Національний університет
водного господарства
та природокористування

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет водного господарства
та природокористування

А.В. Мироненко

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Національний університет
водного господарства
та природокористування

І н т е р а к т и в н и й к о м п л е к с
навчально-методичного забезпечення дисципліни

Кредитно-модульна система організації
навчального процесу

Для студентів напряму 6.060101 "Будівництво"

Рівне – 2008

Національний університет
водного господарства
та природокористування

УДК 691 (075.3)
ББК 38.3я73
М 64

Затверджено вченою радою Національного університету водного господарства та природокористування.
(Протокол № 6 від 30 травня 2006 р.)

Рецензенти:
***Сидоров А.В.*,** д-р техн. наук, професор ПВНЗ "Міжнародний економіко-гуманітарний університет ім. акад. С.Дем'янчука
Дворкін О.Л., д-р техн. наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування.

Мироненко А.В.
М 64 Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне: НУВГП, 2008. – 184 с

Навчально-методичний комплекс " Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій " містить робочу програму, стисло викладено навчальний матеріал дисципліни, що поділений на змістові модулі і теми, питання та вправи для самоконтролю з кожної теми, методичні рекомендації до самостійної роботи; типові завдання для модульних контрольних робіт, список рекомендованої літератури, та може бути корисним при самостійному вивченні дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу студентами вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом 6.060101 "Будівництво".

УДК 691 (075.3)
ББК 38.3я73

© Мироненко А.В., 2008
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2008

Національний університет
водного господарства
та природокористування

З М І С Т

ПЕРЕДМОВА 5
1. РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ 6
2. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ЗА ЗМІСТОВИМИ МОДУЛЯМИ, ЯКІ ПРИСВОЮЮТЬСЯ СТУДЕНТАМ.....18
3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ.....20
3.1. Номенклатура збірних бетонних та залізобетонних конструкцій і вимоги до них.....20
3.2. Способи виготовлення збірних залізобетонних виробів 23
3.3. Підготовка та організація форм і формувального оснащення 33
3.4. Армування збірних залізобетонних конструкцій 41
3.4.1. Армування ненапруженою арматурою, механічне натягання арматури…..42
3.4.2. Електротермічний, електротермомеханічний, хімічний способи натягання арматури, дисперсне армування. Контроль процесу армування.....47
3.5. Формування залізобетонних конструкцій.....57
3.5.1. Укладання і розподілення бетонних сумішей……...57
3.5.2. Класифікація способів формування, негайне розпалублення, формування пресуванням……..63
3.5.3. Вібраційні способи формування.....72
3.5.4. Вібропресування 82
3.5.5. Відцентрове формування. Контроль процесу формування.....91
3.6. Твердіння бетону у виробах……..98
3.6.1. Способи прискорення твердіння бетону. Паропрогрівання 98
3.6.2. Електропрогрівання, використання сонячної енергії. Контроль та регулювання процесів твердіння бетону.....106
3.7. Розпалублення виробів.....119
3.8. Комплектування та опоряджування виробів.....127
4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ 141
5. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ 147
6. ПЛАНИ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ 156

Національний університет
водного господарства
та природокористування

7. ЗАВДАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБТИ.....166
8. ТЕМИ РЕФЕРАТІВ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....169
9. ЗАВДАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ХАРАКТЕРУ 171
10. ТИПОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНИХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ 173
11. ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ 176
12. ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....180
13. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....183

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

П Е Р Е Д М О В А

Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій" призначений для самостійної роботи студента в умовах дії кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Комплекс містить робочу програму, стисло викладений теоретичний навчальний матеріал дисципліни, поділений на змістові модулі і теми, питання та вправи для самоконтролю з кожної теми, методичні рекомендації до самостійної роботи, типові завдання до модульних контрольних робіт. В комплексі наведені також плани і зміст лабораторних та практичних занять, а також методичні рекомендації до їх виконання. Це дає можливість студентам при вивченні дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій" отримати необхідні відомості про сучасний стан виробництва залізобетонних виробів і конструкцій, підбір основного обладнання, перспективи розвитку галузі. Студент отримає необхідні навички розв’язування технологічних задач та вирішення проблемних ситуацій.

Комплексом передбачено також виконання індивідуальної розрахункової роботи студентами денної форми навчання, запропоновані варіанти завдань. Для студентів заочної форми навчання наведені завдання для виконання контрольної роботи а також методичні рекомендації до її виконання.

Окремо слід виділити завдання до виконання робіт науково-дослідного характеру, що передбачають вирішення виробничих ситуацій шляхом проведення експериментальних досліджень. Головною метою таких робіт є ознайомлення з напрямками і методами вдосконалення технологій виробництва залізобетонних конструкцій, ресурсозбереження, раціонального використання нового обладнання.

Автор вдячний рецензентам проф. А.В. Сідорову та проф. О.Л. Дворкіну за цінні поради та рекомендації, висловлені при написанні комплексу.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1. РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Робоча програма розроблена відповідно до "Освітньо–професійної програми" підготовки бакалавра і магістра напрямку "0921" спеціальності 6.092100 "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів".

1.1. Загальний опис предмета навчальної дисципліни "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів"

Таблиця 1.1

Курс підготовки бакалаврів	Напрям, спеціальність, освітньо кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів відповідних ECTS – 3 Модулів – 1 Змістовних модулів – 1 Загальна кількість годин – 108 Тижневих: – аудиторних – 3; – СРС – 3	Напрям: 6.060101 "Будівництво" Спеціальність: Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Освітньо-кваліфікаційний рівень — бакалавр	Дисципліна – за вибором ВНЗ Рік підготовки – 4-й Лекції – 28 год. Лабораторні заняття – 10 год. Практичні заняття – 10 год. Самостійна робота – 48 год. Індивідуальна розрахункова робота – 12 год. Вид контролю – Залік	Дисципліна – за вибором ВНЗ Рік підготовки – 5-й Лекції – 6 год. Лабораторні заняття – 4 год. Практичні заняття – 4 год. Самостійна робота (в тому числі контрольна робота студента-заочника) – 94 год. Вид контролю – Залік

Примітка: Співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної і індивідуальної роботи становить 44,4% до 55,6%.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.2. Мета і завдання дисципліни

1.2.1. Мета викладання дисципліни, її спрямування

Однією з найважливіших умов підвищення ефективності капітального будівництва є створення і широке використання ресурсо- і енергозберігаючих та екологічно чистих технологій виробництва бетонних та залізобетонних конструкцій. Не менш важливою умовою є підготовка висококваліфікованих бакалаврів, здатних вирішувати проблеми, пов'язані з розвитком і вдосконаленням технології виробництва залізобетону. Враховуючи вищевказане, в навчальний план підготовки бакалаврів зі спеціальності 6.092100 "Технологія будівельних конструкцій виробів і матеріалів" введено дисципліну "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій" ґрунтується на знаннях, набутих студентами при вивченні курсів "В'яжучі речовини", "Процеси і апарати при виготовленні будівельних виробів і матеріалів", "Теплотехнічне обладнання", "Механічне обладнання заводів збірного залізобетону", "Довговічність бетону та з/б конструкцій". Вивчення дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій" забезпечує необхідні знання та навики при підготовці бакалаврів до самостійної практичної інженерної діяльності на підприємствах будівельної індустрії, а також відповідних цьому профілю проектних і наукових організаціях.

Метою викладання дисципліни є отримання загальних відомостей і вивчення основних технологічних процесів, що необхідні для виготовлення сучасних збірних бетонних і залізобетонних виробів.

1.2.2. Завдання вивчення дисципліни.

Студент повинен *знати*:

- класифікацію збірних конструкцій, технічні та технологічні вимоги до них;
- технологічні особливості конструкцій форм і формувального оснащення, способи очищення форм, приготування і нанесення мастил;
- способи прискорення твердіння бетону;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

– способи та умови негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою, розпалублення виробів після теплової обробки, особливості розпалублення попередньо напружених конструкцій;

– шляхи підвищення рівня заводської готовності виробів, види опорядження поверхонь залізобетонних виробів.

Студент повинен *вміти:*

– вибрати вид армування та зробити технологічні розрахунки натягу арматури;

– вибрати спосіб формування залізобетонних конструкцій, підібрати машини і механізми для укладання, розподілення і ущільнення бетонної суміші, зробити технологічні розрахунки;

– поставити технологічні задачі і експериментально-технологічні дослідження з метою удосконалення виробничих процесів.

1.3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Номенклатура та способи виготовлення бетонних та залізобетонних конструкцій. Підготовка форм та формувального оснащення. Армування, формування та твердіння бетонних та залізобетонних конструкцій. Розпалублення, комплектування та опоряджування виробів.

Теми:

Тема.1. Номенклатура збірних бетонних та залізобетонних конструкцій і вимоги до них.

Тема.2. Способи виготовлення збірних бетонних та залізобетонних виробів.

Тема.3. Підготовка та організація форм та формувального оснащення.

Тема.4. Армування збірних залізобетонних конструкцій.

Тема.5. Формування бетонних та залізобетонних конструкцій.

Тема.6. Тверднення бетону у виробах.

Тема.7. Розпалублення виробів.

Тема.8. Комплектування та опоряджування виробів.

1.4. Структура залікового кредиту дисципліни

Таблиця 1.2

Назви тем змістових модулів	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Лекції	Практичні заняття.	Лабораторні заняття.	Самостійна робота	Індивід. розрах. роб.	Разом	Лекції	Практич. заняття.	Лаборат. заняття.	Самостійна робота.	Індивід. робота	Разом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Тема 1. Номенклатура збірних бетонних та залізобетонних конструкцій і вимоги до них.	2	-	-	3	-	5	0, 5	-	-	8		8,5
Тема 2. Способи виготовлення збірних з/б виробів.	2	-	-	3	-	5	0, 5	-	-	8		8,5
Тема 3. Підготовка та організація форм та формувального оснащення.	2	-	-	4	-	6	0, 5	-	-	10		10,5
Тема 4. Армування збірних залізобетонних конструкцій. **4.1.** Види армування, встановлення ненапружених елементів, механічне натягання арматури.	2	1	-	2	2	7	0, 5	0,5	-	8		9,0

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4.2. Електротермічний, електротермомеханічний, і хімічний способи натягання арматури, дисперсне армування, контроль процесу армування.	2	1	-	2	2	7	0,5	0,5	-	8		9,0
Тема 5. Формування залізобетонних конструкцій. **5.1.** Укладання та розподілення бетонних сумішей. Класифікація способів формування. Формування пресуванням.	2	1	-	2	-	5	0, 5	0,5	-	8		9,0
5.2. Вібраційні способи ущільнення: об'ємне, зовнішнє, поверхневе, внутрішнє	2	1	8	1	2	14	0,5	0,5	3	4		8,0
5.3. Вібропресування, віброкатування, віброгідропресування, віброекструзія.	2	1	-	1	2	6	0,25	0,5	-	4		4,75
5.4. Формування з вакуумуванням, торкретування бетонної суміші.	2	1	-	2	2	7	0,25	0,5	-	4		4,75

Національний університет водного господарства та природокористування

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5.5. Відцентрове формування і прокатування. Контроль процесу формування.	2	2	-	2	2	8	0,25	0,5	-	4	КР	4,75
Тема 6. Твердіння бетону у виробах. **6.1.** Способи прискорення твердіння бетону. Паропрогрівання. Прогрівання в газоповітряному середовищі.	2	1	1	2	-	6	0,5	0,25	1	6		7,75
6.2. Електротеплова обробка, використання сонячної енергії. Контроль твердіння бетону.	2	1	1	2	-	6	0,25	0,25	-	6		6,50
Тема 7. Розпалублення виробів.	2	-	-	2	-	4	0,5	-	-	8		8,5
Тема 8. Комплектування та опоряджування виробів	2	-	-	2	-	4	0,5	-	-	8		8,5
Підготовка до МКР	-	-	-	18	-	18	-	-	-	-	-	
Всього за курс	**28**	**10**	**10**	**48**	**12**	**108**	**6**	**4**	**4**	**94**	**КР**	**108**

Національний університет водного господарства та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.5. Практичні заняття

1. Практичне заняття №1. Технологічні розрахунки механічного і електротермічного натягання арматури. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

2. Практичне заняття №2. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методом пресування та віброущільненням. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

3. Практичне заняття №3. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методами вібропресування та формування з вакуумуванням. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

4. Практичне заняття №4. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методом відцентрового формування. Денна форма – 2 год., заочна форма – 0,5 год.

5. Практичне заняття №5. Технологічні розрахунки прискорення твердіння бетону у виробах. Денна форма – 2 год., заочна форма – 0,5 год.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.6. Лабораторні роботи

1. Лабораторна робота №1. Дослідження ефективності способів перемішування бетонної суміші. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

2. Лабораторна робота №2. Дослідження впливу тривалості віброущільнення бетонної суміші на середню густину і міцність бетону. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

3. Лабораторна робота №3. Дослідження впливу привантаження при вібруванні на міцність бетону. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

4. Лабораторна робота №4. Дослідження факторів, що впливають на ефективність теплової обробки. Денна форма – 4 год., заочна форма – 1 год.

1.7. Завдання для самостійної роботи

За навчальним планом на самостійну роботу студентів відводиться для денної форми навчання – 48 год., а для заочної форми – 94 год.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Самостійна робота (СРС) включає такі види робіт:

- підготовка до аудиторних занять — 24 год. - підготовка до модульних контрольних робіт для денної форми навчання — 18 год.

- самостійне опрацювання рекомендованої літератури з навчальної дисципліни, розв'язання завдань та проблемних ситуацій науково-дослідного характеру — 6 год.

1.8. Індивідуальне навчально-дослідне завдання.

За навчальним планом студенти денної форми навчання виконують індивідуальну розрахункову роботу (ІРР) на яку відводиться 12 год. Зміст і об'єм ІРР затверджується методичною комісією кафедри ТБВіМ НУВГП. До складу ІРР входить:

- обґрунтування способу армування і розрахунок натягу арматури залізобетонної конструкції;

- визначення способу і параметрів ущільнення бетонної суміші при формуванні залізобетонної конструкції;

- розрахунок параметрів теплової оброки залізобетонної конструкції;

Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу (КР) згідно із завданням в МВ 059. Для виконання КР необхідно:

- дати відповіді на 5 теоретичних питань по технологічним процесам виготовлення збірних бетонних і залізобетонних конструкцій з урахуванням сучасного науково-технічного рівня промисловості збірного залізобетону;

- розв'язати 5 розрахункових задач, що передбачають визначення параметрів основних технологічних процесів виготовлення збірних бетонних і залізобетонних конструкцій.

1.9. Методи навчання.

1. Лекційний курс проводиться із застосуванням ТЗН (кадоскоп), планшетів і моделей.

2. Практичні заняття проводиться із застосуванням ТЗН (кадоскоп), планшетів і моделей.

3. Лабораторні роботи проводяться із застосуванням необхідних сировинних матеріалів (в'яжучих речовин, заповнювачів, хімічних добавок), приладів, обладнання, плакатів, схем, таблиць.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

4. Методи активного навчання (МАН) включають розв'язування проблемних ситуацій при виконанні лабораторних робіт, а також при вивченні технологічних процесів на практичних заняттях.

5. Консультації.

6. Самостійна робота студентів, в тому числі виконання розрахунково-графічної роботи студентами денної форми і контрольної роботи студентами заочної форми навчання.

1.10. Методи контролю.

1. Введена кредитно-модульна система організації навчального процесу із 100-бальною шкалою оцінювання знань студентів.

2. **Поточний контроль знань** передбачає оцінку систематичності (в тому числі відвідування занять) та активності роботи на практичних заняттях а також тестування за восьма змістовними модулями.

3. **Підсумковий контроль знань** здійснюється виключно за результатами поточного контролю.

Студент, який отримав за результатами поточного контролю 60 і більше балів, має можливість отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни відповідно до набраної кількості балів і не складати підсумковий контроль.

1.11. Розподіл балів, що присвоюються студентам.

Шкала оцінювання в КМСОНП ECTS для зарахування заліку:

90…100 балів — зараховано (A);
82…89 балів — зараховано (B);
74…81 балів — зараховано (C);
64…73 балів — зараховано (D);
60…63 балів — зараховано (E);
35…59 балів — не зараховано (FX);
1…34 балів — не зараховано (F).

Максимальна кількість балів — 100 балів. Розподіл балів за змістовими модулями наведено в табл. 11.3 (для денної форми навчання) і табл. 4 (для заочної форми навчання).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 11.3

Розподіл балів за змістовими модулями для студентів денної форми навчання

Змістовий модуль 1 : поточне тестування																Сума
6	6	6	10		33						10		6	23		100
			Т4		Т5						Т6					
Т1	Т2	Т3	Т4.1	Т4.2	Т5,1	Т5,2	Тест №1	Т5,3	Т5,4	Т5.5	Т6.2	Т6.2	Т7	Т8	Тест №2	РГР
6	6	6	5	5	5	5	8	5	5	5	5	5	6	6	8	9

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.12. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів" для студентів спеціальності 7.092104 ТБКВіМ для денної і заочної форми навчання (Мироненко А.В., Яковчук В.В. , Рівне, РДТУ , 1998 — 16 с.) 059-87.

2. Завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів" для студентів спеціальності 7.092104 ТБКВіМ заочної форми навчання (Опанащук Т.В., Безусяк О.В., Рівне, РДТУ, 1999 —16 с.) 059-104.

3. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів" для студентів спеціальності 7.092104 ТБКВіМ денної і заочної форми навчання (Мироненко А.В., Безусяк О.В., Рівне, УДУВГП , 1999 —16 с.) 059-104.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.13. Базова література

1. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: Підручник у 2 Ч./Н.Г. Русанова, П.П.Пальчик, Л.М. Рижанкова. – К.: Вища школа, Ч1. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. – 334 с.

2. А.П. Приходько. Технологія виробництва бетонних і залізобетонних виробів.: Навчальний посібник – К.: НМКВО, 1992 – 336 с.

3. Технология железобетонных изделий в примерах и задачах: Учебное пособие /Под ред. Л.Н.Попова – М.: Высш. шк., 1975 –248 с.

4. Л.Й. Дворкін, О.В. Безусяк, О.Л. Дворкін, Ю.В. Гарницький. Технологія проектування підприємств збірного залізобетону: Навчальний посібник /За ред. проф., д.т.н. Л.Й. Дворкіна – Рівне, РДТУ, 2001 – 153 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.14. Допоміжна література

1. ДБН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів. – К.: Укрархбудінформ, 1997. – 42 с.

2. ДБН А.3.1-8-96. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів. – К.: Укрархбудінформ, 1998. – 45 с.

3. Журнал "Будматеріали" видання Держдбуду України та Українського науково-дослідного та проектного інституту інституду будівельних матеріалів і виробів.

4. Журнал "Будівництво України". – Київ.

5. Журнал "Строительные материалы и изделия". – Київ.

6. Журнал "Строительные материалы" . – Москва.

7. Номенклатурный перечень оборудования технологических линий для призводства сборного железобетона. / Гипростроммаш. – М.: 1997. – 187 с.

8. Шихненко И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона. – 2-е изд., перераб. и дополненое. – К.: Будівельник, 1989. – 296 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

1.15. Інформаційні ресурси

1. Освітньо – професійна програма підготовки бакалавра за напрямом 0921 "Будівництво".

2. Бібліотека НУВГП м. рівне, вул. Приходька, 73.

3. Обласна наукова бібліотека м. Рівне, майд. Короленка, 6.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ЗА ЗМІСТОВИМИ МОДУЛЯМИ, ЯКІ ПРИСВОЮЮТЬСЯ СТУДЕНТАМ

1. Оцінювання успішності студента при засвоєнні змістових модулів дисципліни здійснюється за **100–бальною шкалою** на основі результатів поточного контролю (залік).

2. Змістовий модуль навчальної дисципліни складається з ряду зв'язаних за змістом тем аудиторної (лекції, практичні і лабораторні роботи) і самостійної роботи студентів. В середині змістового модуля в балах оцінюються всі основні елементи модуля, що можуть включати різні форми контролю навчальної роботи студентів і якості їхніх знань, наприклад: *виконання і захист індивідуальних завдань, рефератів, лабораторних робіт, рішення контрольних задач, модульний тестовий контроль* знань студентів, тощо.

Студент протягом семестру відповідно до графіка навчального процесу здає визначені елементи модуля і набирає бали, необхідні для отримання підсумкової оцінки. Кількість модульних контрольних завдань — 2 (див. табл. 11.3, розд. 1).

3. За підсумками атестації по всій дисципліні (заліковому кредиту) результати оцінювання перераховуються в шкалу ECTS та національну шкалу (див. розд. 1 с.15).

4.Максимальна кількість балів, якою оцінюється виконання контрольного модульного завдання при проведенні модульного контролю складає близько **20%** від загальної кількості (табл. 2.1).

5. Неявка студента на проміжний модульний контроль (тестування) у встановлений термін оцінюється **нульовим** балом. В цьому випадку обов'язковим є проходження контролю в додаткові дні, встановлені кафедрою.

Перездача проміжного модульного контролю **не допускається**.

Студенти, що мають заборгованість по лабораторному практикуму повинні її ліквідувати в додатково встановлені дні**.**

6. Інші види робіт студентів, не передбачені даним положенням, можуть заохочуватись у вигляді додаткових (понад отриманих в семестрі) балів. Загальна кількість заохочуваних балів не може перевищувати **10.**

7. Результати оцінювання успішності студентів реєструються за національною шкалою і шкалою ECTS в заліково–екзаменаційних відомостях.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 2.1

Розподіл балів по модулям

Форма навч. діяльності	Вид контролю	К–сть балів за одне заняття	К–сть занять	Сума балів	Разом по видам навчання
лекції	відвідування	1	14	1	14
лабораторні	відвідування	1	5	5	20
	вчасність оформлення і захисту звіту	1	5	5	
	якість захисту	2	5	10	
практичні	відвідування	1	5	5	15
	активна участь в занятті	2	5	10	
Модуль. контроль			1- тестування		20
			2- тестування		19
Розрахунково графічна робота (РГР)	вчасність оформлення і захисту роботи			8	12
	якість захисту			4	
Всього по дисципліні (макс. к-ть балів) без РГР					88
Всього по дисципліні (макс. к-ть балів) разом з РГР					100
Мінім. к-сть балів по дисципліні з врахуванням РГР					60
Інші види робіт (заохочувальні бали) *Прим.: В сумі з навч. роботою – не більше 100 балів					10
ЗАЛІКОВИЙ КРЕДИТ (ВСЬОГО)					100

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ ОКРЕМИХ ЗМІСТОВИХ МОДУЛІВ

Змістовий модуль 3.1
Номенклатура збірних бетонних і залізобетонних конструкцій та вимоги до них

Класифікація збірних конструкцій. В основу класифікації збірних залізобетонних конструкцій покладено такі ознаки, як форма виробу, вид бетону, вид армування, внутрішня будова, галузь застосування, і т.ін.

За галузями будівництва всі збірні залізобетонні конструкції поділяють на конструкції для житлових та цивільних будівель, для промислових будівель, сільськогосподарського будівництва та конструкції спеціального призначення.

За формою збірні вироби поділяють на лінійні, плоскі, гратчасті, трубчасті та об'ємні. До лінійних належать колони, ригелі, прогони балки, палі, шпали; до плоских — плити перекриттів тз покриттів, панелі зовнішніх і внутрішніх стін та перегородок; до ґратчастих — ферми, елементи огороджень; до трубчастих — труби, кільця, елементи очисних споруд, опори ліній електропередач, колони кільцевого перерізу; до об'ємних — санітарно-технічні кабіни, v блок-кімнати, елементи шахт ліфтів та силосів.

За призначенням у будівлях та спорудах розрізняють Збірні елементи фундаментів та каркаса, покриття і перекриття, стіни та перегородки, блоки опалювальних та вентиляційних систем.

Конструкції одного призначення розрізняють за типорозмірами. Поняття «типорозмір» визначається належністю конструкції до окремих елементів будівель і означає характеристику матеріалу та габаритні розміри.

За видом бетону та використаних в'яжучих розрізняють вироби з цементних бетонів — важких та особливо важких на щільних заповнювачах, легких бетонів на пористих заповнювачах, ніздрюватих і спеціальних бетонів – жаро- і хімічно стійких, декоративних.

За характером армування збірні конструкції поділяють на бетонні неармовані, залізобетонні із звичайною арматурою, попередньонапружені.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

За внутрішньою будовою вироби можуть бути суцільними і порожнистими, одношаровими — виготовленими з одного виду бетону, та багатошаровими, „ якщо у виробах використано бетони різних видів чи інші матеріали.

За масою конструкції поділяють на над дрібні (до, 250 кг), дрібні (250... 1500 кг), середні (1500...3000 кг), грубі (3000...5000 кг), над грубі (понад 5000 кг), Найбільша маса над грубих виробів обмежена вантажопідйомністю транспортного обладнання і, як правило, не перевищує 25 т.

Вимоги до збірних конструкцій. *Технічні вимоги* до збірних конструкцій визначаються умовами монтажу будівель та споруд з найменшими витратами праці, часом та умовами експлуатації збірних залізобетонних об'єктів.

Граничні відхилення розмірів залізобетонних виробів від проектних встановлюють залежно від виду конструкцій та їхньої довжини і змінюються вони від ±2 ш (для тюбінгів тунелів) до ±32 мм (для паль завдовжки понад 8 м).

Розміри закладних деталей повинні відповідати проектним з відхиленнями в плані не більше ніж ±5 мм, а за товщиною — у межах допуску на сталь, з якої вони виготовлені. Зміщення осей закладних деталей допускається не більш як на 5 мм для колон, ферм та балок покриттів і не більш як на 10 мм для інших виробів. Робочі площини закладних деталей, як правило, встановлюють врівень з площиною виробів чи з виступом над нею не більше ніж на 3 мм.

Допуск на шорсткість лицьової поверхні виробів встановлюють залежно від виду обробки: від 2,5...5,0 мм при затиранні поверхні до 0,3...0,6 мм при шліфуванні.

Основні вимоги до виробів, визначені умовами експлуатації: забезпечення проектної міцності, морозостійкості, водонепроникності, тріщиностійкості, окремих теплофізичних властивостей, стійкості в агресивних середовищах.

За тріщиностійкістю всі збірні залізобетонні конструкції поділяють на три категорії. У тонкостінних конструкціях з дротяною арматурою товщина захисного шару може мати відхилення +3 мм від проектної, незалежно від його товщини. У конструкціях заввишки до 400 мм із стержневою арматурою відхилення товщини захисного шару може становити від ±3 до ±5 мм, а при висоті виробу

Національний університет
водного господарства
та природокористування

більш як 400 мм і товщині шару 20 мм допускається відхилення +10, -5 мм.

Сталеві закладні деталі необхідно покривати антикорозійними речовинами.

Технологічні вимоги до збірних залізобетонних конструкцій зумовлюються рівнем промислового виробництва. Сукупність технологічних вимог до конструкцій визначається їхньою технологічністю. Технологічність конструкції — це її відповідність виробничо-технічним умовам, які забезпечують мінімальні витрати праці на виготовлення конструкцій та її експлуатацію. ' Розрізняють абсолютну технологічність (принципіальну можливість виготовлення виробу на сучасному рівні розвитку науки й техніки) і виробничу (технологічність конструкції виробу відносно конкретних виробничих умов).

Технологічність конструкції закладається на стадії проектування і перевіряється за конструктивно-технологічними ознаками на стадії підготовки виробництва.

Конфігурація виробу повинна бути максимально спрощеною, без виступів, полиць та інших елементів, які ускладнюють вивільнення виробів із форм.

Під час формування виробів на віброплощадках маса виробів з формою не повинна перевищувати вантажності площадки . (8...24 т). Габаритні розміри форми, в якій виготовляють вироби, повинні давати можливість-встановлювати її в камери теплової обробки.

До збірних конструкцій заводського виготовлення ставиться і ряд додаткових вимог: канали для прихованих електропроводок повинні бути прямолінійними, не перетинатися із закладними деталями та арматурними каркасами і розміщуватися від поверхні на відстані, гайка дорівнює товщині захисного шару бетону; в конструкціях виробів із внутрішніми закритими та відкритими порожнинами (які утворюються під час формування порожнино-утворювачами) розміщення арматури не повинно перешкоджати заповненню бетоном проміжків між порожнинами, а розміри і форма порожнин мають бути такими, щоб виключати, можливість обвалення свіжо відформованого бетону при витягуванні порожнино-утворювачів; у плоских ребристих конструкціях ребрам надають уклони, не менші ніж 1 : 15, а при механізованому випресовуванні виробів — не менші ніж 1 :20, щоб легше виймати вироби з форм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Назвіть ознаки, за якими класифікують збірні конструкції.
2. Які основні технічні вимоги висуваються до збірних залізобетонних конструкцій?
3. Сформулюйте визначення технологічності конструкції.

Змістовий модуль 3.2.
Номенклатура збірних бетонних і залізобетонних конструкцій та вимоги до них

Принципи організації потокового виробництва. Для виготовлення збірних залізобетонних виробів застосовують найбільш ефективну потокову форму організації виробничого процесу, що базується на таких принципах: пропорційності процесів, який характеризується тим, що за певний проміжок часу на всіх ділянках процесу обробляють однакову кількість виробів; ритмічності процесів, який полягає в тому, що через однакові проміжки часу всі частини процесу повторюються; паралельності процесів, тобто одночасному виконанні всіх частин процесу виготовлення різних виробів; безперервності, що означає безперервне протікання (без простоїв) всіх частин процесу виготовлення та стадій обробки виробів.

Залежно від взаємного розміщення у просторі засобів праці (технологічного обладнання), предметів праці (форм, матеріалів та напівфабрикатів) та робітників можливі два варіанти організації виробництва: технологічне обладнання та робітники не перемі-щуються, а форми з виробами переміщуються; 2) форми нерухомі, переміщуються обладнання та робітники.

До першого варіанта організації процесу належать агрегатне та конвеєрне виробництво, до другого — стендове та касетно-стендове.

Агрегатне виробництво. При агрегатному способі виробництва всі частини процесу здійснюються на спеціалізованих постах, обладнаних машинами для виконання відповідної роботи. Форми з виробами для виконання всіх стадій обробки послідовно переміщуються від поста до поста.

Формують вироби на спеціально обладнаних установках-агрегатах, що складаються з машини для встановлення форм на

Національний університет
водного господарства
та природокористування

формувальний пост (формоукладача), машини для укладання та розподілення бетонної суміші у формі (бетоноукладача), машини для ущільнення бетонної суміші (віброплощадки чи центрифуги). Відформовані вироби піддають тепловій обробці в камерах прискореного тверднення періодичної дії. Завершальною стадією виробництва є видача виробів з камер, розпалублення їх на спеціалізованому посту та вивезення до складу готової продукції. Звільнені форми, подають на пост підготовки до чергового технологічного циклу. Підготовка форм-полягає в очищенні їх від залишків затверділого бетону, змазуванні поверхонь. Усі транспортні операції здійснюватись мостовими кранами або кран-балками,

При агрегатному способі виробництва форми з виробами можуть зупинятися не на всіх робочих постах, а тільки на тих, які потрібні для виготовлення виробів даного типу. Час перебування форми на кожному посту залежить від обсягу робіт, що виконуються на відповідній стадії процесу.

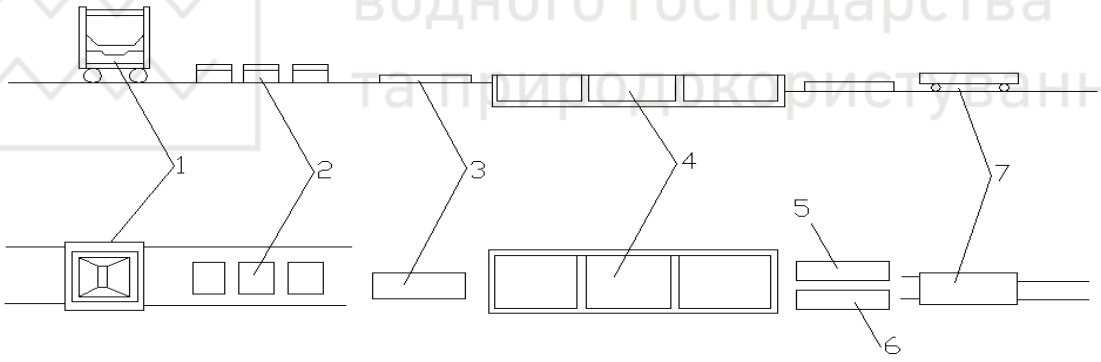


Рис. 3.2.1. Схема організації агрегатного виробництва:
1 — бетоноукладач; 2 — віброплощадка; 3 — пост армування; 4 — камера тепловологісної обробки; 5 — пост розпалублення; 6 — пост підготовки форм; 7 — візок самохідний

На рис. 3.2.1 подано принципову схему організації агрегатної технологічної лінії. Технологічний процес реалізується на п'яти робочих постах: розпалублення та огляду виробу; складання форми, очищення й змазування її; армування; заповнення форми бетонною сумішшю та ущільнення її; теплової обробки виробів.

Операції технологічного процесу виконують паралельно на всіх постах лінії. Найдоцільнішою є така організація процесу, яка забезпечує однакові витрати часу на обробку виробів на кожній стадії

Національний університет
водного господарства
та природокористування

процесу (на кожному посту); при цьому забезпечується ритмічна робота технологічної лінії, зменшуються простої обладнання, підвищується продуктивність лінії. Продуктивність агрегатної технологічної лінії визначається за середньою, (залежно від номенклатури продукції) тривалістю циклу формування виробів, яка коливається в широких межах — від 10 до 50 хв.

Агрегатний спосіб здобув поширення тому, що найкраще відповідає умовам серійного виробництва, не потребує великих капітальних вкладень і дає можливість виготовляти вироби широкої номенклатури. Гнучкість агрегатного способу виробництва дає змогу заміною та переналагодженням обладнання здійснювати перехід від випуску, виробів одного типу до випуску іншого.

У сучасному виробництві поширені агрегатні технологічні лінії, в яких для транспортування форм використовують приводні та неприводні рольганги, операційні конвеєри; при цьому агрегатні лінії наближаються до конвеєрного способу організації виробництва.

До недоліків агрегатної технології слід віднести необхідність переміщення технологічного оснащення від поста до поста за допомогою вантажопідйомних механізмів. Це вимагає посилення конструкцій форм, призводить до надмірного збільшення їхньої маси та є причиною утворення технологічних тріщин у незатверділому бетоні.

Конвеєрне виробництво. Конвеєрний спосіб виробництва — це замкнене технологічне кільце, в якому форми переміщуються послідовно від одного спеціалізованого технологічного поста до іншого із заданою швидкістю. Переміщення може бути пульсуючим або безперервним. За кожним постом закріплюють обладнання і ланку робітників для виконання відповідної роботи.

Головною умовою ефективного здійснення конвеєрного виробництва є однакові витрати часу для виконання робіт на кожному посту; після закінчення цього часу форми переміщують до іншого робочого поста. Цей період часу зветься ритмом конвеєра.

Залежно від виду руху розрізняють конвеєри безперервної дії (пластинчасті, ланцюгові) та крокової дії (візкові).

Принцип виготовлення виробів на конвеєрі безперервної дії застосовано на ВПС — вібропрокатних станах (рис. 3.2.2). Усі технологічні операції (від укладання бетонної суміші до теплової обробки

Національний університет
водного господарства
та природокористування

й видачі готового виробу) тут здійснюють на одному устаткуванні — пластинчастому конвеєрі, що безперервно рухається з постійною швидкістю.

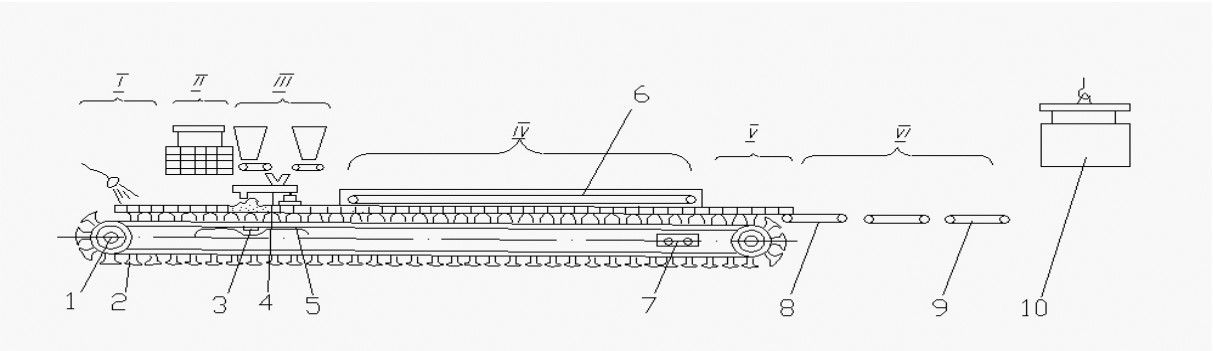


Рис. 3.2.2. Схема вібропрокатного стана:
1 — натяґувальна станція; 2 — формувальна стрічка конвеєра; 3 — віброб-рус; 4 — бетонозмішувач; 5 — віброзагладжувальне устаткування; 6 — камера теплової обробки; 7— привод стана; 8 — обгінний рольганг; 9 — кантувач; 10 — знятий готовий виріб; зони: I — очищення й змазування формувальної стрічки; II — армування; III — формування; IV — теплової обробки; V — опоряджування виробів; VI – розпалублення

Виготовлення виробів на ВПС починають з очищення й змазування формувальної стрічки, встановлення на неї формоутворювального оснащення, потім укладають і закріплюють арматурні елементи та закладні деталі. Ці роботи повинні завершитися, поки стрічка стана пересувається до ділянки, обладнаної бетоноукладачем і вібраційним устаткуванням, де укладають та ущільнюють бетонну суміш. Теплова обробка виробів здійснюється в щілинній камері, яку створює знизу стрічка стана, що безперервно рухається, а зверху — нескінченна прогумована стрічка. Виріб після теплової обробки потрапляє на обгінний рольганг, потім на кантувач, з якого його знімають краном.

Найпоширеніші візкові конвеєри крокової дії. Вироби на них виготовляють,, на пересувних піддонах, які утворюють безперервну конвеєрну лінію з 6—15 постів. Число постів конвеєра залежить від виду виробів та ступеня їхнього опорядження. Ритм роботи конвеєра становить 15...30 хв., після чого всі піддони-візки одночасно переміщуються на довжину одного поста (один крок).

Камери теплової обробки є частиною замішеного конвеєрного кільця. Коли відформований виріб потрапляє до камери теплової обробки, одночасно з камери виштовхується піддон-візок з виробом, що пройшов теплову обробку.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Залежно від типу теплових агрегатів розрізняють конвеєрні лінії з щілинними підземними і надземними камерами, з камерами вертикального типу, з безкамерною тепловою обробкою виробів у пакетах термоформ.

Залежно від взаємного розміщення теплового агрегату й підготовчо-формувальної гілки розрізняють вертикально замкнений (двох'ярусний стан), горизонтально замкнений та похило замкнений конвеєри (рис. 3.2.3).

На верхній частині вертикально замкненого конвеєра виконують розпалублення виробів, готують форми до бетонування, армують та формують вироби. Нижню гілку використовують для теплової обробки.

У похило замкненому конвеєрі, на відміну від двоярусного стана, камери теплової обробки розміщують не під формувальною гілкою, а збоку від неї під підлогою.

Здобули поширення також двогілкові конвеєрні лінії (рис. 3.2.4), на яких усі технологічні операції, починаючи від розпалублення і знімання виробів і закінчуючи попередньою обробкою, виконують на постах конвеєра, розміщених на двох паралельних гілках. Камера теплової обробки при цьому може розміщуватися безпосередньо під гілками конвеєра або під підлогою з іншого боку від них. Така технологічна лінія забезпечує компактність технологічного процесу, раціональну організацію транспортних потоків, значно підвищує ефективність виробництва.

Конвеєрний метод виготовлення залізобетонних виробів дає можливість запровадити комплексну механізацію та автоматизацію технологічних процесів, значно підвищити продуктивність праці та збільшити випуск готової продукції при найбільш повному та ефективному використанні технологічного обладнання.

Недоліком конвеєрних технологічних ліній є висока металомісткість.

Стендове виробництво. При стендовому способі вироби виготовляють у нерухомих формах або на спеціально обладнаних для цього робочих місцях — стендах. Під час формування і до набуття бетоном потрібної міцності вироби залишаються нерухомими, тоді як технологічне обладнання та робітничі ланки, які його обслуговують, переміщуються від однієї форми На стенді до іншої.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

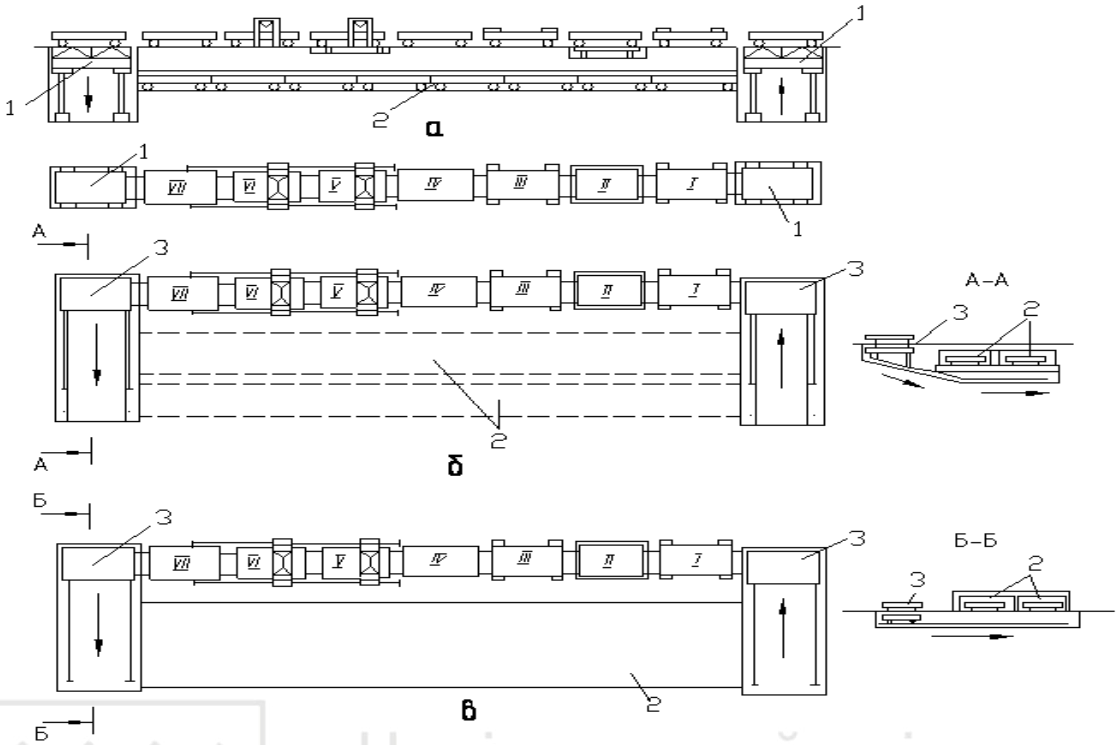


Рис. 3.2.3. Схеми конвеєрів крокової дії:
а — вертикально замкненого; б- похило замкненого; в — горизонтально замкненого; 1 — підіймач-знижувач; 2 —щілинна камера теплової обробки; 3 — передавальний візок; пости: I — розпалублення виробів; II- кантування; III - очищення і змазування форми; IV — армування; V — формування; VI — укладання верхньою шару бетону та загладжування поверхні; VII — огляду виробів

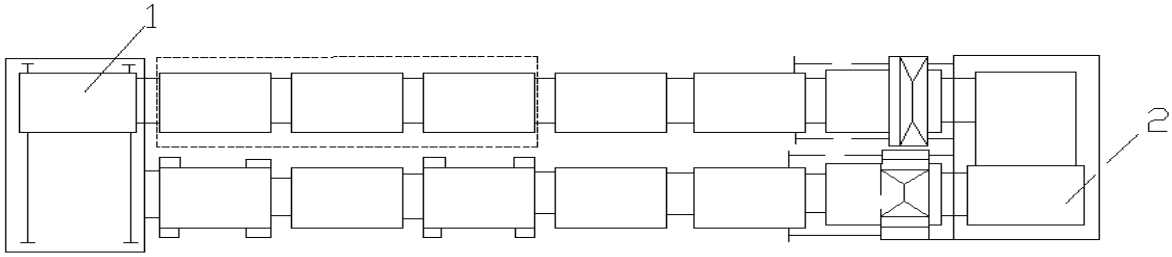


Рис. 3.2.4. Схема двогілкової конвеєрної лінії: 1 — передавальний візок з підіймачем-знижувачем; 2- передавальний візок; пости; I — відкривання бортів форми; II — очищення і змазування форми; III — складання Форми-IV — армування; V, VIII— резервні пости; VI — формування; VII - шпаклювання поверхні

Нерухомі металеві форми та залізобетонні форми-матриці розміщують в одну чи декілька ліній, залишаючи між ними проходи для обслуговування. В таких стендових формах виготовляють плоскі та криволінійні тонкостінні елементи (шатрові плити перекриттів, оболонки, стінові панелі).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Стендова технологія виробництва рекомендується для виготовлення конструкцій, габаритні розміри і маса яких перевищують розміри і вантажність віброплощадок — ферм, балок великих прогонів, колон завдовжки більш як 12 м тощо.

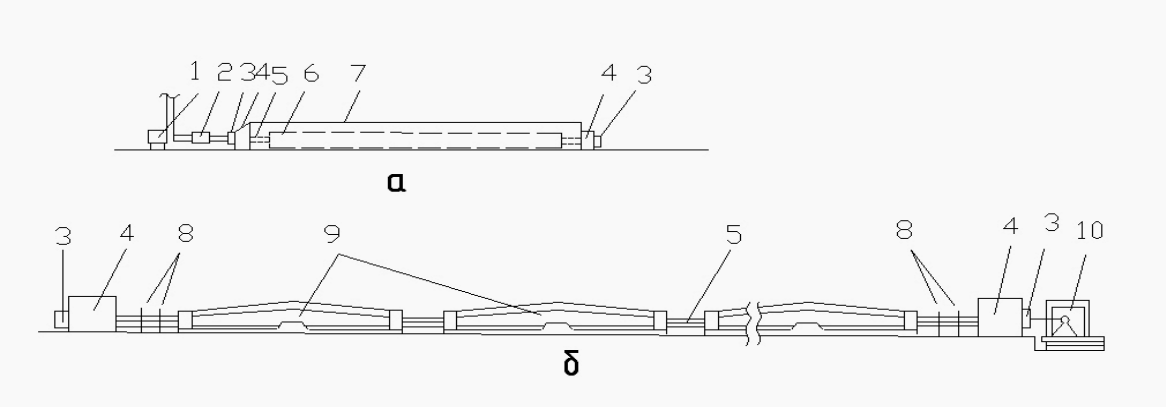


Рис. 3.2.5. Схеми стендів:

а — короткого; б — довгого; 1 — насосна станція; 2 — гідродомкрат; 3 — затискачі; 4 — упори; 5 — напружувана арматура; 6 — виріб; 7 — камера теплової обробки; 8— діафрагми; 9 — термоформи; 10 — натягувальна станція

Розрізняють стенди короткі й довгі (рис. 3.2.5). Короткі призначені для виготовлення одного виробу по довжині та одного-двох по ширині стенда. На коротких стендах арматуру натягують на упори стенда гідродомкратами або електротермічним способом. Довгі стенди використовують для виготовлення кількох виробів по довжині стенда одночасно. Довжина таких стендів досягає 120 м.

Залежно від способу армування розрізняють пакетні та протяжні довгі стенди. .На пакетних стендах арматурні пакети з затискачами на кінцях складають на окремих установках, а потім краном переносять та укладають їх у захвати стендів чи форм. На протяжних стендах арматурний дріт змотують з бухт, розміщених на одному кінці стенда, і протягують безпосередньо по лінії формування вздовж стенда до протилежного упора.

Стенди можуть бути незаглибленими або лотковими заглибленими. Незаглиблений стенд зручно використовувати для формування великорозмірних елементів у стендових термоформах. Це дає змогу прогрівати бетон, подаючи пару у внутрішні порожнини бортів і піддонів. Лотковий стенд заглиблюється відносно рівня підлоги, його перекривають кришками і здійснюють у ньому теплову обробку.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Тривалість технологічного циклу при стендовому виробництві залежить від часу витримування виробів на стенді для набуття ними потрібної міцності і становить 1—2 доби. Якщо число стендових ліній забезпечує безперервне переміщення робітничих ланок з однієї лінії на іншу через рівні проміжки часу, то можлива потокова організація виробництва.

Недоліками стендового способу виробництва є низьке використання виробничої площі й те, що всі джерела матеріальних та енергетичних ресурсів треба підводити до кожного стенда окремо.

Касетний спосіб виробництва. Особливість касетного способу виробництва полягає в тому, що вироби формуються у вертикальному положенні в розсувних групових металевих формах — касетах, де вони перебувають до набуття бетоном заданої міцності. Розрізняють два способи організації касетного виробництва: касетно-стендовий і касетно - конвеєрний.

При *касетно-стендовому способі* виробництва (рис. 3.2.6) ланка робітників переходить від однієї нерухомої касетної форми до іншої, виконуючи всі технологічні операції. При наявності певного числа касетних установок можна здійснювати безперервний виробничий потік.

Касета — це ряд формувальних та парових відсіків. Під час виробництва, послідовно пересуваючи відсіки, здійснюють розпалублення і підготовку (очищення, змазування, армування) кожного формувального відсіку касетної установки. Після цього всі формувальні відсіки одночасно заповнюють бетонною сумішшю.

Касетним способом виготовляють внутрішні стінові панелі, плити перекриттів, сходові марші та ін. вироби. Виготовлені у касетних формах вироби мають точні розміри і порівняно високу якість поверхонь. Теплова обробка виробів у касетах здійснюється за інтенсивнішим режимом, оскільки основна маса бетону перебуває в замкненому просторі і вироби мають невелику частину відкритої поверхні.

За показниками питомих капіталовкладень, трудомісткості, собівартості та зведених витрат касетні лінії близькі до агрегатних конвеєрних, але забезпечують більш високу продуктивність праці, вимагають менших виробничих площ, витрат пари та електроенергії.

Недоліками касетної технології є необхідність застосовувати рухливі бетонні суміші, що веде до надмірних витрат цементу, неод-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

норідності показників міцності по висоті виробів, а також несприятливі умови праці.

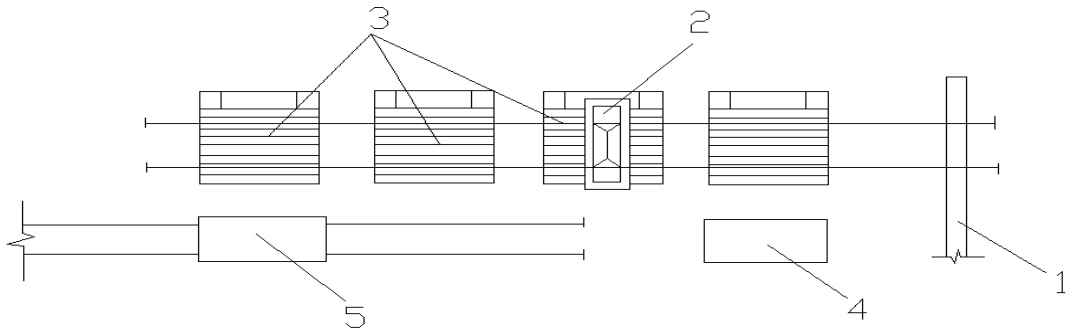


Рис. 3.2.6. Схема касетно-стендової лінії:

1 — тракт передачі бетонної суміші; 2 — бетонороздавач; 3 — касети з машиною для розпалублення; 4 — запас арматурних виробів; 5 — візок для вивезення готових виробів

Касетно-конвеєрною називають формувальну лінію, на якій вироби формують у вертикальному положенні, а формувальне оснащення і вироби під час виробництва переміщують із заданим ритмом по технологічних постах (рис. 3.2.7).

Касетно-кроковий "конвеєр (рис. 3.2.7, а) має парне розміщення формувальних порожнин і однобічне прогрівання виробів.

Особливістю касетно-конвеєрної лінії Алма-Атинського ДБК (рис. 3.2.7, б) є те, що у вертикальному положенні виконуються тільки формування і теплова обробка, а підготовку відсіків до наступного циклу формування здійснюють у горизонтальному положенні.

На рис. 3.2.7, в, г, д наведено схеми ліній, на яких формування здійснюють методом «пересувних щитів». Відформовані вироби пересуваються вздовж касетно-конвеєрної лінії, проходячи при цьому через зону теплової обробки. В кінці лінії готові вироби розпалублюють, а звільнені відсіки касет подають до постів підготовки, а потім і до поста формування. На касетно-конвеєрній лінії, розробленій болгарськими спеціалістами (рис. 3.2,7, є), передбачається виготовлення виробів у 4-відсікових касетах, з яких і компонують таку лінію. Касети рухаються по похилих рейках і проходять послідовно пости формування, теплової обробки та розпалублення, звідки їх по монорейковій колії переміщують до постів підготовки та складання. На рис. 3.2.7, є зображено схему горизонтально замкне-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

ної касетно-конвеєрної лінії. Вироби виготовляють на спеціальних візках-осердях по дві панелі на кожному. На підготовленій гілці конвеєра візки-осердя чистять, змазують, встановлюють на них арматуру. Передавальною платформою їх подають до однієї з формувальних установок, де здійснюються формування й перша стадія теплової обробки. Друга стадія теплової обробки проходить у тунельній камері.

Поширення касетно-конвеєрних ліній у нашій країні та за кордоном пояснюється тим, що цей спосіб виробництва порівняно з касетно-стендовим дає змогу поліпшити структуру виробів, зменшити витрати цементу та поліпшити умови праці.

