

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра технології будівельних виробів і матеріалознавства

03-09-150М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту
з дисципліни «Технологія бетонних та залізобетонних виробів»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Будівництво та цивільна інженерія»
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІБА
Протокол № 5 від 11.02. 2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія бетонних та залізобетонних виробів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Будівництво та цивільна інженерія» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Ніхаєва Л. І. – Рівне : НУВГП, 2025 – 46 с.

Укладач: Ніхаєва Л. І. старший викладач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Відповідальний за випуск: Дворкін Л. Й., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технології будівельних виробів і матеріалознавства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Караван В. В.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	4
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА.....	5
2.1 Вибір способу виробництва та технологічні стадії.....	5
2.2 Режим роботи формувального цеху.....	6
2.3 Ритм роботи технологічної лінії.....	7
2.4 Завдання проектування технологічної лінії.....	7
2.5 Конструктивно-технологічна характеристика виробів....	8
3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО- ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ.....	10
3.1. Пост розпалублення виробів, очищення і змащення форм.....	12
3.2. Пост армування напружуваною арматурою.....	22
3.3. Пост формування виробу.....	31
3.4. Пост прискорення тверднення бетону виробу.....	39
3.5 Транспортно – технологічна схема процесу виготовлен- ня плити.....	43
3.6 Компонування агрегатно – потокової лінії	
3.7 Основні технологічні показники лінії	
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	46

ПЕРЕДМОВА

В даних вказівках систематизовано основні положення, пов'язані із проектуванням технологічної лінії формувального цеху заводів збірних залізобетонних виробів і конструкцій. Основну увагу приділено методиці проектування технологічної лінії за агрегатно-поточною формою організації виробничих процесів. Вказівки встановлюють склад, зміст, порядок проектування технологічних процесів формування залізобетонних конструкцій.

Даний курсовий проект є логічним продовженням курсового проектування з дисципліни «Арматура для залізобетонних конструкцій» та «Бетони і розчини».

Методичні вказівки призначено для студентів напрямку 6.060101 „Будівництво”, професійного спрямування "Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів" денної і заочної форм навчання і можуть бути використані при виконанні курсового проекту з дисципліни «Технологічні лінії виробництва бетонних і залізобетонних виробів», а також відповідного розділу дипломного проекту.

1. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Виробництво збірного залізобетону в Україні виконується переважно на агрегатно-поточкових технологічних лініях, які випускають 60...70% усіх виробів. Тому при виконанні курсового проекту більш детально розглядається виготовлення залізобетонних виробів саме таким способом.

Курсовий проект «Технологічне проектування формувального цеху» має на меті дати студентам практичні навички в проектуванні формувальних цехів заводів залізобетонних виробів і конструкцій, використовуючи знання, набуті під час лекційних та практичних занять. Вихідними даними є вид, марка та конструктивна характеристика залізобетонних виробів, а також специфікація арматурних виробів та їхніх елементів.

Завданнями курсового проекту є:

1. Складання конструктивно-технологічної характеристики виробу зі збірного залізобетону.
2. Проектування технологічної лінії агрегатно-поточкового способу виробництва.

У курсовому проєкті виконується вибір і обґрунтування режиму роботи формувального цеху, його обладнання, розробка схем організації технологічних постів, ліній та транспортно-технологічної схем, компонування цеху, визначення основних техніко-економічних показників постів та лінії цеху.

До складу курсового проєкту входять:

- 30...40 сторінок пояснювальної записки, в якій наводяться опис та основні розрахунки постів і ліній цеху;
- 5...6 креслень формату А4 з представленням конструктивної характеристики залізобетонних виробів, схем організації робочих місць постів та ліній цеху, транспортно-технологічних схем;
- 1 лист формату А-1, на якому представлено креслення базового виробу, транспортно-технологічна схема його виготовлення, компоновка постів і ліній формувального цеху.

2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА

2.1. Вибір способу виробництва та технологічні стадії

Вибір способу виробництва збірних залізобетонних виробів залежить від ряду показників як самих виробів, так і технологічних ліній на яких вони виготовляються.

Кількість та типи ліній призначають залежно від заданої номенклатури виробів і потужності підприємства або цеха.

Для більшості масових залізобетонних виробів враховують наступні параметри: вид і клас бетону, форму виробу і характер перерізу, геометричні розміри і допустимі відхилення від них, вид армування, насиченість арматурою і закладними деталями, масу виробу, чистоту поверхні. Значення цих показників необхідні для об'єднання виробів у групи, для яких забезпечується максимальна сумісність операцій при формуванні і тепловій обробці [5].

Виробництво виробів у формувальному цеху заводу збірних залізобетонних виробів, включає наступні технологічні стадії:

- приймання, складування, зберігання і транспортування матеріалів, напівфабрикатів та комплектувальних елементів;
- підготування форм;
- армування;
- формування

- теплову обробку (твердження в природних умовах);
- розпалублення, опорядження, маркування та транспортування виробів на склад готової продукції.

При цьому в умовах заводського виготовлення залізобетонних виробів найбільшого поширення набули три основні способи виробництва: агрегатно-потоковий, конвеєрний та стендовий [6].

При агрегатно-потоковому способі виробництва залізобетонних конструкцій всі частини процесу здійснюються на спеціалізованих постах, обладнаних машинами для виконання відповідної роботи. При цьому забезпечується пропорційність і відповідність процесів. Бетонна суміш постачається до лінії бункерами, а арматурні вироби – самохідним візком. За таких умов теплова обробка відбувається в камерах періодичної дії, наприклад, ямних камерах. Даний спосіб організації виробництва характеризується можливістю виготовлення на одній лінії виробів, різних не тільки за типорозмірами, але й за конструкцією.

2.2. Режим роботи формувального цеху

Від вибору певного режиму роботи залежить організація виробничого процесу на підприємстві, раціональний вибір обладнання і робочих місць. При виборі режиму роботи цеху враховують те, що при перервному виробництві не рекомендується приймати трьохзмінний режим роботи, т.як третя зміна є неповноцінною. Для неперервного виробництва (тепловологісна обробка залізобетонних виробів в камерах пропарювання) встановлюється трьохзмінний режим при обслуговуванні агрегату однією бригадою в різні зміни. Члени бригади по черзі працюють в першу, другу і третю зміну.

Згідно діючих норм [3] передбачається наступний режим роботи формувального цеху:

- 1) номінальна кількість робочих днів на рік, N_n – 260;
- 2) кількість робочих змін на добу, N_p – 2;
- 3) кількість робочих змін на добу для теплової обробки, N_m – 3;
- 4) тривалість робочої зміни (годин), T_z – 8;
- 5) тривалість планових зупинок на ремонт (кількість днів):
 - агрегатно-потокові і стендові лінії, касетні установки – 7;
 - конвеєрні лінії – 13;
- 6) розрахункова кількість робочих днів на рік, N_d :
 - агрегатно-потокові і стендові лінії, касетні установки – 253;
 - конвеєрні лінії – 247.

2.3. Завдання проектування технологічної лінії

Проектування технологічної лінії включає вибір технологічного обладнання, необхідного оснащення, постів їх компоновку і розрахунок.

Обладнання вибирається за технічними параметрами з довідникової літератури [6-14], розрахунок його ведеться за організаційною продуктивністю:

$$P_o = K_o \cdot P_m, \quad (1)$$

де K_o – коефіцієнт організації роботи машин, $K_o=0,92$;

P_m – продуктивність машини, яка вказана в її технічному паспорті.

Необхідна розрахункова кількість машин визначається за залежністю:

$$M_p = P_z / P_o, \quad (2)$$

де P_z – годинна потреба у виробках або напівфабрикатах;

P_o – організаційна продуктивність.

Ефективність роботи машини становить:

$$E = 100 \cdot P_z / (M_n \cdot P_o), \quad (3)$$

де M_n – прийнята кількість машин.

Для кожного поста слід розглянути операції та послідовність їхнього виконання, запроектувати схему організації робочих місць формувальників, вказати їхню кваліфікація і об'єм роботи.

2.4. Конструктивно-технологічна характеристика виробів

Вибір способу виробництва залізобетонних виробів, режиму та ритму роботи формувального цеху, проектування технологічної лінії здійснюється на підставі конструктивно-технологічних особливостей виробів. Конструктивно-технологічна характеристика залізобетонних виробів наводиться, як правило, у нормативних документах або альбомах (серіях) типових конструкцій, виробів та вузлів будівель і споруд [4]. Вона включає в себе маркування виробу із наступним розшифруванням, технічні вимоги до нього, складальні креслення виробу, специфікацію арматурних виробів та їхніх елементів та складальні креслення.

За вихідними даними студенту необхідно розшифрувати марку багатопорожнинної плити перекриття (рис. 1), викреслити її конструктивну схему, навести основні конструктивно-технологічні характеристики виробу.

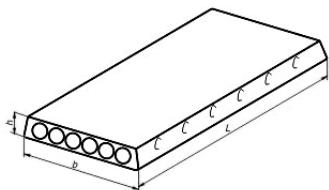


Рис. 1. Плита залізобетонна багатопорожнинна

Для прикладу розглянемо плиту ПК 63.15-8АтVТ, яку призначено для перекриття в житлових і цивільних будівлях (рис .1).

Дана марка плити розшифровується наступним чином [4]:

- ПК – плита перекриття круглопорожнинна;
- 63.15 – довжина плити – 6280 мм, ширина – 1490 мм;
- 8 – під розрахункове навантаження 80 МПа;
- Ат-V – з напруженою робочою арматурою із арматурної сталі класу А800СК (Ат-V);

Т – плита виготовлена з важкого бетону.

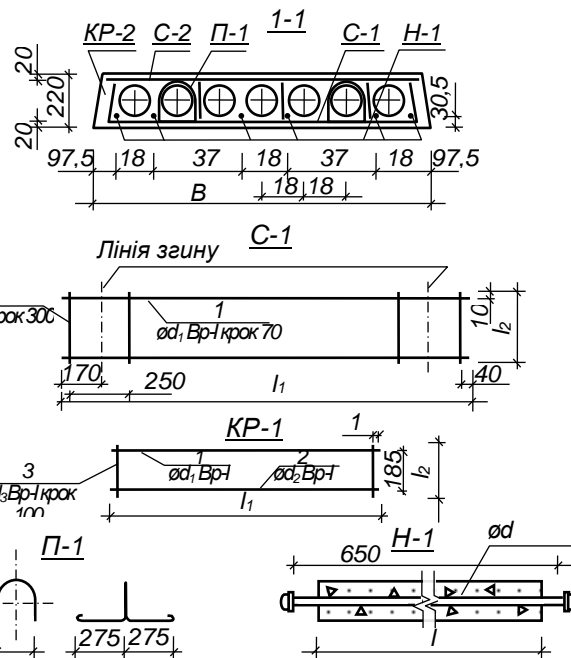
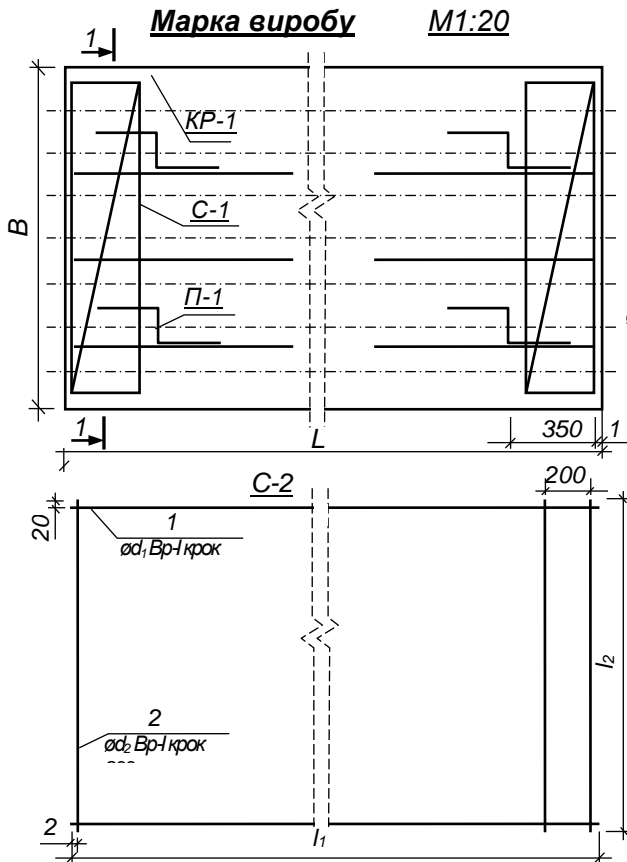
Марку плити та вибірку арматурних виробів і елементів наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Вибірка арматурних виробів та їхніх елементів для багатопорожнивної плити перекриття ПК 63.15-8АтVТ

Арматурні вироби				Арматурні елементи			
Марка	Маса, кг	Кількість на плиту	Загальна маса, кг	Позиція	Клас сталі	Діаметр, мм	Довжина, мм
КР-1	0,46	10	4,6	1	Вр-I	5	1020
				2	Вр-I	4	1020
				3	Вр-I	4	205
С-1	0,94	2	1,88	1	Вр-I	4	1780
				2	Вр-I	5	300
С-2	4,10	1	4,10	1	Вр-I	3	6240
				2	Вр-I	3	1440
Н-1	5,58	6	33,48	1	А800СК	12	6280
Н-2	—	—	—	—	(Ат-V)	—	—
П-1	1,05	4	4,20	1	А240С (А-I)	12	1180

Конструктивну схему багатопорожнивної плити перекриття та її основні параметри наведено на рис. 2.



