

Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра галузевого машинобудування та механотроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему

Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів з розробленням вібраційної установки

Виконав: студент IV курсу, групи 401MM
напряму підготовки (спеціальності)

133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Канівець Я.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Нестеренко М.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Молчанов П.О.

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

Проектування лінії для виготовлення захисних
залізобетонних виробів з розробленням
вібраційної установки

Кваліфікаційна робота бакалавра


Лист затвердження

ГММ.401ММ.007-00.00.000 КРБ - ЛУ

Розробив здобувач групи 401-ММ

 Ярослав КАНІВЕЦЬ
« 15 » 06 2026 р.

Консультант із технологічної частини
к.т.н., доц.

 Іван РОГОЗІН
« 17 » 06 2026 р.

Технологічний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

Нормативний контроль

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми

к.т.н., доц.

 Олексій ВАСИЛЬЄВ
« 17 » 06 2026 р.

Керівник

к.т.н., доц.

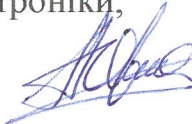
 Микола НЕСТЕРЕНКО
« 17 » 06 2026 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

галузевого машинобудування та мехатроніки,

к.т.н., доц.

 Олександр ОРИСЕНКО

№ рядок.	Форм.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
1					
2			<i>Документація загальна</i>		
3			<i>Вперше розроблена</i>		
4					
5	A4	ГММ.401ММ.007-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1	
6	A4	ГММ.401ММ.007-00.00.000А	Анотація	2	
7	A1	ГММ.401ММ.007-00.00.000ВЗ	Вібраційна площадка для	2	
8			формування захисних		
9			залізобетонних елементів		
10			Вигляд загальний		
11	A1	ГММ.401ММ.007-00.00.000МК	Лінія для виготовлення з	1	
12			ахисних залізобетонних		
13			елементів		
14			Монтажне кресленн		
15	A4	ГММ.401ММ.007-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка		
16					
17			<i>Документація по</i>		
18			<i>складальних одиницях</i>		
19			<i>Вперше розроблена</i>		
20					
21	A1	ГММ.401ММ.007-01.00.000СК	Рама нижня		
22			Складальне креслення	1	
23	A4	ГММ.401ММ.007-01.00.000	Рама нижня	1	
24	A1	ГММ.401ММ.007-02.00.000СК	Рама верхня		
25			Складальне креслення	1	
26	A4	ГММ.401ММ.007-02.00.000	Рама верхня	1	
27					
28					
29					
30					

1

ГММ.401ММ.007-00.00.000ВБ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Канівець		15.06
Перев.		Нестеренко		17.06
Н.контр.		Васильєв		18.06
Затв.		Орисенко		18.06

Лім.	Лист	Листів
Н	1	1

Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів з розробленням вібраційної установки
Відомість бакалаврської роботи

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
2026

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.	№екз.	Прим.
28						
29			<i>Документація технологічна</i>			
30			<i>Вперше розроблена</i>			
31						
32	<i>A1</i>	<i>ГММ.401ММ.007-00.00.000ТП</i>	<i>Технологічний процес</i>			
33			<i>Виготовлення рами</i>	<i>1</i>		
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
						Лист
						2

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних
технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія галузевого машинобудування та мехатроніки

Рівень вищої освіти Бакалавр

Напрямок підготовки _____

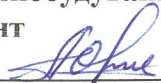
(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки, к.т.н.,
доцент


Олександр ОРИСЕНКО
« 03 » 03 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ
Канівця Ярослава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів з розробленням вібраційної установки» керівник роботи (проекту) Нестеренко М.М., к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «03» 03 2026 року № 213-РА.

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи: «19» червня 2026 року.

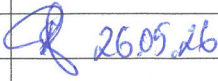
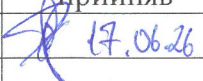
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: – Тип виробу: захисна залізобетонна піраміда ПЗ-1 «Зуби дракона»; висота — 900 мм, довжина сторони основи — 1040 мм. – Змінна продуктивність лінії: 80 виробів за зміну; металоформа — на 4 вироби; кількість циклів — 20 за зміну. – Вузол приготування бетонної суміші: мобільний комплекс 4BUILD COMPACT-20 продуктивністю до 20 м³/год; подача суміші — конвеєром. – Тип установки: віброплощадка вантажопідйомністю 2000 кг; частота коливань — 30 Гц; потужність приводу — близько 4 кВт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Зміст. Вступ. 1. Огляд обладнання для виробництва залізобетонних виробів спеціального призначення. 2. Розрахунок обладнання 3. Технологічна частина 4. Безпека життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Вигляд загальний (1 лист А1). 2. Складальне креслення рами (2 лист А1). 3. Технологічний процес виготовлення рами(1 лист А1). 4. Лінія для виготовлення захисних залізобетонних елементів Монтажне креслення (1 лист А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
		 26.05.26	 17.06.26

7. Дата видачі завдання «___» _____ 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1	Огляд конструкцій	05.05.2026 р.	
2	Конструкторські проробки	12.05.2026 р.	
3	Розрахунки обладнання	19.05.2026 р.	
4	Виконання креслень складальних одиниць та деталей, специфікацій	26.05.2026 р.	
5	Техніка безпеки	02.06.2026 р.	
6	Компонування пояснювальної записки	09.06.2026 р.	
7	Здача готового проекту	14.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____


(підпис)

Ярослав КАНІВЕЦЬ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____


(підпис)

Микола НЕСТЕРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми _____


(підпис)

Олексій ВАСИЛЬСВ
(прізвище та ініціали)

Анотація






Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів з розробленням вібраційної установки».

Бакалаврська робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» – Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026.

Кваліфікаційна робота включає розрахунково-пояснювальну записку на 70 аркушах формату А4 та 5 аркушів графічної частини формату А1.

Розглянуто питання проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів спеціального призначення з розробленням вібраційної установки. Об'єктом проектування є технологічний процес виготовлення загороджувальних пірамід типу ПЗ-1 «Зуби дракона», які застосовуються для обмеження руху транспорту, створення захисних рубежів та інженерного облаштування територій. Проаналізовано конструктивні особливості виробів, технологічне обладнання для їх виготовлення та види вібраційних машин для ущільнення бетонної суміші. Запропоновано технологічну схему мобільного комплексу, що включає вузол приготування бетонної суміші, конвеєр подачі, металоформу, вібраційну площадку, транспортне обладнання, пропарювальну камеру та склад готової продукції. Виконано розрахунок основних параметрів вібраційної установки, розроблено технологічний процес виготовлення її рами та розглянуто питання безпечної експлуатації обладнання.

Ключові слова: захисний залізобетонний виріб, загороджувальна піраміда, зуби дракона, бетонна суміш, металоформа, вібраційна установка, вібраційне ущільнення, технологічна лінія, мобільний комплекс.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	<i>Анотація</i>		
Розроб.	Канівець			15.04			
Перев.	Нестеренко			17.06			
Керівн.							
Н. контр.	Васильєв			17.06			
Затв.	Орисенко			18.06			
					Літ.	Лист	Листів
					Н		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

Annotation

Thesis on the topic: «Design of a Line for Manufacturing Protective Reinforced Concrete Products with the Development of a Vibratory Unit».

Bachelor's thesis submitted for the Bachelor's degree in specialty 133 "Industrial Mechanical Engineering" – National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, 2026.

The qualification thesis includes an explanatory calculation report of 70 A4 pages and 5 sheets of graphic material in A1 format.

The thesis considers the design of a line for manufacturing special-purpose protective reinforced concrete products with the development of a vibratory unit. The object of design is the technological process of manufacturing PZ-1 "Dragon's Teeth" obstacle pyramids, which are used to restrict vehicle movement, create protective barriers, and provide engineering arrangement of territories. The structural features of the products, the technological equipment for their manufacture, and the types of vibratory machines used for compacting concrete mix are analyzed. A technological scheme of a mobile complex is proposed, including a concrete mix preparation unit, a feed conveyor, a metal mould, a vibratory platform, transport equipment, a steam-curing chamber, and a finished product storage area. The main parameters of the vibratory unit are calculated, the technological process for manufacturing its frame is developed, and issues of safe equipment operation are considered.

Keywords: protective reinforced concrete product, obstacle pyramid, dragon's teeth, concrete mix, metal mould, vibratory unit, vibratory compaction, technological line, mobile complex.

										Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ					





МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»
КАФЕДРА ГАЛУЗЕВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕХАТРОНІКИ

Проектування лінії для виготовлення захисних
залізобетонних виробів з розробленням
вібраційної установки

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра
ГММ.401-ММ.007-00.00.000 ПЗ

Зміст

Вступ	2
1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	5
1.1 Призначення та конструктивні особливості залізобетонних виробів спеціального призначення	5
1.2 Технологічне обладнання для виготовлення залізобетонних виробів спеціального призначення	11
1.3 Огляд вібраційних машин для ущільнення бетону	18
2. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ	25
2.1 Загальна технологічна схема мобільного комплексу для виготовлення захисних залізобетонних елементів	25
2.2 Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів ..	30
2.3 Розрахунок вібраційної установки	35
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	44
3.1 Призначення рами, умови роботи та вибір типу заготовки	44
3.2 Технологічний процес виготовлення рами	45
3.3 Розрахунок норм часу при механічній обробці	49
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	55
Висновки	59
Список літератури	61

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Зміст	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Канівець		15.06			Н	1	
Перев.	Нестеренко		17.06					
Н. контр.	Васильєв		12.06			Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Затв.	Орисенко		18.06					

Вступ

У сучасних умовах зростає потреба у швидкому, технологічному та економічно обґрунтованому виготовленні залізобетонних виробів спеціального призначення. До таких виробів належать захисні загороджувальні елементи, які застосовуються для обмеження доступу, організації інженерного захисту територій, створення тимчасових або постійних перешкод, а також для підвищення рівня безпеки об'єктів цивільного, промислового та інфраструктурного призначення. Одним із поширених типів таких виробів є загороджувальні піраміди, відомі як «зуби дракона».

Залізобетонні загороджувальні піраміди мають просту, але ефективну просторову форму, що забезпечує їхню стійкість, значну масу та складність переміщення без використання спеціальної техніки. Такі вироби можуть використовуватися для формування захисних рубежів, обмеження проїзду транспортних засобів, огороження територій, а також як елементи інженерного облаштування об'єктів. Конструктивно вони виконуються у вигляді масивних бетонних або залізобетонних тіл пірамідальної форми. Відомі варіанти таких виробів мають висоту близько 1306 мм, довжину ребра до 1600 мм і масу близько 1200 кг. Разом з тим у виробничій практиці можуть застосовуватися й інші типорозміри, зокрема вироби тристороннього пірамідального вигляду з висотою 900 мм та довжиною кожної сторони 1040 мм.

Якість таких виробів значною мірою залежить від правильності проектування технологічної лінії, конструкції металоформи, складу бетонної суміші, режиму укладання та ефективності її ущільнення. Особливу роль у процесі виготовлення відіграє вібраційне ущільнення, оскільки саме воно забезпечує зменшення пористості бетонної суміші, підвищення щільності

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Вступ	Літ.	Лист	Листів
Розроб.	Канівець		16.06			Н		2
Перев.	Нестеренко		17.06					
Керівник								
Н. контр.	Васильєв		17.06					
Затв.	Орисенко		18.06					
						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

структури, покращення заповнення форми та формування необхідних фізико-механічних характеристик готового виробу. Недостатнє ущільнення може призводити до утворення раковин, пустот, зниження міцності та погіршення зовнішньої якості поверхні виробу.

Актуальність теми дипломного проєкту зумовлена необхідністю розроблення ефективної лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів із використанням спеціальної металоформи та вібраційної установки, яка забезпечуватиме якісне ущільнення бетонної суміші під час формування загороджувальних пірамід типу ПЗ-1 «Зуби дракона». Рациональне компонування технологічної лінії дає змогу підвищити продуктивність виробництва, зменшити трудомісткість операцій, забезпечити стабільність геометричних розмірів виробів і покращити їхню експлуатаційну надійність.

