



Національний університет  
водного  
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра технологій будівельних виробів і матеріалознавства

**059-175**

### **Методичні вказівки**

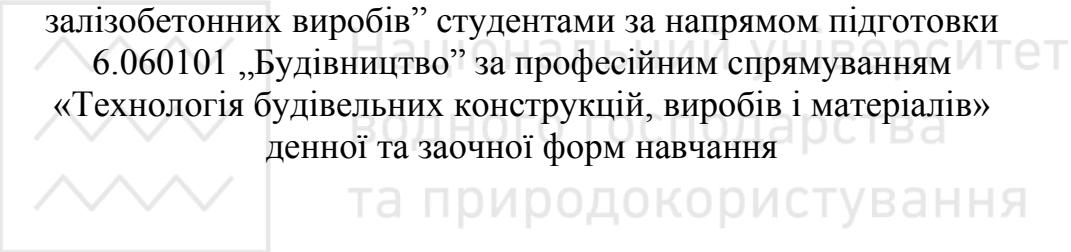
до виконання курсового проекту

„Технологічне проектування формувального цеху.

Агрегатно-потоковий спосіб виробництва”

з дисципліни „Технологічні лінії виробництва бетонних і  
залізобетонних виробів” студентами за напрямом підготовки

6.060101 „Будівництво” за професійним спрямуванням  
«Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»  
денної та заочної форм навчання



Рекомендовано методичною  
комісією за напрямом підготовки  
„Будівництво”  
Протокол № 5 від 09.02.11

Рівне 2011



Національний університет  
та природокористування

Методичні вказівки до виконання курсового проекту „Технологічне проєктування формувального цеху. Агрегатно-потоковий спосіб виробництва” з дисципліни „Технологічні лінії виробництва бетонних і залізобетонних виробів” студентами за напрямом підготовки 6.060101 „Будівництво” за професійним спрямуванням «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів» денної та заочної форм навчання/ О.В. Безусяк, Н.В. Лушнікова. – Рівне: НУВГП, 2011. - 48 с.

Упорядники: О.В. Безусяк, канд. техн. наук, доцент,  
Н.В. Лушнікова, канд. техн. наук, доцент.

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



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	4
1. ЗАВДАННЯ, ЗМІСТ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ.....	4
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА.....	5
2.1 Вибір способу виробництва та технологічні стадії.....	5
2.2 Режим роботи формувального цеху.....	6
2.3 Завдання проектування технологічної лінії.....	7
2.4 Конструктивно-технологічна характеристика виробів....	7
3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО- ПОТОКОВОЇ ЛІНІЇ.....	10
3.1. Пост розпалублення виробів, очищення і змащення форм.....	12
3.2. Пост армування напружуваною арматурою.....	28
3.3. Пост формування виробу.....	31
3.4. Пост прискорення тверднення бетону виробу.....	39
3.5 Транспортно – технологічна схема процесу виготовлен- ня плити.....	44
3.6 Компонування агрегатно – потокової лінії	44
3.7 Основні технологічні показники лінії	46
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	48



## 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-потоковою 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 напряму 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-потокових 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-потокового способу виробництва.



У курсовому проекті виконується вибір і обґрутування 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 проекту входять:

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

## 2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ 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;
- підготовлення форм;
- армування;
- формування



- теплову обробку (тверднення 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 діб на рік,  $N_h$  – 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 діб):
  - агрегатно-потокові і стендові лінії, касетні установки – 7;
  - конвеєрні лінії – 13;
- 6) розрахункова кількість робочих діб 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:

$$\Pi_o = K_o \cdot \Pi_m, \quad (1)$$

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

$\Pi_m$  – продуктивність машини, яка вказана в її технічному паспорті.

Необхідна розрахункова кількість машин визначається за залежністю:

$$M_p = \Pi_e / \Pi_o, \quad (2)$$

де  $\Pi_e$  – годинна потреба у виробах або напівфабрикатах;

$\Pi_o$  – організаційна продуктивність.

Ефективність роботи машини становить:

$$E = 100 \cdot \Pi_e / (M_n \cdot \Pi_o), \quad (3)$$

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 студента 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 63.15-8АтVT, 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;
- *Am-V* – з напруженюю робочою арматурою із арматурної сталі класу А800СК (*Am-V*);

*T* – 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 багатопорожнинної плити перекриття ПК 63.15-8АтVT

Марка	Арматурні вироби			Арматурні елементи			
	Маса, кг	Кількість на плиту	Загальна маса, кг	Позиція	Клас сталі	Діаметр, мм	Довжина, мм
КР-1	0,46	10	4,6	1	Bр-I	5	1020
				2	Bр-I	4	1020
				3	Bр-I	4	205
С-1	0,94	2	1,88	1	Bр-I	4	1780
				2	Bр-I	5	300
С-2	4,10	1	4,10	1	Bр-I	3	6240
				2	Bр-I	3	1440
H-1	5,58	6	33,48	1	A800СК (Ат-V)	12	6280
H-2	—	—	—	—	—	—	—
П-1	1,05	4	4,20	1	A240C (А-I)	12	1180