Основні параметри плити

МАРКА	Розміри, мм		Об'єм бетону, M^3	Маса, кг	Приведена товщина, см
	L	B			

Рис. 2. Схема для креслення плити

Така плита виготовляється із жорсткої бетонної суміші з проектним класом бетону за міцністю на стиск $B15 (M200)$ і передаточною міцністю $R_n=16 \text{ МПа}$. Для забезпечення високої якості виробів, можливості негайного розпалублення в наступного тверднення на піддонах застосовують суміші з марки за леглукладальністю Ж4 (жорсткість 30...60 с) і заповнювач із розміром зерен не більше 20 мм. Попереднє витримування до початку теплової обробки становить $t_v=2 \text{ год}$. Режим теплової обробки згідно [1] приймається – 12 год (3,5+6,5+2,0). Температура ізотермічного нагріву становить $t_i=(80...85)^\circ\text{C}$. З метою економії матеріалів і полегшення плити влаштовують порожнини діаметром 159 мм. Плита армується нижніми опорними коритоподібними сітками $C-1$, плоскими вертикальними каркасами $KP-1$ і плоскою верхньою сіткою $C-2$. Каркаси, які мають поздовжні прутки різного діаметра, встановлюються таким чином, щоб більший діаметр знаходився у верхній зоні плити.

Попереднє напруження забезпечується електротермічним натяганням пруткової арматури $H-1$ (або $H-1$ та $H-2$), яку розміщено у нижньому поясі плити. Температура електричного нагрівання прутків не повинна перевищувати $t_n=450^\circ\text{C}$. Величина залишкового попереднього напруження арматури перед бетонуванням становить $\sigma_n=500 \text{ МПа}$. Допустимі відхилення попереднього напруження $\Delta\sigma_n$ прийнято: при довжині плити 6280 мм – 87 МПа; (5980 мм – 90 МПа; 5680 мм – 93 МПа; 5380 мм – 95,5 МПа; 5080 мм – 100,5 МПа; 4780 мм – 105 МПа) [4].

Проектна товщина захисного шару забезпечується спеціальними фіксаторами і становить $\delta_{ш}=20 \text{ мм}$.

Для стропування, транспортування і встановлення плити в робоче положення передбачено влаштування чотирьох монтажних петель $P-1$. Місця опирання при складуванні і транспортуванні приймаються на відстані 300 мм від торців плити.

3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО-ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ

На агрегатно-потоковій лінії виробництва залізобетонних конструкцій всі частини процесу здійснюються на спеціалізованих постах, обладнаних машинами для виконання відповідної роботи. При

цьому забезпечується пропорційність і паралельність процесів. Бетонна суміш постачається до лінії бункерами, а арматурні вироби - візками. Форми з виробами для виконання всіх стадій послідовно мостовим краном переміщуються з поста на пост. Готова продукція візками транспортується до складу.

При виготовленні багатопорожнинних плит перекриттів матеріали і напівфабрикати проходять наступні стадії:

- розпалублення плити, очищення і змащення форм;
- армування напруженою арматурою;
- формування виробу;
- прискорення тверднення бетону виробу.

Тривалість ритму роботи лінії згідно [3] залежить від об'єму бетону, довжини і характеристики виробів (табл. 2).

Таблиця 2

Орієнтовні ритми роботи агрегатно-потоккових ліній, у хвилинах

Характеристика виробу, що формується	Тривалість ритму роботи ліній при довжині виробу, м			
	до 6		більше 6	
	та об'ємі бетону в одному формуванні, м ³			
	до 1,5	1,5-3,5	до 3,5	3,5-5
Одношаровий, нескладної конфігурації	8-12	12-15	15-20	20-25
Одношаровий, складної конфігурації, ребристий, декілька виробів у одній формі	10-15	15-20	20-28	28-35
Багатшаровий, великогабаритний складного профілю або офактурений	18-25	25-30	30-35	35-40

В курсовому проєкті тривалість ритму T_r можна прийняти залежно від довжини плити: при довжині плити 6280...5980 мм - $T_r = 20хв$, при довжині плити 5680...5380 мм - $T_r = 15хв$, при довжині плити 5080...4780 мм - $T_r = 12хв$. Для розглядуваного прикладу $T_r=20 хв$.

3.1. Пост розпалублення виробів, очищення і змащення форм

На цей пост виріб з піддоном надходить з ямною пропарювальної камери.

3.1.1. Обладнання поста і його технічна характеристика

Пост має наступне обладнання:

- стенд для установки піддона СМЖ-229 з виробом;
- самохідний візок СМЖ-151 для складування і транспортування плит на склад;
- газокисневий різак для нагрівання і відрізання тимчасових анкерів напруженої арматури;
- ящик-контейнер для арматурних відходів;
- скребки для очищення піддона;
- ящик-контейнер для сміття;
- установку СМЖ-18А для приготування мастил;
- вудочку-розпилювач для змащення робочої поверхні піддона.

Технічні характеристики обладнання поста наведено в табл. 3-5.

Таблиця 3

Технічні характеристики піддона СМЖ-229

№ п/п	Найменування показника	Одиниці вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-229
1	Максимальні розміри плити:		
	довжина	мм	6280
	ширина	мм	1590
	висота	мм	220
2	Максимальна кількість напружуваних прутків	шт.	8
3	Відстань між упорами по довжині піддона	мм	6500
4	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	6500
	ширина	мм	1800
	висота	мм	300
5	Маса	кг	2800

Сам піддон або піддон з плитою транспортується по лінії цеху краном К10т за допомогою автоматичного захвата СМЖ-226, який утримує піддон. Плита переміщується за допомогою строп, які утримують її за монтажні петлі.

Технічні характеристики автоматичного захвата наведено в табл. 6.

Таблиця 4

Технічні характеристики самохідного візка СМЖ-151

№ п\п	Найменування показника	Одиниці вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-151
1	Вантажопідйомність	т	20
2	Швидкість переміщення	м/хв	31,6
3	Гранична дальність ходу	м	120
4	Потужність електродвигуна	кВт	7,5
5	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	7490
	ширина	мм	2573
	висота	мм	1450
5	Маса	кг	3700

Таблиця 5

Технічні характеристики установки СМЖ-18 А для приготування і нанесення мастила на форму

№ п\п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-18 А
1	Продуктивність	м ³ /год	0,115
2	Корисний об'єм бака	м ³	0,44
3	Витрата мастила:		
	на горизонтальну поверхню	г/м ²	200
	на вертикальну поверхню	г/м ²	300
4	Потужність електродвигуна	кВт	6,8
5	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	2500
	ширина	мм	2100
	висота	мм	2190
6	Маса	кг	2630

3.1.2. Продуктивність лінії

Продуктивність лінії визначається ритмом її роботи. При довжині плити 6280 мм приймаємо ритм роботи $T_r = 20$ хв.

Кількість виробів, які формують за годину при заданому ритмі роботи лінії становить:

Таблиця 6

Технічні характеристики автоматичного захвата СМЖ-226

№ п\п	Найменування показника	Одиниці вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-226
1	Вантажопідйомність	кг	6000
2	Максимальна висота виробу, який формується	мм	220
3	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	3626
	ширина	мм	2090
	висота	мм	1684
4	Маса	кг	890

$$n_n^c = 60/T_r, \text{ умт.}, \quad (4)$$

де T_r - ритм роботи лінії. Для випадку, коли $T_r = 20$ хв:

$$n_n^c = 60 / 20 = 3 \text{ умт.}$$

Кількість плит, які формують за добу, становитиме:

$$n_n^o = N_3 \cdot T_3 \cdot n_n^c, \text{ умт.}, \quad (5)$$

де N_3 – кількість робочих змін на добу (без теплової обробки), $N_3 = 2$ умт.;

T_3 – тривалість робочої зміни, год, $T_3 = 8$ год.

Для даного випадку:

$$n_n^o = 2 \cdot 8 \cdot 3 = 48 \text{ умт.}$$

Річна продуктивність лінії

$$П_n^p = N_o \cdot n_n^o \cdot V_n^o, \text{ м}^3, \quad (6)$$

Річна продуктивність лінії при об'ємі однієї плити $V_n^o = 1,18 \text{ м}^3$:

$$П_n^p = 253 \cdot 48 \cdot 1,18 = 14330 \text{ м}^3.$$

де N_o – річний фонд часу роботи технологічного обладнання, діб;

V_n^o – об'єм бетону у виробі, м^3 .

3.1.3. Тривалість зайнятості ямної камери

Тривалість зайнятості ямної камери визначається тривалістю її завантаження і розвантаження, попереднього витримування і режимом ТВО виробу:

$$T_k = t_3 + t_6 + t_n + t_i + t_o + t_p, \text{ год}, \quad (7)$$

де t_3, t_p - тривалість завантаження і розвантаження ямної камери, год; t_6 - тривалість попереднього витримування, $t_6=2 \text{ год}$; t_n - тривалість нагрівання, $t_n=3,5 \text{ год}$; t_i - тривалість ізотермічного прогрівання, $t_i=6,5 \text{ год}$; t_o - тривалість остигання плити, $t_o=2 \text{ год}$.

Тривалість завантаження (розвантаження):

$$t_3=t_p=n_n^k \cdot T_r, \text{ хв.}, \quad (8)$$

де n_n^k – кількість плит у ямній камері, шт.

Тривалість завантаження і розвантаження ямної камери залежать від її місткості. Місткість ямної камери визначається розміщенням кількості виробів у плані камери і по її висоті (табл. 7). По довжині камери розміщується одна плита, по ширині – 1...3 плити, по висоті – 4...6 плит.

Таблиця 7

Місткість ямної камери залежно від розміщення виробів

Кількість виробів по ширині	Кількість виробів по висоті		
	4	5	6
1	4	5	6
2	8	10	12
3	12	15	18

Кількість виробів у ямній камері n_n^k приймається кратною кількості виробів, які формуються за добу. Для розглядуваного прикладу обираємо камеру, в якій розміщується 3 піддони по ширині і 4 по висоті камери. Місткість такої камер становить $n_n^k = 12 \text{ шт.}$, тобто 12 форм з плитами.