Метою дипломного проєкту є проєктування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів з розробленням вібраційної установки для ущільнення бетонної суміші у металоформі під час виробництва загороджувальних пірамід.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: проаналізувати призначення та конструктивні особливості загороджувальних залізобетонних виробів; обґрунтувати технологічну схему їх виготовлення; розглянути конструкцію металоформи для формування піраміди загороджувальної ПЗ-1; визначити основні операції виробничої лінії; розробити конструктивну схему вібраційної установки; виконати необхідні інженерні розрахунки основних параметрів обладнання; оцінити ефективність запропонованого технічного рішення.

Об'єктом проєктування є технологічний процес виготовлення захисних залізобетонних виробів пірамідальної форми.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Предметом проектування є лінія для виготовлення загороджувальних пірамід та вібраційна установка для ущільнення бетонної суміші у металоформі.

Практичне значення дипломного проекту полягає у розробленні технічного рішення, яке може бути використане під час організації виробництва залізобетонних загороджувальних виробів. Запропонована лінія повинна забезпечити послідовне виконання основних технологічних операцій: підготовку металоформи, укладання бетонної суміші, її вібраційне ущільнення, витримання, розпалублення та транспортування готового виробу. Розроблення вібраційної установки дасть змогу підвищити якість формування виробів, забезпечити рівномірне ущільнення бетонної суміші та дотримання необхідних геометричних параметрів готової продукції.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		4

1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

1.1 Призначення та конструктивні особливості залізобетонних виробів спеціального призначення

Залізобетонні вироби спеціального призначення застосовують у тих випадках, коли звичайні будівельні елементи не можуть повністю забезпечити потрібні експлуатаційні властивості. До таких виробів можна віднести захисні блоки, дорожні бар'єри, плити, масивні опорні елементи, противаги, елементи інженерного захисту, а також загороджувальні піраміди. Основними вимогами до таких виробів є висока міцність, значна маса, стійкість до перекидання, довговічність, простота виготовлення та можливість транспортування до місця встановлення.

У дипломному проєкті розглядається виробництво загороджувальних залізобетонних пірамід типу ПЗ-1, які часто називають «зуби дракона». Такі вироби мають пірамідальну форму і використовуються як елементи загородження. Їх можна застосовувати для обмеження руху транспорту, створення захисних смуг, перекриття проїздів, а також для інженерного облаштування територій. Завдяки простій геометричній формі такі піраміди відносно нескладні у виготовленні, але через значну масу вони мають достатню стійкість і складно переміщуються без спеціальної техніки.

На рис. 1.1 показано приклад використання загороджувальних пірамід для перекриття проїзної частини. Як видно з рисунка, такі вироби можуть встановлюватися рядами з певним кроком. Це дозволяє створювати протяжні загороджувальні лінії та ускладнювати рух транспортних засобів.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	Лім.	Лист	Листів
Розроб.	Канівець			17.06		Н		
Перев.	Нестеренко			17.06			5	
Керівник						Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.	Васильєв			17.06				
Затв.	Отисенко			18.06				



Рисунок 1.1 – Приклад використання загороджувальних пірамід для обмеження руху транспорту

За конструктивною формою загороджувальна піраміда ПЗ-1 є масивним бетонним або залізобетонним виробом тристоронньої пірамідальної форми. Виріб має широку опорну частину і звужується до верхньої частини. Така форма є раціональною, оскільки забезпечує стійкість виробу на основі та зменшує можливість його простого переміщення або перекидання. У верхній частині піраміди можуть передбачатися монтажні петлі або інші елементи для захоплення вантажопідіймальним обладнанням.

На рис. 1.2 наведено приклад встановлення загороджувальних пірамід в умовах міської інфраструктури. Такі вироби можуть застосовуватися не тільки для захисту об'єктів, а й як тимчасові елементи перекриття руху, коли потрібно швидко організувати фізичну перешкоду.

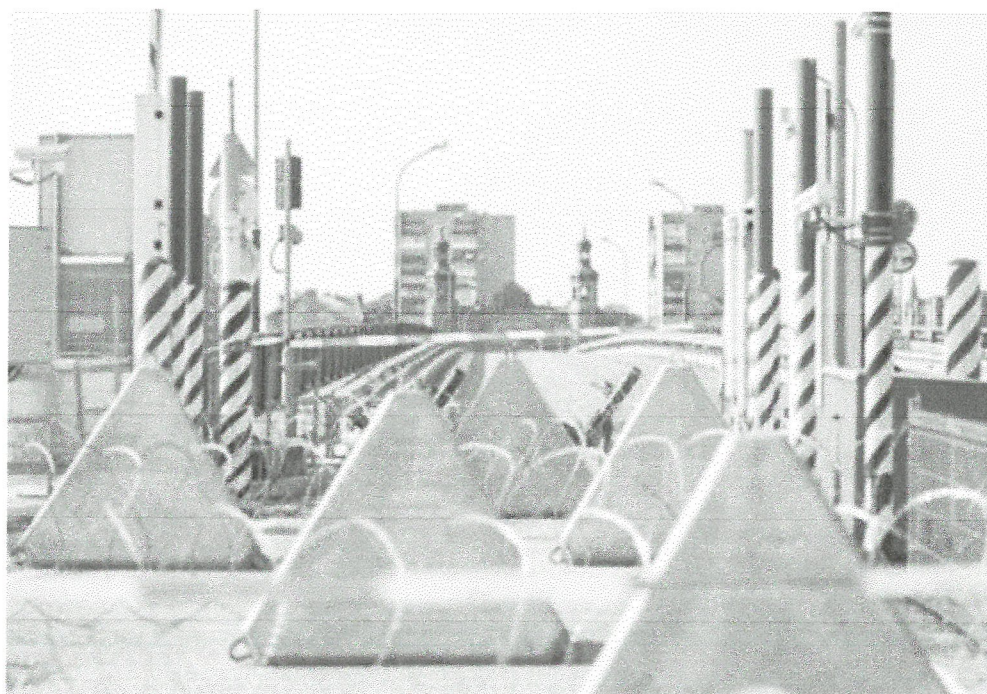


Рисунок 1.2 – Розміщення залізобетонних загороджувальних пірамід у міських умовах

Геометричні параметри загороджувальної піраміди мають важливе значення, оскільки вони впливають на її масу, стійкість, об'єм бетонної суміші та технологію виготовлення. Для виробу ПЗ-1 можуть застосовуватися різні типорозміри. У межах даного дипломного проєкту розглядається піраміда тристороннього типу з висотою 900 мм та довжиною кожної сторони основи 1040 мм. Такі розміри дозволяють отримати достатньо масивний загороджувальний елемент, який при цьому можна виготовляти у металевій формі серійним способом.

На рис. 1.3 наведено аксонометричне креслення загороджувальної піраміди ПЗ-1 із основними розмірами. Це креслення є важливим для подальшого проєктування металоформи, оскільки саме за геометрією готового виробу визначаються розміри внутрішньої порожнини форми, положення ребер жорсткості, елементів розкриття та монтажних пристроїв.

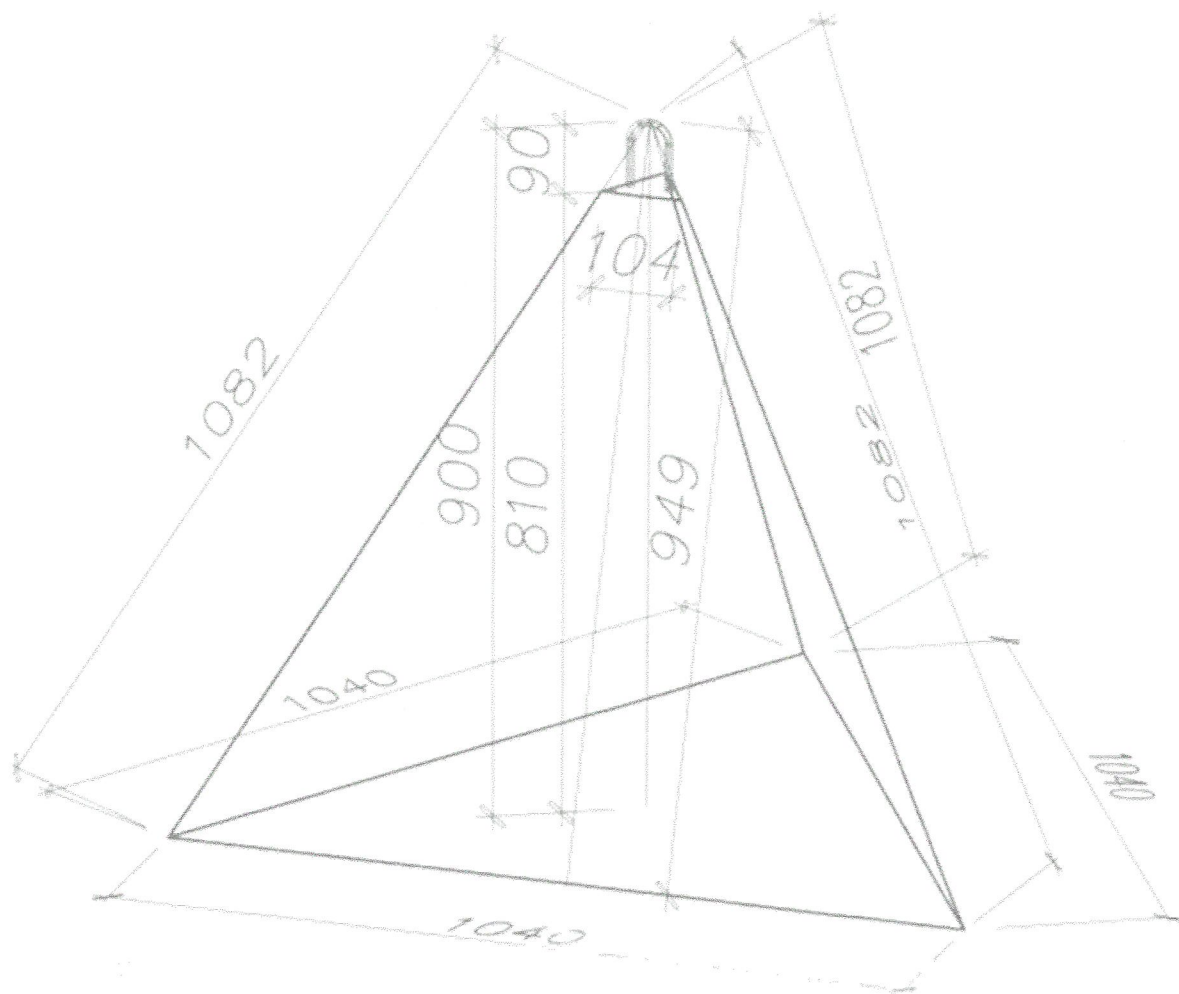


Рисунок 1.3 – Уточнене аксонометричне креслення загороджувальної піраміди ПЗ-1

Залізобетонні вироби спеціального призначення повинні виготовлятися з урахуванням вимог до якості бетону, геометричної точності та міцності. Загальні правила для збірних бетонних і залізобетонних виробів регламентуються стандартом ДСТУ EN 13369:2022 [1]. Вимоги до бетону, його складу, виробництва та відповідності наведені у ДСТУ EN 206:2022 [2]. Ці нормативні документи є основою для вибору матеріалів, контролю якості та організації технологічного процесу виготовлення виробів.

Особливістю загороджувальних пірамід є те, що вони належать до масивних виробів. Для них важлива не тільки марка або клас бетону, а й рівномірність ущільнення по всьому об'єму. Якщо бетонна суміш буде

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ

Лист

8

недостатньо ущільнена, у виробі можуть виникнути пустоти, раковини, зони зниженої щільності та дефекти поверхні. Це знижує міцність і довговічність виробу. Тому при виготовленні таких пірамід важливе значення має правильний вибір способу ущільнення бетонної суміші.

У виробництві збірного залізобетону якість готового виробу перевіряють за міцністю бетону, зовнішнім виглядом, геометричними розмірами та відсутністю значних дефектів. Виготовлення зразків бетону та умови їх тверднення виконують відповідно до ДСТУ EN 12390-2:2024 [3], а визначення міцності на стиск – відповідно до ДСТУ EN 12390-3:2024 [4]. Це дає змогу оцінити, чи відповідає бетонна суміш і готовий виріб заданим вимогам.

На рис. 1.4 показано приклад серійного виготовлення залізобетонних загороджувальних пірамід у металоформах. З рисунка видно, що для організації виробництва доцільно використовувати декілька однакових форм. Це дозволяє одночасно формувати кілька виробів і підвищувати продуктивність лінії.

