

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Будівельно-технологічний факультет

Кафедра технології будівельних конструкцій і виробів  
(повна назва випускової кафедри)

**“ЗАТВЕРДЖУЮ”**

Завідувач кафедри

Гоц В.І.

«\_\_\_\_\_»

\_\_\_\_\_2023р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему:

**«Обґрунтування технологічних і організаційних рішень виготовлення  
залізобетонних багатопорожнинних плит перекриття ПК8-51.12»**

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво»

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія  
за ОПП «Технології будівельних конструкцій, виробів і  
матеріалів»

V курс, група ТБКВМ-51з

Здобувач:

Скиба Альона Василівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Керівник:

Петрикова Євгенія

Миколаївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Рецензент:

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

Київ 2023

## ЗМІСТ

Вступ .....	
1. Вибір і обґрунтування способів і технічних засобів виконання стадійних процесів армування та формування плит.....	
2. Обґрунтування вибору заповнювачів для бетону та розрахунок складу бетонної суміші .....	
3. Обґрунтування вибору класу арматурної сталі для напружених і ненапружених арматурних елементів багатопорожнинної плити ....	
4. Розробка схеми поста формування та складання транспортно-технологічної схеми стадійного процесу .....	
5. Визначення тривалості стадійного процесу формування, складу робітників та можливої виробничої потужності лінії.....	

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Багатопорожнинні плити перекриттів є масовим видом продукції підприємств будіндустрії. В основному це попередньо-напружені конструкції, довжина яких 6..9 м, ширина 1,2...3,6 м, товщина 22 мм. Кількість порожнин залежить від штрини плити, діаметр порожнин 159мм.

Для виготовлення багатопорожнинних плит використовують стендові, агрегатні та конвеєрні лінії.

Агрегатно-потокова лінія (рис.1) складається з чотирьох постів. Вона включає комплект обладнання, до складу якого входять формувальна машина, бетоноукладач і самохідний портал. Такий комплекс дає змогу виконувати часткове негайне розпалублення, що сприяє значному зниженню металомісткості технологічного оснащення і пов'язаних з ним експлуатаційних і трудових затрат. Бетоноукладач обладнаний додатковим бункером для проведення водної пластифікації бетону 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 п'яти ямних камерах, які вміщують три плити в плані і чотири по висоті.

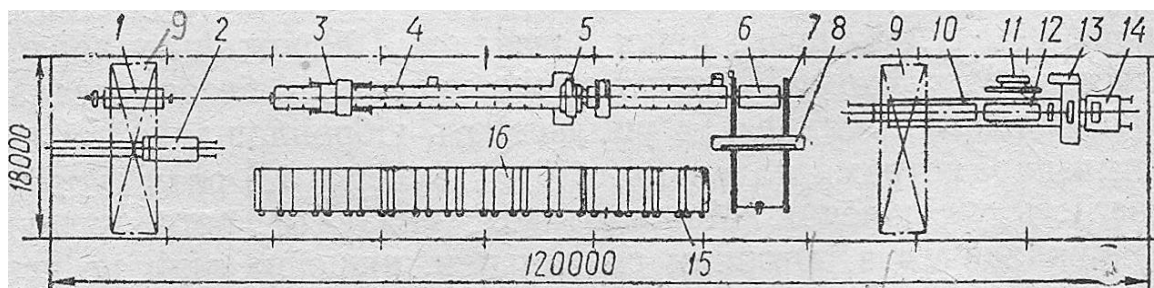


Рис.1. Лінія виготовлення багатопорожнинних плит з операційним рольгангом: 1- кантувач; 2 — самохідний візок; 3 — устаткування для обрізання попередньо-напружених стержнів; 4 — конвеєр підготовки піддонів; 5 — машина для очищення та змазування піддонів; 6 — підймальна секція рольганга; 7 — ланцюговий конвеєр; 8 — автоматизоване устаткування заготовлення і натягування арматури; 9 — мостовий кран; 10 — формувальна машина; 11 — вібропривантаження; 12 — віброплощадка; 13 — естакада з бункером.-накопичувачем; 14 — бетоноукладач; 15 — привод піднімання кришок камер; 16 — ямні камери ТВО

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стендова лінія (рис.2) складається із трьох стендів. На кожному з них виконуються всі стадії виготовлення суцільної плити, яка після проведення тепловологісної обробки розрізається на вироби необхідної довжини. При формуванні плити застосовується агрегат екструзійної дії, розроблений фірмою “Партек” у Фінляндії. У плитах відсутні монтажні петлі, тому при їх складуванні застосовують вакуумний захват.

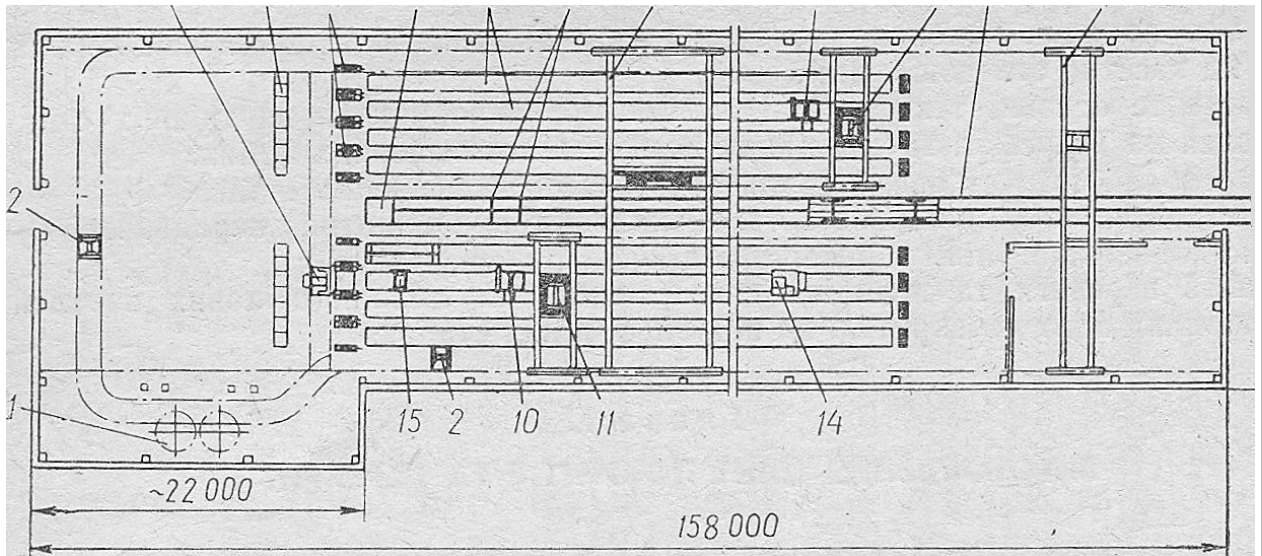


Рис. 2. Стендова лінія безопалубного екструзійного формування: 1 — бетонозмішувачі; 2 — самохідні бункери для бетонної суміші; 3 — домкрат; 4 - контейнери; 5 — упори стенда; 6 — лебідка; 7 — коробчасті стенди; 8 — візок для вивезення; 9, 13 — козлові крани; 10 — формувальні машини екструзійної дії; 11 — бетонороздавачі; 12 — рейкова колія для вивезення виробів; 14 — дискова пила з алмазним покриттям; 15 — брезентоукладач.