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

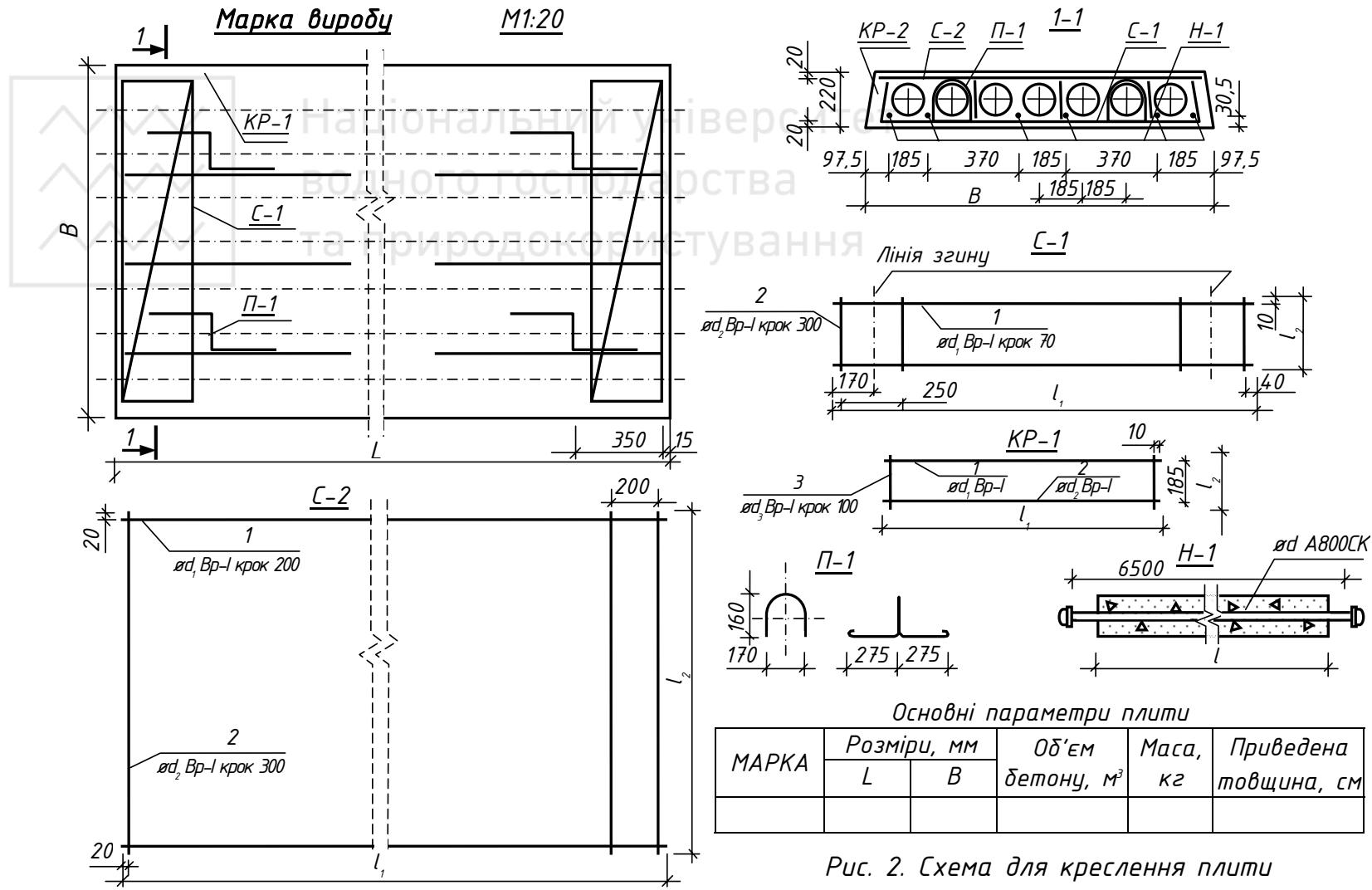


Рис. 2. Схема для креслення плити



Така плита виготовляється із жорсткої бетонної суміші з проектним класом бетону за міцністю на стиск  $B15 (M200)$  і передаточною міцністю  $R_n=16 \text{ MPa}$ . 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  $t_8=2 \text{ год}$ . Режим теплової обробки згідно [1] приймається – 12 год ( $3,5+6,5+2,0$ ). Температура ізотермічного нагріву становить  $t_i=(80\ldots85)^\circ\text{C}$ . З метою економії матеріалів і полегшення плити влаштовують порожнини діаметром 159 мм. Плита армується нижніми опорними коритоподібними сітками С-1, плоскими вертикальними каркасами КР-1 і плоскою верхньою сіткою С-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 Н-1 (або Н-1 та Н-2), яку розміщено у нижньому поясі плити. Температура електричного нагрівання прутків не повинна перевищувати  $t_h=450^\circ\text{C}$ . Величина залишкового попереднього напруження арматури перед бетонуванням становить  $\sigma_h=500 \text{ MPa}$ . Допустимі відхилення попереднього напруження  $\Delta\sigma_h$  прийнято: при довжині плити 6280 мм – 87 MPa; (5980 мм – 90 MPa; 5680 мм – 93 MPa; 5380 мм – 95,5 MPa; 5080 мм – 100,5 MPa; 4780 мм – 105 MPa) [4].

Проектна товщина захисного шару забезпечується спеціальними фіксаторами і становить  $\delta_u=20 \text{ mm}$ .

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

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АГРЕГАТНО-ПОТОКОВОЇ ЛІНІЙ

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-потокових 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 <sup>3</sup>			
Одношаровий, нескладної конфігурації	до 1,5	1,5-3,5	до 3,5	3,5-5
Одношаровий, складної конфігурації, ребристий, декілька виробів у одній формі	8-12	12-15	15-20	20-25
Багатошаровий, великогабаритний складного профілю або фактурений	10-15	15-20	20-28	28-35
	18-25	25-30	30-35	35-40

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



### 3.1. Пост розпалублення виробів, очищення і змащення форм

На цей пост виріб з піддоном надходить з ямної 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 напруженій 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 ширина висота	мм мм мм	6280 1590 220
2	Максимальна кількість напруженіх прутків	шт.	8
3	Відстань між упорами по довжині піддона	мм	6500
4	Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм мм мм	6500 1800 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	Одниция вимірювання	Типорозмір
			СМЖ-18 А
1	Продуктивність	м <sup>3</sup> /год	0,115
2	Корисний об'єм бака	м <sup>3</sup>	0,44
3	Витрата мастила:		
	на горизонтальну поверхню	г/м <sup>2</sup>	200
3	на вертикальну поверхню	г/м <sup>2</sup>	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 ширина висота	мм мм мм	3626 2090 1684
4	Маса	кг	890

$$n_n^2 = 60/T_r, \text{ шт.}, \quad (4)$$

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

$$n_n^2 = 60 / 20 = 3 \text{ шт.}$$

Кількість плит, які формують за добу, становитиме:

$$n_n^d = N_3 \cdot T_3 \cdot n_n^2, \text{ шт.}, \quad (5)$$

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

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

Для даного випадку:

$$n_n^d = 2 \cdot 8 \cdot 3 = 48 \text{ шт.}$$

Річна продуктивність лінії

$$\Pi_{\text{л}}^p = N_d \cdot n_n^d \cdot V_n^{\delta}, \text{ м}^3, \quad (6)$$

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

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

де  $N_d$  – річний фонд часу роботи технологічного обладнання, діб;

$V_n^{\delta}$  – об'єм бетону у виробі,  $\text{м}^3$ .

### 3.1.3. Тривалість зайнятості ямної камери

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

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



де  $t_3 = t_p = n_n^k \cdot T_r$ , хв.,  
 $t_e$  - тривалість попереднього витримування,  $t_e = 2$  год;  $t_h$  - тривалість нагрівання,  $t_h = 3,5$  год;  $t_i$  - тривалість ізотермічного прогрівання,  $t_i = 6,5$  год;  $t_o$  - тривалість остигання плити,  $t_o = 2$  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  $n_n^k = 12$  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 змащення форм,  $T_p = T_r$ , хв.;  $T_a$  - тривалість стадії армування піддонів напружуваною арматурою,  $T_a = 3T_r$ , хв., приймається з умови тривалості нагрівання і остигання прутків;  $T_\phi$  - тривалість формування плити,  $T_\phi = T_r$ , хв.