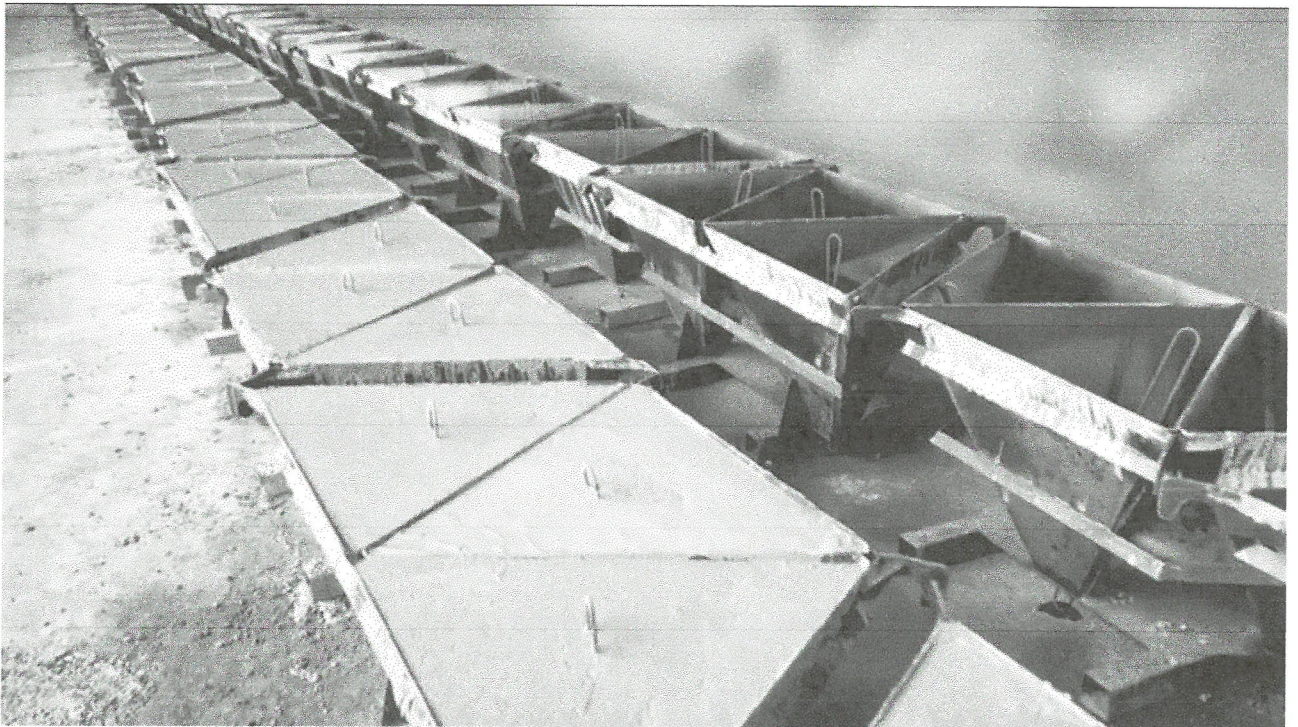


Рисунок 1.4 – Серійне виготовлення загороджувальних пірамід у металоформах

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		9

Перевагою загороджувальних пірамід як виробів спеціального призначення є проста конструкція, відсутність складної арматури у більшості варіантів, можливість виготовлення з важкого бетону та зручність встановлення на місцевості. Однак при цьому виникають певні технологічні складності. По-перше, виріб має значну масу, тому для його переміщення потрібне вантажопідіймальне обладнання. По-друге, пірамідальна форма потребує точної та жорсткої металоформи. По-третє, через нахилені стінки форми бетонну суміш потрібно ущільнювати так, щоб вона рівномірно заповнювала весь внутрішній об'єм.

На рис. 1.5 наведено приклад розміщення загороджувальних пірамід на відкритій місцевості. Таке розташування показує, що готові вироби повинні бути достатньо міцними, стійкими до атмосферних впливів та придатними до транспортування і монтажу в польових умовах.

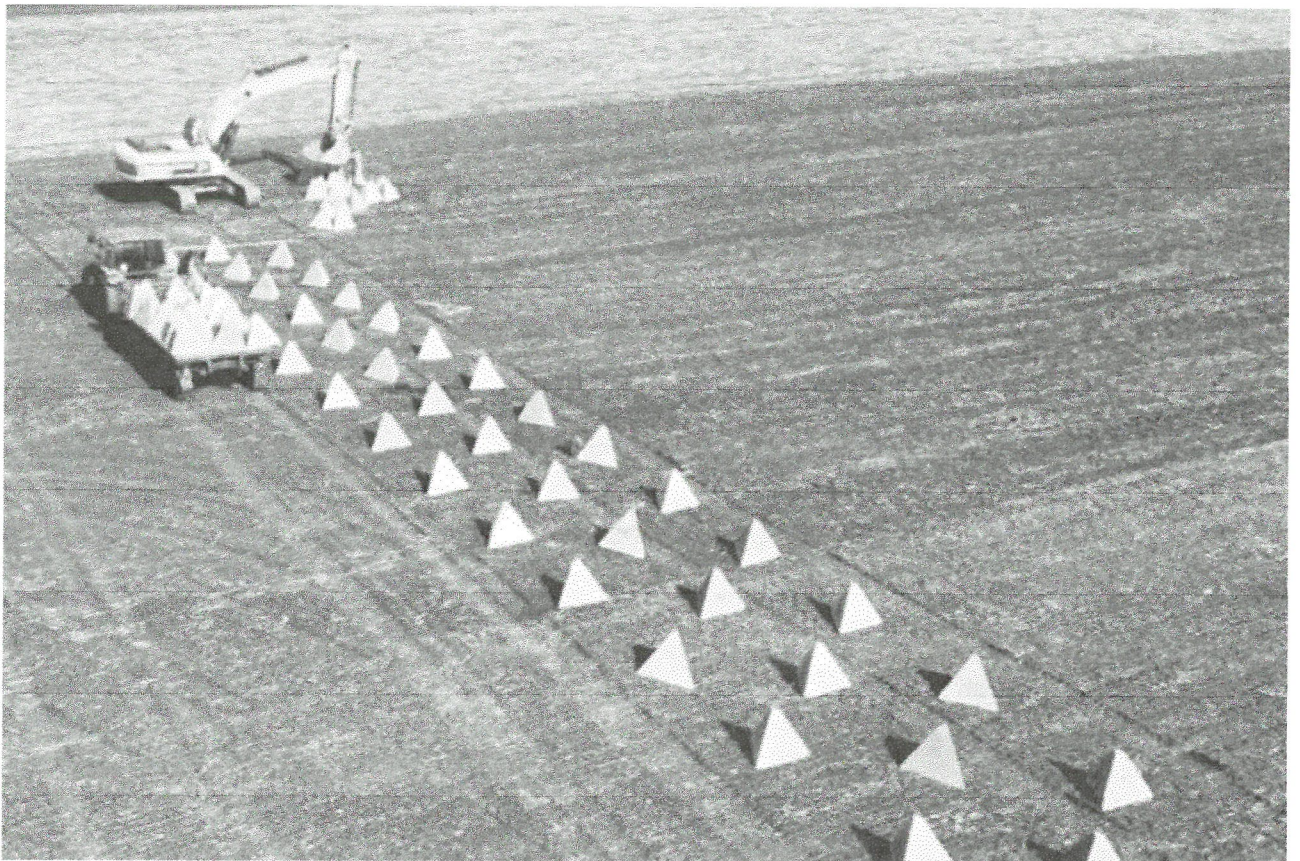


Рисунок 1.5 – Розміщення загороджувальних залізобетонних пірамід на відкритій місцевості

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		10

Таким чином, загороджувальна піраміда ПЗ-1 є типовим прикладом залізобетонного виробу спеціального призначення. Вона має просту, але масивну конструкцію, потребує точної металоформи та якісного ущільнення бетонної суміші. Тому при проектуванні лінії для її виготовлення основну увагу потрібно приділити вибору технологічного обладнання, конструкції форми, способу подачі бетонної суміші та параметрам вібраційної установки.

1.2 Технологічне обладнання для виготовлення залізобетонних виробів спеціального призначення

Виробництво залізобетонних виробів спеціального призначення виконується за певною технологічною схемою. Вона включає підготовку матеріалів, дозування компонентів бетонної суміші, перемішування, транспортування суміші до місця формування, підготовку форми, укладання бетонної суміші, її ущільнення, тверднення, розпалублення та транспортування готового виробу. Для кожної з цих операцій застосовується відповідне обладнання.

До основного обладнання лінії для виготовлення загороджувальних пірамід можна віднести: бетонозмішувальну установку, бункери для заповнювачів, цементний силос, дозатори, бетонозмішувач, транспортні пристрої, металоформи, вібраційну установку, вантажопідіймальне обладнання та майданчик для витримування готових виробів. Склад обладнання залежить від продуктивності виробництва, кількості форм, способу подачі суміші та умов підприємства.

Першим етапом є приготування бетонної суміші. Для цього використовують бетонозмішувальні установки, які забезпечують зберігання, дозування і перемішування компонентів. До складу бетонної суміші входять цемент, вода, пісок, щебінь та за потреби хімічні добавки. Вимоги до бетону та процесу його виготовлення визначаються ДСТУ EN 206:2022 [2]. Для масивних

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
						11
Зм.	Лист	№ докum.	Підп.	Дата		

загороджувальних виробів важливо отримати суміш з достатньою рухливістю, але без надлишкової кількості води, тому що це може знизити міцність бетону.

На рис. 1.6 показано загальний вигляд бетонозмішувальної установки в складі вузла приготування бетону, яка може застосовуватися для приготування бетонних сумішей у виробництві збірних залізобетонних виробів.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд бетонозмішувального вузла для приготування бетонної суміші

В Україні обладнання для приготування бетонних сумішей пропонують, зокрема, підприємства KARMEL та WALDER. Вони виготовляють бетонні заводи, бетонозмішувальні вузли, силоси, дозувальні системи та інші елементи, які можуть використовуватися у складі технологічної лінії [13, 14]. Для дипломного проекту важливо врахувати, що виробництво загороджувальних пірамід не завжди потребує дуже великої продуктивності. Тому доцільним може бути використання стаціонарного або напівмобільного бетонозмішувального вузла середньої продуктивності.

Після приготування бетонна суміш повинна бути доставлена до металоформи. Для цього можуть використовуватися різні способи

транспортування: баддя з краном, стрічковий конвеєр, бетонороздавач або спеціальний бункер із затвором. У випадку невеликої або середньої продуктивності найбільш простим варіантом є подача бетонної суміші у бадді за допомогою кран-балки або мостового крана. Такий спосіб не потребує складної автоматизації та підходить для масивних виробів, які формуються у стаціонарних формах.

На рис. 1.7 показано приклад подачі бетонної суміші до форми за допомогою бункера або бадді. Такий спосіб є зручним для виробів, які мають значний об'єм і формуються не в безперервному, а в циклічному режимі.



Рисунок 1.7 – Подача бетонної суміші до форми за допомогою бункера або бадді

Одним із головних елементів технологічної лінії є металоформа. Вона визначає геометричну форму виробу та повинна забезпечувати точність розмірів після тверднення бетону. Для виготовлення загороджувальної піраміди форма повинна мати внутрішню порожнину, яка відповідає геометрії виробу. Конструкція форми повинна бути достатньо жорсткою, тому що під час укладання бетонної суміші та вібраційного ущільнення на її стінки діють значні навантаження.

Металоформи для залізобетонних виробів зазвичай виготовляють зі сталевих листів, кутиків, швелерів та інших елементів металопрокату. Для забезпечення жорсткості до стінок форми приварюють ребра жорсткості. Також передбачаються замкові елементи, шарніри, упори та монтажні петлі. Якщо форма розбірна, то після тверднення бетону її можна розкрити і без пошкодження вийняти готовий виріб. Для пірамідальної форми це є дуже важливим, оскільки нахилені грані ускладнюють розпалублення.

На рис. 1.8 наведено приклад металоформ для виготовлення загороджувальних пірамід. Видно, що форми мають жорстку металеву конструкцію і можуть бути встановлені у кілька рядів для підвищення продуктивності виробництва.