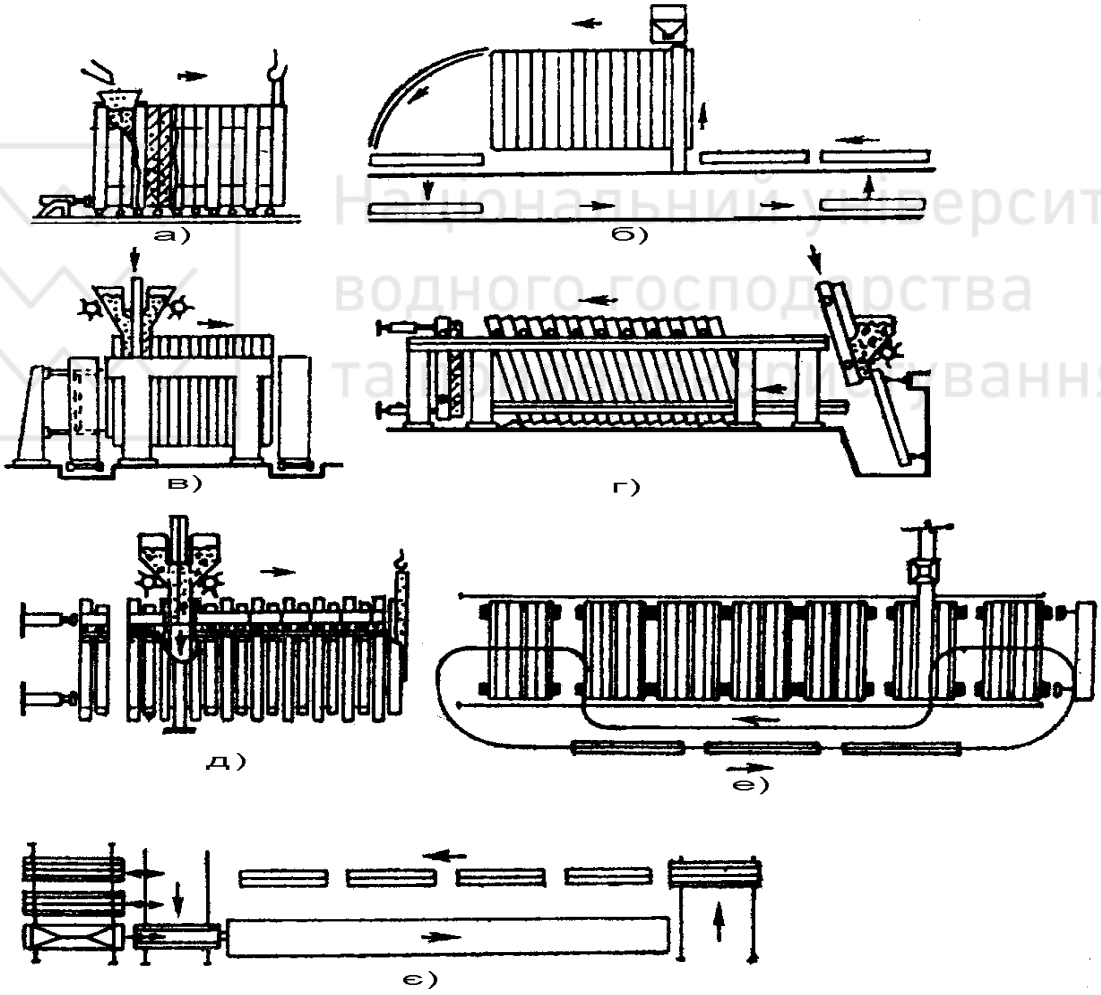


Рис. 3.2.7. Схеми касетно-конвеєрних ліній:
а — касетно-крокового конвеєра; б — вертикально замкненої лінії Алма-Атинського ДБК; в— лінії з пересувними щитами (Харків); г — лінії похилого формування (НДІАТ); д — лінії з пересувними щитами Санкт-Петербурзьких ДБК-2 і ДБК-7; є — горизонтально замкненої лінії з монорейкою (Софія); є — горизонтально замкненої лінії Тверського ДБК

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Назвіть основні переваги та недоліки агрегатного способу виробництва.
2. Сформулюйте основні переваги та недоліки конвеєрного виробництва.
3. У чому переваги двогілкового конвеєра порівняно з одногілковим?
4. Порівняйте основні характеристики горизонтально та вертикально замкнених конвеєрів.
5. Які конструкції виготовляють переважно за стендовою технологією?
6. У чому полягають переваги лоткових стендів порівняно з незаглибленими?
7. Назвіть переваги й недоліки касетно-стендової технології.
8. Порівняйте касетно-стендову та касетно-конвеєрну технологію.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 3.3
Підготовка та експлуатація форм і формувального оснащення

Характеристика форм і формувального оснащення. Форми є формувальним обладнанням для виготовлення з формувальних бетонних сумішей виробів і конструкцій заданих розмірів і конфігурації.

У заводському виготовленні залізобетонних виробів поширені металеві форми та оснащення, частка яких становить 80 % усього технологічного обладнання формувальних цехів, а вартість — 75%.

Добова оборотність визначається числом оборотів форм за добу

$$n_{об} = 24/T_{о.ф},$$

де $T_{о.ф}$ — тривалість обороту форми, год.

Тривалість обороту форми залежить від тривалості окремих операцій технологічного процесу, в яких використовується форма чи оснащення:

$$T_{о.ф} = T_{ар} + T_{ф} + T_{тв} + T_{роз} + T_{п.ф},$$

Національний університет
водного господарства
та природокористування

де: $Т_{ар}$ – тривалість армування, год; $Т_{ф}$ – тривалість формування, год; $Т_{тв}$ – тривалість тверднення, год; $Т_{роз}$ – тривалість розпалублення, год; $Г_{п.ф}$ – тривалість підготовки форм, год.

Технологічні особливості конструкцій форм. Форма складається з піддона, який під час формування утворює нижню поверхню виробу, бортових елементів, які утворюють периметр виробу, та формоутворювальних вкладишів і вставок (рис. 3.3.1.).

Як правило, точність виготовлення форм на два класи вища за точність виготовлення виробів (7...9 клас точності). Формувальні поверхні форм і оснащення залежно від вимог до виробів можуть буди струганими, шліфованими та полірованими.

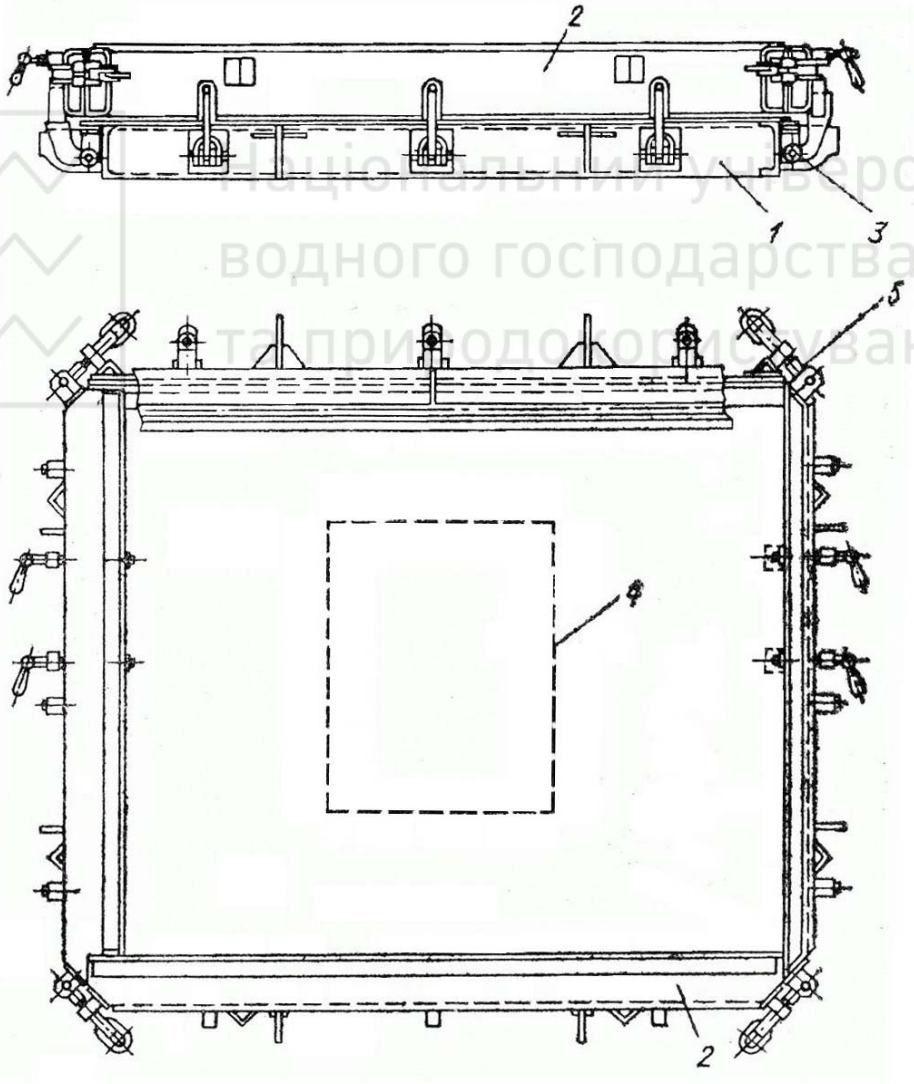


Рис. 3.3.1. Схема металевої форми:
1 - піддон; 2 - відкидні борти; 3 - шарніри; 4 - прорізоутворювач; 5 - накидний кутовий замок

Національний університет
водного господарства
та природокористування

У металевих пересувних формах найефективнішими є піддони з діагональними розкосами, які забезпечують високу жорсткість.

Для зниження трудомісткості процесу розпалублення під час виготовлення лінійних виробів (паль, колон, ригелів тощо) останнім часом використовують групові форми з пружними піддонами завтовшки 3...6 мм.

Аби забезпечити точність і стабільність розмірів виробів, певну жорсткість повинні мати й бортові елементи форм та формувального оснащення.

Особливо ефективні борти з гнутих профілів. Використовуючи їх, можна знизити металомісткість форм на 10... 12 % порівняно з бортами з прокатних профілів балок і листів.

Для закріплення напруженої арматури найчастіше застосовують коливні вилочні упори, які можуть усунути вигинальний момент від напруженої арматури, або поворотні для полегшення передачі напруження на бетон.

Для умов частого поновлення номенклатури виробів використовують переналагоджувані форми з універсальних деталей і вузлів багаторазового використання в різних сполученнях (рис. 3.3.2).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

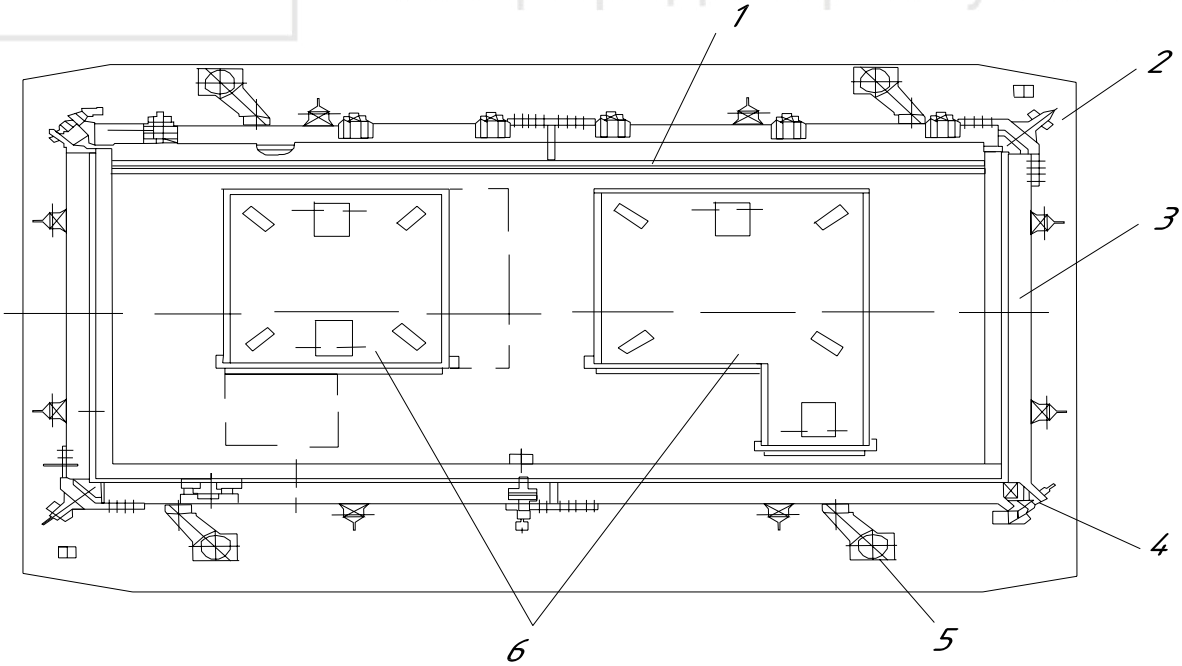


Рис. 3.3.2. Переналагоджувані форми із зсувними бортами:

1 — вставний елемент для утворення профілю верху панелі; 2 — піддон-візок; 3 — Г-подібний борт; 4 — замок кутовий; 5 — дволанкові шарніри; 6 — змінні прорізоутворювачі

Національний університет
водного господарства
та природокористування

При безкамерній тепловій обробці виробів використовують термоформи, які мають закриті порожнини в бортах для пари чи іншого теплоносія. Нагрівальними елементами форм можуть бути піддони, осердя, розділювальні стінки тощо.

Форми з неметалевих матеріалів рекомендують використовувати з урахуванням їхньої оборотності (див. табл. 3.3.1) для невеликих партій виробів.

Залізобетонні форми-матриці використовують при стендовому виробництві тонкостінних плит, криволінійних елементів, оболонок, а також для інших видів несерійних виробів. Виготовляють їх із слабо армованого бетону класів В-20, В-30 завтовшки 12... 20 см із замоноліченими регістрами труб для нагрівання (рис. 3.3.3).

Дерев'яні й металево-дерев'яні форми простіші й використовуються для виготовлення невеликих партій різноманітних видів виробів. Формувальні дерев'яні поверхні повинні бути струганими, прошпакльованими і пофарбованими нітроемалевими фарбами. В металево-дерев'яних формах з металу роблять обрамлення дерев'яних щитів, замки, шарніри, стяжки (рис. 3.3.4).

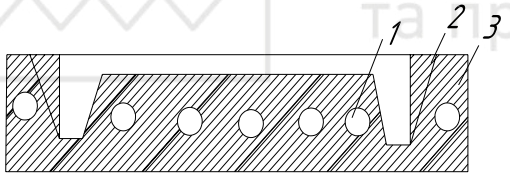


Рис. 3.3.3. Залізобетонна матриця:
1— регістри для нагрівання; 2 — дерев'яна вставка-клин для розпалублення; 3 — слабко-армований бетон

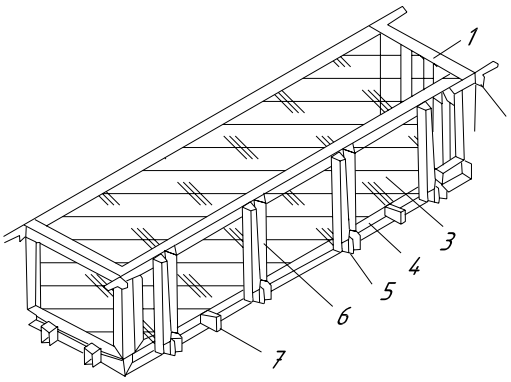


Рис. 3.3.4. Металево-дерев'яна форма:
1 — торцевий борт; 2 — накидні замки; 3 — поздовжній борт; 4 — металеве обрамлення піддону; 5 — болтові кріплення ребер жорсткості зі стінкою борту; 6 — ребра жорсткості; 7 — кронштейни для підіймання

Склопластикові елементи форм ефективні при створенні рельєфних поверхонь залізобетонних виробів і застосовуються у вигляді вставок або формоутворювальних шарів на піддоні (рис. 3.3.5).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

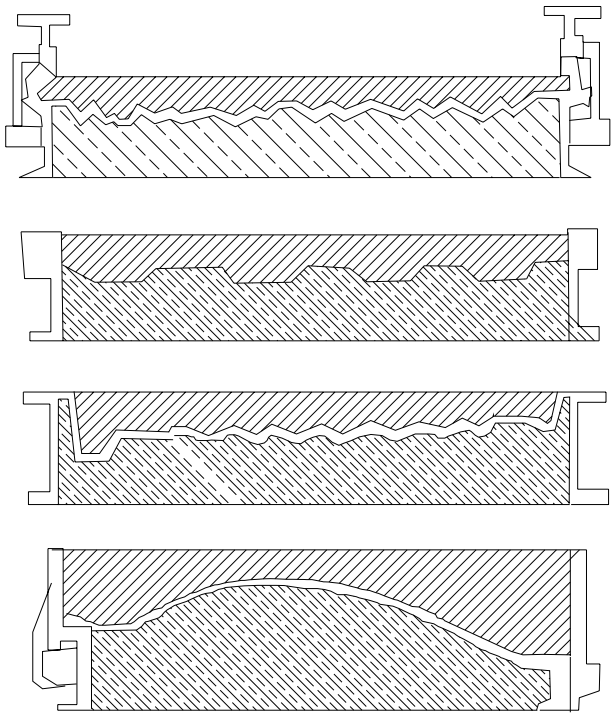


Рис. 3.3.5. Форми із склопластиковими елементами:

Очищення форм і оснащення. Найчастіше використовують механічний спосіб очищення форм. Робочими органами машин для очищення є блоки щіток з м'якого сталевого дроту або інерційних фрез (рис. 3.3.6). Для очищення вертикальних поверхонь касетних установок використовують пересувні машини типу СМЖ-250 з траверсою на шарнірно-важільному механізмі, який при опусканні у формувальний відсік притискує до стінок касети обертальні диски із щіток (рис. 3.3.7).

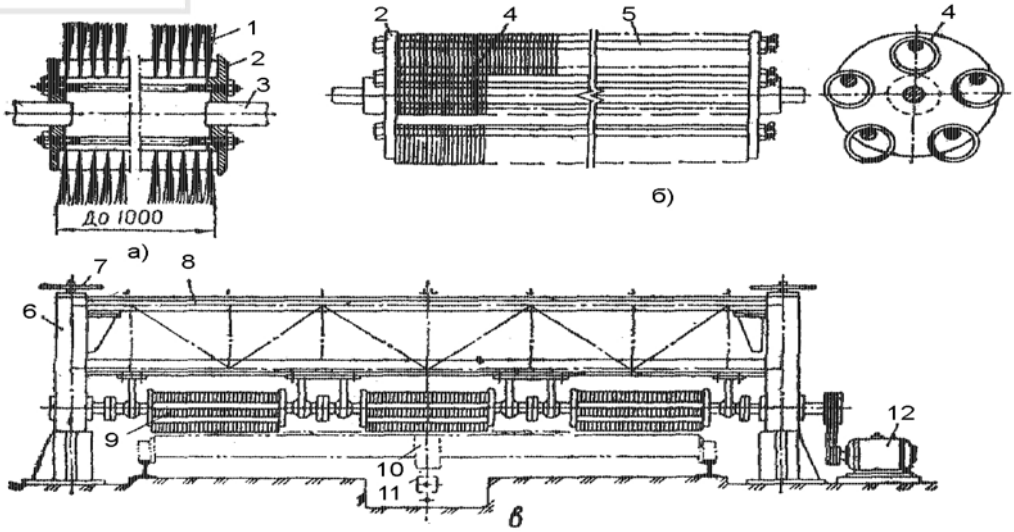


Рис. 3.3.6. Установка для очищення форм:

а — блоки щіток з м'якого дроту; б — блоки інерційних фрез; в — портальна установка для очищення форм; 1 — металеві щітки; 2 — фланці; 3 — робочий вал; 4 — кільця фрези; 5 — пальці фрези; 6 — опори порталу; 7 — гвинти для регулювання висоти робочих органів; 8 — несуча балка; 9 — робочі органи (блоки інерційних фрез); 10 — пересувний піддон; 11 — ланцюговий штовхач; 12 — електродвигун

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Машини з абразивними кругами рекомендують використовувати для капітального очищення й шліфування поверхонь один раз на 2—3 місяці. Шліфувальні головки з абразивними кругами застосовують і для очищення касет.

Хімічний спосіб очищення ґрунтується на здатності соляної кислоти руйнувати цементну плівку. Розчин для очищення складається з соляної кислоти 7...15 %-ї концентрації, уротропіну - 1,0...1,5 % до кількості кислоти і хлориду натрію - 5% до кількості кислоти.

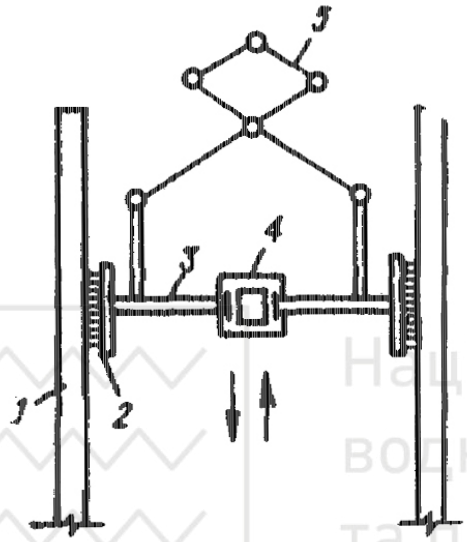


Рис. 3.3.7. Схема машини для очищення касет;

1 — стінки касети; 2 — робочі органи (щітки або шліфувальні диски); 3 — осі; 4 — з'єднувальна муфта; 5 —система важелів

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Температура розчину має бути від 18 до 60 °С, залежно від концентрації соляної кислоти і бажаної швидкості корозії цементу.

Електрогідравлічний спосіб очищення полягає у використанні комплексу явищ, що виникають при електричному розряді в рідині. При цьому електрична енергія трансформується в енергію ударної хвилі, створюється тиск в кілька тисяч мегапакаль. (рис. 3.3.8).

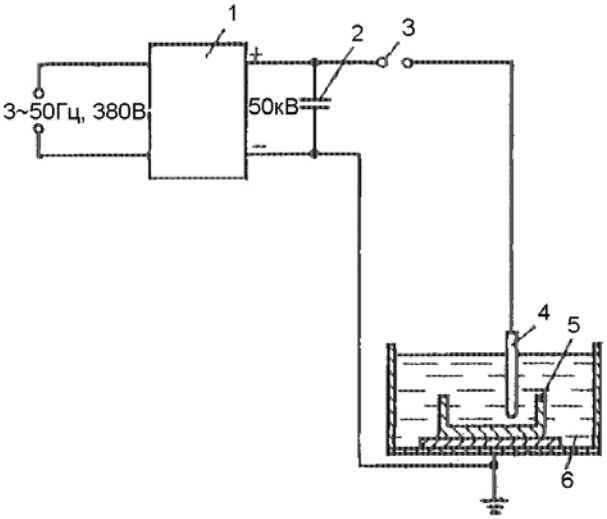


Рис. 3.3.8. Схема установки для електрогідравлічного очищення форм:

1- генератор імпульсних струмів; 2 - ємнісна батарея; 3 - розрядник; 4 - електрод; 5 - форма; 6 - ванна з водою

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Приготування і нанесення мастил. Використовувані на заводах збірного залізобетону мастила можна розподілити на три групи: водні та водно-масляні суспензії; водно-масляні та водно-мило-гасові емульсії; машинні масла, нафтопродукти та суміші з них. Крім цього, є досвід використання поверхнево-активних мастил і епоксидних емалей для покриття форм.

Вапняні, крейдяні та глиняно-щламові мастила мають невелику вартість, не складні у приготуванні, але легко розмиваються водою, руйнуються під час бетонування. Вапняні й крейдяні мастила використовують для нанесення на дерев'яні поверхні форм, вапняно-глиняні—для залізобетонних форм.

Водно-цементно-масляні суспензії досить стійкі під час формування виробів, а після теплової обробки вони перетворюються на порошкоподібний прошарок. Слід зважити на те, що процес виготовлення цих мастил важко механізувати через швидке загустіння їх.

Пряма водно-мило-масляна емульсія, що складається з нігролу, емульсолу, води у співвідношенні 1,0:0,2:5,4, придатна для змазування горизонтальних та вертикальних поверхонь у холодному стані і нагрітих до 100 °С.

Серед зворотних емульсійних мастил найбільш поширені мастила ОЕ-2, до складу яких входять: емульсол марки ЕКС- 20%, насичений розчин вапна - 70%, солярове масло - 10. %. Емульгатором, що зумовлює стабільність мастил ОЕ-2, є кальцієві мила.

З машинних масел та нафтопродуктів для мастил найчастіше використовують автол, солярове масло, а також веретенове і відпрацьовані масла. Застосовують також їхні суміші з гасом у співвідношенні 1 : 1 за масою.

Мастила з суміші солярового масла, солідолу і золи у співвідношенні 1,0 : 0,5 : 1,3 за масою забезпечує вільне розпалублення. Під час теплової обробки виробів солярове масло майже повністю випаровується, а між бетоном і формою залишається порошкоподібний прошарок.

Використання мастил з однакових частин солярового масла, солідолу й автолу, як і мастил парафіно-гасових і стеарино-гасових складу 1 : 3, дають хороші результати, але застосування їх обмежується високою вартістю вихідних матеріалів.

Петролатумно-гасові мастила відповідають майже всім вимогам,

Національний університет
водного господарства
та природокористування

але вони шкідливо впливають на слизову оболонку рота і носа обслуговуючого персоналу при необережних діях. Використовуючи ці мастила, слід передбачати витяжні ковпаки над постами змазування форм.

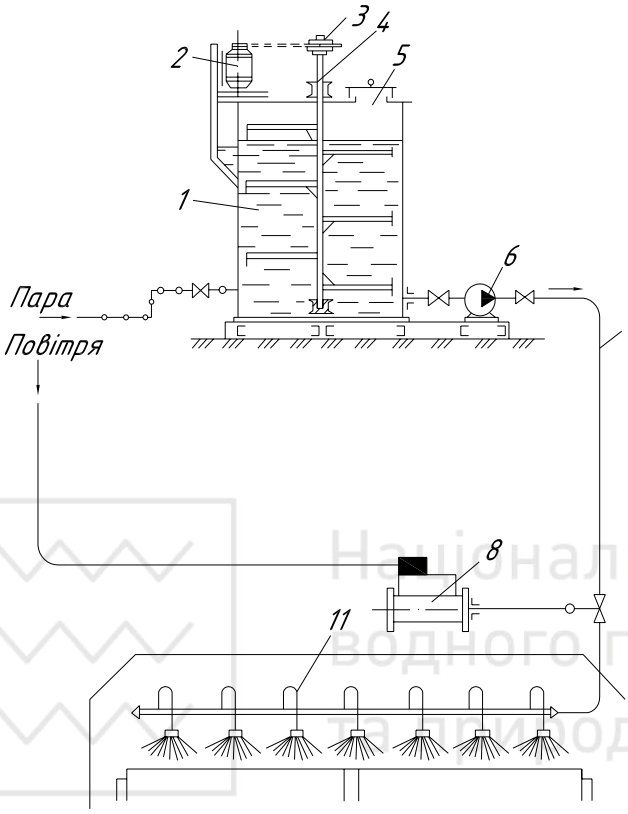


Рис. 3.3.9. Схема обладнання поста змазування форм

1— ємкість для мастил;

2 — електродвигун;

3 — привод лопатевого вала;

4 — лопатевий вал;

5 — завантажувальний люк;

6 — насос;

7 — робочий трубопровід;

8 — пнемо циліндр;

9 — камера;

10 — піддон;

11 — розпилювачі

Епоксидно-силіконові емалі, нанесені на формувальні поверхні металевих форм, дають можливість використовувати форму 70... 80 разів без додаткового змазування. Стінки форм перед нанесенням емалі підлягають піскоструминній обробці та обезжиренню ацетоном. Силіконову емаль наносять щіткою в один шар завтовшки 150...200 мкм. Після 1,5...2.годин витримування при температурі 5... 18 °С покриття витримують ще 3 год при температурі 100... 130 °С. Склад епоксидної емалі такий, вагових частин: епоксидна смола ЕД-6-100, дибутилфталат- 15, цемент марки БТЦ-500-80, поліетиленполіамін - 10. Мастила на поверхню форм наносять розпилюванням. У конвеєрному виробництві пости змазування обладнують розпилювачами, розміщеними в спеціальних камерах (рис. 3.3.9).

Товщина шару мастил повинна бути не менша ніж 2 мм.

Правила експлуатації форм. Кожну форму, що надійшла на підприємство, вносять до відомості і на неї відкривають робочий

Національний університет
водного господарства
та природокористування

формуляр, куди заносять дані про число оборотів форми з початку її експлуатації, результати періодичних вимірювань її геометричних характеристик. Періодичність вимірювань встановлюють залежно від умов експлуатації форми. Обов'язковими є вимірювання до і після ремонту форми. Для вимірювань використовують прохідно-непрохідні та телескопічні шаблони.

Система обслуговування форм включає періодичний поточний ремонт (через 30...100 оборотів), капітальний ремонт (через 300... 500 оборотів) та щозмінний.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. З яких матеріалів можна виготовляти форми для виробництва залізобетонних виробів? Наведіть приклади використання форм і оснащення з різних матеріалів.
2. Якими конструктивними особливостями вирізняються переносні й нерухомі стендові форми?
3. Від чого залежить формомісткість виробництва? Назвіть шляхи її зниження.
4. Які способи механічного очищення форм використовують на заводах збірного залізобетону?
5. Назвіть види мастил для змазування форм і наведіть приклади доцільного використання їх.
6. З якою періодичністю, в яких точках та якими інструментами роблять контрольні вимірювання розмірів форм?

Змістовий модуль 3.4
Армування збірних залізобетонних конструкцій

Види армування. При виготовленні збірних конструкцій застосовують такі види армування:

— ненапруженою арматурою - каркасами і сітками;

— напруженими арматурними елементами - окремими стержнями, пучками, пакетами з високоміцного дроту, безперервним намотуванням дроту;

— дисперсне армування металевими та неметалевими (скляними, базальтовими, поліпропіленовими та ін.) волокнами у вигляді коротких відрізків чи безперервних ниток, рівномірно розподілених по перерізу виробів;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

— зовнішнє армування листовою та профільованою сталлю, що дає змогу використовувати арматурні елементи для опалубки при формуванні.

3.4.1. Армування ненапруженою арматурою, механічне натягання арматури

Встановлення ненапружених арматурних елементів. Для поздовжньої робочої ненапруженої і напруженої арматури товщина захисного шару бетону повинна бути, як правило, не меншою від діаметра стержня чи каната, але й не меншою ніж: у плитах завтовшки до 100 мм -10 мм, понад 100 мм -15 мм; у балках і ребрах заввишки до 200 мм - 15 мм, понад 200 мм - 20 мм; у колонах та фундаментних блоках - 20 мм.

Для поперечної, розподільної та конструктивної арматури товщину захисного шару беруть також не меншою від діаметра зазначеної арматури і не меншою ніж 10 мм при висоті перерізу < 250 мм та не меншою ніж 15 мм при висоті перерізу > 250 мм.

В одношарових конструкціях з легкого бетону класу В 7,5 і нижче товщина захисного шару;повинна бути не менш як 20 мм, а для зовнішніх стінок панелей без фактурного шару не менш як 25 мм.

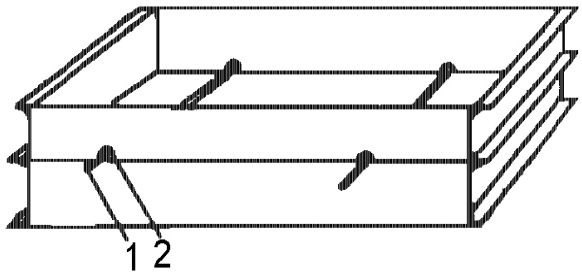


Рис. 3.4.1. Схема розміщення стержневих фіксаторів:
1 - фіксуючий стержень;
2 - отвір

Виготовляючи вироби в горизонтальному положенні, застосовують інвентарні пруткові фіксатори у вигляді стержня діаметром, який дорівнює товщині захисного шару. Пруткові фіксатори просувають крізь отвори в бортах форми (рис. 3.4.1). Витрати часу на встановлення й виймання таких фіксаторів становлять 30 с.

Для закріплення стропувальних петель застосовують (рис. 3.4.2) тимчасове прикріплення до форми Г-подібних стержнів, які вводять в отвори борту під куто гострим кутом, або гвинтові фіксатори.

Фіксатори одноразового використання виготовляють з металу, цементного розчину, азбестоцементу і пластмас. Металеві фіксатори можуть бути штампованими і дротяними гнутими (рис. 3.4.3).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

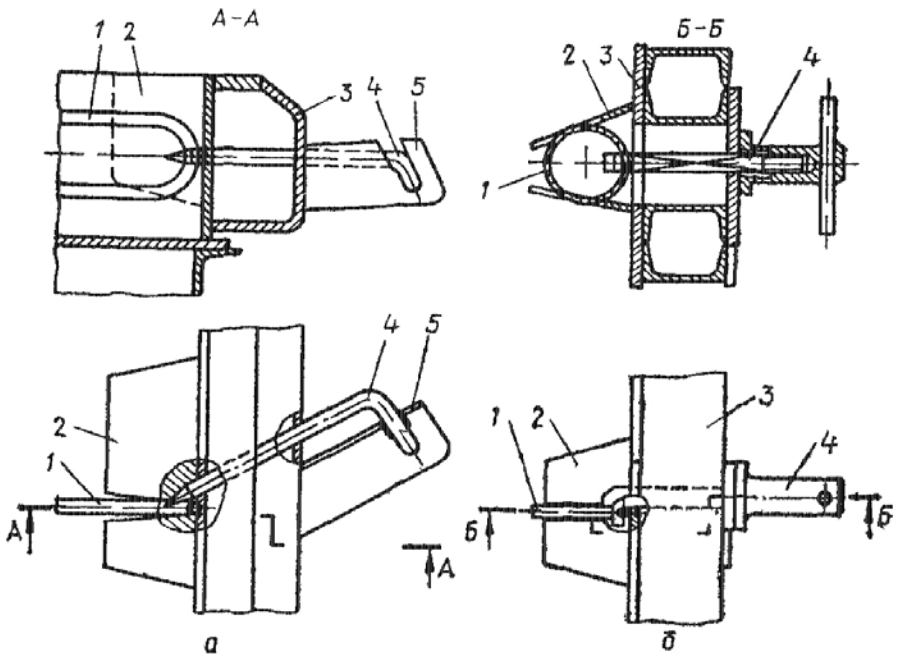


Рис. 3.4.2. Фіксатори для стропувальних та стикових петель:
а - Г-подібний; б - гвинтовий; 1 - фіксуюча петля (або кільце), 2 - утворювач виїмки; 3 - форма; 4 - фіксатор; 5 - кронштейн форми

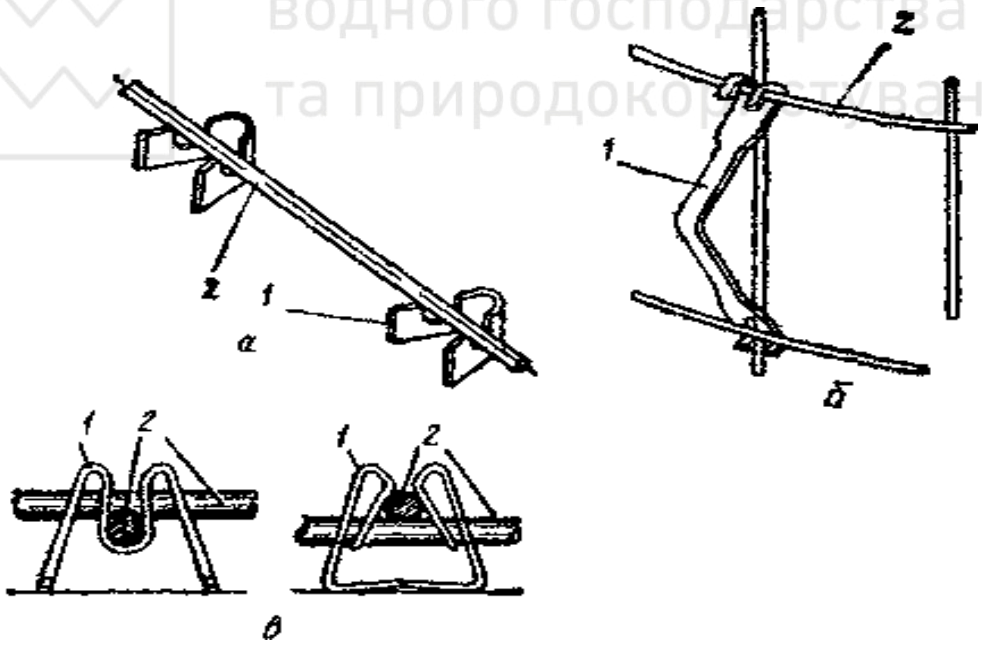


Рис. 3.4. 3. Металеві фіксатори:
а — штамповані для горизонтальних сіток; б — те саме для вертикальних сіток; в — дротяні гнуті; 1 — фіксатор; 2 - арматура

Зварні сітки можна фіксувати у горизонтальному або вертикальному положенні перерізанням у кількох місцях розподільних стержнів сіток і вигинанням відрізаних кінців так, щоб вони упиралися в форму.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Фіксатори з цементно-піщаного розчину можуть використовуватись без прикріплення до арматури (у вигляді підкладок) і з прикріпленням до арматури в'язальним дротом, закладеним у фіксатор. Недоліком цементно-піщаних фіксаторів є відносно мала щільність, що призводить до всмоктування мастил з поверхні форм і до виникнення плям на виробах, а також недостатня механізація масового виготовлення їх.

Азбестоцементні фіксатори не мають зазначених недоліків, виготовляють їх у вигляді брусків, пластинок і підкладок різної форми з отворами для нанизування на арматуру.

Пластмасові фіксатори виготовляють у вигляді вільних підкладок, підкладок-кілець, підкладок з замками. Закладні деталі фіксують приварюванням їх до арматурного каркаса, а також прикріпленням у формах, притискуванням гвинтами та штирями. Правильно розміщена закладна деталь повинна виступати на 2 мм над поверхнею виробу, або бути з нею врівень.

Арматурні сітки і каркаси масою до 10 кг встановлюють у форми вручну, більш важкі арматурні елементи повинні укладатися форми за допомогою механізмів.

Армування конструкцій напруженою арматурою. За часом натягання арматури розрізняють конструкції трьох різновидів:

в яких арматура натягується до бетонування виробу на упори стендів чи форм;

в яких арматура напружується під час тверднення бетону, виготовленого з використанням розширного (напружувального) цементу;

в яких арматура натягується на затверділий бетон виробу, що сприймає на себе зусилля стискання від напруженої арматури.

Розрізняють два способи утворення арматурного каркаса: лінійне та безперервне армування.

Лінійне напружене армування здійснюється одиночними дротинами чи стержнями потрібної довжини, а також групами дротин та стержнів, з'єднаних в зазначеному порядку у пакети, пучки або канати.

Безперервне напружене армування полягає в тому, що арматурний каркас утворюється намотуванням безперервного дроту з необхідним зусиллям натягання. Як лінійне, так і безперервне армування застосовують незалежно від часу натягання арматури.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Передача попереднього напруження на бетон (стиск бетону) може здійснюватися трьома способами.

Перший спосіб базується на наявності достатніх сил тертя і зчеплення бетону з арматурою.

Другий спосіб передачі попереднього напруження арматури на бетон передбачає зчеплення бетону з арматурою і наявність додаткових анкерних пристроїв на кінцях арматурних елементів, здатних передавати на бетон 50% розрахункового напруження.

Третій спосіб полягає у передачі зусилля на бетон через анкерні пристрої на кінцях арматурного елемента без урахування зчеплення бетону з арматурою і використовується при натяганні арматури на затверділий бетон.

Механічне натягання арматури. Використовують: домкрати — переносні або пересувні пристрої без допоміжного оснащення, і натяжні машини (стаціонарні або пересувні), обладнані додатковими вузлами, приводами та механізмами для допоміжних робіт.

Натягання стержневої арматури, пучків високоміцного дроту та канатів з різьбовими і гільзовими анкерами здійснюють однопоршневими гідравлічними домкратами, приєднуючи шток домкрата до затискача за допомогою захватної натяжної муфти (рис. 3.4.7). Затискач типу УНАЕ, групові хвильові та клинові затискачі приєднують до штока домкрата через інвентарні тяги з захватами (рис. 3.4.8).

Дротяні пучки натягують на затверділий бетон, після протягу вання їх у канали конструкції домкратами подвійної дії, які мають механізм запресовування пробки (рис. 3.4.9). Гідродомкрати працюють у комплекті з пересувними насосними станціями з ручною підкачкою масла або електроприводом

Групове механічне натягання арматури при виготовленні багатопорожнинних плит виконують, використовуючи форми з нерухомими вилочними упорами на одному торці форми і пересувною балкою з упорами з протилежного торця (рис. 3.4.10). Гідродомкрат розміщують перпендикулярно до осі форми. Від зусилля Р пересувна балка, з'єднана з піддоном поворотними шарнірами, пересувається спочатку перпендикулярно до форми, а потім, коли шарніри-з'єднувачі переходять "мертву точку", балка рухається по осі форм. Обмежувачі повороту фіксують пересувну балку з натягнутими на

Національний університет
водного господарства
та природокористування

упори стержнями. При цьому зусилля Р за рахунок розкладання сил значно менше, ніж сумарне зусилля натягання.

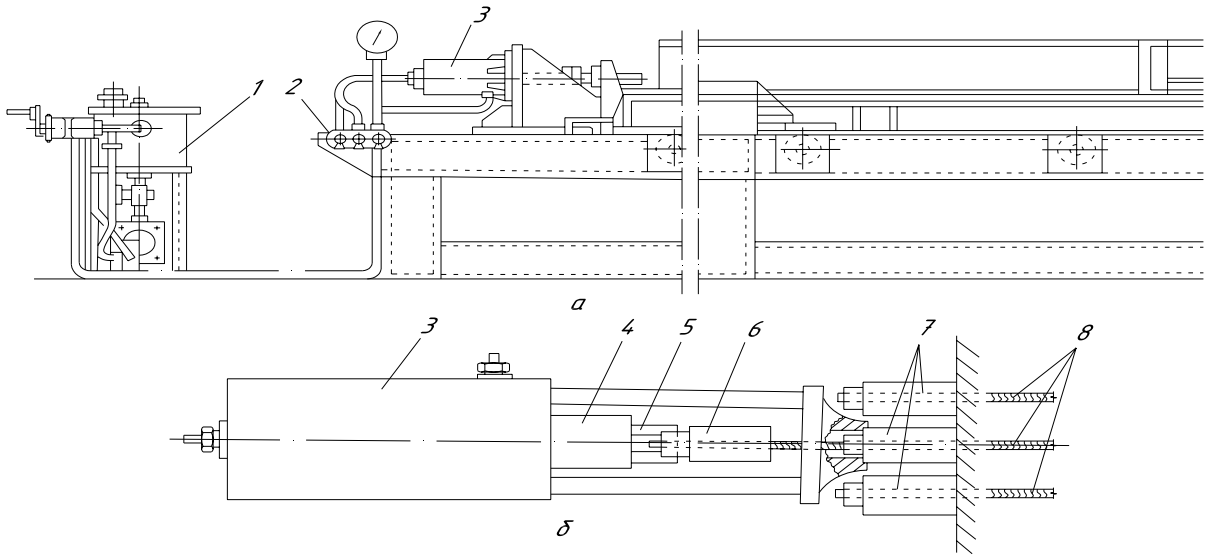


Рис. 3.4.7. Схема натягання арматурних елементів із затискачами НДІЗБ:

а – пост натягання; б – з'єднання гідродомкрата з напружуваною арматурою; 1 — насосна станція; 2 — гідросистема; 3 — гідродомкрат; 4 — шток гідродомкрата; 5 — захвати штона; 6 — затискач НДІЗБ після натягання; 7 — затискачі НДІЗБ до натягання; 8 — напружувані стержні чи канати

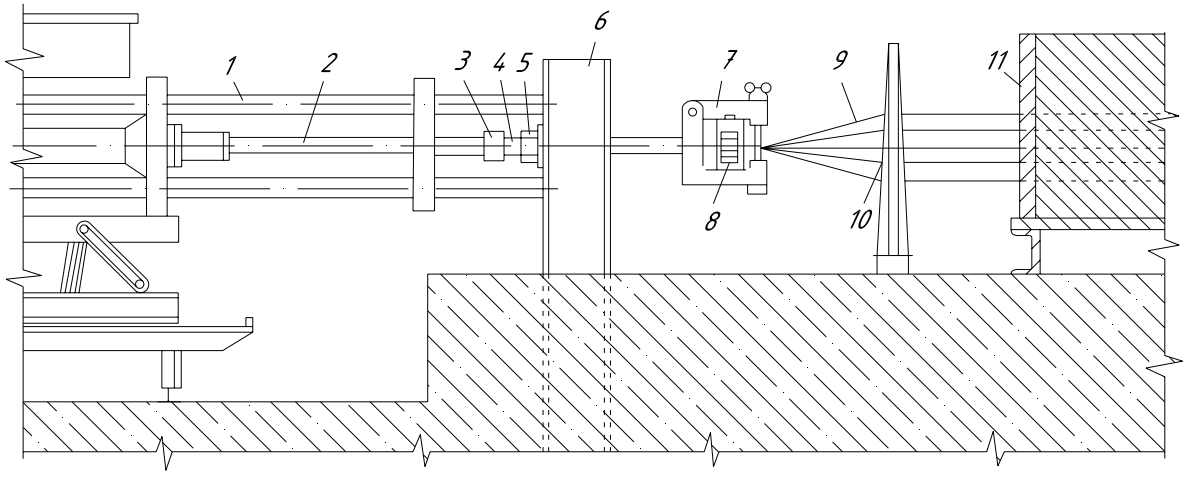


Рис 3.4.8. Стенд для натягання арматурного пакета:
1 – упорна штанга, 2 – шток домкрата, 3 – з'єднувальна муфта, 4 – хвостовик, 5 – фіксуюча гайка, 6 – упор стенда, 7 – щелепний захват, 8 – хвильовий затискач, 9 – пакет дроту, 10 – розподільна діафрагма, 11 – форма.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

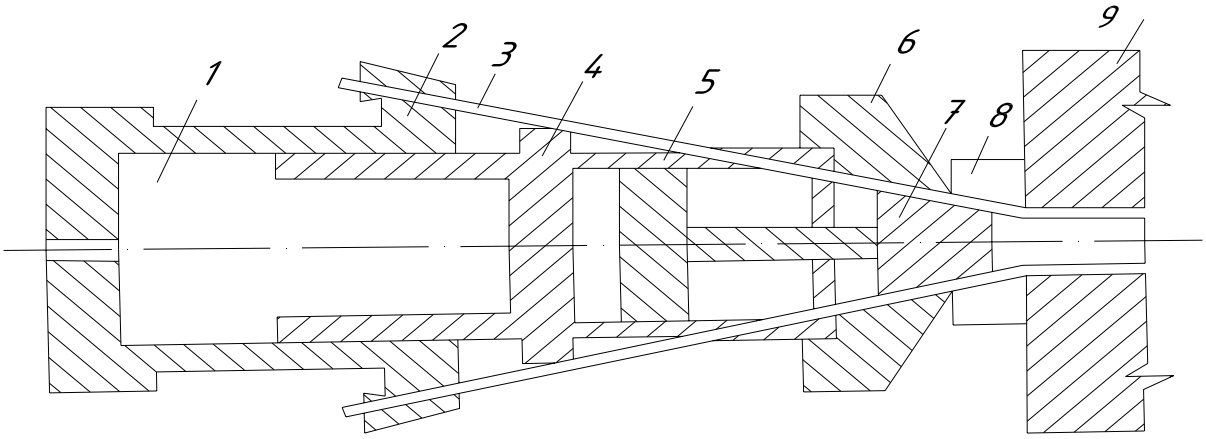


Рис 3.4.9. Схема натягання пучків домкратом подвійної дії:
1 — камера нагнітання для натягання дротин, 2 — прорізи з плоскими клинами для кріплення дротин, 3 — натягнута дротина, 4 — корпус домкрата, 5 — поршень заклинювання, 6 — конічна обойма, 7 — конічний клин (пробка), 8 — розподільна плита, 9 — виріб

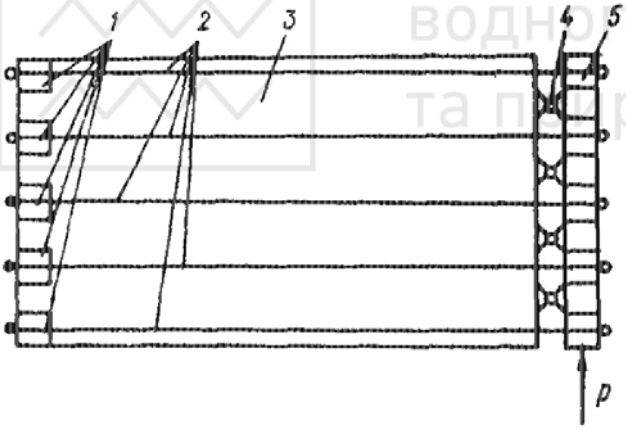


Рис. 3.4.10. Схема групового механічного натягання:
1 — нерухомі опори; 2 — напружувані стерж ні, 3 — піддон, 4 — шарнірні вузли з обмежувачами повороту, 5 — пересувна балка з упо рами

3.4.2. Електротермічний, електротермомеханічний, хімічний способи натягання арматури, дисперсне армування. Контроль процесу армування

Електротермічне натягання арматури. При напруженні арматури електротермічним способом нагріті струмом до зазначеного подовження арматурні елементи фіксують у жорстких упорах, які перешкоджають скороченню елементів під час охолодження, внаслідок чого в них виникає задане напруження. Напружувані елементи мають на кінцях затискні пристрої у вигляді анкерних головок, шайб, клинових затискачів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Можливе також армування виробів арматурою, покритою шаром термореактивної смоли, яка здатна при нагріванні полімеризуватись і переходити у твердий стан. Після бетонування й твердnення бетону арматуру нагрівають електричним струмом до температури 300° С, внаслідок чого вона подовжується; одночасно смола полімеризується й твердне, чим забезпечує міцне зчеплення бетону з арматурою і закріплення арматури в бетоні у натягнутому стані

Стержні арматури при електротермічному способі натягання нагрівають до температури 350...500 °С, залежно від марки сталі. Для дроту максимальна температура нагрівання 450 °С. Нагрівання вище цієї температури призводить до зниження характеристик міцності напружуваної сталі. Тривалість нагрівання залежить від діаметра арматури: для стержневої арматури вона становить 0,5...10,0 хв., а для дроту - 0,1... 1,0 хв.

Обладнання для електронагрівання дає можливість нагрівати стержні поза формою з наступним механізованим або немеханізованим укладанням їх у форму. При використанні установки СМЖ-129 (рис. 3.4.11) дві заготовки з анкерними головками на кінцях укладають у струмопровідні затискачі рухомої і нерухомої опор Нагрівання стержнів триває доти, доки рухома опора не доторкнеться до кінцевого вимикача, розміщеного на відстані, що забезпечує задане подовження.

Розігріті подовжені стержні вручну переміщують і укладають в упори форми.

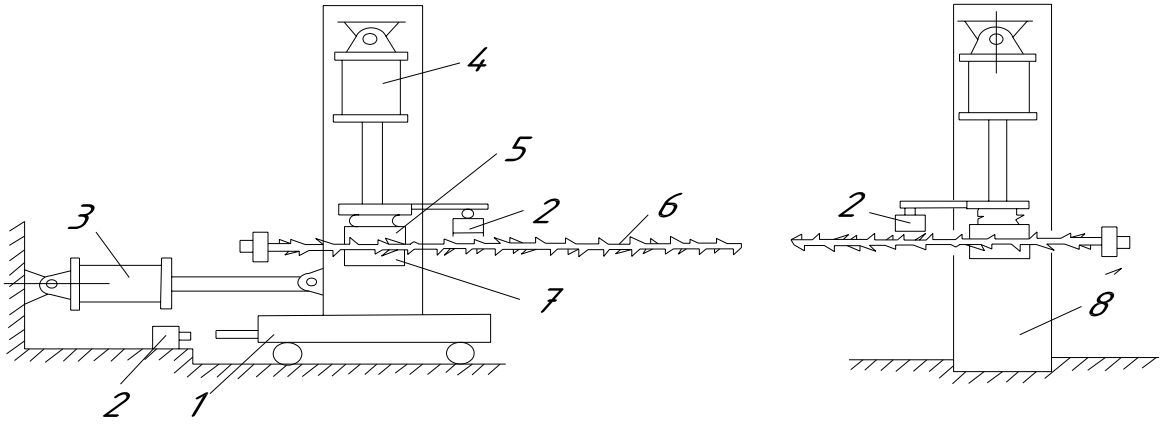


Рис 3.4.11. Принципіальна схема установки для електронагрівання стержнів

1 — візок рухомої опори, 2 — кінцеві вимикачі, 3 — пневмоциліндр переміщення рухомої опори, 4 — пнемоциліндр притискання, 5 — електрод, 6 — арматурний стержень 7 — притискач, 8 — нерухома опора

Національний університет
водного господарства
та природокористування

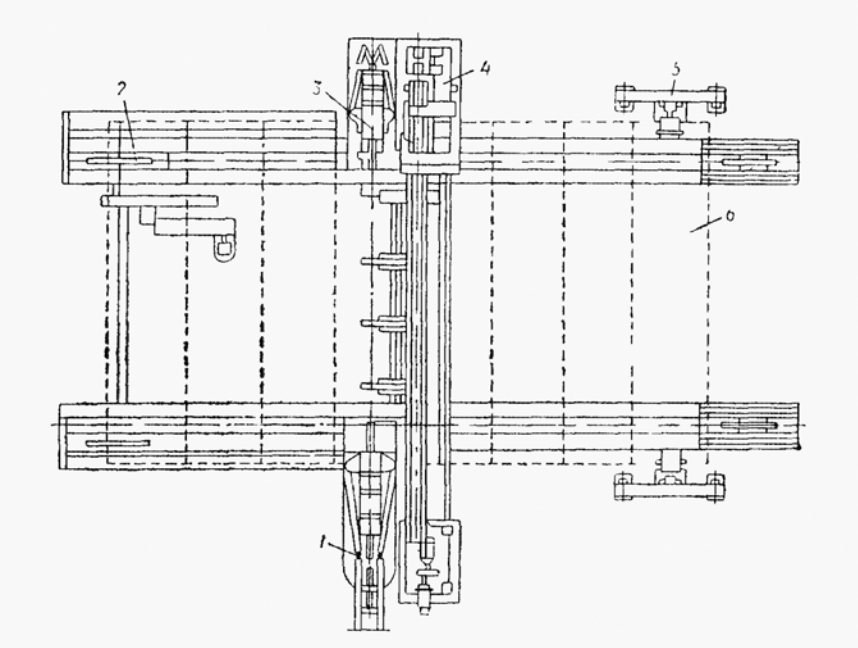


Рис. 3.4.12 Схема автомата СМЖ-484 для заготовлення і напруження арматури:

1 — каретка, 2 — конвеєр для подавання стержнів; 3 — пристрій для висаджування анкерних головок, 4 — механізм різання, 5 — механізм орієнтації, 6 — піддон

Автоматична установка СМЖ-484 (рис. 3.4.12) здійснює повний комплекс операцій, включаючи мірне нарізання стержнів, висадження анкерних головок, переміщення до електроконтактів, нагрівання стержнів, переміщення й укладання нагрітих стержнів в упори форми. Установку СМЖ-484 використовують у конвейєрному та напів-конвейєрному виробництві плит порожнинного настилу; її продуктивність 120 стержнів за годину; обслуговує установку один оператор.