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

Коефіцієнт оборотності форми дорівнює:

$$k_o^\phi = 60 \cdot N_m \cdot T_3 / T_o, \quad (10)$$

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:

$$n_\phi^e = N_3 \cdot T_3 \cdot 60 / (T_r \cdot k_o^\phi) = 2 \cdot 8 \cdot 60 / (20 \cdot 1) = 48, \text{ шт.} \quad (11)$$

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  $m_\phi$  – 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:

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

Питома металомісткість форм:

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

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

### 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 $O_{\phi}^h$ , оберти	Середня кількість обер- тів форми до ремонту	
			поточного, $O_{\phi}^n$	капітального, $O_{\phi}^k$
1	Рухомі: - з шарнірним кріплен- ням бортів до піддонів - піддони з бортовим оснащенням	1000	50 ... 70	550
		1000	80 ... 100	650 ... 700
2	Нерухомі - з шарнірним кріплен- ням бортів до піддонів	1000	60 ... 80	650

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

де  $O_{\phi}^h$  – нормативна оборотність форми при тепловій обробці (табл. 8).

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

Термін поточного ремонту:

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

де  $O_{\phi}^n$  – 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  $O_{\phi}^k$  – 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 :

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

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



Національний університет  
та природокористування

Площа, яка необхідна для складування цих форм, згідно [3] становить  $20 \text{ м}^2$  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 ширину 3,5 м з площею  $28 \text{ м}^2$ .

Площа, яка необхідна для виконання поточного ремонту форм, згідно [3] становить  $30 \text{ м}^2$  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 ширину 5 м з площею  $40 \text{ м}^2$ .

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:

$$S_{\phi}^3 = 1,1 \cdot l_n \cdot b_n, \text{ м}^2, \quad (22)$$

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

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

$$S_{\phi}^3 = 1,1 \cdot 6,28 \cdot 1,49 = 10,29 \text{ м}^2.$$

Враховуючи, що кількість плит, які формують за годину, при заданому ритмі  $T_r = 20 \text{ хв}$  становить  $n_n^2 = 3 \text{ шт.}$ , то кількість піддонів, які необхідно очистити і змастити за годину, становитиме  $n_{\phi}^2 = 3 \text{ шт.}$

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

$$V_m^2 = q_m \cdot S_{\phi}^3 \cdot n_{\phi}^2 / \rho_m, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (23)$$

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

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

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



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування  
Термін, на який забезпечить роботу установка СМЖ-18А для змащення піддонів одна заправка, може бути визначено за формулою:

$$T_m = V_m^\delta / (V_m^e \cdot T_3), \text{ зміни}, \quad (24)$$

де  $V_m^\delta$  – корисний об'єм бака, м<sup>3</sup> (табл. 5).

Таким чином при тривалості зміни Тз=8 год одна заправка бака ( $V_m^\delta = 0,44 \text{ м}^3$ ) 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 <sup>3</sup> /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 краном К10т за допомогою автоматичного захвата СМЖ-226, готові плити транспортуються самохідним візком СМЖ-151 на склад.

Коефіцієнт використання транспортного обладнання за вантажопідйомністю визначається за залежністю

$$k_m = m_e / m_h, \quad (25)$$

де  $m_e$  - маса вантажу, який піднімається, т;

$m_h$  - номінальна вантажопідйомність обладнання, т.

Приклад розрахунку використання транспортного обладнання наведено в табл. 10.



Таблиця 10

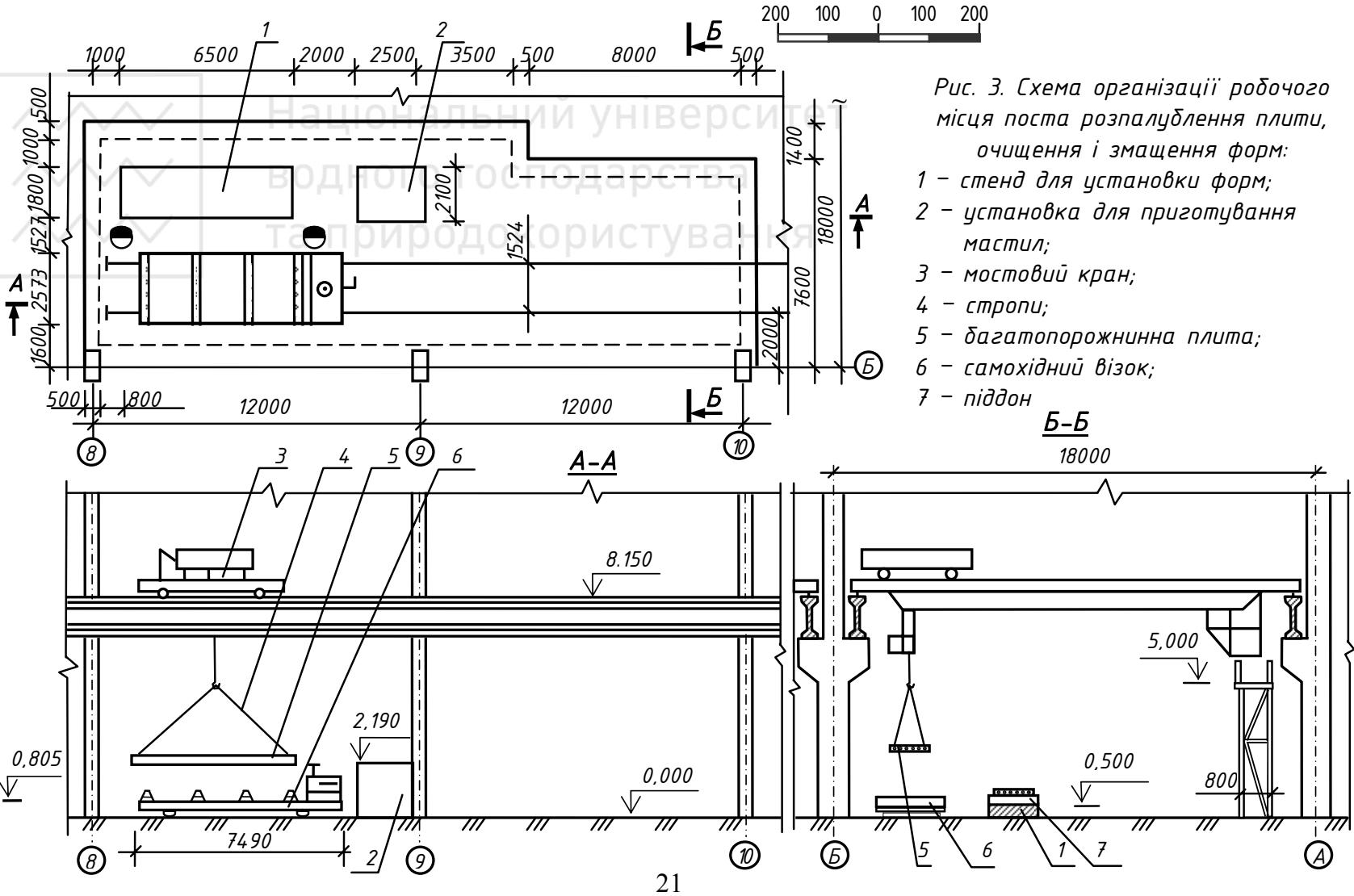
Використання транспортного обладнання

Обладнання	$m_H$ , т	Вантаж	$m_e$ , т	$k_m$
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 стенді поста розпалублення виробів, очищення і змащення 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 різаком 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. Стропована плита краном переміщується до самохідного візка.
- 1.6. Плита складується 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.