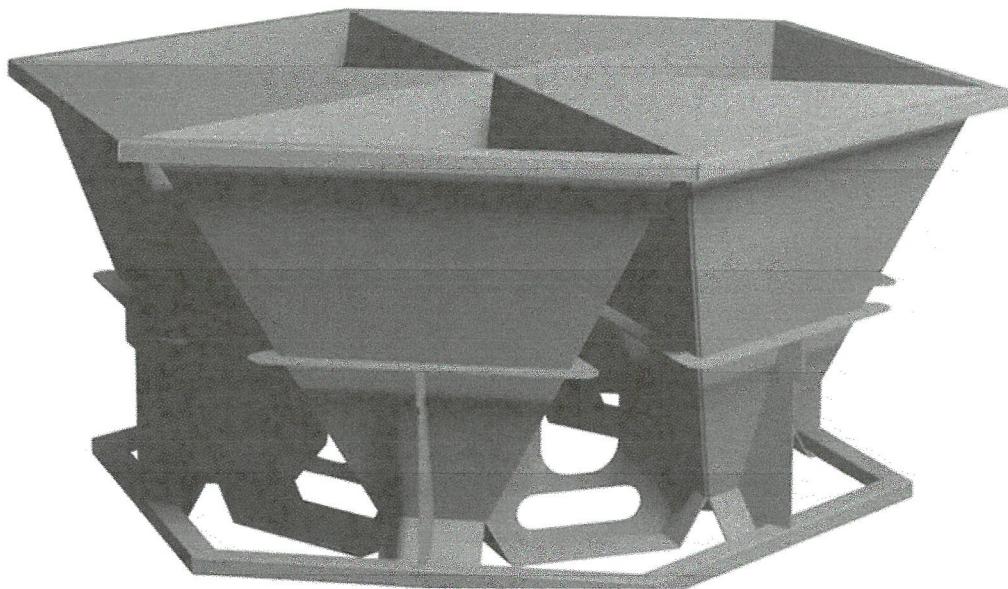


Рисунок 1.8 – Металоформи для виготовлення загороджувальних залізобетонних пірамід

Окреме місце в технологічній лінії займає обладнання для ущільнення бетонної суміші. Ущільнення потрібне для видалення повітря, зменшення пористості, кращого заповнення форми та підвищення міцності виробу. Найчастіше для цього використовують вібраційне обладнання. Відповідно до рекомендацій з ущільнення бетонних сумішей, ефективність вібрації залежить

від частоти, амплітуди, тривалості дії та способу передачі коливань на суміш [15].

Вібраційне обладнання може бути різних типів. У виробництві збірного залізобетону застосовують глибинні вібратори, поверхневі вібратори, вібростоли, вібромайданчики та вібраційні установки з інерційними віброзбуджувачами. Для масивних виробів простого типу часто застосовують вібраційні столи або установки, де форма встановлюється на раму, яка здійснює коливання. Дослідження вібраційних машин і вібростолів показують, що правильний вибір конструктивних і динамічних параметрів впливає на якість ущільнення бетонної суміші та енергоефективність процесу [7–12].

На рис. 1.9 показано приклад вібраційного стола або вібромайданчика, який може використовуватися для ущільнення бетонної суміші у формах. Така установка повинна мати міцну раму, віброзбуджувачі, опорні елементи та систему кріплення форми.

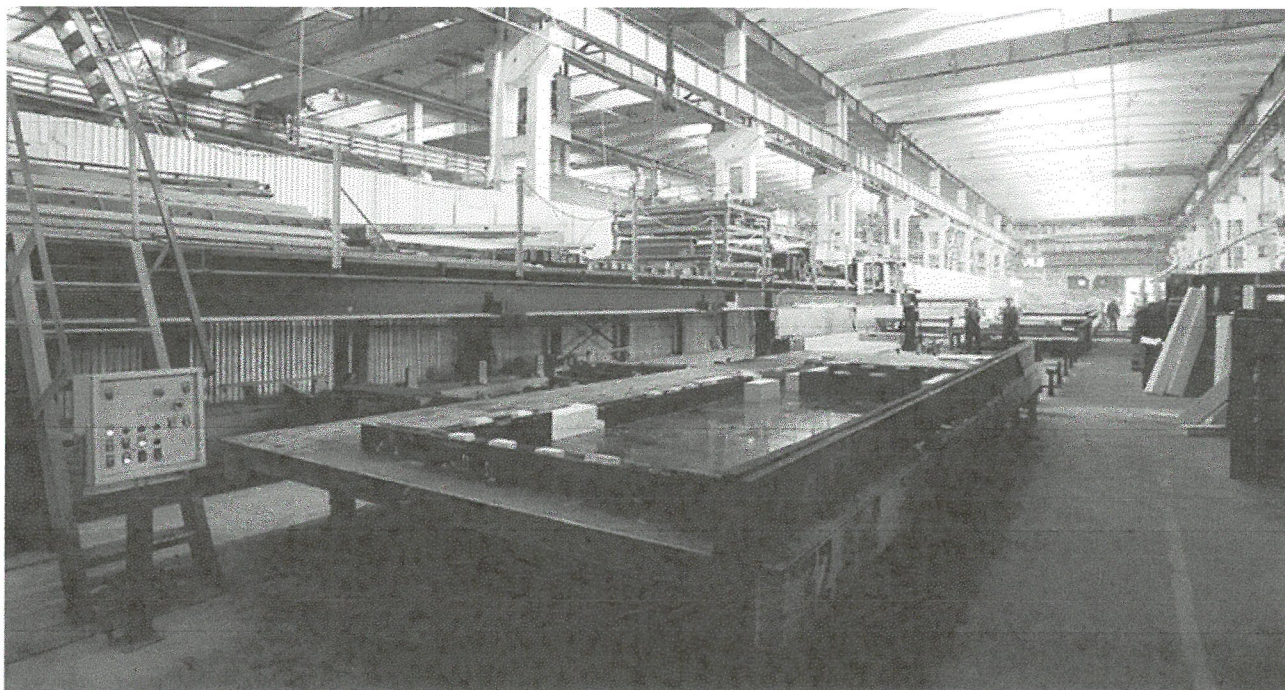


Рисунок 1.9 – Вібраційний стіл для ущільнення бетонної суміші у металоформах

Для виробництва загороджувальних пірамід важливо, щоб коливання передавалися на бетонну суміш рівномірно. Якщо вібрація буде недостатньою, у нижній або кутових зонах форми можуть залишатися пустоти. Якщо ж вібрація буде надмірною, це може призвести до розшарування бетонної суміші, коли крупний заповнювач осідає вниз, а цементне молоко піднімається вгору. У наукових роботах зазначається, що процес ущільнення свіжого бетону під дією вібрації пов'язаний зі зміною його реологічних властивостей і поведінкою частинок суміші як гранульованого середовища [17]. Також встановлено, що вібраційний вплив впливає на кінцеві характеристики як звичайного, так і самоущільнювального бетону [18].

Після ущільнення бетонної суміші виріб залишається у формі для початкового тверднення. Потім виконують розпалублення. Для цього використовують кран-балку, тельфер або мостовий кран. Через значну масу загороджувальної піраміди всі операції з переміщення форми та готового виробу повинні бути механізовані. У верхній частині виробу можуть передбачатися монтажні петлі, за які його захоплюють стропами.

На рис. 1.10 показано загальний приклад технологічної лінії для виробництва залізобетонних виробів. Для лінії виготовлення загороджувальних пірамід така схема може бути спрощена, але основні етапи залишаються однаковими: приготування суміші, подача у форму, ущільнення, витримання, розпалублення та складування.

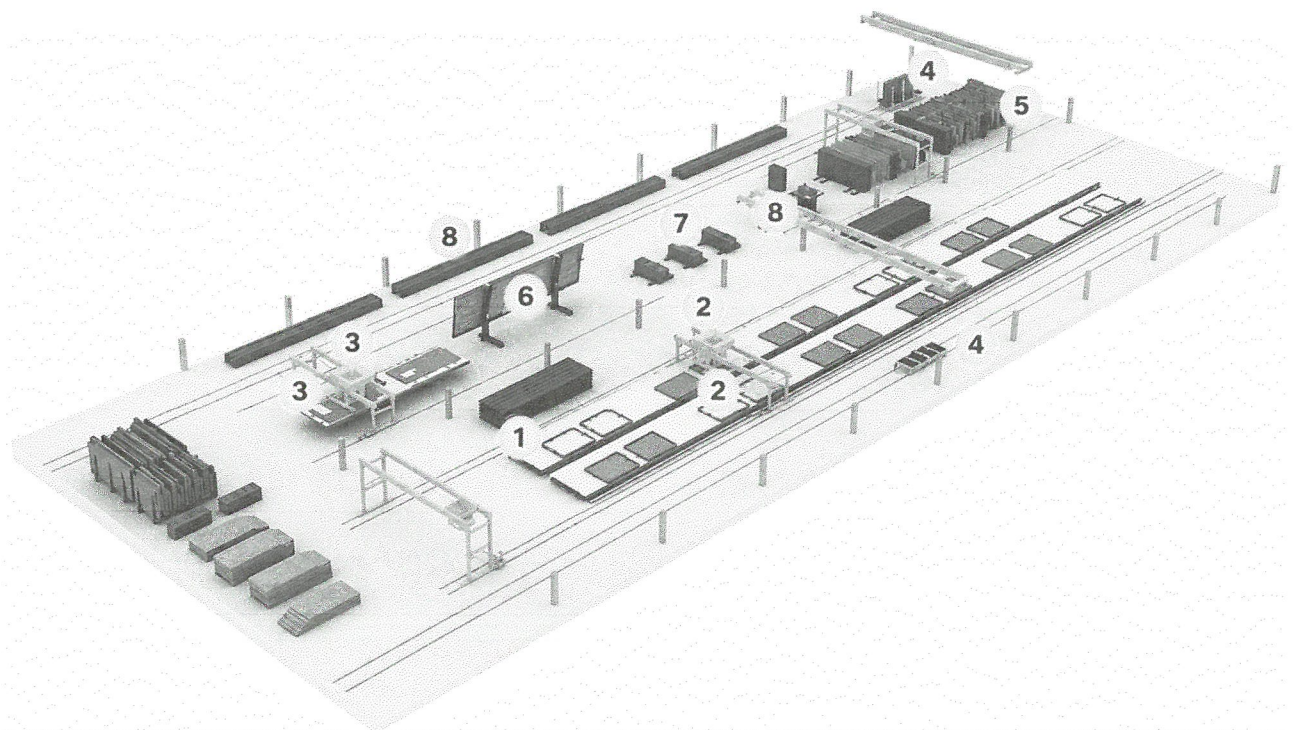


Рисунок 1.10 – Стаціонарне (стендове) виробництво залізобетонних виробів і конструкцій:

1 – формувальний піддон; 2 – бетоноукладач; 3 – віброрейка; 4 – самохідний вивізний візок; 5 – касетні форми; 6 – перекидний стіл; 7 – стаціонарні форми; 8 – мостовий кран.

Технологічне обладнання для виготовлення загороджувальних пірамід повинно забезпечувати повний цикл виробництва. Найважливішими елементами такої лінії є бетонозмішувальна установка, металоформа, вібраційна установка та вантажопідіймальне обладнання. Для умов дипломного проекту основну увагу потрібно приділити саме вібраційній установці, оскільки від її роботи залежить якість ущільнення бетонної суміші, щільність структури бетону та зовнішній вигляд готового виробу.

1.3 Огляд вібраційних машин для ущільнення бетону

У виробництві залізобетонних виробів одним із найважливіших технологічних процесів є ущільнення бетонної суміші. Від якості ущільнення залежить міцність готового виробу, його щільність, морозостійкість, водонепроникність та зовнішній вигляд. При недостатньому ущільненні у бетоні можуть залишатися повітряні пори, раковини та пустоти, що знижує експлуатаційні властивості виробу. Тому для формування залізобетонних виробів широко застосовують вібраційні машини різних конструкцій.

Вібраційне ущільнення ґрунтується на тому, що під дією коливань бетонна суміш тимчасово втрачає частину внутрішнього тертя між частинками. У результаті цього вона краще заповнює форму, з неї виходить зайве повітря, а зерна заповнювача розміщуються щільніше. Після завершення вібраційної дії суміш знову набуває стійкої структури. Для цього застосовують віброплощадки, вібростоли, ударно-вібраційні установки, глибинні та поверхневі вібратори.

