500	2000	3750	4580	1580
Габарити гасника, мм:							
довжина	2000	–	–	–	–	–	–
ширина	2060	–	–	–	–	–	–
висотв	1960	–	–	–	–	–	–
Маса нагнітача, кг	1300	1000	580	640	4806	7040	1850


Таблиця Б.23 – Технічні характеристики бетонооброблювальних машин

Параметр	Модель			
	УБМ-7-75	Д-376	Д-665	БО-3,5
				
Тип	Самохідна	Самохідна	Самохідна	З ручним приводом пересування
Ширина оброблення, м	7,0–7,5	3,45–7,0	3,75–7,5	3,5
Глибина опрацювання, см	30	20	30	20
Продуктивність, м ² /год	700	250	500	100
Швидкість ходу, м/хв:				
вперед	0–2	0,7–6,7	0–14	–
назад	0–12	1,6–15	0–12,4	–
Потужність двигуна, л. с.	40	28	37	6
Кількість робочих органів, шт.	–	–	3	–
Кількість коливань ущільнювального бруса, кол./хв	3600	3500	3600	2500
Загальна маса, т	-	9,6	13	1,75


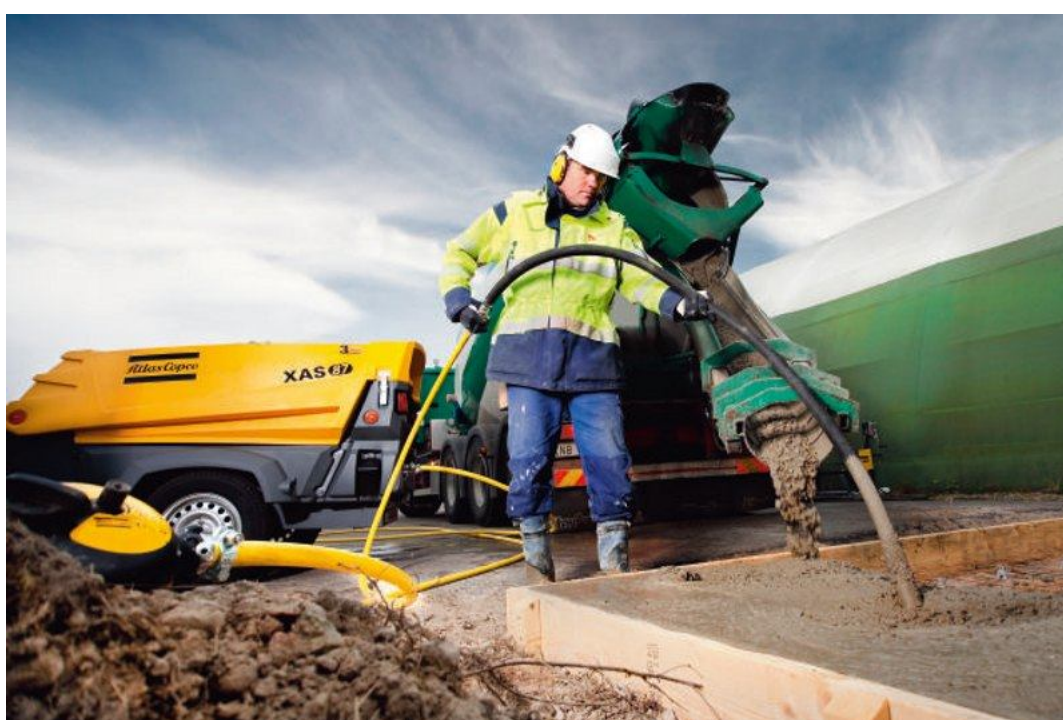
Таблиця Б.24 – Технічні характеристики бетонорозподільників