- 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-роздавача. Операція підлягає контролю.
- 1.10. Очищений і змащений піддон машиніст крана за допомогою автозахвата знімає зі стендів.

### *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, складують 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 стендів 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 площини для складування напружуваної арматури Н-1 або Н-1 і Н-2 і сіток С-1 (рис. 2).



### Технічні характеристики верстата СМЖ-129Б

Таблиця 11

№ 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  $d_a = 12 \text{ мм}$ .

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  $\Delta l_o$  - подовження прутка, яке забезпечує розрахункове попереднє напруження арматури, м;  $\Delta l_c$  - можливе обтискання анкерів (приймається 0.001 м на кожну деталь), м,  $\Delta l_c = 0,002 \text{ м}$ ;  $\Delta l_\phi$  - поздовжні деформації форми, тобто зближення упорів, м; визначається за теорію опору матеріалів, з практичного досвіду можна прийняти  $\Delta l_\phi \approx 0,003 \text{ м}$ ;  $C_1$  - 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



Національний агентство  
природокористування

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

$$C_1 = 0,0005 \cdot l_k = 0,0005 \cdot 5 = 0,0025 \text{ м.} \quad (27)$$

Таблиця 12

Рекомендовані технологічні параметри при нагріванні  
напружуваної арматури класу А 800СК

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

Величина  $\Delta l_o$  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  $l_y=6,5 \text{ м}$  (табл. 3);  $\sigma_n$  - 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  $l_y=6,5 \text{ м}$ ,  $\sigma_n=500 \text{ МПа}$  і  $\Delta\sigma_n=87 \text{ МПа}$ :

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

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:

$$l_3 = l_y - \Delta l_n + 2a + 2w, \text{ м,} \quad (29)$$

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

$$l_3 = 6,5000 - 0,0282 + 2 \cdot 0,0300 + 2 \cdot 0,0100 = 6,5518 \text{ м.}$$

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

### 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 формuloю:

$$t_n^o = t_o^o + \Delta l_n / (l_k \cdot \alpha_c), {}^0\text{C} < [450 {}^0\text{C}], \quad (30)$$

де  $t_o^o$  – температура оточуючого середовища,  $t_o^o=20 {}^0\text{C}$ ;

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

Для розглядуваного випадку при  $l_k=5 \text{ м}$  температура нагрівання становитиме:

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

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

$$Q_n = Q_h + \tau_h \cdot Q_\vartheta, \text{ кДж}, \quad (32)$$

де  $Q_h$  - кількість теплоти, яка необхідна для нагрівання 1 м прутка без втрат,  $Q_h = 201,0 \text{ кДж}$  (табл. 12);

$Q_\vartheta$  - кількість втраченої теплоти за одну хвилину нагрівання 1 м прутка,  $Q_\vartheta = 29,8 \text{ кДж/хв}$  (табл. 12);

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

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

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

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

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

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,  $Z_n = 57,5 \cdot 10^{-4} \Omega$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, який при послідовному включені 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 <sup>2</sup> площині 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 напружуваної арматури (в даному випадку Н-1) у штабель без урахування проходів:

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

де  $n_{H-1}^{\text{ш}}$  - кількість напружуваних прутків Н-1 у штабелі:

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

де  $T_{\text{ш}}$  - період роботи лінії, на який розраховується запас арматурних виробів у штабелі,  $T_{\text{ш}}=4$  год (табл. 14);  $n_{H-1}^{\text{n}}$  - кількість напружуваних прутків у плиті шт., згідно завдання (табл. 1)  $n_{H-1}^{\text{n}}=6$  шт. (табл.1);  $m_{H-1}^{\text{а}}$  - маса заготовки напружуваного прутка з анкерами, кг;

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

$q_{H-1}$  - середня маса напружуваних прутків, які розміщують на 1 м<sup>2</sup> площині, при  $d_{H-1}=12$  мм  $q_{H-1}=100$  кг/м<sup>2</sup> (табл. 14);  $K_n$  - коефіцієнт, який враховує площину проходів між штабелями арматурних виробів,  $K_n=1,5$ .



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

$$n_{H-1}^u = 4 \cdot 3 \cdot 6 = 72 \text{ шт.},$$

$$m_{H-1}^a = 5,58 \cdot 6,55 / 6,28 = 5,82 \text{ кг},$$

$$S_u^{H-1} = 72 \cdot 5,82 / (100 \cdot 1,5) = 2,79 \text{ м}^2.$$

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

Розрахункова ширина штабеля:

$$b_u^{H-1} = S_u^{H-1} / l_u^{H-1}, \text{ м.} \quad (38)$$

$$b_u^{H-1} = 2,77 / 6,5 = 0,43 \text{ м.}$$

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

Розрахункова висота штабеля визначається за формулою:

$$h_u^{H-1} = n_u^{H-1} \cdot \pi \cdot d_{H-1}^2 / (4 \cdot b_u^{H-1} \cdot K_n^u), \text{ м,} \quad (39)$$

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

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

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

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

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

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<sup>2</sup> площині, при діаметрі прутків 4 і 5 мм  $q_{C-1} = 100 \text{ кг/м}^2$  (табл. 14).

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

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:

$$n_u^{C-1} = S_u^{C-1} / S_{C-1}, \text{ шт.} \quad (42)$$

$$n_u^{C-1} = 0,15 / 0,53 = 0,28 \text{ шт.}$$

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

Кількість сіток у штабелі:



$$n_{C-1}^w = T_w \cdot n_n^e \cdot n_{C-1}^n / n_w^{C-1}, \text{ шт.} \quad (43)$$
$$n_{C-1}^w = 4 \cdot 3 \cdot 2 / 1 = 24 \text{ сітки.}$$

Розрахункова висота штабеля

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

де  $d_1$  – діаметр прутків повздовжньої арматури сітки,  $d_1 = 4 \text{ мм}$ ;

$d_2$  – діаметр прутків поперечної арматури сітки,  $d_2 = 5 \text{ мм}$ .

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

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-х формувальників III розряду, вони виконують наступні операції:

- 2.1. Машиніст мостовим краном переміщує піддон на пост армування напружуваною арматурою.
- 2.2. Піддон встановлюється краном на один із трьох стендів поста армування.
- 2.3. Формувальник вкладає на піддон нижні опорні сітки С-1.
- 2.4. Протки 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 піддона. При охолодженні прутки скорочуються, анкери притискаються до упорів, в прутках виникає переднє напруження. Операція підлягає контролю.
- 2.5. Піддон з охолодженими напруженими прутками, машиніст краном, за допомогою автоматичного захвату знімає з поста.