Тоді тривалість завантаження і розвантаження однієї камери становить:

$$t_3=t_p=12 \cdot 20=240 \text{ хв або } 4 \text{ год.}$$

Тривалість зайнятості ямної камери:

$$T_k = 4,0 + 2,0 + 3,5 + 6,5 + 2,0 + 4,0 = 22 \text{ год} = 1320 \text{ хв.}$$

3.1.4. Форми та їх технологічна характеристика

Тривалість обороту форми враховує час, необхідний для виконання всіх стадій виготовлення виробу:

$$T_o=T_p+T_a+T_\phi+T_k, \text{ хв.}, \quad (9)$$

де T_p – тривалість стадії розпалублення плити, очищення і змачення форм, $T_p=T_r$, хв.; T_a - тривалість стадії армування піддонів напруженою арматурою, $T_a=3T_r$, хв., приймається з умови тривалості нагрівання і остигання прутків; T_ϕ - тривалість формування плити, $T_\phi=T_r$, хв.

Для даного прикладу:

$$T_o = 20 + 60 + 20 + 1320 = 1420 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт оборотності форми дорівнює:

$$k_o^\phi = 60 \cdot N_m \cdot T_z / T_o, \quad (10)$$

де N_m – кількість робочих змін на добу для теплової обробки.

$$k_o^\phi = 60 \cdot 3 \cdot 8 / 1420 = 1,01.$$

Враховуючи те, що формування плит виконується у дві зміни приймаємо $k_o^\phi = 1$.

Необхідна кількість форм, які знаходяться в експлуатації:

$$n_\phi^e = N_z \cdot T_z \cdot 60 / (T_r \cdot k_o^\phi) = 2 \cdot 8 \cdot 60 / (20 \cdot 1) = 48, \text{ шт.} \quad (11)$$

Маса форм, які знаходяться в експлуатації, може бути визначена за формулою:

$$m_\phi^e = m_\phi \cdot n_\phi^e, \text{ т,} \quad (12)$$

де m_ϕ – маса однієї форми, т; в нашому випадку – 2,8 т (табл. 3). Тоді:

$$m_\phi^e = 2,8 \cdot 48 = 134,4 \text{ т.}$$

Питома формомісткість виробництва: визначається за залежністю:

$$q_\phi^\phi = m_\phi^e / \Pi_n^p, \text{ кг/м}^3 \quad (\text{до 12}). \quad (13)$$

Питома металомісткість форм:

$$q_\phi^m = m_\phi / V_n^\phi, \text{ т/м}^3 \quad (0,6...3,5). \quad (14)$$

$$q_\phi^m = 2,8 / 1,18 = 2,4 \text{ т/м}^3.$$

3.1.5. Ремонт і складування форм

Термін служіння форми та період її ремонту визначають за кількістю виконаних нею обертів на рік.

При розрахунковій кількості робочих діб на рік $N_o=253$ і коефіцієнті оборотності форми річна оборотність форми становить:

$$O_\phi^p = N_o \cdot k_o^\phi, \text{ обертів.} \quad (15)$$

$$O_\phi^p = 253 \cdot 1 = 253 \text{ оберти.}$$

Термін експлуатації форми та період її ремонту визначається кількістю виконаних нею обертів за рік (табл. 8) [2, 11].

Нормативний термін експлуатації форми:

Таблиця 8

Рекомендована оборотність форм

№ з/п	Тип форми	Нормативна оборотність при ТО O_{ϕ}^n , оберти	Середня кількість обертів форми до ремонту	
			поточного, O_{ϕ}^n	капітального, O_{ϕ}^k
1	Рухомі: - з шарнірним кріпленням бортів до піддонів - піддони з бортовим оснащенням	1000	50 ... 70	550
		1000	80 ... 100	650 ... 700
2	Нерухомі - з шарнірним кріпленням бортів до піддонів	1000	60 ... 80	650

$$T_{\phi}^n = O_{\phi}^n / O_{\phi}^p, \text{ років} \quad (16)$$

де O_{ϕ}^n – нормативна оборотність форми при теплової обробці (табл. 8).

$$T_{\phi}^n = 1000 / 253 = 3,9 \text{ років.}$$

Термін поточного ремонту:

$$T_{\phi}^n = O_{\phi}^p / O_{\phi}^n, \text{ разів на рік,} \quad (17)$$

де O_{ϕ}^n – середня кількість обертів форми до ремонту (табл. 8), для піддону з бортовим оснащенням $O_{\phi}^n=90$ обертів.

Тоді термін поточного ремонту становить:

$$T_{\phi}^n = 253 / 90 = 2,8 \text{ рази на рік.}$$

Термін капітального ремонту:

$$T_{\phi}^k = O_{\phi}^p / O_{\phi}^k, \text{ років,} \quad (18)$$

де O_{ϕ}^k – середня кількість обертів форми до ремонту (табл. 8), для піддону з бортовим оснащенням $O_{\phi}^k=650$ обертів.

Тоді термін капітального ремонту становить:

$$T_{\phi}^k = 253 / 650 = 0,39 \text{ рази на рік, або один раз через 2,6 року.}$$

Кількість форм, які повинні бути в резерві на ремонті згідно [3] становить 5% від форм, які знаходяться в експлуатації :

$$n_{\phi}^p = 0,05 \cdot n_{\phi}^e, \text{ шт.} \quad (19)$$

$$n_{\phi}^p = 0,05 \cdot 48 = 2,4 \text{ шт. Приймаємо } n_{\phi}^p=3 \text{ форми.}$$

Площа, яка необхідна для складування цих форм, згідно [3] становить 20 м^2 на кожні 100 т форм, які знаходяться в експлуатації. Для розглядуваного прикладу отримаємо:

$$S_{\phi}^c = 20 \cdot m_{\phi}^e / 100 = 20 \cdot 134,4 / 100 = 26,88 \text{ м}^2. \quad (20)$$

Приймаємо майданчик довжиною 8 м і шириною $3,5 \text{ м}$ з площею 28 м^2 .

Площа, яка необхідна для виконання поточного ремонту форм, згідно [3] становить 30 м^2 на кожні 100 т форм, які знаходяться в експлуатації. Для розглядуваного прикладу отримаємо:

$$S_{\phi}^p = 30 \cdot m_{\phi}^e / 100 = 30 \cdot 134,4 / 100 = 40,32 \text{ м}^2. \quad (21)$$

Приймаємо майданчик довжиною 8 м і шириною 5 м з площею 40 м^2 .

Капітальний ремонт форм виконується в майстернях заводу.

3.1.6. Чищення і змащення форм

Площа робочої поверхні піддона, яка підлягає очищенню і змащенню може бути визначена за формулою:

$$S_{\phi}^z = 1,1 \cdot l_n \cdot b_n, \text{ м}^2, \quad (22)$$

де l_n , – довжина плити, м; b_n – ширина плити, м.

В даному випадку для плити ПК 63.15-8АтVT (рис. 2) $l_n = 6,28 \text{ м}$, $b_n = 1,49 \text{ м}$. Тоді:

$$S_{\phi}^z = 1,1 \cdot 6,28 \cdot 1,49 = 10,29 \text{ м}^2.$$

Враховуючи, що кількість плит, які формують за годину, при заданому ритмі $T_r = 20 \text{ хв}$ становить $n_n^e = 3 \text{ шт.}$, то кількість піддонів, які необхідно очистити і змастити за годину, становитиме $n_{\phi}^e = 3 \text{ шт.}$

Годинна потреба в мастилах для змащення робочої поверхні піддонів знаходиться за формулою:

$$V_m^e = q_m \cdot S_{\phi}^z \cdot n_{\phi}^e / \rho_m, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (23)$$

де q_m – витрата мастил на 1 м^2 поверхні форми, $\text{г}/\text{м}^2$ (з табл. 5); ρ_m – густина мастил, $\text{кг}/\text{м}^3$; в курсовому проєкті можна прийняти $\rho_m = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Підставляючи у формулу (23) значення площі робочої поверхні піддона, яка підлягає змащенню $S_{\phi}^z = 10,29 \text{ м}^2$ і кількість піддонів, які необхідно очистити і змастити за годину $n_{\phi}^e = 3 \text{ шт.}$, отримаємо годинну потребу у мастилах для розглядуваного прикладу:

$$V_m^e = 0,2 \cdot 10,29 \cdot 3 / 1000 = 0,0062 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Термін, на який забезпечить роботу установка СМЖ-18А для змащення піддонів одна заправка, може бути визначено за формулою:

$$T_m = V_m^{\bar{o}} / (V_m^z \cdot T_z), \text{ зміни}, \quad (24)$$

де $V_m^{\bar{o}}$ – корисний об'єм бака, м³ (табл. 5).

Таким чином при тривалості зміни $T_z=8$ год одна заправка бака ($V_m^{\bar{o}}=0,44 \text{ м}^3$) забезпечить роботу установки СМЖ-18А по змащенню піддонів на термін:

$$T_m = 0,44 / (0,0062 \cdot 8) = 8,9 \text{ зміни}.$$

Розрахунок обладнання для змащення піддонів ведеться у формі таблиці з використанням даних табл. 5 і формул (1-3). Приклад розрахунку наведено в табл. 9.

Таблиця 9

Розрахунок обладнання для змащення піддонів

Тип обладнання	Одиниці виміру	Машинна продуктивність	Організаційна продуктивність	Годинна потреба	Потреба в обладнанні, шт.		Коефіцієнт використання обладнання, Е, %
					розрахункова	прийнята	
СМЖ-18А	м ³ /год	0,115	0,106	0,0062	0,059	1	5,9

3.1.7. Використання транспортного обладнання

Піддон або піддон з плитою транспортуються по лінії цеху крапом $K10m$ за допомогою автоматичного захвата СМЖ-226, готові плити транспортуються самохідним візком СМЖ-151 на склад.

Коефіцієнт використання транспортного обладнання за вантажопідйомністю визначається за залежністю

$$k_m = m_g / m_n, \quad (25)$$

де m_g - маса вантажу, який піднімається, т;

m_n - номінальна вантажопідйомність обладнання, т.

Приклад розрахунку використання транспортного обладнання наведено в табл. 10.

Таблиця 10

Використання транспортного обладнання

Обладнання	m_i , т	Вантаж	m_a , т	k_o
Кран К 10 т	10	Піддон	2,800	0,280
		Плита	2,950	0,295
		Піддон з плитою	5,750	0,575
Автозахват СМЖ-226	6	Піддон	2,800	0,470
		Піддон з плитою	5,750	0,958
Самохідний візок СМЖ-151	20	Одна плита	2,950	0,148
		Дві плити	5,900	0,295
		Три плити	8,850	0,443

3.1.8. Організація робочого місця та операції поста

Схему організації робочого місця представлено на рис. 3. Пост обслуговується ланкою у складі двох формувальників III розряду. Вони виконують наступні операції:

- 1.1. Піддон з виробом краном від ямної камери транспортується до стенда поста розпалублення виробів, очищення і змачення форм.
- 1.2. Машиніст крана і формувальники встановлюють піддон з плитою на стенд.
- 1.3. Формувальники очищують тимчасові анкери від бетону і з однієї сторони плити нагрівають їх та відрізають газокисневим різакром за схемою: спочатку – крайні, потім – середні. З протилежної сторони плити тимчасові анкери відрізають без нагрівання. Відрізані тимчасові анкери вибиваються з упорів піддона і збираються в ящику-контейнері для арматурних відходів.
- 1.4. Виріб стропується за монтажні петлі і мостовим краном знімається з піддона.
- 1.5. Строрована плита краном переміщується до самохідного візка.
- 1.6. Плита складається на самохідний візок з наступним розстропуванням. Плити кладуть на дерев'яні підкладки товщиною 30 мм, які розташовують на відстані 300 мм від торців. При виконанні цієї операції виконується перевірка якості виконання зовнішньої і особливо лицьової поверхонь плити.