Конвейерне виробництво багатопорожнинних плит перекриттів завширшки до 3,6 м здійснюється на 9-постовій лінії (рис.3). На I посту попереднє напруження арматури передають на бетон, обрізаючи вільні кінці стержнів спеціальним пристроєм з дисковою пилою. Знімає плиту зі стенда знімач-перевантажувач з автозахватом і переміщує готовий виріб на конвейер витримування та вивезення на склад. На II посту машина порталного типу очищає і змазує форми восковими мастилами, що позбавляє від наступного шпаклювання стельових поверхонь. Пост III служить для пересування піддона-візка на ремонт чи переоснащення, а також для заміни підготовленим для роботи піддоном. Пост IV обладнано машиною для нагрівання та укладання напружуваних стержнів і маніпулятором для укладання ненапруженої арматури. Пости V і VII зайняті порожниноутворювальним обладнанням, яке вводить у форму з двох сторін крізь торці бортоснащення у шаховому порядку

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(рис.3). Це дає змогу посилити опорні торцеві ділянки плити. У неробочому стані каретки з порожниноутворювачами перебувають над конвейєром, щоб не перешкоджати переміщенню форм по колії конвейєра. Пост VI — формувальний, на ньому підйомні рейки опускають візок з формою і встановлюють його на віброплощадку. До цього рівня опускають і порожниноутворювачі та вводять їх у форму. Бетонну суміш укладають бетоноукладачем з розподільною насадкою, а ущільнюють віброплощадкою з керованими параметрами коливань, що дає змогу у 1,5 рази скоротити тривалість ущільнення. Можна також укласти бетонну суміш бетоноукладачем з роторним розкидачем, якщо на лінії не передбачена віброплощадка.

Після завершення формування відкриту поверхню плити обробляють валково-дисковим пристроєм і витягують порожниноутворювачі, які гідросистемою піднімають у неробоче положення. На VIII і IX постах виправляють окремі дефекти, очищають форму від залишків бетону перед подаванням її до підземної двоярусної щілинної камери теплової обробки.

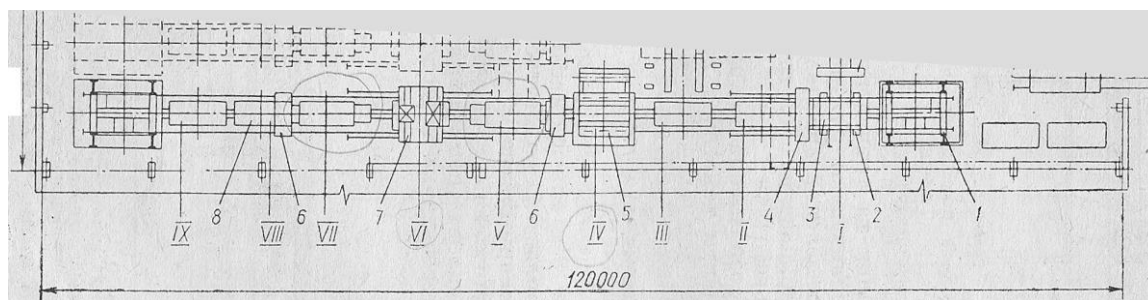


Рис. 3. Конвейєрна лінія виготовлення багатопорожнинних плит: 1 — підйомач-знижувач; 2 — обладнання для відкривання і закривання бортів; 3 — машина для обрізування стержнів; 4 — машина для очищення і змазування форм; 5 — установка СМЖ-484; 6 — каретки з порожниноутворювачами; 7 — бетоноукладач; 8 — піддон-візок; 9 — площадка переоснащення і ремонту форм; 10 — конвейєр витримування і вивезення виробів; 11 — знімач-перевантажувач

### ***Конструктивна технологічна характеристика багатопорожнинної плити перекриття.***

У формувальному цеху згідно із завданням виготовляють з важкого бетону багатопорожнинну плиту ПК8.51.12, яка призначена для перекриття в житлових і цивільних будівлях. Технічна характеристика наведена в табл.1 і 2.

Конструктивна схема багатопорожнинної плити перекриття і основні її параметри приведені на рис. 4, вибірка арматурних виробів

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 1

**Технічна характеристика плити ПК8-51.12**

Марка плити	Клас бетону на стиск	Об'єм бетону, м <sup>3</sup>	Витрати арматурної сталі на плити, кг			Площа, м <sup>2</sup>
			Арматура напружена	Арматура ненапружена	Всього	
ПК8-51.12	B15	0,72	7,64	6,22	13,86	6,05

Таблиця 2

**Геометричні параметри плити ПК8-51.12**

Марка плити	Розміри плити, мм			Вага плити, т
	Довжина, мм	Висота, мм	Товщина, мм	
ПК8-51.12	5080	1190	220	1,8

Попереднє витримування до початку теплової обробки становить  $t_b = 2$  год. Температура ізотермічного прогрівання  $t_i = 80...85^{\circ}\text{C}$ . Для економії бетону і полегшення плити влаштовуються порожнини діаметром  $d = 159$  мм. Армується плита (табл.3 та 4, рис.5) сітками С7, С26 та опорними коритоподібними сітками С-3, плоскими каркасами КР-7. Попереднє напруження забезпечується електротермічним натяганням стержневої арматури Т11 і Т12, яка розміщена в нижньому поясі плити. Температура нагріву стержнів не повинна перевищувати  $t_n \leq 450^{\circ}\text{C}$ . Величина попереднього напруження арматури перед бетонуванням  $\sigma_n = 500$  МПа. Допустиме відхилення попереднього напруження приймається в залежності від довжини плити, при  $L = 5080$  мм – 105 МПа.

Проектна товщина захисного шару забезпечується спеціальними фіксаторами і становить  $\delta_{ш} = 20$  мм. Для стропування, транспортування і встановлення плити в робоче положення передбачено влаштування 4 монтажних петель П-1, місця опирання при транспортуванні і складуванні приймаємо 300 мм від торців плити.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 3

**Специфікація арматурних виробів на одну багатопорожнинну панель**

№ п / п	Марка арматурного виробу	Найменування арматурного виробу	Кількість, шт
1	T11	напружуваний стержень	1
2	T12	напружуваний стержень	3
3	Kp7	плаский каркас	8
4	C3	сітка	2
5	C7	сітка	1
6	C26	сітка	1
7	П	петля	4

Таблиця 4

**Специфікація і вибірка сталі на один арматурний виріб**

Марка арматурного виробу	Позиція	Діаметр, мм	Довжина, мм	Кількість	Маса виробу
T11		12	5080		1,51
T12		10	5080		3,13
Kp7	1	4	1320	1	0,36
	2	3	1320	1	
	3	3	205	14	
C3	4	4	1520	7	1,30
	5	4	320	8	
C7	6	4	1170	3	0,57
	7	4	440	5	
C26	8	3	5040	7	3,26
	9	3	1140	21	
П1	10	10	1130	1	0,70