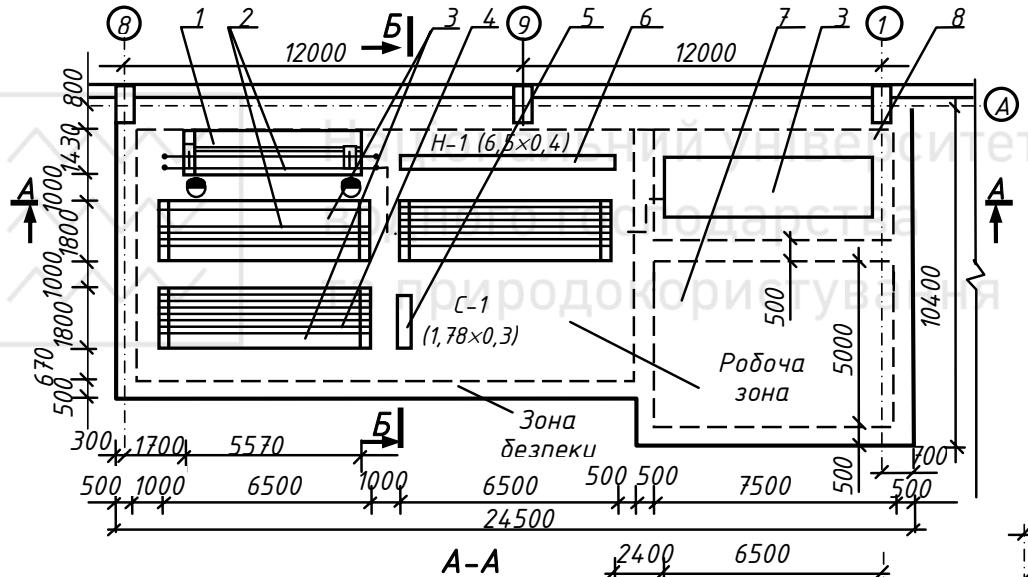
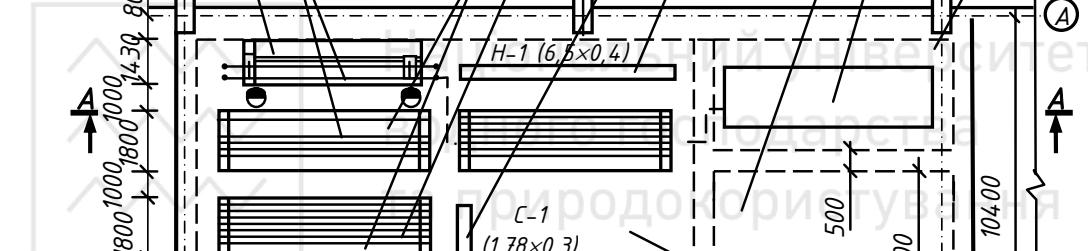


Рис. 4. Схема організації робочого місця поста армування:

- 1 - верстат СМЖ-129Б для нагрівання арматурних прутків;
- 2 - напружену арматуру H-1;
- 3 - піддон;
- 4 - сітка C-1;
- 5 - місце для складування сіток C-1;
- 6 - місце для складування напруженуої арматури H-1;
- 7 - майданчик для ремонту форм;
- 8 - майданчик для складування форм;
- 9 - стенд для розміщення піддона





### 3.3. Пост формування виробу

На цей пост надходить вже очищений, змащений і заармований напружену 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 <sup>3</sup>	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 транспор- туванні бетонної суміші	м/хв	18,0
6	Потужність	кВт	7,1
7	Ширина колії	мм	2810
8	Габаритні розміри: – довжина	мм	3175
		мм	4000
		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 – ширина – висота	мм мм мм	6280 1590 220
2	Швидкість переміщення порталу	м/хв	18
3	Швидкість піднімання і опускання бортоснащення і віброшита	м/хв	0,05
4	Потужність електродвигунів	кВт	11,7
5	Маса бортоснащення, віброшита при ширині плити: – 990 мм – 1190 мм – 1490 мм – 1590 мм	кг кг кг кг	1300/700 1350/1300 1450/1600 1500/1650
6	Габаритні розміри порталу: – довжина – ширина – висота	мм мм мм	7250 3950 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 – ширина – висота	мм мм мм	6280 1590 220



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	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:

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

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

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

Корисний об'єм бункера бетоноукладача:

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

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



### 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:

$$\Pi_{\text{ж}1} = k_{\phi} \cdot V_{\delta}^{\phi} / t_{\phi}, \text{ м}^3, \quad (47)$$

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

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

де  $u_{\delta}^{\phi}$  – швидкість переміщення бетоноукладача при формуванні,  $U_{\delta}^{\phi}=12,4 \text{ м}/x\text{в}$  (табл. 15). Тоді:

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

$$\Pi_{\text{ж}1} = 0,3 \cdot 1,26 / 0,51 = 0,74 \text{ м}^3/\text{xв.}$$

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

$$h_{\text{ж}1} = \Pi_{\text{ж}1} / b_{\text{ж}} \cdot u_c, \text{ м}, \quad (49)$$

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

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

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

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

$$\Pi_{\text{ж}2} = 0,7 \cdot 1,26 / 0,51 = 1,73 \text{ м}^3/\text{xв.}$$

$$h_{\text{ж}2} = 1,73 / 1,49 \cdot 9 = 0,129 \text{ м.}$$

### 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:



$$A_e = K_m^e / (g(m_e + \alpha_n \cdot m_n / n_e)), \text{м}, \quad (50)$$

де  $K_m^e$  - кінетичний момент вібропорожниноутворювача;

$$K_m^e = n_d^e \cdot k_m^d, \text{Н}\cdot\text{м}, \quad (51)$$

де  $n_d^e$  - кількість дебалансів в одному вібропорожниноутворювачі,  $n_d^e=6$ шт (табл. 17);  $K_m^d$  - кінетичний момент одного дебаланса  $K_m^d=1 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;  $m_e$  - маса вібропорожниноутворювача,  $m_e=850 \text{ кг}$  (табл. 17),  $\alpha_n$  - коефіцієнт приведення для рухливих бетонних сумішей при ОК=3...4 см  $\alpha_n=0,20\dots0,25$ ; для жорстких сумішей  $\alpha_n=0,35\dots0,40$ ;  $m_n$  - маса плити,  $m_n=2950 \text{ кг}$  (рис. 2);  $n_e$  - кількість вібропорожниноутворювачів, приймається рівною кількості порожнин в плиті,  $n_e=7$  шт.

$$K_m^e = 6 \cdot 1 = 6 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

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

Частота коливань вібропорожниноутворювачів:

$$f_e = n_d / 60, \text{ об/с}, \quad (52)$$

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

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

Інтенсивність коливань вібропорожниноутворювача:

$$I_e = A_e^2 \cdot f_e^3, \text{ см}^2/\text{с}^3. \quad (53)$$

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

Тривалість віброущільнення:

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

де  $\mathcal{J}$  – жорсткість бетонної суміші, с,  $\mathcal{J}=40 \text{ с}$ ;  $I_c$  – інтенсивність віброущільнення 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 віброущільнення багатопорожнинної плити перекриття  $t_y=50 \text{ с}$ . Для покращення якості ущільнення плити застосовуємо вібропривантажувальний щит масою 1600кг, який входить до комплекту самохідного порталу.