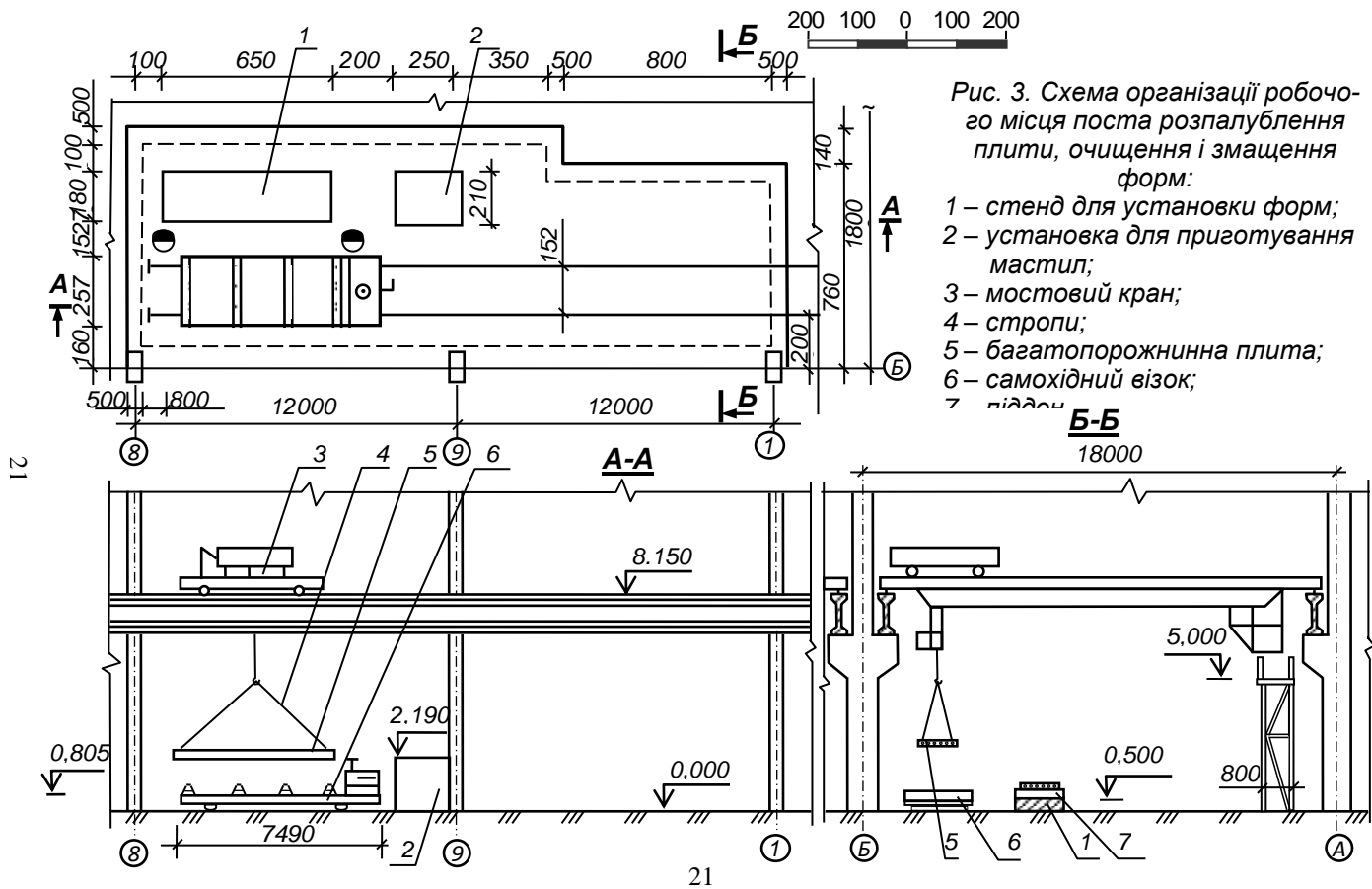


Рис. 3. Схема організації робочого місця поста розпалублення плити, очищення і змащення форм:

- 1 – стенд для установки форм;
- 2 – установка для приготування мастил;
- 3 – мостовий кран;
- 4 – стропи;
- 5 – багатопорожнинна плита;
- 6 – самохідний візок;
- 7 – піддон

- 1.7. Мостовий кран переміщується в попереднє положення.
- 1.8. Формувальники скребками ретельно очищують піддон від залишків бетону. Відходи бетону збирають в ящик-контейнер для сміття. Робоча поверхня піддона підлягає контролю.
- 1.9. Очищена робоча поверхня піддона змащується мастилом за допомогою установки СМЖ-18А і вудочки-розпилувача. Операція підлягає контролю.
- 1.10. Очищений і змащений піддон машиніст крана за допомогою автозахвата знімає зі стенда.

3.1.9. Склад готової продукції

При складуванні готової продукції виконуються такі операції:

- 5.1. Завантажений самохідний візок транспортує вироби на склад готової продукції.
- 5.2. Машиніст крана і стропальник по черзі стропують вироби, знімають їх з візка, транспортують до штабелю, складають і повертають кран у вихідне положення.
- 5.3. Розвантажений самохідний візок повертається на пост розпалублення виробів, очищення і змащення форм, у вихідне положення.

3.2. Пост армування напружуваною арматурою

На цей пост з поста розпалублення надходить вже очищений і змащений піддон.

3.2.1. Обладнання поста і його технічна характеристика

Пост має наступне обладнання:

- три стенда для установки піддонів;
- верстат СМЖ-129Б для нагрівання арматурних прутків;
- місце складування напружуваної арматури Н-1, або Н-1 та Н-2;
- місце складування опорних сіток С-1.

Технологічні розрахунки поста полягають у визначенні технологічних параметрів електротермічного натягання арматури та ефективності використання верстата СМЖ-129Б, технічні характеристики якого представлено в табл. 11.

Визначаються також необхідні площі для складування напружуваної арматури Н-1 або Н-1 і Н-2 і сіток С-1 (рис. 2).

Технічні характеристики верстата СМЖ-129Б

№ п/п	Найменування показника	Одиниця виміру	Типорозмір
			СМЖ-129Б
1	Продуктивність	шт./год	30
2	Діаметр прутків	мм	10...25
3	Максимальна довжина прутка	мм	6500
4	Довжина частини прутка, яка нагрівається	мм	3000...5000
5	Кількість прутків, що нагріваються одночасно	шт.	2
6	Потужність трансформатора	кВА	40
7	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	5570
	ширина	мм	1430
	висота	мм	1100
8	Маса	кг	1640

3.2.2. Визначення довжини заготовки для виготовлення напружуваних прутків

Довжина заготовки враховує відстань між зовнішніми гранями упорів піддона, необхідне загальне подовження прутка та запас на висадження анкерних головок і розміщення шайб.

Розглянемо армування плити напружуваною арматурою Н-1 діаметром $d_a=12$ мм.

Рекомендовані технологічні параметри при нагріванні напружуваної арматури класу А 800СК представлено в табл. 12 [11].

Необхідне загальне подовження арматурного прутка при електротермічному натяганні розраховується за формулою:

$$\Delta l_n = \Delta l_o + \Delta l_c + \Delta l_\phi + C_1, \text{ м}, \quad (26)$$

де Δl_o - подовження прутка, яке забезпечує розрахункове попереднє напруження арматури, м; Δl_c - можливе обтискання анкерів (приймається 0.001 м на кожну деталь), м, $\Delta l_c=0,002$ м; Δl_ϕ - подовжні деформації форми, тобто зближення упорів, м; визначається за теорію опору матеріалів, з практичного досвіду можна прийняти $\Delta l_\phi \approx 0,003$ м; C_1 - додаткове подовження прутка, яке компенсує скорочення його нагрітої частини (відстань між контактами верстата для електричного нагрівання арматури, l_k , табл.12), внаслідок охолодження, під час переміщення його в упори

(приймається 0,0005 м на 1 м нагрітої частини прутка, яка дорівнює 3...5 м [11]).

$$C_l = 0,0005 \cdot l_k = 0,0005 \cdot 5 = 0,0025 \text{ м.} \quad (27)$$

Таблиця 12

Рекомендовані технологічні параметри при нагріванні
напружуваної арматури класу А 800СК

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Температура нагрівання, °С				
			300	350	400	450	
1	Температурний коефіцієнт лінійного розширення сталі (α_c)	$10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	12,5	13,0	13,5	14,0	
2	Кількість теплоти, необхідна для нагрівання 1 м прутка без втрат (Q_n) при діаметрі:	10 мм	кДж	92,0	112,6	129,4	150,4
		12 мм	кДж	131,9	158,3	185,6	216,3
		14 мм	кДж	179,3	215,5	252,0	294,0
3	Кількість теплоти, втраченої за 1 хв при нагріванні 1 м прутка (Q_v) при діаметрі:	10 мм	кДж	14,0	17,9	22,4	23,2
		12 мм	кДж	16,7	21,4	26,8	32,7
		14 мм	кДж	19,8	25,3	31,7	38,7
4	Активний опір 1 м прутка (R_a) при діаметрі:	10 мм	10^{-4} Ом	51,4	58,5	61,2	65,7
		12 мм	10^{-4} Ом	40,0	43,8	47,6	51,2
		14 мм	10^{-4} Ом	33,2	36,7	39,5	42,5
5	Повний опір 1 м прутка (Z_n) при діаметрі:	10 мм	10^{-4} Ом	58,0	63,3	68,8	74,2
		12 мм	10^{-4} Ом	47,0	51,3	54,8	60,2
		14 мм	10^{-4} Ом	38,4	41,8	45,6	49,2

Величина Δl_o визначається за залежністю [11]:

$$\Delta l_o = (K_c \cdot \sigma_n + \Delta \sigma_n) \cdot l_y / E_c, \text{ м,} \quad (28)$$

де K_c – коефіцієнт, який враховує пружно-пластичні властивості сталі, $K_c = 1,0 \dots 1,2$; E_c – модуль пружності сталі, $E_c = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; l_y – відстань між

зовнішніми гранями упорів піддона, м, для піддона СМЖ-229 $l_y=6,5$ м (табл. 3); σ_n - проектне значення попереднього напруження арматури, МПа (див. п.2.4); $\Delta\sigma_n$ - допустиме відхилення попереднього напруження арматури, МПа (див. п.2.4).

Подовження арматурного прутка, яке забезпечує розрахункове попереднє напруження арматури, м, при $l_y=6,5$ м, $\sigma_n=500$ МПа і $\Delta\sigma_n=87$ МПа:

$$\Delta l_o = (1,1 \cdot 500 + 87) \cdot 6,5 / 2 \cdot 10^5 = 0,0207 \text{ м.}$$

Необхідне загальне положення арматурного прутка:

$$\Delta l_n = 0,0207 + 0,0020 + 0,0030 + 0,0025 = 0,0282 \text{ м,}$$

Довжина заготовки для виготовлення напружуваної арматури Н-1, або Н-2:

$$l_z = l_y - \Delta l_n + 2a + 2u, \text{ м,} \quad (29)$$

де a – відрізок прутка для утворення анкера (для $d_a=12$ мм: $a=2,5d_a=2,5 \cdot 0,012=0,03$ м); u – товщина шайби ($u=0,01$ м).

$$l_z = 6,5000 - 0,0282 + 2 \cdot 0,0300 + 2 \cdot 0,0100 = 6,5518 \text{ м.}$$

Приймаємо довжину заготовки напружуваної арматури Н-1 $l_3=6,552$ м.