Для виготовлення масивних виробів, до яких належать загороджувальні піраміди типу ПЗ-1 «Зуби дракона», найбільш доцільно використовувати віброплощадки або спеціальні вібраційні установки. Такі машини дають змогу ущільнювати бетонну суміш безпосередньо у металоформі. При цьому форма з бетонною сумішшю встановлюється на коливальну раму або жорстко закріплюється на ній, а коливання передаються через конструкцію форми до бетонної суміші.

Одним із різновидів обладнання для ущільнення бетонних сумішей є ударно-вібраційна площадка, схема якої наведена на рисунку 1.11.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		18

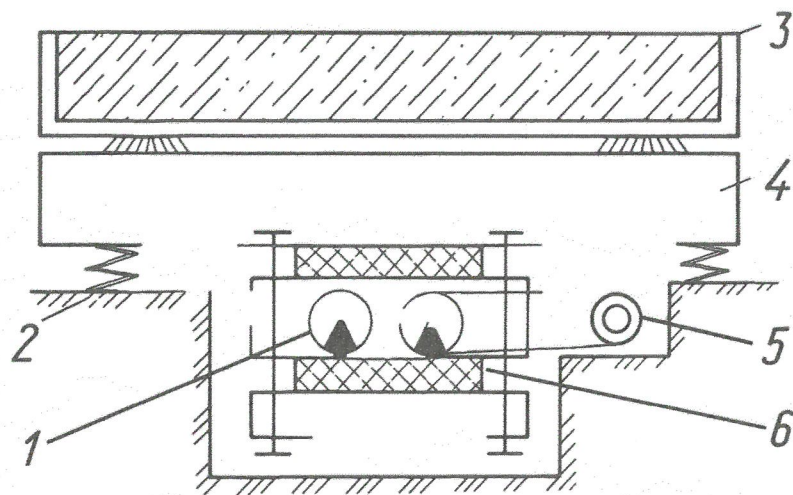


Рисунок 1.11 – Схема ударно-вібраційної площадки конструкції

1 – вібратор; 2 – пружні опори; 3 – форма з бетонною сумішшю; 4 – рама;
5 – виносний електродвигун; 6 – пружні прокладки.

Ударно-вібраційна площадка складається з рами, на якій установлюється форма з бетонною сумішшю. Коливання створюються вібратором, який приводиться в дію від виносного електродвигуна. Рама спирається на пружні опори, а між окремими елементами конструкції встановлюються пружні прокладки. Завдяки цьому під час роботи виникають не тільки гармонійні коливання, а й ударні імпульси, які підсилюють дію на бетонну суміш.

Перевагою такої конструкції є висока інтенсивність ущільнення. Ударно-вібраційний режим особливо ефективний для жорстких бетонних сумішей, які погано ущільнюються при звичайному вібруванні. Ударна дія сприяє кращому переміщенню частинок суміші та зменшенню кількості повітряних включень. Недоліком цієї конструкції є підвищений рівень шуму, більші динамічні навантаження на елементи машини та необхідність надійного кріплення форми на площадці.

Іншим прикладом вібраційного обладнання є віброплощадка СМЖ-538 конструкції ВНДІбудшляхмашу, принципова схема якої наведена на рисунку 1.12.

знижуватися. Тому при проектуванні вібраційної установки для загороджувальних пірамід необхідно враховувати масу виробу, масу металоформи та характер передачі коливань.

Для ущільнення великих виробів також застосовують двотумбові віброплощадки. Їхня схема та режими коливань форми з бетонною сумішшю наведені на рисунку 1.13.

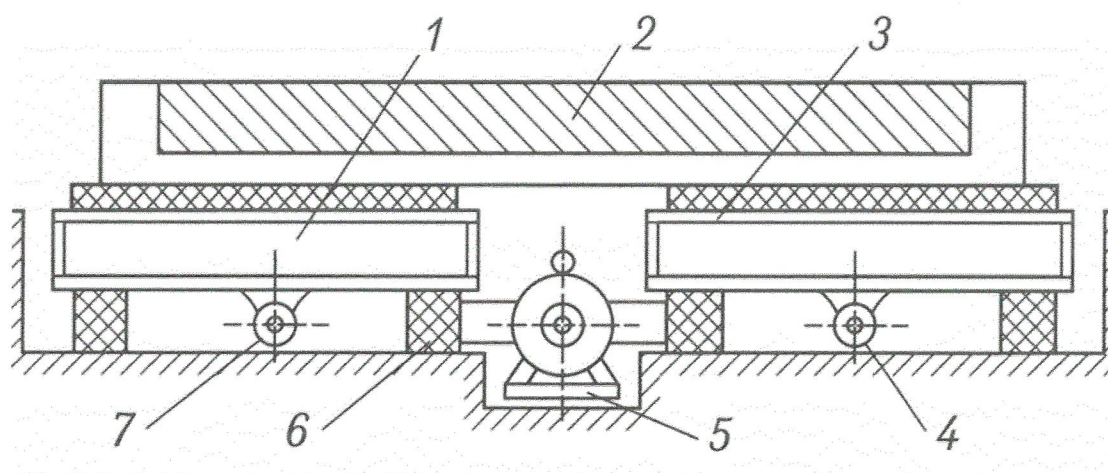


Рисунок 1.13 – Принципова схема двотумбової віброплощадки та режими коливань форми з бетонною сумішшю:

1 – вібротумба; 2 – форма з бетонною сумішшю; 3 – пружна прокладка; 4 – клинопасова передача; 5 – електродвигун; 6 – гумова опора; 7 – вібратор.

Двотумбова віброплощадка складається з двох вібротумб, на які встановлюється форма з бетонною сумішшю. Коливання створюються вібраторами, які приводяться в рух від електродвигуна через клинопасову передачу. Гумові опори забезпечують пружне встановлення системи та зменшують передачу вібрації на основу. Пружна прокладка між формою і опорною частиною сприяє кращому контакту та передачі коливань.

Особливістю двотумбової віброплощадки є те, що вона може забезпечувати різні режими коливань форми. Залежно від синхронності роботи вібраторів та розташування збуджувачів форма може виконувати вертикальні, горизонтальні або складні просторові коливання. Це дає змогу краще впливати

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

GMM.401MM.007-00.00.000 ПЗ

Лист

21

на бетонну суміш у різних зонах виробу. Для масивних виробів складної форми така можливість є важливою, оскільки ущільнення повинно бути рівномірним по всьому об'єму.

Перевагою двотумбових віброплощадок є можливість використання для великогабаритних і важких форм. Вони мають достатню несучу здатність і можуть забезпечувати інтенсивне вібраційне ущільнення. Недоліками є складніша конструкція, необхідність синхронізації роботи вібраторів, більші габарити та вища металоємність. Крім того, при неправильному налаштуванні можливе перекошування форми або нерівномірна передача коливань.

Ще одним прикладом обладнання є ударно-вібраційна віброплощадка з притискним механізмом, схема якої наведена на рисунку 1.14.

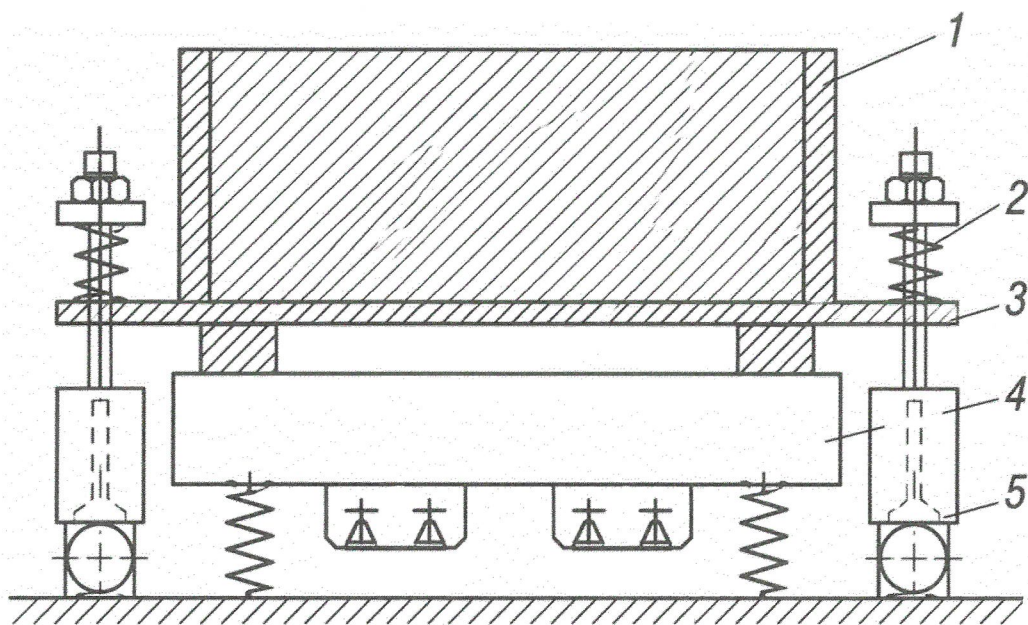


Рисунок 1.14 – Ударно-вібраційна віброплощадка:

1 – форма з бетонною сумішшю; 2 – пружна притискна пружина; 3 – пружна прокладка; 4 – притискний механізм; 5 – рама з віроблоком.

У цій конструкції форма з бетонною сумішшю встановлюється на раму з віроблоком. Для забезпечення надійного контакту форми з коливальною системою використовується притискний механізм і пружна притискна пружина.

Пружна прокладка виконує роль елемента, через який передаються вібраційні та ударні навантаження. Завдяки такому рішенню форма краще утримується на робочій поверхні, а енергія коливань ефективніше передається бетонній суміші.

Наявність притискного механізму є важливою перевагою для ущільнення важких або високих форм. Під час роботи віброплощини форма не повинна зміщуватися або відриватися від опорної поверхні. Якщо контакт між формою та рамою нестабільний, частина енергії втрачається, а ущільнення стає нерівномірним. Тому для формування загороджувальних пірамід, які мають значну масу та висоту, використання притискних елементів може бути доцільним.

Разом з тим ударно-вібраційні установки з притискними механізмами мають складнішу конструкцію. Вони потребують додаткових елементів для фіксації форми, регулювання притискного зусилля та обслуговування пружних деталей. Також необхідно враховувати, що при надмірній ударній дії може збільшуватися зношування металевих елементів форми і рами.

Порівнюючи розглянуті конструкції, можна зазначити, що всі вони мають спільне призначення – передавання коливань на форму з бетонною сумішшю з метою її ущільнення. Відмінність між ними полягає у способі створення коливань, типі пружної системи, способі встановлення форми та наявності додаткових елементів, таких як притискні механізми або ударні прокладки.

Для виготовлення загороджувальних пірамід ПЗ-1 «Зуби дракона» вібраційна машина повинна відповідати декільком основним вимогам. Вона має забезпечувати достатню вантажопідйомність, оскільки маса форми з бетонною сумішшю є значною. Крім того, установка повинна створювати коливання достатньої інтенсивності для ущільнення бетонної суміші у нижній, середній та верхній частинах пірамідальної форми. Також важливо забезпечити надійне кріплення або притискання металоформи під час роботи, щоб уникнути її зміщення.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		23

При виборі конструкції вібраційної установки для дипломного проекту доцільно враховувати досвід використання віброплощадок типу СМЖ, двотумбових віброплощадок та ударно-вібраційних установок. Для виробів пірамідальної форми найбільш раціональним є використання установки з жорсткою рамою, пружними опорами, інерційним віброзбуджувачем та можливістю надійної фіксації металоформи. Така конструкція дозволить забезпечити ефективну передачу коливань на форму та бетонну суміш.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		24

2. РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ

2.1 Загальна технологічна схема мобільного комплексу для виготовлення захисних залізобетонних елементів

Для виготовлення захисних залізобетонних елементів типу загороджувальних пірамід ПЗ-1 «Зуби дракона» у дипломному проєкті пропонується використати мобільний технологічний комплекс. Такий варіант організації виробництва є доцільним, оскільки дозволяє розмістити обладнання безпосередньо поблизу місця складування матеріалів або майданчика використання готових виробів. Це зменшує витрати на транспортування бетонної суміші та підвищує оперативність виготовлення продукції.