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

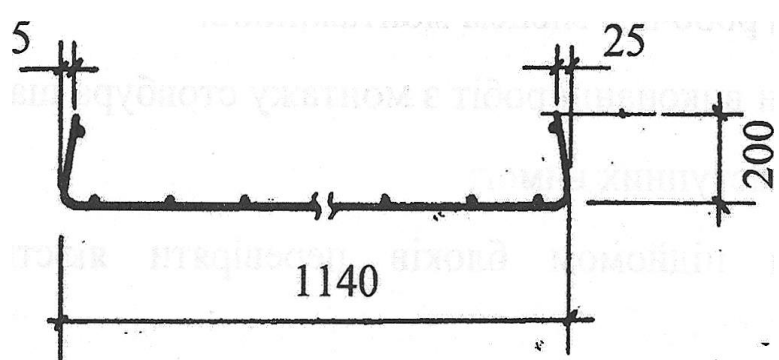
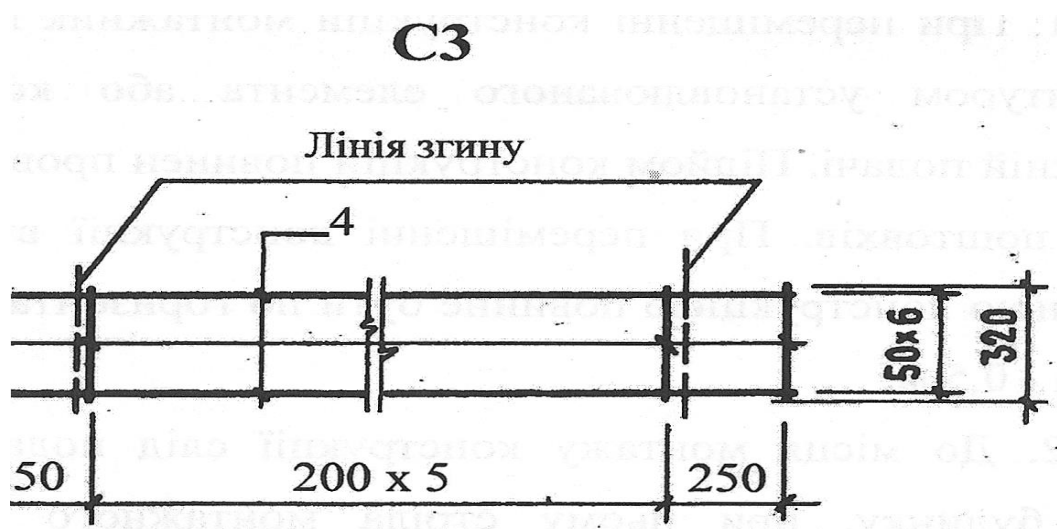
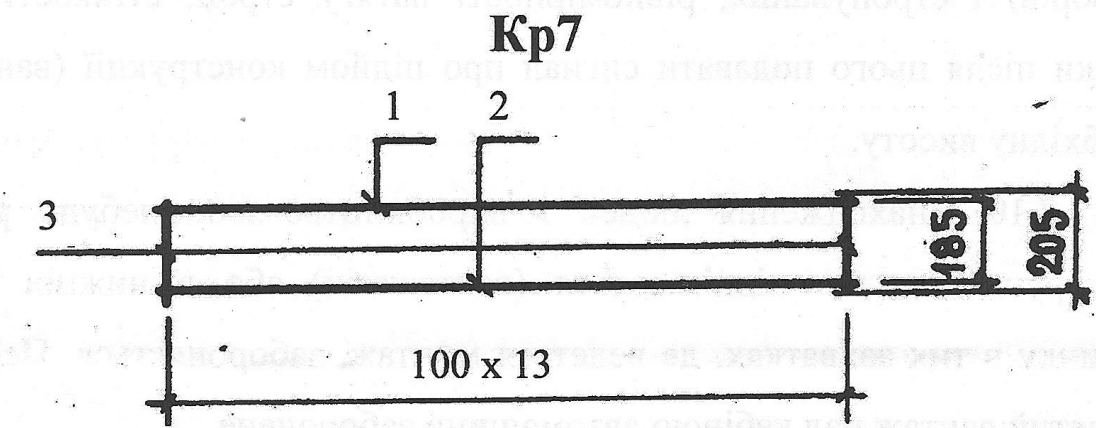
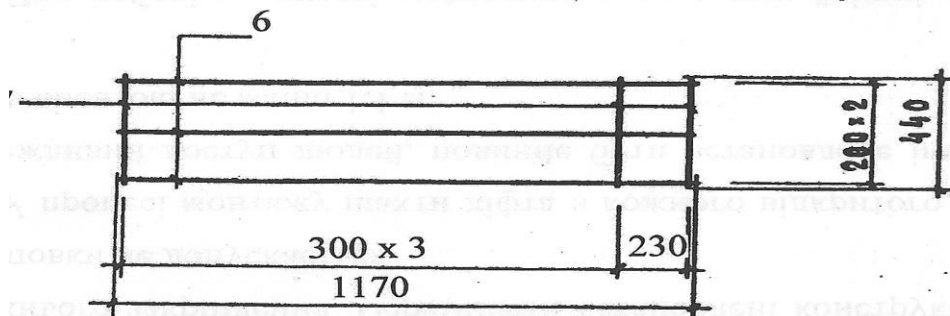


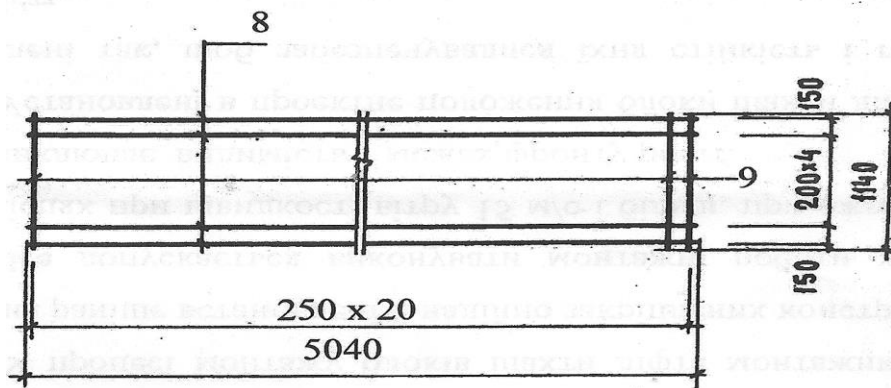
Рис.5. Креслення арматурних виробів панелі перекриття.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк. <input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

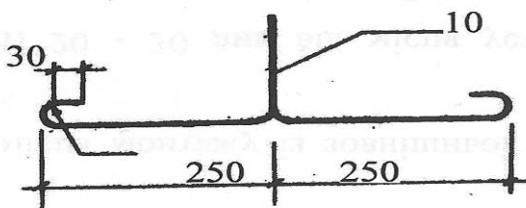
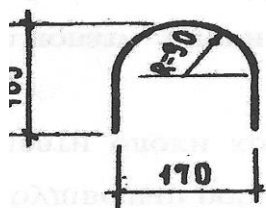
**C7**



**C26**



**П1**



Продовження рис.5. Креслення арматурних виробів панелі перекриття.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»

Арк.