3.2.3. Технологічні параметри процесу нагрівання арматурних прутків

Технологічні параметри процесу нагрівання арматурних прутків визначаються з врахуванням даних табл. 12 в наступній послідовності [11]. Температура нагрівання прутка може бути визначена за формулою:

$$t_n^o = t_o^o + \Delta l_n / (l_k \cdot \alpha_c), \text{ } ^\circ\text{C} < [450^\circ\text{C}], \quad (30)$$

де t_o^o – температура оточуючого середовища, $t_o^o=20^\circ\text{C}$;

α_c – температурний коефіцієнт лінійного розширення сталі, $\alpha_c=13,8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Для розглядуваного випадку при $l_k=5$ м температура нагрівання становитиме:

$$t_n^o = 20,0 + 0,0282 / (5 \cdot 13,8 \cdot 10^{-6}) = 428,7 \text{ } ^\circ\text{C} < [450^\circ\text{C}].$$

Решта технологічних параметрів визначаються окремо для напружуваної арматури Н-1 та Н-2.

Сила струму для нагрівання прутків:

$$I = \sqrt{((16,7 Q_n \cdot K_l) / (R_a \cdot \tau_n))}, \text{ А.} \quad (31)$$

де τ_n – тривалість нагрівання напружуваного прутка, хв (визначається за наближеною формулою: $\tau_n = 0,2d_a = 0,2 \cdot 12 = 2,4$ хв, де d_a – діаметр прутка, мм).
 Q_n – повна кількість теплоти, яка витрачається на нагрівання 1 м прутка:

$$Q_n = Q_n + \tau_n \cdot Q_v, \text{ кДж}, \quad (32)$$

де Q_n – кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання 1 м прутка без втрат, $Q_n = 201,0$ кДж (табл. 12);

Q_v – кількість втраченої теплоти за одну хвилину нагрівання 1 м прутка, $Q_v = 29,8$ кДж/хв (табл. 12);

K_1 – коефіцієнт, який враховує схему підключення прутків в електричне коло (при послідовному включенні $K_1 = 1$, при паралельному K_1 дорівнює числу прутків, що нагріваються), $K_1 = 2$ (див. табл. 11);

R_a – активний опір 1 м прутка, $R_a = 49,4 \cdot 10^{-4}$ Ом (табл. 12);

Підставляючи значення у формули (31) та (32) отримуємо:

$$Q_n = 201,0 + 2,4 \cdot 29,8 = 272,5 \text{ кДж}.$$

$$I = \sqrt{((16,7 \cdot 272,5 \cdot 2) / (49,4 \cdot 10^{-4} \cdot 2,4))} = 876 \text{ А},$$

Для створення необхідної сили струму на електродах установки СМЖ-129Б необхідно підтримувати напругу

$$U = I \cdot Z_n \cdot l_{\kappa} \cdot K_2 / K_1, \text{ В} < [60 \text{ В}], \quad (33)$$

де Z_n – повний опір 1 м прутка при нагріванні його до розрахункової температури, $Z_n = 57,5 \cdot 10^{-4}$ Ом;

K_2 – коефіцієнт, який при послідовному включенні прутків в електричне коло дорівнює їх числу, а при паралельному – 1; $K_2 = 1$.

$$U = 876 \cdot 57,5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 1 / 2 = 12,6 \text{ В} < [60 \text{ В}].$$

Необхідна потужність трансформатора

$$W_m = I \cdot U / 1000, \text{ кВА}. \quad (34)$$

$$W_m = 876 \cdot 12,6 / 1000 = 11,0 \text{ кВА} < [40 \text{ кВА}].$$

Розрахунок обладнання для електротермічного натягання арматури виконується в табличній формі з використанням формул (1-3). Приклад розрахунку наведено в табл. 13.

3.2.4. Складування арматурних виробів

Складування арматурних виробів виконується згідно норм технологічного проектування підприємств збірного залізобетону [3]. Норми складування арматурних виробів наведено в табл. 14.

Таблиця 13

Розрахунок обладнання для електротермічного натягання арматури

Тип обладнання	Одиниці виміру	Машинна продуктивність	Організаційна продуктивність	Годинна потреба	Потреба в обладнанні, шт.		Коефіцієнт використання обладнання, Е, %
					розрахункова	прийнята	
СМЖ-129Б	пр./год	30	27	18	0,67	1	67

Таблиця 14

Норми складування арматурних виробів

№ з/п	Назва показника	Одиниці виміру	Норма
1	Запас у формувальному цеху арматурних сіток і каркасів	год	4
2	Середня маса арматурних виробів, які розміщують горизонтально на 1 м ² площі при зберіганні у формувальному цеху до 12 мм	кг	100
	від 14 до 22 мм	кг	150
	від 25 до 40 мм	кг	1500

Нормативна площа для складування запасу напруженої арматури (в даному випадку Н-1) у штабель без урахування проходів:

$$S_{ш}^{H-1} = n_{H-1}^u \cdot m_{H-1}^a / (q_{H-1} \cdot K_n), \text{ м}^2, \quad (35)$$

де n_{H-1}^u - кількість напружуваних прутків Н-1 у штабелі:

$$n_{H-1}^u = T_{ш} \cdot n_n^e \cdot n_{H-1}^n, \text{ шт.}, \quad (36)$$

де $T_{ш}$ - період роботи лінії, на який розраховується запас арматурних виробів у штабелі, $T_{ш}=4$ год (табл. 14); n_{H-1}^n - кількість напружуваних прутків у плиті шт., згідно завдання (табл. 1) $n_{H-1}^n=6$ шт. (табл.1);

m_{H-1}^a - маса заготовки напружуваного прутка з анкерами, кг;

$$m_{H-1}^a = m_{H-1} \cdot l_3 / l_{H-1}, \text{ кг}, \quad (37)$$

q_{H-1} - середня маса напружуваних прутків, які розміщують на 1 м² площі, при $d_{H-1}=12$ мм $q_{H-1}=100$ кг/м² (табл. 14); K_n - коефіцієнт, який враховує площу проходів між штабелями арматурних виробів, $K_n=1,5$.

Підставляючи значення у формули (35-37), отримаємо:

$$\begin{aligned}n_{H-1}^u &= 4 \cdot 3 \cdot 6 = 72 \text{ шт.}, \\m_{H-1}^a &= 5,58 \cdot 6,55 / 6,28 = 5,82 \text{ кг}, \\S_{uu}^{H-1} &= 72 \cdot 5,82 / (100 \cdot 1,5) = 2,79 \text{ м}^2.\end{aligned}$$

Довжина штабеля приймається рівною довжині заготовки напруженого прутка: $l_{uu}^{H-1} = l_3 = 6,55 \text{ м}$.

Розрахункова ширина штабеля:

$$\begin{aligned}b_{uu}^{H-1} &= S_{uu}^{H-1} / l_{uu}^{H-1}, \text{ м.} \\b_{uu}^{H-1} &= 2,77 / 6,5 = 0,43 \text{ м.}\end{aligned} \quad (38)$$

Приймаємо $b_{uu}^{H-1} = 0,4 \text{ м}$.

Розрахункова висота штабеля визначається за формулою:

$$h_{uu}^{H-1} = n_{uu}^{H-1} \cdot \pi \cdot d_{H-1}^2 / (4 \cdot b_{uu}^{H-1} \cdot K_n^u), \text{ м}, \quad (39)$$

де d_n – діаметр напруженого арматурного прутка, м; K_n^u – коефіцієнт, який враховує порожнечі між прутками при зберіганні їх в стелажі, $K_n^u = 0,785$.

$$h_{uu}^{H-1} = 72 \cdot 3,14 \cdot 0,012^2 / (4 \cdot 0,4 \cdot 0,785) = 0,026 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту штабеля $h_{uu}^{H-1} = 0,03 \text{ м}$.

Нормативна площа для складування запасу опорних сіток С-1 у штабелі без урахування проходів визначається аналогічно:

$$S_{uu}^{C-1} = T_{uu} \cdot n_n^n \cdot n_{C-1}^n \cdot m_{C-1} / (q_{C-1} \cdot K_n), \text{ м}^2, \quad (40)$$

де n_{C-1}^n – кількість опорних сіток С-1 у плиті, $n_{C-1}^n = 2 \text{ шт}$. (табл. 1); m_{C-1} – маса опорної сітки, $m_{C-1} = 0,94 \text{ кг}$ (табл. 1); q_{C-1} – середня маса опорних сіток, які розміщують на 1 м^2 площі, при діаметрі прутків 4 і 5 мм $q_{C-1} = 100 \text{ кг/м}^2$ (табл. 14).

$$S_{uu}^{C-1} = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,94 / (100 \cdot 1,5) = 0,15 \text{ м}^2.$$

Площа однієї сітки

$$S_{C-1} = l_{C-1} \cdot b_{C-1}, \text{ м}^2, \quad (41)$$

де l_c – довжина сітки, м; b_c – ширина сітки, м.

$$S_{C-1} = 1,78 \cdot 0,3 = 0,53 \text{ м}^2.$$

Розрахункова кількість штабелів для складування опорних сіток С-1:

$$\begin{aligned}n_{uu}^{C-1} &= S_{uu}^{C-1} / S_{C-1}, \text{ шт.} \\n_{uu}^{C-1} &= 0,15 / 0,53 = 0,28 \text{ шт.}\end{aligned} \quad (42)$$

Приймаємо один штабель з розмірами в плані, рівними розмірам сітки С-1 $1,78 \times 0,3 \text{ м}$.

Кількість сіток у штабелі

$$n_{C-1}^u = T_u \cdot n_n^c \cdot n_{C-1}^n / n_u^{C-1}, \text{ шт.} \quad (43)$$

$$n_{C-1}^u = 4 \cdot 3 \cdot 2 / 1 = 24 \text{ сітки.}$$

Розрахункова висота штабеля

$$h_{C-1}^{C-1} = (d_1 + d_2) \cdot n_{C-1}^u, \text{ м,} \quad (44)$$

де d_1 – діаметр прутків поздовжньої арматури сітки, $d_1 = 4$ мм;

d_2 – діаметр прутків поперечної арматури сітки, $d_2 = 5$ мм.

$$h_{C-1}^{C-1} = (0,004 + 0,005) \cdot 24 = 0,216 \text{ м.}$$

Приймаємо висоту штабеля для складування сіток рівною С-1 0,25м.

3.2.5. Організація робочого місця та операції поста

Схему організації робочого місця поста армування наведено на рис. 4. Пост обслуговується ланкою у складі 2-ох формувальників III розряду, вони виконують наступні операції:

- 2.1. Машиніст мостовим краном переміщує піддон на пост армування напруженою арматурою.
- 2.2. Піддон встановлюється краном на один із трьох стелів поста армування.
- 2.3. Формувальник вкладає на піддон нижні опорні сітки С-1.
- 2.4. Прутки з висадженими анкерними головками в кількості 2 шт. формувальником на струмопровідні контакти СМЖ-129Б. При цьому кінці прутка довжиною не менше 400 мм повинні знаходитися поза зоною нагріву. Тривалість нагріву прутків становить 2,4хв. Формувальники беруть прутки за холодні кінці, знімають їх з нагрівальної установки і укладають в пази упорів піддону. При охолодженні прутки скорочуються, анкери притискаються до упорів, в прутках виникає попереднє напруження. Операція підлягає контролю.
- 2.5. Піддон з охолодженими напруженими прутками, машиніст краном, за допомогою автоматичного захвату знімає з поста.