Основою технологічної лінії приймається компактний мобільний мінікомплекс 4BUILD COMPACT-20, призначений для приготування бетонних і будівельних сумішей. Загальний вигляд такого комплексу наведено на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд компактного мобільного мінікомплексу 4BUILD COMPACT-20

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	РОЗРАХУНОК ОБЛАДНАННЯ					
Розроб.	Канівець			15.06				Літ.	Лист	Листів
Перев.	Нестеренко			17.06				Н	25	
Керівник								Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.	Васильєв			12.06						
Затв.	Орисенко			18.06						

Мобільний комплекс 4BUILD COMPACT-20 має відносно невеликі габаритні розміри та може бути змонтований на підготовленому виробничому майданчику без будівництва великого стаціонарного бетонного заводу. До його складу входять приймальний бункер для заповнювачів, конвеєр або шнековий пристрій для подачі матеріалів, змішувальний вузол, дозувальні елементи, система подачі цементу та води, а також пульт керування. Конструкція комплексу дає можливість організувати приготування бетонної суміші безпосередньо в зоні формування виробів.

У дипломному проєкті мобільний комплекс розглядається як перший основний вузол технологічної лінії. У ньому відбувається дозування компонентів бетонної суміші, їх перемішування та підготовка суміші до подальшої подачі у металоформу. Для виготовлення масивних загороджувальних пірамід необхідно застосовувати бетонну суміш достатньої міцності та однорідності, оскільки готовий виріб повинен мати високу масу, стійкість і здатність сприймати зовнішні навантаження.

Робочий процес починається із завантаження інертних матеріалів у приймальний бункер. До таких матеріалів належать пісок і щебінь необхідної фракції. Цемент подається з окремої ємності або мішків, залежно від комплектації виробничої дільниці. Вода подається через систему дозування. Після цього компоненти надходять у змішувач, де відбувається їх перемішування до отримання однорідної бетонної суміші. Якість перемішування має велике значення, оскільки від неї залежить рівномірність структури бетону та міцність готового виробу.

На рисунку 2.2 показано приклад реального виконання мобільного комплексу 4BUILD COMPACT-20 з приймальним бункером, похилим конвеєром, змішувальним вузлом та системою керування.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		26

необхідно передбачити зручне встановлення і зняття металоформи за допомогою транспортного обладнання. Ущільнення бетонної суміші виконується після заповнення форми, при цьому режим вібрування повинен забезпечувати рівномірне ущільнення по всій висоті виробу.

Після завершення ущільнення форма з бетонною сумішшю переміщується з вібраційної площадки за допомогою автокара. Використання автокара у складі мобільного комплексу є зручним, оскільки він дозволяє виконувати внутрішньоцехове або майданчикове переміщення форм без застосування стаціонарного мостового крана. Автокар піднімає форму з ущільненою бетонною сумішшю та транспортує її до пропарювальної камери або зони витримування.

Пропарювальна камера призначена для прискорення набору міцності бетоном. У ній створюються умови підвищеної температури та вологості, що сприяє інтенсивнішому твердінню цементного каменю. Для масового виготовлення захисних елементів це є важливим, оскільки дозволяє скоротити тривалість технологічного циклу та швидше звільняти металоформи для наступного формування. Після проходження необхідного часу твердіння форма розкривається, а готовий виріб переміщується на склад.

Склад готових виробів розміщується поблизу виробничої ділянки. На ньому загороджувальні піраміди витримуються до досягнення необхідної відпускну або проєктної міцності. Готові вироби повинні встановлюватися на рівну основу, що забезпечує їх стійке положення та можливість подальшого завантаження на транспорт.

Загальна послідовність технологічного процесу виготовлення захисних залізобетонних елементів у мобільному комплексі має такий вигляд: підготовка сировинних матеріалів; дозування компонентів бетонної суміші; приготування суміші у комплексі 4BUILD COMPACT-20; подача суміші конвеєром до металоформи; заповнення форми; вібраційне ущільнення суміші на вібраційній

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		28

площадці; переміщення форми автокаром; твердіння виробу у пропарювальній камері; розпалублення; транспортування готової піраміди на склад.

Таким чином, запропонована технологічна схема поєднує готовий мобільний бетонозмішувальний комплекс 4BUILD COMPACT-20 та спеціально спроектовану вібраційну площадку. Це дозволяє створити компактну лінію для виготовлення захисних залізобетонних елементів без необхідності будівництва великого стаціонарного заводу. Основною перевагою такої схеми є мобільність, відносно невелика площа розміщення, можливість швидкого запуску виробництва та адаптація обладнання під виготовлення загороджувальних пірамід ПЗ-1 «Зуби дракона». Для формування пропонується використовувати металеві форми зображені на рисунку 2.3.

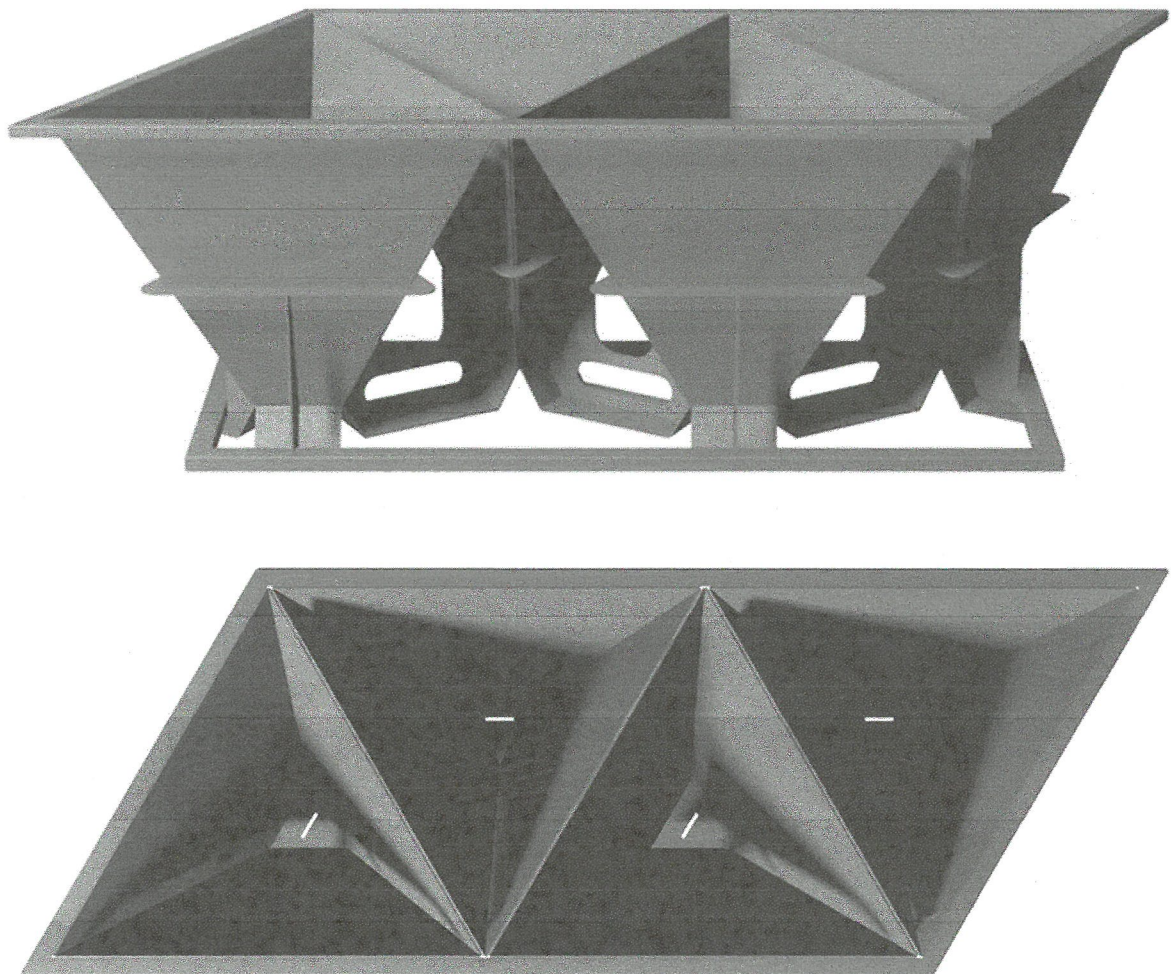


Рисунок 2.3 – Металева форма

2.2 Проектування лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів

Проектована технологічна лінія призначена для виготовлення захисних залізобетонних виробів типу загороджувальних пірамід ПЗ-1 «Зуби дракона». Основною задачею лінії є забезпечення стабільного випуску виробів необхідної якості при мінімальних витратах ручної праці та можливості розміщення обладнання на відносно невеликому виробничому майданчику.

У дипломному проєкті приймається, що лінія працює в одну зміну. Змінна продуктивність становить 80 готових виробів. Для формування використовується металоформа на 4 вироби, що дає змогу одночасно виготовляти чотири загороджувальні піраміди за один технологічний цикл. Такий варіант є більш раціональним порівняно з одиничною формою, оскільки зменшується кількість циклів формування, скорочується час допоміжних операцій та підвищується продуктивність обладнання.

Кількість циклів формування за зміну визначається за формулою:

$$n_{\text{ц}} = \frac{N_{\text{зм}}}{N_{\text{ф}}} \quad (2.1)$$

де $N_{\text{зм}}$ – кількість виробів, які необхідно виготовити за зміну;

$N_{\text{ф}}$ – кількість виробів, що формуються в одній металоформі за один цикл.

Для прийнятих умов:

$$n_{\text{ц}} = \frac{80}{4} = 20$$

Отже, для забезпечення випуску 80 виробів за зміну необхідно виконати 20 циклів формування.

Якщо тривалість зміни прийняти 8 годин, тобто 480 хвилин, то середній час, який припадає на один цикл формування, становить, хв:

$$t_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}}}{n_{\text{ц}}}, \quad (2.2)$$

де $T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, хв;

$n_{\text{ц}}$ – кількість циклів формування за зміну.

$$t_{\text{ц}} = \frac{480}{20} = 24$$

Таким чином, для забезпечення заданої продуктивності один цикл роботи лінії повинен виконуватися орієнтовно за 24 хвилини. До складу цього циклу входять підготовка форми, подача бетонної суміші, заповнення форми, вібраційне ущільнення, зняття форми з вібраційної площадки та транспортування її до зони твердіння або пропарювання.

Проектована лінія (рисунок 2.4) складається з таких основних ділянок: ділянка приготування бетонної суміші; ділянка подачі суміші до форми; пост формування і вібраційного ущільнення; ділянка транспортування форм; пропарювальна камера; пост розпалублення; склад готових виробів.

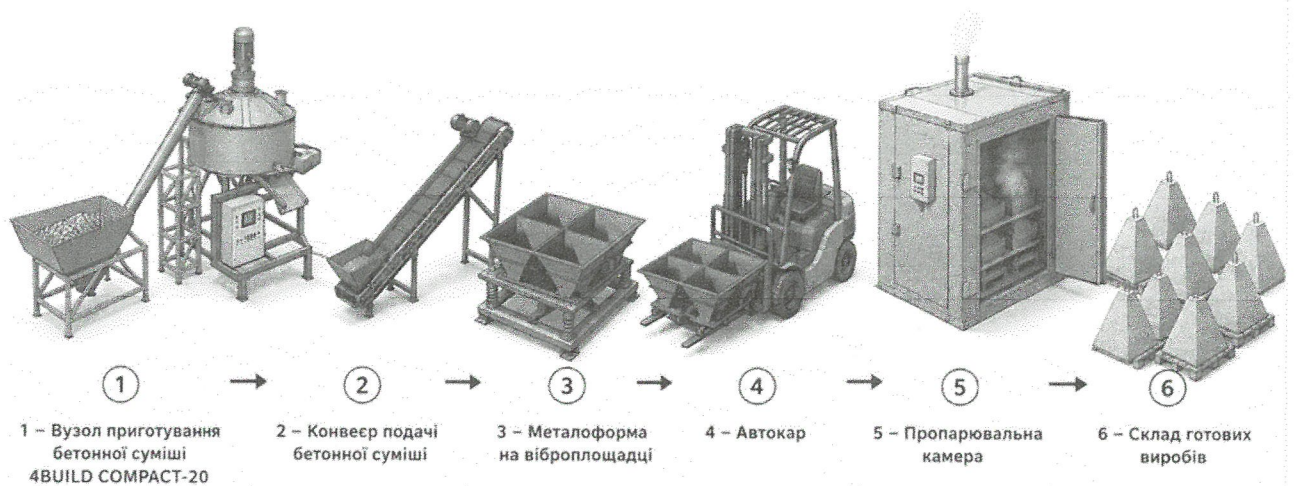


Рисунок 2.4 –Проектована лінія

На першому етапі відбувається приготування бетонної суміші у мобільному мінікомплексі 4BUILD COMPACT-20. У цьому вузлі здійснюється дозування піску, щебеню, цементу та води, а також їх перемішування до

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ

Лист

31

однорідного стану. Оскільки загороджувальні піраміди є масивними виробами, бетонна суміш повинна мати достатню рухливість для заповнення форми, але водночас не повинна бути занадто рідкою, щоб не відбувалося розшарування компонентів. Для приготування бетонної суміші у складі проєктованої лінії приймається компактний мобільний мінікомплекс 4BUILD COMPACT-20. Згідно з технічними характеристиками, продуктивність даної системи приготування становить до 20 м³ готової бетонної суміші за годину роботи. У складі комплексу використовується бетонозмішувач примусової дії СБ-500, стрічковий транспортер для подачі інертних матеріалів, два бункери для заповнювачів об'ємом по 4 м³, дозувальні пристрої для цементу, води та хімічних добавок, а також система керування.