Електротермомеханічне натягання арматури. Електротермомеханічний метод натягання арматури використовують переважно при безперервному армуванні, що дає змогу створювати одно-, дво- та тривісне напруження конструкцій, застосовувати комплексну механізацію та автоматизацію процесу армування, економніше використовувати арматуру.

Попереднє напруження σ_{sp}, створюване внаслідок електротермомеханічного натягання арматури, з метою безпеки намотування та надійності роботи арматури під час її нагрівання не повинно перевищувати 0,65 Rs.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

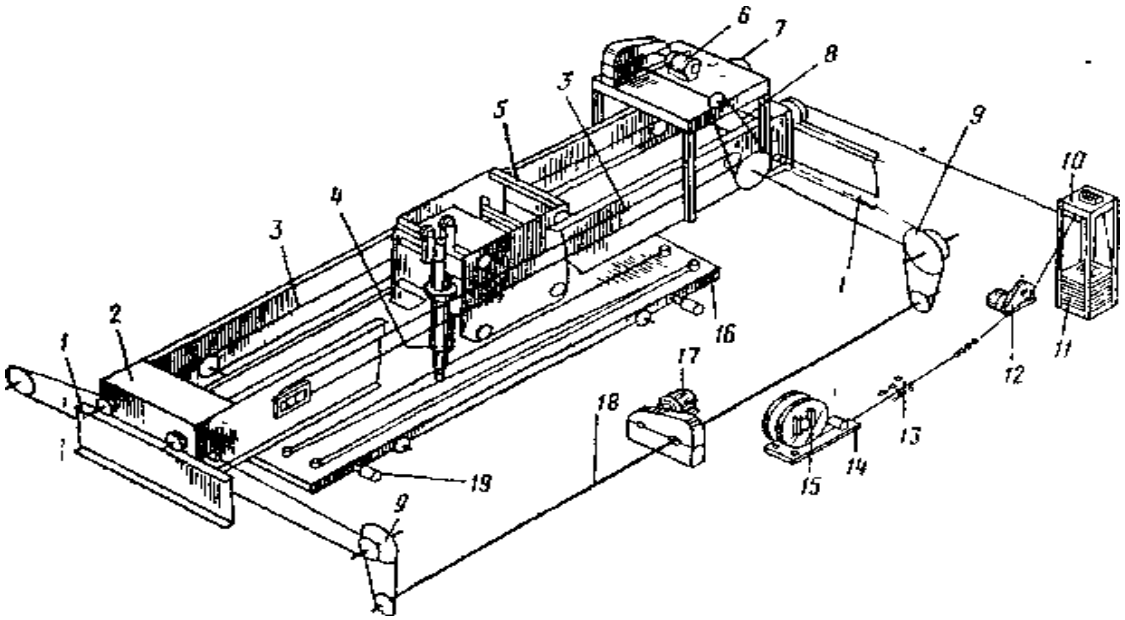


Рис. 3.4.13. Арматурно-намотувальна машина 6281 Б:
1 — портал; 2 — пересувний міст; 3, 8 — ланцюги механізму пересування каретки; 4 — піноль; 5 — пересувна каретка; 6 — привод пересування каретки; 7 — система блоків; 9, 18 — ланцюгова передача; 10 — натягувальна станція; 11 — вантаж; 12 — механізм подавання дроту; 13 — уловлювач; 14 — бухтотримач; 15 — бухта з дротом; 16 — піддон із штирьовими упорами; 17 — привод пересування моста; 19 — фіксатори положення піддона

Для виготовлення каркаса напруженої арматури при безперервному намотуванні застосовують стаціонарні та пересувні установки.

Машини типу 6281Б (рис. 3.4.13) намотують арматуру на штирі піддона, встановленого під мостом машини. Міст. пересувається в межах довжини піддона, і одночасно по мосту здійснює зворотно-поступальний рух каретка з піноллю. На початку і в кінці намотування арматуру закріплюють спеціальним механізмом. Процес намотування повністю автоматизований.

Поширені також спеціальні намотувальні верстати для намотування спіральної попередньо-напруженої арматури на залізобетонні та металеві осердя при виготовленні труб (рис. 3.4.14). Дріт у таких машинах змотується з бухт і механізмом подавання протягується крізь гальмівний пристрій, а потім проходить через систему блоків з вантажем Р, де здійснюється механічне натягання. Електроконтактами для нагрівання дроту є гальмівний пристрій та намотувальна каретка, яка пересувається вздовж виробу.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

При електротермомеханічному способі натягання попереднє напруження в арматурі σ_{sp}, Па, складається з напруження механічною силою (сгм) і напруження, яке виникає при охолодженні арматури, закріпленої у нагрітому стані (а<), тобто

$$\sigma_{sp} = \sigma_м + \sigma_t,$$

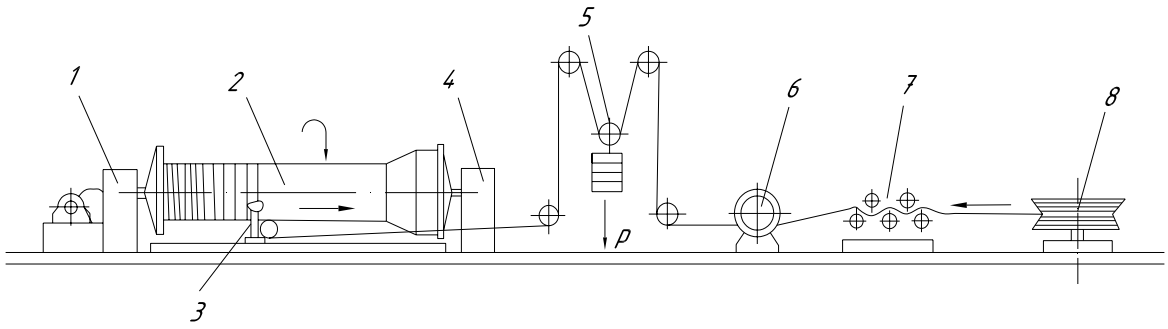


Рис. 3.4.14. Схема намотування спіральної арматури на осердя труби:
1— передня бабка; 2 — осердя труби; 3 — пересувна каретка; 4 — задня бабка; 5 — натягувальний пристрій;6— гальмівний ролик;7— правильний пристрій; 8— бухта з дротом.

Напруження, яке створюється механічними засобами, визначають за формулою:

$$\sigma_м = P\eta/(Fn),$$

де P - зусилля, яке створюється вантажним механізмом, Н; η= 0,85...0,95 - коефіцієнт корисної дії пристрою для механічного натягання; F - площа поперечного перерізу однієї дротини, мм2; n - число одночасно натягуваних дротин.

Напруження в арматурі, яке виникає при охолодженні, визначається залежністю:

$$\sigma_t = E_{поч}a(t_P - t_0),$$

де $E_{поч}$ - початковий модуль пружності сталі, Па; a - коефіцієнт лінійного розширення сталі, 10^{-6}/°С; t_p - розрахункова температура нагрівання арматури, °С.

Тривалість нагрівання арматури, с, визначають за формулою:

$$\tau = l_n/(60v)$$

де l_n - довжина відрізка, що нагрівається, мм; v - лінійна швидкість руху дроту при намотуванні, мм/с.

Сила струму, як правило, лежить у межах 250...400 А. Напруга струму $U_{ср}=I_{ср}R_{ср}$ і не повинна перевищувати 60 В.

Потужність джерела живлення для нагрівання кВ·А,

$$W = nU_{ср}I_{ср}/1000,$$

де n — число дротин, які нагріваються.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Хімічний спосіб натягання арматури. Напруження арматури за рахунок хімічної енергії базується на використанні напружувального цементу (НЦ), який являє собою механічну суміш портландцементного клінкеру (70...80%), розширного компонента з гіпсу (15...20 %) та речовин, що мають у своєму складі активні алюмінати кальцію - високоалюмінатні глини, каоліни, алуніти (10...15%). Цементна промисловість випускає напружувальні цементи з маркою з самонапруженням 1, 2 та 4 МПа, що дає можливість виготовляти бетони з самонапруженням до 2,7 МПа.

Зазначене самонапруження дає змогу використовувати арматуру з низьковуглецевих сталей міцністю до 800 МПа, а високоміцний дріт застосовувати тільки для слабкоармованих або тонкостінних конструкцій, виготовлюваних на "жирних" розчинах.

Для самонапружених залізобетонних конструкцій характерний нижчий, ніж для звичайних бетонів, процент армування (μ = 0,6... 1,0%).

Напруження, що виникає в арматурі від хімічної енергії розширення при твердненні цементу, досягає 400...500 МПа при самонапруженні бетону 2,6...3,0 МПа.

Доцільна галузь застосування НЦ - виготовлення самонапружених залізобетонних труб, резервуарів для зберігання води та світлих нафтопродуктів, а також у будівництві - для безшовних підлог, покриття шляхів та аеродромів, при спорудженні збірно-монолітних оболонок покриттів великої площі, водонепроникних обкладань тунелів метрополітенів, водоводів великого діаметра, спірально армованих колон під великі навантаження тощо.

Використання хімічного способу напруження арматури значна спрощує створення двовісного напруження у тонкостінних великих оболонках. Найбільша в нашій країні оболонка покриття автогаража у Києві (діаметр 160 м, площа 20 000 м2) була споруджена із самонапруженого залізобетону в 1972 р.

Використання самонапруженого залізобетону суттєво знижує трудомісткість армування, металомісткість конструкцій і на 20 % собівартість.

Дисперсне армування. Найбільшого поширення дисперсне армування набуло при виготовленні сталефібробетонних конструкцій. Є досвід використання для дисперсного армування базальтових та сталевих волокон, а також волокон із синтетичних матеріалів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Галузь застосування сталефібробетону — ребристі плити покриттів і перекриттів, тришарові стінові панелі, збірні конструкції єм-кісних споруд, оголовки забивних паль тощо. Обсяг виробництва таких виробів щороку збільшується.

Раціональний діапазон об'ємного вмісту фібр у сталефібробетоні від 1,0 до 1,5 % (78...117 кг фібр на 1 м3 бетону).

Сталеву фібру виготовляють різанням і профілюванням дроту діаметром 0,2...2,0 мм, поперечним різанням сталевої штаби, фрезеруванням сталевого зливка, а також витягуванням волокон з розплаву. Більш економічним є використання відпрацьованих канатів, некондиційного сталевого тонкого листа і відходів дроту. Вартість фібри з вторинних ресурсів знижується у 3,2 раза.

Сталеву фібру засипають у бетонозмішувач разом з цементом і заповнювачами. Ефективність сталефібробетонних конструкцій значною мірою залежить від орієнтації фібр у бетоні. При дисперсному армуванні бетонної матриці волокнами можна виділити три варіанти армування: з явною орієнтацією фібрової арматури у напрямку діючих сил, з площинною орієнтацією і з хаотичним розміщенням сталевої фібри.

Застосування сталефібробетону замість звичайного залізобетону у 1,5-2 рази скорочує трудомісткість і матеріаломісткість конструкцій, на 25...40 % — вартість при одночасному підвищенні їхніх експлуатаційних якостей. Міцність при стиску сталефібробе-тону у 1,37 раза вища, ніж вихідного бетону, міцність при розтягу - у 2,32 раза, а міцність при крутінні - у 2,56 раза вища.

Використовуючи фібробетон, можна зменшити переріз полиць плит з 30 до 20 см, бо немає верхньої сітки, можна обійтися без нормативного захисного шару бетону, скоротити витрати бетону на 26 %, зменшити на 25 % трудові витрати на виготовлення та укладання арматури.

Зовнішнє армування. Зовнішнє армування дозволяє використи зовнішню арматуру (кутикову та штабовуї сталь) для створення елементів опалубки під час формування (рис. 3.4.15). У конструкціях із зовнішнім армуванням функції робочої зовнішньої арматури, поєднуються з захисним огородженням, крім того, монтувати такі конструкції можна без закладних деталей.

Зовнішні арматурні елементи, як правило, поєднують з напруженими і ненапруженими стержнями та каркасами, при цьому

Національний університет
водного господарства
та природокористування

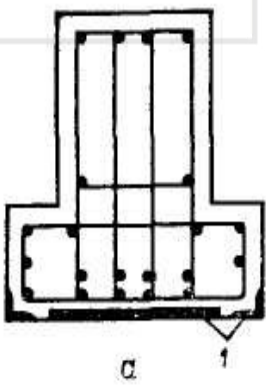
економія сталі становить 6 %, а трудомісткість виготовлення виробів зменшується на 25 %.

При використанні для зовнішньої арматури штабової сталі спільна робота її з бетоном забезпечується анкерами різних типів, а також зчепленням штаб з бетоном. Найбільш технологічними є анкери, приварені у вигляді вертикальних стержнів до листової арматури під прямим кутом напівавтоматичним зварюванням у тавр.

ЦНДІЕП учбових споруд та НДІЗБ розробили конструкцію і технологію попередньо-напружених ригелів з зовнішнім армуванням верхньої зони (рис. 3.4.16). Ригелі завдовжки 15...18 м виготовляють у перевернеому положенні. Напружувану арматуру розміщують тільки в полицях ригеля. Поперечну арматуру приварюють до зовнішньої листової арматури, і вона одночасно забезпечує її анкерування.

При цьму висота ригеля може бути зменшена з 1/15 до 1/30 прольоту. При потребі листову арматуру в зоні максимальних моментів підсилюють приварюванням окремих стержнів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування



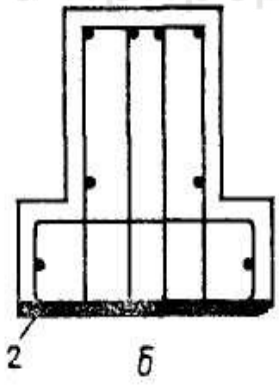


Рис. 3.4.15. Балки перекриттів:
а — з традиційним армуванням; *б* — із зовнішнім армуванням; / *1*— елементи закладних деталей; *2* — листовий елемент зовнішнього армування

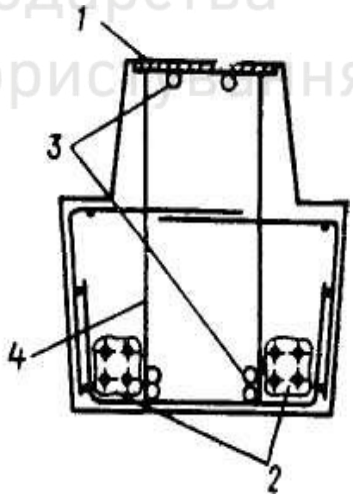


Рис. 3.4.16. Ригель із зовнішнім армуванням:
1 - зовнішня листова арматура; *2* — напружені стержні; *3* — ненапружені стержні, *4* — поперечна арматура, що виконує роль анкерних стержнів

Конструкції з зовнішньою листовою профільованою арматурою з анкерними стержнями використовують у наземному й підземному

Національний університет
водного господарства
та природокористування

будівництві резервуарів, технологічних і транспортних тунелів, захисних оболонок атомних і теплових електростанцій.

Контроль процесу армування. Операційний контроль армування включає перевірку правильності встановлення арматурних елементів, закладних деталей та фіксаторів захисного шару арматури, а при армуванні напруженою арматурою обов'язковий контроль значення попереднього напруження арматури.

Для перевірки створеного в арматурі попереднього проектного напруження σ_{sp} слід виміряти фактичне зусилля у натягнутій арматурі P*, розрахувати фактичне напруження a* і перевірити виконання умови

$$\sigma_{SP}(1+0.01\Delta) \triangleright \sigma_{SP}^{\Phi} \triangleright \sigma_{SP}(1-0.01\Delta),$$

де Δ — допуск, %. Для конструкцій першої категорії тріщиностійкості, балок, ферм з канатною і дротяною арматурою, плит покриттів завдовжки 12 м і більше Δ= —5; +10 %, для інших попередньо-напружених конструкцій Δ= ±10 %.

Напруження арматури можна контролювати (табл. 3.4.1) за зусиллям у натяжному механізмі, за деформацією напружуваного елемента (подовження або прогинання) та за частотою коливань натягнутої арматури.

Способи контролю натягу арматури

Таблиця 3.4.1.

Спосіб контролю зусилля	Вимірювальний прилад	Час контролю
Динамометрування кінцевого зусилля	Манометри, месдози, динамометри стиску та розтягу	Переважно до фіксації подовження
Через подовження арматури	Лінійка для вимірювання подовження, тензометри, індикатори	Те саме
Через прогин відтягнутої арматури	Накладні динамометри з власною базою, відтягувальні динамометри	Переважно після фіксації подовження
Через частоту власних коливань	Електронні та механічні частотоміри	Те саме

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте види армування залізобетонних конструкцій, які використовують у сучасному виробництві. Які з них ви вважаєте перспективними?

2.Запропонуйте кілька способів фіксування положення арматурного каркаса в горизонтальних та вертикальних формах.

3.Який вплив попереднього напруження арматури на стан залізобетонної конструкції? Поясніть, як відбувається обтискування бетону

4.Як класифікувати конструкції за видами напруженого армування та часом натягання арматури?

5.Охарактеризуйте способи натягання арматури.

6.Поясніть механізм напруження арматури при електротермічному способі натягання.

7.Розрахуйте технологічні параметри натягання арматури електротермічним способом для конструкцій завдовжки 12 м, армованих стержнями Ø 14AV.

8.У чому полягає суть електротермомеханічного способу натягання арматури? Розрахуйте технологічні параметри електротермомеханічного натягання дроту 05ВІІ на залізобетонне осердя труби діаметром 800 мм.

9.Які особливості технології самонапружених конструкцій?

10.Поясніть суть дисперсного армування. Наведіть приклади його застосування. Розрахуйте довжину фібри для бетонної матриці $R_{бР}$ = 4 МПа Rф = 800МПа, Rф6=15МПа.

11.Наведіть приклади доцільності використання зовнішнього армування.

12.Назвіть об'єкти контролю при армуванні залізобетонних конструкцій.

13.Як розрахувати ступінь напруження арматури, знаючи зусилля натягання? Як виміряти зусилля натягання?

14.Як визначити напруження через подовження арматури при натяганні? Чим вимірюють подовження?

15.Розрахуйте напруження в стержні Ø12 мм, прогин якого на довжині 5 м становить 3 мм.

16.Як розрахувати напруження, якщо відомі частоти власних коливань напруженого стержня та його діаметр?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 3.5
Формування залізобетонних конструкцій

Процес формування складається з таких операцій: укладання бетонної суміші, рівномірного її розподілу по формі, ущільнення, обробки відкритої поверхні виробів, вилучення, при потребі, формоутворювальних елементів. Тривалість виконання всіх операцій процесу формування, або цикл формування, визначає продуктивність всієї технологічної лінії виробництва конструкцій і відповідно до норм технологічного проектування підприємств збірного залізобетону становить 12...40 хв, залежно від габаритних розмірів, конфігурації та структури виробів.

Трудомісткість формування становить 40 % загальних трудових витрат технологічного процесу виробництва збірних залізобетонних конструкцій. Частка ручних операцій у цьому процесі значна — 36...38 %•

Енерговитрати на формування виробів становлять 8,6 % загальних витрат електричної та теплової енергії на весь процес.

3.5.1. Укладання та розподілення бетонних сумішей.

Технологічні операції укладання й рівномірного розподілення бетонної суміші у формі або по поверхні піддонів, матриць та стендів є передумовою рівномірності структури та міцності виробу. Враховуючи значну трудомісткість цих операцій, особливо при виготовленні виробів складної конфігурації з жорстких сумішей, у заводських умовах бетонну суміш транспортують до поста формування та укладають за допомогою переносних бункерів, бетонороздавачів, бетоно- та фактуроукладачів.

Бункери з сумішшю переміщують до постів формування і тримають у потрібному положенні під час укладання мостовими кранами. Бункери використовують для укладання бетонної суміші на багато номенклатурних неспеціалізованих технологічних лініях.

Бетонороздавачі наземні й підвісні, як і бункери, видають бетонну суміш у форми, після чого її потрібно розрівняти у формі вручну або спеціальними механізмами.

Для виготовлення плитних конструкцій використовують наземний самохідний портальний бетонороздавач (рис. 3.5.1), який може переміщуватися над формою. Такий же бетонороздавач можна

Національний університет
водного господарства
та природокористування

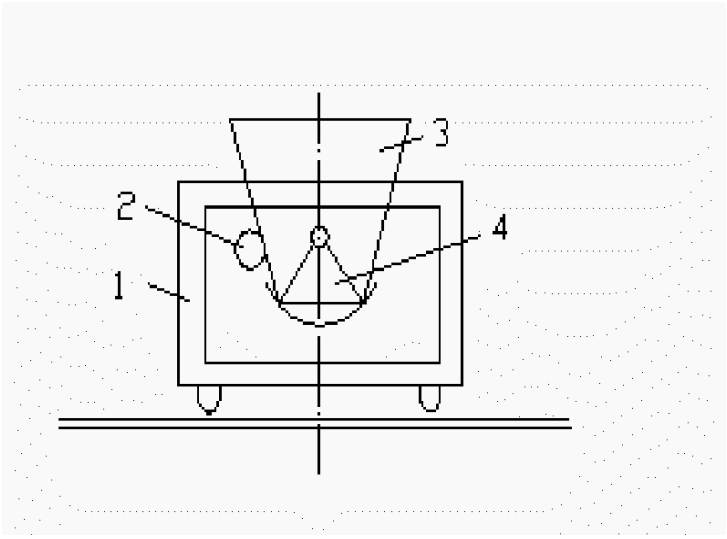


Рис. 3.5.1. Схема портального бетонороздавача
1 — самохідний портал; 2 — вібратор; 3 — бункер; 4 — секторний затвор

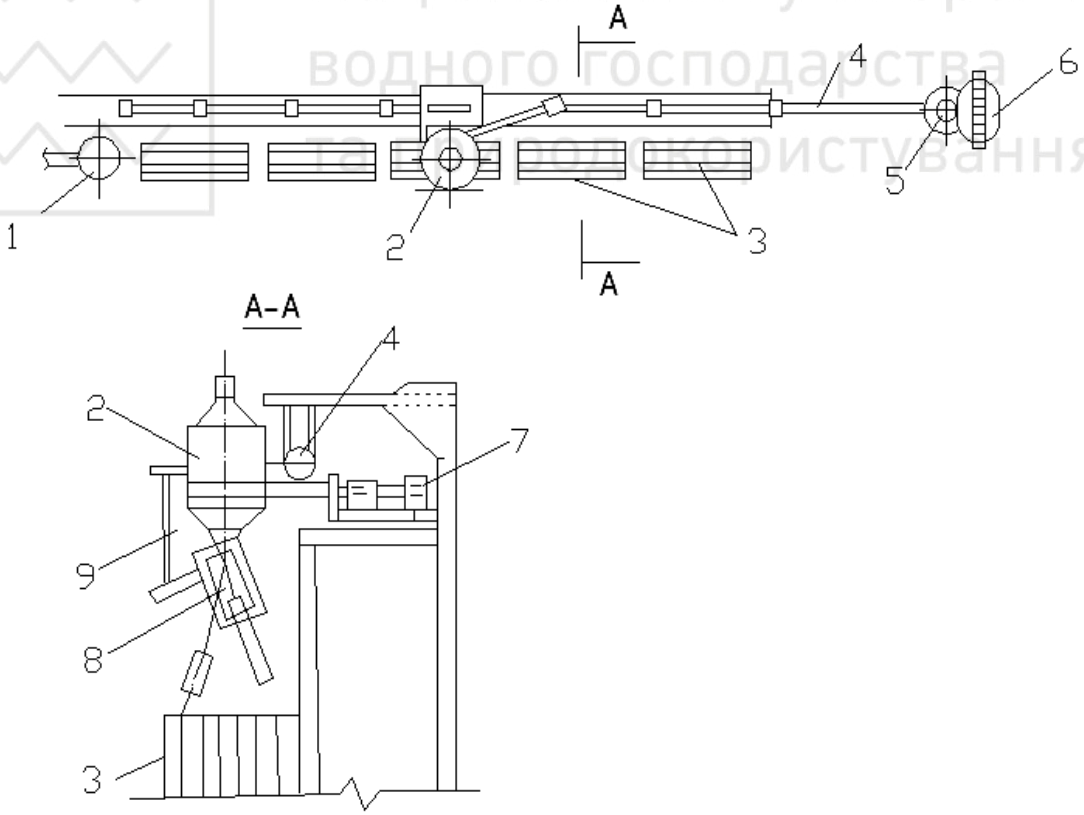


Рис. 3.5.2. Схема пневмоподавання бетонної суміші:
1 — приймальна камера поста промивання; 2 — самохідний бетонороздавач; 3 — касети; 4 — бетоновод; 5 — камерний живильник; 6 — бетонозмішувач; 7 — візок бетонороздавача; 8 — механізм поздовжнього пересування протічки; 9 — механізм поперечного пересування протічки

Національний університет
водного господарства
та природокористування

використовувати для укладання бетонної суміші у касетно-формувальні установки, якщо встановити його на естакаду, по якій він зможе переміщатися над технологічною лінією касет. Розвантажувати бетонну суміш у касетні установки можна бетонороздавачем СМЖ-306А із стрічковим живильником, що обертається у горизонтальній площині на 120°

Ефективним способом транспортування та укладання дуже рухливих і литих бетонних сумішей є система пневмоподавання, до складу якої входять камерний живильник СМЖ-139В, самохідний бетонорознороздавача з погашувачем СМЖ-136В, та бетонопровод (рис. 3.5.3)

Для укладання литих бетонних сумішей у горизонтальні й вертикальні форми можна рекомендувати самохідний естакадний бетонороздавач з рукавним затвором.

Укладати бетонну суміш на лінійних стендах доцільно консольним бетонороздавачем СМЖ-71А (рис. 3.5.3), який переміщується паралельно формувальній, смузі. Живильник бетонороздавача повертається на 340°.

З підвісних бетонороздавачів, що переміщуються по естакаді і складаються з бункера з затвором та тельфера, найбільшого поширення набули бетонороздавачі марки 5498 з місткістю бункера 1 м^3, а також СМЖ-276 місткістю 2 м^3. Для формування залізобетонних труб та кілець у вертикальному положенні застосовують шнековий бетонороздавач СМЖ-364 (рис. 3.5.4). Стрічкові живильники СМЖ-354 (рис. 3.5.5) та СМЖ-425 використовують при виготовленні труб діаметром відповідно 500...900 та 1000...1500 мм.

Бетоноукладачі забезпечують не тільки укладання, а й рівномірне розподілення бетонної суміші по формі та її розрівнювання. При виготовленні різнотипних плоских і лінійних виробів для промислового будівництва використовують універсальний бетоноукладач з трьома бункерами, обладнаний вібронасадкою типу СМЖ-162.

Універсальний бетоноукладач СМЖ-166А призначений для укладання фактурного шару та керамзитобетону при виготовленні плоских одношарових стінових панелей.

Спеціалізовані бетоноукладачі (рис. 3.5.6) менш металомісткі і складаються з агрегатованих серійних вузлів. їх можна використовувати для виготовлення одношарових панелей із загладжуванням верхньої відкритої поверхні, багато порожнинних пац'елей перекриттів, лінійних виробів з важкого бетону, керамзитобетонних одношарових панелей з прорізами або для укладання нижнього шару

Національний університет
водного господарства
та природокористування

бетону при виготовленні тришарових панелей, а також для укладання фактурного шару.

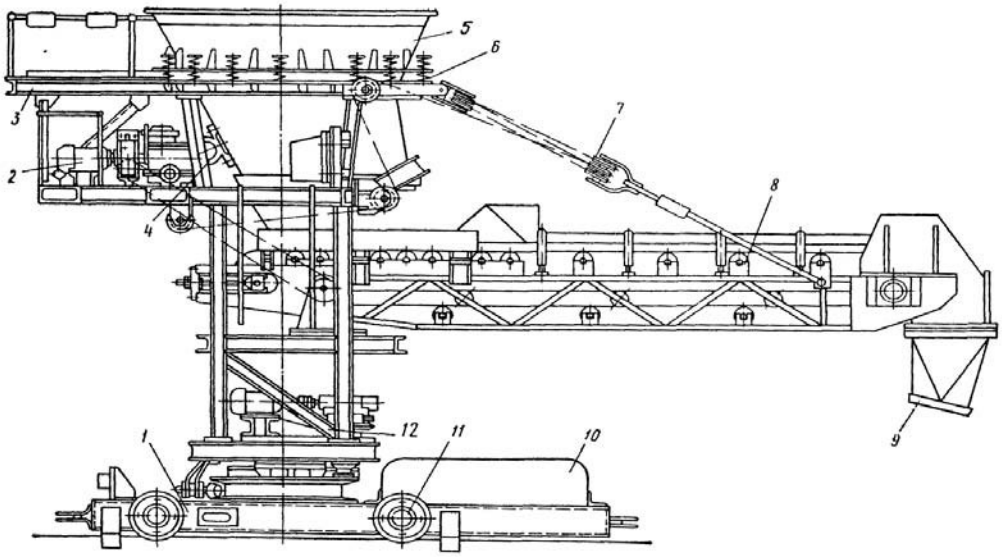


Рис. 3.5.3. Консольний бетонороздавач СМЖ – 71А
1- візок; 2- привод живильника; 3- майданчик обсуговування; 4- вібратор; 5- бункер; 6- пружинна підвіска бункера; 7- система блоків для регулювання; 8, 9 – вивантажувальний патрубок; 10- привод візка; 11- приводне колесо; 12- поворотна платформа

Технологічні розрахунки бетонороздавачів та бетоноукладачів дають можливість визначити їхні основні параметри з урахуванням виду виробів, характеристик бетонної суміші, способу формування тощо.

Корисний об'єм бункерів 1/6 м^3, при періодичному заповненні їх беруть з урахуванням об'єму виробів $V_в$, що формуються, та пустотності бетонної суміші П:

$$V_0 = 1{,}2V_B/П.$$

При безперервному заповненні бункера його об'єм повинен бути не меншим як 1 м^3.

Для укладання рухливих і литих бетонних сумішей рекомендують бункери з нахилом стінок 55...65° і перерізом вихідного отвору 200х400 мм, а для малорухливих та жорстких сумішей — бункери з нахилом стінок 70° і перерізом вихідного отвору 400Х Х500 мм.

Швидкість витікання бетонної суміші з бункера, м/с, залежить від розмірів отвору та рухливості бетонної суміші:

$$v = \lambda\sqrt{3.2gR_Г},$$

де λ=0,4...0,8 м — коефіцієнт витікання; g— прискорення вільного падіння, м/с^2; $R_г$— гідравлічний радіус, м,

Національний університет
водного господарства
та природокористування

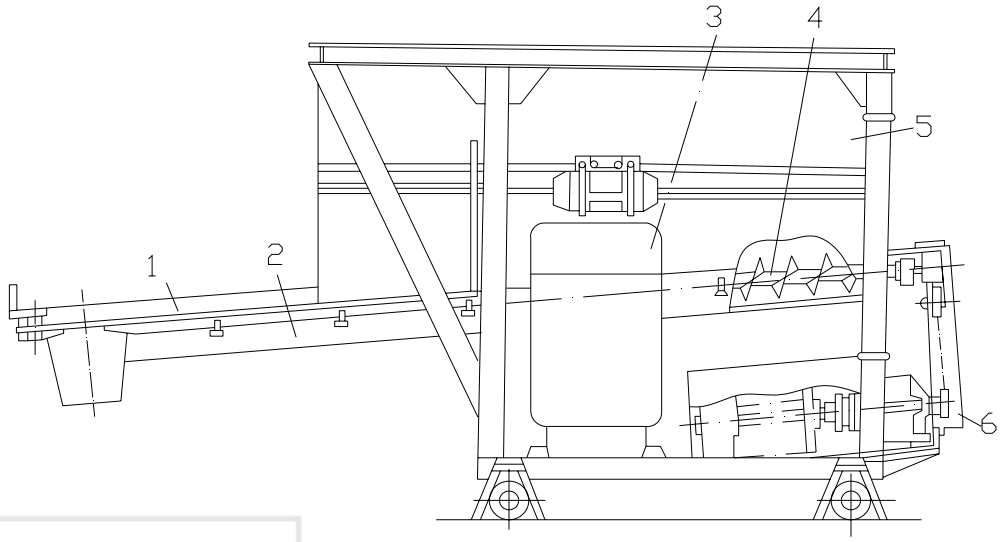


Рис. 3.5.4. Шнековий бетонороздавач СМЖ-364:
1 — відбивач; 2 — жолоб; 3 — електрообладнання, 4 — шнек, 5 — бункер з опорною рамою і вібратором, 6 — привод шнека

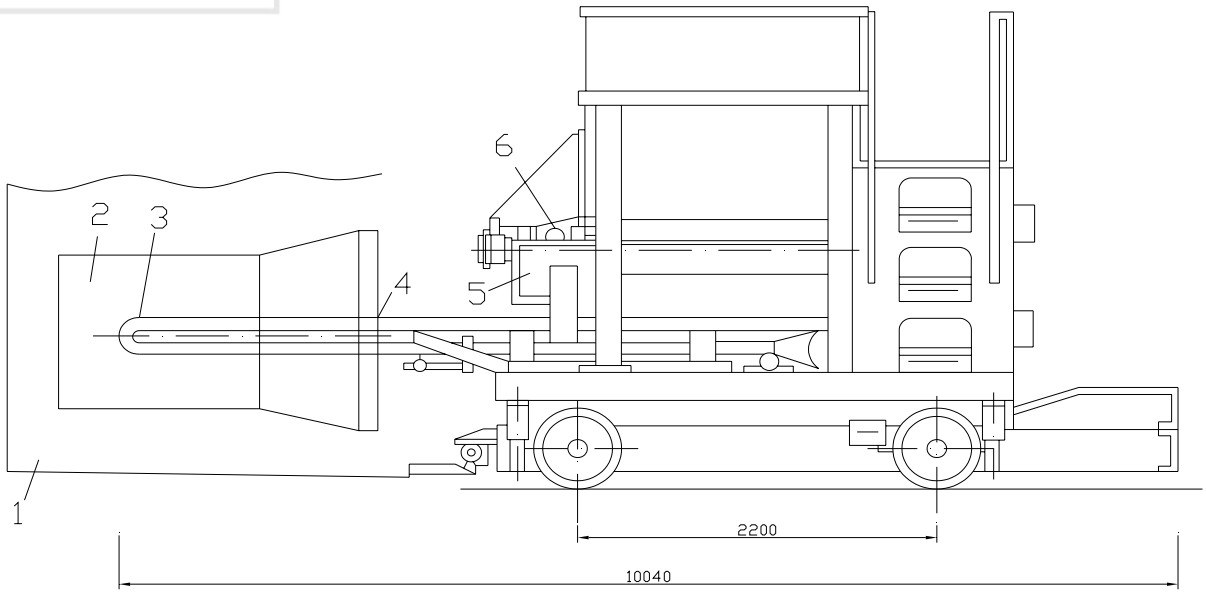


Рис. 3.5.5. Схема стрічкового живильника СМЖ-354:
1 — звукоізолювальний кожух; 2 — форма для труби, 3 — стрічка живильника; 4 — конвейєр, 5 — опора гвинтового живильника 6

Національний університет
водного господарства
та природокористування

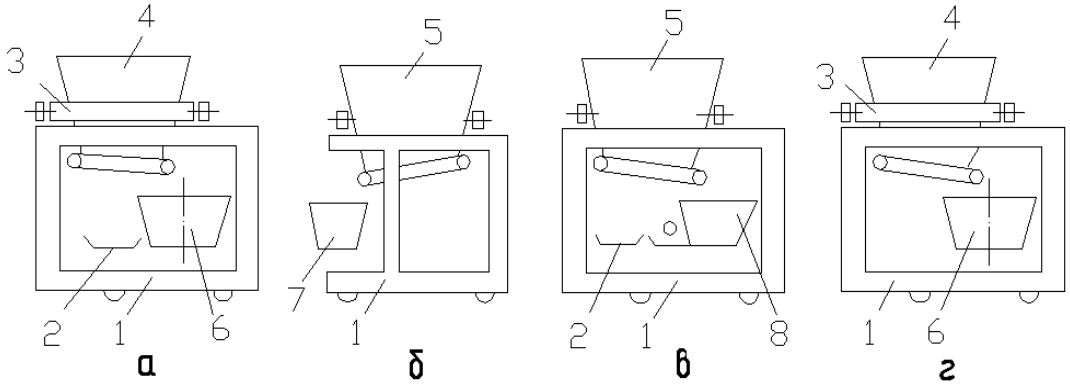


Рис. 3.5.6. Схеми бетоноукладачів з агрегатованих вузлів:

а — із загладжувальним пристроєм; б — з підіймальною лійкою; в — з вібронасадкою; г —з поворотною лійкою, 1 — самохідна рама; 2 — загладжувальний пристрій; 3 — самохіднийвізок; 4 — бункер із стрічковим живильником; 5 — самохідний бункер з живильником; 6 —підіймально-поворотна лійка' 7 — підіймальна лійка; 8 — вібронасадка

$$R_{\Gamma} = \frac{bl}{2(b+l)},$$

b, l — розміри вихідного отвору, м.

Використовуючи бетоноукладачі, слід враховувати продуктивність встановлених живильників, м^3/с:

Стрічкового

$$Q_c = lhv_C,$$

де *l* — довжина вихідного отвору бункера, м; *h*— робоча висота щілини бункера, м; v_c — швидкість руху стрічки, м/с; шнекового

$$Q_{Ш} = \frac{\pi(D^2 - d^2)SfK_3}{4},$$

де *D* — зовнішній діаметр шнека, м; *d*— діаметр вала шнека, м; *S* —крок гвинтової лінії, м; *f* — частота обертання шнека, 1/с; $K_з$=0,3...0,б — коефіцієнт заповнення шнека.

Транспортну швидкість бетоноукладачів беруть 20..25 м/хв. Швидкість робочого ходу бетоноукладачів з поворотною лійкою 15...18 м/хв, а фактуроукладачів — 10...12 м/хв.

Укладати бетонну суміш у форми слід так, щоб висота падіння суміші була не більш як 1 м, аби не допустити її розшарування.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Формувальні властивості бетонних сумішей до моменту укладання у форму можуть мати відхилення за показником жорсткості до мінус 2%, а за показником рухливості — до мінус 30%; температура бетонної суміші повинна бути не нижчою ніж 5 °С. Щоб запобігти погіршенню формувальних властивостей бетонних сумішей, потрібно стежити, аби час від моменту приготування бетонної суміші до моменту укладання її у форми не перевищував періоду початку тужавлення цементного тіста.

3.5.2. Класифікація способів формування, негайне розпалублення, формування пресуванням.

Класифікація способів формування. Велика різноманітність збірних залізобетонних виробів та конструкцій зумовлює використання різних бетонних сумішей, які різняться складом та формувальними властивостями. Зважаючи на це, для формування виробів застосовують різноманітні методи та засоби ущільнення суміші.

Існуючі способи формування залізобетонних виробів можна класифікувати за кількома ознаками. Як приклад на рис. 3.5.7 наведено класифікацію способів формування за видами механічної дії на бетонну суміш.

Формування методом лиття застосовують при використанні литих бетонних сумішей з осадкою конуса більш як 16 см. Така бетонна суміш під дією власної ваги добре заповнює форму без застосування зовнішньої механічної дії.

Литтьове формування останнім часом поширилося як у нашій країні, так і за рубежем. Це зумовлено використанням пластифікаторів та суперпластифікаторів для важких і легких конструкційних бетонів і широко використовується для формування йиробів з нездрюватих бетонів. Цей метод характеризується невисокими трудо- та енергомісткістю.

Формування пресуванням використовують для механічного обезводнення або фільтраційного формування рухливих сумішей, а також для формування виробів з жорстких та особливо жорстких бетонних сумішей, які мають значне внутрішнє тертя і через це потребують примусового переміщення частинок для найбільш компактного розміщення їх у формі та ущільнення.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Осьове та радіальне пресування застосовують під час виготовлення трубчастих конструкцій, роликове пресування використовують як для плоских, так і для трубчастих конструкцій.

Формування пресуванням дає можливість виготовити щільні та міцні бетони, але вимагає значних витрат енергії.

Вібраційні способи формування використовують для бетонних сумішей з показником рухливості П1...ПЗ та бетонних сумішей з показником жорсткості Ж2, ЖЗ. Вібраційний вплив тиксотропно розріджує бетонну суміш, створюючи умови для вдалого формоутворення, а також для вилучення надмірного повітря.

Вібраційні способи формування можуть здійснюватися при об'ємному, поверхневому, зовнішньому та внутрішньому віброущільненні.

О б' є м н є віброущільнення — найпоширеніший спосіб формування широкої номенклатури виробів на віброплощадках та вібропоршневих установках. Він характеризується передачею вібраційних коливань на весь об'єм виробу, що формується.

Поверхневе віброущільнення відрізняється тим, що передає коливання бетонній суміші з боку відкритої поверхні виробу за

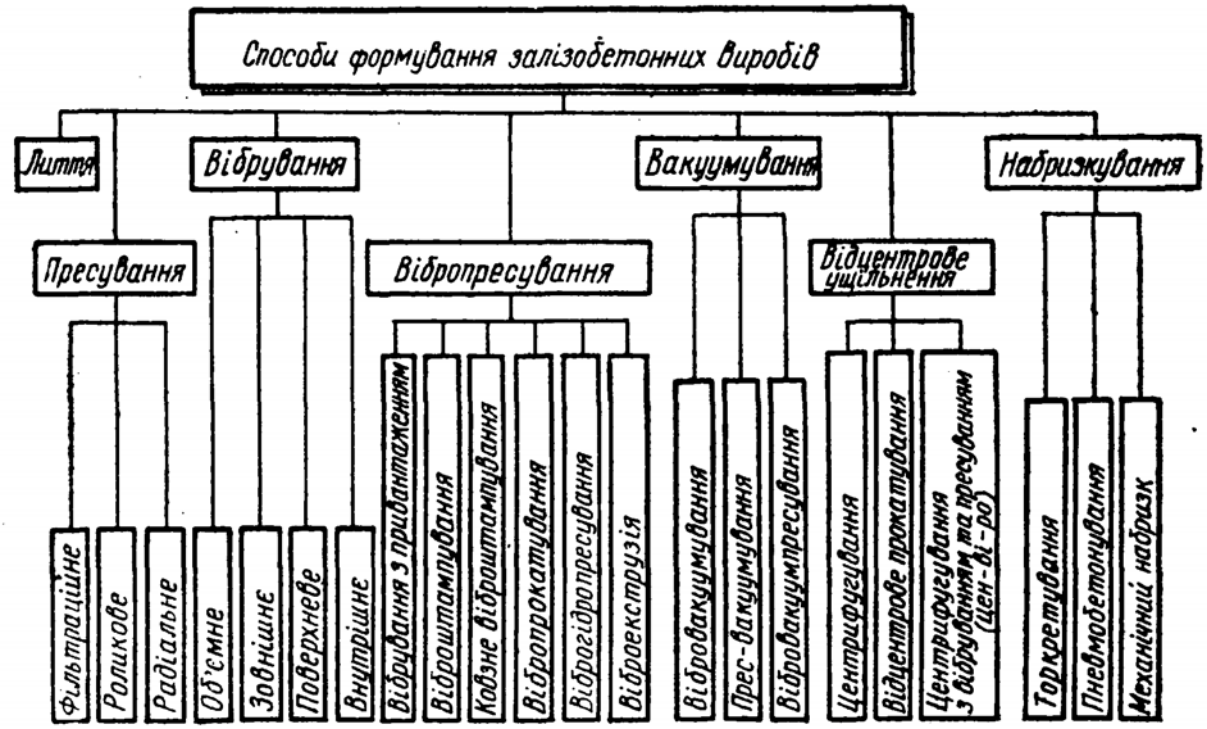


Рис. 3.5.7. Способи формування бетонних сумішей

Національний університет
водного господарства
та природокористування

допомогою вібропротягувальних пристроїв, вібруючих щитів та плит.

Зовнішнє віброущільнення використовують для ущільнення бетонної суміші через вібруючі стінки стаціонарних форм та пересувного бортового оснащення при виготовленні виробів у вертикальному положенні.

Внутрішнє віброущільнення здійснюється вібронаконечниками, глибинними вібраторами, вібруючими осердями, які вводять у бетонну суміш або заздалегідь встановлюють всередині форми.

Різновидом поверхневого віброущільнення є вібропротягувальне формування. Це безперервне формування виробів робочим вібраційним органом (вібробункером із стабілізатором), який переміщується вздовж форми (або форма переміщується відносно робочого органу). Цей спосіб дає змогу використовувати попередньо ущільнені у вібруючому бункері бетонні суміші й заповнювати ними форми.

Формування вібропресуванням — це комбінована дія на бетонну суміш спочатку вібрації, а потім пресувального тиску, що дає змогу формувати вироби з суміші з показниками жорсткості Ж1 і вище.

Різновидами вібропресування є:

вібрування з привантаженням під час формування плитних одношарових та багатопорожнинних конструкцій;

віброштампування, яке дає рельєфну поверхню;

ковзне віброштампування, яке використовують для утворення криволінійних та плоских поверхонь вібропресувальним пристроєм, що переміщується над виробом;

вібропрокатування — спосіб безперервного формування плоских виробів на рухомій стрічці стана, де віброущільнення поєднується з пресувальним тиском валків чи інших пристроїв;

віброгідропресування, яке використовують для формування напірних труб, при цьому перша стадія ущільнення відбувається під дією вібрації, а подальше ущільнення — під тиском води, який передається бетонній суміші через еластичну поверхню внутрішньої форми;

екструзія, або вібронагнітання,— використовується для формування виробів різного перерізу з жорстких сумішей, які під дією вібрації та тиску, створюваного шнеком, укладаються у форми чи стенди.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Формування вакуумуванням і комбінації вакуумування з вібраційною дією (вібровакуумування) або пресуванням (пресвакуумування та вібровакуумпресування) застосовують для виготовлення виробів з рухливих бетонних сумішей. Ці способи формування дають змогу виготовляти бетони підвищеної щільності. Можливість проводити часткове розпалублення таких виробів до теплової обробки знижує формомісткість виробництва.

Відцентрове формування застосовують для виготовлення трубчастих конструкцій з рухливих бетонних сумішей. Віджимання води при відцентровому формуванні дає можливість виготовляти щільні бетони.

Використовуючи жорсткі бетонні суміші для формування труб діаметром 1200...3000 мм, застосовують відцентрове прокатування, при якому бетонна суміш ущільнюється не тільки за рахунок відцентрових сил, а й за рахунок тиску, що створюється масою форми з бетоном при обертанні на приводному валу.

Формування торкретуванням використовують для нанесення захисних шарів бетону з дрібнозернистої жорсткої суміші на різноманітні конструкції за допомогою стиснутого повітря.

Жорсткі бетонні суміші з грубим заповнювачем наносять на поверхні виробів механічним набризком із застосуванням спеціальної роторної установки. Одержані бетони характеризуються високою щільністю, міцністю та морозостійкістю.

Литтьова технологія формування. Використовуючи пластифікатори та суперпластифікатори, можна без підвищення кількості рідкої фази в бетоні розрідити його. Бетони з добавкою суперпластифікаторів характеризуються осадкою конуса ОК=16 см, не розшаровуються, заповнювачі в них не сегрегують від цементного тіста, тобто зберігають однорідність під час бетонування. Через 30...90 хв (залежно від властивостей цементу та температури суміші) пластифікуючий ефект добавки зникає. Застосовуючи суперпластифікатори типів С-3, 10-3, можна також стимулювати тверднення бетону і скоротити строки теплової обробки. Ще більший ефект досягається при використанні сучасних гіперпластифікаторів полікарбоксилатного або поліакрилатного складу, наприклад melflux.

Литтьове формування ефективне для виготовлення виробів у стендових касетних формах. При цьому за рахунок введення супер-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

пластифікаторів знижуються витрати цементу й тривалість теплової обробки. Поверхні панелей не потребують опорядження. Раціональним є перехід на використання литих сумішей також у виробництві об'ємних блоків.

Досвід Ростокінського заводу ЗБК у Москві підтверджує доцільність використання пластифікованих бетонних сумішей рухливістю 15...20 см для формування виробів на конвейєрних лініях. При цьому тривалість формування скорочується у 2 рази, тривалість теплової обробки — з 12 до 8 годин. Покращується якість поверхні виробів. При виробництві залізобетонних виробів з литих бетонних сумішей із суперпластифікаторами на стендових лініях витрати цементу знижуються на 60...70 кг/м^3, витрати електроенергії — на 50...70 %.

Під час використання литих сумішей особливе значення має герметичність форм. За конструкцією вони повинні бути нерозбірними з пружними бортами, розрахованими на підвищений гідростатичний тиск бетонної суміші.

Литтьову технологію не рекомендують використовувати для виготовлення виробів у горизонтальних переносних формах, оскільки суміш буде виливатися з форм при переміщенні їх.

До цього часу ще не відпрацьовані оптимальні параметри заводської технології формування виробів з литих бетонних сумішей. Зараз потрібні розробки нового обладнання та оснащення, нових технологічних регламентів.

Вітчизняний і закордонний досвіди дають можливість вважати литтьове формування одним з прогресивних напрямків у виробництві збірного залізобетону, оскільки воно сприяє економії цементу та енергії під час виготовлення й формування бетонних сумішей, зниженню зношуваності форм, значному покращанню умов праці у формувальних цехах.

Формування залізобетонних виробів пресуванням. Для ущільнення бетонної суміші під тиском потрібно забезпечити рівномірну компресію цементного тіста з віджиманням рідкої фази й видаленням повітря. Під час пресування бетонної суміші в закритій системі стискується защемлене повітря і накопичується внутрішня потенціальна енергія, яка після зняття зовнішнього тиску призво-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

дить до пружної післядії та деякого зниження міцності структури цементного тіста й бетону в цілому. Крім того, великий опір зближенню твердих частинок виявляють заклинені зерна грубого заповнювача, які перешкоджають досягненню максимальної щільності. Щоб запобігти цьому явищу, слід створити умови для видалення відтискуваної води й повітря. Для цього використовують фільтраційне формування рухливих бетонних сумішей в статичному режимі або формування жорстких бетонних сумішей в динамічному режимі з пошаровим укочуванням валками чи роликами.

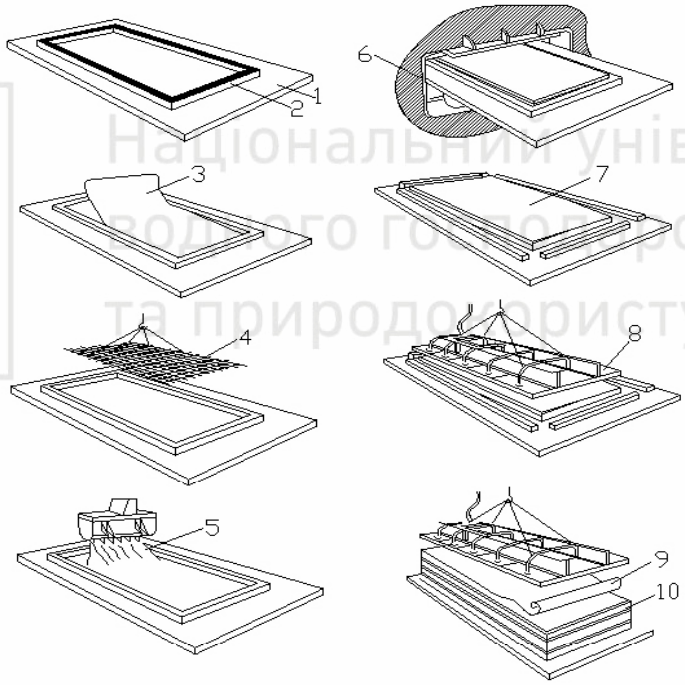


Рис. 3.5.8 Схема фільтраційного пресування:

а — складання бортового оснащення; б — укладання нижнього фільтрувального шару паперу; в — встановлення арматури; г — укладання бетонної суміші; д — пресування, є — розсування бортоснащення; є — знімання виробу траверсою з пневмопритискачем; ж — штабелювання виробів для дозрівання в природних умовах, 1 — піддон; 2 — бортоснащення; 3 — фільтрувальний папір; 4 — арматурна сітка; 5 — бетонна суміш; 6 — прес; 7 — відформована панель; 8 — траверса з пневмопритискачем; 9 — прокладка між виробами; 10 — штабель готових виробів

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Найефективніше для пресування використовувати дрібнозернисті бетонні суміші. Пресувальний тиск залежить від складу бетонної суміші, характеру пресування і може змінюватися від 0,2 до 15,0 МПа.