Параметр	Модель	
	БРП 13А	БРП 10
		
Максимальний виліт стріли, м	13	10
Кут повороту стріли в горизонтальній площині, град.	365	365
Площа перекриття (обслуговування) робочого майданчика бетонорозподільником, м ²	530	314
Діаметр бетоновода (внутрішній)	125	125
Максимальна крупність заповнювача бетонної суміші	50	50
Маса конструктивна без баласту	1100	950
Маса баласту	900	600
Габаритні розміри в робочому положенні (L×B×H), мм	15225×2330×3150	12500×2400×1800
Габаритні розміри в транспортному положенні (L×B×H), мм	7000×1100×1800	7000×1800×1800
Температурний режим експлуатації, °С	-5...+40	-5...+40

Таблиця Б.25 – Технічні характеристики електромеханічних глибоких вібраторів з гнучким валом


Параметр	Модель вібратора					
	ІВ-17	ІВ-27	ІВ-47	ІВ-66	ІВ-85	ІВ-67
						
Вібронаконечник						
Зовнішній діаметр корпусу, мм	36	51	76	38	28	51
Частота коливань, кол./хв	20000	20000	20000	20000	20000	20000
Збурююча сила, кг	135	220	400	150	80	300
Довжина робочої частоти, мм	350	400	440	360	400	410
Маса, кг	1,8	4,2	8,7	2,2	1,3	4,5
Електродвигун						
Тип	Три-фазний	Асинхронний з короткозамкнутим ротором				
Напруга, В	36	36	36	36	36	36
Потужність, кВт	0,8	0,8	1,2	0,8	0,8	0,8
Швидкість обертання, об/хв	2800	2800	2800	2800	2800	2800
Маса, кг	14	14	16,5	14,3	14,3	14,3

Таблиця Б.26 – Технічні характеристики пневматичних глибинних вібраторів

Параметр	Модель вібратора			
	С-697 ІВ-13	С-698 ІВ-14	С-699 ІВ-15	С-700 ІВ-16
				
				
Зовнішній діаметр корпусу, мм	34	50	75	110
Довжина робочої частини вібратора, мм	315	315	375	480
Робочий тиск стисненого повітря, кгс/см ²	4–6	4–6	4–6	4–6
Частота коливань під час роботи в повітрі, кол/хв: висока	14000	12000	10000	8000
	18000	18000	16000	14000
низька	2800	2400	2000	1500
	3600	3600	3000	2600
Максимальна збурююча сила, кгс	100	350	700	2000
Витрата повітря, м ³ /хв	0,5–0,7	0,7–1,1	1,2–1,3	1,4–1,5
Маса вібратора, кг	3,5	5,5	11	20

Обладнання для виконання спеціальних різновидів бетонування

Таблиця В.1 – Технічні характеристики машин для вакуумування бетону

Живлення	Електрика	Бензин	Вакуумні мати	
				
Модель	ВА40Е	ВА40G	Вакуумний мат	Розмір, м
Напруга, В	400	–	ВВ15	1,5×5,0
Струм під час 50 Гц	9,5	–	ВВ30	3,0×5,0
Тип двигуна	Електричний	–	ВВ40	4,0×5,0
Швидкість при 50 Гц, об/хв	2850	–	ВВ50	5,0×5,0
Вихідна потужність, к.с.	5,4	9,0	ВВ60	6,0×5,0
Ступінь вакууму (%)	80	80	фільтр	30×1,2
Вага, кг	155	135	–	–

Таблиця В.2 – Технічні характеристики машин для торкретування бетону

Технічні характеристики	Модель	
	АС-1	АС-1-П
		
Тип двигуна	електричний	пневматичний
Теоретична продуктивність, м ³ /год	0,5–3	0,4–2,3
Перетин транспортних шлангів, мм	32/42/50	
Максимальний розмір частинок, що транспортується, мм	8/16/16	
Транспортна відстань по горизонталі, м	до 200	
Транспортна відстань по вертикалі, м	до 100	
Необхідний тиск повітря, МПа	0,3...0,6	
Споживання повітря під час транспортування сухої суміші на відстань 40 м, м ³ /хв	від 4	від 8
Потужність двигуна, кВт	2,2 кВт	3,5
Основні розміри, мм		
довжина	1100	
ширина	800	
висота з ситом	1000	
Вага (без приладдя)	275	295