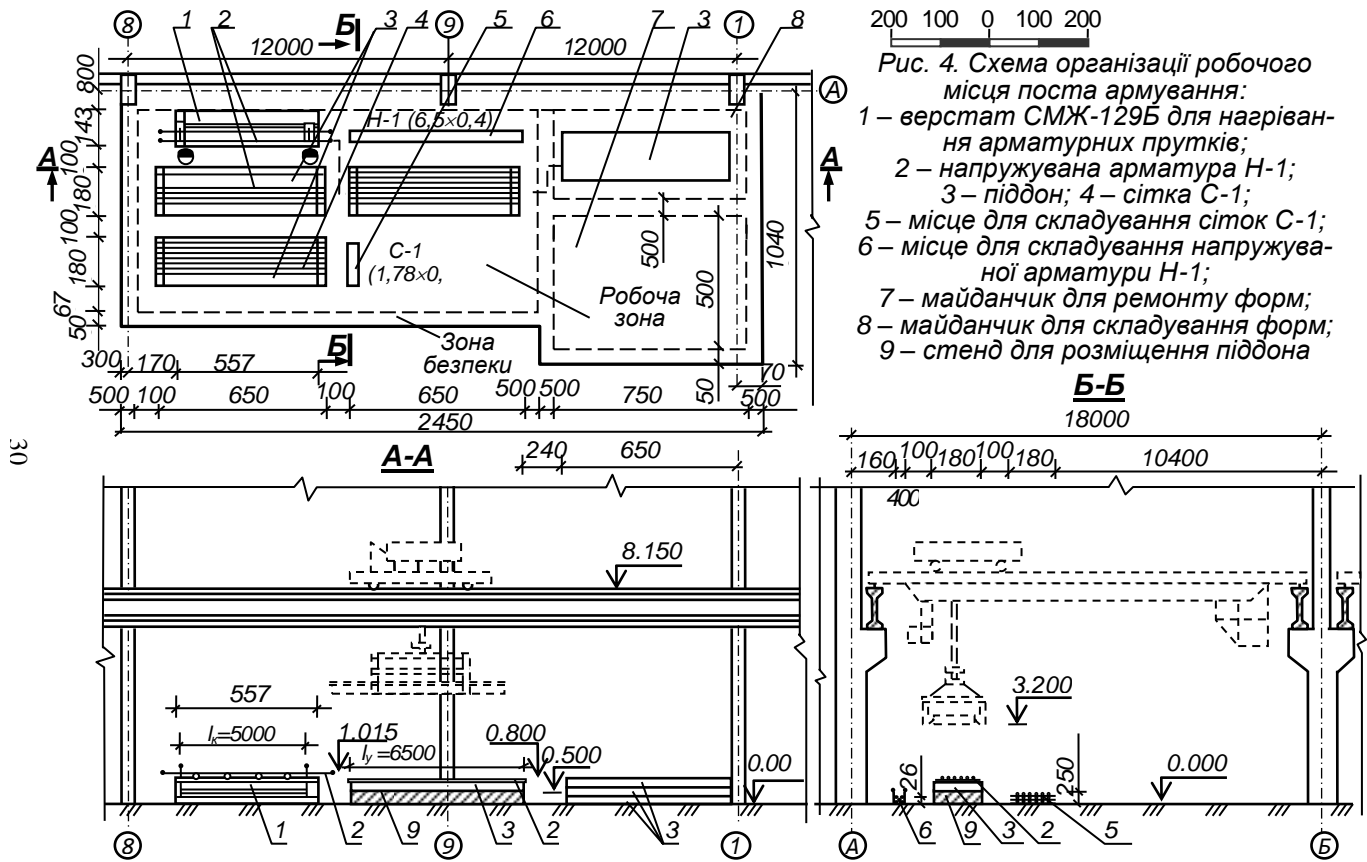


Рис. 4. Схема організації робочого місця поста армування:
 1 – верстат СМЖ-129Б для нагрівання арматурних прутків;
 2 – напружена арматура Н-1;
 3 – піддон; 4 – сітка С-1;
 5 – місце для складування сіток С-1;
 6 – місце для складування напруженої арматури Н-1;
 7 – майданчик для ремонту форм;
 8 – майданчик для складування форм;
 9 – стенд для розміщення піддона

Б-Б

18000

30

3.3. Пост формування виробу

На цей пост надходить вже очищений, змащений і заармований напруженою арматурою піддон.

3.3.1. Обладнання поста та його технічна характеристика

Формування плити виконується на посту, до складу якого входить наступне обладнання:

- стенд, або вібромайданчик для установки піддона;
- бетоноукладач СМЖ-69А;
- самохідний портал СМЖ-228;
- формувальна машина СМЖ-227;
- самохідний візок СМЖ-151 для постачання арматурних виробів;
- місце складування вертикальних арматурних каркасів КР-1;
- місце складування верхніх сіток С-2;
- ящик-контейнер для складування монтажних петель П-1.

Технічні характеристики обладнання наведено в табл. 15-17 [10].

Таблиця 15

Технічні характеристики бетоноукладача СМЖ-69А

№ п/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-69А
1	Об'єм бункера	м ³	2,0
2	Найбільша ширина укладання бетонної суміші	мм	2000
3	Швидкість руху стрічки живильника бункера	м/хв	9,0
4	Швидкість переміщення бетоноукладача при вкладанні бетонної суміші	м/хв	12,4
5	Швидкість переміщення бетоноукладача при транспортуванні бетонної суміші	м/хв	18,0
6	Потужність	кВт	7,1
7	Ширина колії	мм	2810
8	Габаритні розміри:		
	– довжина	мм	3175
	– ширина	мм	4000
	– висота	мм	2785
9	Маса	кг	3700

Таблиця 16

Технічні характеристики самохідного порталу

№ п\п	Найменування	Одиниці вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-228
1	Максимальні габаритні розміри плити:		
	– довжина	мм	6280
	– ширина	мм	1590
	– висота	мм	220
2	Швидкість переміщення порталу	м/хв	18
3	Швидкість піднімання і опускання бортоснащення і віброщита	м/хв	0,05
4	Потужність електродвигунів	кВт	11,7
5	Маса бортоснащення, віброщита при ширині плити:		
	– 990 мм	кг	1300/700
	– 1190 мм	кг	1350/1300
	– 1490 мм	кг	1450/1600
6	Габаритні розміри порталу:		
	– довжина	мм	7250
	– ширина	мм	3950
	– висота	мм	3070
7	Загальна маса порталу	кг	14800

Таблиця 17

Технічні характеристики формувальної машини

№ п\п	Найменування	Одиниця вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-227
1	2	3	4
1	Максимальні габаритні розміри плити:		
	– довжина	мм	6280
	– ширина	мм	1590
	– висота	мм	220

продовження табл. 17

1	2	3	4
2	Діаметр вібропорожниноутворювачів	мм	159
3	Швидкість виймання вібропорожниноутворювачів	м/с	0,156
4	Кінетичний момент одного дебаланса	Н·м	1,0
5	Частота коливань дебаланса	об/хв	2900
6	Кількість дебалансів в одному вібропорожниноутворювачі	шт.	6
7	Амплітуда коливань вібропорожниноутворювачів	мм	0,5...0,8
8	Максимальна кількість вібропорожниноутворювачів	шт.	8
9	Потужність електродвигуна	кВт	33
10	Габаритні розміри формувальної машини: – довжина – ширина – висота	мм мм мм	12540 2330 994
11	Маса вібропорожниноутворювачів	кг	850
12	Загальна маса машини	кг	9450

3.3.2. Корисний об'єм бункера бетоноукладача

Об'єм бетонної суміші, необхідний для формування плити:

$$V_{\sigma}^{\phi} = (k_{\sigma} \cdot V_{\sigma}^n) / (1 - P_{\sigma}), \text{ м}^3 \quad (45)$$

де k_{σ} – коефіцієнт, який враховує втрати бетонної суміші при транспортуванні та ущільненні, $k_{\sigma}=1,015$ [3]; V_{σ}^n – об'єм бетону плити, м^3 ; P_{σ} – пустотність бетонної суміші, $P_{\sigma}=0,03 \dots 0,05$.

$$V_{\sigma}^{\phi} = 1,015 \cdot 1,18 / (1 - 0,05) = 1,26 \text{ м}^3.$$

Корисний об'єм бункера бетоноукладача:

$$V_{\sigma}^{\kappa} = 1,2 \cdot V_{\sigma}^{\phi}, \text{ м}^3. \quad (46)$$

$$V_{\sigma}^{\kappa} = 1,2 \cdot 1,26 = 1,51 \text{ м}^3 < [2 \text{ м}^3].$$

3.3.3. Укладання бетонної суміші

Укладання бетонної суміші здійснюється шарами. При укладанні першого шару бетонної суміші формується нижня полиця плити.

Продуктивність живильника бетоноукладача при укладанні першого шару бетонної суміші визначається за формулою:

$$P_{\text{жс1}} = k_{\phi 1} \cdot V_{\sigma}^{\phi} / t_{\phi}, \text{ м}^3, \quad (47)$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт, який враховує об'єм бетонної суміші при формуванні ($k_{\phi}=0,3$ для першого шару); t_{ϕ} – тривалість укладання бетонної суміші при формуванні хв.

$$t_{\phi} = l_n / u_{\sigma}^{\phi}, \quad (48)$$

де u_{σ}^{ϕ} – швидкість переміщення бетоноукладача при формуванні, $U_{\sigma}^{\phi}=12,4$ м/хв (табл. 15). Тоді:

$$t_{\phi} = 6,28 / 12,4 = 0,51 \text{ хв.}$$

$$P_{\text{жс1}} = 0,3 \cdot 1,26 / 0,51 = 0,74 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

Робоча висота щілини живильника при укладанні першого шару бетонної суміші становить:

$$h_{\text{жс1}} = P_{\text{жс1}} / b_{\text{жс}} \cdot u_c, \text{ м}, \quad (49)$$

де $b_{\text{жс}}$ – робоча ширина щілини живильника, приймаємо її рівною ширині плити, м; u_c – швидкість руху стрічки живильника, $u_c=9$ м/с (табл. 15).

$$h_{\text{жс1}} = 0,74 / 1,49 \cdot 9 = 0,055 \text{ м.}$$

Транспортна швидкість бетоноукладача при поверненні його в робоче положення: $u_{\sigma}^m=18$ м/хв (табл. 15).

Другий шар бетонної суміші укладається після введення в форму вібропорожниноутворювачів і армування виробу напруженою арматурою. Відповідно при укладанні другого шару:

$$P_{\text{жс2}} = 0,7 \cdot 1,26 / 0,51 = 1,73 \text{ м}^3/\text{хв.}$$

$$h_{\text{жс2}} = 1,73 / 1,49 \cdot 9 = 0,129 \text{ м.}$$

3.3.4. Ущільнення бетонної суміші

Формування виробу виконується за допомогою вібропорожниноутворювачів формувальної машини та вібропривантажувального щита.

Параметрами формування багатопорожнинних плит є величина амплітуди і частота вимушених коливань вібропорожниноутворювачів і тривалість ущільнення бетонної суміші.

Амплітуда вимушених коливань вібропорожниноутворювачів:

$$A_g = K_M^g / (g(m_g + \alpha_n \cdot m_n / n_g)), \text{ м}, \quad (50)$$

де K_M^g - кінетичний момент вібропорожниноутворювача;

$$K_M^g = n_g^0 \cdot k_M^0, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (51)$$

де n_g^0 - кількість дебалансів в одному вібропорожниноутворювачі, $n_g^0=6$ шт (табл. 17); K_M^0 - кінетичний момент одного дебаланса $K_M^0=1 \text{ Н}\cdot\text{м}$; m_g - маса вібропорожниноутворювача, $m_g=850 \text{ кг}$ (табл. 17), α_n - коефіцієнт приведення для рухливих бетонних сумішей при ОК=3...4 см $\alpha_n=0,20...0,25$; для жорстких сумішей $\alpha_n=0,35...0,40$; m_n - маса плити, $m_n=2950 \text{ кг}$ (рис. 2); n_g - кількість вібропорожниноутворювачів, приймається рівною кількості порожнин в плиті, $n_g=7$ шт.

$$K_M^g = 6 \cdot 1 = 6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$A_g = 6 / (9,8(850 + 0,37 \cdot 2950 / 7)) = 0,61 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,061 \text{ см}.$$

Частота коливань вібропорожниноутворювачів:

$$f_g = n_g / 60, \text{ об/с}, \quad (52)$$

де n_g - частота обертів дебалансу, $n_g=2900 \text{ об/хв}$. (табл. 17).

$$f_g = 2900 / 60 = 48 \text{ об/с (Гц)}.$$

Інтенсивність коливань вібропорожниноутворювача:

$$I_g = A_g^2 \cdot f_g^3, \text{ см}^2/\text{с}^3. \quad (53)$$

$$I_g = 0,061^2 \cdot 48^3 = 412 \text{ см}^2/\text{с}^3.$$

Тривалість віброуцільнення:

$$t_y = 2 \mathcal{J} \sqrt{I_c / I_g}, \text{ с}, \quad (54)$$

де \mathcal{J} - жорсткість бетонної суміші, с, $\mathcal{J}=40$ с; I_c - інтенсивність віброуцільнення на майданчику з стандартними технологічними параметрами, $I_c=150 \text{ см}^2/\text{с}^3$.

$$t_y = 2 \cdot 40 \sqrt{150/412} = 48,3 \text{ с}.$$

Приймаємо тривалість віброуцільнення багатопорожниної плити перекриття $t_y=50$ с. Для покращення якості уцільнення плити застосовуємо вібропривантажувальний щит масою 1600кг, який входить до комплексу самохідного порталу.