Фільтраційне формування. Формування плоских плитних конструкцій з рухливих бетонних сумішей пресуванням полягає у послідовному виконанні таких операцій (рис. 3.5.8): на дно переміщуваної форми з розсувними бортами укладають фільтрувальний папір, арматурний каркас і заповнюють її бетонною сумішшю з В/Ц=0,7...1,0. На відкриту поверхню бетонної суміші також настилають фільтрувальний папір, і форму пересувають під прес; під тиском 2,5...2,7 МПа бетонна суміш пресується, з неї крізь отвори у піддоні та у штампі відтискуються повітря й надмірна вода. Тонкодисперсна частина цементу, яка переміщується в системі разом з водою, утримується фільтрами і створює високу якість зовнішніх поверхонь виробів. Після негайного розпалублення та 5 год природного тверднення міцність бетону становить 20...40 МПа. Товщина пресованих виробів 200 мм, максимальні розміри З х 6 м.

Описаний вище спосіб .формування англійської фірми «Гоу-Конг» дає можливість виробляти панелі без витрат на теплову обробку, а негайне розпалублення значно знижує формомісткість виробництва, але при цьому треба враховувати, що зусилля в пресувальному механізмі повинні бути 45 000...48 000 кН.

Роликове пресування. Для виготовлення плоских виробів з жорстких бетонних сумішей було запропоновано метод роликового пресування, розроблений у НДІЗБ. Механізм ущільнення визначається тим, що ролик при перекочуванні захоплює за рахунок тертя тонкий шар суміші і втискує його у нижній шар суміші. При цьому у суміші створюється динамічний тиск 0,5...1,0 МПа. Оскільки компресії у динамічному режимі підлягають тонкі шари суміші, то вода й повітря відтискуються без перешкод.

Принципіальну схему установки для роликового формування виробів у горизонтальних формах наведено на рис. 3.5.9. Робочий орган машини для формування має ходову балку з розміщеними на осях роликами, які перекочуються перпендикулярно до руху виробу, що формується В проміжки між роликами крізь лійки бункера, закріплені на балці, подають бетонну суміш жорсткістю 50. .75 с.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

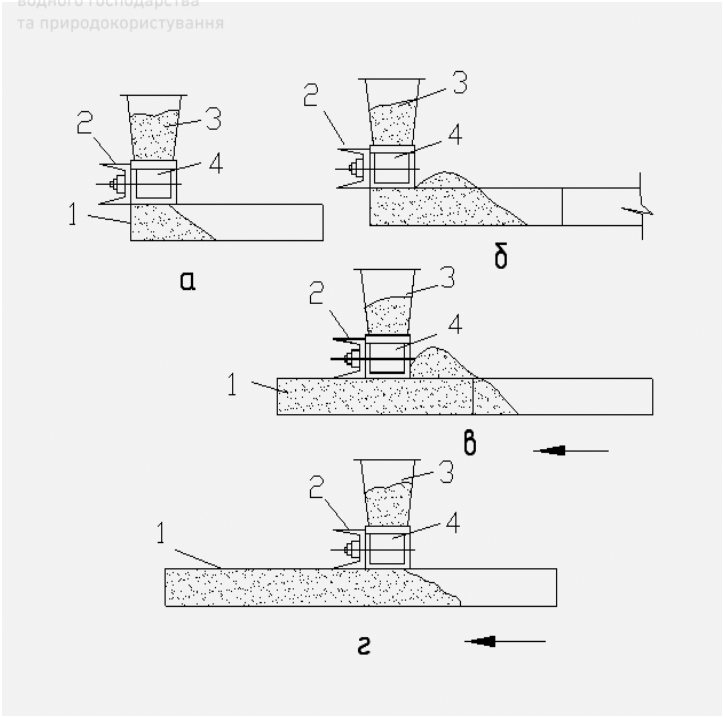


Рис 3.5.9. Схема установки для роликового формування. а — початок укладання бетонної суміші, б — початок укочування бетонної суміші, в — укочування бетонної суміші роликами при пересуванні форми, г — завершення формування першого виробу і початок формування другого, 1 — пересувна форма; 2 — ходова балка, 3 — бункер з бетонною сумішшю, 4 — ролик

Швидкість переміщення форми 1 м/хв визначається швидкістю витискання надлишків суміші з-під роликів у вільну частину форми. Число ходів балки з роликами 30...60 $хв^{-1}$. Нижня площина балки розміщена на рівні верхньої кромки бортів форми. Вона утримує відформовану частину виробу від руйнування, виконуючи роль стабілізатора, та загладжує його відкриту поверхню. Діаметр роликів 100 300 мм, довжина 100...600 мм. Товщина відформованих виробів від 25 до 250 мм. Для роликового формування перспективні дисперсно армовані бетони.

Роликове пресування ефективне при виготовленні плит аеродромних, дорожніх та тротуарних покриттів, плит облицювання каналів, бортового каменю, ґратчастих армоцементних виробів тощо Спосіб роликового формування безнапірних труб відомий як радіальне пресування і базується на безперервному пошаровому укочуванні жорсткої бетонної суміші підпружиненими роликами Установка для формування (рис. 3.5.10) складається з чотирироликової системи, змонтованої на горизонтальному валу і з'єднаної з внутрішнім осердям, яке виконує функцію утворювального елемента. Виготовляють осердя порожнинним з верхньою конусною частиною, яка забезпечує рівномірне розподілення бетонної суміші по периметру виробу. Цей принцип покладено в основу роботи верстатів, які випускають фірми «Мак-Крекен», «Гідротайл» (США), «Сіомс» (Італія) та верстата СМЖ-194.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Режим ущільнення характеризується частотою обертання роликів і тиском укочування бетонної суміші. Під час формування труб діаметром 1200...1500 мм, завдовжки 2 м з бетонної суміші жорсткістю 45...150 с з максимальною грубістю заповнювача більш як 10 мм частота обертання роликів 20...200 $хв^{-1}$, пресувальний тиск 0,5...2,0 МПа.

Основні переваги роликового пресування виробів: можна використовувати жорсткі та наджорсткі бетонні суміші як з грубим заповнювачем, так і без нього, виготовляти щільні морозостійкі бетони міцністю до 60 МПа; мала потужність приводу ущільнювального органу; малошумність процесу; безперервність формування й можливість регулювання якості ущільнення під час формування.

Осьове пресування використовують для формування безнапірних бетонних труб діаметром 300...1000 мм, завдовжки 2,5...3,0 м. Верстати осьового пресування (рис. 3.5.11) мають спрямовані по вертикалі зусилля 0,2...0,3 МПа, які створюються гвинтовими пресувальними насадками обертової головки.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

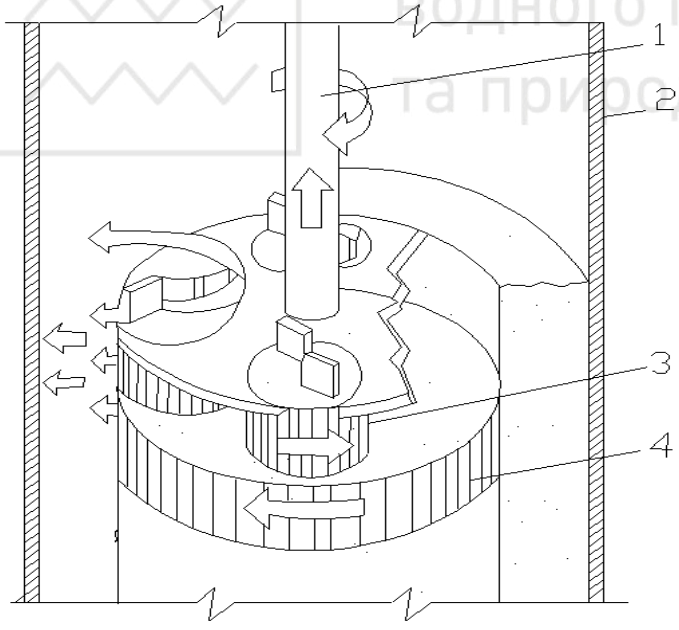


Рис. 3.5.10. Схема роликової установки для формування безнапірних труб:
1 — приводний вал;
2 — циліндрична форма
3 — пресувальні ролики;
4 — стабілізуючий диск

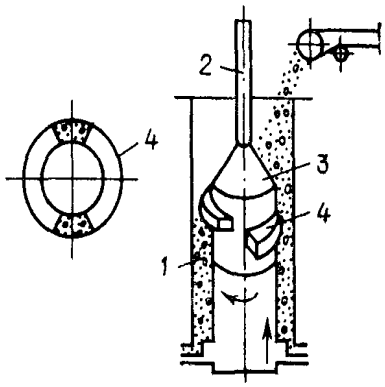


Рис. 3.5.11. Схема осьового пресування труб:
1 — циліндрична форма;
2 — приводний вал;
3 — пресувальне осердя;
4 — пресувальні лопаті

Національний університет
водного господарства
та природокористування

У форму, яка складається з зовнішньої обичайки, на штоці опускається обертальна циліндрична головка з гвинтовими насадками. Поступово, у міру заповнення форми жорсткою бетонною сумішшю, гвинтові насадки, упираючись на укладений бетон, пресують його; при цьому головка в міру формування труби самочинно піднімається.

3.5.3. Вібраційні способи формування.

Процес формування бетонних сумішей під дією вібрації можна умовно поділити на дві стадії:

формоутворення, яке характеризується утворенням відносно щільної упаковки зерен заповнювача, тобто утворення структурного каркаса;

ущільнення, яке характеризується подальшим зближенням часток, ущільненням цементного гелю в бетонній суміші, пов'язаним із стисканням практично однорідного середовища під дією власної ваги та вібраційних коливань з видаленням частини залишкового повітря.

Тривалість першої стадії залежить від ступеня рухливості суміші. Для литих сумішей рухливістю П4 і більше вона становить 3...5 с, а для жорстких — приблизно (0,5...1,0) Ж, де Ж — показник жорсткості за ГОСТ 10181.0—81. Тривалість другої стадії становить для жорстких сумішей (1...4) Ж. При формуванні бетонних сумішей рухливістю П2...П4 через швидке ущільнення чітко розділити процес на стадії неможливо.

Об'ємне віброущільнення. Характерною ознакою його є залучення до коливання маси форми і всієї маси бетонної суміші формованого виробу. Об'ємне вібрування здійснюють на віброплощадках різного принципу дії (рис. 3.5.12). Віброплощадки — це універсальне формувальне обладнання для виготовлення виробів широкої номенклатури в переносних та пересувних формах.

Для формування виробів завтовшки не більш як 20 см масою до 1 т можна використовувати площадки з круговими коливаннями (рис. 3.5.12, а). Параметри коливань: амплітуда A = 0,3...0,5 мм, частота f = 45 ..50 Гц. Якщо немає пристроїв для кріплення форм до площадки, то це збільшує рівень шуму, зношування місць опирання форм, створює нерівномірність, ущільнення по периметру форми.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

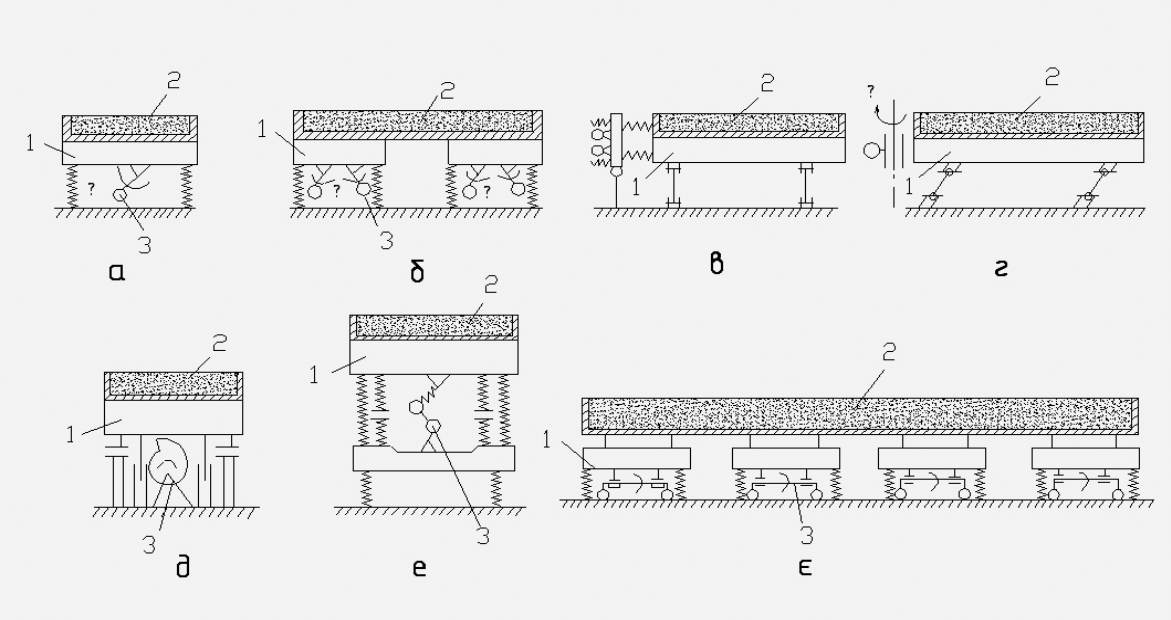


Рис. 3.5.12. Принципіальні схеми віброплощадок:
а — з круговими коливаннями; б — з вертикально напрямленими коливаннями, в — горизонтальної дії; г — з багатокомпонентними коливаннями, д — ударної (кулачкової), є — ударно-вібращйно(резонансної; є — ударно-вібраційної блочної, 1 — робочий орган, 2 — форма з бетонною сумішшю; 3 — збудник коливань

У виробництві плитних конструкцій завтовшки до 40 см з малорухливих та помірно жорстких бетонних сумішей широко використовують віброплощадки з вертикальними коливаннями з уніфікованих двовалових віброблоків, з'єднаних синхронізаторами (рис. 3.5.12, б). Форму до рами віброплощадки кріплять електромагнітами, що створює умови для рівномірного ущільнення бетонної суміші по всьому об'єму виробу. Вантажність серійних площадок 10...24 т, амплітуда коливань 0,4...0,6 мм, частота 50 Гц. Недоліками віброплощадок з вертикальними коливаннями є недостатня надійність та наднормативний шум.

Для виготовлення довгомірних виробів невеликого поперечного перерізу з помірно жорстких сумішей доцільно використовувати площадки з горизонтальними коливаннями (рис. 3.5.12, в). У таких установках, що являють собою систему двох мас, коливальний рух «пасивної» маси передається формі з бетонною сумішшю, бо торець форми приєднано до віброзбуджувача, встановленого на активній масі. Обидві маси з'єднані між собою пружними зв'язками, жорст-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

кість яких повинна забезпечувати близький до резонансу режим коливань. Амплітуда горизонтальних коливань площадки 0,4...0,8 мм, частота 45...50 Гц.

Серійні віброплощадки з горизонтальними коливаннями (СМЖ-164, СМЖ-198, СМЖ-280) за рівнем шуму та вібрації на робочих місцях лежать у межах санітарних норм, економічні за витратами енергії, але характеризуються нестабільним режимом коливань, що знижує їхню технологічну ефективність.

На підприємствах накопичено досвід формування з рухливих та литих сумішей виробів масою від 0,2 до 50 т, заввишки від 250 до 5000 мм і завдовжки до 16 м на віброплощадках з багатокомпонентними коливаннями (рис. 3.5.12, г). Амплітуда горизонтальних коливань площадки 0,6...0,8 мм, а вертикальних — 0,2...0,4 мм, частота коливань 24...25 Гц. Поєднання різноспрямованих амплітуд коливань дає змогу використати позитивну дію на бетонну суміш як звичайних вертикальних, так і горизонтальних коливань.

Використання віброплощадок з багатокомпонентними коливаннями розширює номенклатуру вироблюваних конструкцій, покращує умови праці (вібрації на робочому місці немає, рівень шуму — допустимий).

На ударних площадках (рис. 3.5.12, д) можна ефективно формувати вироби заввишки до 350 мм з малорухливих бетонних сумішей і з високою якістю лицьових поверхонь (зовнішні стінові панелі, огородження балконів та лоджій, сходові марші тощо).

Використовуючи форми з шліфованою поверхнею, а також склопластикові матриці, можна виготовляти вироби з рельєфною архітектурно виразною поверхнею та 100 %-ю заводською готовністю.

Процес ущільнення бетонної суміші рекомендується починати після укладання у форму шару суміші завтовшки 5 см. Якщо висота виробу 25...30 см, то вироби формують у два-три шари з безперервним розкладанням суміші у формі.

При об'ємному віброущільненні використовують також ударно-вібраційні площадки (рис. 3.5.12, є) для формування виробів заввишки до 1 м з малорухливих та жорстких бетонних сумішей. Вібраційні коливання таких площадок з амплітудою 0,4...1,0 мм спричинюють тиксотропне розрідження бетонної суміші, а удари з частотою 10...25 Гц ущільнюють бетонну суміш завдяки створенню зна-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

чних інерційних прискорень [$a_н$= (4...6)g]. Коливання в ударно-вібраційних площадках збуджуються або кривошипно-шатунним механізмом (рис. 3.5.12, є), або віброзбуджувачем загального призначення (рис. 3.5.12, є).

Основними технологічними параметрами процесу формування при об'ємному віброущільненні є амплітуда, частота та тривалість вібрування. Амплітуду й частоту вібраційного впливу призначають, виходячи з формувальних властивостей бетонної суміші та характеру вібрації.

Зовнішнє віброущільнення. Цей спосіб використовують при виготовленні з рухливих та малорухливих бетонних сумішей в стаціонарних формах таких конструкцій, як вентиляційні блоки, санітарно-технічні кабіни, об'ємні елементи, сходові марші, балки таврового та двотаврового перерізу тощо.

Стаціонарні одинарні віброформи оснащують навісними серійними зовнішніми вібраторами маятникового типу, які завдяки шарнірному кріпленню до стінок форми створюють коливання, перпендикулярні до стінки (рис. 3.5.13).

Крок встановлення вібраторів, см, по довжині бортів визначають за формулою

$$L_{МАКС} =\leq 30\sqrt{EI/(m_{б.ф}w^2)},$$

де E — модуль пружності матеріалу форми, МПа; I— момент інерції борта форми, см^4; $m_{б.ф}$ — маса борта форми, кг; w — кутова швидкість коливань віброзбуджувача, рад/с.

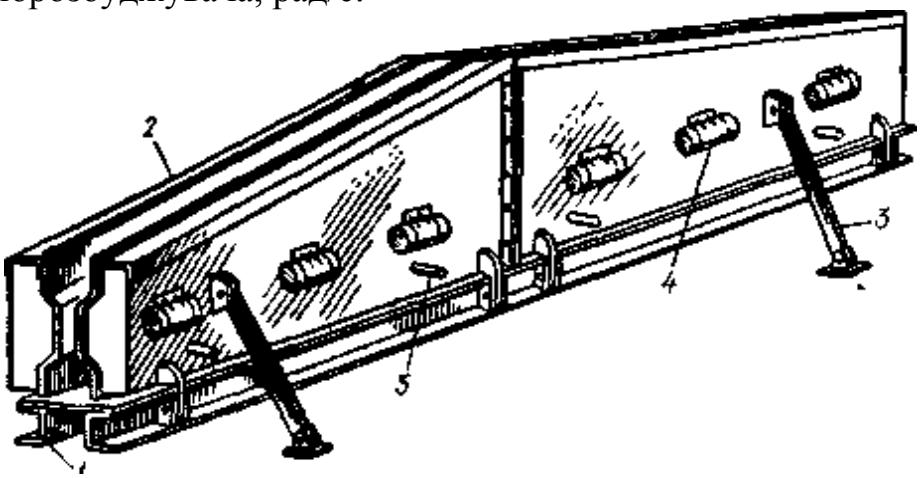


Рис. 3.5.13 Форма із зовнішніми вібраторами:
1 — піддон; 2 — поздовжній борт; 3 — важіль гідропривода; 4 — вібратори; 5 — патрубки для підведення пари

Національний університет
водного господарства
та природокористування

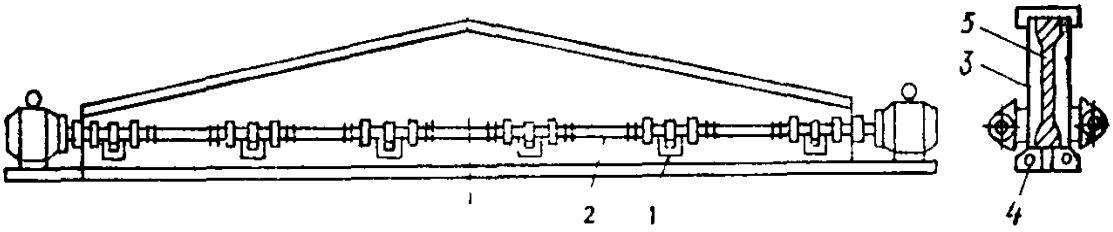


Рис. 3.5.14. Схема віброформи з дебалансними валами:
1 — віброзбуджувач; 2 — карданний вал, З — борт форми, 4 — піддон; 5 — виріб

За цією залежністю можна визначати відстані між дебалансними вібраторами одинарних віброформ з вібровалами, прикріпленими до ребер жорсткості (рис. 3.5.14).

Ущільнення бетонної суміші під час формування виробів у касетних формах досягається вібруванням розділювальних стінок, до торців яких прикріплюють по одному чи по два вібратори з кожного боку Оптимальний виліт консолі для кріплення вібратора 600...650 мм. При вертикальному розміщенні осі деба-лансу створюються напрямлені коливання у площині, перпендикулярній до розділювальної стінки, тому що вертикальна складова кругових коливань, яка проходить у площині самих розділювальних стінок, гаситься внаслідок великої жорсткості їх. При такому способі формування важко одержати рівномірну по всій площі розділювальної стінки амплітуду; вона змінюється від 0,25 до 0,5 мм. Має місце й відхилення за частотою коливань.

Аби підвищити інтенсивність вібрування, на середині верхньої кромки розділювального листа додатково встановлюють вібратор. Надійність роботи касетної установки підвищується, якщо вібратори включають на 2.. З хв з наступними перервами по 6...8 хв. З урахуванням цього слід планувати час подавання бетонної суміші у відсіки касети. Крім описаних використовують також касети з централізованим віброприводом, встановленим у вертикальному положенні з зовнішнього боку крайнього щита (рис. 3.5.15).

Зовнішнє віброущільнення реалізується також і в пересувних віброформах (рис. 3.5.16), що являють собою фрагмент бортового оснащення з вібраторами, який пересувається вздовж форми на крок, визначений зоною поширення коливань, достатніх для ущільнення суміші. Для запобігання обпливанню суміші за вібруючою частиною борта знаходиться невібруючий борт-стабілізатор.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

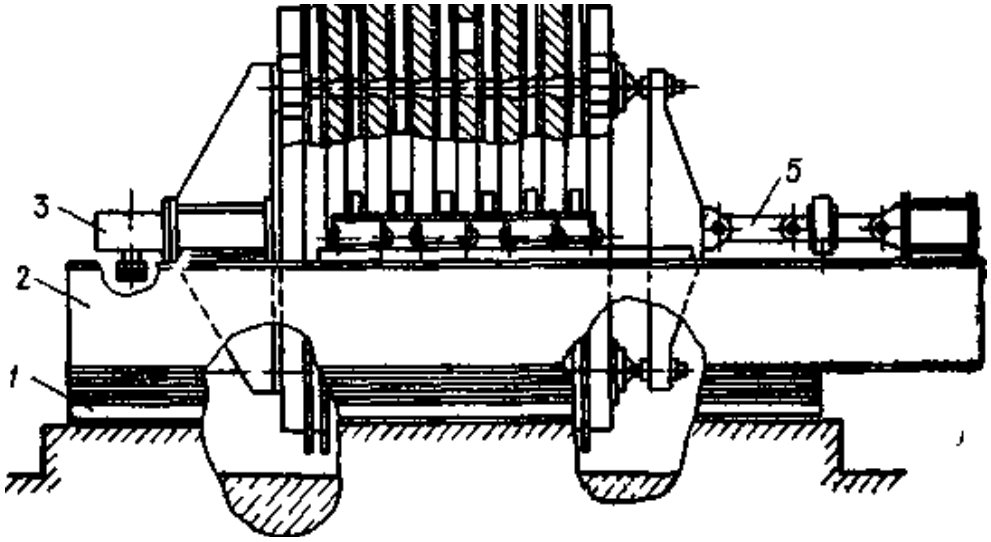


Рис 3.5.15. Касетна установка з централізованим віброприводом:
1 — пружна основа, 2 — розпірна рама; 3 — вібропривод; 4 — термощити, 5 — механізм розпалублення

Для формування конструкцій завтовшки 40...600 мм найдоцільнішими є нормальні гармонічні коливання частотою 50 Гц. Вироби складної форми, густо армовані, з товщиною стінки менш як 80 мм вібрують з частотою 75 Гц. Амплітуду коливань призначають залежно від товщини стінки та консистенції бетонної суміші.

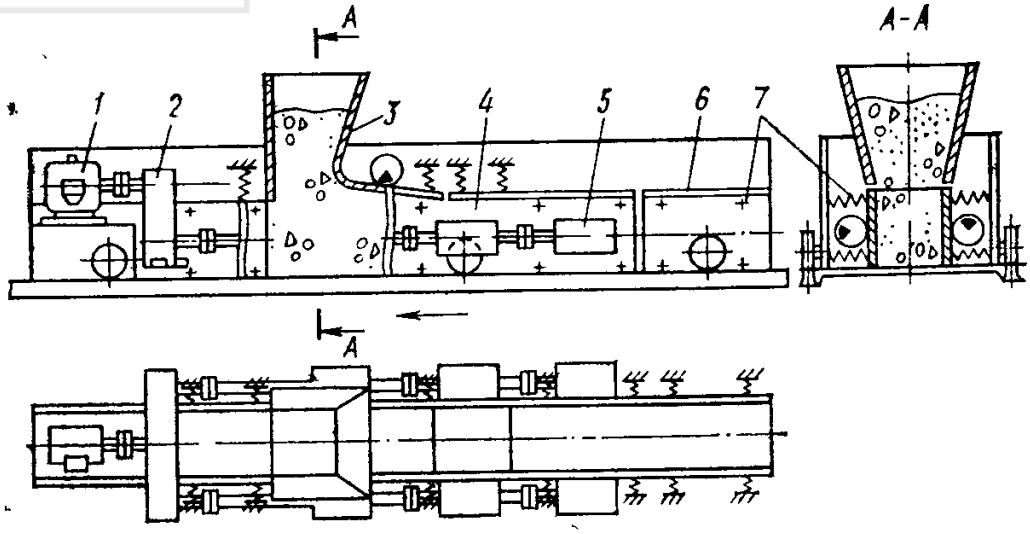


Рис. 3.5.16. Пересувна віброформа
1— електродвигун: 2 — синхронізатор, 3 — бункер; 4 — вібросекції, 5 — віброблоки; 6 — стабілізатори; 7 — пружинні підвіски

Поверхневе віброущільнення використовується при виготовленні плоских та криволінійних конструкцій і характеризується високим ступенем механізації процесу. Укладають і ущільнюють

Національний університет
водного господарства
та природокористування

бетонну суміш пересувними вібропротягувальними пристроями, які на ділянці відкритої поверхні виробу створюють нормальні коливання з одночасним переміщенням формувального робочого органу чи форми. Для формування плоских конструкцій завтовшки 140...330 мм призначено вібропротягувальний орган, який складається з вібруючого бункера з приєднаною до нього віброформувальною поверхнею і стабілізуючої опалубки, що щільно прилягає до свіжо відформованого виробу (рис. 3.5.17, а). Бетонну суміш жорсткістю 5...10 с ущільнюють поверхневою вібрацією при амплітуді 0,2...0,4 мм і частоті 66 . 75 Гц.

Вібропротягувальні пристрої можна використовувати при горизонтальному, вертикальному та похилбму формуванні. Вертикальну схему застосовують для виготовлення виробів у пересувних щитах (рис. 3.5.17, б). З вібруючого бункера у порожнину між нерухомою вертикальною стінкою і формооснащенням, яке поступово знижується, безперервно подають бетонну суміш жорсткістю 8... 15 м, заповнюючи весь об'єм виробу. Конструкція може формуватися як з одного, так із двох боків формооснащення.

Цей принцип виготовлення використовують і при безперервному формуванні об'ємних блоків та труб (рис.3.5.18).

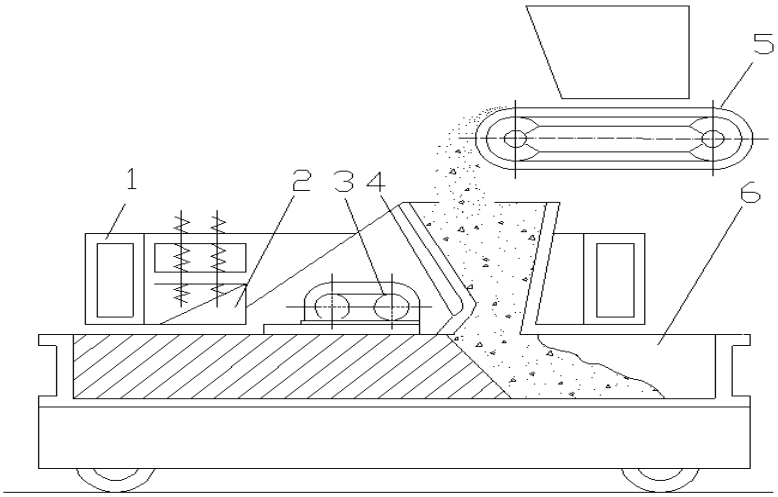


Рис.3.5.17,а. Вібропротя-гувальне устаткування для формування плоских конструкцій:
1 – рама; 2 – стабілізатор; 3 –- віброблок; 4 – вібронасадка; 5 – стрічковий живильник; 6 – фома.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

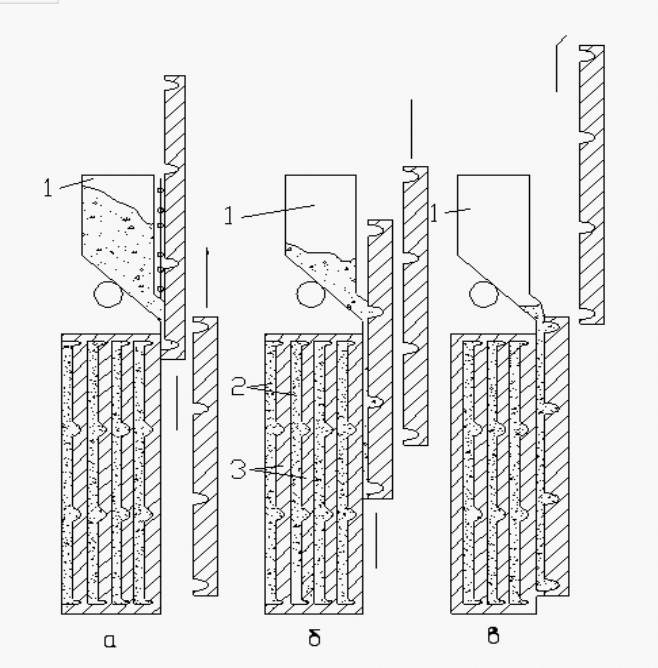


Рис. 3.5.17, б. Схема виготовлення виробів способом пресувальних щитів:

а – подання щита на формувальний пост;

б – формування;

в – зєднання щита з паркетом;

1 – формувальний бункер;

2 – відформовані вироби;

3 – пересувні розподільні щити.

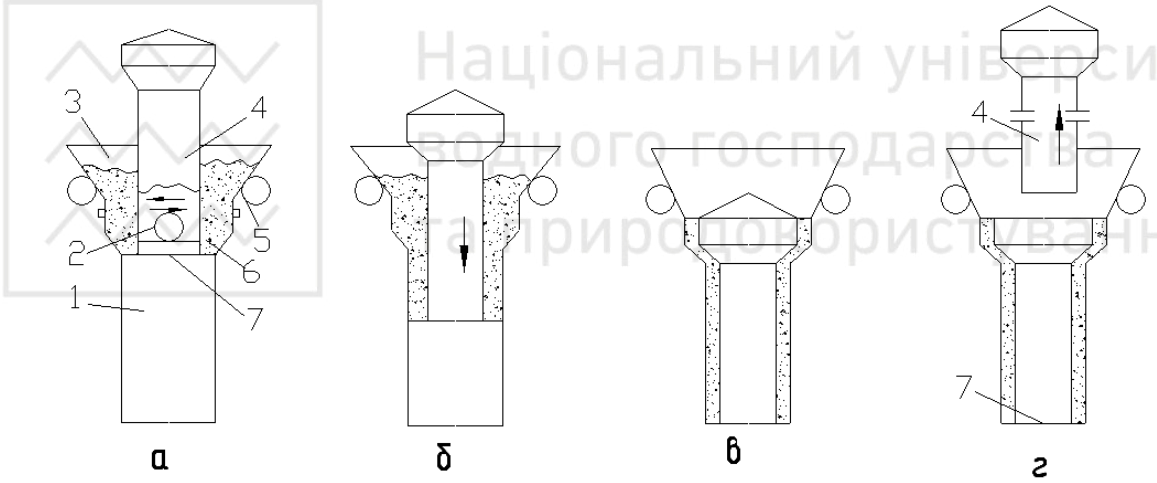


Рис. 3.5.18. Послідовність формування труби вібропротягувальний способом:

а — формування розтруба, б — формування стійок труби; в — завершення формування труби, є — видалення віброосердя, 1—форма; 2 — вібратор осердя; 3 — вібролійка, 4 — вібро-осердя; 5 — вібратори; 6 — бетонна суміш, 7 — кільцевий піддон.

Для виготовлення попередньо-напружених гіперболічних оболонок розмірами 3Х24 і 3Х6 м у НДІБК м Києва розроблено машину МОГ (рис. 3.5.19), основним формувальним органом якої є пересувний віброблок. Бетонна суміш, яка подається з бункера по стрічковому живильнику, при переміщенні машини укладається на поверхню матриці. Засувка задньої стінки бункера регулює товщину шару суміші з урахуванням припуску на ущільнення, яке виконують

Національний університет
водного господарства
та природокористування

віброшаблоном, що має форму поперечного профілю оболонки. Другий бункер машини укладає бетонну суміш у середнє поздовжнє ребро. Робоча швидкість машини 0,25... 1,00 м/хв.

Принцип дії вібропротягувального пристрою застосовано у роботі обладнання фірми «Макс-Рот» (ФРН) для пошарового ущільнення бетонної суміші під час формування порожнинних настилів та тришарових панелей (рис. 3.5.20).

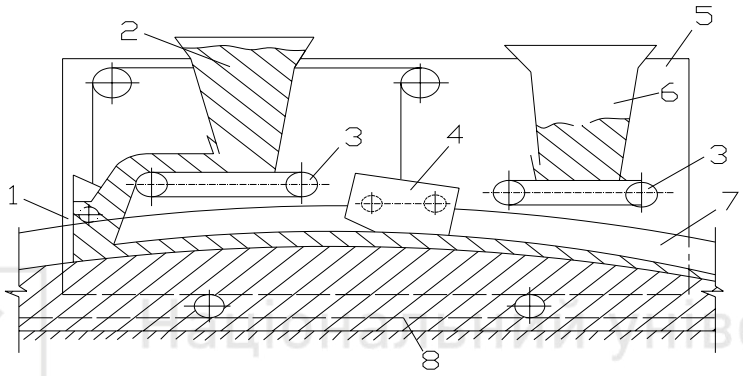


Рис. 3.5.19. Схема машини типу МОГ

1 — розподільний бункер; 2 — основний бункер; 3 —стрічковий живильник; 4 — віброшаблон; 5 — рама машини; 6 — бункер для бетону середнього поздовжнього ребра; 7 —матриця; 8 —колія

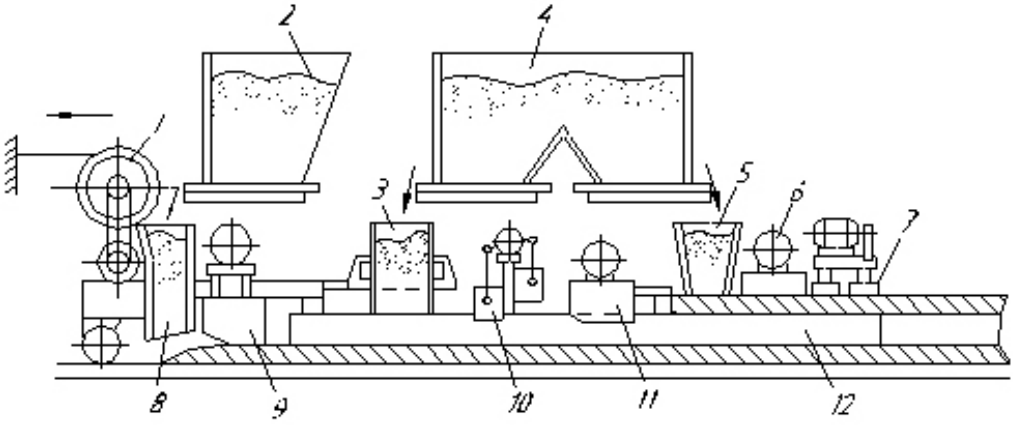


Рис. 3.5.20. Схема агрегата фірми «Макс-Рот» з вібропротягувальним органом для триетапного формування

1—електролебідка; 2— бункер для першого етапу формування, 3, 5, 8 — бункери — накопичувачі суміші; 4— бункер з затворами для другого і третього етапів формування, 6 , 9, 11 — вібропротягувальні пристрої відповідно для першого, другого та третього етапів формування; 10 — трамбівка, 12 — порожнино утворювач

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Поверхневе віброущільнення при безперервному формуванні дає змогу скоротити метало- і формомісткість виробництва у 2—З рази. Оскільки немає ручних операцій, то знижується трудомісткість та поліпшуються умови праці. Порівняно з об'ємним віброущільненням спосіб має меншу універсальність.

Внутрішнє віброущільнення. При внутрішньому, або глибинному, віброущільненні робочий орган машини переміщується безпосередньо в масиві бетонної суміші, ущільнюючи її зсередини. Вібруючі робочі органи можуть виконувати не тільки ущільнення (глибинні вібратори, віброгребінки), а також поєднувати функції ущільнення та формоутворення (віброосердя, вібропуансони).

Для виготовлення багатопорожнинних панелей перекриттів використовують установку СМЖ-227 (рис. 3.5.21), яка складається з 8 вібровкладишів з механізмами для введення та виведення їх.

Внутрішнє віброущільнення доцільне при формуванні виробів •з бетонних сумішей рухливістю 1...6 см. Коливання глибинних віброзбуджувачів або вібровкладишів повинні мати складову, напрямлену по нормалі до контактної поверхні бетонної суміші. Частота коливань від 50 до 100 Гц.

Зона ущільнення для циліндричних віброзбуджувачів визначається радіусом дії R= (4...5) сі, для площинних віброзбуджувачів — дальністю дії D= (1,5...2,0)b, де d — діаметр робочого органу, см; b — ширина робочого органу, см.

Передача віброімпульсів безпосередньо бетонній суміші дає змогу знизити енерговитрати порівняно з об'ємним та зовнішнім віброущільненням.

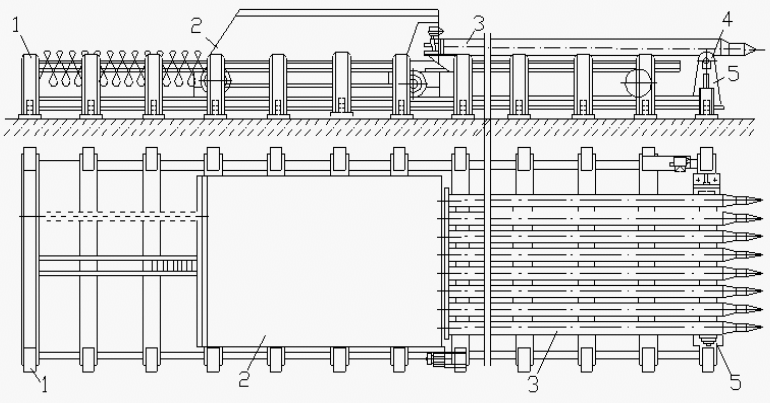


Рис.3.5.21. Формувальна машина СМЖ-227:
1 – станини;
2 – каретка;
З – вібровкладиші;
4 – ролики;
5 – опорна стойка.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3.5.4. Вібропресування

Комбінований вплив на бетонну суміш вібрації та тиску дає можливість формувати вироби з жорстких бетонних сумішей, одержувати профільовані верхні поверхні виробів.

Під час вібропресування вібрування повинно передувати пресуванню, тому що при поєднанні цих дій у часі структурні зв'язки, які зміцнюються під тиском, перешкоджають збудженню власних коливань часток твердої фази і зводять нанівець ефект вібрації.

Для ущільнення бетонної суміші вібропресуванням без руйнування зерен заповнювача необхідно, щоб цементне тісто у суміші займало більший об'єм, ніж це потрібно для звичайного бетону щільної структури.

Вібрування з привантаженням. Застосування поверхневого при-вантаження під час формування виробів на віброплощадках підвищує ефективність ущільнення бетонної суміші, приблизно вдвічі скорочує тривалість ущільнення, сприяє утворенню гладкої поверхні виробів.

Привантаження можуть бути інерційними, тобто такими, які створюють тиск на бетонну суміш за рахунок власної ваги, що бере участь у коливаннях системи (рис. 3.5.22), та безінерційними, в яких тиск на бетонну суміш створює додаткова вага, що не бере участі в коливаннях системи. Якщо привантаження використовують тільки для вирівнювання поверхні, то потрібен статичний тиск 0,001...0,002 МПа. Якщо ж привантаження застосовують у поєднанні з напрямленими коливаннями віброплощадки для підвищення щільності формованої бетонної суміші, то тиск має бути 0,002... 0,004 МПа.

Віброштампування. Особливістю віброштампування є поєднання в одному робочому органі функцій віброущільнення, привантаження й формоутворення. Використовують цей спосіб формування для виготовлення виробів з плоскою або рельєфною зовнішньою поверхнею з жорстких бетонних сумішей.

Формування віброштампуванням здійснюється під час дії робочого органу на всю площу виробу з використанням поверхневих вібромашин повного впливу (рис. 3.5.23). У форму укладають і розрівнюють точну дозу бетонної суміші та встановлюють притискне оснащення. Потім робочий орган преса чи штампа опускають на

Національний університет
водного господарства
та природокористування

бетонну суміш, вібрують її і приводять у стан тиксотропного розрідження. У міру опускання віброштампа на потрібну глибину бетонна суміш ущільнюється під дією вібрації та тиску і набуває заданої форми. Вібропреси застосовують для формування виробів простої конфігурації, а фіброштампи — для виробів з профільованою поверхнею.

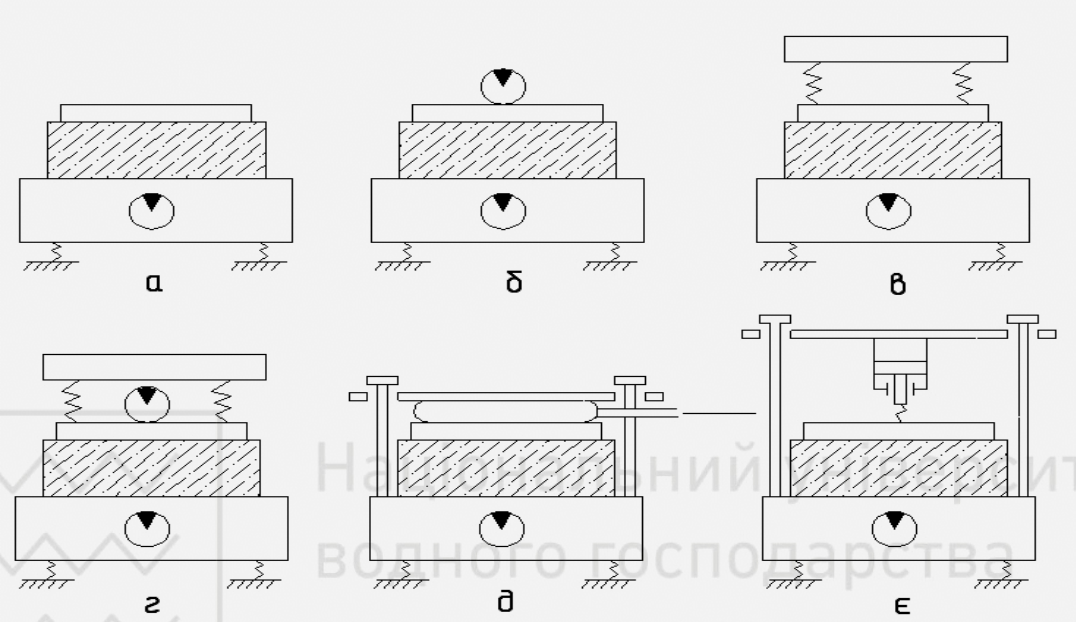


Рис. 3.5.22. Види привантажень:

а — інерційне; б — інерційне з автономним віброзбуджувачем; в — безінерційне; г — безінерційне з автономним віброзбуджувачем; д — безінерційне з пневматичною подушкою; є —безінерційне з гідро- та пневмоциліндрами

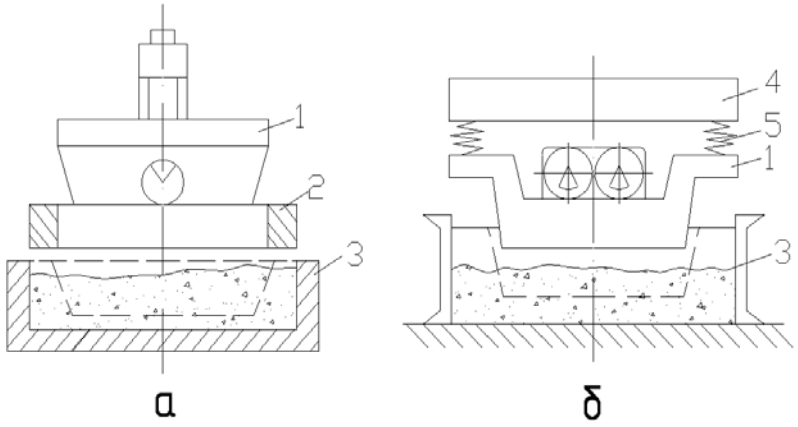


Рис. 3.5.23. Схеми віброштампування бетонної суміші:

а — одномасним віброштам-пом; б — двомасним вібро-штампом; 1— віброштамп, 2 — на обмежувальна рама; 3 — бортове оснащення; 4 — безінерційне привантаження; 5 — ресора.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Потрібний тиск на реалізується інерційними та безінерційними пристроями. Ущільнення буде ефективним, якщо відношення маси штампа і статичного привантаження на нього до величини вимушених коливань збурюючої сили віброзбуджувача становитиме 0,4...0,5.

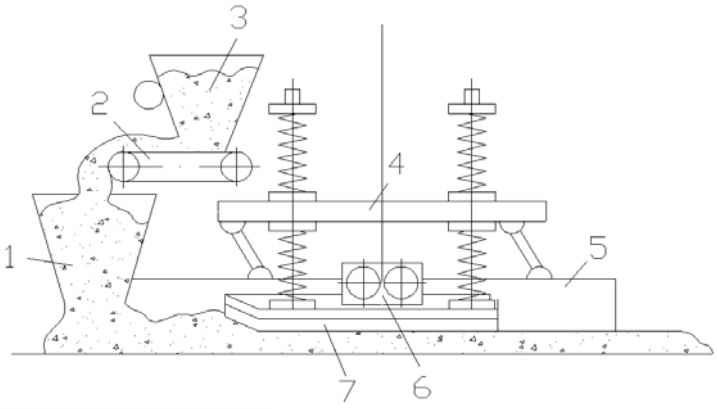


Рис. 3.5.24 Схема ковзного віброштампа:
1– роздавальний бункер;
2 – стрічковий живильника;
3 – вібробункер;
4 – привантажувальна рама;
5 – балка порталу;
6 – вібратор;
7 – формувальна плита

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Зусилля, потрібне для відриву віброштампа від поверхні виробу, визначають з розрахунку 2,5 кН на 1 м^2 поверхні. Для зменшення зусилля відриву в окремих випадках застосовують прокладку з бавовняної тканини, вдування під штамп стиснутого повітря і т. ін.

Віброштампи можуть бути стаціонарними, пересувними та переносними. Виготовляють їх як нестандартизоване обладнання.

Ковзне віброштампування застосовують для формування плоских та криволінійних залізобетонних і армоцементних виробів із жорстких бетонних сумішей. Здійснюють ковзне віброштампування машинами послідовної дії, в яких вібруючий штамп, пересуваючись вздовж відкритої частини виробу, ущільнює бетонну суміш і при потребі профілює поверхні (рис. 3.5.24). У ковзних віброштампах, як і у вібропротяжних машинах, бетонну суміш можна подавати й розкладати або розсипчастим шаром (перший тип), або попередньо ущільненим шаром з вібронасадки (другий тип).

Рекомендований тиск на бетонну суміш 0,005...0,008 МПа. Амплітуда та частота коливань призначаються залежно від показника жорсткості бетонної суміші. Кут нахилу віброштампа в напрямку руху 3,5°. Геометричні характеристики бункерів ковзних віброштампів залежать від товщини формованого виробу та жорсткості бетонної суміші

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Метод ущільнення жорстких бетонних сумішей, що базується на використанні кутових коливань частотою 8...25 Гц при амплітуді 3...5 мм у поєднанні з гравітаційним привантаженням, яке створює тиск 0,6...0,9 МПа представлений на рис.3.5.25. Однорідна структура бетону формується за рахунок градієнта динамічного тиску.

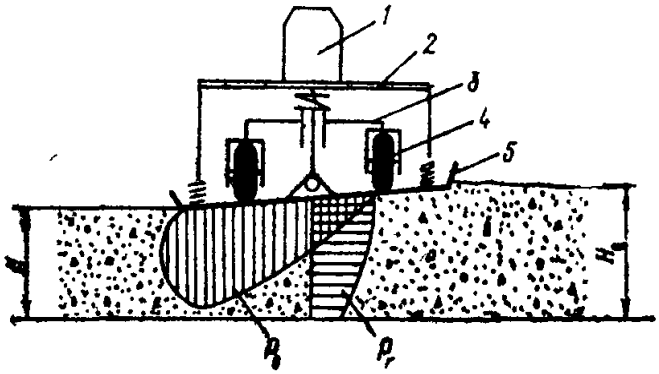


Рис. 3.5.25. Схема установки послідовної дії з кутовими коливаннями:
1 – електропривод; 2 – рама; 3 – Г-подібні кронштейни; 4 – ролики; 5 – робоча плита

Постійна дія статичного при-вантаження при знакозмінних горизонтальних та вертикальних динамічних напруженнях зумовлює турбулентний рух шарів та часток, що сприяє інтенсивному ущільненню бетонної суміші з мінімальними енергетичними витратами. За рахунок різної висоти опор роликів, розміщених на Г-подібних кронштейнах, створюється амплітуда кутових зміщень робочої плити відносно шарнірного з'єднання її з центральною опорою.

Вібропрокатування — це метод формування виробів на формувальній стрічці стана, яка безперервно рухається, його використовують для виготовлення панелей внутрішніх стін, перекриттів та покриттів, а також зовнішніх стінових панелей. На ділянці формування стана плужком виконується рівномірне розподілення бетонної суміші по ширині стрічки у межах бортового оснащення, при цьому плужок здійснює зворотно-поступальний рух упоперек стрічки (рис. 3.22).Бетонна суміш ущільнюється за допомогою вібробалки, установленої під формувальною стрічкою. Вібробалка – це жорстка зварна металева конструкція завширшки ЗО...40 см на пружних опорах, до яких знизу прикріплено вібратор, що створює коливання частотою 75 Гц і амплітудою 0,4 см. Додаткове вирівнювання поверхні здійснюється фрезою, а калібрування товщини виробу – за допомогою калібрувального пристрою.

Вібропрокатий метод формування запропонований інженером М. Я- Козловим більш як 30 років тому. Конструкція вібропрокатного

Національний університет
водного господарства
та природокористування

стана і технологія виготовлення на ньому виробів безперервно вдосконалюється. Ведеться пошук зниження високих витрат цементу марок 500.. 600, пов'язаних з форсованими режимами теплової обробки виробів.