Таблиця В.3 – Технічні характеристики машин для торкретування бетону

Технічні характеристики	Модель			
	Aliva-237	Aliva-257	Aliva-267	Aliva-263
				
Ротор, л	0,7; 2; 3,6; 5,6	6; 12	15,5; 26,5	10; 16; 25
Діаметр шланга, мм	32; 38; 50	50; 60	60; 65	50; 60
Фракція максим., мм	6; 12; 16	16; 20	20	16; 20
Дальність подавання, м по горизонталі/вертикалі				
суха суміш	200/100	60; 120	300/100	300/100
мокра суміш	60/40	60	40/30	40/30
Продуктивність, м ³ /год				
Електричний привод	0,4–3,2	1,9–9,6	6–21	4–15
Пневматичний привод	0,2–4	1,9–9,6		3,5–18

Таблиця В.4 – Технічні характеристики машин для торкретування бетону

Технічні характеристики	Модель	
	Maxijet ELITE	Maxijet Pronto DC
		
Швидкість пересування, км/год	25	25
Бетононасос	Jacon S64	Jacon S20
діаметр, мм	150	125
хід поршня, мм	1140	915
Номінальна продуктивність, м ³ /год	30	30
Кут обертання торкрет-робота, град	360	360
Кут обертання роботизованої головки, град	360	360
Кут нахилу сопла, град	180	120
Габаритні розміри, мм		
довжина	7850	6530
ширина	3080	2697
висота	2150	2137

ВИСНОВКИ

Сучасне будівництво неможливо уявити без використання бетону. Світовий обсяг його застосування становить на сьогодні приблизно 2 млрд. м³ на рік. Друга половина ХХ століття стала періодом значних досягнень у розробленні нових технологій бетону. З'явилися і набули поширення нові, ефективні в'язучі, модифікатори для в'язучих і бетонів, армувальні волокна, нові технологічні прийоми й методи отримання будівельних композитів. Істотно збагатилися наші уявлення про структуру та властивості бетону, про процеси структуроутворення, з'явилася можливість прогнозувати властивості й активно управляти характеристиками матеріалу, успішно розвивається комп'ютерне проектування бетону й автоматизоване управління технологічними процесами.

Водночас бетон вважається найскладнішим штучним композиційним матеріалом, який може мати унікальні властивості. Він застосовується за найрізноманітніших експлуатаційних умов, гармонійно поєднується з навколишнім середовищем, його сировинна база – не обмежена, а вартість порівняно низька. До цього варто додати високу архітектурно-будівельну виразність бетону, порівняну простоту й доступність технологій, можливість широко використовувати місцеву сировину й утилізувати техногенні відходи під час його виготовлення, незначну енергоємність, екологічну безпечність та експлуатаційну надійність. Саме тому бетон, без сумніву, залишиться головним конструкційним матеріалом і в найближчому майбутньому.

Необхідність зведення об'єктів різного функційного призначення, де потрібно застосовувати індивідуальні архітектурні й унікальні конструктивні рішення, призвела до певних змін у будівельній галузі України: менше використовується збірний залізобетон і широко застосовуються технології монолітного будівництва. Практика вітчизняного й закордонного будівництва засвідчила, що в монолітному залізобетоні найбільше можуть бути використані досягнення в галузі бетоноведення, нові композиційні матеріали, прогресивні енергозберігаючі технології, а витрати на механізацію й автоматизацію технологічних процесів – порівняно незначні.

Процес виконання будівельних робіт потребує обов'язкового й постійного контролю, а для цього потрібно мати необхідні професійно-технічні навички, володіти певним комплексом знань щодо споруд, які зводяться, мати досвід практичної роботи. У наш час більшість будівельних організацій оснащені спеціалізованими будівельними машинами, автобетонозмішувачами, засобами малої механізації, мобільними та стаціонарними бетонними вузлами, бетононасосами, установками для свердління отворів у бетоні, різання, затирання й

шліфування бетону, засобами для прискорення його тверднення, що без сумніву, підвищує якість будівель і споруд із монолітного залізобетону.