### 3.3.5. Складування арматурних виробів

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

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



де  $n_{KP-1}$  – кількість вертикальних каркасів КР-1 у плиті,  $n_{KP-1} = 10$  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<sup>2</sup> площині, при діаметрах прутків 4 і 5 мм  $q_{KP-1} = 100$  кг/м<sup>2</sup> (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 КР-1:

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

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

Кількість каркасів у штабелі:

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

Висота штабеля:

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

де  $d_1$  – діаметр прутків повздовжньої арматури каркасу КР-1,  $d_1 = 5$  мм;

$d_2$  – діаметр прутків поперечної арматури каркасу КР-1,  $d_2 = 4$  мм.

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

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

де  $n_{KP-1}$  – кількість вертикальних каркасів КР-1 у плиті,  $n_{KP-1} = 10$  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<sup>2</sup> площині, при діаметрах прутків 4 і 5 мм  $q_{KP-1} = 100$  кг/м<sup>2</sup> (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 КР-1:

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

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

Кількість каркасів у штабелі:

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

Висота штабеля вертикальних каркасів:

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

де  $d_1$  – діаметр прутків повздовжньої арматури каркасу КР-1,  $d_1 = 5$  мм;

$d_2$  – діаметр прутків поперечної арматури каркасу КР-1,  $d_2 = 4$  мм.



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

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

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

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

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

Кількість верхніх сіток у штабелі:

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

Висота штабеля верхніх сіток:

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

де  $d_1$  – діаметр прутків повздовжньої арматури верхньої сітки С-2,  $d_1 = 3$  мм;  $d_2$  – діаметр прутків поперечної арматури верхньої сітки С-2,  $d_2 = 3$  мм.

Складування монтажних петель П-1 виконується у ящиках-контейнерах розміром 600×500×500 мм. Кількість петель в одному ящику-контейнері:

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

### 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.

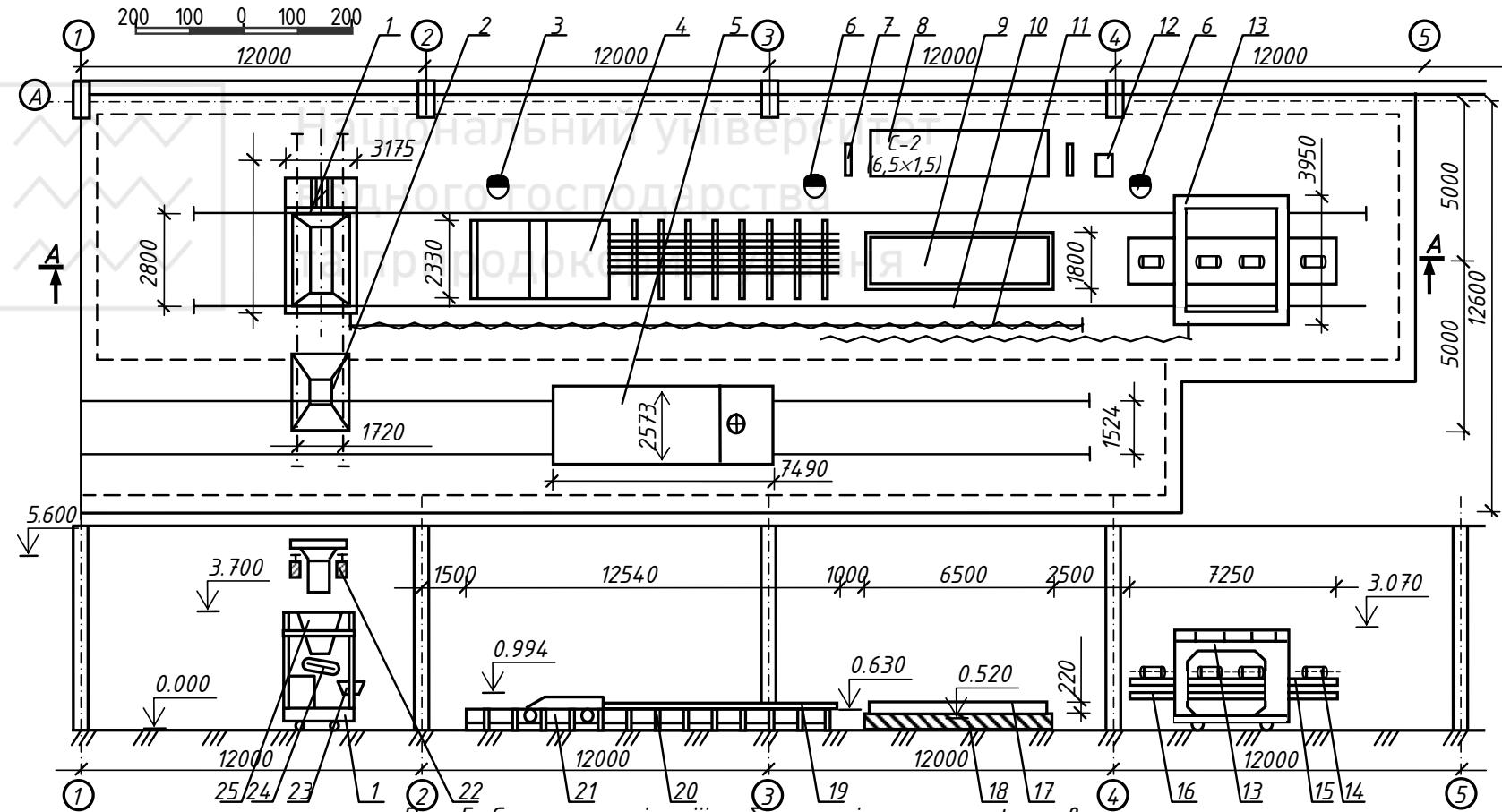


Рис. 5. Схема організації робочого місця поста формування:

- 1 - бетонукладач; 2 - бетонороздачач; 3 - машиніст формувальної машини; 4 - формувальна машина; 5 - самохідний візок; 6 - формувальник III розряду; 7 - місце складування каркасів; 8 - місце складування сіток; 9 - піддон; 10 - колія;
- 11 - кабель електропостачання; 12 - складування монтажних петель; 13 - самохідний портал; 14 - віброблок;
- 15 - відрошит; 16 - бортове оснащення; 17 - багатопорожнинна плита; 18 - стенд для установки піддона;
- 19 - вібропорожниноутворювач; 20 - станіна; 21 - каретка; 22 - естакада; 23 - лійка; 24 - жибильник; 25 - бункер



### 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 віброштит і ущільнює бетонну суміш.
- 3.12. Машиніст формувальної машини виймає з виробу вібропорожниноутворювачі, знімає віброштит, 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 витримування, потім – паропроргрівання 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 5 форм 6 форм	мм	900 780 650
2	Габаритні розміри: довжина ширина висота (висота камери)	мм	500 500 4000
3	Відстань між дном камери і низом форми	мм	150
4	Маса	кг	1560

3.4.2. Визначення розмірів ямної камери

Довжина камери:

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

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

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

Ширина камери:

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

де  $b_{\phi}^{uu}$  - кількість форм, які укладають по ширині камери; приймаємо  $b_{\phi}^{uu} = 3$  шт.;  $b_{\phi}$  - 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



Національний університет  
Технічної підприємства

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

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

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

де  $h_\phi$  - висота піддона форми, м;  $h_n$  - висота плити, м.