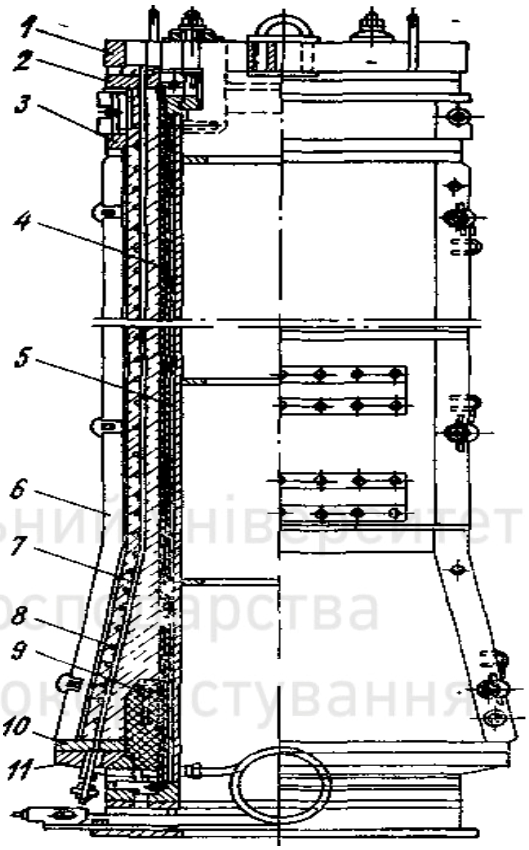


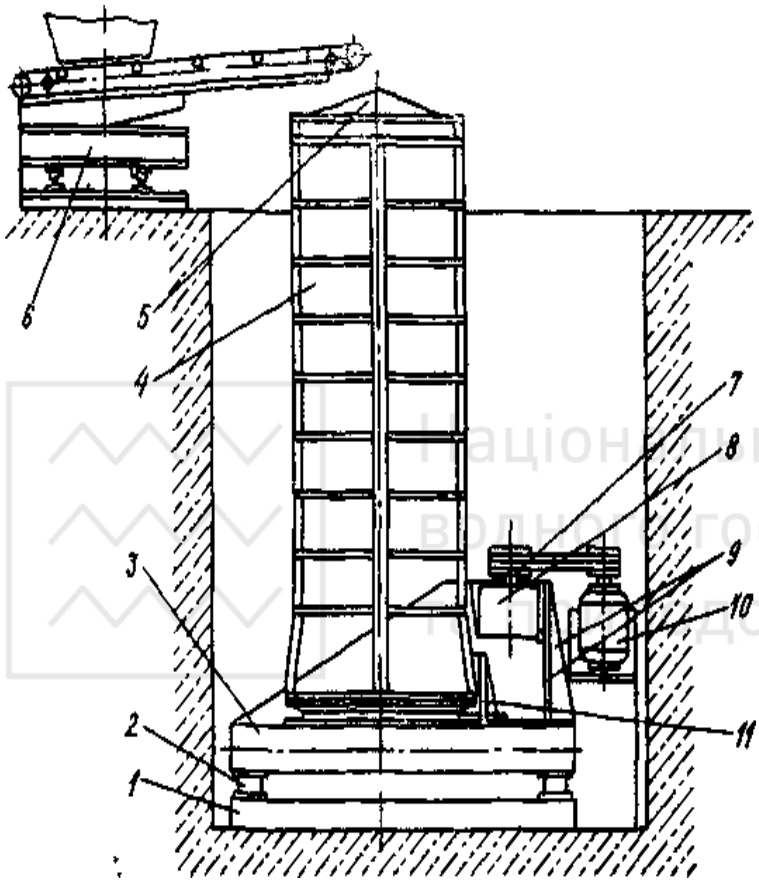
Рис. 3.5.26. Форма для виготовлення віброгідропресованих труб:

1 — ущільнювальне кільце,
2 — верхнє анкерне кільце,
3 — калібрувальне кільце,
4 — гумовий чохол,
5 — внутрішня форма,
6 — зовнішня форма,
7 — поздовжня ар матура,
8 — спіральна арматура,
9 — гумовий розтрубоутворювач
10 — нижнє анкерне кільце,
11 — ущільнювальна втулка

Віброгідропресування — ефек-тивний спосіб формування напірних залізобетонних труб діаметром 500... 1600 мм, завдовжки 5 м, розроблений шведською фірмою «Сентаб». Труби формують у вертикальному положенні (рис 3.5.26). У форму, яка складається з зовнішнього кожуха та внутрішнього осердя, шнековим бетоноукладачем за допомогою конуса-розподільника та лійки подають бетонну суміш. Зовнішній кожух «для труб малих діаметрів складається з двох півформ, а для великих діаметрів — з чотирьох сегментів, обладнаних фланцями та тарованими болтами для з'єднання. Осердя — це металевий циліндр, на якому міститься перфорований металевий циліндр та гумовий чохол. Укладання та початкове ущільнення бетонної суміші відбувається під дією вібрації. Для труб діаметром до 700 мм використовують навісні пневматичні вібратори, для труб більших діаметрів доцільно використовувати віброплощадки з багатокомпонентними коливаннями вантажністю 25...27 т. Вібрація при

Національний університет
водного господарства
та природокористування

цьому поширюється не тільки через зовнішній кожух та поздовжню напружену арматуру, закріплену на опорних кільцях зовнішньої форми, а й через внутрішнє осердя Це дає змогу повністю витиснути втягнуте повітря й одержати рівномірну та щільну структуру бетону (рис. 3.5.27).



3.5.27. Схема формування труби на віброплощадці з багатокомпонентними коливаннями:
1 – нерухома рама,
2 – пружні опори,
3 – рухома рама,
4 – форма з бетонною сумішшю,
5 – розподільний конус,
6 – бетоноукладач із стрічковим живильником,
7 – клинопасова передача,
8 – корпус блока віброзбуджувача,
9 – взаємно перпендикулярні вертикальні стінки,
10 – електродвигун,
11 – упори на площадці

Хороші результати дає використання суперпластифікаторів, які тимчасово розріджують бетонну суміш і значно полегшують її укладання.

Є позитивний досвід застосування вібруючого осердя з круговими коливаннями у горизонтальній площині, розробленого у ВНДІЗалізобетону. Віброосердя (рис. 3.5.28) — це три секції дебалансних валів. Клинами, що мають привод від гідроциліндра, віброосердя притискується до опорних бандажів внутрішньої форми і передає через неї коливання бетонній суміші. Амплітуда коливань 0,5 . 0,8 мм, частота 50 Гц.

Тривалість першої стадії формування труби на багатокомпонентних віброплощадках та віброосердях у 3 рази менша, ніж при використанні навісних вібраторів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

На другій стадії ущільнення, форма переміщується на пост гідропресування, де в порожнину між суцільним та перфорованими циліндрами внутрішньої форми подається гаряча вода. За 30 хв тиск води досягає 3,0...3,5 МПа. Вода крізь отвори у перфорованому осерді досягає гумового чохла, розтягує його і таким чином створює пресуючий тиск на бетонну суміш. Наведене значення тиску забезпечує всебічне обтискування бетонної суміші з видаленням з неї 12...15 % води. Тиск підтримується протягом 5...7 год., доки бетон не досягне проектної міцності. Одночасно з пресуванням здійснюється теплова обробка.

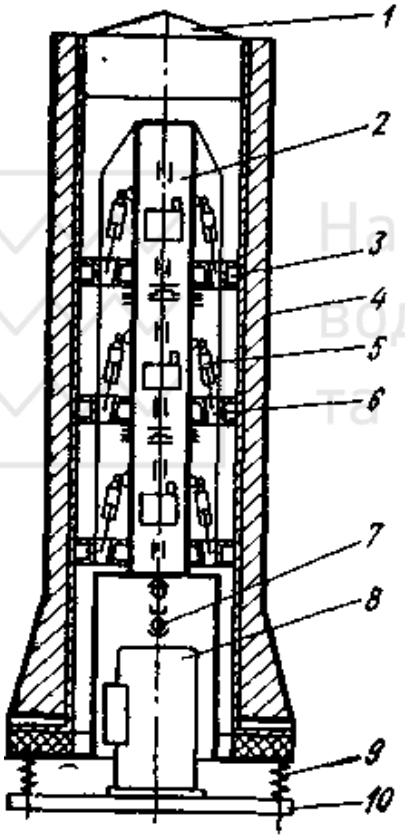


Рис. 3.5.28. Віброосердя для формування напірних віброгідропресованих труб:

1 — завантажувальний конус;
2— вібровал;
3 — опор ний бандаж;
4 — форма;
5 — гідроциліндр;
6 — кулачкові затискачі;
7 — карданний вал;
8 — електродвигун;
9 — опорні пружини;
10 — фундамент

Віброекструзія — це спосіб формування виробів, який базується на одночасному впливі вібрації та пресування при нагнітанні бетонної суміші (рис. 3.5.29). Робочими органами віброекструдера є циліндричні порожниноутворювачі, в передній частині яких розміщено шнеки, що поступово переходять у циліндричну форму. Всередині порожниноутворювачів розміщено вібратори. Закінчується порожниноутворювач стабілізуючим наконечником. Бетонна суміш захоплюється шнеками і подається до камери пресування віброекс-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

трудера, яка створюється верхнім віброщитом, стабілізуючою плитою та елементами бортового оснащення, змонтованого на рамі агрегату. Нові порції нагніченої бетонної суміші впресовуються у відформовану частину виробу, а реактивна сила, яка виникає при цьому, відштовхує агрегат, забезпечуючи самохідність машини та автоматичне регулювання якості ущільнення.

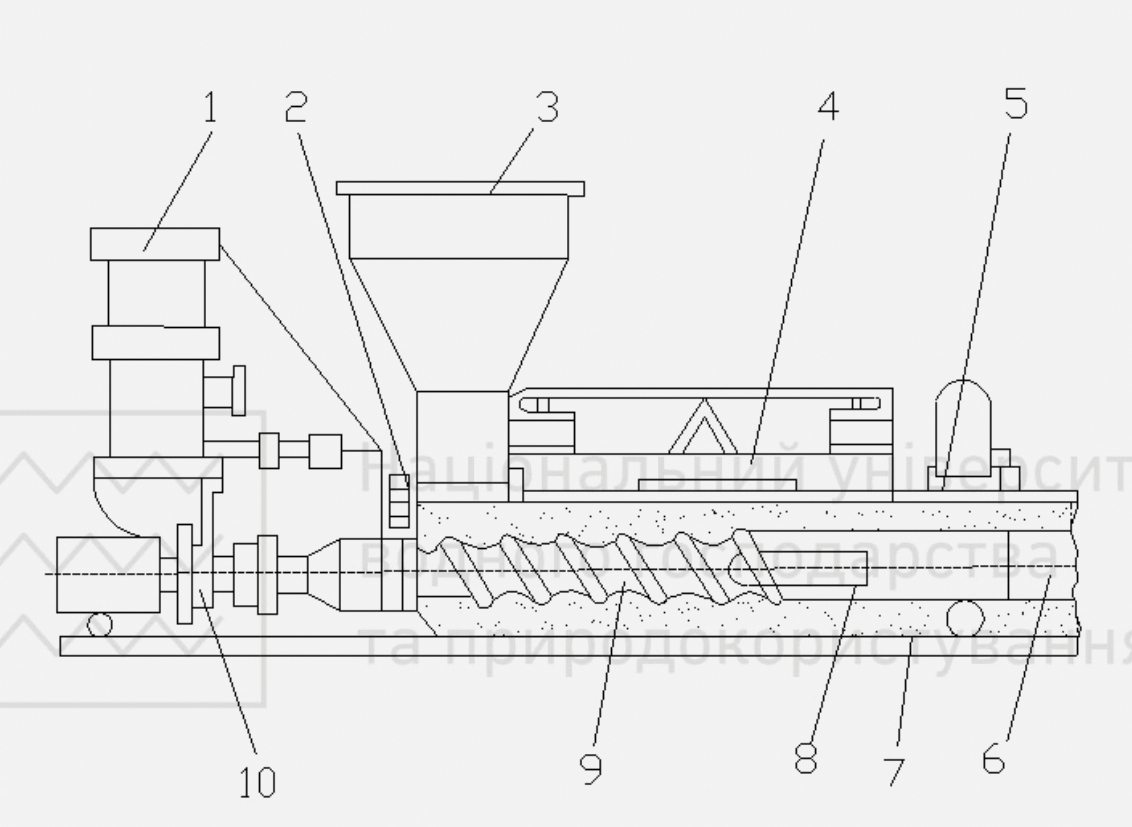


Рис. 3.5.29. Схема віброекструдера:
1 — привод шнека; 2 — пристрій для подавання поперечної арматури; 3 — бункер; 4 — віброплита; 5 — стабілізуюча плита; 6 — стабілізуючий наконечник; 7 — рейки; 8 — вібратор пуансона; 9 — шнеки; 10 — привод вібраторів шнеків, оскільки міцність свіжо відформованого бетону досягає 0,3...0,4 МПа.

Товщина відформованого шару бетону 400 мм, міцність бетону 60 МПа при витраті цементу 400...420 кг/м^3. Застосування віброекструзійного методу формування залізобетонних виробів створює можливість повністю механізувати процес, а також знизити формомісткість виробництва.

Формування з вакуумуванням. Вакуумування полягає у відтискуванні з суміші надмірної води та повітря. Вібровакуумування. Суть процесу вібровакуумування полягає в тому, що укладена у фо-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

рму бетонна суміш, попередньо ущільнена, зазнає впливу вакуумних пристроїв, розміщених на поверхні бетону чи введених в його середину. При цьому в порожнинах вакуум-пристроїв створюється розрідження; внаслідок різниці тисків з бетонної суміші відсмоктуються вода, пароповітряна суміш та повітря. Одночасно під дією атмосферного тиску повітря бетонна •суміш ущільнюється. Вакуумування дає змогу видалити з бетону до 20 % об'єму води замішування і 80 % повітря.

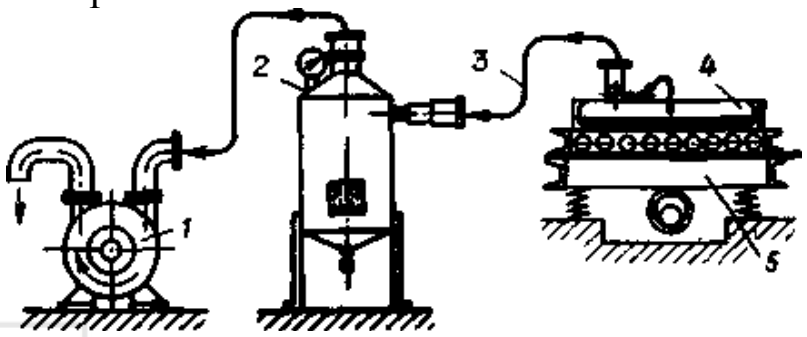


Рис. 3.5.30. Схема вібровакуумної установки:
1 — вакуум-насос; 2 — повітрозбірник; 3 — всмоктувальний рукав; 4 — вакуум-щит; 5 — віброплощадка

Для створення вакууму застосовують вакуум-установку (рис. 3.5.30), основним елементом якої є вакуум-щит, що складається з повітронепроникної коробки та робочої поверхні, що прилягає до бетону. Вакуум-порожнина щита створюється двома рядами дротяної сітки, на яку натягнуто фільтрувальну тканину.

Міцність вібровакуумованого бетону через два-три дні на 40...60 % вища за міцність віброваного бетону, що дозволяє здійснювати часткове розпалублення негайно після формування.

Тривалість вакуумування залежить від ступеня розрідження повітря у вакуум-порожнині (як правило, у межах 65 % атмосферного тиску), товщини шару бетону, виду цементу та інших факторів. При товщині ущільнюваного шару бетону 5 см вакуумування триває 3...4 хв.

Пресвакуумування — це безвібраційний спосіб формування виробів. Він полягає в тому, що пластичну бетонну суміш під час формування подають у закриту фільтраційну порожнину, де піддають вакуумуванню протягом 1 хв та дії пресувального тиску в межах 0,1...1,5 МПа. Оброблена таким чином бетонна суміш збезвод-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

нюється на 25...30 % і набуває таких деформатив-них властивостей та міцності, що виріб можна розпалублювати через 20...30 хв.

Вібровакуумпресування. Ефективність формування виробів з рухливих бетонних сумішей підвищується при комбінованій дії вібрації, пресувального тиску та вакуумування.

Під час формування виробів вібровакуумпресуванням форму з перфорованим піддоном, на якому укладено фільтрувальну тканину, заповнюють бетонною сумішшю, накривають металевим листом і подають у прес-вакуум-камері на віброплощадку Під час вібрування на бетонну суміш через верхній металевий лист діє стиснуте повітря, створюючи пресувальний тиск, а знизу, через вакуум-камеру, відсмоктуються затиснуте повітря й надмірна вода.

Плитні вироби, що формуються вібровакуумпресуванням, можна негайно розпалублювати.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3.5.5. Відцентрове формування. Контроль процесу формування

Відцентрове формування. Суть відцентрового формування та ущільнення полягає в тому, що при обертанні форми з рівномірно розподіленою в ній бетонною сумішшю навколо нерухомої осі з визначеною швидкістю в системі виникає відцентровий пресувальний тиск, під впливом якого з цементного тіста відтискується рідина з суспензваними в ній тонко-дисперсними фракціями. Одночасно зближуються грубіші частинки бетонної суміші. Підвищення однорідності структури центрифугованого бетону досягається пошаровим (у 2—3 шари) ущільненням бетонної суміші.

Центрифугування ефективно використовують для виготовлення напірних та безнапірних труб, опор ліній електропередач, колон, стояків та інших конструкцій кільцевого перерізу.

Основним обладнанням для формування центрифугуванням є роликові, пасові та осьові центрифуги (рис. 3.5.31).

Форми для центрифугованих виробів виготовляють з високоміцної сталі, оскільки під час ущільнення бетонної суміші лінійні швидкості на ободі форми досягають 40 м/с. Форми можуть бути нерознімними та рознімними — з двох пів-форм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Звичайно число обертів форми під час завантаження бетонної суміші для труб діаметром 500 мм становить 85 об/хв. Тривалість розподілу бетонної суміші у формі не перевищує 8 хв. Частота обертання центрифуги під час ущільнення бетонної суміші становить 400...900 об/хв і триває приблизно 12 хв. Загальний цикл формування, включаючи встановлення форми на центрифугу, завантаження бетонної суміші та її розподіл, а також ущільнення, зливання шламу та зняття форми з центрифуги, становить від 25 до 90 хв.

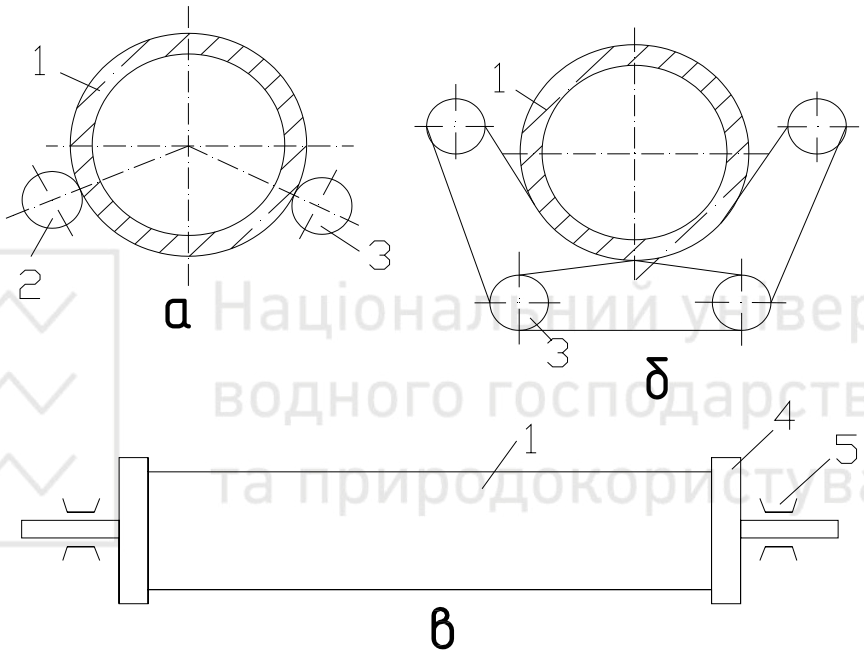


Рис. 3.5.31 Схеми центрифуг:
а — роликової; б — пасової; в — осьової;
1 — форма з бетонною сумішшю, 2— опорний ролик, 3 — приводний ролик, 4 — план-шайба, 5 —опорні підшипники

Відцентрове прокатування застосовують для виробництва низьконапірних та напірних труб завдовжки 5 м і діаметром 1200... 3000 мм. Відцентрова сила при відцентровому прокатуванні рівномірно розподіляє бетонну суміш; її участь в ущільненні незначна. Стінка труби формується прокатуванням бетонної суміші, що знаходиться між обертовим валом прокатної машини і формою (рис. 3.5.32).

Для відцентрового прокатування труб використовують бетонну суміш з В/Ц=0,3, витрати цементу М400 становлять 375...450 кг/м^3 для бетону класу В 50. У зарубіжній практиці застосовують комбінований спосіб центрифугування ЦЕН-ВІ-РО, в якому одночасно з

Національний університет
водного господарства
та природокористування

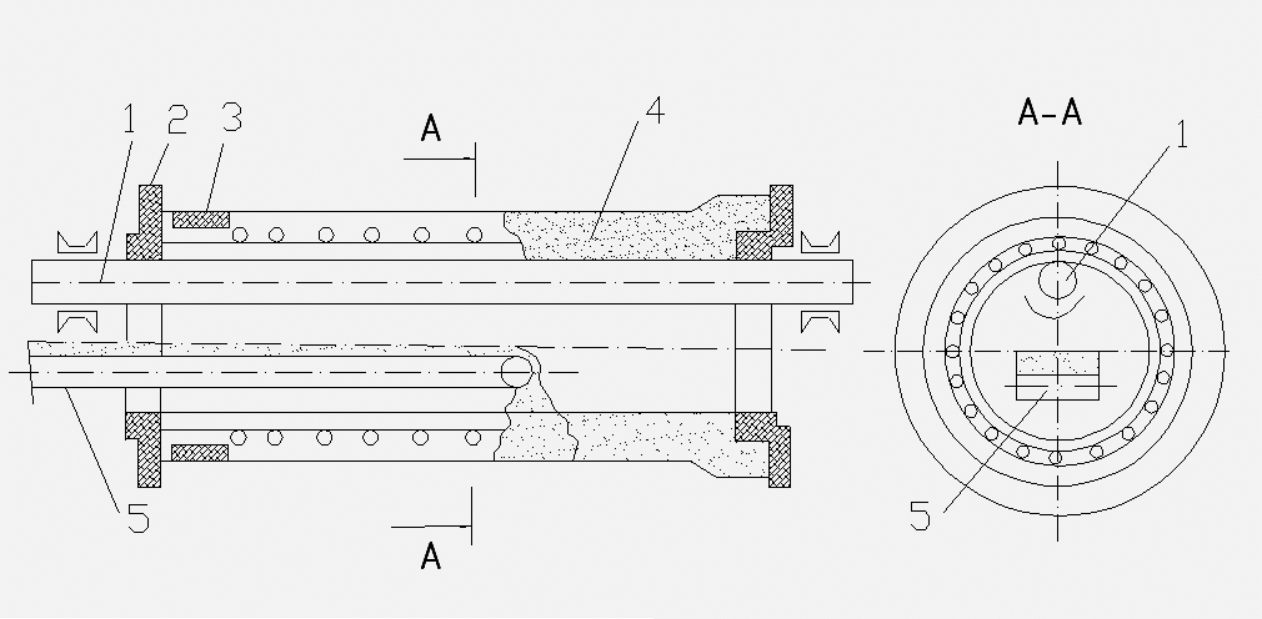


Рис. 3.5.32. Схема установки для відцентрового прокатування:
1 – вал, 2 – торцева шайба, 3 – втулкове кільце; 4 – відформована частина труби, 5 – стрічковий живильник

Рис. 3.5.33. Схема установки ЦЕН-В1-РО:
1– привод ведучих роликів, 2 – пневматичні опорні ролики, 3 – пресувальний коток; 4 – форма; 5– притискні ролики; 6 – ролик вібробалки 7

обертанням створюється вібраційний та пресувальвий вплив на внутрішню поверхню труби. Вібрацію здійснюють чотири вібратори, розміщені на однаковій відстані один від одного на зовнішньому боці форми (рис. 3.5.33). Вібратори притискуються до форми гідравлічними пристроями. Бетонна суміш при цьому додатково ущільнюється і набуває більш щільної та рівномірної структури, що підвищує водонепроникність бетону. Завершується формування укочуванням внутрішньої поверхні труби важким котком діаметром 200... 250 мм при повільному обертанні труби.

Торкретування бетонної суміші. Торкретуванням називають спосіб формування залізобетонних виробів, при якому бетонна суміш ущільнюється при нанесенні її на поверхню форми силою пневматичної або механічної дії. Торкретбетон характеризується високою міцністю, щільністю, водонепроникністю і застосовується для виготовлення армоцементних конструкцій, а також для одержання водонепроникного шару, який захищає напружену спіральну арма-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

туру при виготовленні напірних труб. Використовують торкретбетон і для одержання фактурного шару зовнішніх стінових панелей та для виправлення дефектів при виготовленні конструкцій із залізобетону.

Установка для торкретування (рис. 3.5.34) складається з "цемент-гармати", компресора, бака для води, повітроочищувача та шлангів

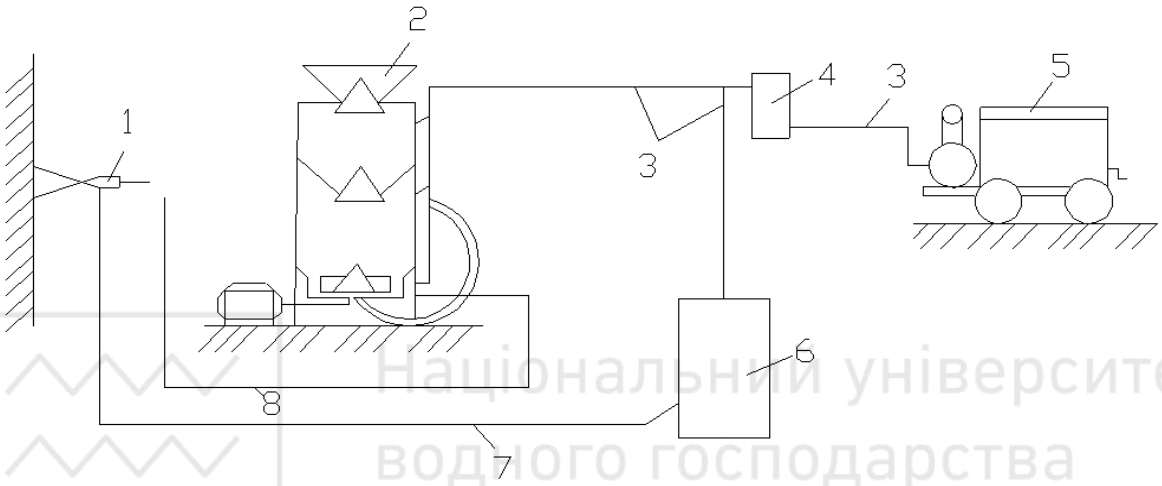


Рис 3.5.34. Схема установки для торкретування:
1 — сопло; 2 — «цемент-гармата»; 3 — шланги для стиснутого повітря, 4 — повітроочищувач; 5 — компресор; 6 — бак для води; 7 — шланг для води; 8 — матеріальний шланг

з наконечником-соплом. Суху суміш цементу й піску завантажують у "цемент-гармату", яка складається з двох робочих камер. Верхня камера відокремлена від нижньої затвором, який під час завантаження в неї цементу та піску перебуває у закритому положенні. Після закінчення завантаження та вирівнювання тиску повітря в обох камерах затвор між ними відкривається, і суміш пересипається у нижню робочу камеру, звідки вона стиснутим повітрям за допомогою тарілчастого живильника подається в матеріальний шланг і надходить у сопло. По другому матеріальному шлангу під тиском, що перевищує тиск у шлангу для подавання цементу та піску, в сопло з бака надходить вода. У наконечнику-соплі суха суміш змішується з водою і зі швидкістю 90... 100 м/с наноситься на формувальну поверхню, створюючи щільний шар дрібнозернистого бетону завтовшки приблизно 20 мм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Під час нанесення розчину сопло треба тримати перпендикулярно до формувальної поверхні на відстані 90...100 см. Слід враховувати, що під час нанесення суміші на поверхню приблизно 20...25 % її відскакує. Продуктивність установки за зміну залежно від виду торкретованої поверхні становить 100...250 м^2.

Для торкретбетону доцільно використовувати швидкотвердничий портландцемент, склад суміші має бути 1 : 1 або 1 :2,5, водоцементне відношення 0,28...0,32.

При потребі для укладання бетонної суміші завтовшки 100... 200 мм використовують шприцбетон, який відрізняється від торкретбетону наявністю заповнювача з розміром зерен 10...20 мм і меншими витратами цементу. Шприцбетон наносять на формувальну поверхню машиною, принцип дії якої такий же, як і "цемент-гармати".

Пневмобетонування — різновид торкретування — полягає в тому, що приготовлену у змішувачі дрібнозернисту суміш по трубопроводу за допомогою прямоточного насосу подають у нагнітальну камеру Транспортування бетонної суміші і нанесення її на формувальну поверхню відбувається під дією стиснутого повітря при тиску 0,7 МПа. За оптимальних концентрації розчиноповітряної суміші (11...16 %) і швидкості подачі 30...50 м/с суміш у трубопроводі перебуває у суспензованому стані. Під час пневмобетонування із суміші витискується 15...20 % води.

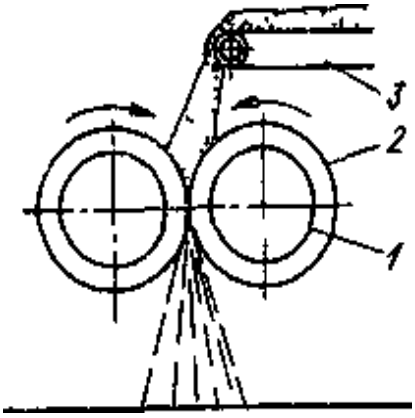


Рис. 3.5.35. Схема кидального устаткування:
1 — барабан;
2 — еластичне покриття барабана;
3 — стрічковий живильник

Механічний набризк — це спосіб формування залізобетонних конструкцій, при якому бетонну суміш на формувальну поверхню наносять кидальним пристроєм (рис. 3.5.35). Він виконаний у вигляді двох барабанів з еластичним покриттям, що обертаються назустріч один одному. Поверхні еластичних покриттів контактують між собою.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Контроль процесу формування. Під час формування треба суворо стежити за дотриманням правильного виконання операцій укладання, ущільнення бетонної суміші, опорядження або загладжування відкритої поверхні та вилучення, при потребі, формоутворювальних елементів.

Формуючи вироби заввишки більш як 50 см, а також у формах з важкодоступними зонами, потрібно контролювати пошарове укладання й ущільнення бетонної суміші (шарами по 15...30 см).

Формуючи довгомірні вироби, укладати й ущільнювати бетонну суміш можна послідовно від одного кінця виробу до другого.

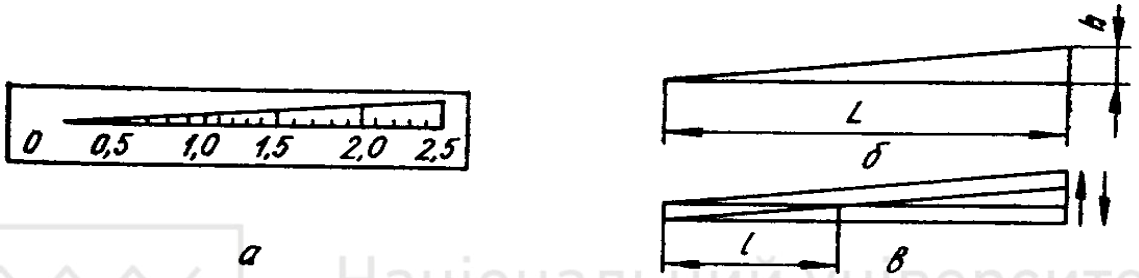


Рис. 3.5.37. Мірний клин:

а — загальний вигляд; б — схема без вібрації; в — схема при вібрації у напрямку стрілок

Важливо під час формування контролювати задані режими роботи формувального обладнання, щоб досягти коефіцієнта ущільнення бетонної суміші не менш як 0,98. Недоущільнення бетонної суміші на 10 % може більш як на 50 % знизити міцність бетону.

Для вимірювання режиму віброформувальних машин застосовують ручний віброграф ВР-1 та вібровимірювальну апаратуру В16-5МА. Якщо немає зазначених приладів, то можна вимірювати амплітуду зміщень віброобладнання мірним клином (рис. 6.49). Його викреслюють на ватмані і прикріплюють до характерної контрольованої точки віброустановки чи форми. Градуювання основи клина здійснюють у міліметрах розмаху та амплітуди вібраційного зміщення. Чим більша висота клина Н, тим більші амплітуди можна виміряти клином. При вимірюванні амплітуди за допомогою клина під час вібрації чітко видно точку перетину його крайніх положень на відстані l від вістря. Виходячи з подібності трикутників, через l визначають амплітуду коливань, мм,

$$A = lH/L,$$

де L— довжина клина, мм. Точність такого вимірювання 0,01 мм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

При налагоджуванні технологічного процесу, для періодичного контролю ущільнення виробів (не рідше одного разу на тиждень), при-переході на інші склади бетонних сумішей якість ущільнення суміші контролюють визначенням щільності чи пористості свіжо відформованого бетону.

Коефіцієнт ущільнення ($К_{ущ.}$) визначають спеціальним ареометром.

Для контролю якості ущільнення бетонної суміші можна використати також радіоактивний метод, що базується на взаємодії радіоактивних випромінювань з досліджуваним середовищем бетонної суміші.

Якість ущільнення бетонної суміші при вібраційних способах ущільнення можна оцінювати випробовуванням на міцність бетонних зразків-кубів. Границі міцності на стиск повинні відповідати заданій марці бетону.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які операції входять до складу процесу формування?
2. Охарактеризуйте різновиди засобів для укладання бетонної суміші у форми.
3. Розрахуйте тривалісгь укладання керамзитобетонної суміші Ж2 при формуванні зовнішньої стінової панелі розмірами 2,7×6,5×0,35 м з двома віконними прорізами.
4. Наведіть характеристику литтьової технології формування та приклади її використання.
5. Які різновиди пресування використовують під час формування залізобетонних виробів? Наведіть приклади.
6. Охарактеризуйте об'ємне віброущільнення та його різновиди. Наведіть приклади реалізації їх при формуванні.
7. Як визначити тривалість об'ємного віброущільнення на вібромайданчиках різного принципу дій?
8. Охарактеризуйте різновиди зовнішнього віброущільнення та галузі його застосування при формуванні.
9. Наведіть приклади використання внутрішнього віброущільнення бетонних сумішей.
10. Поясніть особливості вібропрясування, наведіть схеми різних типів вібропривантажень.
11. Як визначити параметри робочого органу віброштампа?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

12. Що таке вібропрокатування? Поясніть схему дії вібропрокатного стана.

13. Для виготовлення яких конструкцій використовують віброгідропресування? В чому полягають особливості цього способу формування?

14. Охарактеризуйте віброекструзійний спосіб формування.

15. Які особливості різних способів формування з використанням вакуумування? Наведіть приклади.

16. Поясніть особливості формування структури бетону при центрифугуванні бетонної суміші. Як розрахувати режим центрифугування?

17 Назвіть особливості відцентрового прокатування.

18. Охарактеризуйте різновиди формування виробів торкретуванням бетонної суміші. Наведіть приклади їх використання.

Змістовий модуль 3.6
Твердіння бетону у виробах

3.6.1. Способи прискорення твердіння бетону

У виробництві збірного залізобетону можна виділити такі способи теплового прискорення тверднення бетону:

паро-прогрівання насиченою водяною парою в ямних чи тунельних камерах, Під ковпаками або при контакті відкритої поверхні виробу з теплоносієм, у термоформах чи касетних установках при прогріванні бетону від стінок форм за рахунок теплопровідності;

паропрогрівання в сухому середовищі при температурі до 100˚С і вище (високотемпературне прогрівання) в тунельних, щілинних та ямних камерах;

прогрівання в середовищі продуктів згоряння газу в камерах різних типів;

масляне прогрівання в термоформах, касетах, стендах безопалубного формування;

прогрівання в гарячій воді та термобасейнах;

електропрогрівання спеціальними нагрівальними пристроями (ТЕНами, КЕНами, кутниково-стержневими нагрівачами) в камерах різних типів;

електропрогрівання за рахунок виділення теплоти при проходженні струму крізь товщу бетону в спеціальних установках;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

індукційне прогрівання в електромагнітних та електроіндукційних камерах безперервної чи періодичної дії;

прогрівання з використанням сонячної енергії в камерах і на стендах з світло-прозорими плівковими покриттями.

Прискорює тверднення бетону хімічний вплив:

алюмінатно-алітові складові цементу - при наявності у складі цементу трикальцієвого силікату (50 %) та трикальцієвого алюмінату (8...15 %)1, що дають змогу через 1...2 доби одержати бетон міцністю до 45 МПа;

добавки - прискорювачі тверднення на основі солей-електролітів (нітрит-нітрату кальцію та нітрит-нітрат-хлориду кальцію), що прискорюють набирання міцності в ранні строки тверднення.

До фізико-механічних заходів, які впливають на процеси тверднення, належать:

збільшення тонкості помелу цементу;

застосування ефективних методів ущільнення жорстких та наджорстких бетонних сумішей;

використання прес-вакуумних способів формування виробів з пластичних бетонних сумішей, за яких можна видаляти з бетону хімічно не зв'язану воду і повітря.

Поєднання ефективних методів формування з використанням швидкотверднучих цементів і добавок – прискорювачів тверднення дає можливість виготовити бетон, міцність якого через добу тверднення в нормальних умовах становить 70 % проектної міцності.

Твердіння бетону в умовах паропрогрівання. Основним видом теплової обробки виробів на заводах збірного залізобетону є паропрогрівання. При нормальному тиску паро-прогрівання здійснюють у камерах безперервної (тунельних, щілинних, вертикальних) та періодичної (ямних) дії. Якщо відкриті поверхні виробів безпосередньо контактують з теплоносієм, то застосовують насичену пару або пароповітряну суміш. При цьому відносну вологість середовища треба регулювати в межах 30...60 % в період підвищення температури до 95...100 % і на стадії ізотермічного прогрівання, аби послабити деструктивні процеси.

Загальний цикл тверднення в камерах складається з таких періодів: попереднього витримування; підвищення температури; ізотермічного прогрівання та остигання.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Тривалість попереднього витримування залежить від активності цементу, В/Ц, рухливості бетонної суміші та температури оточуючого середовища і становить 1...4 год. Вироби з важкого бетону і легкого конструктивного, а також попередньо-напружені конструкції слід витримувати перед тепловою обробкою не менше 1 год., вироби з підвищеними вимогами до морозостійкості, жаростійкості, водонепроникності - не менше 3 год. Під час виготовлення виробів з жорстких бетонних сумішей з дисперсним армуванням допускається теплова обробка без попереднього витримування. А при застосуванні попередньо розігрітих бетонних сумішей витримування не допускається. Застосування пластифікуючих домішок збільшує час попереднього витримування на 1...3 год.

Швидкість підвищення температури повинна становити 15...45 °С на год. При короткочасному попередньому витримуванні протягом години температуру рекомендують підвищувати з постійно зростаючою швидкістю: перша година - 10...15 °С/год, друга година - 15-25 °С/год, в наступні години - 25...35°С/год, незалежно від товщини виробу. Якщо з технічних причин такий режим підвищення температури неможливий, то можна використати ступінчастий режим.

Постійно зростаючий та ступінчастий режими підвищення температури недоцільні для попередньо-напружених конструкцій. Для їхнього виготовлення в силових формах бажано використовувати пластифікуючі хімічні домішки, які уповільнюють зростання міцності бетону під час підвищення температури та запобігають температурним напруженням у зоні контакту арматури з бетоном.

Ізотермічне прогрівання бетону у виробах характеризується двома параметрами: температурою та тривалістю.

Оптимальна температура ізотермічного прогрівання виробів з бетону напортландцементі та швидкотверднучому цементі 80...85°С. При використанні шлакопортландцементу та шлаколужного в'яжучого, а також при пропарюванні конструктивно-теплоізоляційних легких бетонів температуру ізотермічного прогрівання беруть 90...95°С.Вироби з напружувального цементу марки НЦ-10 пропарюють при температурі 85 °С, а марок НЦ-20 та НЦ-40 при температурі 70...80 °С.

Тривалість ізотермічного прогрівання залежить від виду цементу, класу бетону і товщини виробу (табл. 3.6.1).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Якщо використовують шлакопортландцемент марок до 400, то тривалість ізотермічного прогрівання збільшують на 1,5...2,0 год порівняно з даними табл. 3.6.1.

Використовуючи попередньо розігріті до температури 55 °С бетонні суміші, можна скоротити сумарну тривалість підвищення температури та ізотермічного витримування на 2 год для бетонів класів В15, В25 і на 1 год для бетонів класів В30.

Застосування хімічних добавок-прискорювачів тверднення скорочує тривалість підвищення температури та ізотермічного витримування на 1...3 год.

Для остигання виробів доцільно примусово охолоджувати камеру за заданим режимом, відсмоктуючи пару та вентилюючи камеру. Допустима швидкість зниження температури коливається в межах 20...30 °С/год. Для виробів з підвищеними вимогами до морозостійкості та водонепроникності, виробів з дрібнозернистих та напружувальних бетонів, а також для виробів з опоряджувальними шарами рекомендується знижувати температуру зі швидкістю не більш як 20 °С/год. Швидкість остигання розпалублених виробів зменшується відповідно на 2°С/год. Вивантажувати вироби з камер можна при температурному перепаді між поверхнею виробів і оточуючим середовищем не більш як 40 ^{0}С, щоб запобігти погіршенню структури поверхневого шару бетону

Таблиця 3.6.1

Режими теплової обробки виробів з важкого бетону на портландцементі

Клас бетону	Режим теплової обробки, год, при товщині виробів, мм		
	до 160	160...300	300...400
В15	11,0(3,5+5,5+2,0)	12,0(3,5+6,5+2,0)	13,0(3,5+6,5+3,0)
В25	9,0(3,0+4,0+2,0)	10,0(3,0+5,0+2,0)	11,0(3,5+5,5+2,5)
В30	8,5(3,0+3,5+2,0)	9,5(3,0+4,5+2,0)	10,5(3,0+5,0+2,5)
В40	8,0(3,0+3,0+2,0)	9,0(3,0+4,0+2,0)	10,0(3,0+4,5+2,5)
В45	7,0(3,0+2,0+2,0)	8,0(3,0+3,0+2,0)	9,0(3,0+3,5+2,5)

Для паропрогрівання бетону в термоформах і касетах пару подають у теплові відсіки їх. Бетон нагрівається від стінок теплових відсіків, заповнених парою.

Виготовляючи вироби в касетах, можна здійснювати однобічне і двобічне прогрівання виробів, залежно від розміщення парових та формувальних відсіків (рис. 3.6.1).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

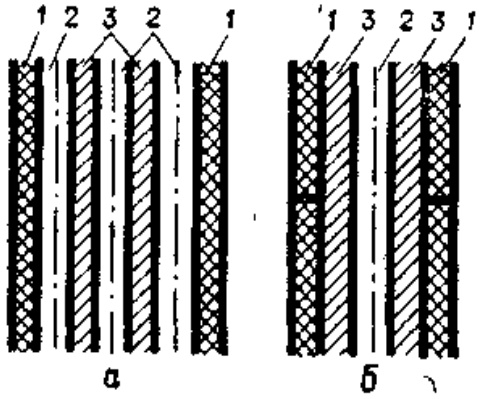


Рис. 3.6.1. Схеми прогрівання виробів у касетах:
а – двобічне б – однобічне;
1 – теплоізолювальні стінки.
2 – теплові відсіки.
3 – формувальні відсіки.

Попереднє витримування виробів перед тепловою обробкою при прогріванні в термоформах і касетах недоцільне, оскільки замкнуті порожнини формувальних відсіків установок створюють сприятливі умови для формування структури бетону, запобігаючи температурним деформаціям. Підвищувати температуру у формувальних відсіках можна швидкістю 60...70 °С/год без побоювання, що станеться обезводнювання бетону, тому що площа відкритої поверхні касет незначна, а в пакетах горизонтальних форм усі площини залізобетонних виробів закриті.

Таблиця 3.6.2.
Режими теплової обробки виробів з важких бетонів у касетних установках та пакетах термоформ

Товщина бетону у виробах, мм	Клас бетону	Режим теплової обробки, год, при 90...95^{0}С в установках	
		З однобічним прогріванням	з двобічним прогріванням
100	В15	9,0(1,0+4,0+4,0) *	8,0(1,0+3,5+3,5)
100...200	В15	11,0(1,0+5,0+5,0)	10,0(1,0+4,5+4,5)
100	В20	8,0(1,0+3,5+3,5)	7,0(1,0+3,0+3,0)
100...200	В20	9,5(1,0+4,0+4,5)	8,5(1,0+4,5+4,0)
100	В30	7,0(1,0+3,0+3,0)	6,0(1,0+2,5+2,5)
100...200	В30	9,0(1,0+3,5+4,5)	8,0 1,0+3,0+4,0)

* Режим включає: тривалість підвищення температури, ізотермічне прогрівання з подачею пари, термосне витримування без подачі пари.

Ізотермічне прогрівання виробів виконують при температурі 90...95 °С. Максимальна температура стінки теплового відсіку повинна бути не вищою за 100 °С, але й не нижчою ніж 85 °С. Для рівномірного прогрівання виробів по всій площі контакту з паровим

Національний університет
водного господарства
та природокористування

відсіком перепад температур по цій площі не повинен перевищувати 20 °С.

Тривалість ізотермічного прогрівання складається з двох періодів: подавання пари в теплові відсіки і термосного витримування після припинення подавання пари. Тривалість цих двох періодів приблизно однакова і залежно від проектної марки бетону та товщини виробів коливається від 3,5 до 5,0 год (табл. 3.7.2).

Спеціального охолодження формувальних відсіків при касетному виробництві не вимагається. До кінця термосного витримування температура виробів знижується до 55 °С.

Для збільшення оборотності касетних установок в деяких випадках можна розпалублювати вироби при досягненні бетоном міцності розпалублення (40...50 % проектної міцності), достатньої для виконання транспортних операцій, тобто після 5...8 год. прогрівання в касетах. Досягти відпускної міцності можна тепловою обробкою в камерах наступного пропарювання розпалублених виробів протягом 4...5 год при температурі 60 °С або витримуванням у цеху чи на складі при температурі не нижче 5 °С.

При тепловій обробці виробів у пакетах горизонтальних термоформ ефективність процесу тверднення підвищується за рахунок надлишкового тиску пароповітряного середовища, яке утворюється внаслідок випаровування вологи з бетону під час прогрівання. Крім того, при прогріванні підтримується зростаюча відносна вологість середовища (50...60 % на стадії розігрівання і 90...95 % при ізотермічному прогріванні). Надлишковий тиск середовища створює всебічне обтискування бетону та запобігає розвитку деструктивних

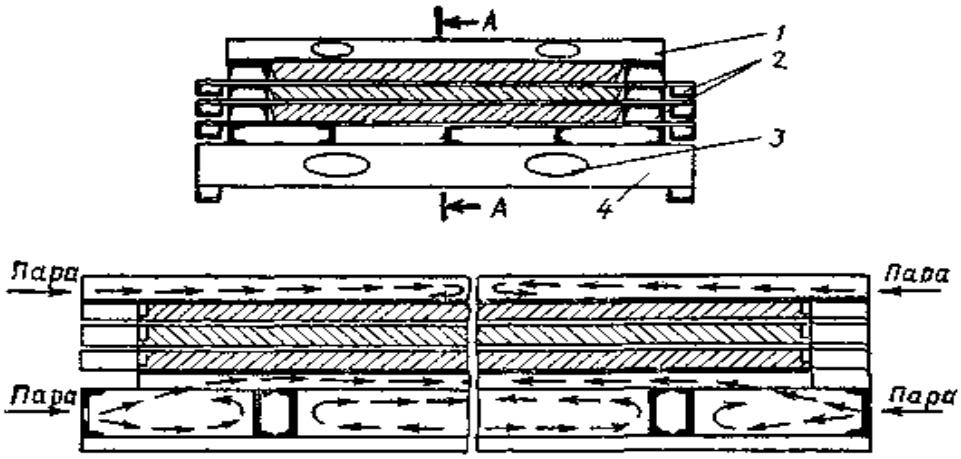


Рис. 3.6.2. Пакет форм з виробами:
1 — термопривантаження; 2 — форма з виробом, 3 — вікна для впускання пари в порожнину термошддона; 4 — термопіддон

Національний університет
водного господарства
та природокористування

процесів у період підвищення температури. Таку теплову обробку застосовують для виготовлення виробів крупнопанельного домобудування на конвейєрних лініях. Пости теплової обробки комплектують пересувними або стаціонарними пакетувальниками.

Тверднення виробів за пакетною технологією (рис. 3.6.2), розробленою в УкрНДІгім, здійснюється в умовах короткочасного контактного прогрівання протягом 1,5...2,0 год з наступним термосним витримуванням, що базується на максимальному використанні екзотермічної теплоти гідратації цементу. При цьому враховується позитивний ефект тиску (0,005...0,007 МПа) на бетон від маси вищерозмїщених у пакеті виробів. Тривалість тверднення 8,5 год, з них без підведення теплоти — 6 год.

Прогрівання бетону в газоповітряному середовищі. Для прискорення тверднення у виробництві збірних залізобетонних виробів використовують прогрівання в середовищі гарячого повітря, пароповітряної суміші з низькою вологістю при температурі до 100 °С і вище, а також у продуктах згоряння природного газу. Здійснюють це в камерах різних типів.

Найчастіше зазначені теплоносії використовують для теплової обробки виробів з легких бетонів на пористих заповнювачах. Наростання міцності бетону на щільних заповнювачах можливе тільки при наявності вологи, і чим довше вона зберігається в бетоні, тим довше бетон набирає міцність. У легкому бетоні волога може тривалий час зберігатися в пористому заповнювачі У зв'язку з відсмоктуванням вологи з бетонної суміші пористим заповнювачем структурна щільність і міцність бетону. Тому прогрівання виробів з легких бетонів гарячим повітрям чи га-

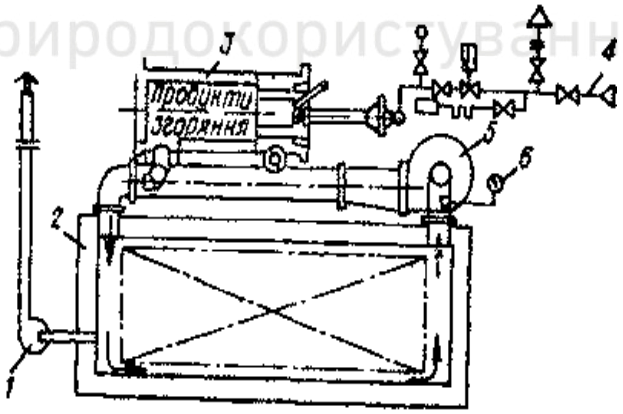


Рис. 3.6.3. Установка для тепловологісної обробки виробів у продуктах згоряння природного газу:
1 – система вентиляції, 2 – щілинна камера теплової обробки, 3 – теплогенератор, 4 – газопровід, 5 – система рециркуляції, 6 – система контролю температурного режиму

Національний університет
водного господарства
та природокористування

зом створює сприятливі умови для прискорення тверднення. Слід однак, при цьому враховувати спосіб ущільнення бетонної суміші. Так, використовуючи для ущільнення вакуумування, при якому в бетоні утворюються капілярні канали, наступне прогрівання гарячою газоповітряною сумішшю призведе до висихання виробів, перш ніж бетон набуде потрібної міцності.

Високотемпературне прогрівання бетону в сухому середовищі повітря чи відхідних газів доцільно здійснювати в щілинних камерах безперервної дії (рис. 3.6.3).

Попереднє витримування виробів з легкого конструкційно-тепло-ізоляційного бетону повинно бути не менше години. Температура підвищується до 120 °С за 3 год, ізотермічне прогрівання, залежно від товщини виробу, - 5...6 год, остигання - 1...2 год.

Для теплової обробки виробів з легких бетонів на пористих пісках (шлаки, золи, подрібнений керамзитовий, аглопоритовий чи перлітовий пісок), для яких характерні гідравлічна активність і наявність великої кількості пилуватих фракцій, доцільно використовувати максимально високу температуру ізотермічного прогрівяння (до 150˚С). При цьому найповніше протікає реакція між активним кремнеземом пористих заповнювачів і продуктами гідратації цементу.

Досвід використання високотемпературного сухого прогрівання показує, що через 1...3 год ізотермічного прогрівання легко бетонних виробів вологовміст середовища досягає 60...70 %, внаслідок чого процес сушіння значно уповільнюється. Тому для інтенсифікації процесу сушіння на стадії ізотермічного прогрівання через кожні 0,5...1,0 год слід продувати камери, використовуючи систему рециркуляції. Видалення перезволоженого пароповітряного середовища забезпечує вологість готових виробів у межах норми (до 12%).

При тепловій обробці виробів з важкого бетону, які мають достатню вологість, для запобігання пересушуванню слід передбачити систему до зволоження теплоносія.

У заводській практиці все ширше використовують теплову обробку виробів з важкого й легкого бетону в середовищі продуктів згоряння природного газу. Витрати газу на теплову обробку 1 м^3 керамзитобетону становлять 10...14 м^3, а важкого бетону - 18... 20 м^3. Це сприяє зменшенню собівартості обробки виробів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3.6.2. Електропрогрівання, використання сонячної енергії. Контроль та регулювання процесів твердіння бетону

Електротеплова обробка залізобетонних виробів. Теплова обробка виробів з використанням електроенергії зменшує енерговитрати, спрощує підведення енергії до місця термообробки виробів, полегшує регулювання процесу, покращує санітарно-гігієнічні умови праці в цеху.

Залежно від принципу перетворення електричної енергії на теплову виділяють такі різновиди електрообробки виробів: електродне прогрівання, електрообігрівання, індукційне прогрівання і форсоване електророзігрівання бетонної суміші до початку формування.

Електродне прогрівання базується на включенні бетонної суміші в електричний ланцюг як активного опору, що супроводжується виділенням теплоти безпосередньо всередині бетону. Цей спосіб використовують в основному під час виготовлення неармованих чи армованих плоскими сітками виробів (стінових та фундаментних блоків, зовнішніх стінових панелей з легких бетонів тощо) Електричний змінний струм підводять до свіжовідформованого виробу за допомогою металевих електродів (пластинчастих, стержневих або струнних), розміщених всередині чи на поверхні виробу (рис. 3.6.4), або через металевий піддон форми і металеву арматурну сітку. В касетних установках роль електродів можуть виконувати розділювальні стінки.

Кількість теплоти, Дж, виділеної при пропусканні крізь свіжовідформований бетон електричного струму, визначають за законом Джоуля — Ленца:

$$Q = 3{,}6I^2R = 3{,}6U^2/R,$$

де I — сила струму, який проходить крізь бетон, А; R — електричний опір шару бетонної суміші, крізь який проходить струм, Ом; U — напруга електричного струму на електродах, В.