**Розділ 1.**

**Вибір і обґрунтування способів і технічних засобів виконання  
стадійних процесів армування та формування плит**

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> Здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У відповідності з вихідними даними до завдання по вибору і обґрунтуванню способів і технічних засобів виконання стадійних процесів армування та формування плити прийняті до уваги наступні вихідні характеристики:

- креслення конструкції плити ПК8-51.12 (рис.4, рис.5);
- проектний клас бетону – В15;
- легкоукладальність бетонної суміші – Ж1;
- умови експлуатації – перекриття житлових будинків.

Відповідно до проведеного аналізу у вступі виробництва багатопорожнинної плити перекриття доцільним буде обрати виробництво плити за конвеєрним способом. Тоді процес **армування** буде складатись з декількох етапів:

- нагрівання напружувальних стержнів і встановлення їх в упори форми-візка;
- встановлення нижнього поясу арматурних елементів та поперечних арматурних елементів;
- після укладання першого шару бетонної суміші встановлення верхнього поясу арматурних елементів і строповочних петель.

Нагрівання напружуваних стержнів здійснюють електротермічним способом на автоматизованій установці для конвеєрних ліній ДМ-2 (СМЖ 484 табл. 1.1). Всі інші арматурні вироби встановлюються в формооснащення вручну.

*Таблиця 1.1*

Технічна характеристика автомата СМЖ-484

№ п/п	Найменування показника	Величина
1.	Продуктивність стержнів в 1 г	60...80
2.	Клас арматурної сталі	AIV, AV, AVI, AtV, At VI, At VII
3.	Діаметр стержнів, мм	12...18
4.	Довжина стержнів, мм	6040-6540
5.	Тиск повітря, МПа	0,5
6.	Зусилля висадки, кН	39,5
7.	Потужність електродвигуна, кВт	7,7
8.	Потужність трансформатора, вВ А	250
9.	Швидкість подачі піддона, м/с	0,027...0,053
10.	Габарити, м	12,3x8,65x1,865
11.	Вага, кг	7200

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Формування.** Для виготовлення багатопорожнинних панелей перекриття, що є попередньо-напруженими виробами, використовується об'ємне віброформування з використанням віброплощадки, за формою виробу на посту формування повинні бути присутні в процесі порожниноутворювачі. Технологія передбачає негайне часткове розпалублення, тому суміші повинні бути жорсткі (Ж1 за завданням) і потребують додаткового пророблення. Для цього використовується додаткове привантаження (звичайне чи вібро-) або поверхневе оброблення валом.

Все це реалізується на агрегатних і конвеєрних лініях, які розглянуті вище (у вступі). Якщо виріб виготовляється на стендовій лінії використовується метод екструзії.

Отже, обираємо об'ємне формування багатопорожнинної панелі перекриття. Так як це широковживаний вид продукції то виготовлення здійснюється на конвеєрній лінії.

Формування панелі здійснюють наступним чином: підйомні рейки опускають візок з формою і встановлюють його на віброплощадку. До цього рівня опускають на попередньому посту і порожниноутворювачі та вводять їх у форму; особливістю введення порожниноутворювачів є введення їх з двох боків форми у шаховому порядку, що підсилить торцеві ділянки. Бетонну суміш укладають бетоноукладачем з розподільною насадкою у два шари, після укладання першого шару здійснюють вкладання арматурних виробів – каркасів, петель, верхніх сіток. Ущільнюють бетонну суміш - віброплощадкою з вертикально спрямованими коливаннями і вібропорожниноутворювачами.

Для здійснення технологічних процесів використовуються наступні технічні засоби:

- силова форма з упорами для встановлення напруженої арматури (рис.1.1);
- каретка з порожниноутворювачами (табл. 1.2);
- бетоноукладач порталного типу однобункерний з об'ємом бункеру, який дорівнює об'єму формування або кратний йому при цьому об'єм бетонної суміші повинен бути на 20% більший ніж об'єм затверділого бетону в виробі (табл.1.3);
- віброплощадка з вертикально спрямованими коливаннями (табл.1.4);
- рейки підйомні СМЖ-255.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

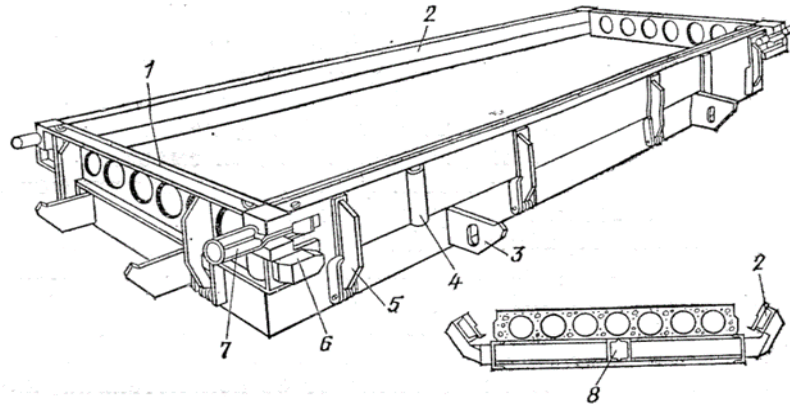


Рис. 1.1. Форма для виробництва багатопорожнинних плит:  
 1 – поперечний (торцевий) борт; 2 – поздовжній борт; 3 – упори; 5 – шарнірне з’єднання; 6 – фіксатори; 7 – гвинтовий замок; 8 – піддон

Таблиця 1.2

Характеристика обладнання для формування панелей з використанням вібропустотоутворювачами СМЖ-227

№ п/п	Технічна характеристика	Величина
1	Розміри виробів, мм:	
	-довжина максимальна	5260
	-ширина	990, 1190, 15960
	-висота	220
2	Статистичний момент дебалансів вібропустотоутворювачів, Н м	Одного 1
3	Швидкість вилучення вібропуансонів, м/с	0,15
4	Потужність, кВт	33
5	Габаритні розміри, мм	45540x2330x994
6	Вага, т	9,45

Примітка: кількість вібропустотоутворювачів регулюється, в даному випадку залишаємо 6 шт.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3

## Характеристика бетоноукладача СМЖ-168

№ п/п	Технічна характеристика	Величина
1	Кількість бункерів	1
2	Об'єм бункера, м <sup>3</sup>	2,1
3	Ширина колії, мм	2330
4	Встановлена потужність, кВт	23
5	Габарити, м: - довжина; - ширина; - висота	2827 3780 2914
6	Максимальна ширина виробів, які формуються	3600
7	Швидкість руху бетоноукладача, м/хв	14