Враховуючи висоту плити  $h_n = 0,22 \text{ м}$  і піддону  $h_\phi = 0,3 \text{ м}$ :

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

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;  $n_\phi^e$  - кількість форм по висоті камери, шт.;

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

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

$$K_o^k = 24 / T_k, \quad (75)$$

де  $T_k$  - тривалість зайнятості ямної камери, год.

$$K_o^k = 24 / 22 = 1,09.$$

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  $K_o^k = 1,00$ .

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

$$n_k = n_n^\delta / (n_n^k \cdot K_o^k) + 1, \text{ шт.}, \quad (76)$$

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

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

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

Коефіцієнт заповнення об'єму камери формами з плитами:

$$k_o^o = n_n^k \cdot (V_\phi + V_n) / V_k, \quad (77)$$

де  $V_\phi$  - об'єм форми,  $\text{м}^3$ ;  $V_n$  - об'єм плити,  $\text{м}^3$ ;  $V_k$  - об'єм ямної камери,  $\text{м}^3$ .



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

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

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

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

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 напруженій арматурі після паропрогрівання плити

Внаслідок того, що тверднення бетону здійснюється при ізотермічному прогріванні при  $80^\circ\text{C}$ , в напруженій арматурі відбуваються втрати напруження:

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

де  $\alpha_c$  - температурний коефіцієнт розширення сталі,  ${}^0\text{C}^{-1}$ ;  $E_c$  - модуль пружності сталі, МПа;  $t_i^o$  - температура ізотермічного паропрогрівання,  ${}^0\text{C}$ ;  $t_3^o$  - температура зовнішнього середовища,  ${}^0\text{C}$ ;  $l_n$  - довжина плити, м;  $l_y$  - відстань між упорами форми, м.

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

Напруження арматури у виробі після паропрогрівання становить

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

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

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

Напруження арматури в плиті після паропрогрівання знаходитьться в допустимих межах  $\sigma_h \pm \Delta\sigma_h = 413...587 \text{ МПа}$ .

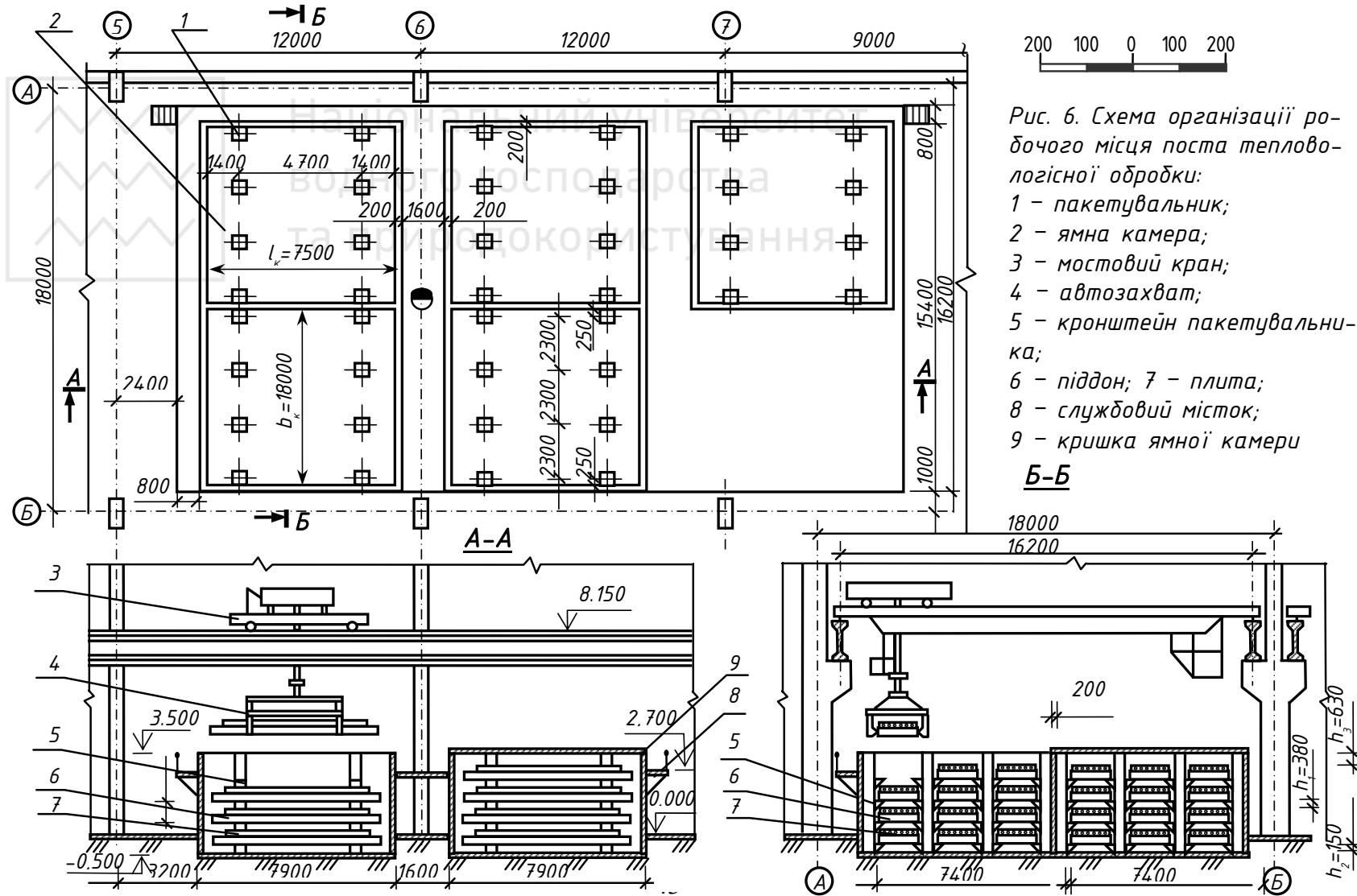


Рис. 6. Схема організації робочого місця поста теплово-логісної обробки:

1 - пакетувальник;  
2 - ямна камера;  
3 - мостовий кран;  
4 - автозахват;  
5 - кронштейн пакетувальника;  
6 - піддон; 7 - плита;  
8 - службовий місток;  
9 - кришка ямної камери



### 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. Стропальник 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 запроектованих 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 багатопорожнинних плит перекриття їх виготовлення виконують агрегатно-потоковим 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.