Розрахункову потужність трансформатора для електронагрівання, Вт, визначають за формулою:

$$Np = N_{пит}V/(\eta \cos\varphi K),$$

де $N_{пит}$ — питома потужність тепловипромінювання, кВт/м^3 бетону; V — об'єм бетону, який прогрівається одночасно, м^3; η, cos φ - відповідно коефіцієнти корисної дії і потужності трансформатора (η cos ф = 0,9); K= 1,3...1,5 — коефіцієнт допустимого перевантаження трансформатора.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

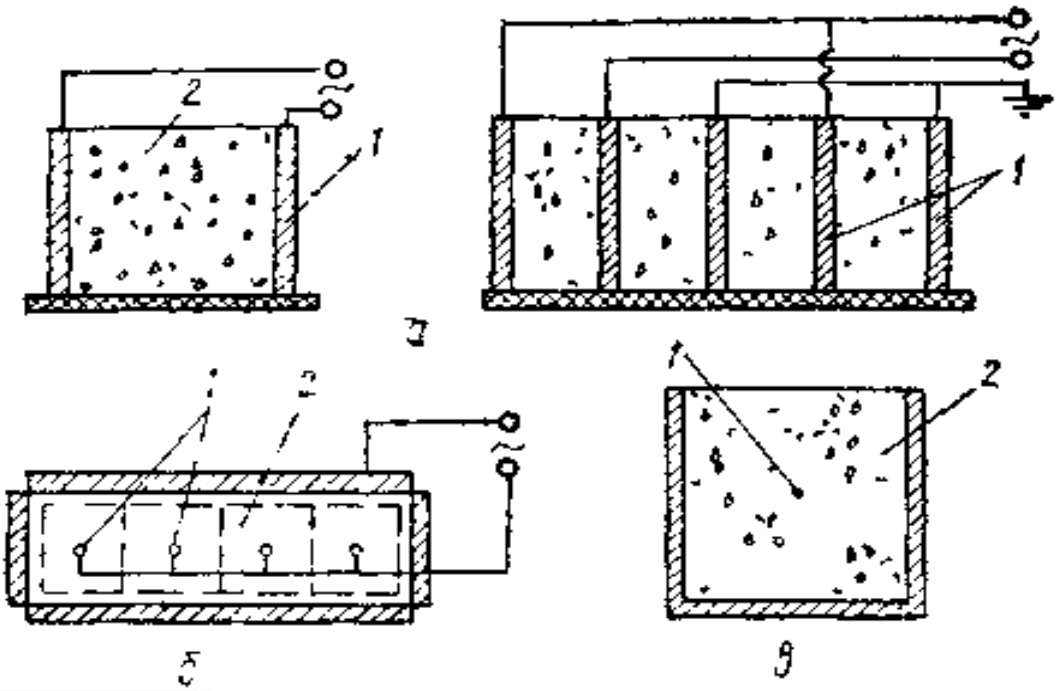


Рис.7.4. Схеми електродів

а — пластинчастих (металеві борти форми та розділювальні стінки), б — стержневих, в — струнних, 1— електроди, 2 — вироби

Питома потужність тепловипромінювання, кВт/м^3, розраховується залежно від виду електродів. Для пластинчастих електродів:

$$N_{пит} = 10^{-3} U^2 / (b^2 \rho_\rho);$$

для стержневих електродів:

$$N_{пит} = \frac{3{,}14 \cdot 10^{-3} U^2}{\rho_\rho bh(\alpha \ln \frac{h}{\pi d} + \frac{\pi d}{h})};$$

для струнних електродів:

$$N_{пит} = \frac{6.28 \cdot 10^{-3} U^2}{\rho_\rho B^2 \ln(b / d_{стр})}$$

де b — відстань між різнофазними електродами, м; $p_р$ — розрахунковий питомий електричний опір бетону, Ом·м (для бетонів на щільних заповнювачах $p_Р$ = 5 Ом·м, на пористих — 8 Ом·м); h — відстань між стержневими електродами, м; а — коефіцієнт, який при трифазному струмі дорівнює 1,5, а при однофазному — 2; В — площа перерізу виробу, м^2; d — діаметр електродів, м; $й_{стр}$ — діаметр струни, м.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

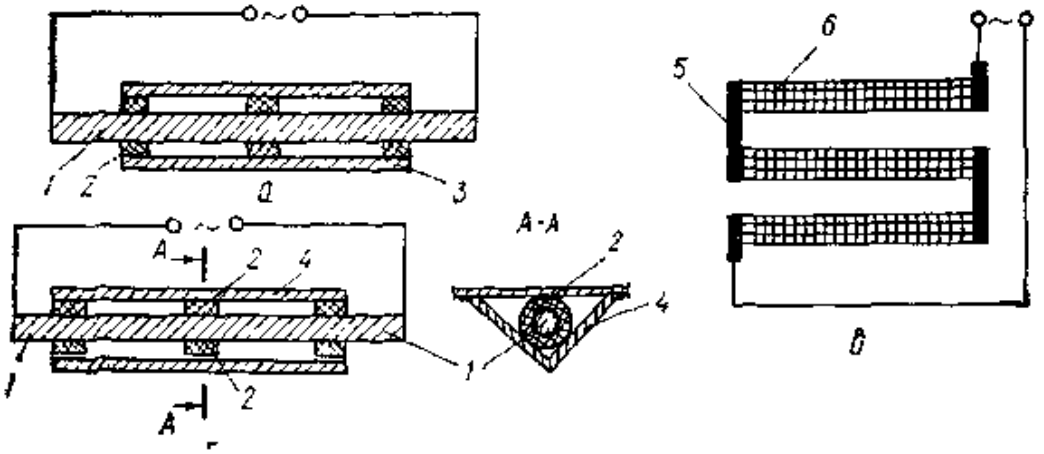


Рис 3.6.5. Типи низькотемпературних нагрівачів:
а – трубчато-стержневі, б – кутниково-стержневі; в – сітчаті; 1- стержень; 2 – діелектричні шайби; 3 – трубка; 4 – рівнобічний кутник; 5 – струмопідвідні мідні шини; 6 – смуги металевих тканих сіток

Електродне прогрівання виробів здійснюють на спеціально обладнаних постах з ретельним дотриманням правил техніки безпеки.

Перед електродним прогріванням рекомендується попереднє витримування виробів протягом 1...3 год. Швидкість розігрівання бетону повинна бути не більшою ніж 20 °С/год. Ізотермічне прогрівання здійснюють при температурі 80 ^{0}С, якщо використовують портландцемент, і при 90...95^{0}С - якщо шлакопортландцемент; для швидкотверднучих цементів рекомендують температуру 60...70 ºС

Електрообігрівання у заводському виробництві збірного залізобетону знайшло застосування у вигляді контактного обігрівання в термоформах за допомогою низькотемпературних електронагрівачів, змонтованих на формах, а також конвективно-променевого електрообігрівання в камерах різних типів за допомогою високотемпературних нагрівачів інфрачервоного випромінювання.

Для контактного електрообігрівання використовують гнучкі, сітчасті, дротяні, трубчасто- та кутниково-стержневі низькотемпературні нагрівачі (рис. 3.6.5). Електронагрівачі з кольорових металів мають більший коефіцієнт теплопередачі, а з чорних Металів-високі механічну міцність і вібростійкість т; икчу вартість. Найменші питомі витрати електроенергії (70... 100 кВт-год/м) , досягаються при використанні трубчасто- і кутниково-стержневих

Ефективними є неметалеві тканинні нагрівачі, але через обмеженість випуску їх використовують мало.

Форми вмонтованими електронагрівачами мають теплоізоляцію з зовнішнього боку для уникнення нераціональних витрат теплоти.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Обігрівання низькотемпературними електронагрівачами здійснюють за режимами, характерними для прогрівання бетону в касетах і термоформах.

Конвективно-променеве електрообігрівання застосовують в основному для виробів з конструкційно-теплоізоляційного бетону класу В10, для якого крім досягнення проектної міцності треба ще забезпечити відпускну вологість не більш як 12 %. До високотемпературних нагрівачів інфрачервоного випромінювання належать нагрівачі з температурою випромінювання поверхні понад 250 °С. Це лампові тепло-випромінювачі, спіралі, ТЕНи, коаксіальні нагрівачі тощо.

Інфрачервоне випромінювання характеризується електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі від 0,8 до 40 мкм. На відміну від видимого спектра випромінювання, воно добре поглинається поверхневим шаром бетону у виробах і майже повністю акумулюється у вигляді теплової енергії, яка використовується для прискорення тверднення бетону. Регулюючи потужність генераторів інфрачервоного випромінювання та їхнє віддалення від поверхні виробів, можна змінювати інтенсивність нагрівання бетону, температуру ізотермічного прогрівання, а також швидкість остигання.

Даний метод простіший за електрообігрівання, але ефект обігрівання периферійний і діє на порівняно невелику глибину виробу - приблизно 15...20 см, що обмежує галузь застосування цього методу.

При інфрачервоному обігріванні вироби попередньо витримують не менше двох годин, а потім їх ретельно захищають від випаровування вологи, накриваючи поверхню поліамідною плівкою.

Температуру підвищують зі швидкістю 10...20°С/год у відкритих формах, а в закритих формах та касетних установках - зі швидкістю до 30 °С/год. Максимальна температура ізотермічного прогрівання для бетону на портландцементі 80 °С, а для виробів на шлакопортландцементі - 90 °С. Максимальна температура середовища в камері 120...150 °С, залежно від товщини виробу.

Витрати електроенергії на інфрачервоне прогрівання вищі, ніж при електропрогріванні, і становлять 100...150 кВт·год/м^3 бетону.

Індукційне прогрівання. Суть цього методу електротеплової обробки бетону полягає в тому, що свіжо відформовані вироби розміщують в електромагнітному полі, яке створюється обмоткою-

Національний університет
водного господарства
та природокористування

індуктором з алюмінієвих або мідних дротів, по яких пропускають змінний електричний струм напругою 380/220 В. Під дією електричного поля в сталевій арматурі, закладних деталях, металевій формі виникають індукційні струми, які трансформуються в теплову енергію. Нагрівається бетон як із середини від арматури, так і на поверхні від металевої форми.

Цей метод найдоцільніше застосовувати для прискорення тверднення густо армованих лінійних конструкцій (паль, опор ЛЕП) або виробів кільцевого перерізу з рівномірно розподіленою арматурою (труб, кілець тощо). Індукційне прогрівання лінійних конструкцій здійснюють у тунельних прохідних камерах. Режим тверднення центрифугованих опор ЛЕП такий: попереднє витримування 2 год, нагрівання зі швидкістю 25 °С/год, ізотермічне прогрівання при температурі 85...90 °С протягом 3...4 год., витримування в умовах цеху (охолодження) 2 год. Загальна тривалість прискореного тверднення 9,0...11,5 год., витрати електроенергії 100...120 кВт·год/м^3.

Під час теплової обробки виробів в електромагнітному полі середовище в камері не циркулює, і вода частково випаровується з бетону на початку прогрівання, створюючи над відкритою поверхнею виробів високу відносну вологість (85...90 %).

Для теплової обробки віброгідропресованих труб діаметром 600...1000 мм принцип індукційного прогрівання реалізують за допомогою електромагнітної обмотки осердя (по внутрішній його стінці), а на форму з виробом насувають термоізоляційний металевий ковпак. Бетон опиняється між осердям і внутрішньою стінкою переносної камери.

У Білоруському політехнічному інституті розроблено електроіндукційну установку з тепло-випромінюючими поверхнями для виробів з легких бетонів. Камера виготовлена з листової сталі, по зовнішньому периметру камери на жаростійкі ізолятори намотано спіральну обмотку з мідних дротів. Поверх обмотки камеру утеплюють теплоізоляційним жаростійким матеріалом. Під час пропускання струму стінки камери розігріваються до 200...300 ^{0}С. Режим тверднення виробів у таких камерах аналогічний умовам високотемпературного сухого прогрівання.

Форсоване електророзігрівання бетонної суміші полягає в короткочасному (5...20 хв) нагріванні бетонної суміші до температури 50...80 ^{0}С пропусканням крізь неї змінного електричного струму.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Форсоване електророзігрівання бетонної суміші застосовують: перед укладанням її у форму; після укладання у форму і попереднього ущільнення з повторним доущільненням після розігрівання; під час її формування ковзним вібропресуванням у пересувній опалубці? Наступне тверднення бетону можна здійснювати протягом 12...16 год в умовах "пасивного термоса" (без додаткового нагрівання) або в умовах "активного термоса" (з додатковим нагріванням для підтримування в бетоні температури 80°С) протягом 6...8 год. Найчастіше використовують попереднє електророзігрівання перед укладанням бетонної суміші у форми. Процес розігрівання може проходити в спеціальних бункерах, куди періодично занурюють блок електродів, а також в установках безперервної дії шнекового чи гвинтового типу.

Характер змін реологічних властивостей бетонної суміші при форсованому електророзігріванні вимагає виконання певних умов при виборі виду цементу та вологовмісту бетонної суміші. Через швидкі втрати високоалюмінатними цементами пластичних властивостей у розігрітому стані слід обмежувати кількість C_3A в цементі до 10%. Рекомендують використовувати швидкотверднучі та звичайні портландцементи. Шлакопортландцементи через невисоку екзотермію доцільно використовувати для виготовлення великих конструкцій. Пуцоланові портландцементи не слід використовувати для попередньо розігрітих бетонних сумішей.

Використовуючи попередньо розігріті бетонні суміші, потрібно чітко організовувати процес укладання їх, тому що через 15 хв після розігрівання жорсткість бетонної суміші збільшується у 1,5 -2 рази, а через 30 хв. - у 2...10 разів (залежно від температури розігрівання та хімічного складу цементу). Уведенням у бетонну суміш домішок ЛСТ можна знизити жорсткість у 1,5-3 рази.

Витрати електроенергії на попереднє розігрівання бетонних сумішей на щільних заповнювачах 50...60 кВт·год/м^3, а на пористих — 35...40 кВт·год/м^3.

Недоліками попереднього розігрівання бетонних сумішей є непродуктивні витрати бетонної суміші під час укладання та ущільнення і необхідність швидко виконувати ці процеси після розігрівання.

Форсоване розігрівання свіжо укладеної бетонної суміші відрізняється тим, що у підготовлену форму укладають звичайну холодну

Національний університет
водного господарства
та природокористування

бетонну суміш, а розігрівають її зразу після першої стадії ущільнення і повторно ущільнюють. При цьому конструкція форми повинна бути такою, щоб можна було пропускати електричний струм крізь бетон. У касетних формах роль електродів виконують розділювальні стінки, при виготовленні виробів у горизонтальних формах використовують накидні сітки та щити-електроди. Час розігрівання становить 5... 15 хв.

Повторне віброущільнення ліквідує дефекти структури, які утворилися внаслідок форсованого розігрівання, коли маса укладеного бетону ще в'язко-пластична. Виконувати повторне вібрування треба не пізніше ніж через 10... 15 хв після закінчення розігрівання, використовуючи поверхневі вібратори.

Застосування технології виготовлення виробів з електророзігріванням укладеного у форму бетону обмежується тими ж умовами, що і з електродним прогріванням. За такою технологією можна виготовляти тільки неармовані або армовані паралельними сітками вироби.

Технологія електророзігрівання бетонної суміші під час її віброформування розроблена для застосування при виготовленні виробів віброштампуванням або ковзним віброштампуванням.

Суміш у форму укладають холодною. Одночасно з включенням вібраторів суміш розігрівається електричним струмом. Електродами є піддони форм та конструкції віброштампів. Форсоване електророзігрівання починають і закінчують одночасно з процесом формування. Такий технологічний прийом сприяє тому, що бетон може швидко досягти високої початкової міцності, а також дає можливість при потребі виконати часткове негайне розпалублення та покращити фізико-механічні властивості бетону за рахунок створення бездефектної структури.

Використання сонячної енергії для прискорення тверднення бетону. Проблема використання сонячної енергії в технології збірного залізобетону найефективніше вирішується шляхом безпосередньої дії сонячної радіації на тверднучий бетон. На такому принципі базується здійснюваний в полігонних умовах спосіб виготовлення виробів у геліоформах із світло-прозорим і теплоізоляційним покриттям (СВИТАП). Використовуючи такі геліоформи, можна в південних районах України протягом 5...6 місяців на рік випускати

Національний університет
водного господарства
та природокористування

вироби завтовшки 100...400 мм без якихось додаткових витрат енергії на їхню теплову обробку. При цьому бетон класу В20 через 20... 22 год тверднення набуває міцності 45...55 %, або 10...11 МПа, а бетон класів В30 і В40 — відповідно 12...13 МПа і 22...24 МПа, що дає можливість здійснити розпалублення і догляд за тверднучим бетоном.

Найбільший ефект дають м'які режими сонячного прогрівання, тому що дозований зовнішній тепловий вплив створює умови для інтенсифікації гідратації цементу та використання цього внутрішнього джерела теплоти для прискорення тверднення бетону. Ступінь участі теплоти екзотермії при гідратації цементу в загальних витратах енергії на прогрівання може досягати 70 %.

Температура в геліоформах підвищується зі швидкістю 5... 7 °С/год до 50...70 °С. На цій стадії вдало поєднуються впливи сонячної радіації та екзотермії цементу. Ізотермічне витримування триває 5...7 год, а остигання до температури 35 ^{0}С відбувається зі швидкістю 15...25 °С/год, залежно від масивності виробу, марки бетону, температури оточуючого середовища тощо.

Порівняння фізико-механічних властивостей бетонів, які тверднуть у геліоформах під СВИТАП, з пропареними за традиційними режимами і нормально тверднучими бетонами за сумарною пористістю і міцністю свідчить, що структура і властивості перших кращі, ніж пропарених, і наближаються до властивостей бетонів природного тверднення (табл. 3.6.3).

Таблиця 3.6.3.
Фізико-механічні характеристики
бетонів, які тверднуть у різних умовах

Умови тверднення	$R^{куб}$, МПа	$R^{пр}$, МПа	$R^{D}_{Р,}$ МПа	$E\cdot10^{-3}$ МПа
У геліоформах під СВИТАП	$\frac{13,7}{32,0}$	23,2	$\frac{2,61}{5,3}$	32,6
Пропарені за режимом 2+3+6+3	$\frac{21,6}{30,6}$	22,5	$\frac{3,69}{5,04}$	30,5
Природні	$\frac{5,7}{30,0}$	25,5	$\frac{1,56}{5,5}$	34,3

Примітки: 1. Над рискою — міцність після однієї доби тверднення, під рискою — через 28 діб. 2. Значення $R^{П}Р$ та Е — через 28 діб тверднення.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Прискорюючи тверднення бетону за рахунок сонячної енергії, найдоцільніше використовувати швидкотверднучі портландцементи та шлакопортландцементи. У геліотехнології можна використовувати хімічні добавки — прискорювачі тверднення, дія яких ефективна при температурі 30...70 ^{0}С, пластифікатори та суперпластифікатори, які не уповільнюють темпу тверднення.

Геліоформа з покриттям СВИТАП дає можливість максимально використовувати сонячну радіацію природної концентрації для прогрівання бетону, сприяє акумулюванню теплоти виробами, а також забезпечує тепло-ізолювальний ефект при твердненні бетону в несонячний час.

На полігонах, де використовують сонячну енергію, формування завершують до 11-ї години, щоб не допустити пересушування бетону. Відформовані вироби слід відразу ж накривати геліоковпаками, під якими створюється зростаюча вологість. Після розпалублення вироби повинні знаходитись на складі 1...3 доби. Догляд за ними полягає в підтримуванні поверхні виробів у вологому стані, для чого періодично вмикають розпилювачі води.

За хмурної погоди та при температурі повітря нижчій ніж 15 °С треба використовувати дублюючі джерела енергії (пару, електроенергію).

Контроль та регулювання процесу тверднення бетону.

Важливим етапом операційного контролю виготовлення збірних залізобетонних конструкцій є контроль режиму тверднення.

Нормальна робота установок для теплової обробки бетону забезпечується передусім належним станом теплових установок і

всього господарства, яке постачає теплоносії чи електроенергію. Контроль температурного режиму повинен здійснюватися безперервно за допомогою дистанційних реєструвальних або показувальних термометрів, розміщених у захищених нішах середньої частини ямних камер. Треба розміщувати в кожній зоні щілинних та тунельних камер не менше трьох термометрів Їх встановлюють також у теплових відсіках касет та під термоковпаками.

Існує ряд систем автоматичного контролю регулювання режиму паропрогрівання в камерах, а також встановлення температури безпосередньо в бетоні при електропрогріванні й контактному обігріванні виробів. Найпоширенішими пристроями для імпульсного програмного регулювання є прилади ИРТЕ-2 та ЕРП-61.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Поточним первинним контрольним документом про режими тверднення виробів є діаграми самописців.

Здійснюючи програмне регулювання, оператор через кожну годину записує в журнал інформацію про температуру та вологість кожної теплової установки. Незалежно від способу контролю в журналі зазначають час завантаження установки, попереднього витримування, початку та закінчення подавання пари, відкривання кришок камери та відвантаження виробів з камери.

Міцність пропарених виробів перевіряють випробуванням зразків, які виготовляють із суміші, відібраної в момент виготовлення виробів, і пропарюють разом з ними.

Контроль процесу електропрогрівання полягає в основному у вимірюванні температури в різних точках виробу дистанційним способом. Для перевірки справності дистанційних пристроїв температуру періодично вимірюють ртутним термометром, встановленим у спеціальні шпари у формі. В журналі зазначають час укладання бетонної суміші, її температуру при укладанні, строки вмикання та вимикання струму, середню температуру I та II стадій ізотермічного прогрівання.

Орієнтовно міцність виробів оцінюють за результатами випробування зразків, виготовлених з того самого замісу бетону та прогрітих струмом у спеціальних герметизованих формах з діелектричних матеріалів за режимом прогрівання бетону у виробах. Для контролю міцності тверднучого бетону все ширше застосовують і неруйнівні методи.

Контроль форсованого електропрогрівання бетонної суміші включає перевірку складу суміші, температурного режиму прогрівання, часу від закінчення прогрівання до початку формування, температурного режиму витримування виробів після формування і міцності бетону. Температуру прогрівання перевіряють дистанційними датчиками або технічними термометрами. Для перевірки міцності зразків гарячу суміш укладають у форми, підігріті до такої не температури, як і суміш. Після ущільнення на віброплощадці форми негайно накривають паронепроникним матеріалом і ставлять у лабораторну пропарювальну камеру, де підтримують температуру відповідно до режиму тверднення виробів.

Слід зазначити, що контроль електророзігрітого бетону за результатами випробування зразків не може дати точної інформації

Національний університет
водного господарства
та природокористування

про бетон у виробах через неможливість відтворити умови прогрівання бетону у виробах. Тому більш вірогідними є руйнівні методи контролю міцності бетону у виробах.

Контроль процесу геліообробки полягає в спостереженні за кінетикою наростання міцності бетону за допомогою ультразвукових приладів безпосередньо під час термообробки. Дуже важливо контролювати відстань між поверхнею виробів та геліокришками камер, яка створює товщину повітряного прошарку в 20 .30 см. Не можна допускати провисання нижнього шару світло-прозорого матеріалу та доторкання його до виробу.

Міцність розпалублення та відпускну міцність бетону, який твердне в геліоформах, не дозволяється визначати за результатами випробування зразків-кубів, оскільки через вплив масштабного фактора температурний режим не можна моделювати в контрольних зразках, бо їхня міцність буде вищою, ніж міцність виробів. Тому відпускну міцність контролюють неруйнівними методами.

Резерви зниження енергозатрат на прискорення тверднення бетону. У теплоенергетичному балансі заводів збірного залізобетон приблизно 70 % витрат енергоресурсів припадає на теплову обробку бетонів. Тривалість теплової обробки становить 75...80 % тривалості технологічного циклу виготовлення виробів, визначає оборотність форм і, таким чином, суттєво впливає на формомісткість виробництва.

Можливість зниження енерговитрат слід шукати як за рахунок усунення непродуктивних витрат теплоти, так і за рахунок скорочення тривалості теплової обробки (табл. 3.6.4).

У нашій країні більше половини збірних залізобетонних виробів поки ще виготовляється на агрегатних технологічних лініях ч використанням ямних камер пропарювання, коефіцієнт корисної дії яких 25...26 %.

Великі втрати теплоти пов'язані з остиганням огороджувальних конструкцій камер під час вивантаження та завантаження виробів через циклічність роботи ямних камер пропарювання, а також через те, що немає надійної теплоізоляції стінок та кришок камер і порушується герметичність затворів.

Застосовуючи різні теплоізоляційні матеріали, можна знизити теплову ємність огороджувальних конструкцій камер і у 1,5—2 рази зменшити витрати теплоти на прогрівання виробів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 3.6.4.
Технологічні прийоми скорочення тривалості теплової обробки виробів

Технологічні прийоми	Скорочення тривалості теплової обробки порівняно з норм.	Характеристика виробів
Застосування хімічних добавок — прискорювачів тверднення	3…5 / 4…6	Вироби без обмежень параметрів за умовами корозії арматури
Застосування попереднього розігрівання бетонних сумішей	3…5 / 4…6	Вироби завтовшки не більш як 200 мм
Теплова обробка у малонапірній камері пропарювання з тиском 0,05 МПа	2…3 / 4…5	Тонкостінні вироби з великим модулем відкритої поверхні
Теплова обробка в середовищі з регульованою вологістю	2…3 / 3…4	Те саме
Теплова обробка в електромагнітній камері	3…4 / 4…5	Густоарм. вироби з рівномірно розподіл. арматурою
Теплова обробка в камерах інфрачервоного високотемпературного прогрівання	1…2 / 3…4	Вироби на пористих заповнювачах завтовшки не більш як 250 мм
Форсоване електропрогрівання з повторним віброущільненням	4…5 / 5…6	Неармовані або армовані паралельними сітками вироби
Застосування ОШТЦ у поєднанні з ефективним ущільненням	6…7	Вироби всіх видів

Економічнішими за енерговитратами є камери безперервної дії. У них витрати пари на 30...40 % нижчі, ніж у ямних камерах.

Непродуктивні витрати теплоти значно знижуються, якщо як теплоносій використовувати електроенергію та продукти згоряння природного газу, оскільки відпадає потреба будувати котельні та паропроводи, де втрати теплоти становлять 50 %.

Великим резервом зменшення енерговитрат на теплову обробку збірних залізобетонних виробів є технологічні прийоми, які скорочують тривалість теплового впливу на тверднення бетону (табл. 3.6.4).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Зниження відпускної міцності бетону у виробах до 50...60 % замість 70 % за рахунок наступного збільшення міцності бетону під час перебування на складі заводу чи будівельних майданчиках дає змогу скоротити тривалість теплової обробки на 3...5 год. Двостадійна теплова обробка сприяє збільшенню оборотності форм та формувальних установок і знижує формомісткість виробництва. Поєднуючи застосування ОШТЦ, добавок-прискорювачів тверднення та зниження відпускної міцності чи попереднього розігрівання бетонної суміші і зниження відпускної міцності, можна скоротити тривалість теплової обробки на 5...7 год. Прискоренню теплової обробки сприяють способи формування, які дають змогу застосовувати жорсткіші бетонні суміші для утворення щільної структури бетону. Так, формування виробів вібропротягувальними пристроями з використанням бетонних сумішей жорсткістю Ж1,Ж2 прискорює теплову обробку на 3...4 год. При без вібраційному роликовому формуванні тротуарних плиток з жорсткого піщаного бетону тривалість теплової обробки становить 4...5 год.

Важливе значення в економії енерговитрат на теплову обробку мають організація виробничого процесу і коефіцієнт змінності виробництва. Безперервність використання теплових установок не допускає їхнього остигання і зберігає частину енергії, яка витрачалась на нагрівання огороджувальних конструкцій камери. Перспективним напрямом зниження енергоємності виробництва збірного залізобетону є застосування низькотемпературних режимів теплової обробки та врахування теплоти гідратації цементу під час прогрівання виробів.

Ефективною технологією прискорення тверднення плоских плит, розробленою УкрНДІгім, є безкамерний спосіб, який базується на створенні штучного масиву бетону пакетуванням, що дає змогу максимально використати екзотермію цементу в поєднанні з електропрогріванням та «активним термосом». Витрати енергії при цьому знижуються у 2,5 раза.

Принцип використання теплоти тверднучого цементу закладено і в інтенсивно розроблюваний останнім часом спосіб теплової обробки з використанням сонячної енергії.

Оптимальний спосіб теплової обробки слід вибирати, виходячи з умов зниження металомісткості обладнання, тривалості теплової обробки, економії цементу та теплової енергії.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Запитання та завдання для самоконтролю

1. Які способи теплового прискорення тверднення бетону застосовують у виробництві збірного залізобетону?
2. Поясніть суть дії хімічних та фізико-хімічних факторів, які прискорюють тверднення бетону.
3. Порівняйте особливості режиму паро прогрівання бетону в камерах, термоформах і касетах.
4. Які різновиди прогрівання бетону в газоповітряному середовищі Ви знаєте?
5. Охарактеризуйте різні види електротеплової обробки бетону і наведіть аналітичні залежності визначення питомої потужності тепло-випромінення для різних видів електродів.
6. Поясніть особливості індукційного прогрівання бетону.
7. В яких випадках доцільно використовувати форсоване електророзігрівання бетонної суміші?
8. Обґрунтуйте раціональність використання сонячної енергії для прискорення твердіння бетону. Наведіть приклади.
9. Як здійснюють контроль та регулювання процесу прискорення тверднення бетону?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 3.7.
Розпалублення виробів

Звільнення відформованих виробів від форм - розпалублення - може виконуватись: на постах формування перед тепловою обробкою (повне або часткове звільнення виробів від форми); після першої стадії теплової обробки, коли з'являється можливість без порушення свіжовідформованої структури бетону і наданої виробу форми (після набуття виробом міцності розпалублення) виймати його з форми і переміщувати на пост дозрівання або звільняти його від формоутворювальних елементів (вкладишів, бортових елементів тощо), але залишати на піддоні для переміщення; після досягнення бетоном виробів 70 % проектної міцності.

Способи та умови негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою. Негайним розпалубленням називають звільнення виробу від форми зразу ж після формування.

Найпростішими технологічними прийомами негайного розпалублення можна назвати:

Національний університет
водного господарства
та природокористування

звільнення виробів від формоутворювальних вкладишів та бортових елементів форм — часткове негайне розпалублення;

повне звільнення виробу від форми кантуванням його на 180° на плоский піддон для переміщення до камери теплової обробки — повне негайне розпалублення.

Повне й часткове негайне розпалублення сприяють значному зниженню металомісткості технологічного оснащення і пов'язаних з ним експлуатаційних та трудових затрат.

Виготовляючи вироби з помірно жорстких та малорухливих бетонних сумішей, для зниження формомісткості використовують часткове негайне розпалублення. Структурна міцність свіжовідформованого бетону при цьому повинна бути не меншою ніж 0,1 МПа.Часткове негайне розпалублення багатопорожнинних панелей перекриттів та вентиляційних блоків, що формуються з бетонної суміші з показником жорсткості 11...20 с, здійснюють на посту формування, виймаючи порожниноутворювачі та знімаючи бортоснащення. Щоб запобігти руйнуванню склепінь над порожнинами, плиту привантаження слід знімати після подолання сил зчеплення між

бетоном і поверхнею порожниноутворювачів, тобто після початку руху порожниноутворювачів при витяганні.

При безопалубному формуванні способом ковзного віброштампування чи віброекструзії виріб звільняють від внутрішніх формоутворювальних елементів і бортового оснащення, що входять до складу формувального агрегату, під час переміщення агрегату вздовж форми чи стенда. Швидкість переміщення агрегату повинна враховувати формувальні характеристики бетонної суміші і, як правило, не перевищувати 1 м/хв.

Часткове негайне розпалублення використовують також під час виготовлення безнапірних труб та кілець великих діаметрів. При цьому виріб звільняють від зовнішньої форми або від внутрішнього осердя.

Повне негайне розпалублення практикують при виготовленні виробів з жорстких сумішей інтенсивним вібропресуванням (тротуарні плитки, бортовий камінь, тюбінги кріплення шахт та інші ненапружені вироби). Їх звільняють від форми кантуванням. Потрібну міцність розпалублення свіжовідформованого бетону при повному

Національний університет
водного господарства
та природокористування

негайному розпалубленні можна визначити розрахунком, виходячи з умови рівноваги елементарного об'єму свіжо-відформованої маси:

$$R = 2\sigma_P /(\rho_{ущ}\pi) \qquad A = \frac{2\sqrt{3\sigma_P}}{\rho_{ущ}\pi} \qquad B = \frac{\sigma_P}{\rho_{ущ}\pi},$$

де *A, B, R* — параметри конструктивного армування, σ_p – міцність при розтягу свіжо-відформованого бетону, $\rho_{ущ}$ – густина свіжо відформованого бетону.

Таким чином, параметри армування для виробів при негайному розпалубленні визначаються з урахуванням міцності свіжо-відформованого бетону. Якщо зважити, що σ_P=0,018 $\sigma_{ст}$, то

$$\sigma_{ст} = 50\rho_{ущ}A$$

Міцність ущільненої бетонної суміші перевіряють за результатами випробування зразків виробів при дослідному формуванні, регулюючи жорсткість бетонної суміші інтенсивністю процесу ущільнення, застосуванням добавок — прискорювачів тверднення, вакуумуванням та іншими технологічними прийомами.

Розпалублення виробів після теплової обробки. Для зниження формомісткості виробництва застосовують прискорене часткове розпалублення виробів, яке виконують після попередньої теплової обробки відформованих виробів протягом 0,5... 2,0 год при температурі 40...50 °С або короткочасного витримування при нормальній температурі. Цей прийом використовують при виготовленні зовнішніх стінових панелей та інших виробів із застосуванням формоутворювальних елементів. Прорізо- та профілеут-ворювачі виймають краном перед подачею виробів до камери теплової обробки.

Прискорене часткове розпалублення не тільки збільшує оборотність формоутворювальних елементів оснащення, а й створює сприятливі умови для одержання високої якості виробів за рахунок зменшення деструктивних процесів під час теплової обробки.

Розпалублення виробів після першої стадії двостадійної теплової обробки досить широко застосовують при виготовленні виробів у касетних формах, об'ємних блоків у стаціонарних формувальних установках та інших технологіях збірних залізобетонних виробів.

Якщо після першої стадії теплової обробки бетон досяг міцності 8...10 МПа, то можна здійснювати повне розпалублення і переміщувати вироби мостовим краном у камери дозрівання.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Якщо бетон після першої стадії теплової обробки досяг міцності лише 1...2 МПа, то можна здійснювати тільки часткове розпалублення. Наприклад, при формуванні об'ємних блоків їх звільняють від зовнішніх щитів форми, залишаючи на осерді для переміщення в камеру другої стадії теплової обробки.

Розпалублюють вироби після завершення теплової обробки при набутті бетоном розпалубочної міцності. Вироби, виготовлені в пересувних формах, розпалублюють на спеціальних постах, обладнаних пристосуваннями та пристроями для відкривання чи відсування бортів форм і знімання виробів.

Установка для механізованого відкривання бортів форм за допомогою системи важелів, з'єднаних з пневмоциліндром тягою, відхиляє поздовжні борти форми, шарнірно приєднані до піддона. Виріб, звільнений від бортових елементів, знімають з піддона мостовим краном за монтажні петлі.

Для зниження зусилля відокремлення виробу від піддона можна пост розпалублення обладнати спеціальним пристроєм, який не тільки відкриває борти форми, а й відокремлює виріб від піддона (рис. 3.7.1). Конусні штирі, розміщені в отворах піддона форми, через прокладку своєю верхньою площиною передають нормальні зусилля на виріб, відділяючи його від піддона. Система важелів для піднімання штирів приводиться в дію пневмоциліндрами.

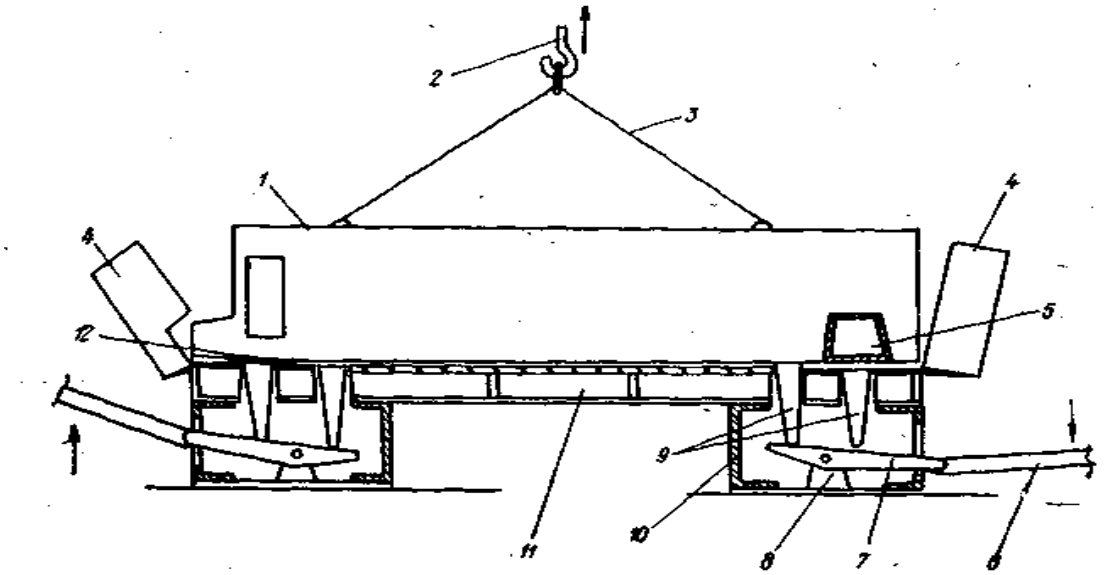


Рис. 3.7.1. Механізована установка для розпалублення виробів:

1 – виріб; 2 – гак крана; 3 – стропи; 4 – борти форми; 5 – вкладиші-порожниноутворювачі; 6 – рукоятка; 7 – важіль; 8 – опора важеля; 9 –конусні штирі; 10 – рама-форми; 11 – піддон-форми; 12 – прокладка

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Для звільнення виробів від розділювальних стінок касет використовують розпалублювальний механізм, яким послідовно відсуваються теплові та розділювальні стінки касети. Під час розпалублення зовнішніх та внутрішніх стінових панелей, які виготовляють на конвеєрних лініях в горизонтальному положенні, для знімання

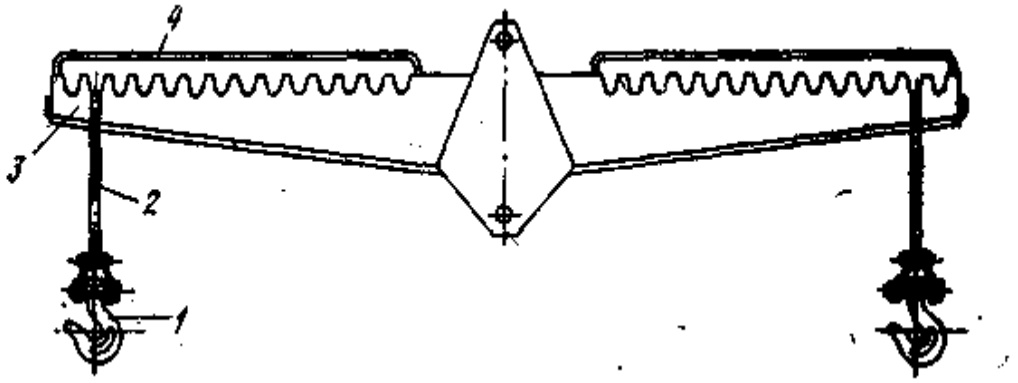


Рис. 3.7.2. Траверса:
1— гак; 2 —підвіска; 3 —балка; 4 — огороджувальна скоба

виробу за монтажні петлі слід перевести форму з виробом у положення, близьке до вертикального. Для цього використовують кантувачі, які нахиляють форму на 70°, створюючи можливість за допомогою траверси (рис. 3.7.2) зняти виріб з форми краном.

Слід відзначити недостатній рівень механізації розпалублювальних робіт за агрегатної та стендової технології виготовлення збірних залізобетонних конструкцій.

Особливості розпалублення попередньо-напружених конструкцій. Для попередньо-напружених конструкцій характерні або негайне часткове розпалублення (звільнення від бортових елементів форм), або розпалублення після завершення теплової обробки.

Перед зніманням або вийманням попередньо-напружених виробів з форми здійснюється дуже відповідальна технологічна операція – передавання зусилля попереднього напруження арматури з упорів форми на бетон, тобто обтискання бетону попередньо-напруженою арматурою. Виконують її тільки після набуття бетоном передавальної міцності, яка забезпечує анкерування арматури в бетоні, зазначається в робочих кресленнях конструкції і залежить від класу бетону й виду напруженої арматури. Як правило, вона становить 70...80 % проектної міцності бетону.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

У попередньо-напружених виробах після закінчення теплової обробки вільні від бетону ділянки арматури остигають досить швидко, що призводить до збільшення розтягувальних зусиль і виникнення тріщин у бетоні та погіршує анкерування арматури. Для усунення цього негативного явища рекомендують зусилля обтискання передавати на бетон у гарячому стані. Допускається передавати зусилля обтискання на бетон, коли він остиг не більш як на 30° С.

Температуру попередньо-напруженого виробу при обтисканні призначають з урахуванням класу бетону, виду арматури та відношення довжини ділянки арматури, що нагрівається, до загальної довжини попередньо-напруженої арматури.

До моменту передавання напруження на бетон потрібно усунути внутрішні зв'язки, які перешкоджають вільному поздовжньому переміщенню виробів на стенді чи піддоні форми. Для цього виймають вкладиші та інші формоутворювальні елементи, при потребі виріб звільняють від бортового оснащення.

Способи передавання зусилля обтискання на бетон залежать від прийнятої технології, виду виробів та класу арматури і мають такі різновиди:

одночасне відпускання натягу всіх арматурних елементів виробу домкратом після попереднього витягування кінців арматури або звільнення упорних пристроїв;почергове відпускання окремих елементів арматури чи їхніх груп за допомогою домкратів, спеціальних пристроїв, а також попереднім розігріванням вільних кінців арматури і перерізанням їх газовим полум'ям, електродугою тощо.

Розрізняють плавний та неплавний режими передавання натягу на бетон. Одночасне плавне відпускання натягу створює найкращі умови для обтискання бетону. Неплавне відпускання натягу погіршує зчеплення арматури з бетоном поблизу торців конструкції.

При почерговому послідовному відпусканні натягу арматури виникає перерозподіл зусиль і деформацій, порушується зчеплення на кінцевих ділянках, що призводить до зниження тріщиностійкості та несучої здатності конструкцій.

Пристроїв та приладів для відпускання натягу арматури існує кілька видів.

Для плавного відпускання натягу арматури під час виготовлення попередньо-напружених залізобетонних конструкцій використовують клинові, пісочні та гвинтові пристрої, поворотні упори тощо.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

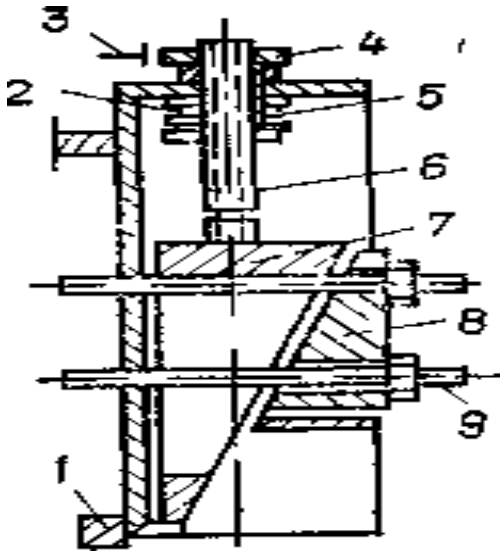


Рис.3.7.3. Клиновий пристрій для відпускання напруження в арматурі:
1 — упори стенда;
2 — прокладки;
3 —гальмо;
4 — гальмівний шків;
5 — гайка;
6 — гвинт;
7 — клин середній пересувний;
8 — клин крайній;
9 — тяги

Клинові пристрої (рис. 3.7.3) встановлюють з одного боку від упорів стенда між упором і затискачем до початку напруження арматури у зібраному вигляді. Пересувний середній клин у цей час утримується у вихідному положенні гальмівним пристроєм. При відпусканні натягу пересувний клин за допомогою гайки витягують вгору, плавно передаючи зусилля з упорів на бетон.

Пісочні пристрої застосовують для одночасного плавного відпускання натягу пакетів дроту на стендах, а також для відпускання натягу стержневої арматури в силових формах.

На стендах пісочні пристрої встановлюють між упорами та рухомими траверсами (рис. 3.7.4). Пісочниця — це циліндр з кришкою, заповнений піском. Навантаження від натягу арматури передається на кришку циліндра, пісок обтискується і перешкоджає зміщенню кришки-поршня доти, доки зачинено отвір у стінці циліндра. При відпусканні натягу отвір відкривають, пісок починає витікати з циліндра, кришка-поршень тепер може пересуватися в глиб циліндра, і натяг арматури передається на бетон. Пісочниці заповнюють сухим піском крупністю 0,2 мм перед кожним циклом натягання арматури. Для підвищення надійності роботи пісочниць їх слід захищати від зволоження та замерзання.

Виготовляючи конструкції в силових формах, пісочні пристрої розміщують у силовому піддоні, створюючи можливість плавно переміщати його торцеві частини з упорами до середини піддона.

Гвинтові пристрої рекомендують застосовувати на стендах і в силових формах при невеликих зусиллях натягання арматури. Для відпускання натягу упорні гвинти відкручують почергово вручну гайковим ключем з важелем. При великих зусиллях натягання застосовують потужні упорні гвинти з механічним приводом.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

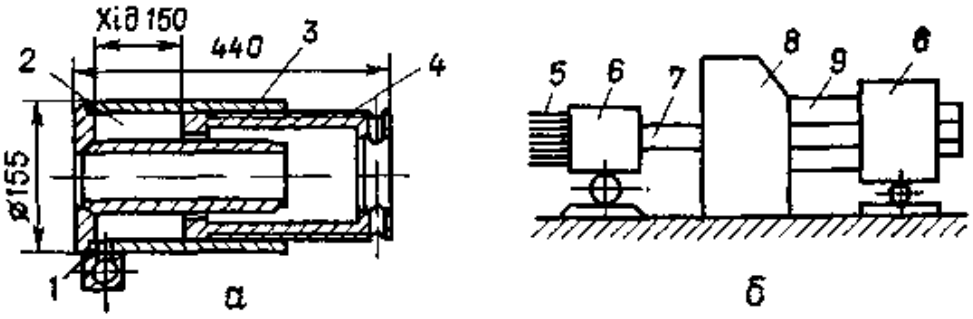


Рис. 3.7.4. Пісочна муфта для відпускання натягу в арматурі:
а — конструкція пісочниці; б — схема розміщення пісочниці на стенді; 1 — отвір з краном для висипання піску; 2 — порожнина з піском; 3 — циліндричний корпус; 4 — кришка поршня; 5 — арматура; 6 — пересувна траверса; 7 — силова тяга; 8 — упор стенда; 9 — пісочниця

Поворотні упори (приставки) застосовують на силових формах при електротермічному натяганні арматури. Розміщують їх у межах габаритів конструкції, що дає змогу сперти кінцеві анкери на бетон. При цьому немає потреби обрізати кінці арматури. Для відпускання натягу арматури піддон з виробом ставлять на приставки, які при цьому нахиляються і упори зближаються.

Відпускання напруженої арматури за допомогою розігрівання вільних кінців стержнів чи канатів газокисневим полум'ям використовують для зниження границь текучості сталі, за рахунок чого зменшується зусилля, яке діє в арматурі. Розігрівають ділянку арматури завдовжки не менш як 160 мм, розміщену на відстані 100 мм від торця виробу. Під час розігрівання та різання різак тримають так, щоб полум'я охоплювало всі дротини каната на відстані 12...15 см від бетону. Розігрівати арматуру для плавного відпускання треба не менше 4 хв. Після відпускання натягу арматури її перерізають в місцях розігрівання.

Запитання та завдання для самоконтролю

1. В які періоди та в яких умовах можливе звільнення виробів від форм?
2. Назвіть способи та умови негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою та розрахуйте міцність розпалублення бетону при повному негайному розпалубленні.
3. Охарактеризуйте умови розпалублення попередньонапружених виробів.
4. Назвіть способи передавання зусилля обтискання на бетон та пристрої для їхньої реалізації.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 3.8
Комплектування та опоряджування виробів

Шляхи підвищення рівня заводської готовності виробів. Одним із факторів, що забезпечують ефективність застосування збірних залізобетонних конструкцій у будівництві, є високий ступінь заводської готовності їх, який дає змогу скоротити обсяги і строки монтажних та опоряджувальних робіт на будівельному об'єкті. Заводська готовність збірних залізобетонних конструкцій підвищується завдяки виконанню в умовах заводу всіх можливих робіт по комплектуванню та опоряджуванню.

Комплектування збірного залізобетонного виробу — це об'єднання його з іншими функціонально пов'язаними елементами та пристроями з метою максимального наближення до конструкції будівлі. Так, залізобетонна плита покриття може бути наближена до конструкції покриття, якщо на неї нанести теплоізоляційний шар з легкого бетону, пароізоляцію та гідроізоляційне покриття з рулонного матеріалу (рис. 3.8.1).

Опоряджування збірного залізобетонного елемента полягає в обробці його лицьових поверхонь до повної або часткової готовності. Наприклад, внутрішнє опорядження санітарно-технічних кабін доцільно доводити до повної готовності, а панелей та перегородок — до часткової готовності під оклеювання шпалерами чи фарбування.

Заводську готовність збірних залізобетонних виробів підвищують також укрупненням елементів для зменшення кількості монтажних одиниць. Сходову площадку можна поєднати зі сходовим маршем чи козирком над входом. Поєднання стін з плитою підлоги чи стелі, тобто виготовлення об'ємних блоків, також повною мірою відповідає завданням підвищення заводської готовності збірних залізобетонних виробів. Підвищує готовність виробів і виконання в умовах заводу частини електромонтажних та санітарно-технічних робіт, що знижує трудомісткість будівництва. Так, внутрішні стінові панелі та перегородки, а також плити перекриття з прихованою електропроводкою (рис. 3.8.2). У санітарно-технічних кабінах монтують водопровідні та каналізаційні труби, встановлюють умивальники, ванни та унітази.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

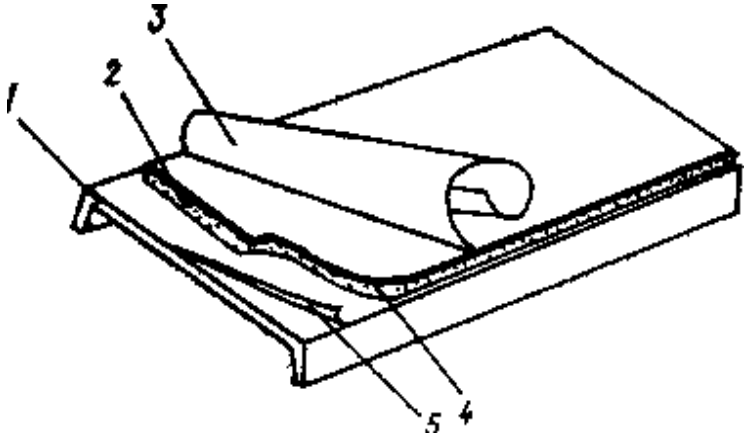


Рис. 3.8.1. Схема конструкції комплексної плити покриття для промислових будівель:

1 — залізобетонна плита; 2 — теплоізоляція; 3 — гідроізоляція; 4 — цементна стяжка 5 —- пароізоляція

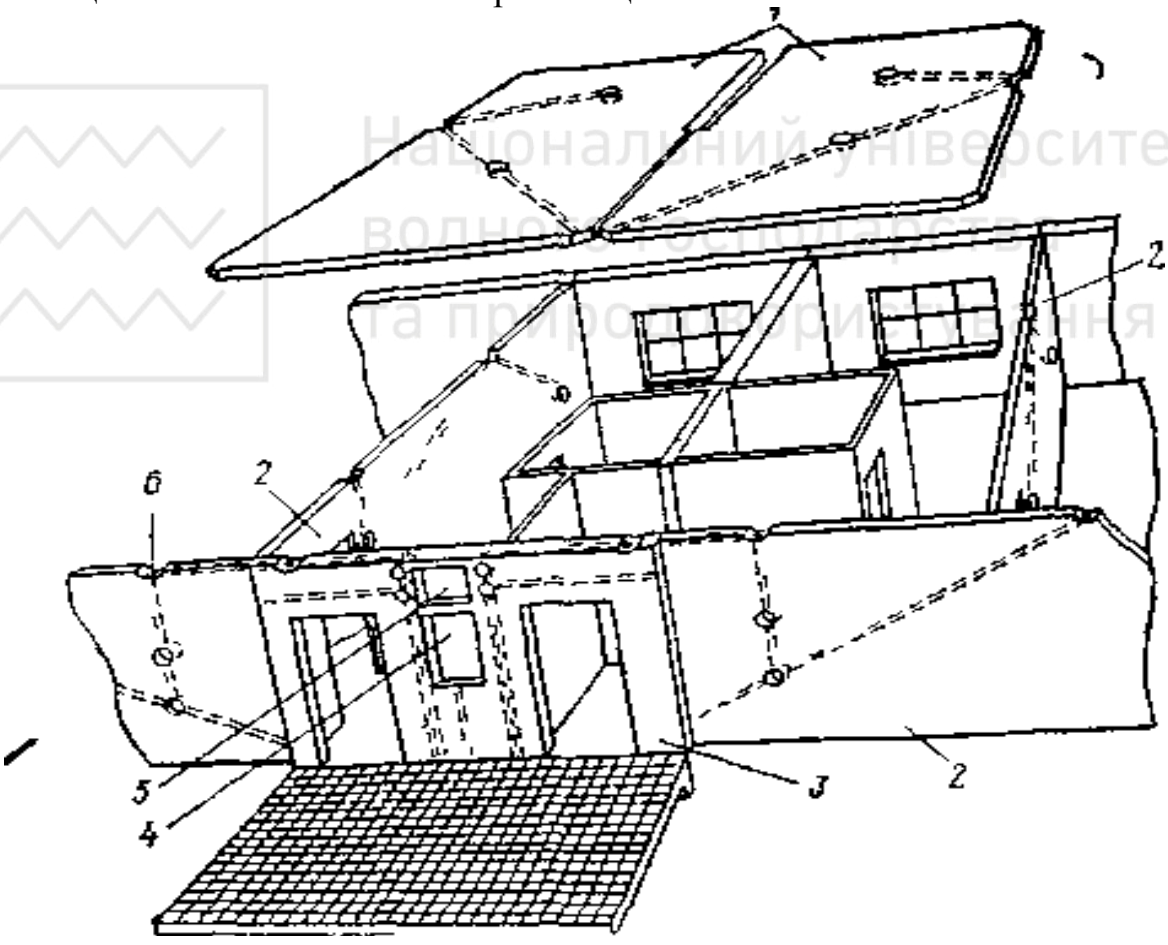


Рис. 3.8.2. Схема каналів для прихованої електропроводки в панельному житловому будинку (канали показано штриховими лініями):

1 — панелі перекриття; 2 — внутрішні стінові панелі; 3 — стінова панель сходів з каналами для вертикальних ділянок електропроводки; 4 — ніша для розподільного щитка; 5 — ніша для щитка слабкострумових пристроїв; 6 — з'єднувальна ніша

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Для оцінки рівня заводської готовності виробів конкретної технологічної лінії можна використати таку залежність:

$$C_{З.Г.} = 1 - \sum_{i=2}^{n} Ki,$$

де K_i — коефіцієнт, що враховує відношення вартості і-ї операції по доведенню виробів, не виконаних в заводських умовах, до вартості обробки виробів при повній заводській готовності їх; n — число операцій.