Техніко-економічні переваги будівництва житлових і громадських будівель з монолітного бетону полягають у тому, що можна з мінімальними затратами підвищити якість і архітектурну виразність окремих будівель і комплексів, а також реалізувати ресурсозберігаючі можливості технології. Перспективним напрямом варто вважати застосування легкого монолітного залізобетону, особливо під час зведення багатопверхових будинків. При однаковій міцності порівняно з важким конструктивний легкий залізобетон має значно меншу масу (на 30...40 %) і економічно вигідний, особливо під час висотного будівництва.

Широким є можливості використання бетону й залізобетону для захисту природи та середовища проживання людини від шкідливих наслідків її діяльності. Як складники бетону, успішно використовуються техногенні відходи різних виробництв, їх можна переробити й повторно використати бетон у разі виведення з експлуатації будівлі або споруди, де цей бетон використовувався.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Акимова Л. Д. Технология строительного производства / Л. Д. Акимова, Н. Г. Аммосов, Г. М. Бадьин. – Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 606 с.
2. Анпилов С. М. Опалубочные системы для монолитного строительства : учебное издание / С. М. Анпилов. – М. : Изд-во АСВ, 2005. – 280 с.
3. Афанасьев А. А. Интенсификация работ при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона / А. А. Афанасьев. – М. : Стройиздат, 1990. – 384 с.
4. Афанасьев А. А. Технология импульсного уплотнения бетонных смесей / А. А. Афанасьев. – М. : Стройиздат, 1987. – 165 с.
5. Афанасьев А. А. Бетонные работы : учеб. для проф. обучения рабочих на пр-ве. / А. А. Афанасьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1991. – 288 с.
6. Баженов Ю. М. Технология бетона : учебник / Ю. М. Баженов. – М. : Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.
7. Бетонные и железобетонные работы / К. И. Башлай, В. Я. Гендин, Н. И. Евдокимов и др.; под ред. В. Д. Топчия. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1987. – 320 с.
8. Жван В. Д. Зведення і монтаж будівель і споруд : навчальний посібник / В. Д. Жван, М. Д. Помазан, О. В. Жван; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 395 с.
9. Железобетонные и каменные конструкции : Учеб. для строит. спец. ВУЗов. / В. М. Бондаренко, Р. О. Бакиров, В. Г. Назаренко, В. И. Римшин. – 3-е изд. – М. : Высшая школа, 2004. – 876 с.
10. Гныря А. И. Технология бетонных работ в зимних условиях : учеб. пособие / А. И. Гныря, С. В. Коробков. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 412 с.
11. Головнев С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С. Г. Головнев. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с.
12. Евдокимов Н. И. Технология монолитного бетона и железобетона : учеб. пособие для строительных ВУЗов / Н. И. Евдокимов, А. Ф. Мацкевич, В. С. Сытник. – М. : Высшая школа, 1980. – 335 с.
13. Ицкович С. М. Заполнители для бетона / С. М. Ицкович – Минск : Высш. шк., 1983. – 324 с.
14. Кондращенко О. В. Матеріалознавство : навч. посібник / О. В. Кондращенко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; – Харків : ХНАМГ, 2007. – 182 с.
15. Красный Ю. М. Монолитное домостроение / Ю. М. Красный, Д. Ю. Красный. – М. : Изд-во АСВ; Екатеринбург : УГТУ, 2000. – 550 с.