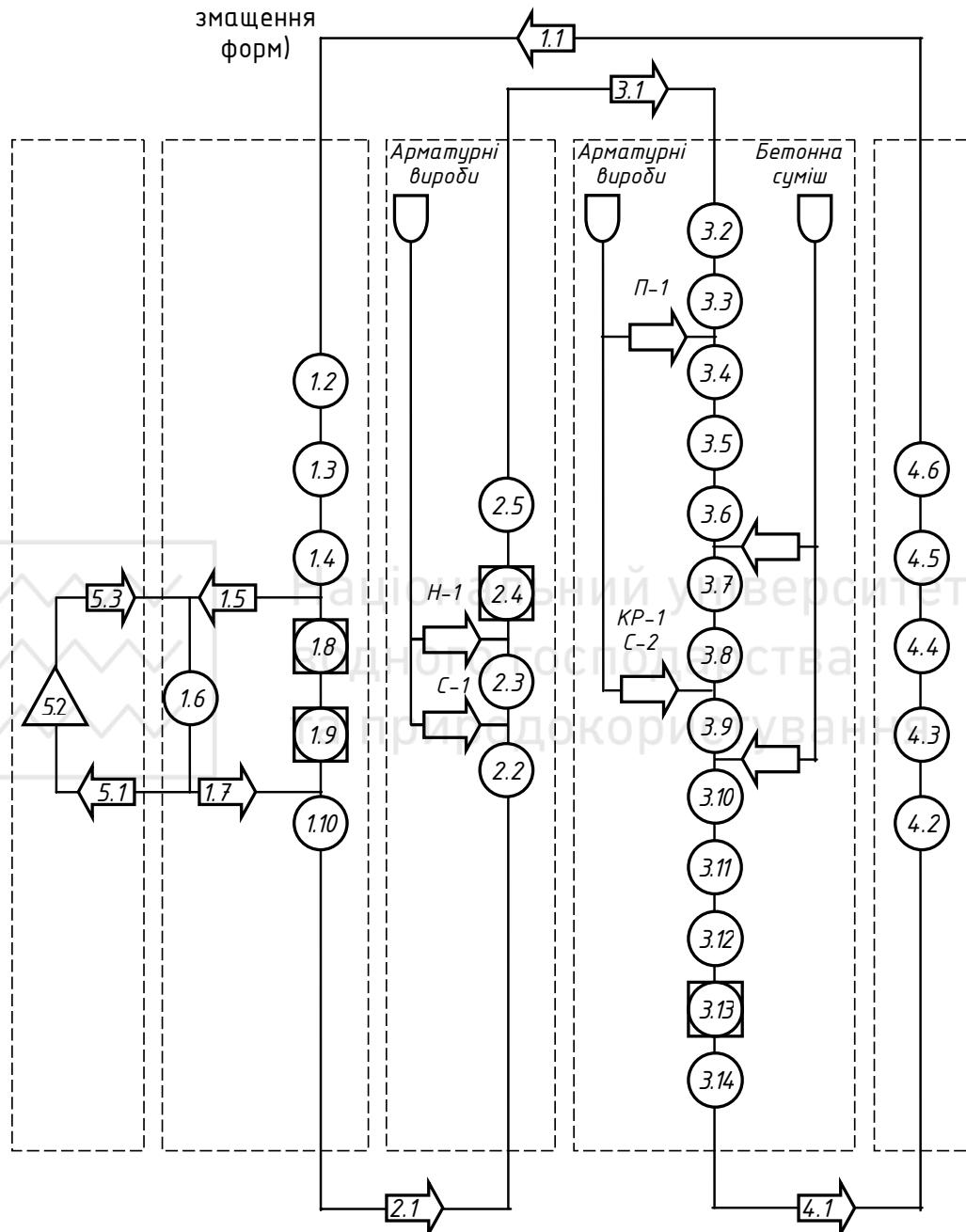


Рис. 7. Транспортно-технологічна схема агрегатно-потокової лінії:

○ - обробка; □ - транспортування; → - контроль;  
△ - складування; U - запас



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 негайнє 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 піскріття 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 63.15-8АтВТ, а в табл. 20 – основні технологічні показники лінії.

Таблиця 19

Характеристики основного технологічного обладнання

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



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	Пакетувальник	СМЖ-292	60	-	93,60
9	Мостовий кран	K10т	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 <sup>3</sup>	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. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів : ДБН А.3.1-7-96. – [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Украпрхбудінформ, 1997. – 42 с.
2. Виробництво бетонних та залізобетонних виробів : Посібник до ДБН А.3.1-7-96. – [Чинний від 1998-07-01]. – К.: Украпрхбудінформ, 1998. – 94 с.
3. Проектування підприємств з виробництва залізобетонних виробів: ДБН А.3.1-8-96. – [Чинний від 1997-07-01]. – К.: Украпрхбудінформ: 1998. – 42 с.
4. Панели перекрытий железобетонные многопустотные. Серия 1.141-1. Вып. 63. – [Утв. и введены в действие с 30.07.1984]. – М.: Госгражданстрой, 1984. – 58 с.
5. 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.
6. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: [підручник]: у 2 ч. – К.: Вища школа, 1994. Ч. 2: Русанова Н.Г. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій. / Русанова Н.Г. Пальчик П.П., Рижанкова Л.М. -К.: Вища школа, 1994.- 334 с.
7. Бетоны: Материалы, оборудование, технологии. - М.: Стройинформ, Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 424 с.
8. Номенклатурный перечень оборудования технологических линий для производства сборного железобетона. – М.: Гипростоймаш, 1997. – 187 с.
9. Строительные машины : справочник: в 2 т. / [под ред. В.А. Баумана, Ф.А. Лапира]. – М.: Машиностроение, 1977.  
Т.2: Оборудование для производства строительных материалов и изделий. – 1977. – 496 с.
10. Справочник по производству сборных железобетонных изделий/ [Г.И. Бердичевский, А. П. Васильев, Ф. М. Иванов и др.] ; под ред. К. В. Михайлова, А.А. Фоломеева. -М.: Стройиздат, 1982. - 440 с.
11. Справочник по технологии сборного железобетона. / [под общ. ред. Стефанова Б.В.] -К.: Вища школа, 1978. - 256 с.
12. Шихненко И.В. Краткий справочник инженера-технолога по производству железобетона / Шихненко И.В. - К.: Будівельник, 1989. - 296 с.
13. Технология железобетонных изделий в примерах и задачах : [учеб. пособие для техникумов по спец. «Производство строительных деталей и железобетонных конструкций»] / [В.Ф. Афанасьева, Е.Н. Ипполитов, М.С. Поддубная и др.]; под ред. Л.Н. Попова. – М.: Высшая школа, 1987. – 192 с.
14. Колодзий И.И. Формование сборных железобетонных изделий и конструкций. – М.: Высшая школа, 1983. – 271 с.