На сучасному етапі збірного домобудування заводська готовність виробів характеризується виконанням робіт по комплектуванню та опоряджуванню, (наприклад зовнішніх стінових панелей див. табл. 3.8.1.

Рівень заводської готовності у великопанельному домобудуванні згідно з наведеною залежністю коливається від 0,83 до 1,0. Однак з урахуванням науково-технічного прогресу в технології збірних залізобетонних конструкцій та технології будівельного виробництва він повинен коректуватися.

Таблиця 3.8. 1.
Роботи по комплектуванню та опоряджуванню зовнішніх стінових панелей

Вироби	Види робіт	K_i
Зовнішні стінові панелі	Встановлення столярних виробів, фарбування один раз	0,12
	Встановлення зливників та підвіконних дошок	0,22
	Фарбування фасадної поверхні	0,08
	Підготовка під оклеювання шпалерами або покращене фарбування внутрішньої поверхні	0,014

Підвищення рівня заводської готовності збірних залізобетонних виробів сприяє як економічному, так і соціальному ефектам. Перенесення більшої частини трудомістких, мало механізованих процесів опоряджування з будівельного майданчика на завод пов'язане зі зниженням плинності кадрів та захворюваності, підвищенням внаслідок цього продуктивності праці, скороченням строків введення в

Національний університет
водного господарства
та природокористування

експлуатацію будівель та споруд. Чим вищий рівень заводської готовності збірних залізобетонних виробів, тим вище абсолютне значення соціально-економічного ефекту.

Види опорядження поверхонь збірних залізобетонних виробів. Матеріалами для опорядження є: облицювальні плитки керамічні, скляні, з природного каменю; подрібнені фракціоновані природні та штучні матеріали; декоративні бетони та розчини, які значно урізноманітнюють кольорові та фактурні рішення. В табл. 3.8.2 наведено характеристику деяких видів опорядження фасадних поверхонь.

Вартість опорядження визначається з урахуванням прогнозу 50-річної експлуатації.

Лицьові поверхні внутрішніх стін, перегородок, плит покриттів та перекриттів, як і внутрішніх поверхонь зовнішніх стінових панелей, під час заводського опоряджування повинні бути підготовленими під малярні роботи (побілення, фарбування, обклеювання шпалерами), які виконують після монтажу будівлі. Опоряджування лицьових поверхонь цих виробів полягає в механізованому затиранні відкритих пор та дрібних раковин шпаклювальним розчином.

У збірних залізобетонних сходових площадках опоряджують лицьові поверхні бетону шліфуванням після теплової обробки або під час формування "лицем вниз" облицьовують метлахською плиткою. Нижні поверхні готують під фарбування.

Лицьові поверхні сходових маршів можна опоряджувати мозаїчним шаром, що складається з мармурових крихт та кольорового цементу. Укладають мозаїчний шар під час формування, а після теплової обробки шліфують дисковими шліфувальними машинами. Нижні та бічні поверхні сходових маршів готують під фарбування.

Опоряджування зовнішніх стінових панелей. Вид опорядження зовнішніх стінових панелей повинен забезпечувати фактурно-кольорове рішення фасаду будівлі з урахуванням можливості реалізації його на відповідних підприємствах збірного залізобетону. Для виробів масового випуску (рядові зовнішні стінові панелі) рекомендують застосовувати недорогі та технологічні способи опоряджування: оголення заповнювача декоративного бетону; рельєфне опорядження декоративними бетонами та розчинами; облицювання керамічними плитками; фарбування та набризк різних видів; глазурування.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 3.8.2.
Основні види опорядження фасадів

Поверхня	Матеріал для опорядження	Спосіб утворення поверхні
Гладка	Плитки керамічні	Під час формування «лицем вниз»
	Плитки з природного каменю	Після тверднення
	Килимова скломозаїка	Під час формування «лицем вниз»
	Декоративний бетон	Шліфування після тверднення бетону
	Кремнійорганічні емалі	Після тверднення
	Багатокольорові керамічні глазурі	Те саме
	Водоемульсійні фарби	Те саме
Рельєфна з канелюрами	Декоративний розчин на звичайному та кольоровому цементі	Обробка рельєфостворювачами перед тепловою обробкою
Рельєфна «під шубу»	Те саме	Обробка металевими щітками перед тепловою обробкою

Деякі види опорядження, наприклад металізацію, облицювання плитками з природного каменю, опорядження ерклізом та ін., доцільно застосовувати або для акцентних виробів індивідуального характеру, або для панелей унікальних споруд.

Опоряджування декоративним бетоном з оголенням заповнювача можливе під час формування панелей як "лицем вниз", так і "лицем вгору".

Під час формування панелей лицьовою поверхнею вниз опоряджувальний шар створюють з декоративного бетону на заповнювачах заданого кольору (білий або рожевий вапняк, кольорові туфи та граніти) та уповільнювача тверднення цементу. Уповільнювачами тверднення є швидкорозчинні гідрол, меласа, цукор технічний, лігносульфонат технічний та важкорозчинні декстрин, бура, які у відповідній концентрації здатні знизити міцність цементного каменю на момент розпалублення до 2 МПа. Уповільнювач наносять на

Національний університет
водного господарства
та природокористування

поверхню піддона щітками чи пневморозпилювачем рівним шаром і витримують перед укладанням бетону 15...40 хв для висихання. Більш технологічним є використання паперових килимів з уповільнювачем тверднення, які укладають на формувальну поверхню піддона. Декоративну бетонну суміш розподіляють по площині піддона, не порушуючи цілісності шару уповільнювача. Потім укладають арматурний каркас, керамзитобетонну суміш і формують виріб. Після теплової обробки на опоряджувальному конвеєрі видаляють уповільнювач тверднення металевими щітками, оголюючи заповнювач декоративного шару бетону.

Під час формування панелей лицьовою поверхнею вгору грубий заповнювач оголюють обробкою свіжо укладеного декоративного бетону водою під тиском 0,2...0,4 МПа, яку подають на бетон дрібними крапельками (розпилена вода). На спеціальному посту з пристроєм для нахилення панелі на 10...20° та відстійниками змивають розчинну складову й оголюють заповнювач на 1/5...1/2 розміру зерен. Оголення здійснюють смугами завширшки 30...40 см у 2 – 4 етапи вудкою-розпилювачем. Після оголення заповнювача розпиленою водою панелі слід витримати не менше 3 год. перед тепловою обробкою.

Цей спосіб опоряджування фасадних поверхонь зовнішніх стінових панелей у конвеєрному виробництві недоцільний.

Опоряджування декоративними цементними розчинами – відносно дешеве і малотрудомістке, але має низьку довговічність. Формуванням панелей "лицем вниз" можна одержати декілька видів поверхонь. Рівної гладкої, а також рельєфної глянцевої поверхонь досягають формуванням панелей на ударних площадках – шокстолах. Удари частотою 220 разів на хвилину з амплітудою 3...6 мм долають тертя між частинками жорсткої бетонної суміші і змушують їх поступово зміщуватися, займати найбільш стабільне положення. При цьому порожнини між грубими включеннями бетону заповнюються дрібними частинками, внаслідок чого досягається оптимальне ущільнення бетонної маси. Поступово ущільнюючись, бетон при кожному ударі відтискає повітря та воду, створюючи щільний, абсолютно гладкий нижній шар.

Для утворення рельєфу до поверхні піддона форми прикріплюють рельєфоутворювальні матриці, які виготовляють з різних матеріалів. Найдовговічнішими в умовах масового виготовлення виробів з тепловою обробкою є матриці з листової сталі. Бетонні матриці дешевші, але витримують 100... 150 оборотів, гумові матриці – 100 оборотів. Склопластикові матриці можна використовувати, якщо

Національний університет
водного господарства
та природокористування

теплову обробку здійснювати при температурі не вище 50 °С, термопласти рекомендують при природному твердненні бетону.

Найбільш якісними лицьові поверхні виходять, якщо використовувати декоративні розчини таких складів, частин за масою:

кольоровий портландцемент;	
кварцовий пісок ($М_{кр}$=2...3),	3
вода	0,4
або	
білий портландцемент	1
мармуровий щебінь	3,3
вода	0,5

Приготувати декоративний розчин можна або в бетонозмішувальному цеху в розчинозмішувачах з доставленням до місця формування розчиноукладачами, або безпосередньо біля поста формування комплектують пост приготування віброактивованого розчину, який наносять на поверхню матриці пневмонабризком.

Арматурний каркас встановлюють після нанесення декоративного шару розчину.

Укладати конструктивний бетон слід не раніше ніж через 20 хв після нанесення декоративного шару. Термообробку здійснюють за прийнятою на заводі технологією.

Під час формування панелей фасадною поверхнею вгору конструктивний бетон після ущільнення повинен бути нижче верху бортів форми на товщину опоряджувального шару. Укладають декоративний розчин розчиноукладачем з розрівнювальним пристроєм. Потім поверхню обробляють рельєфоутворювачем — валом діаметром 150 мм, на циліндричній поверхні якого закріплено лінійні або точкові знімні елементи, що створюють при вдавлюванні в розчин відповідний малюнок. Глибина рельєфу становить половину товщини розчинного шару. Маса вала повинна забезпечувати розподілене лінійне навантаження на суміш не менше ніж 100 Н/м твірної циліндра.

Щоб запобігти налипанню розчину на вал, поверхню панелі перед укочуванням посипають дрібним піском шаром 3 мм або накривають поліамідною плівкою. Після тепловологісної обробки на опоряджувальному конвеєрі поверхню панелі очищають від піску щітками або водою.

Для опоряджування фасадних поверхонь зовнішніх стінових панелей використовують ще й спосіб присипання або вдавлювання, який полягає в тому, що на шар декоративного розчину рівномірно

Національний університет
водного господарства
та природокористування

розсипають митий фракціонований щебінь, гравій чи еркліз і трамбуванням, вібруванням або укочуванням валками вдавлюють у розчин. Щоб забезпечити довговічність такого опорядження, міцність розчину декоративного шару повинна бути не менш як 1,5 МПа, рухливість 2...5 см, а товщина 20...30 мм, залежно від фракції декоративного заповнювача.

Для укладання заповнювача в розчин по периметру панелей та прорізів вставляють рейки перерізом 20х20 мм. При такому опоряджуванні виріб перед тепловою обробкою витримують не менше 2 год. Теплову обробку здійснюють плавним підвищенням температури до 80 °С протягом 3 год.

Облицювання фасадних поверхонь керамічними плитками та плитками з інших штучних матеріалів виконують при формуванні панелей фасадною поверхнею вниз. Найчастіше керамічні та скляні плитки надходять у вигляді килимів на паперовій основі, які на заводах укрупнюють до розмірів окремих елементів панелей фасаду (простінків, перемичок, підвіконних частин).

На очищений та змазаний піддон форми укрупнені килими укладають паперовою основою вниз, потім з цементно-піщаного розчину складу за масою 1,0 : 2,5 : 1,0 створюють шар не менш як 10 мм. Арматуру укладають на фіксатори, щоб забезпечити відстань від плитки не менш як 15 мм. Щоб не пошкодити плитки та не допустити їхнього зміщення по піддону, бетонну суміш конструктивного шару ущільнюють на віброплощадках з амплітудою коливань не більше ніж 0,3 мм. Для підвищення міцності зчеплення плитки з розчином теплову обробку панелей бажано починати не раніше ніж через 2 год після укладання розчину. Після теплової обробки паперову основу килимів плиток змивають водою.

Опоряджувальні конвеєри. Для виконання технологічних операцій по комплектуванню зовнішніх стінових панелей та завершення опоряджування їх на заводах великопанельного домобудування використовують опоряджувальні конвеєри. На домобудівних комбінатах застосовують вертикальні опоряджувальні конвеєри трьох типів: візковий, ланцюговий та монорейковий.

Візковий конвеєр складається з візків, які переміщуються по вузькій колії (150 мм). Панель на візок встановлюють на нижню грань, у вертикальному положенні її утримують підтримувальні ролики, розміщені по обидва боки верхньої кромки панелі (рис. 3.8.4).

На ланцюговому конвеєрі (див. Русанова) панель підвішують за гаки до ланцюга для пересування вздовж лінії опоряджування. Під

Національний університет
водного господарства
та природокористування

час обробки панель закріплюють знизу пневматичними притискачами.

Монорейковий конвейєр (див. Русанова) – це естакада, на якій змонтовано робочу та зворотну гілки для переміщення по монорейці траверсних візків. Під час обробки виробу на посту його закріплюють знизу пневмороликами.

Конвеєри підвісного типу (ланцюговий та монорейковий) зручніші, тому що вся поверхня виробу при переміщенні залишається відкритою.

Обладнання, необхідне для виконання операцій по опоряджуванню та комплектуванню, розміщують вздовж конвеєра. До складу обладнання можуть входити мийна та штукатурно-затиральна машини, фарбопульти та вудки-розпилювачі, камери з калориферами для сушіння, віддзеркалюючі електропечі для оплавлення глазурей тощо. Для зручності виконання робіт використовують підіймальні робочі площадки. Число постів конвеєра визначають з урахуванням характеру та трудомісткості операцій по опоряджуванню та комплектуванню, а ритм роботи відповідає ритму формувальної лінії.

Тривалість технологічного циклу комплектування та опоряджування

$$T_Ц = R_{К.О} n_{Р.П.} + \sum t_Ц$$

де: $R_{К.О.}$ – ритм роботи конвеєра опоряджування, хв; $n_{Р.П.}$ – числа робочих постів конвеєра; $\sum t_Ц$ — загальна тривалість технологічних перерв, хв.

Число робітників, зайнятих на опоряджувальному конвеєрі,

$$n_Р = QV_В / T_Д K,$$

де: Q — трудомісткість операцій по опоряджуванню одного виробу, люд.-хв; $V_В$ – добовий випуск виробів, шт.; $T_Д$ – добовий фонд робочого часу, хв; K – коефіцієнт виконання норми.

Опоряджування панелей багатокольоровими глазурями та емалями складається з двох шарів паропроникного покриття (рис. 3.8.3). Підглазурний шар готують із суміші однофракційного піску, це-«менту та води. Підглазурний шар можна створити при формуванні панелей фасадною поверхнею як вгору, так і вниз.

Виготовляючи керамзитобетонні панелі «лицем вгору», підглазурний шар укладають розчипоукладачем по добре ущільненому керамзитобетону, рівень якого у формі повинен бути на 15...20 мм нижчим від верху бортів форми. Шар підглазурної суміші повинен

Національний університет
водного господарства
та природокористування

перевищувати рівень бортів форми на 12... 15 мм, що досягається укладанням на верх бортів дерев'яних рейок. Розрівнюють шар рейками з кутників або швелерів, щоб поверхня була рівною і твердою.

Якщо панелі формують фасадною поверхнею вниз, то піддон форми змазують тонким шаром солідолу, розчиноукладачем укладають підглазурну суміш шаром 40 мм, трохи ущільнюють її дерев'яними трамбівками до товщини приблизно 35 мм. На цей шар укладають арматурні елементи та шар конструктивного бетону. Ущільнення виконують на віброплощадці. Теплову обробку панелей з під переріз глазурованої глазурним шаром здійснюють за звичайними керамзитобетонної па-режимами.

Після теплової обробки на основному конвеєрі виконують ще такі операції по опоряджуванню: шліфування внутрішньої лицьової поверхні, якщо панель формувалась фасадною поверхнею вниз; встановлення і кріплення столярних блоків; законопачування клоччям щілин між блоком і панеллю; затирання від-косів. Після цього панель подають на опоряджувальний конвеєр, на якому сушать підглазурний шар при температурі 150...200° С електричною екранною піччю.

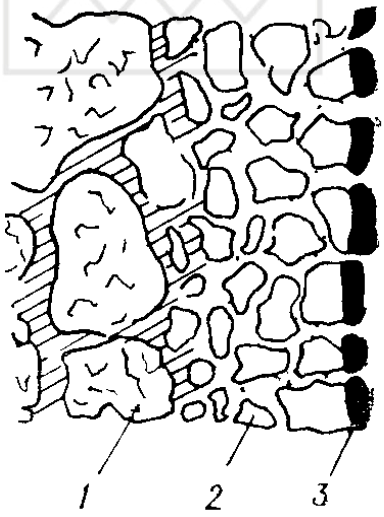


Рис. 3.8.3. Схематичний переріз глазурованої керамзитопанелі:
1 — керамзитобетонна суміш;
2 — підглазурний шар;
3 — переривчаста* глазур

Коли панель виходить із зони печі (швидкість переміщення панелі 10 м/год), на фактурну поверхню пістолетом-розпилювачем наносять глазурну або емалеву суспензію. Витрата глазурної суспензії 1 л/м^2. Для створення по контуру панелі неглазурованої смуги завширшки 40...50 мм на вертикальні й горизонтальні кромки панелі прикріплюють захисні рамки.

Глазуровану панель переміщують у зону обпалювальної електричної печі, де глазурне чи емалеве покриття розплавляється.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Комплектування та опоряджування панелей внутрішніх стін та перекриттів. Внутрішні стінові панелі та перегородки випускають готовими для фарбування чи обклеювання шпалерами. Всередині внутрішніх стінових панелей та панелей перекриттів розміщують потайну електропроводку, яку влаштовують під час виготовлення виробів. Відповідно до технічних умов на виготовлення виробів електропроводку або повністю монтують у проектне положення на арматурному каркасі і замонолічують бетоном під час формування, або залишають канали та отвори для вводів у заданому положенні, а електричну проводку роблять після розпалублення на заводі чи після монтажу на об'єкті

Канали діаметром 18...20 мм утворюють каналоутворювачами з труб чи стержнів, які прикріплюють до арматурного каркаса, а також конусними втулками та коробками, що утворюють отвори для розеток та вимикачів. Для запобігання зчепленню каналоутворювачів з бетоном під час теплової обробки їх через кожні 20...30 хв повертають, а через 2,5...4,0 год виймають з виробів.

Опоряджування лицьових поверхонь внутрішніх стінових панелей можна виконувати як на горизонтальному, так і на вертикальному конвеєрі. При горизонтальному формуванні внутрішніх стінових панелей та перегородок обробляють тільки верхню площину панелі, відкриту при формуванні. Якість поверхні, повернено! до піддона, забезпечується під час формування.

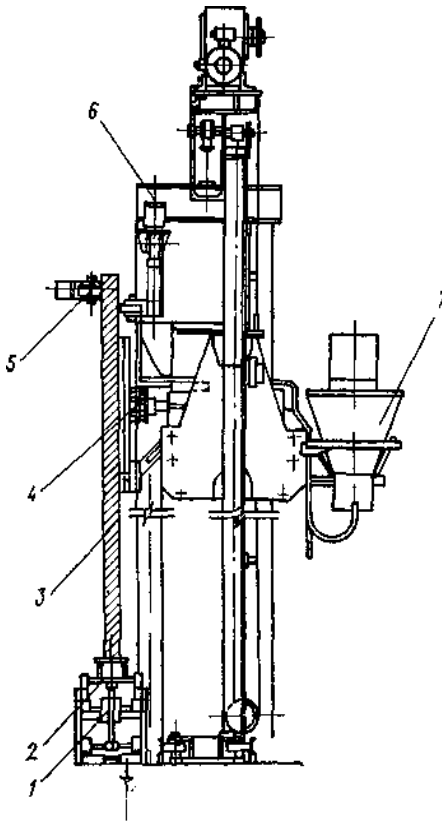


Рис. 3.8.4. Лінія вертикального опоряджування внутрішніх стінових панелей та перегородок:
1 — ланцюговий конвеєр;
2 — двороликові візки;
3 — панель;
4 — затиральна головка;
5 — підтримувальний ролик;
6 — шпаклювальна установка;
7 — бункер для шпаклювальної суміші.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Пост опоряджування, на який панель подають після теплової обробки, обладнують шліфувально-шпаклювальною машиною. Перед початком шліфування поверхню панелі покривають 20%-ю водною дисперсією полімеру, яка зв'язує відходи шліфування. Шліфувальний диск машини може обробляти поверхню панелі вибірково або суцільним шліфуванням, за один прохід або за два. Відходи шліфування створюють швидкотверднучий шпаклювальний розчин, що рівномірно розподіляється по поверхні панелі шпаклювальною рейкою, розміщеною за диском Використовуючи відходи шліфування для шпаклювання, можна відмовитися від спеціального поста приготування шпаклювального розчину; немає потреби в прибиранні та вивезенні відходів. Продуктивність шліфувально-шпаклювальної машини 120 м^2/год.

Візковий конвеєр вертикального опоряджування внутрішніх стінових панелей та перегородок складається з п'яти постів (рис. 3.8.4), на яких послідовно виконують такі операції: огляд, усунення дрібних дефектів та шпаклювання нижньої смуги панелі, яку не може обробити шпаклювальна машина; встановлення столярних виробів; шпаклювання поверхні панелі затиральною головкою з металевими шпателями; витримування та підсушування виробів. Продуктивність установки для шпаклювання на вертикальному опоряджувальному конвеєрі 160 м^2/год.

На Ростокінському ДБК м. Москви та інших заводах лицьові поверхні внутрішніх стінових панелей опоряджують методом "занурювання" відформованої панелі у спеціальну ванну з шпаклювальним розчином, що складається з вапна та перліту в рівних частинах за масою (рис. 3.8.5). Опоряджувальна машина .установки складається з кареток, які пересуває вздовж панелі кривошипно-шатунний механізм.

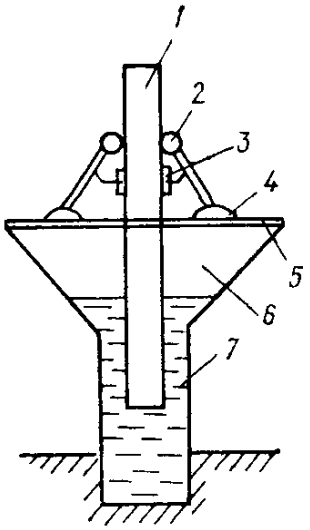


Рис. 3.8.5. Схема установки для опоряджування внутрішніх стінових панелей методом "занурювання":

1 – панель; 2 – напрямні ролики, 3 – шпателі; 4 – каретки; 5 – робоча площадка; 6 – ванна, 7 – затиральна суміш

Національний університет
водного господарства
та природокористування

На каретках встановлено капронові, щітки та гумові шпателі, які знімають залишки розчину під час піднімання виробу з ванни, та загладжують поверхню.

Вироби у ванну занурюють 2 – 3 рази мостовим краном чи іншим механізмом. Тривалість циклу опоряджування однієї панелі 8...10 хв. Продуктивність установки 180 м^2/год. Переваги цього способу в тому, що одночасно обробляються обидві лицьові поверхні панелі.

Для утворення бездефектної поверхні стелі плит перекриттів використовують автоматизований пост, на якому опоряджувальний шар створюється під час формування. Технологія одержання поверхні стелі, готової для фарбування, полягає в нанесенні пневморозпилювачем швидкотверднучого розчину на поверхню піддона перед укладанням арматури та бетонної суміші. Склад розчину, кг/м^3: гіпс — 240, цемент — 590, мінеральна добавка — 310, пісок — 410.

Після короткочасного витримування (20...30 хв.) виконують армування та бетонування плити, а потім і теплову обробку. Опоряджувальний шар та конструктивний бетон тверднуть в однакових умовах, що забезпечує високу міцність зчеплення цих шарів, підвищує, довговічність опорядження та гарантує збереження під час складування, перевезення і монтажу виробів.

Опоряджування та комплектування об'ємних блоків.

Житлові блок-кімнати комплектують і опоряджують на лініях, де виконують таку технологічну послідовність робіт: електротехнічні, столярно-теслярські, штукатурні, підготовчо-малярні, опоряджувальні.

Опоряджувальні конвеєри – це багато-постові лінії, на яких блоки з поста на пост подають одночасно кроковим переміщенням. Блоки встановлюють на невеликі вагонетки, які рухаються по рейках (рис. 3.8.6). Щоб не влаштовувати обгінні колії вздовж усього конвеєра, з двох блоків на вагонетках закріплено гумові шланги, які після наповнення стиснутим повітрям підіймають блок на 40 мм над опорними ділянками поста, а потім, після переміщення, опускають на наступному посту. Вагонетки з'єднані між собою і здійснюють зворотно-поступальний рух при роботі конвеєра. Ритм руху конвеєра опоряджування та число постів розраховують, виходячи з трудомісткості виконання технологічних операцій та ритму роботи формувальних установок.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

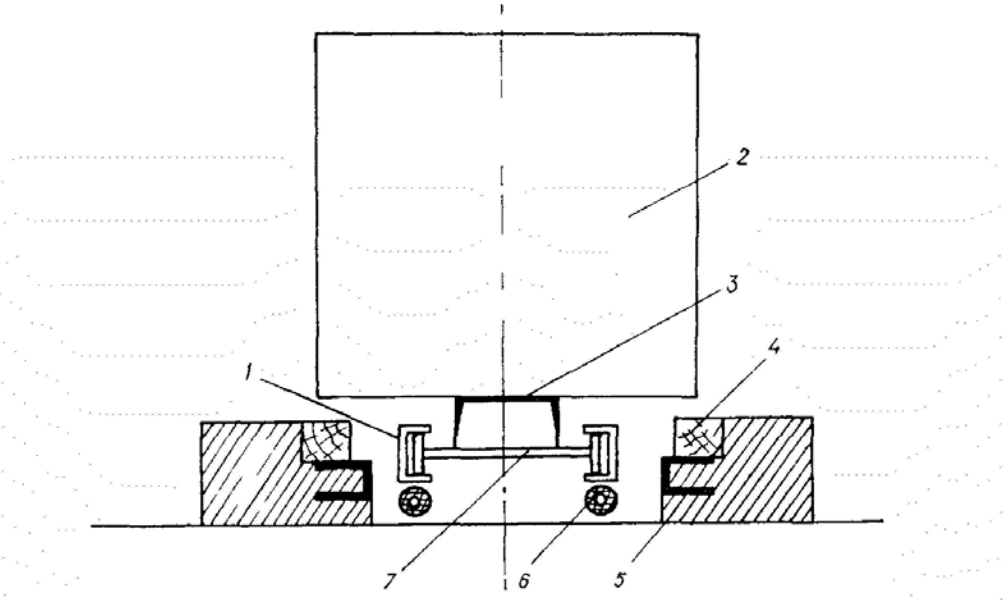


Рис 3.8.6. Схема конвеєра комплектування та опоряджування санітарно-технічних кабін

1 – напрямні рейки; 2 – санітарно технічна кабіна; 3 – напрямний швелер візка; 4 – опорні бруси, 5 – опорні металоконструкції; 6 – гумові шланги, 7 – ходова частина візка.

Для захисту об'ємних блоків повної заводської готовності від атмосферних опадів слід мати приміщення складу з легких огороджувальних конструкцій.

Запитання та завдання для самоконтролю

1 У чому полягають комплектування та опоряджування збірних залізобетонних конструкцій? Наведіть приклади підвищення заводської готовності виробів і конструкцій

2 Як визначити рівень заводської готовності виробів у великопанельному домобудуванні? Поясніть суть коефіцієнта $C_{з.г.}$.

3 У чому полягають економічний та соціальний ефекти підвищення заводської готовності збірних залізобетонних виробів?

4 Які види фасадних поверхонь зовнішніх стінових панелей можна одержати в заводських умовах Назвіть способи утворення різних поверхонь

5 Охарактеризуйте типи опоряджувальних конвеєрів.

6 Які особливості технології утворення бездефектних поверхонь стель плит перекриттів?

7 Охарактеризуйте і порівняйте способи опоряджування внутрішніх стінових панелей.

8 У якій послідовності виконують роботи з опоряджування об'ємних блоків?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота студентів складає близько 44% від часу, відведеного навчальним планом на вивчення всієї дисципліни. Повноцінне засвоєння теоретичного матеріалу неможливе без його обговорення та розв'язування задач на практичних заняттях, тому окремі теми розглядаються на передбачених планом аудиторних практичних заняттях. В той же час, у зв'язку з недостатністю аудиторного часу для повного охоплення всіх тем дисципліни, самостійна робота набуває особливо великого значення.

Самостійна робота включає три види:

1) вивчення за конспектами лекцій, підручниками та посібниками програмного матеріалу, прочитаного на лекціях;

2) самостійне вивчення за навчальними посібниками розділів програми, не включених в лекційний курс;

3) виконання студентами індивідуальних завдань науково-дослідного характеру та розрахункових робіт протягом семестру під керівництвом і контролем викладача.

Після вивчення відповідного розділу програми за конспектом лекцій та рекомендованою літературою, необхідно в першу чергу дати відповіді на "Запитання та завдання для самоконтролю", наведені в кінці кожної теми.

Перш, ніж розпочати самостійне вирішення задач по кожній з тем. необхідно глибоко засвоїти відомості теоретичного курсу та чітко уявляти особливості властивостей компонентів бетонної суміші, арматури для залізобетонних виробів, фізико-механічні властивості бетонних сумішей, процеси що відбуваються при ущільненні, напруженні арматури, тепловій обробці та твердінні бетону. Студент повинен розуміти відмінності структуроутворення бетону при різних способах теплової обробки і нормальному твердінні бетону, яким чином відбувається напруження арматури при механічному, електротермічному, електротермомеханічному та хімічному і які зміни напруженого стану відбуваються при цьому в оточуючому арматуру бетоні.

При вирішенні задач по формуванню і ущільненню бетонної суміші необхідно використовувати залежності, відомі з курсів фізики

Національний університет
водного господарства
та природокористування

та теоретичної механіки, та теоретичні положення. наведені в розділах 3.5 та 5. Необхідно чітко уявляти конструктивні особливості установок для формування та ущільнення залізобетонних виробів, знати і правильно використовувати такі параметри як "коефіцієнт ущільнення" "частота", "амплітуда", "кінетичний момент", "збурююча сила", "швидкість коливань", кутова швидкість", "інтенсивність вібрації". Студенту необхідно вміти раціонально вибрати спосіб формування і ущільнення залізобетонної конструкції, залежно від її конструктивних особливостей і призначення.

Технологічні розрахунки армування залізобетонних конструкцій напруженою арматурою базуються на відомих положеннях про пружні деформації (закон Гука), фізики та електротехніки (коефіцієнт термічного розширення, сила та напруга електричного струму, тощо). Необхідно чітко уявляти собі схему напруження арматури різними способами і вміти користуватись довідниковими матеріалами і формулами. Студент повинен розуміти переваги і недоліки кожного способу напруження арматури а також межі їх раціонального застосування.

При розрахунках теплової обробки залізобетонних конструкцій студент повинен навчитись правильно використовувати такі терміни і поняття, як "параметри теплової обробки", "коефіцієнт ефективності цементу при пропарюванні", розуміти особливості роботи теплових агрегатів періодичної і безперервної дії і знати їх основні конструктивні особливості. Особливу увагу необхідно звернути на сучасні досягнення по економії паливно-енергетичних ресурсів на теплову обробку залізобетонних конструкцій та використання альтернативних джерел енергії (сонячна та інш.).

Розрахунок роботи транспортних засобів базується на знаннях студента режимів роботи і технічних можливостей стрічкових конвеєрів. підйомних кранів і самохідних візків. При цьому необхідно чітко уявляти організацію виробничого процесу заводів збірних залізобетонних конструкцій і режими роботи окремих підрозділів.

В табл. 4.1 наведені основні розрахункові формули, що використовуються в технологічних розрахунках виробництва збірних залізобетонних конструкцій.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 4.1

Технологічний параметр	*Розмірність*	*Розрахункова формула*	*Пояснення до формули*
Довжина заготовки при механ. натяг. арматури ($L_{заг}$)	мм	$L_{заг} = l_в+2l_y+2l_a+A$	$l_в$ – довж. виробу; l_y –відстань від виробу до зовн. грані упора; l_a – довж. зажимн. або анкерн. пристр.; А – подовж. стеня, що врах. провис. арматури
Тягове зусилля домкрату (Р)	Н	$P = K_п n F \sigma_{sp}/ \eta$	$K_п$=1,1 – коеф. врахов. технолог. перенатяг; n – число напружув. стержннів; F – площа попер. переріз одного стержня
Хід поршня (S)	мм	$S = (\sigma_{sp} L_y/E_a)+A$	$L_y = l_в+2\ l_y$, E_a – модуль пружн.сталі, Па, $A= (0{,}04…0{,}05)\ L_y$
Задане подовж. стержня при електророзігр. (Δl_0)	мм	$\Delta l_0 = [(K\ \Delta_{sp}+ +\Delta\sigma)/ E_a]\cdot L_y$	К=(1,0…1,2) – коеф., що врахов. пружно-пластичні. власт сталі; $\Delta\sigma$ – границя допустимого відхил. σ_{sp} (від 45МПа при L_y= 2500 мм до 100МПа при L_y= 5000 мм)
Повне подовж. стержня при електророзігр. ($\Delta l_п$)	мм	$\Delta l_п = \Delta l_0+ \Delta l_c+ + \Delta l_ф + C$	$\Delta l_c \approx$ 1мм на одну деформов. деталь; $\Delta l_ф$ = 1…3мм (зближення жорстких упорів), $\Delta l_ф$ = 3…4мм (теж поворотних); С – додаткове подовж. (0,5мм на 1м довж. стержня)
Температура нагріву для повн. подовж. ($t_р$)	^{0}C	$t_р = (\Delta l_п/L_к\alpha) + t_0$	$L_к$ – відстань між струмопр. контакт., мм; α – коеф. тем-го розширення. сталі в м/(м·с); t_0 – тем-ра оточ. Сер-ща, ^{0}C
Довжина заготовки ($L_{заг}$)	мм	$L_{заг} = L_y – \Delta l_п + + 2a + 2ш$	a = 2,5d, d – діаметр стержня, мм; ш – товщ. шайби, ш=10мм
Сила струму для електро розігр. арматури (I)	А	$I = \sqrt{70QK_1/(R\cdot\tau)}$	Q – повна кільк. тепла на нагр.1м стержня, ккал; K_1 = 1 при послід. підключ., K_1 = числу стержнів при паралел. підкл.; R – реакт. опір 1м стержня, 10–4 Ом; τ – тривалість нагрівання (0,5…10 хв.)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Продовження табл. 4.1

Технологічний параметр	*Розмірність*	*Розрахункова формула*	*Пояснення до формули*
Напруга струму при електр. розігріванні (U)	в	$U = IZ\ L_к K_2/K_1$	Z – повний опір 1м стержня 10 – 4 Ом; K_2 = числу стержня при послід. включенні
Потрібна потужність трансформатора (N)	кВА	$N = IU/1000$	I – сила струму, А; U – напруга, В
Частота вібрації (f)	Гц	$f = n/60$	n – частота коливань, об/хв
Кінетичний момент дебаланса вібратора (k)	Н·м	$k = m \cdot g \cdot e$	m – маса дебаланса, кг; q – ексентриситет дебал., см; g – прискор. вільного падіння, 9,81 м/с^2
Кінетичний момент віброплощадки ($M_к$)	Н·м	$M_к = \sum m_i g e_i$	Те ж
Збурююча сила вібратора (Q)	Н	$Q = 0{,}04\ M_к\ f$	Див. вище
Амплітуда коливань (А)	Мм	$A = M_к/P$	P – вантажопід'йомність віброплощадки, Н
Повн. тиск віброштампу (Рст)	Па	$P_{ст} = P_{вш} \cdot F$	$P_{вш}$ – розрахункове значення питомого тиску віброштампа, Па;F – площа віброштампу, м^2
Тиск віброштампу (Рвш)	Па	$P_{вш} = P_{ср} + 0{,}3$кПа	$P_{ср}$ – середній питомий тиск, Па
Середній питомий тиск (Рср)	Па	$P_{ср} = V_n\ \rho_{б.с}\ g/F$	V_n – об'єм віброштампа, що занур. в бетон; $\rho_{б.с}$ – середня густ. бет. суміші, кг/м3
Частота оберт. привідц. ущ.для запобіг. обвал. ($n_з$)	об/хв	$n_з = 30/\sqrt{r}$	r – внутрішній радіус виробу, в м;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Продовження табл. 4.1

Технологічний параметр	*Розмірність*	*Розрахункова формула*	*Пояснення до формули*
Частота обертання при розподіл. бетонної суміші ($n_{роз}$)	об/хв	$n_{роз}=60/\sqrt{2r}$	Те ж
Частота оберт. при ущільненні бет. сум. ($n_{ущ}$)	об/хв	$n_{ущ} = 324\cdot\sqrt{\frac{R_p}{R^3 - r^3}}$	R – зовнішній радіус виробу, м;
Радіальний тиск на стадії ущільнення (Р)	МПа	$P = \rho_{б.с.} 4\pi^2 n^2 \cdot \cdot\rho_{б.с.} 4\pi^2 n^2 (R^2 - - r^3/ R) / 360\cdot 3\cdot g$	Див. вище
Коеф. ефек. цементу при пропар. ($К_п$)	–	$К_п = R_п/ R_ц^{28}$	$R_п$ – активн. цементу при пропарюванні; $R_ц^{28}$ – те ж норм. твердіння у 28 діб, МПа.
Кільк. пропарюв. камер 1-ї лінії (nк)	шт	$n_к= n/(n_ф n_я n_я)$	$n_ф$ – кільк. форм-вагонеток на 1-му ярусі; $n_я$ – кільк.ярусів по висоті; n – місткість камери, шт
Довжина проп. камери безперервної дії (Ік)	м	$I_к = n_ф I_2+(n_ф - 1)I_1$	I_1 –відстань між вагонетками (0,4…0,5м); I_2 – довжина вагонетки, м
Ширина проп. камери безперервної дії (bк)	м	$b_к = b_п+ 2b_1$	$b_п$ – ширина колії (0,4…0,5м); b_1 – відстань між віссю рейки і стін. камери (0,15…0,2м)
Висота проп. камери безперервної дії (h к)	м	$h_к = (h_1+h_2+h_3) n_я +h_4(n_я - 1)$	h_1 – висота вагонетки від верху рейки до верх. форми, м; h_2 – висота рейки, м; h_3 – зазор між низом вагонетки і низом консолі, м; h_4 – висота консолі, м
Довжина камери період. дії (lк)	м	$lк = n\ l+(n+1)l_1$	n – кілк. форм по довж. камери, шт; l –довж. форми, м; l_1 – відстань між формою і стінкою камери, (0,4…0,5м)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Продовження табл. 4.1

Технологічний параметр	*Розмірність*	*Розрахункова формула*	*Пояснення до формули*
Ширина камери період. дії ($b_к$)	м	$b_к = n_1 b + (n_1+1) b_1$	n_1 – кілк. форм по шир. камери, шт; b – шир. форми, м; b_1 - відстань між формою і стінк. камери, (0,35…0,4м)
Висота камери період. дії ($h_к$)	м	$h_к = n_2 (h + h_1) + h_2 + h_3$	n_2 – кільк. форм по висоті, м; h – висота форми, м; h_1 – відстань між формами, ≈ 0,2м; h_2 – відст. між форм. і дном камери, ≈0,15м; h_3 – відст. між верхнім вир. і кришкою камери, ≈0,05м
Необхідна кільк. ямних камер ($n_к$)	шт	$n_к = G_{год} Tз / n_{ф.к.}$	$G_{год}$ – годинна продуктивність цеху, шт; $n_{ф.к.}$ – кільк. вироб. у камері, шт;
Тривалість зайн. камери (Тз)	год	$Tз = t_1 + t_2 + t_3$	t_1 – трив. завантаж. камери, год; t_2 – те ж. тепловол. обробки, t_3 – те ж розвантаження
Коеф. запов. об'єму камери формами (Кзап)	–	$К_{зап} = V_ф / V_к$	$V_ф$ – об'єм фсіх форм, $м^3$; $V_к$ – корисний об'єм камери, $м^3$
Коеф. завант. камери ($V_к$)	–	$V_к = V_б / V_к$	$V_б$ – об'єм виробів у камері, $м^3$
Продуктивність стрічкового конвеєра, (П)	т/год	$П = 576 B^2 ύ \rho_н \cdot Tg\varphi_п К_ф К_з$	B–ширина стрічки, м; ύ–швид. руху стріч., м/с; $\rho_н$–насип. густ. матеріалу, $т/м^3$; $\varphi_п$–кут природ. нахилу сипуч. мат-лу; $К_ф$–коеф форми стріч.(1-плоскої, 2 - лоткової); $К_з$–врах. зменш. продукт. конв. від кута нахилу
Продуктивність мостового крану (П)	т/год	$П = Qn$ Кв Кван	Q – вантажопід. крану, т; n – кільк. робочих циклів за годину; $К_в$– коеф. використ. у часі; $К_{ван}$ – те ж за вантажопід'йомістю
Необхідна кільк. самохід. візків для вивозу продукції (n)	шт	$n = m\, t_ц / (60 Р К_в)$	m – кількість циклів, шт; $t_ц$ – тривал. циклу, хв; Р – фонд робоч. часу, год; $К_в$ – коефіцієнт використання обладнання., ≈0,9

Національний університет
водного господарства
та природокористування

5. ПЛАНИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Змістовий модуль 4. Армування збірних залізобетонних конструкцій.

Практичне заняття №1. Технологічні розрахунки механічного і електротермічного натягання арматури. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

Мета заняття – набуття навичок вирішення задач технологічних розрахунків армування збірних залізобетонних конструкцій.

План викладення та засвоєння матеріалу:

1/ Теоретичні основи технологічних розрахунків армування.

2/ Розрахунки механічного натягання арматури.

3/ Розрахунки електротермічного натягання арматури.

Питання для самоконтролю (див. с.56).

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Практичне заняття №2. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методом пресування та віброущільненням. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

Мета заняття – набуття навичок вирішення задач технологічних розрахунків ущільнення збірних залізобетонних конструкцій методом пресування та віброущільненням.

План викладення та засвоєння матеріалу:

1/ Теоретичні основи технологічних розрахунків ущільнення методом пресування та віброущільненням..

2/ Приклади розв’язання задач по темі заняття.

Питання для самоконтролю (див. 2 с.97…98).

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Практичне заняття №3. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методами вібропресування та формування з вакуумуванням. Денна форма – 2 год., заочна форма – 1 год.

Мета заняття – набуття навичок вирішення задач технологічних розрахунків ущільнення збірних залізобетонних конструкцій методом вібропресування та формування з вакуумуванням..

План викладення та засвоєння матеріалу:

1/ Теоретичні основи технологічних розрахунків ущільнення методом вібропресування та формування з вакуумуванням.

2/ Приклади розв’язання задач по темі заняття.

Питання для самоконтролю (див.2 с. 97...98).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Практичне заняття №4. Технологічні розрахунки ущільнення бетонної суміші методом відцентрового формування. Денна форма – 2 год., заочна форма – 0,5 год.

Мета заняття – набуття навичок вирішення задач технологічних розрахунків ущільнення збірних залізобетонних конструкцій методом відцентрового формування.

План викладення та засвоєння матеріалу:

1/ Теоретичні основи технологічних розрахунків ущільнення методом відцентрового формування.

2/ Приклади розв'язання задач по темі заняття.

Питання для самоконтролю (див. 2 с.97...98).

Змістовий модуль 6. Твердіння бетону у виробах.

Практичне заняття №5. Технологічні розрахунки прискорення твердіння бетону у виробах. Денна форма – 2 год., заочна форма – 0,5 год.

Мета заняття – набуття навичок вирішення задач технологічних розрахунків прискорення твердіння збірних залізобетонних конструкцій.

План викладення та засвоєння матеріалу:

1/ Теоретичні основи технологічних розрахунків прискорення твердіння збірних залізобетонних конструкцій

2/ Приклади розв'язання задач по темі заняття.

Питання для самоконтролю (див. с.119).

Приклади розв'язання технологічних задач

1). Технологічні розрахунки формовочних цехів

Стендова схема виготовлення залізобетонних виробів

Визначити річну продуктивність стенду для виготовлення з/б ферма, також кількість стендів для забезпечення продуктивності 2500 м^3.

Середньозважений об'єм виробу 2,62 м^3, на стенді формують один виріб. Параметри для розрахунку тривалості обороту стенда наведені в табл.5.1

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця5.1.

Параметри для розрахунку тривалості обороту стенда.

Розпалубка, відпуск напруження, різання арматури. зняття виробу, чистка, змащення	*Розкладання арматури, її розподілі натягання до 50%*	*Встановлення напруженої арматури і закладних деталей, натягання арматури*	*Вкладання і ущільнення бетонної суміші*	*Теплова обробка*
($T_п$,год)	*($T_н$, год)*	*($T_а$,год)*	*($T_ф$, год)*	*($T_у$, год)*
2,5	*1,3*	*0,05*	*1,35*	*14*

Рішення:

Тривалість обороту стенда визначаємо за формулою:

$$T_{ст} = T_п + T_н + T_а + T_ф + T_у,$$

звідси $T_{ст}$ = 2,5+1,3+0,05+1,35+14 = 20 год.

Річну продуктивність стенду визначимо за формулою:

$$П_р = B_р h\, nV / T_{ст},$$

де $B_р h$ – річний фонд часу роботи обладнання(255·16=4080 год); n – кількість виробів, які одночасно формують на стенді (1); V – об'єм одного виробу.

звідси $П_р$ = 4080·1·2,62/20 = 534,5 м^3, потрібна кількість стендів складе: 2500/534,5 = 4,6 ≈ 5 стендів.

5.1.2. Касетна схема виготовлення залізобетонних виробів

Розрахувати робочу (D) і календарну (D_1) оборотність касетної установки, якщо з 24 робочих днів 2 дні мав місце простой. Кількість формувань за місяць31.

Рішення:

Визначаємо робочу оборотність:

$$D = П_ф/Ф_р,$$

де $П_ф$ – кількість формувань; $Ф_р$- розрахунковий фонд робочого часу з урахуванням простою.

$$D = 31/22 = 1,41$$

Визначаємо календарну оборотність:

$$D_1 = П_ф/ Ф_р' = 31/24 = 1,29,$$

де $Ф_р'$ - кількість робочих днів за місяць.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

5.1.3. Потоково-агрегатна схема виготовлення залізобетонних виробів

Стінові блоки з ніздрюватого бетону виготовляють методом віброспучування. Об'єм виробу 1,15 м^3, цикл формування 20 хв., річна продуктивність лінії 30000 м^3. Режим роботи – у дві зміни при 5-ти денному робочому тижню. Визначити продуктивність формовочного поста та кількість таких постів.

Рішення:

Визначимо річну продуктивність формовочного поста (м^3) за формулою:

$$П_р = B_р h\ 60V / T_{цф}$$

де , де $B_р h$ – річний фонд часу роботи обладнання(255·16=4080 год); V – об'єм одного виробу (1,15м^3); $T_{цф}$ – цикл формування (20 хв). Звідси:

$$П_р = 4080 \cdot 60 \cdot 1{,}15/20 = 14076 \text{ м}^3.$$

Кількість формовочних постів для забезпечення річної продуктивності знайдемо з виразу:

$$n = 30000/14076 = 2{,}13 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 віброплощадки.

<u>*Конвеєрна схема виготовлення залізобетонних виробів*</u>

Виробництво зовнішніх стінових панелей здійснюється на конвеєрній лінії, що складається з 8 формовочних постів з тепловою обробкою в 4-х ярусних щільових камерах, розташованих по за корпусом. Кількість форм-вагонеток на 1-му ярусі – 11. Цикл формування виробів 20 хв. Об'єм одного виробу 2,96 м^3. Загальний цикл теплової обробки 12 год. Підприємство працює у 2 зміни при 5-ти денному робочому тижню.

Рішення:

Визначимо річну продуктивність конвеєра (м^3) за формулою:

$$П_р = B_р h\ 60V\ \alpha / T_{цф},$$

де α - коеф., що враховує витрати часу на переналадки конвеєра(1); $T_{цф}$ – середньорічний ритм конвеєра (20 хв). Звідси:

$$П_р = 249 \cdot 16 \cdot 60 \cdot 2{,}96/20 = 35378 \text{ м}^3.$$

Визначаємо потрібну кількість щільових камер:

$$K = 60\ T_{то} / (n\ T_{цф}) = 60 \cdot 12/(11 \cdot 20) = 3{,}37 \approx 4 \text{ камери.},$$

де $T_{то}$ – цикл теплової обробки.

Загальна кількість форм-вагонеток на лінії:

$$N_ф = 1{,}05(n_1 + 4m + q) = 1{,}05(8 + 4 \cdot 11 + 1) = 56 \text{ шт.},$$

де n_1 – число постів (8); q – форма на передавальних пристроях.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2). Технологічні розрахунки армування залізобетонних конструкцій

Визначити необхідну температуру нагрівання арматурного стержня довжиною l = 11090 мм. Температура навколишнього середовища – 18^0С, коеф. температурного видовження сталі – α – 0,000013 м/м^{0}С.Задане видовження стержня при нагріванні Δl_0 = *36,2 мм.*

Рішення:

Приймаємо додаткове видовження при нагріванні 4 мм, звідси повне видовження $\Delta l_n = \Delta l_0 + C_1 = 36{,}2+4 = 40{,}2$ мм. Тут C_1 – додаткове видовження для вільного вкладання арматури в упори.

Температура нагрівання стержнів:

$$T_{нс} = (\Delta l_0 + C_1)/(l_t \alpha) + T_{ср},$$

де l_t – довжина нагрітої ділянки стержня (приймаємо $11 \cdot 10^3$мм); $T_{ср}$ – температура навколишнього середовища (18^0С). Звідси:

$$T_{нс} = (36{,}2+4)/(11 \cdot 10^3 \cdot) + 18 = 300{,}5^0 \text{ С}.$$

При визначенні довжини нагрітої ділянки стержня кожен з холодних кінців прийнятий рівним 45 мм.

3). Технологічні розрахунки формування і ущільнення бетонної суміші

Віброущільнення.

Залізобетонний виріб формують на віброплощадці з амплітудою A=0,35 мм і частотою f= 50Гц. Визначити інтенсивність вібрації (I) і швидкість коливань ($V_{мах}$).

Рішення:

$$I = A^2 \cdot f^3 = 0{.}035^2 \cdot 50^3 = 150 \text{ см}^2/\text{с}^3.$$

$$V_{мах} = 0{,}105\text{An} = 0{,}105 \cdot 0{,}4 \cdot 60 \cdot 50 = 13{,}1 \text{ см/хв}$$

5.3.2. Вібропресування і віброштампування

Розрахувати основні параметри віброштампа для формування плит розміром 1,5·6,0·0,25 з жорстких сумішей. Частота коливань n = 3000 хв$^{-1}$, кінетичний момент віброблока k = 300 Н·см, оптимальне співвідношення $P_{ст}/Q$ = 0,4 і густина бетонної суміші ρ *=2450 кг/м^3. Віброштамп занурюється в бетонну суміш на 0,2 м.*

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рішення:

Середній питомий тиск віброштампу:

$p_{ср} = V_n \rho / F = (9 \cdot 10^4 \cdot 20 \cdot 2450)/9 \cdot 10^4 = 4{,}8$ *кПа* ,

де площа віброштампу $F = 1{,}5 \cdot 6 = 9 \cdot 10^4$ см^2.

Питомий тиск віброштампу на бетон:

$p_{вш} = p_{ср} + 0{,}3$*кПа* $= 4{,}8 + 0{,}3 = 5{,}1$ *кПа.*

Повний статичний тиск віброштампу:

$P = p_{вш} F = 5{,}1 \cdot 9 \cdot 10^4 = 45{,}9$ кН.

Збурююча сила вібраторів:

$Q = 2P = 2 \cdot 45{,}9 = 91{,}8$ кН.

Загальний кінетичний момент визначаємо за формулою:

$\Sigma M_к = 90000 \cdot Q/\text{n} = 90000 \cdot 91{,}8/3000^2 = 0{,}92$ кН·см.

Амплітуда коливань:

$A = \Sigma M_{к/} / P = 0{,}92/45{,}9 = 0{,}02$ см $= 0{,}2$ мм.

Необхідна кількість віброблоків:

$N = \Sigma M_{к/} / k = 920/300 = 3$ шт.

Пресування.

Визначити повне зусилля пресу для ущільнення бетонної плити розміром 0,4·1,2 м. Пресуючий тиск p = 15 МПа.

Рішення:

Площа плити складе: $F = 0{,}4 \cdot 1{,}2 = 0{,}48$ м^2.

Звідси повне зусилля:

$P = p F = 15 \cdot 0{,}48 = 7{,}2$ МН/м^2.

Вакуумування і вібровакуумування.

Визначити максимальну висоту з/б конструкції при негайній розпалубці свіжевідформованого вакуум- бетону , якщо міцність свіжевідформованого вакуум- бетону $R_{ст} = 0{,}2$ МПа, густина бетону 1600 кг/м^3, коеф. Запасу міцності 1,5.