16. Красный Д. Ю. Обеспечение качества при возведении зданий и сооружений из монолитного железобетона / Д. Ю. Красный, Ю. М. Красный. – Екатеринбург : «Центр качества строительства», 2003. – 448 с.
17. Крылов Б. А. Руководство по производству бетона в монолитных конструкциях / Б. А. Крылов // НИИЖБ : – М. : Красный пролетарий, 2005. – 275 с.
18. Мацкевич А. Ф. Несъемная опалубка монолитных железобетонных конструкций / А. Ф. Мацкевич. – М. : Стройиздат, 1986. – 96 с.
19. Мещанинов А. В. Отделочные работы в монолитном домостроении / А. В. Мещанинов – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. – 272 с.
20. Миклашевский Е. П. Глубинное вибрирование бетонной смеси / Е. П. Миклашевский. – М. : Стройиздат, 1981. – 175 с.
21. Молодин В. В. Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимних условиях / В. В. Молодин, Ю. В. Лунев; под ред. д-ра. техн. наук, проф. Ю. А. Попова. – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2006. – 300 с.
22. Олейник П. П. Организация строительного производства / П. П. Олейник. – М. : Изд-во АСВ, 2010. – 576 с.
23. Проценко П. В. Формование конструкций вибронагнетательным способом / П. В. Проценко, К. М. Вертелов, Н. И. Пушкарь. – М. : Стройиздат, 1988. – 248 с.
24. Рекомендации по доставке бетонных смесей автотранспортными средствами / ЦНИИОМПП Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1988. – 94 с.
25. Рекомендации по привязке и применению системы унифицированных переставных опалубок «Гражданстрой» для монолитного домостроения / ЦНИИЭПжилища. – М. : Стройиздат, 1986. – 80 с.
26. Рекомендации по проектированию монолитных железобетонных перекрытий со стальным профилированным настилом / НИИЖБ, ЦНИИПромзданий. – М. : Стройиздат, 1987. – 40 с.
27. Рекомендации по рациональному применению конструкций из монолитного бетона для жилых и общественных зданий / ЦНИИЭПжилища. – М. : Стройиздат, 1993. – 58 с.
28. Рекомендации по применению добавок суперпластификаторов в производстве сборного и монолитного железобетона / НИИЖБ, ЦНИИОМТП. – М. : Стройиздат, 1987. – 87 с.
29. Руководство по применению химических добавок к бетону / НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1980. – 47 с.
30. Руководство по подбору составов тяжелого бетона / НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1979. – 105 с.
31. Руководство по подбору составов конструктивных легких бетонов на пористых заполнителях / НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1975. – 86 с.
32. Руководство по проектированию конструкций и технологии возведения монолитных бескаркасных зданий / ЦНИИЭП жилища. – М. : Стройиздат, 1982. – 213 с.
33. Руководство по конструкциям опалубок и производству опалубочных работ / ЦНИИОМТП. – М. : Стройиздат, 1983. – 384 с.

34. Руководство по применению бетонов с противоморозными добавками / под ред. А. В. Лагойда. НИИЖБ. – М. : Стройиздат, 1978. – 81 с.
35. Руководство по бетонированию монолитных конструкций с применением термоактивной опалубки / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1977. – 95 с.
36. Савинов О. А. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей / О. А. Савинов, Е. В. Лавринович. – Л. : Стройиздат Ленинградское отд-ние, 1980. – 175 с.
37. Санников И. В. Монолитные перекрытия зданий и сооружений / И. В. Санников, В. А. Величко. – Киев : Будівельник, 1991. – 152 с.
38. Совалов И. Г. Бетонные и железобетонные работы / И. Г. Совалов, Я. Г. Могилевский, В. И. Остромогольский. – М. : Стройиздат, 1988. – 336 с.
39. Сытник В. С. Геодезический контроль точности возведения монолитных зданий и сооружений / В. С. Сытник, Л. Б. Ключин. – М. : Стройиздат, 1981. – 119 с.
40. Столбов Ю. В. Статистические методы контроля качества строительно-монтажных работ / Ю. В. Столбов. – М. : Стройиздат, 1990. – 87 с.
41. Стандартизация и управление качеством продукции: учебник для ВУЗов / В. А. Швандар, В. П. Панов, Е. М. Купряков и др. ; под ред. проф. В. А. Швандара. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 487 с.
42. Технология зимнего монолитного бетонирования : учеб. пособие / Э. И. Батянский, Н. М. Голубев, В. В. Бабицкий и др. – М. : Изд-во АСВ, 2009. – 229 с.
43. Топчий В. Д. Бетонирование в термоактивной опалубке / В. Д. Топчий. – М. : Стройиздат, 1977. – 112 с.
44. Хаютин Ю. Г. Монолитный бетон: Технология производства работ / Ю. Г. Хаютин. – М. : Стройиздат, 1991. – 576 с.
45. Чирков Ю. Б. Возведение монолитных конструкций и сооружений из легкого бетона / Ю. Б. Чирков. – М. : Стройиздат, 1984. – 167 с.
46. Шмит О. М. Опалубки для монолитного бетона / О. М. Шмит ; пер. с нем. Л. М. Айнгорн ; ред. Н. И. Евдокимова. – М. : Стройиздат, 1987. – 160 с.
47. Штоль Т. М. Технология возведения подземной части зданий и сооружений / Т. М. Штоль, В. И. Теличенко, В. И. Феклин. – М. : Стройиздат, 1990. – 288 с.
48. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко; Харк. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с.
49. ДСТУ Б В.2.7–46–96. Цементи загального будівельного призначення. Технічні умови. – [Чинний від 1997–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1996.
50. ДСТУ Б В.2.7–74–98. Крупні заповнювачі для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. – [Чинний від 1999–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1998.