3.3.5. Складування арматурних виробів

Нормативна площа для складування запасу вертикальних каркасів КР-1 у штабелі без урахування проходів:

$$S_{ш}^{КР-1} = T_{ш} \cdot n_n^2 \cdot n_{КР-1}^n \cdot m_{КР-1}^a / (q_{КР-1} \cdot K_n) = 4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 0,46 / (100 \cdot 1,5) = 0,37 \text{ м}^2 \quad (55)$$

де n_{KP-1}^n – кількість вертикальних каркасів KP-1 у плиті, $n_{KP-1}^n = 10$ шт. (табл. 1); m_{KP-1} - маса каркасу, $m_{KP-1} = 0,46$ кг (табл. 1); q_{KP-1} – середня маса каркасів, які розміщують на 1 м^2 площі, при діаметрах прутків 4 і 5 мм $q_{KP-1} = 100 \text{ кг/м}^2$ (табл. 14).

Площа одного каркасу:

$$S_{KP-1} = l_{KP-1} \cdot b_{KP-1} = 1,02 \cdot 0,205 = 0,21, \text{ м}^2, \quad (56)$$

Розрахункова кількість штабелів для складування каркасів KP-1:

$$n_u^{KP-1} = S_u^{KP-1} / S_{KP-1} = 0,37 / 0,21 = 1,76 \text{ шт.} \quad (57)$$

Приймаємо два штабеля з розмірами в плані, рівними розмірам каркаса KP-1 $1,02 \times 0,21 \text{ м}$.

Кількість каркасів у штабелі:

$$n_{KP-1}^u = T_u \cdot n_n^e \cdot n_{KP-1}^n / n_u^{KP-1} = 4 \cdot 3 \cdot 10 / 2 = 60 \text{ шт.} \quad (58)$$

Висота штабеля:

$$h_u^{KP-1} = (d_1 + d_2) \cdot n_{KP-1}^u = (0,005 + 0,004) \cdot 60 = 0,54, \text{ м}, \quad (59)$$

де d_1 – діаметр прутків повздовжньої арматури каркасу KP-1, $d_1 = 5 \text{ мм}$;

d_2 – діаметр прутків поперечної арматури каркасу KP-1, $d_2 = 4 \text{ мм}$.

Нормативна площа для складування запасу вертикальних каркасів KP-1 у штабелі без урахування проходів:

$$S_u^{KP-1} = T_u \cdot n_n^e \cdot n_{KP-1}^n \cdot m_{KP-1} / (q_{KP-1} \cdot K_n) = 4 \cdot 3 \cdot 10 \cdot 0,46 / (100 \cdot 1,5) = 0,37 \text{ м}^2 \quad (60)$$

де n_{KP-1}^n – кількість вертикальних каркасів KP-1 у плиті, $n_{KP-1}^n = 10$ шт. (табл. 1); m_{KP-1} - маса каркасу, $m_{KP-1} = 0,46$ кг (табл. 1); q_{KP-1} – середня маса каркасів, які розміщують на 1 м^2 площі, при діаметрах прутків 4 і 5 мм $q_{KP-1} = 100 \text{ кг/м}^2$ (табл. 14).

Площа одного каркасу:

$$S_{KP-1} = l_{KP-1} \cdot b_{KP-1} = 1,02 \cdot 0,205 = 0,21, \text{ м}^2, \quad (61)$$

Розрахункова кількість штабелів для складування каркасів KP-1:

$$n_u^{KP-1} = S_u^{KP-1} / S_{KP-1} = 0,37 / 0,21 = 1,76 \text{ шт.} \quad (62)$$

Приймаємо два штабеля з розмірами в плані, рівними розмірам каркаса KP-1 $1,02 \times 0,21 \text{ м}$.

Кількість каркасів у штабелі:

$$n_{KP-1}^u = T_u \cdot n_n^e \cdot n_{KP-1}^n / n_u^{KP-1} = 4 \cdot 3 \cdot 10 / 2 = 60 \text{ шт.} \quad (63)$$

Висота штабеля вертикальних каркасів:

$$h_u^{KP-1} = (d_1 + d_2) \cdot n_{KP-1}^u = (0,005 + 0,004) \cdot 60 = 0,54, \text{ м}, \quad (64)$$

де d_1 – діаметр прутків повздовжньої арматури каркасу KP-1, $d_1 = 5 \text{ мм}$;

d_2 – діаметр прутків поперечної арматури каркасу KP-1, $d_2 = 4 \text{ мм}$.

Нормативна площа для складування запасу верхніх сіток С-2 у штабелі без урахування проходів:

$$S_{ш}^{C-2} = T_{ш} \cdot n_n^e \cdot n_{C-1}^n \cdot m_{C-2}^a / (q_{C-2} \cdot K_n) = 4 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4,1 / (100 \cdot 1,5) = 0,33 \text{ м}^2 \quad (65)$$

де n_{C-2}^n – кількість верхніх сіток С-2 у плиті, $n_{C-2}^n = 1 \text{ шт.}$ (табл. 1); m_{C-2} – маса верхньої сітки, $m_{C-2} = 4,1 \text{ кг}$ (табл. 1); q_{C-2} – середня маса сіток, які розміщують на 1 м^2 площі, при діаметрах прутків 3 мм $q_{C-2} = 100 \text{ кг/м}^2$ (табл. 14).

Площа однієї верхньої сітки:

$$S_{C-2} = l_{C-2} \cdot b_{C-2} = 6,24 \cdot 1,44 = 8,99 \text{ м}^2, \quad (66)$$

Розрахункова кількість штабелів для складування верхніх сіток С-2:

$$n_{ш}^{C-2} = S_{ш}^{C-2} / S_{C-2} = 0,33 / 8,99 = 0,04 \text{ шт.} \quad (67)$$

Приймаємо один штабель з розмірами в плані, рівними розмірам сітки С-2 $6,3 \times 1,51 \text{ м}$.

Кількість верхніх сіток у штабелі:

$$n_{C-2}^{ш} = T_{ш} \cdot n_n^e \cdot n_{C-2}^n / n_{ш}^{C-2} = 4 \cdot 3 \cdot 1 / 1 = 12 \text{ шт.} \quad (68)$$

Висота штабеля верхніх сіток:

$$h_{ш}^{C-2} = (d_1 + d_2) \cdot n_{C-2}^{ш} = (0,003 + 0,003) \cdot 12 = 0,072 \text{ м}, \quad (69)$$

де d_1 – діаметр прутків поздовжньої арматури верхньої сітки С-2, $d_1 = 3 \text{ мм}$; d_2 – діаметр прутків поперечної арматури верхньої сітки С-2, $d_2 = 3 \text{ мм}$.

Складування монтажних петель П-1 виконується у ящиках-контейнерах розміром $600 \times 500 \times 500 \text{ мм}$. Кількість петель в одному ящику-контейнері:

$$n_{П-1}^{я-к} = T_{ш} \cdot n_n^e \cdot n_{П-1}^n = 4 \cdot 3 \cdot 4 = 48 \text{ шт.} \quad (70)$$

3.3.6. Організація робочого місця і операції поста

Схему організації робочого місця поста наведено на рис. 5. Пост обслуговується ланкою у складі двох формувальників і машиніста формувальної машини.

На стадії формування виконуються наступні операції:

- 3.1. Машиніст крана і формувальники мостовим краном переміщують піддон на пост формування.
- 3.2. Машиніст і формувальники встановлюють мостовим краном піддон на стенд поста.
- 3.3. Формувальники фіксують фіксаторами сітку С-1 у проектному положенні.

- 3.4. Формувальники встановлюють у проектне положення монтажні петлі П-1.
- 3.5. Машиніст формувальної машини переміщує самохідний портал до стенда з піддоном, встановлює бортове оснащення на піддон і повертає портал у вихідне положення.
- 3.6. Машиніст формувальної машини при переміщенні бетоноукладача вперед по поверхні піддону виконує водну пластифікацію.
- 3.7. Машиніст формувальної машини при переміщенні бетоноукладача назад укладає перший шар бетонної суміші.
- 3.8. Машиніст формувальної машини вводить у форму вібропорожниноутворювачі.
- 3.9. Формувальники вкладають і фіксують у проектному положенні вертикальні плоскі каркаси КР-1 і верхню сітку С-2.
- 3.10. Машиніст формувальної машини виконує бетоноукладачем укладання другого шару бетонної суміші і встановлює його у вихідне положення.
- 3.11. Машиніст формувальної машини переміщує самохідний портал до заформованого виробу, вкладає на нього віброщит і ущільнює бетонну суміш.
- 3.12. Машиніст формувальної машини виймає з виробу вібропорожниноутворювачі, знімає віброщит, бортове оснащення і повертає самохідний портал у вихідне положення.
- 3.13. Формувальники виконують доводку свіжозаформованого виробу, знімають напливи бетону і очищають монтажні петлі; операція підлягає контролю.
- 3.14. Машиніст мостового крана за допомогою автоматичного захвату знімає заформований виріб з піддону стенда.

3.4 Пост прискорення тверднення бетону виробу

Після стадії формування виріб з піддоном подається у ямну камеру і встановлюється на пакетувальники. Тут спочатку протягом 2 годин виконується попереднє витримання, потім – паропрогрівання за режимом 12 (3,5 +6,5+2) год.

3.4.1. Обладнання поста та його технічна характеристика

Пост має наступне обладнання:

- ямні камери;
- пакетувальники.

Технічні характеристики пакетувальників наведено в табл.18.

Таблиця 18

Технічні характеристики пакетувальника

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Типорозмір
			СМЖ-292
1	Висота переналагоджених поверхів при кількості форм по висоті:		
	4 форми	мм	900
	5 форм	мм	780
	6 форм	мм	650
2	Габаритні розміри:		
	довжина	мм	500
	ширина	мм	500
	висота (висота камери)	мм	4000
3	Відстань між дном камери і низом форми	мм	150
4	Маса	кг	1560

3.4.2. Визначення розмірів ямної камери

Довжина камери:

$$l_k = n_\phi^o \cdot l_\phi + (n_\phi^o + 1) \cdot l_1, \text{ м}, \quad (71)$$

де n_ϕ^o - кількість форм, які укладають по довжині камери, $n_\phi^o = 1$ шт.; l_ϕ - довжина форми, для даного прикладу $l_\phi = 6,5$ м; l_1 - відстань між формами, або між формою і стінкою камери (довжина пакетувальника), $l_1 = 0,5$ мм.

$$l_k = 1 \cdot 6,5 + (1 + 1) \cdot 0,5 = 7,5 \text{ м}.$$

Ширина камери:

$$b_k = n_\phi^u \cdot b_\phi + (n_\phi^u + 1) \cdot b_1, \text{ м}, \quad (72)$$

де b_ϕ^u - кількість форм, які укладають по ширині камери; приймаємо $b_\phi^u = 3$ шт.; b_ϕ - ширина форми, для даного прикладу, $b_\phi = 1,8$ м; b_1 - відстань між формами, або між формою і стінкою камери (ширина пакетувальника), $b_1 = 0,5$ м.

$$b_k = 3 \cdot 1,8(3 + 1) \cdot 0,5 = 7,4 \text{ м}.$$

Висота камери визначається висотою пакетувальника і приймається рівною 4 м. Відстань між кронштейнами пакетувальника

приймається залежно від прийнятої кількості форм по висоті камери. При 4 формах $h_k^n = 900$ мм.