Таблиця 1.4

## Характеристика віброплощадки з вертикально-спрямованими коливаннями

№ п/п	Технічна характеристика	Величина
1	Номінальна вантажопідйомність, т	10
2	Число блоків, шт	8
3	Сумарний статистичний момент, кг м 10 <sup>-2</sup>	37
4	Частота коливань, f Гц	50
5	Амплітуда коливань, мм	0,2...0,5
6	Спосіб кріплення форми	елетромагнітний
7	Встановлена потужність, кВт	60
8	Габарити, мм: - довжина - ширина - висота	 8500 2986 664
9	Загальна маса, кг	6500

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Рейки підйомні СМЖ-255

Рейки підйомні призначені для опускання форми на віброплощадку, підйому форми з відформованим виробом з віброплощадки на рівень транспортування, підйому-опускання форми з виробами на передавальних пристроях конвеєрних ліній формувальних цехів. Підйомні рейки складаються з двох зварних балок з рейками, що спираються на чотири рейкових механізми підйому, які приводяться в дію тязами від двох горизонтально розташованих гідроциліндрів. Механізм підйому складається з горизонтальною і вертикальною рейкою, що знаходяться в зачепленні з блоком шестерень. Переміщаючись, горизонтальна рейка повертає вал, на який насаджений блок шестерень, і пересуває вертикальну рейку. При ході 320 мм для синхронної роботи механізмів підйому ставиться поперечний вал, що з'єднує вали блоку шестерень протилежних механізмів. Хід штока гідроциліндрів змінюють установкою втулок і упорів. Гідроциліндри підйомних рейок підключаються до насосної установки з робочим тиском 50 кгс /см<sup>2</sup>, що входить до складу комплексу обладнання конвеєрної лінії. Верхнє і нижнє положення рейок фіксується ходом поршня гідроциліндра.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Розділ 2.**  
**Обґрунтування вибору заповнювачів для бетону та розрахунок  
складу бетонної суміші**

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як дрібний заповнювач для бетонів рекомендується застосовувати природні або штучні піски з  $M_{кр}$  не менше 2. Вміст глинистих і пилюватих часток у природному піску не більше 2%, у штучному – не більше 5%. Обираємо природний пісок з модулем крупності  $M_{кр} = 2$ .

В якості крупного заповнювача, для бетону класу В15 застосовуємо щебінь. Крупний заповнювач, що використовують для виробництва багатопорожнинних плит перекриття – щебінь з максимальним розміром 20 мм. Крупний заповнювач, що використовують для виробництва багатопорожнинних плит перекриття – щебінь з максимальним розміром 20 мм.

В якості крупного заповнювача, для бетону В15 використовують щебінь з природного каменю або з гравію. Найбільша крупність зерен заповнювача у бетонній суміші повинна бути меншою  $1/3$  найменшої товщини виробу і  $3/4$  відстані стержнями арматури (окрім випадків, що застережені у проекті). Марка щебеню повинна бути не нижче: для вивержених порід – 800, для метаморфічних – 600, для осадових – 300. Міцність заповнювача повинна перевищувати проектну марку бетону в 1,5 рази для бетону класу вище В22,5.

Найвужче місце в конструкції становить  $((220-159)/2) = 30,9$  мм, тоді найбільша крупність зерен заповнювача становить  $30,9/3 = 10,3$  мм. Найменша відстань між арматурними елементами становить 25 мм, з врахуванням вимоги  $3/4$  відстані між стержнями; крупність становить  $25 \times (3/4) = 18,75$  мм. Приймаємо максимальну крупність заповнювача, з врахуванням вимог нормативних документів – 20 мм (фракції 5 -10 і 10-20).

Тоді, в якості сировинних матеріалів приймаємо:

портландцемент марки М300, істинна густина -  $\rho = 3,0$  г/см<sup>3</sup>; насипна густина  $\gamma = 1100$  кг/м<sup>3</sup>;

Гранітний щебінь рядової якості із  $\rho_{щ} = 2600$  кг/м<sup>3</sup>;  $\gamma_{щ} = 1280$  кг/м<sup>3</sup>.

Пісок використовується з  $M_{кр} = 1,5-2,0$ ;  $\rho_{п} = 2,6$  г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_{п} = 1500$  кг/м<sup>3</sup>.

Марка суміші за жорсткістю: Ж1

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

## Характеристика заповнювачів для бетонної суміші

Найменування сировини, матеріалу	Позначення нормативного документа	Технічна характеристика сировини
1	2	3
Пісок	ДСТУ Б В.2.7-32	Модуль крупності $M_{кр}$ 1,5-2,0; щільність зерен 2,60 г/см <sup>3</sup> ; насипна густина 1500 кг/м <sup>3</sup> ; вміст пилюватих, глинистих, мулистих частинок і пилоподібних фракцій не більше 2%, у тому числі глини в грудках – 0,25%; вологість піску 1%; вміст в піску сірчаних, сірчаноокислих з'єднань в перерахунку – не більш 1% за вагою; вміст зерен розміром від 5,0 до 10 мм не більше 10% за масою; вміст зерен, що проходять крізь сито №016 не більше 15% за масою
Щебінь	ДСТУ Б В.2.7- 75	Фракція 5-10 і 10-20 мм. Насипна густина 1,28 кг/м <sup>3</sup> ; щільність зерен щебеню 2600 г/см <sup>3</sup> ; пустотність 40%; вміст в щебені зерен пластинчастої (лещадної і голчатої форми) 8%; марка по дробимості 1200 (втрати маси при випробуванні в сухому і насиченому водою стані – до 11% включно); вміст зерен слабких порід до 5% за масою; вміст в щебені пилюватих і глинистих часток до 1 %; вміст глини в грудках до 0,25%; морозостійкість не менше F200. Щебінь не повинен містити сторонніх забруднюючих домішок; марка по дробимості 600

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Розрахунок складу бетонної суміші.

Розрахунок складу бетонної суміші виконуємо у відповідності з вимогами ДСТУ Б.2.7-215:2009 « Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу».

1. Легкоукладальність бетонної суміші становить Ж1 за завданням.
2. З врахуванням виду заповнювача (щебінь) і його максимального розміру (20 мм) визначаємо орієнтовну витрату води за таблицею 2.2 на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші 180 л.

Таблиця 2.2

#### Витрати води на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші

Марка суміші	Показник легкоукладальності бетонної		Втрата води, л/м <sup>3</sup> при крупності, мм							
	Рухливість О.К., см	жорсткість, с	гравію				щебеню			
			10	20	40	70	10	20	40	70
P4 (S4)	16...20	-	227	218	203	192	237	227	213	202
	10...15	-	215	205	190	180	225	215	200	190
P2 (S2)	5...9	-	205	190	175	170	215	205	190	185
P1 (S1)	2...4	-	190	175	160	155	200	190	175	170
Ж1 (V3)	-	5...10	180	166	150	145	190	180	165	160
Ж2 (V2)	-	10...15	175	160	145	140	185	170	160	155
	-	15...20	160	150	135	130	175	165	150	145
Ж3 (V1)	-	25...35	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж4 (V0)	-	40...50	150	135	125	120	160	150	135	130

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Визначаємо водо-цементне співвідношення.