51. ДСТУ Б В.2.7–32–95. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. – [Чинний від 1996–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1995.
52. ДСТУ Б В.2.7–273:2011. Вода для бетонів и растворов. ТУ. – Взамен ГОСТ 23732–79. – [Чинний від 2012–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 2011.
53. ДСТУ Б В.2.7–23–95. Будівельні розчини. Загальні технічні умови. – [Чинний від 1996–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1996.
54. ДСТУ Б В.2.7–215:2009. Бетони. Правила підбора состава. – Взамен ГОСТ 27006–86. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 2009.
55. ДСТУ Б В.2.7–96–2000. Суміші бетонні. ТУ. – Взамен ГОСТ 7473-94. – [Чинний від 2001–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 2010.
56. ДСТУ Б В.2.7–43–96. Будівельні матеріали. Бетони важкі. ТУ. – [Чинний від 1997–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997.
57. ДСТУ Б В.2.7–65–97. Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Класифікація. – [Чинний від 1998–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997.
58. ДБН Д.2.2–6–99. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. – [Чинний від 2000–01–01]. – Київ : Держбуд України, 2000. – 78 с.
59. ДБН В.2.7–64–97. Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах. – [Чинний від 1998–01–01]. – Київ : Держбуд України, 1999. – 67 с.
60. ДБН В.2.6–6–95. Проектування, будівництво та експлуатація будинків системи «Пластбау». – [Чинний від 1996–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1997. – 92 с.
61. ДБН В.2.2–24:2009. Проектування висотних житлових і громадських будинків. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 105 с.
62. ДБН В.2.6–98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. – 74 с.
63. ДБН В.2.6–160:2010. Сталезалізобетонні конструкції. – [Чинний від 2011–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. – 75 с.
64. ДБН А.3.1–5–2009 Організація будівельного виробництва. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 70 с.
65. ДБН А.3.2–2–2009. Охорона праці і промислова безпека в будівництві. – [Чинний від 2010–01–01]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 122 с.
66. ДБН В.2.8–3–95. Будівельна техніка, оснастка, інвентар та інструмент. Технічна експлуатація будівельних машин. – [Чинний від 1996–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1995. – 72 с.
67. ДБН Г.1–4–95. Правила перевезення, складування та зберігання матеріалів, виробів, конструкцій і устаткування в будівництві. – [Чинний від 1996–01–01]. – Київ : Держкоммістобудування України, 1995. – 67 с.

Наукове видання

ЯКИМЕНКО Олег Вікторович

КОНДРАЩЕНКО Олена Володимирівна

АТИНЯН Армен Овікович

БЕТОННІ РОБОТИ

МОНОГРАФІЯ

Відповідальний за випуск *Т. В. Рапіна*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *О. В. Якименко*

Дизайн обкладинки *Т. А. Лазуренко*

Підп. до друку 18.10.2016
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 14,3
Тираж 300 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,

вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002

Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017