Відстань між поверхнею виробу і низом форми, розташованої вище по висоті камери

$$h_1 = h_k^n - h_\phi - h_n, \text{ м}, \quad (73)$$

де h_ϕ - висота піддона форми, м; h_n - висота плити, м.

Враховуючи висоту плити $h_n = 0,22$ м і піддону $h_n = 0,3$ м:

$$h_1 = 0,90 - 0,30 - 0,22 = 0,38 \text{ м}.$$

Відстань між поверхнею плити і кришкою камери:

$$h_3 = h_k - h_2 - (n_\phi^e - 1) \cdot h_k^n - h_\phi - h_e, \text{ м}, \quad (74)$$

де h_k - висота камери, м; n_ϕ^e - кількість форм по висоті камери, шт.;

h_2 - відстань між дном камери і низом форми, м, $h_2 = 0,15$ м.

Враховуючи, що висота камери $h_k = 4$ м, і прийнявши кількість форм по висоті камери для даного прикладу $n_\phi^e = 4$ шт., отримаємо:

$$h_3 = 4 - 0,15 - (4 - 1) \cdot 0,90 - 0,30 - 0,22 = 0,63 \text{ м}.$$

3.4.4. Визначення технологічних параметрів ямних камер

Коефіцієнт оборотності камери:

$$K_o^\kappa = 24 / T_\kappa, \quad (75)$$

де T_κ - тривалість зайнятості ямної камери, год.

$$K_o^\kappa = 24 / 22 = 1,09.$$

Враховуючи те, що формування плити виконується в дві зміни, в третю зміну камери, в яких уже закінчилася тепловологічна обробка, не розвантажуються і не заповнюються виробами через їхню відсутність. Оскільки камери використовуються не більше 1 разу на добу, приймаємо $K_o^\kappa = 1,00$.

Розрахункова потреба в кількості камер для забезпечення виробничої програми визначається за формулою:

$$n_\kappa = n_n^o / (n_n^\kappa \cdot K_o^\kappa) + 1, \text{ шт.}, \quad (76)$$

де n_n^o - кількість плит, які формуються за добу, шт. (див. п.3.1.2);

n_n^κ - кількість плит у ямній камері, шт. (п.3.1.3).

$$n_\kappa = 48 / (12 \cdot 1) + 1 = 5 \text{ шт}.$$

Коефіцієнт заповнення об'єму камери формами з плитами:

$$k_z^o = n_n^\kappa \cdot (V_\phi + V_n) / V_\kappa, \quad (77)$$

де V_ϕ - об'єм форми, м³; V_n - об'єм плити, м³; V_κ - об'єм ямної камери, м³.

$$\text{Об'єм форми: } V_{\phi} = l_{\phi} \cdot b_{\phi} \cdot h_{\phi} = 6,50 \cdot 1,80 \cdot 0,3 = 3,51 \text{ м}^3;$$

$$\text{Об'єм плити: } V_n = l_n \cdot b_n \cdot h_n = 6,28 \cdot 1,49 \cdot 0,22 = 2,06 \text{ м}^3;$$

$$\text{Об'єм камери: } V_{\kappa} = l_{\kappa} \cdot b_{\kappa} \cdot h_{\kappa} = 7,50 \cdot 7,40 \cdot 4,00 = 222,00 \text{ м}^3.$$

$$k_3^o = 12 \cdot (3,51 + 2,06) / 222 = 0,30.$$

Коефіцієнт завантаження камери:

$$k_3^{\kappa} = n_n^{\kappa} \cdot V_n / V_{\kappa}, \quad (78)$$

Коефіцієнт завантаження камери:

$$k_3^{\kappa} = 12 \cdot 2,06 / 222 = 0,11.$$

3.4.5. Визначення величини напруження в напружуваній арматурі після паропрогрівання плити

Внаслідок того, що тверднення бетону здійснюється при ізотермічному прогріванні при 80°C , в напружуваній арматурі відбуваються втрати напруження:

$$\Delta\sigma_n^n = \alpha_c \cdot E_c \cdot (t_i^o - t_3^o) \cdot l_n / l_y, \text{ МПа}, \quad (79)$$

де α_c - температурний коефіцієнт розширення сталі, $^{\circ}\text{C}^{-1}$; E_c - модуль пружності сталі, МПа; t_i^o - температура ізотермічного паропрогрівання, $^{\circ}\text{C}$; t_3^o - температура зовнішнього середовища, $^{\circ}\text{C}$; l_n - довжина плити, м; l_y - відстань між упорами форми, м.

$$\Delta\sigma_n^n = 13,8 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (80 - 20) \cdot 6,28 / 6,50 = 160 \text{ МПа}.$$

Напруження арматури у виробі після паропрогрівання становить

$$\sigma_n^n = (K_c \cdot \sigma_n + \Delta\sigma_n^n) - \Delta\sigma_n^n, \text{ МПа}, \quad (80)$$

де K_c - коефіцієнт, який враховує пружно-пластичні властивості сталі, $K_c=1,1$; σ_n - величина попереднього напруження перед бетонуванням, МПа; $\Delta\sigma_n^n$ - допустиме відхилення попереднього напруження, МПа.

$$\sigma_n^n = (1,1 \cdot 500 + 87) - 160 = 477 \text{ МПа}.$$

Напруження арматури в плиті після паропрогрівання знаходиться в допустимих межах $\sigma_n \pm \Delta\sigma_n = 413...587$ МПа.

3.4.6. Організація робочого місця та операції поста

Схему організації робочого місця поста наведено на рис. 6. Пост обслуговує 1 стропальник I розряду, який виконує наступні операції:

- 4.1. Машиніст крана переміщує піддон із заформованим виробом до ямної камери.
- 4.2. Машиніст крана і стропальник встановлюють по черзі піддони із заформованим виробом на пакетувальник.
- 4.3. Стropальник і кран закривають кришку ямної камери і перевіряють стан затвору.
- 4.4. Під наглядом робітників заводської лабораторії виконується повний цикл ТВО протягом 14 год.
- 4.5. Машиніст крана і стропальник відкривають кришку ямної камери.
- 4.6. Машиніст крана і стропальник по черзі виймають вироби з ямної камери.

3.5 Транспортно – технологічна схема процесу виготовлення плити

Виходячи з конструктивно-технологічних особливостей виробу і характеристики запроєктованих постів складається транспортно-технологічна схема виробничого процесу лінії, яка включає в себе зміст, склад і послідовність виконання операцій. Приклад такої схеми наведено на рис. 7.

На схемі за допомогою спеціальних символів представлено технологічні операції, операції переміщення, операції контролю і складування виробів. Вертикальні лінії, які з'єднують символи, показують зв'язок між операціями на одному посту, горизонтальні – поставки матеріалів і напівфабрикатів, а також обладнання з посту на пост, транспортування готових виробів на склад. Пунктирні лінії обмежують операції, які виконуються на окремих постах.

3.6 Компонування агрегатно – потокової лінії

Згідно транспортно-технологічної схеми виробництва багатопрожинних плит перекриття їх виготовлення виконують агрегатно-потокним способом.

При компонуванні лінії необхідно передбачити щоб напрямки руху напівфабрикатів і матеріалів з поста на пост не поверталися назад. Це зумовлює розміщення постів і їх обладнання у певній послідовності.

Агрегатно-потокова лінія складається з 4 постів. Вона включає комплекс обладнання до складу якого входять формувальна машина, бетоноукладач, самохідний портал. Цей комплекс дає можливість виконувати часткове негайне розпалублення, що сприяє значному зниженні металомісткості технологічного оснащення і пов'язаних з ним експлуатаційних і трудових витрат.

Бетоноукладач обладнано додатковим бункером для проведення водної пластифікації піддону з метою утворення бездефектної стельової поверхні плити без спеціального поста доводки.

Формувальна машина одночасно утворює порожнини у плиті і ущільнює бетонну суміш без вібромайданчика.

Теплова обробка виконується у чотирьох камерах, які вміщують 1 форму по довжині, 3 по ширині і 4 форми по висоті.

3.7 Основні технологічні показники лінії

Основними технологічними показниками агрегатно-потокової технологічної лінії по виготовленню багатопорожнинних плит перекриття є річний випуск продукції, кількість робітників зайнятих у виробництві в 1 зміну, ритм роботи лінії, потужність обладнання, маса обладнання. В табл.19 наведено характеристику основного технологічного обладнання для виготовлення плити ПК 63.15-8АтVT, а в табл. 20 – основні технологічні показники лінії.

Таблиця 19

Характеристики основного технологічного обладнання

№ п/п	Назва обладнання	Типо-розмір	Загальна		
			Кількість, шт.	Потужність, кВт	Маса, т
1	2	3	4	5	6
1	Піддони, які знаходяться в експлуатації -ремонті	СМЖ-229	48	–	134,4
			3	–	8,40
2	Самохідний візок	СМЖ-151	2	15,0	7,40
3	Установка для приготування і нанесення мастил	СМЖ-18А	1	6,8	2,63

продовження табл. 19

1	2	3	4	5	6
4	Верстат для нагрівання арматурних прутків	СМЖ-129Б	1	40,0	1,64
5	Бетоноукладач	СМЖ-69А	1	7,1	3,70
6	Самохідний портал	СМЖ-228	1	11,7	14,80
7	Формувальна машина	СМЖ-227	1	33,0	9,45
8	Пакувальник	СМЖ-292	60	–	93,60
9	Мостовий кран	К10т	2	40,0	58,40
10	Автоматичний захват	СМЖ-226	2	–	1,78
	Всього	-	-	153,6	336,20

Таблиця 20

Основні показники лінії

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Кількість
1.	Річний випуск продукції	тис. м ³	14,33
2.	Кількість робітників у зміну, в тому числі: - формувальник III розряду - машиніст формувальної машини - машиніст крану	чол.	10 7 1 2
3.	Ритм роботи лінії	хв.	20
4.	Потужність обладнання	КВт	153,6
5.	Маса обладнання	т	336,20

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дворкін Л. Й. Теоретичні основи будівельного матеріалознавства : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2022. 799 с.
2. Дворукін Л. Й. Структура, склад та властивості цементного бетону : навч. посібник. К. : Каравела, 2024, 237 с.
3. Дворкін Л. Й. Основи матеріалознавства і технології будівельних виробів : навчальний посібник. К. : Кондор, 2024. 808 с.
4. Технологія проектування підприємств збірного залізобетону : навч. посібник / Л. Й. Дворкін, О. В. Безусяк, О. Л. Дворкін, Ю. В. Гарніцький ; під ред. Л. Й. Дворкіна. Рівне : РДТУ, 2001. 153 с.
5. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів : ДБН А.3.1-7-96. [Чинний від 1997-07-01]. К. : Укрархбудінформ, 1997. 42 с.
6. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів : посібник до ДБН А.3.1-7-96. [Чинний від 1998-07-01]. К. : Укрархбудінформ, 1998. 94 с.
7. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів: ДБН А.3.1-8-96. [Чинний від 1997-07-01]. К. : Укрархбудінформ, 1998. 42 с.