Рішення:

Висоту з/б конструкції знайдемо з виразу:

$h = R_{ст}/(k\rho) = 0{,}2 \cdot 10/(1{,}5 \cdot 0{,}0016) = 833$ см,

де $0{,}2 \cdot 10$ – міцність свіжевідформованого вакуум- бетону в кг·с; 0,0016 –густина свіжевідформованого вакуум- бетону в кг/см^3.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Центрифугування

Визначити мінімальну частоту обертання форми і відцентровий пресуючий тиск Р при формуванні з/б палі з бетону густиною $\rho = 2500$ *кг/м*^{3} *з внутрішнім діаметром d= 500 мм і зовнішнім D=800 мм .Частота обертання на останній стадії ущільнення* $n = 560$ *хв*$^{-1}$.

Рішення:

Мінімальну частоту обертання форми знайдемо з виразу:

$$n_1 = 300\sqrt{r} = 300\sqrt{25} = 60 \text{ хв}^{-1},$$

де 25 см - внутрішній діаметр палі.

Відцентровий пресуючий тиск

$$P = 0{,}025 \cdot A(n/100)^2/265 = 0{,}025 \cdot 1209(560/100)^2/265 = 360 \text{ кПа},$$

де $A = R^2 - r^3/R = 40^2 - 25^3/40 = 1209$.

4). Технологічні розрахунки прискорення твердіння бетону та теплотехнічного обладнання

Визначити розміри і підрахувати необхідну кількість камер тепловологісної обробки ямного типу для забезпечення роботи напівконвеєрної лінії виробництва плит покрить розміром 3·6·0,14 м. Цикл формування 12 хв. Тривалість циклу тепловологісної обробки 10 годин.

Рішення:

Приймаємо односекційну камеру з одним виробом у плані і шістьма по висоті. Визначаємо розміри камери:

Довжина $l_к = n\,l + (n+1)\,l_1 = 6{,}4+(1+1)0{,}4 = 7{,}2$ *м,*

де n – кількість форм по довжині камери; l –довжина форми, м; l_1 – відстань між формою і стінкою камери (0,4...0,5 м).

Ширина $b_к = n_1 b + (n+1)b_1 = 3{,}4+(1+1)0{,}35 = 4{,}1$ *м,*

де n_1 – кількість виробів по ширині камери; b – ширина форми, м; b_1 – відстань між формою і стінкою камери (0,35...0,4 м).

Висота $h_к = n_2(h+h_1) + h_2 + h_3 = 6(0{,}35+0{,}2)+0{,}15+0{,}05 = 3{,}5$ м,

де n_2 – кількість форм по висоті камери; h – висота форми, м; h_1 – відстань між формами (≈0,2 м); h_2 – відстань між формою і дном камери (≈0,15 м); h_3 – відстань між верхнім виробом і кришкою камери (≈0,05 м).

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Визначимо необхідну кількість ямних камер:

$n_к = G_г T_з / n = 5 \cdot 12{,}4/6 = 10{,}3$ шт.,

де $G_г$ – годинна продуктивність цеху (60/12 = 5 шт./год); $T_з$ – тривалість зайнятості камери $T_з = t_1+t_2+t_3$, t_1 – *цикл формування 0,2 год. (12 хв.),* t_2 – тривалість тепловологісної обробки (10 год.), t_3 – тривалість розвантаження і очищення камери, $t_3 = t_2 = 0…2$ *год. Звідси* $T_з$ = (0,2·6+10+0,2·6) 12,4 годин. Приймаємо 11 камер пропарювання.

Визначаємо коеф. завантаження камери: об'єм виробів в камері (6·3·0,14) ·6 = 15,12 м^3; внутрішній об'єм камери 7,1·4,4·3,5 = 109,34 м^3,

$k_з = 15{,}12/109{,}34 = 0{,}14.$

Визначимо коеф. заповнення об'єму камери формами:

$k_{об} = 45{,}7/109{,}34 = 0{,}42,$

де об'єм форм у камері (6,4·3,4·0,35) ·6 =45,7 м^3.

5). Технологічні розрахунки транспортних засобів

<u>*Стрічкові конвеєри*</u>

Розрахувати продуктивність стрічкового конвеєра, що подає гравій зі складу у витратні бункери бетонозмішувального цеху, якщо відомо, що стрічка лоткового абрису має ширину B = 800 мм. Кут нахилу конвеєра 14^0.

Рішення:

Приймаємо по табл. 9 (МВ 059-109, Рівне, УДУВГП, 2003) насипну густину гравію $\rho_н$ = 1600 кг/м^3; кут природного нахилу $\varphi = 30^0$.

Швидкість руху стрічки задаємо υ = 1,5 м/с.

Продуктивність стрічкового конвеєра буде:

$П = 576 \cdot B^2 \cdot \upsilon \cdot \rho_н \cdot tg\varphi \cdot К_ф К_з$,

де $К_ф$ – коеф. форми стрічки (для плоскої 1,0, для лоткової – 2,0); $К_з$ – коеф. зменшення продуктивності конвеєра від його кута нахилу (див. МВ 059-109, с. 20), приймаємо 0,91.

Звідси $П$ = 576·0,8^2·1,5·1,6·0,577·2·0,91 = 929 т/год.

<u>*Мостові крани*</u>

Визначити продуктивність мостового крана вантажопідйомністюQ =10 т, якщо тривалість циклу без врахування роботи машини $T_ц$ *=95 с, коеф. використання машини у часі* $К_в$ *= 0,85, а коеф. використання машини за вантажопідйомністю* $К_{ван}$ *= 0,75.*

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рішення:

Приймаємо коеф. поєднання роботи механізмів крана $\xi = 0,7$, як для крану, що працює у виробничому приміщення (див. МВ 059-109, с. 21). Звідси кількість циклів роботи крана за годину:

$$n = 3600/(\xi T_ц) = 3600/(0,7 \cdot 95) = 54,1$$

Таким чином продуктивність крану складе:

$$П = Q\, n\, K_в\, K_{ван} = 10 \cdot 54,1 \cdot 0,85 \cdot 0,75 = 345 \text{ т/год.}$$

Самохідні візки

Розрахувати необхідну кількість самохідних візків для вивозу готових виробів на склад (130 шт. за добу). 60 виробів завантажуються на візок по 2 шт., 30 виробів – по 4 шт. і, 40 виробів – по 6 шт. Цех працює у 2 зміни. Довжина шляху візка із цеху на склад складає 48 м.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рішення:

Приймаємо тривалість завантаження 1 виробу 2хв., розвантаження 1,5 хв., відкривання і закривання воріт корпусу займає 2 хв. Тривалість переміщення візка СМЖ-151 із цеху на склад готової продукції складає 48·2/32 =3 хв., де швидкість візка 32 м/хв. прийнята по табл. 10 (МВ 059-109, додаток). Тривалість рейсу при вивозі на візку 2-х виробів $t_ц = 2 \cdot 2+1,5 \cdot 2+2+3=12$хв., 4-х виробів $t_ц = 2 \cdot 4+1,5 \cdot 4+2+3=19$хв., 6-ти $2 \cdot 6+1,5 \cdot 6+2+3=26$хв.

Кількість самохідних візків визначимо за формулою:

$$n = m\, t_ц/(60 P K_в),$$

де m – кількість циклів; P – фонд робочого часу; $K_в$ – коеф. використання обладнання, приймається 0,9.

Звідси:

$$n = [(60/2 \cdot 12+(30/4) \cdot 19+(40/6) \cdot 26] /(60 \cdot 14 \cdot 0,9 = 0,89 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 візок.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

6. ПЛАНИ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Лабораторна робота №1. Тема: Дослідження ефективності способів перемішування бетонної суміші.

Мета роботи: Підібрати та дослідити оптимальну тривалість перемішування бетонних сумішей у різних видах змішувачів в залежності від рухливості та особливостей складу бетонної суміші.

Зміст: В роботі досліджується порівняльна ефективність перемішування рухливих і жорстких (на щільних і пористих заповнювачах) бетонних сумішей у різних типах змішувачів.

Завдання 1. Провести досліди з використанням бетонної суміші на крупному щільному заповнювачі. (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 1-а бригада, що складається з двох ланок. Перша ланка використовує змішувач гравітаційної дії, друга – примусової дії.

Матеріали: Портландцемент, гранітний щебінь, кварцовий пісок.

Завдання 2. Провести досліди з використанням бетонної суміші на пористому заповнювачі. (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 2-а бригада, що складається з двох ланок. Перша ланка використовує змішувач гравітаційної дії, друга – примусової дії.

Матеріали: Портландцемент, пористий заповнювач, пісок;

Порядок виконання лабораторної роботи.

Завдання 1.

Досліди виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.1, матриця планування в табл. 6.2. Витрати цементного тіста та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати для об'єму тіста на рівні $X_1 = -1$ жорстку (30...45 с), а для об'єму $X_1=+1$ – рухливу бетонну суміш ($О_к$ = 4...5 см). Тривалість перемішування X_2 рекомендується варіювати в межах 1 – 3 хв.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л. визначається рухливість (жорсткість) бетонної суміші;
2) перемішуються рухливі та жорсткі бетонні суміші у гравітаційному змішувачі та змішувачі примусової дії, з тривалістю згідно табл. 6.2;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

3) з кожного замісу приготувати стандартним способом зразки-куби з визначенням середньої густини та коеф. ущільнення бетонної суміші;
4) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 14 діб;
5) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності коеф. ущільнення та міцності бетону з різною легкоукладальністю від тривалості перемішування та об'єму цементного тіста в змішувачах різної дії.

Завдання 2.

Досліди також виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.1, матриця планування в табл. 6.2. Витрати цементного тіста та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати для об'єму тіста на рівні $X_1 = -1$ жорстку (30...45 с), а для об'єму $X_1=+1$ – рухливу бетонну суміш ($О_к$ = 4...5 см). Тривалість перемішування X_2 рекомендується варіювати в межах 1 – 3 хв.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л. визначається рухливість (жорсткість) бетонної суміші;
2) перемішуються рухливі та жорсткі бетонні суміші у гравітаційному змішувачі та змішувачі примусової дії, з тривалістю згідно табл. 6.2;
3) з кожного замісу виготовляють стандартним способом зразки-куби з визначенням середньої густини та коеф. ущільнення бетонної суміші;
4) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 14 діб;
5) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності коеф. ущільнення та міцності бетону з різною легкоукладальністю від тривалості перемішування та об'єму цементного тіста в змішувачах різної дії.

Таблиця 6.1.

Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вигляд	Код	-1	+1	
Об'єм цементного тіста, $V_{ц.т}$ (л)	X_1			
Тривал. перемішування, τ, (хв.)	X_2			

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Коефіцієнт ущільнення бетонної суміші знаходимо:

$$K_{ущ} = \rho_{факт}/\rho_{теор},$$

де $\rho_{факт}$ – фактична середня густина бетонні суміші; $\rho_{теор}$ – те ж, теоретична.

Таблиця 6.2.

№ точки	Фактори		$V_{ц.т}$ (л)	τ, хв	Витрата матеріалів, кг/м^3				Вихідні параметри	
	X_1	X_2			Ц	В	П	Щ	$К_{ущ}$	$R_{ст}$
1	+	+								
2	+	-								
3	-	+								
4	-	-								

За результатами досліджень необхідно виконати технологічний аналіз отриманих рівнянь регресії та графічних залежностей.

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Лабораторна робота №2. Тема: Дослідження впливу тривалості ущільнення бетонної суміші на коеф. ущільнення і міцність бетону.

Мета роботи: Визначити вплив способу і тривалості ущільнення і добавки-суперпластифікатора на коеф. ущільнення і міцність бетону.

Зміст: В роботі досліджується порівняльна ефективність ущільнення рухливих і жорстких (на щільних і пористих заповнювачах)

Національний університет
водного господарства
та природокористування

бетонних сумішей при використанні різних способів ущільнення (віброущільнення і штикування). Легкоукладальність бетонних сумішей регулюється добавкою-суперпластифікатором при Ц/В = const.

Завдання 1. Провести досліди з використанням бетонної суміші на крупному щільному заповнювачі. (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 1-а бригада, що складається з двох ланок. Перша ланка використовує стандартну віброплощадку, друга ущільнює зразки штикуванням.

Матеріали: Портландцемент, гранітний щебінь, кварцовий пісок.

Завдання 2. Провести досліди з використанням бетонної суміші на пористому заповнювачі. (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 2-а бригада, що складається з двох ланок. Перша ланка використовує стандартну віброплощадку, друга ущільнює зразки штикуванням..

Матеріали: Портландцемент, пористий заповнювач, пісок;

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Порядок виконання лабораторної роботи.

Завдання 1.

Досліди виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.3, матриця планування в табл. 6.4. Витрати добавки-суперпластифікатора та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати для витрати добавки на рівні $X_2 = -1$ жорстку (30...45 с), а для витрати $X_2=+1$ – рухливу бетонну суміш ($О_к$ = 4...5 см). Тривалість ущільнення X_1 рекомендується варіювати в межах 1 – 3 хв.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л. визначається рухливість (жорсткість) бетонної суміші;
2) перемішуються рухливі та жорсткі бетонні суміші у змішувачі примусової дії, тривалістю 1 хв.;
3) ущільнення здійснюють на віброплощадці (ланка№1) і штикуванням (ланка№2) з тривалістю згідно табл. 6.4;
4) з кожного замісу приготувати зразки-куби з визначенням середньої густини та коеф. ущільнення бетонної суміші;
5) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 14 діб;
6) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності коеф. ущільнення та міцності бетону від тривалості ущільнення та витрати добавки – суперпластифікатора.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Завдання 2.

Досліди також виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.3, матриця планування в табл. 6.4. Витрати добавки – суперпластифікатора та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати для витрати добавки на рівні $X_2 = -1$ жорстку (30...45 с), а для витрати $X_2=+1$ – рухливу бетонну суміш ($О_к$ = 4...5 см). Тривалість ущільнення X_1 рекомендується варіювати в межах 1 – 3 хв.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л. визначається рухливість (жорсткість) бетонної суміші;
2) перемішуються рухливі та жорсткі бетонні суміші у змішувачі примусової дії, тривалістю 1 хв.;
3) ущільнення здійснюють на віброплощадці (ланка№1) і штикуванням (ланка№2) з тривалістю згідно табл. 6.4;
4) з кожного замісу виготовляють зразки-куби з визначенням середньої густини та коеф. ущільнення бетонної суміші;
5) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 14 діб;
6) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності коеф. ущільнення та міцності бетону від тривалості ущільнення та витрати добавки – суперпластифікатора.

Таблиця 6.3.

Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вигляд	Код	-1	+1	
Тривалість ущільнення, τ, (хв.)	X_1			
Вміст суперпластиф., С, (%)	X_2			

Таблиця 6.4.

№ точки	Фактори		τ, хв	С, %	Витрата матеріалів, кг/м^3				Вихідні параметри	
	X_1	X_2			Ц	В	П	Щ	$К_{ущ}$	$R_{ст}$
1	+	+								
2	+	-								
3	-	+								
4	-	-								

Національний університет
водного господарства
та природокористування

За результатами досліджень необхідно виконати технологічний аналіз отриманих рівнянь регресії та графічних залежностей.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Лабораторна робота №3. Тема: Дослідження впливу величини привантаження при віброущільненні бетонної суміші на коефіцієнт ущільнення і міцність бетону.

Мета роботи: Визначити вплив величини привантаження на коефіцієнт ущільнення і міцність легкого бетону на основі пористого заповнювача, а також важкого дрібнозернистого бетону.

Зміст: В роботі досліджується порівняльна ефективність привантаження при ущільненні бетонних сумішей на дрібнозернистих щільних та пористих заповнювачах.

Завдання 1. Провести досліди з використанням бетонної суміші на крупному пористому заповнювачі. (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 1-а бригада.

Матеріали: Портландцемент, крупний пористий заповнювач, кварцовий пісок.

Завдання 2. Провести досліди з використанням бетонної суміші на важкому дрібнозернистому заповнювачі (пісок). (Характеристики матеріалів вказує викладач). Досліди виконує 2-а бригада.

Матеріали: Портландцемент, пісок.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Порядок виконання лабораторної роботи.

Завдання 1.

Досліди виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.5, матриця планування в табл. 6.6. Витрати матеріалів, зокрема об'єм цементного тіста (X_1) та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати жорстку бетонну суміш (Ж= 30...45 с. Тривалість ущільнення рекомендується прийняти 1 хв. Величину привантаження (X_2) рекомендується варіювати в межах 2,4...7,2 кПа.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л. визначається жорсткість бетонної суміші;
2) перемішуються рухливі та жорсткі бетонні суміші у змішувачі примусової дії, тривалістю 1 хв.;
3) ущільнення здійснюють на віброплощадці з привантажем тривалістю 1хв;
4) з кожного замісу виготовляють зразки-куби з визначенням середньої густини та коеф. ущільнення бетонної суміші;
5) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 14 діб;
6) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності коеф. ущільнення та міцності бетону від об'єму цементного тіста (X_1) та величини привантаження (X_2) .

Завдання 2.

Досліди також виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2 аналогічно завданню №1 і в тому ж порядку, але з використанням тільки дрібнозернистого заповнювача (піску). Умови планування наведені в табл. 6.6, матриця планування в табл. 6.6. Витрати матеріалів, зокрема об'єм цементного тіста (X_1) та Ц/В необхідно підібрати таким чином, щоб отримати жорстку бетонну суміш (Ж= 30...45 с. Тривалість ущільнення рекомендується прийняти 1 хв. Величину привантаження (X_2) рекомендується варіювати в межах 2,4...7,2 кПа.

Таблиця 6.5.

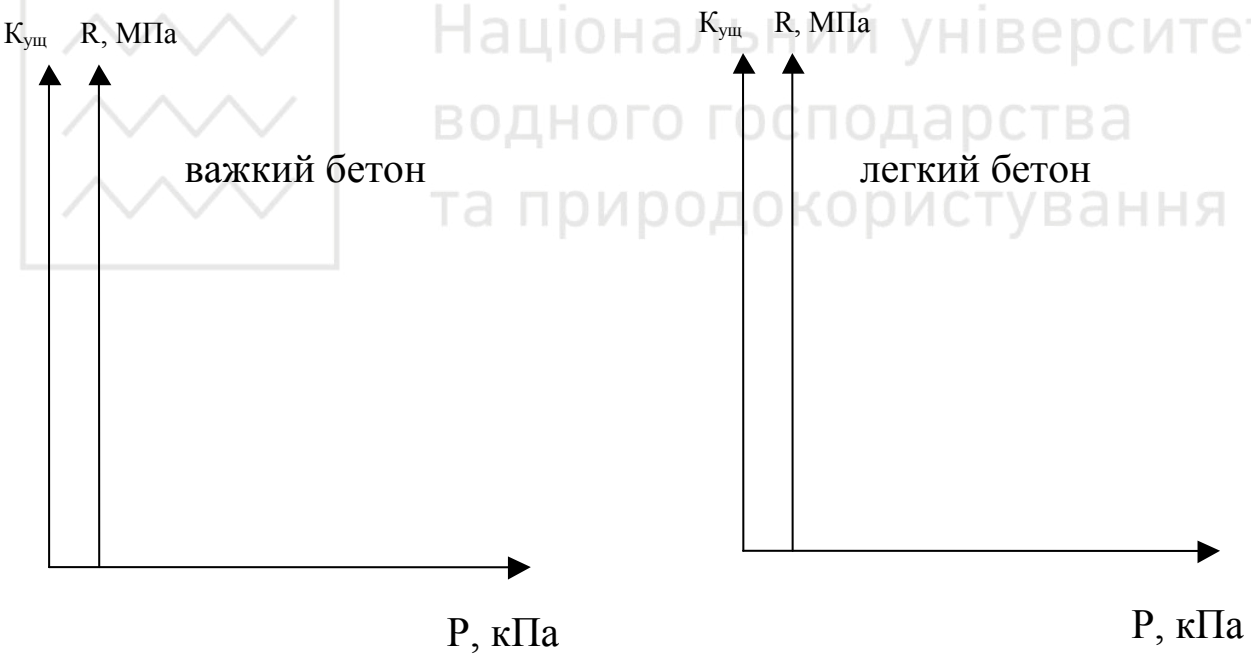
Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вигляд	Код	-1	+1	
Об'єм цементного тіста, $V_{ц.т}$ (л)	X_1			
Привантаження, Р (кПа)	X_2			

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 6.6.

№ точки	Фактори		$V_{ц.т}$ (л)	Р (кПа)	Витрата матеріалів, кг/м^3				Вихідні параметри	
	X_1	X_2			Ц	В	П	Щ	$К_{ущ}$	$R_{ст}$
1	+	+								
2	+	-								
3	-	+								
4	-	-								

За результатами досліджень необхідно виконати технологічний аналіз отриманих рівнянь регресії та графічних залежностей.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Змістовий модуль 5. Формування залізобетонних конструкцій.

Лабораторна робота №4. Тема: Дослідження факторів, що впливають на ефективність теплової обробки та хімічне прискорення твердіння бетону.

Мета роботи: Визначити вплив параметрів теплової обробки та витрати добавки-прискорювача твердіння на ефективність теплової обробки.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Зміст: В роботі досліджується ефективність теплової обробки при різній тривалості і температурі пропарювання, а також порівнюється ефективність різних хімічних добавок-прискорювачів твердіння

Завдання 1. Провести досліди з використанням добавки-прискорювача $CaCl_2$. Склад бетонної суміші вказує викладач, можна використати один зі складів, що використані в лабораторних роботах №№1, 2, 3. Досліди виконує 1-а бригада.

Матеріали: Портландцемент, заповнювачі, добавка $CaCl_2$.

Завдання 2. Провести досліди з використанням добавки-прискорювача "Релаксол". Склад бетонної суміші вказує викладач, можна використати один зі складів, що використані в лабораторних роботах №№1, 2, 3. Досліди виконує 2-а бригада.

Матеріали: Портландцемент, заповнювачі, добавка "Релаксол".

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Порядок виконання лабораторної роботи.

Завдання 1.

Досліди виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2. Умови планування наведені в табл. 6.7, матриця планування в табл. 6.8. Температуру пропарювання X_1 рекомендується прийняти в межах 20...50 ^{0}C, витрату добавки X_2 $CaCl_2$ - в межах 0...2%.

1) для кожної точки експерименту виконується заміс об'ємом 8 л.;
2) перемішуються бетонні суміші у змішувачі тривалістю 1 хв.;
3) ущільнення здійснюють на віброплощадці на протязі 1 хв.
4) з кожного замісу виготовляють зразки-куби;
5) визначають міцність бетону на стиск (МПа) у віці 3-х діб;
6) за результатами досліджень отримують рівняння регресії та будують графіки залежності міцності бетону від температури пропарювання (X_1) та вмісту добавки (X_2) .

Завдання 2.

Досліди також виконуються згідно плану математичного планування експериментів ПФЕ-2 аналогічно завданню №1 і в тому ж порядку, але з використанням добавки-прискорювача "Релаксол". Умови планування наведені в табл. 6.7, матриця планування в табл. 6.8. Витрати добавки і температурні режими можна прийняти аналогічними завданню №1. Тривалість ущільнення рекомендується прийняти 1 хв.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 6.7.

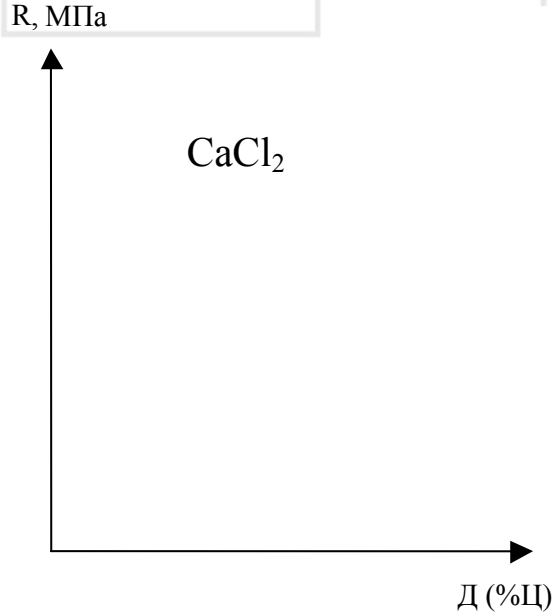
Фактори		Рівні варіювання		Інтервал
Натуральний вигляд	Код	-1	+1	
Температура пропарювання, t (^{0}C)	X_1			
Вміст добавки прискорюв., Д (%)	X_2			

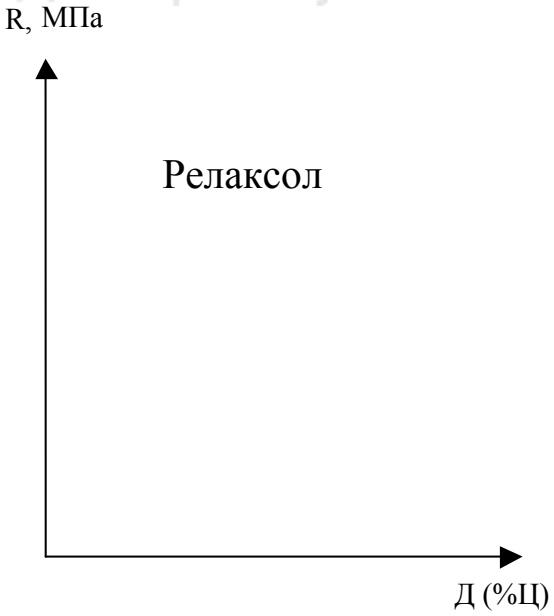
Таблиця 6.8.

№ точки	Фактори		t (^{0}C)	Д (%)	Витрата матеріалів, кг/м^3					Вихідні параметри	
	X_1	X_2			Ц	В	П	Щ	Д	$К_{ущ}$	$R_{ст}$
1	+	+									
2	+	-									
3	-	+									
4	-	-									

Національний університет
водного господарства
та природокористування

За результатами досліджень необхідно виконати технологічний аналіз отриманих рівнянь регресії та графічних залежностей.





Національний університет
водного господарства
та природокористування

7. ЗАВДАННЯ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБТИ

7.1. Загальні положення. Склад і оформлення індивідуальної розрахункової роботи для студентів денної форми навчання

За навчальним планом студенти денної форми навчання виконують індивідуальну розрахункову роботу (ІРР). До складу ІРР входить:

- визначення способу виготовлення залізобетонної конструкції;
- обґрунтування способу армування і розрахунок натягу арматури залізобетонної конструкції;
- визначення способу і параметрів ущільнення бетонної суміші;
- розрахунок параметрів теплової оброки даної ЗБК.

Кожен студент розробляє вищевказані технологічні процеси для виробництва однієї з залізобетонних конструкцій, згідно із варіантом, вказаним в табл. 7.1.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Таблиця 7.1

Номер варіанту ІРР	Вид конструкції і призначення	Габаритні розміри мм і вид бетону
1	2	3
1	Фундамент під колону для житл. і цив. будівництва	2000х2000х1000, бетон важкий
2	Стрічковий фундамент для житл. і цив. будівництва	3200х1180х1000, бетон важкий
3	Блок стін підвалів для житл. і цивільного будівництва	2380х1000х380, бетон важкий
4	Колона на два поверхи для житл. і цив. будівництва	8400х400х400, бетон важкий
5	Панель зовнішніх стін, для житл. і цив. будівництва	3600х3100х300, бетон легкий
6	Панель внутрішніх стін, для житл. і цив. будівництва	3600х2650х160, бетон легкий
7	Панель внутрішніх стін, для житл. і цив. будівництва	6000х2650х160, бетон легкий
8	Панель зовнішніх стін, для житл. і цив. будівництва	6000х3100х400, бетон легкий

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Продовження табл. 7.1

1	2	3
9	Плита перекриття суцільна для житл. і цив. будівництва	6600х3000х160, бетон важкий
10	Плита перекриття багато порожнинна для житлового і цивільного будівництва	6000х1500х220, бетон важкий
11	Плита перекриття багато порожнинна для житлового і цивільного будівництва	12000х1800х220, бетон важкий
12	П-подібна з/б панель перекриття для житлового і цивільного будівництва	8800х1500х400, бетон важкий
13	2Т-подібна з/б панель перекриття для житлового і цивільного будівництва	15000х300х500, бетон важкий
14	Сходовий марш для житлового і цивільного будівництва	Довжина 58000, бетон важкий
15	Колона фахверку для промислового будівництва	Висота 10500, бетон важкий
16	Колона без консолі для промислового будівництва	Висота 8100, бетон важкий
17	Колона підкранова 1-гілкова для промислового будівництва	Висота 10800, бетон важкий
18	Колона підкранова 2-гілкова для промислового будівництва	Висота 9600, бетон важкий
19	Балка фундаментна трапецевидна для промислового будівництва	Довжина 12000, бетон важкий
20	Балка фундаментна Т-подібна для промислового. будівництва	Довжина 12000, бетон важкий
21	Балка підкранова для промислового будівництва	Довжина 12000, бетон важкий
22	Балка покриття 2-скатна для промислового будівництва	Довжина 18000, бетон важкий
23	Ферма покриття для промислового будівництва	Довжина 24000, бетон важкий
24	Плита покриття ребриста для промислового будівництва	12000х3000х300, бетон важкий
25	Плита покриття ребриста для промислового будівництва	6000х3000х300, бетон важкий

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Продовження табл. 7.1

1	2	3
26	Настил коробчатий для промислового будівництва	18000х3000х900, бетон важкий
27	Панель стінова для промислового будівництва	12000х1200х240, бетон легкий
28	Труба безнапірна для улаштування водогонів	Зовнішній діаметр – 800, внутрішній – 500, довжина 5000, бетон важкий
29	Труба напірна для улаштування водогонів	Зовнішній діаметр – 1000, внутрішній – 700, довжина 5000, бетон важкий

ІРР оформляється у вигляді зброшурованого звіту на стандартних аркушах А-4. На титульній сторінці необхідно вказати назву вищого навчального закладу, кафедру, назву ІРР, прізвище, ім’я та по батькові студента, спеціальність та групу, посаду, прізвище та ініціали викладача, що перевіряє та приймає ІРР. В кінці роботи наводиться перелік використаної літератури в порядку посилань на джерела.

Студент, що виконав ІРР не за варіантом, а також не у відповідності із зазначеними вимогами, не допускається до її захисту.

7.2. Загальні положення. Склад і оформлення контрольної роботи студентами заочної форми навчання

Студенти заочної форми навчання виконують контрольну роботу (КР) згідно із завданням в МВ 059. Для виконання КР необхідно:

- дати відповіді на 5 теоретичних питань по технологічним процесам виготовлення збірних бетонних і залізобетонних конструкцій з урахуванням сучасного науково-технічного рівня промисловості збірного залізобетону;
- розв'язати 5 розрахункових задач, що передбачають визначення параметрів основних технологічних процесів виготовлення збірних бетонних і залізобетонних конструкцій.

Вимоги до виконання і оформлення КР аналогічні вимогам до ІРР.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

8. ТЕМИ РЕФЕРАТІВ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Реферат з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів" є додатковим видом самостійної роботи студента з даного курсу, яка виконується за його бажанням.

Тему реферату студент обирає із запропонованого переліку, або формулює сам, попередньо погодивши її з викладачем.

Розкриття теми реферату повинно бути ґрунтовним і по суті, наповнене критичним аналізом стану питання та не повинно містити тривіальних і загальновідомих положень і даних.

При підготовці реферату необхідно використовувати сучасні інформаційні джерела, зокрема ресурси Інтернету, посилання на які є обов'язковими.

Бажаним є використання ілюстративного матеріалу (схеми, рисунки, фото та ін.).

Реферат оформляється у вигляді зброшурованого звіту на стандартних аркушах формату А-4 обсягом 10...15 сторінок основного тексту, а також переліку використаної літератури та інформаційних джерел. Зміст роботи наводиться з однієї сторони аркушів рукописним способом, або за допомогою друкарських пристроїв. Бажаним є виконання реферату комп'ютерним способом з обов'язковим представленням роботи на електронному носії.

На титульній сторінці необхідно вказати назву вищого навчального закладу, кафедру, тему реферату, прізвище, ім'я та по батькові студента, посаду, прізвище та ініціали викладача, що перевіряє та зараховує реферат.

Термін здачі реферату – не пізніше ніж через 1 місяць з моменту призначення та затвердження теми викладачем.

Максимальна кількість балів, якою оцінюється якість написання реферату – 5 з кратністю 0,5 бала.

У випадках невідповідності змісту реферату його темі, а також явного плагіату (повторного використання готових, раніше виконаних робіт, в т. ч. розміщених в Інтернеті) представлений реферат не приймається до захисту і оцінка його не ставиться.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Приклади тем:

1. Виробництво збірного залізобетону в країнах Євросоюзу, США і Китаї, перспективи і тенденції.
2. Перспективи розвитку промисловості збірного залізобетону на Україні.
3. Промисловість збірного залізобетону в Росії і країнах СНД, перспективи і тенденції.
4. Сучасні тенденції розвитку промисловості збірного залізобетону.
5. Нові матеріали і технології у виробництві збірного залізобетону.
6. Використання неметалевої арматури у виробництві збірного залізобетону.
7. Сучасні форми і формооснащення, що не потребують змащування.
8. Виготовлення конструкцій і виробів з надміцних бетонів, особливості технології.
9. Сучасні тенденції виробництва дрібноштучних бетонних та залізобетонних виробів.
10. Підвищення довговічності залізобетонних виробів заводського виробництва в умовах дії від'ємних температур і агресивних середовищ.
11. Розкрити причини низької довговічності з/б тротуарних плит, покладених на майдані Незалежності в м. Рівне і дати економічно обґрунтовані рекомендації по виготовленню довговічних виробів.
12. Використання сухих будівельних сумішей для опоряджування збірних залізобетонних виробів. Технологічні схеми і пропозиції.
13. Виготовлення збірних з/б виробів на нецементних в'яжучих. Особливості технологій і застосування виробів.
14. Заводське виробництво збірного залізобетону без теплової обробки. Технологічні прийоми і перспективи.
15. Сучасні технології виготовлення труб методами вібропресування та роликового пресування.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

9. ЗАВДАННЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ХАРАКТЕРУ

З метою поглибленого засвоєння курсу студенти спеціальності ТБКВіМ залучаються до виконання науково-дослідницьких завдань у відповідністю із напрямками наукової роботи кафедри ТБВіМ НУВГП. Ці дослідження передбачають розробки нових матеріалів і технологій, а також оптимізацію режимів виробництва з/б конструкцій.

Крім того, для студентів можна також рекомендувати і типові дослідницькі завдання, що стосуються дисципліни "Технологічні процеси виготовлення збірних бетонних і залізобетонних виробів", зокрема наступні:

1. Виготовлення багатопорожнинних плит перекриття здійснюється переважно за агрегатно-потоковою технологією. З метою зменшення виробничих площ. економії паливно-енергетичних ресурсів і підвищення якості виробів розглянути і обґрунтувати можливість виготовлення таких плит за стендовою технологією з використанням обладнання типу "Макс-Рот".

2. Металоформи складної конфігурації для виготовлення ребристих плит покриття перед бетонуванням змащуються мастилом складу: нігрол : емульсол : вода = 1,0:0,2:5,4. Внаслідок необхідності очищення форм з використанням металевих щіток і скребків форми швидко зношуються і виходять з ладу. Запропонувати і обґрунтувати більш ефективні мастила, або покриття робочої поверхні форм емалями.

3. З метою зменшення виробничих площ. економії паливно-енергетичних ресурсів і підвищення якості виробів розглянути і обґрунтувати можливість заміни традиційної технології виготовлення труб методом віброгідропресування, на автоматичну лінію виготовлення труб методом вібропресування, наприклад фірми "Шлоссер".

4. З метою економії витрат на вартість в’яжучого і теплову обробку виробів розглянути і обґрунтувати можливість переведення існуючого виробництва плит-перегородок на цементному бетоні, що здійснюється на прокатному стані БПС-6М, на гіпсобетонні плити з використанням високоміцного гіпсу на основі фосфогіпсу.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

5. З метою економії палива і виробничих площ цехів розглянути і обґрунтувати можливість теплової обробки фундаментних блоків стін підвалу та багато порожнинних плит перекриття на основі використання сонячної енергії в кліматичних умовах м. Рівне.

6. Запропонувати і обґрунтувати хімічні добавки і склади бетону для виготовлення з/б колон з бетону класу В30 для обмеження температури теплової обробки не вище 50^0С при тривалості не більше 10 год.

7. Розробити перелік конструкцій які можна виготовляти з використанням дисперсного армування на обладнанні діючого підприємства, наприклад Рівненського КПД, замість конструкцій, армованих стержневою арматурою.

Тему завдання студент обирає із запропонованого переліку, або формулює сам, попередньо погодивши її з викладачем.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Національний університет
водного господарства
та природокористування

10. ТИПОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ МОДУЛЬНИХ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ

На протязі вивчення курсу передбачено 2 тестування, по мірі вивчення змістових модулів.

1-ше тестування.

№1

Які з/б вироби доцільно виготовляти на вертикально замкненому конвейєрі?

а/ підкранові балки, ригелі, палі, плити покриття,

б/ плоскі вироби – плити покриття і перекриття, а також сходові марші, елементи огорож;

в/ трубчаті конструкції,

г/ вироби складної конфігурації.

№2

З яких матеріалів можна виготовляти форми для виробництва залізобетонних виробів?

а/ металеві, паперові, прошивні, залізобетонні;

б/ сталеві, дерев'яні, склопластикові, залізобетонні, комбіновані;

в/ сталеві, поліетиленові, гумові, деревно-стружкові;

г/ сталеві, дюралюмінієві, гіпсокартонні, деревоволокнисті, полімерні.

№3

Які способи машинного механічного очищення форм використовують на заводах збірного залізобетону ?

а/ віброгідропресуванням;

б/ машинами з блоками металевих щіток або інерційних фрез;

в/ токарними верстатами;

г/ машинами зі скребковими пристроями.

№4

Як розрахувати напруження (σ), якщо відомі частоти власних коливань напруженого стержня (f), його довжина (L, прискорення вільного падіння (g), та густина металу (ρ)?

а/ $\sigma = 4(\rho/ g f2) L2$;

б/ $\sigma = 4(\rho/ L2g) f2$;

в/ $\sigma = (\rho/ 4g) f2 L2$;

г/ $\sigma = 4(\rho/ g) f2 L2$;

№5

Які різновиди пресування використовують під час формування залізобетонних виробів?

а/ об'ємне, відцентрове, литтєве;

б/ зовнішнє, воверхневе, внутрішнє;

в/ прокатування, екструзія, вакуумування;

г/ фільтраційне, роликове, радіальне.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

2-ге тестування.

№1

Що таке відцентрове формування?

а/вібраційне формування з використанням інерційного віброзбуджувача;

б/виготовлення трубчатих виробів торкретуванням;

в/формування виробів при обертанні форми за рахунок відцентрового тиску;

г/виготовлення труб методом вібропресування.

№2

Для застосовується торкретування?

а/для виготовлення масивних попередньо напружених конструкцій;

б/для одержання фактурного шару зовнішніх стінових панелей і виправлення дефектів конструкцій;

в/для виготовлення залізобетонних паль;

г/для виготовлення легкобетонних і теплоізоляційних з/б виробів.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

№3

Які способи теплового прискорення твердіння бетону застосовують у виробництві збірного залізобетону?

а/ паропрогрівання, прогрівання масляне, в гарячій воді, електро- і індукційне прогрівання, геліопрогрівання;

б/сушка в тунельних і ямних камерах, паропрогрівання, прогрівання масляне і в гарячій воді;

в/запарювання попередньо напружених виробів в автоклавах, паропрогрівання, електро- і індукційне прогрівання;

г/ прискорене твердіння за рахунок хімічних добавок, запарювання попередньо напружених виробів в автоклавах.

№4

Які способи застосовують для прискорення твердіння бетону?

а/формування пресуванням під високим тиском, пропарювання, використання хімічних добавок;

б/теплове прискорення, використання швидкотвердіючих цементів і добавок, фізико-хімічні заходи;

в/використання активних мінеральних добавок до цементів, сушка виробів;

г/використання підігрітої води для замішування бетонів, повітрязатягуючих хімічних добавок і рухливих бетонних сумішей.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

№5

Назвіть способи негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою.

а/часткове негайне розпалублення (звільнення від формоутворювальних вкладишів та бортових елементів) і повне негайне розпалублення;

б/при безопалубочному формуванні і використанні тільки формоутворювальних вкладишів;

в/ при безопалубочному формуванні і використанні наджорстких бетонних сумішей;

г/повне розпалублення при виготовленні виробів простої конфігурації.

№6

Наведіть приклади підвищення заводської готовності виробів і конструкцій.

а/покриття зовнішньої поверхні стінових панелей керамічними плитками;

б/обклеювання шпалерами або фарбування внутрішньої поверхні стінових панелей;

в/обробка зовнішньої поверхні стінових панелей грунтовкою і фарбуванням;

г/попереднє напруження арматури для плит і панелей покриття.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

11. ПЕРЕЛІК ОСНОВНИХ ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ

1-ше тестування

1. Назвіть ознаки, за якими класифікують збірні конструкції.
2. Які основні технічні вимоги висуваються до збірних залізобетонних конструкцій за умовами монтажу?
3. Назвіть основні види лінійних і плоских конструкцій для цивільного будівництва.
4. Назвіть основні види лінійних і плоских конструкцій для промислового будівництва.
5. В чому полягає різниця між абсолютною і виробничою технологічністю?
6. Сформулюйте визначення технологічності конструкції.
7. Назвіть основні характерні пости агрегатного виробництва.
8. Назвіть основні переваги та недоліки конвеєрного виробництва.
9. Назвіть основні характерні пости вібропрокатного стану виробництва плоских одношарових з/б панелей?
10. Які з/б вироби доцільно виготовляти на вертикально замкненому конвеєрі?
11. Які з/б вироби доцільно виготовляти на горизонтально замкненому конвеєрі?
12. Які з/б вироби доцільно виготовляти на похило замкненому конвеєрі?
13. Сформулюйте основні переваги та недоліки конвеєрного виробництва.
14. У чому переваги двогілкового конвеєра у порівнянні з одногілковим?
15. Порівняйте основні характеристики конвеєрного та агрегатного виробництв.
16. Які конструкції виготовляють переважно за стендовою технологією?
17. У чому полягають переваги лоткових стендів у порівнянні з незагибленими?
18. Назвіть переваги й недоліки касетно-стендової технології.
19. Від яких факторів залежить величина заданого подовження арматурного стержня при електротермічному натягу арматури?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

20. З яких величин складається повне подовження арматури при її електронагріванні?
21. Від яких факторів залежить величина необхідної температури нагрівання арматури для її електротермічного натягання?
22. Які обмеження існують для величини температури нагрівання арматури при її електротермічному натяганні?
23. Які особливості технології самонапружених конструкцій?
24. В чому суть хімічного натягання арматури?
25. Поясніть суть дисперсного армування.
26. Назвіть приклади застосування дисперсного армування у збірних ЗБВ.
27. Назвіть приклади доцільності використання зовнішнього армування.
28. Назвіть об'єкти контролю при армуванні залізобетонних конструкцій.
29. Як розрахувати ступінь напруження арматури (σ), знаючи зусилля натягання (Р) і кількість одночасно напружуваних стержнів (n) ?
30. Як вимірюється зусилля натягання?
31. Як визначити напруження через подовження арматури при натяганні?
32. Якими приладами вимірюють подовження арматури?
33. Як розрахувати напруження (σ), якщо відомі частоти власних коливань напруженого стержня (f), його довжина (L, прискорення вільного падіння (g), та густина металу (ρ)?
34. Які операції входять до складу процесів формування?
35. Охарактеризуйте різновиди засобів для транспортування та укладання бетонної суміші у форми.
36. Назвіть обладнання, що забезпечує як укладання так і рівномірне розподілення бетонної суміші.
37. Яке обладнання використовують для укладання литих сумішей в горизонтальні та вертикальні форми?
38. Яке обладнання використовують для укладання бетонної суміші на лінійних стендах?

2-ге тестування

1. Відсіків касет бетонною сумішшю і при її ущільненні?
2. Назвіть особливості касетно-конвеєрної технології виготовлення залізобетонних виробів?
3. Назвіть основні типи касетно-конвеєрних ліній?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

4. У чому полягають переваги залізобетонних труб перед металевими?
5. Які ви знаєте способи виготовлення безнапірних труб?
6. Назвіть особливості формування труб методом центрифугування.
7. Назвіть особливості формування труб методом радіального пресування?
8. Назвіть особливості формування труб методом осьового пошарового ущільнення.
9. Назвіть особливості формування труб методом відцентрово прокатного формування.
10. Які технологічні операції виконуються при виготовленні залізобетонних напірних труб методом віброгідропресування?
11. Які способи теплового прискорення твердіння бетону застосовують у виробництві збірного залізобетону?
12. Які хімічні та фізико-хімічні фактори використовують для прискорення твердіння бетону?
13. Які особливості відрізняють паропрогрівання бетону у камерах і в касетах?
14. Які різновиди прогрівання бетону у газоповітряному середовищі ви знаєте?
15. Назвіть основні види електротеплової обробки бетону.
16. Наведіть аналітичні залежності визначення питомої потужності тепловипромінення для різних видів електродів.
17. Охарактеризуйте кожний період режиму пропарювання бетону.
18. Які способи застосовують для прискорення твердіння бетону?
19. Які особливості відрізняють паропрогрівання бетону у камерах і в термоформах?
20. Назвіть особливості термообробки в автоклавах.
21. Обгрунтуйте раціональність використання сонячної енергії для прискорення твердіння бетону.
22. В чому полягають особливості теплової обробки бетону в продуктах горіння природного газу?
23. Як контролюється і регулюється процес прискорення твердіння бетону?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

24. Назвіть основні заходи щодо скорочення витрати енергіїї при тепловій обробці бетону.
25. З якою метою здійснюється теплова обробка бетону?
26. В які періоди можливе звільнення виробів від форм?
27. В яких умовах можливе звільнення виробів від форм?
28. Назвіть способи негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою.
29. Назвіть умови негайного розпалублення виробів перед тепловою обробкою.
30. Наведіть аналітичні залежності для розрахунку міцності бетону відформованих виробів при повному негайному розпалубленні.
31. Назвіть умови розпалублення попередньо напружених виробів.
32. Назвіть способи передавання зусилля обтискання на бетон при розпалубленні.
33. Назвіть пристрої для передавання зусилля обтискання на бетон при розпалубленні.
34. Коли застосовують негайну часткову розпалубку?
35. Що таке повна заводська готовність залізобетонних виробів?

Національний університет
водного господарства
та природокористування

12. ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абразиви – речовини, що мають високу твердість (алмаз, корунд, наждак та ін.); використовуються для механічної обробки а також очищення поверхонь різних матеріалів.

Агрегатне виробництво здійснюється на відповідно обладнаних спеціалізованих постах, форми з виробами для виконання всіх стадій обробки послідовно переміщуються від поста до поста.

Арматура – сталеві стержні, каркаси і сітки, розміщені в масі бетону згідно із характером роботи конструкції.

Бетон – штучний кам'яний матеріал, отриманий з раціонально підбраної суміші компонентів.

Бетонороздавач. – самохідна машина для транспортування і видачі бетонної суміші.

Бетоноукладач - – самохідна машина для транспортування, розподілу і розрівнювання бетонної суміші.

Бортові елементи форми - це частина форми для утворення периметру виробу.

Вакуум-щит – основна частина установки для вібровакуумування, забезпечує процес відсмоктування зайвої рідини з бетонної суміші, складається з повітря непроникної коробки та робочої поверхні для створення вакуум-порожнини.

Віброгідропресування – спосіб формування напірних залізобетонних труб у вертикальних формах, шляхом послідовного впливу вібрації при розподілі і ущільненні бетонної суміші, і пресуванні через гумове осердя, для додаткового ущільнення бетону і натягу арматури.

Віброосердя – жорсткі металеві циліндри або короби, в середині яких закріплено вібратори. або дебалансні вали.

Віброплощадка – вібраційна машина для ущільнення бетонної суміші у формах.

Вібропрокатний стан – пластинчатий конвеєр безперервної дії, на якому здійснюються всі технологічні операції (від укладання бетонної суміші до теплової обробки).

Віброекструзія – спосіб формування, що базується на одночасному впливі вібрації та пресування при нагнітанні бетонної суміші.

Віброштампування – метод формування виробів машинами, в робочому органі яких поєднані функції віброущільнення, привантаження й формування.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Відцентрове формування – формування і ущільнення залізобетонних виробів трубного профілю здійснюється при обертанні циліндричної форми.

Газоповітряне середовище – суміш гарячого повітря і пари при температурі вище 100^0 С, що використовується для теплової обробки залізобетонних виробів, найчастіше це продукт згоряння природного газу або інших палив.

Геліоформи – форми для теплової обробки залізобетонних виробів за рахунок використання сонячної енергії.

Домкрати – механічні а бо гідравлічні пристрої (переносні або пересувні), що використовуються для механічного натягання арматури.

Електродне прогрівання - теплова обробка залізобетонних виробів, яка базується на включенні бетонної суміші в електричний ланцюг, як активного опору.

Електротермічне натягання арматури здійснюють шляхом електротермічного нагрівання струмом арматурних елементів до зазначеного подовження, з подальшою їх фіксацією у жорстких упорах, які перешкоджають скороченню цих елементів під час охолодження.

Електрообігрівання – теплова обробка залізобетонних виробів, здійснюється шляхом контактного обігрівання в термоформах низькотемпературними обігрівачами а також конвективно-променевим обігріванням в камерах різних типів.

Емульсії – двофазні колоїдні системи, що складаються з малорозчинних або нерозчинних одна в одній рідин.

Індукційне прогрівання - теплова обробка залізобетонних виробів в електромагнітному полі за рахунок нагрівання металевих компонентів (сталевої арматури, закладних деталей, металевих форм) виникаючим індукційним струмом.

Касетний спосіб виробництва полягає у тому, що вироби формуються у вертикальному положенні в розсувних групових металевих формах – касетах, де вони перебувають до набуття бетоном заданої міцності.

Ковзне віброштампування – метод формування виробів машинами послідовної дії, в яких вібруючий штамп, пересуваючись вздовж відкритої частини виробу, ущільнює бетонну суміш і при потребі профілює поверхні.

Конвеєрне виробництво – потоковий спосіб виробництва, що організований у вигляді замкненого технологічного кільця, в якому форми послідовно переміщуються від поста до поста із заданою швидкістю.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Конвеєр крокової дії являє собою безперервну лінію з 6 – 15 постів, всі технологічні операції на якій здійснюються у пересувних піддонах (візках), які одночасно переміщуються у відповідності з прийнятим ритмом.

Опоряджування збірного залізобетонного виробу полягає в обробці його лицевих поверхонь до повної, або часткової заводської готовності.

Піддон – це частина форми для утворення нижньої поверхні виробу.

Пропарювання (паропрогрівання) - теплова обробка залізобетонних виробів у середовищі насиченого пару при температурі нижче 100^0 С у камерах різних типів.

Розпалублення – звільнення відформованих виробів від форм.

Ритм конвеєра – витрата часу для виконання робіт на кожному посту, однакова для всіх постів.

Суспензії - колоїдні системи з рідкою дисперсійною та твердою дисперсною фазами.

Стендове виробництво здійснюється у нерухомих формах або спеціально обладнаних робочих місцях – стендах.

Торкретування – спосіб формування залізобетонних виробів, при якому бетонна суміш ущільнюється при нанесенні її на поверхню силою пневматичної або механічної дії.

Форми – є формувальним обладнанням для виготовлення з бетонних сумішей виробів і конструкцій заданих розмірів.

Центрифуги роликові, пасові, осьові – формувальні машини з циліндричними формами для виготовлення залізобетонних виробів трубного профілю, розподіл і ущільнення бетонної суміші здійснюється за рахунок відцентрової сили при обертанні форм.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

13. СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Навчальні посібники та допоміжна література

1. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство. – Рівне, 1999. – 478 с.

2. Русанова Н.Г., Пальчик П.П., Рижанкова Л.М. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: Підручник: У 2 ч. – К.: Вища школа, 1994. – Ч.2. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. – 334 с.: іл.

3. Приходько А.П. Технологія виробництва бетонних і залізобетонних виробів: Навч. посібн. – К.: НМК ВО, 1992. – 336 с.

4. Справочник по производству сборных железобетонных изделий/ Под ред. К.В.Михайлова, А.А. Фаломеева. – М.: Стройиздат, 1989. – 576 с.

5. Шихненко И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона. – К.: Будивэльник, 1989. – 226 с.

6. Журнали: "Будівельні матеріали і конструкції" (Київ), "Будівни-цтво України" (Київ), "Строительные материалы" (Москва), "Строительные материалы, технологии, оборудование XXI века" (Москва), "Промышленное и гражданское строительство" (Москва), "Бетон и железобетон" (Москва), "Популярное бетоноведение" (Москва).

Інструктивно-методична література

1. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних виробів студентами спец. 7.092104 ТБКВіМ денної і заочної форм навчання (МВ 059-87).- Рівне, НУВГП. – 2003.

2. Завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних виробів для студентів спец. 7.092104 ТБКВіМ заочної форми навчання (МВ 059-104).- Рівне, НУВГП. – 1999.

3. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни "Технологічні процеси виготовлення бетонних і залізобетонних виробів для студентів спец. 7.092104 ТБКВіМ (МВ 059-109).- Рівне, НУВГП. – 2003.

Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчально-методичне видання

Мироненко Анатолій Васильович

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВИГОТОВЛЕННЯ БЕТОННИХ І ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Інтерактивний комплекс
навчально-методичного забезпечення

Комп'ютерний набір і верстка: *Мироненко А.В.*

Підписано до друку _____ 2008 р. Формат 60×84 1/16.
Папір друкарський №1. Гарнітура Таймс. Умов друк арк. ____
Наклад ____ примірників.
Зам. _____

Редакційно-видавничий центр
Національного університету водного господарства та природокористування

33000, м. Рівне, вул. Соборна, 11.