- визначаємо В/Ц, виходячи з міцності бетону при стиску:  
В залежності від класу бетону і активності в'язучого:

$$R_b \leq 1,2 \cdot R_{ц}; 200 \leq 1,2 \cdot 400 = 480,$$

де  $R_{ц}$ - активність в'язучого;  $R_b$ - проектна міцність бетону;

Тоді

$$\frac{В}{Ц} = \frac{A \cdot R_{ц}}{R_b + A \cdot 0,5 \cdot R_{ц}} = \frac{0,55 \cdot 400}{200 + 0,55 \cdot 0,5 \cdot 400} = 0,7$$

A- коефіцієнт, що залежить від якості вихідних матеріалів, приймаємо  $A = 0,55$ .

4. Витрата цементу на 1 куб бетону :

$$Ц = \frac{В}{В/Ц} = \frac{180}{0,7} = 257 \text{ кг (кг)}$$

5. Витрата крупного заповнювач в кг на  $1 \text{ м}^3$  бетону визначається з умови, що сума абсолютних об'ємів всіх компонентів бетону дорівнює 1000л:

$$Ш = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_{н.ш}} + V_{пуст} \frac{\alpha}{\rho_{н}}} = \frac{1000}{\frac{1}{2,6} + 0,38 \frac{1,14}{1,6}} = 1538,5 \text{ кг}$$

$\rho_{к}^{\Gamma}$  – об'ємна густина щебеню;  $2,6 \text{ кг/м}^3$ ;  $\rho_{н}^{\Gamma}$  – об'ємна насипна густина щебеню;  $1,6 \text{ кг/м}^3$ ,  $V_{пуст}$  – пустотність щебеню;  $38\%$ .  $\alpha$  – коефіцієнт розсунення зерен;  $1,14$ .

6. Визначаємо витрату піску "П" в кг на  $1,0 \text{ м}^3$  бетонної суміші:

$$\begin{aligned} П &= \left[ 1000 - \left( \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{Ш}{\rho_{ш}} + В \right) \right] \rho_{п} \\ &= \left( 1000 - \left( \frac{257}{3,1} + \frac{1538,5}{2,6} + 180 \right) \right) * 2,6 = 1221,04 \text{ кг/м}^3 \end{aligned}$$

де  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{ш}$ ,  $\rho_{п}$  - істина густина зерен відповідно цементу, щебеню і піску.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3

## Склад бетонної суміші

Компонент	Витрата матеріалу на 1 м <sup>3</sup> бетонної суміші
Цемент	257
Пісок	1221,04
Щебінь	1538,5
Вода	180

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Розділ 3.

## Обґрунтування вибору класу арматурної сталі для напружених і ненапружених арматурних елементів багатопорожнинної плити

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За механічними властивостями арматурну сталь поділяють на класи згідно з ДСТУ 3760 (сталь гарячекатана гладка і періодичного профілю, (сталь арматурна термомеханічно зміцнена) (табл. 3.1).

Арматурну сталь класу Ас300 виготовляють профільовану, класів А-II (А300) яка виготовлена у звичайному виконанні та Ас-II (Ас300) повинна мати виступи, що йдуть по гвинтових лініях з однаковим заходом на обох боках профілю. Сталь класу А-III (А400) та класів А-IV (А600), А-V (А800), А-VI (А1000) повинна мати виступи по гвинтових лініях, що мають з одного боку профілю правий, а з другого - лівий заходи.

Арматуру класів А-II (А300), А240С використовують для виготовлення монтажних петель, хомутів; А-II, А-IIс, А300С, А-III, А400С, А500С – для виготовлення арматурних каркасів і сіток; А-IV, А600, А600С, А600К, А-V, А800, А800К, А-VI та А1000, а також термічно зміцнені сталі – для армування попередньо-напружених залізобетонних конструкцій.

Звичайний дрiт класу Вр-I використовують як ненапружену арматуру, в основному, для виготовлення зварних або в'язаних сіток і каркасів .

Високоміцний дрiт класу В-II (гладкий) і Вр-II (періодичного профілю) використовують тільки для армування попередньо-напружених залізобетонних виробів . Зварюванню він не підлягає.

Таблиця 3.1

Види та класи арматурної сталі

№ з/п	Вид арматурної сталі	Клас арматурної сталі	
		3	4
1	Арматурна сталь гладка	ДСТУ 3760 А240С	ГОСТ 5781 А-I (А240)
2	Арматурна сталь періодичного профілю	А300С А400С А500С А600 А600С А600К А800 А800К А1000	А-II (А300) А-IIс(Ас300) А-III (А400) А-IV (А600) А-V (А800) А-VI (А1000)
3	Холодноягнутий дрiт звичайний: періодичного профілю	Вр-I	

4	Холоднотягнутий дрiт високомiцний: гладкий перiодичного профiлю	В-II Вр-II
---	---	------------

Армується плита сiтками С7, С26 дiаметром арматури 3 - 4 мм та опорними коритоподiбними сiтками С-3 - 4 мм, плоскими каркасами КР-7 для виготовлення яких використана арматура дiаметром 3-4 мм. Попереднє напруження забезпечується електротермiчним натяганням стержневої арматури Т11 i Т12 дiаметром 12 i 10 вiдповiдно, яка розмiщена в нижньому поясі плити. Температура нагрiву стержнiв не повинна перевищувати  $t_n \leq 450^{\circ}\text{C}$ . Величина попереднього напруження арматури перед бетонуванням  $\sigma_n = 500$  МПа. Для стропування, транспортування i встановлення плити в робоче положення передбачено влаштування 4 монтажних петель П-1 з дiаметром арматури 10 мм. У вiдповiдності до функцiонального призначення арматурного виробу i дiаметром вказаної за завданням сталі призначаємо клас арматурної сталі. Дані наводимо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Специфікація i вибірка сталі на один арматурний вирiб

Марка арматурного виробу	Позиція	Дiаметр, мм i клас	Довжина, мм	Кiлькiсть	Маса виробу
Т11		12 А600С	5080		1,51
Т12		10А600С	5080		3,13
Кр7	1	4ВрI	1320	1	0,36
	2	3ВрI	1320	1	
	3	3ВрI	205	14	
С3	4	4ВрI	1520	7	1,30
	5	4ВрI	320	8	
С7	6	4ВрI	1170	3	0,57
	7	4ВрI	440	5	
С26	8	3ВрI	5040	7	3,26
	9	3ВрI	1140	21	
П1	10	10А210С	1130	1	0,70

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### **Розділ 4.**

### **Розробка схеми поста формування та складання транспортно-технологічної схеми стадійного процесу**

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З проаналізованих у вступі можливих технологій виготовлення багатопорожнинних панелей перекриття особливу увагу можна приділити конвеєрному способу виробництва, так як панелі мають невеликі розміри по довжині, що дозволяє досить ефективно виготовляти на конвеєрі автоматизованим способом. Так як панель перекриття є попередньо напруженою, на посту формування бетонну суміш вкладають в два проходи з необхідністю доармувати конструкцію у верхньому шарі. Тоді, склад операцій на посту формування буде наступний:

- переміщення формовізка приводом конвеєра на пост формування.
  - опускання форми відймальними рейками і встановлення на віброплощадку.
  - завантаження бетоноукладача бетонною сумішшю.
  - опускання порожниноутворювачів до рівня форми.
  - введення порожниноутворювачів з обох торців форми в шахматному порядку
  - укладання бетоноукладачем першого шару бетонної суміші при працюючій віброплощадці.
  - укладання арматурних виробів (каркаси, петлі, сітки).
  - укладання другого шару бетонної суміші бетоноукладачем
  - - ущільнюють бетонну суміш (віброплощадкою і вібропорожнитоутворювачами.
  - оброблення поверхні виробу затирочним пристроєм
  - вилучення порожниноутворювачів з форми.
  - піднімання порожниноутворювачів гідросистемою в верхнє неробоче положення
  - піднімання рейками (СМЖ 255) форми з віброплощадки і встановлення її на колію конвеєра.
- переміщення формовізку приводом конвеєра на наступний пост.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

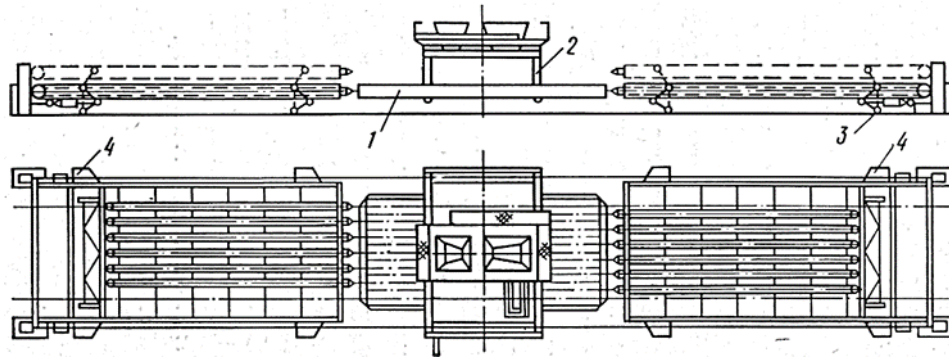


Рис.4.1. Схема поста формування залізобетонної багатопорожнинної плити перекриття з двостороннім введенням порожниноутворювачів: 1 – форма-візок; 2 – бетоноукладач; 3 – важильно-шарнірний механізм піднімання пустотоутворювачів; 4 – траверса з пустотоутворювачами

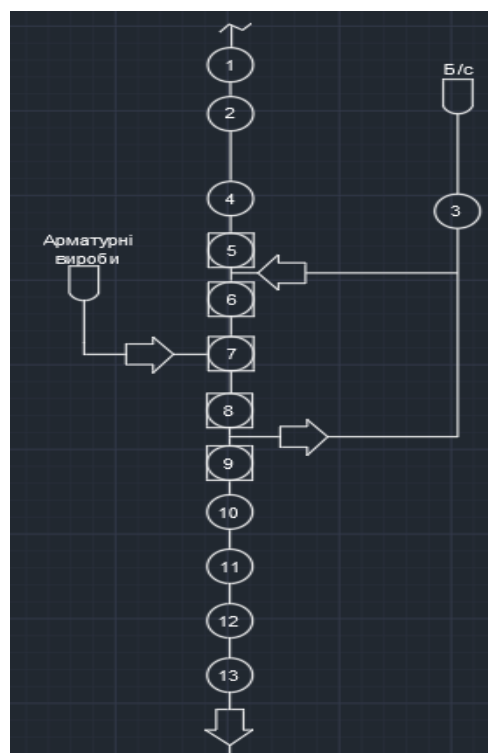


Рис.4.2. Транспортно-технологічна схема формування залізобетонної багатопорожнинної плити перекриття.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1.

## Опис операцій до транспортно-технологічної схеми процесу

Код	Операції і елементи операцій
1.	переміщення формовізка приводом конвеєра на пост формування.
2.	опускання форми підймальними рейками і встановлення на віброплощадку
3.	завантаження бетоноукладача бетонною сумішшю
4.	опускання порожниноутворювачів до рівня форми
5.	введення порожниноутворювачів з обох торців форми в шахматному порядку
6.	укладання бетоноукладачем першого шару бетонної суміші при працюючий віброплощадці
7.	укладання арматурних виробів (каркаси, петлі, сітки)
8.	укладання другого шару бетонної суміші бетоноукладачем
9.	ущільнюють бетонну суміш (віброплощадкою і вібропорожнитоутворювачами
10.	оброблення поверхні виробу затирочним пристроєм
11.	вилучення порожниноутворювачів з форми
12.	піднімання порожниноутворювачів гідросистемою в верхнє неробоче положення
13.	піднімання рейками (СМЖ 255) форми з віброплощадки і встановлення її на колію конвеєра
14.	переміщення формовізку приводом конвеєра на наступний пост формування

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 5

**Визначення тривалості стадійного процесу формування, складу  
робітників та можливої виробничої потужності лінії**

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення тривалості стадійного процесу формування необхідно визначити тривалість кожної операції процесу, для цього необхідно знати трудомісткість кожної операції, яку визначаєм з нормативів витрат виробничого часу і розрахунки заносимо до табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

**Трудомісткість формування багатопорожнинної плити перекриття**

№ п/п	Операції	Вимірник об'єму робіт	Об'єм робіт на один виріб	Норма на одиницю вимір			Витрати праці на один виріб, люд.-хв
				Професія, розряд	Кількість робітників, чол.	Трудоміст., люд.хв.	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Переміщення формовізка приводом конвеєра на пост	1 форма	1 шт.	Формувальник III розряду	1	1,5	1,5
2	Встановлення форми на віброплощадку	1 форма	1шт.	Формувальник IV розряду	1	1,0	1,0
3	Завантаження бетоноукладач бетонною сумішшю	1 м <sup>3</sup>	0,72 м <sup>3</sup>	Формувальник IV розряду	1	1,7	1,22
4	Опускання порожниноутворювачів до рівня форми	1 пристрій	1	Формувальник III розряду	1	1,25	1,25
5	Введення порожниноутворювачів	Довжина виробу до 7 м	5,08м	Формувальник IV розряду	1	1,88	1,36
6	Укладання першого шару бетонної суміші	При об'ємі бетону у виробі до 1 м <sup>3</sup>	0,72 м <sup>3</sup>	Формувальник IV розряду	1	3,0	2,16
7	Уцілювання бетонної суміші	При товщині виробу до 30 см, кількості виробів у формі 1, площі поверхні до 8 м <sup>2</sup>	6,05 м <sup>2</sup>	Формувальник IV розряду	1	7,6	5,75
8	Укладання арматурних виробів верхнього шару	Вага арматури до 10 кг і числі елементів 3шт	1,71 кг	Формувальник IV розряду		1,0	1,0
9	Укладання другого шару бетонної суміші	При об'ємі бетону у виробі до 1 м <sup>3</sup>	0,72 м <sup>3</sup>	Формувальник IV розряду	1	3,0	2,16
10	Уцілювання бетонної суміші	При товщині виробу до 30 см, кількості виробів у формі 1, площі поверхні до 8 м <sup>2</sup>	6,05 м <sup>2</sup>	Формувальник IV розряду	1	7,6	5,75

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8
11	Обробка верхнього шару затирочним пристроєм	На 1 м <sup>2</sup>	6,05 м <sup>2</sup> .	Формувальник IV розряду	1	0,5	3,02
12	Вилучення порожниноутворювачів	Довжина виробу до 7 м	5,08м	Формувальник IV розряду	1	1,88	1,36
13	Підйом порожниноутворювачів в неробоче положення	1 пристрій	1	Формувальник III розряду	1	1,25	1,25
14	Знімання форми з віброплощадки	1 форма	1шт.	Формувальник IV розряду	1	1,0	1,0
15	Переміщення форми на наступний пост	1 переміщення	1	Формувальник III розряду	1	1,5	1,5
Загальна трудомісткість стадійного процесу						Σ = 31,28 люд.-хв	

Для побудови поопераційного графіка за визначеною трудомісткістю (табл.5.1) розраховуємо тривалість операцій, для цього використовуємо формулу:

$$t_{oi} = N_{oi} / P_{oi} ,$$

де  $N_{oi}$  - нормативна трудомісткість виконання операції , люд.хв;

$P_{oi}$  - кількість робітників які зайняті на її виконанні, люд.

Отримані результати використовуємо для побудови поопераційного графіка стадійного процесу формування з метою визначення його тривалості, табл. 5.2.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			





## *Розрахунок можливої виробничої потужності*

Виробничу потужність підприємства визначають по ведучому формувальному переділу виробництва (в роботі це дільниця формування конвеєрної технологічної лінії), аналізуючи пропускну спроможність суміжних цехів по середнім нормативним показникам продуктивності обладнання з урахуванням особливостей технології виробництва.

Виробництво виробів здійснюється на технологічних лініях, загальним для котрих являється : номенклатура виробів, річний фонд часу роботи і показники часової або добової продуктивності обладнання.

Так розрахунок виробничої потужності конвеєрної лінії виготовлення багатопустотних панелей перекриття здійснюється з використанням наступної формули:

$$M_k = \frac{V_p}{R} O_v q_\phi,$$

де,  $V_p$  – розрахунковий фонд часу обладнання, год.;  $O_v$  – об’єм або розмір виробу в прийнятому вимірювачі (м, м<sup>2</sup> або м<sup>3</sup>);  $q_\phi$  – число виробів, що одночасно формуються;  $R$  – такт технологічного процесу.

Річний фонд часу розраховується за нормативними даними з врахуванням розрахункової кількості робочих днів за рік – 260 днів, зупинок на планово-попереджувальні ремонти за цей час, для конвеєрної лінії – 13. Кількість робочих змін – 2, робочих годин за зміну – 8.

Тоді річний фонд робочого часу:

$$V_p = (260 - 13) \cdot 2 \cdot 8 = 3952 \text{ год/рік.}$$

Об’єм виробу в прийнятому вимірювачі становить 0,72 м<sup>3</sup> за завданням. Виріб формується у формі по 1 шт.

Враховуючи обмеженість в інформації яка не розглядалася в роботі, приймаємо значення такту технологічного процесу визначеній тривалості стадійного процесу формування 31,28 хв (0,35 год).

Тоді потужність лінії буде складати:

$$M_k = (3952/0,35) \cdot 0,72 \cdot 1 = 8129,83 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахункові технологічні показники

Тривалість стадійного процесу формування, хв	Трудомісткість виготовлення плити, люд.-хв	Кількість робітників задіяних на виконанні стадійного процесу формування, люд.	Можлива виробнича потужність, тис. м <sup>3</sup> /рік
24,24	31,28	2	8129,83

Отже, після проведених розрахунків, базуючись тільки на організації одного стадійного процесу – формування, можна зробити висновок, що при конвеєрному способі виробництва багатопустотної панелі з трудомісткістю виготовлення панелі 31,28 люд.-хв, тривалістю стадійного процесу формування 24,24 хв - бригада виконавців складається з двох робітників. Можлива виробнича потужність при виготовленні панелі становить 8129,83 тис. м<sup>3</sup>/рік.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	

## Список використаних джерел

1. Гоц В.І., Павлюк В.В., Шилюк П.С. Бетони і будівельні розчини: підручн. / Вид. 2-е, доп. І переробл.- К.: Основа, 2016. – 568 с.
2. Виробництво залізобетонних конструкцій і виробів: довідник / під загальною редакцією зав. кафедри, д-р. техн. наук, проф. Гоца В.І.. – К.: Основа, 2019.-464 с.
3. Петрикова Є.М. Арматура для залізобетонних конструкцій: Навчальний посібник.- К.: Основа, 2010. – 256 с.
4. Рунова Р.Ф. та ін. В'язучі речовини: Підручник.- К.: Основа, 2012. -448 с.
5. Русанова Н.Г. та ін. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: Підручник: У 2 ч. / Н.Г. Русанова, П.П. Пальчик, Л.М. Рижанкова.- К.: Вища школа, 1994. – Ч. 2, Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій.— 334 с.
6. Дворкін Л.Й., Безусяк О.В., Дворкін О.Л., Гарніцький Ю.В. Технологія проектування підприємств збірного залізобетону: Навчальний посібник / За ред. проф., д.т.н. Л.Й. Дворкіна, – Рівне: РДТУ, 2001. – 153 с.
7. ДБН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів. – К.: Держ. комітет України у справах містобудівництва та архітектури. – 1997.
8. ДБН А.3.8-96. Проектування підприємств по виробництву збірних бетонних виробів. – К.: Держ. комітет України у справах містобудівництва та архітектури. – 1998.
9. Посібник до ДБН А.3.1-7-96. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів. – К.: НДІБВ. – 1998.
10. ДСТУ Б В.2-6-53:2008 Конструкції будинків і споруд. Плити перекритті залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови.
11. Антоненко Г.Я, Майстренко А.А., Амеліна Н.О., Рижанкова Л.М., Тимошенко С.А. Організація виробництва і управління підприємством будівельних конструкцій, виробів і матеріалів: підручник.- К.: Основа, 2015.- 376 с.
12. Методичні рекомендації до виконання завдання "Визначення тривалості стадійного процесу". Київ. КНУБіА, 2000.
13. Нормативи часу на виготовлення на виготовлення залізобетонних виробів.
14. Методичні вказівки до виконання завдання / Уклад.: А.А. Майстренко, Є.М. Петрикова, Л.М. Рижанкова. - К.: КНУБА, 2015. – 32 с.
15. Розрахунок трудомісткості виготовлення виробів. Методичні вказівки до виконання практичного заняття для студентів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія» / Уклад.: А.А. Майстренко, Н.О. Амеліна, О.Ю. Бердник, Є.М. Петрикова, Рижанкова Л.М. Київ: КНУБА, 2023. – 24 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	здобувача ступеня вищої освіти «бакалавр»	