Прийнята продуктивність комплексу 4BUILD COMPACT-20 є достатньою для забезпечення роботи лінії з виготовлення захисних залізобетонних виробів. За умови виготовлення 80 виробів за зміну та використання форми на 4 вироби необхідно виконати 20 циклів формування. Тому система приготування бетонної суміші повинна забезпечувати своєчасну подачу необхідного об'єму суміші до поста формування без простоїв вібраційної площадки та металоформи.

Розрахункова годинна потреба лінії в бетонній суміші визначається залежно від об'єму одного виробу та кількості виробів, які необхідно виготовити за зміну. Оскільки продуктивність 4BUILD COMPACT-20 становить 20 м³/год, цей комплекс має запас продуктивності для роботи проєктованої лінії. Це дозволяє використовувати його не в постійному режимі максимального навантаження, а порційно – відповідно до циклів заповнення металоформи на 4 вироби.

Перед заповненням форма повинна бути очищена від залишків бетону після попереднього циклу та змащена спеціальним мастилом для полегшення розпалублення. Також необхідно перевірити стан з'єднань, замків і кріплень

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		32

форми. Це потрібно для того, щоб під час вібраційного ущільнення форма не розкривалася, не зміщувалася і забезпечувала точну геометрію готових виробів.

Пост формування є основною ділянкою лінії. На ньому металоформа на 4 вироби встановлюється на вібраційну площадку. Після цього виконується заповнення форми бетонною сумішшю. Заповнення може проводитись у декілька етапів, щоб забезпечити краще ущільнення суміші по висоті виробу. Після подачі необхідної кількості суміші вмикається вібраційна площадка, яка передає коливання на форму та бетонну суміш.

На рисунку 2.5 показано рисунок монтажного креслення.

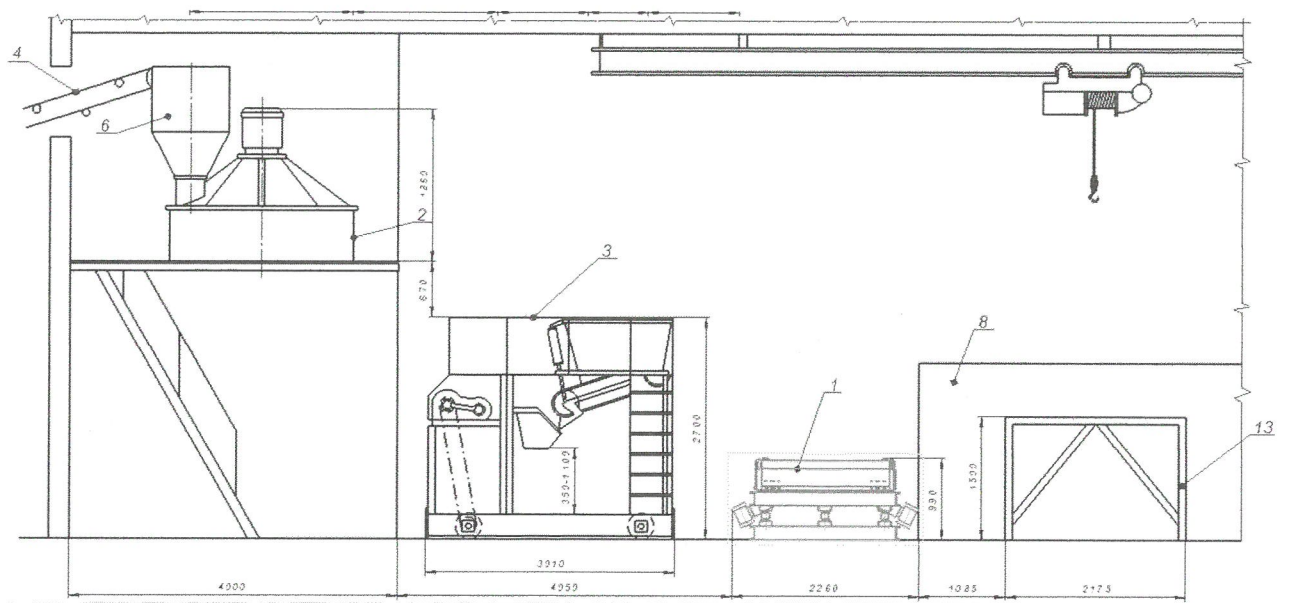


Рисунок 2.5 – Монтажне креслення

Під час вібраційного ущільнення бетонна суміш краще заповнює внутрішній об'єм форми, з неї видаляється зайве повітря, а частинки заповнювача займають більш щільне положення. Це дозволяє підвищити щільність бетону, зменшити кількість пор і покращити якість поверхні виробів. Для загороджувальних пірамід це має важливе значення, оскільки вироби працюють у складних умовах і повинні мати достатню міцність та стійкість.

Після завершення ущільнення форма з бетонною сумішшю знімається з вібраційної площадки за допомогою автокара. Використання автокара дозволяє зробити лінію більш мобільною і не залежати від стаціонарного мостового

крана. Автокар транспортує форму до пропарювальної камери або зони твердіння, де бетон набирає необхідну міцність.

Пропарювальна камера використовується для прискорення твердіння бетону. У ній створюються підвищена температура та вологість, завдяки чому бетон швидше набирає міцність. Це дозволяє скоротити час перебування виробів у формах і підвищити оборотність металоформ. Для проєктованої лінії це є важливим фактором, оскільки змінна продуктивність становить 80 виробів, а отже необхідно забезпечити достатню кількість циклів роботи форми протягом зміни.

Після завершення твердіння виконується розпалублення. Готові загороджувальні піраміди виймаються з форми та переміщуються на склад готових виробів. На складі вони встановлюються на рівну площадку і витримуються до досягнення необхідної міцності. Надалі вироби можуть бути завантажені на транспорт і доставлені до місця використання.

Для забезпечення продуктивності 80 виробів за зміну важливо правильно організувати рух форм у технологічній лінії. Оскільки одна форма забезпечує виготовлення 4 виробів за цикл, необхідно виконати 20 циклів формування. Якщо використовується одна форма, то всі операції повинні бути виконані в межах 24 хвилин. Проте з урахуванням часу твердіння бетону у пропарювальній камері на практиці доцільно використовувати декілька однакових форм, які будуть працювати в обороті. У такому випадку одна форма заповнюється і ущільнюється, інша перебуває у пропарювальній камері, третя розпалублюється, а четверта готується до наступного циклу.

Орієнтовна структура одного формувального циклу може бути такою: підготовка і змащування форми – 3–4 хв; встановлення форми на вібраційну площадку – 2 хв; подача і розподіл бетонної суміші – 6–8 хв; вібраційне ущільнення – 3–5 хв; зняття форми з площадки та транспортування автокаром – 4–5 хв. Такий розподіл часу дозволяє забезпечити необхідну продуктивність за умови узгодженої роботи всіх дільниць.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		34

Основною перевагою запропонованої лінії є її мобільність. Використання компактного мінікомплексу 4BUILD COMPACT-20 дозволяє організувати приготування бетонної суміші безпосередньо на виробничому майданчику. Конвеєрна подача суміші забезпечує механізацію процесу заповнення форми. Вібраційна площадка, яка проєктується у дипломному проєкті, забезпечує ущільнення бетонної суміші. Автокар виконує переміщення форм між основними постами лінії, а пропарювальна камера скорочує час набору міцності бетону.

Таким чином, проєктована лінія для виготовлення захисних залізобетонних виробів включає всі необхідні елементи для виконання повного технологічного циклу. Прийнята продуктивність 80 виробів за зміну забезпечується використанням металоформи на 4 вироби та виконанням 20 циклів формування. Подальший розрахунок необхідно виконати для вібраційної площадки, оскільки саме вона є основним проєктованим вузлом лінії та безпосередньо впливає на якість ущільнення бетонної суміші.

2.3 Розрахунок вібраційної установки

Вібраційна установка, що проєктується у дипломному проєкті, призначена для ущільнення бетонної суміші у металоформі під час виготовлення захисних залізобетонних виробів типу загороджувальних пірамід. Металоформа встановлюється на рухому раму віброплощадки, а після заповнення бетонною сумішшю на неї передаються вимушені коливання від дебалансних віброзбудників.

Основним завданням розрахунку є визначення конструктивних і технологічних параметрів віброплощадки, які забезпечують якісне ущільнення бетонної суміші. До таких параметрів належать вантажопідйомність віброплощадки, амплітуда і частота коливань, маса рухомої рами, кількість пружних опор, координати встановлення віброзбудників, збурююча сила та встановлена потужність приводу.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		35

На рисунку 2.6 зображено вібраційну установку.

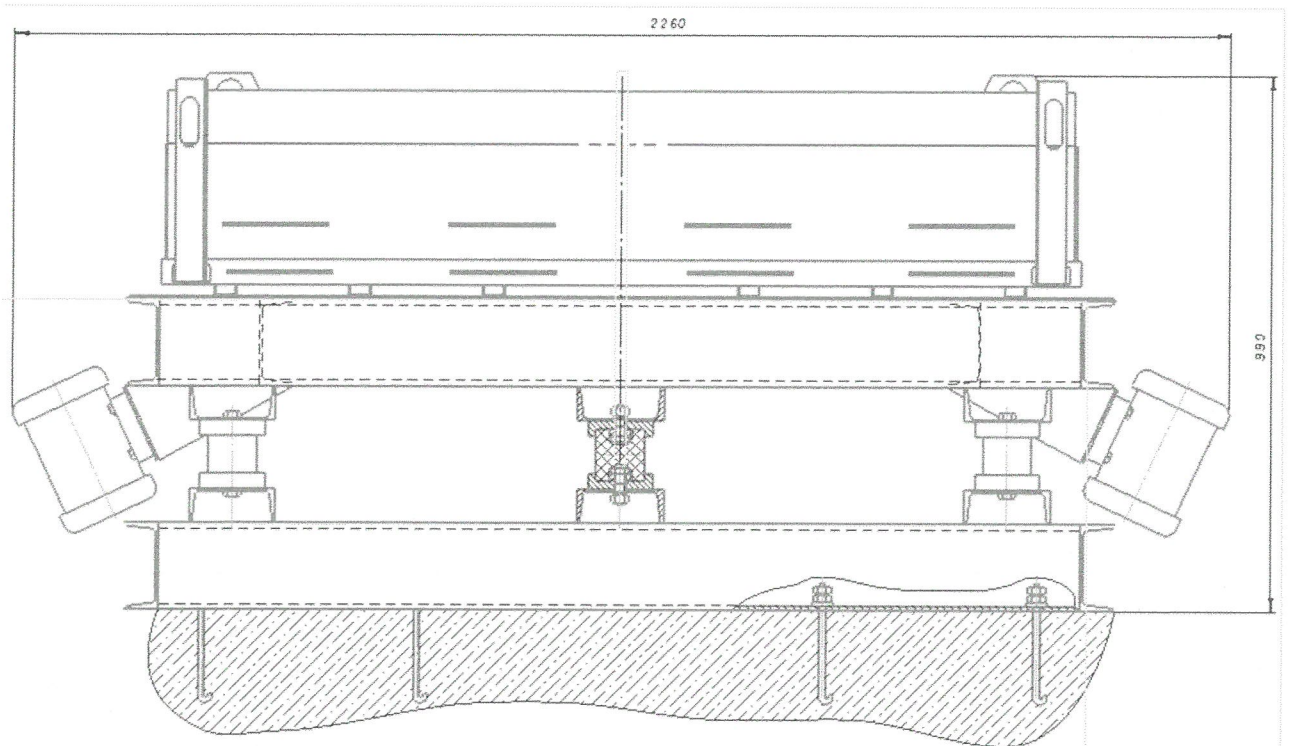


Рисунок 2.6 – Вібраційна установка

У проєктованій лінії передбачається використання металоформи на чотири вироби. Враховуючи масу бетонної суміші, масу металоформи, рухомої рами та запас на технологічне оснащення, приймаємо розрахункову вантажопідйомність віброплощадки:

$$Q_{B\max} = 2000 \text{ кг} \quad (2.3)$$

Для забезпечення ефективного ущільнення бетонної суміші приймаємо частоту коливань рухомої рами:

$$f = 30 \text{ Гц} \quad (2.4)$$

Відповідна кутова частота коливань становить:

$$\omega = 188 \text{ с}^{-1} \quad (2.5)$$

При такій частоті забезпечується достатня інтенсивність вібраційної дії на бетонну суміш. Це дає можливість зменшити пористість бетону, покращити заповнення форми та отримати вироби з необхідною щільністю.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ

Лист

36

Гранична амплітуда максимальних горизонтальних вібропереміщень рухомої рами визначається з умови збереження мастила на піддоні форми:

$$A_{x,y\max}^0 = \frac{2,5g}{\omega^2} \quad (2.6)$$

Після підстановки числових значень одержуємо:

$$A_{x,y\max}^0 = \frac{2,5 \cdot 9,81}{188^2} = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (2.7)$$

Отже, максимальна горизонтальна амплітуда коливань у середній частині рухомої рами становить приблизно 0,69 мм. Таке значення є достатнім для ущільнення бетонної суміші без надмірного переміщення її відносно стінок і піддона металоформи.

Амплітуда вертикальних вібропереміщень визначається з умови безвідривних коливань форми:

$$A_{z\max}^0 = \frac{(0,92 \dots 1,06)g}{\omega^2} \quad (2.8)$$

Після підстановки прийнятого значення кутової частоти:

$$A_{z\max}^0 = \frac{(0,92 \dots 1,06) \cdot 9,81}{188^2} = (0,26 \dots 0,29) \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (2.9)$$

На торцях рухомої рами амплітуди вібропереміщень можуть бути більшими, ніж у її середній частині. Тому максимальні горизонтальні амплітуди на торцях визначаються за залежністю:

$$A_{x,y\max} = (1,5 \dots 2,0) A_{x,y\max}^0 \quad (2.10)$$

Після підстановки числового значення:

$$A_{x,y\max} = (1,5 \dots 2,0) \cdot 0,69 \cdot 10^{-3} = (1,04 \dots 1,38) \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (2.11)$$

Максимальні вертикальні амплітуди на торцях рухомої рами визначаються за формулою:

$$A_{z\max} = (1,5 \dots 2,0) A_{z\max}^0 \quad (2.12)$$

Після підстановки:

$$A_{z\max} = (1,5 \dots 2,0) \cdot 0,29 \cdot 10^{-3} = (0,44 \dots 0,58) \cdot 10^{-3} \text{ м} \quad (2.13)$$

Прийняті значення амплітуд забезпечують необхідну вібраційну дію на бетонну суміш. Для виробів типу «Зуби дракона» це особливо важливо, оскільки форма має значну висоту та змінний переріз, а бетонна суміш повинна рівномірно ущільнюватися по всьому об'єму.

Маса рухомої рами віброплощадки визначається як сума мас її окремих елементів:

$$m_p = \sum_{k=1}^n m_k \quad (2.14)$$

де m_k – маса k -го елемента рами; n – кількість елементів рами.

На етапі попереднього розрахунку масу рухомої рами приймаємо за аналогією з існуючими конструкціями віброплощадок:

$$m_p = 252 \text{ кг} \quad (2.15)$$

Кількість пружних опор визначається з урахуванням маси рухомої рами і максимальної вантажопідйомності віброплощадки:

$$r = \frac{m_p + Q_{B\max}}{Q_0} \quad (2.16)$$

де Q_0 – вантажопідйомність однієї пружної опори.

Приймаємо вантажопідйомність однієї опори:

$$Q_0 = 600 \text{ кг} \quad (2.17)$$

Тоді кількість опор становитиме:

$$r = \frac{252 + 2000}{600} = 3,75 \quad (2.18)$$

Одержане значення округлюємо до більшого парного числа. Таким чином, приймаємо:

$$r = 4 \quad (2.19)$$

Отже, рухома рама віброплощадки встановлюється на чотири пружні опори. Така схема є достатньо простою, стійкою та зручною для розміщення металоформи на 4 вироби.

Гранично допустимі жорсткості пружних опор у горизонтальному і вертикальному напрямках вибираються з умови забезпечення зарезонансного режиму роботи віброплощадки:

$$C_{x,y} \leq \frac{(m_p + Q_B) \omega^2}{3,5^2 r} \quad (2.20)$$

$$C_z \leq \frac{(m_p + Q_B) \omega^2}{1,5^2 r} \quad (2.21)$$

Ці залежності використовуються для подальшого підбору пружних опор. Опори повинні витримувати статичне навантаження від рухомої системи та забезпечувати необхідний режим коливань під час роботи віброплощадки.

Координата встановлення віброзбудника відносно центра мас рухомої рами визначається за залежністю:

$$x_B = \frac{L_p}{4} \quad (2.22)$$

де L_p – довжина рухомої рами.

Таке розміщення віброзбудників дозволяє забезпечити ефективну передачу коливань на рухому раму та зменшити нерівномірність ущільнення бетонної суміші у різних зонах форми.

Ордината центра мас коливальної системи відносно поверхні рухомої рами визначається за формулою:

$$z_c = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i z_{ci} \quad (2.23)$$

де m_i – маса i -го елемента системи; z_{ci} – координата центра мас i -го

елемента; M – сумарна маса коливних частин.

Для прийнятої розрахункової схеми ординату центра мас можна визначити за формулою:

$$z_c = \frac{m_n \frac{h_n}{2} + m_p \frac{h_p}{2} + m_{np} \left(h_n + h_f + \frac{h_{np}}{2} \right) + (m_f + m_u) \left(h_n + \frac{h_f}{2} \right)}{m_p + m_n + m_f + m_u + m_{np}} \quad (2.24)$$

де h_p , h_n , h_f , h_{np} – висоти відповідно рухомої рами, піддона, бортів форми і привантаження.

Приймаємо такі значення висот:

$$h_p = 0,166\text{м}; h_n = 0,066\text{м}; h_f = 0,258\text{м}; h_{np} = 0,010\text{м} \quad (2.25)$$

Після підстановки числових значень отримуємо:

$$z_c = 0,14 \text{ м} \quad (2.26)$$

Головні центральні моменти інерції коливного тіла визначаються за формулами:

$$I_x = \sum_{i=1}^n \left[I_{xi} + m_i (y_{ci}^2 + z_{ci}^2) \right] \quad (2.27)$$

$$I_y = \sum_{i=1}^n \left[I_{yi} + m_i (x_{ci}^2 + z_{ci}^2) \right] \quad (2.28)$$

$$I_z = \sum_{i=1}^n \left[I_{zi} + m_i (x_{ci}^2 + y_{ci}^2) \right] \quad (2.29)$$

Власні моменти інерції складових частин коливного тіла визначаються за формулами:

$$I_{xi} = \frac{m_i}{12} (B_i^2 + h_i^2) \quad (2.30)$$

$$I_{yi} = \frac{m_i}{12} (l_i^2 + h_i^2) \quad (2.31)$$

$$I_{zi} = \frac{m_i}{12} (B_i^2 + l_i^2) \quad (2.32)$$

де h_i, B_i, l_i – габаритні розміри i -ї складової частини коливного тіла.

Після підстановки числових значень приймаємо:

$$I_x = 113 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; I_y = 360 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; I_z = 372 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \quad (2.33)$$

Необхідна збурююча сила одного віброзбудника визначається за формулою:

$$F = \left| \frac{A_{y\max}^0}{4 \left(\frac{z_c z_b}{I_x \omega^2} - \frac{1}{M \omega^2} \right)} \right| \quad (2.34)$$

Конструктивно приймаємо:

$$z_b = 0,4 \text{ м} \quad (2.35)$$

Після підстановки числових значень одержуємо:

$$F = \left| \frac{0,69 \cdot 10^{-3}}{4 \left(\frac{0,14 \cdot 0,4}{113 \cdot 188^2} - \frac{1}{750 \cdot 188^2} \right)} \right| = 7302 \text{ Н} \quad (2.36)$$

Отже, необхідна збурююча сила одного віброзбудника становить приблизно 7302 Н. Для практичного застосування віброзбудник доцільно вибирати із запасом за збурюючою силою.

Кут нахилу валів вібробудників визначається за формулою:

$$\beta \leq \arcsin \frac{A_{z\max}^0 M \omega^2}{4F} \quad (2.37)$$

Після підстановки значень:

$$\beta \leq \arcsin \frac{0,29 \cdot 10^{-3} \cdot 750 \cdot 188^2}{4 \cdot 7302} = 15,29^\circ \leq 18^\circ \quad (2.38)$$

Приймаємо:

$$\beta = 15^\circ \quad (2.39)$$

Координати прикладення збурюючих сил вібробудників визначаються за формулами:

$$x_B = \frac{A_{y\max} I_z \omega^2}{4x_L F} \quad (2.40)$$

$$z_B = \frac{A_{z\max} I_y \omega^2}{4x_L F \cos \beta} - x_B \operatorname{tg} \beta \quad (2.41)$$

Після підстановки розрахункових значень:

$$x_B = \frac{(1,04 \dots 1,38) \cdot 10^{-3} \cdot 372 \cdot 188^2}{4 \cdot 0,92 \cdot 7302} = 0,49 \dots 0,66 \text{ м} \quad (2.42)$$

Вертикальна координата встановлення вібробудників становить:

$$z_B = \frac{(0,44 \dots 0,58) \cdot 10^{-3} \cdot 360 \cdot 188^2}{4 \cdot 0,92 \cdot 7302 \cdot \cos 15^\circ} - 0,49 \operatorname{tg} 15^\circ = 0,2 \dots 0,4 \text{ м} \quad (2.43)$$

Приймаємо:

$$z_B = 0,40 \text{ м} \quad (2.44)$$

Прийняте значення відповідає попередньо заданому конструктивному положенню вібробудників. Тому додаткове уточнення збурюючої сили виконувати не потрібно.

Встановлена потужність електродвигунів визначається за залежністю:

$$N_y = k_N Q_B \quad (2.45)$$

де k_N – питома потужність. Для віброплощадок такого типу вона приймається у межах:

$$k_N = 1,8 \dots 2,0 \text{ кВт/т} \quad (2.46)$$

Для прийнятої вантажопідйомності віброплощадки 2 т отримаємо:

$$N_y = (1,8 \dots 2,0) \cdot 2 = 3,6 \dots 4,0 \text{ кВт} \quad (2.47)$$

Отже, для приводу віброзбудників доцільно прийняти електродвигуни сумарною встановленою потужністю близько 4 кВт. Остаточний вибір двигунів виконується з урахуванням стандартного ряду потужностей, умов пуску та режиму роботи установки.

За результатами розрахунку приймаємо такі основні параметри вібраційної установки: розрахункова вантажопідйомність віброплощадки – 2000 кг; частота коливань – 30 Гц; кутова частота – 188 с^{-1} ; кількість пружних опор – розрахункова 4 а для реалізації проекту приймаємо 6 для забезпечення стійкої роботи обладнання; збурююча сила одного віброзбудника – 7302 Н; кут нахилу валів віброзбудників – 15° ; встановлена потужність електродвигунів – близько 4 кВт.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Призначення рами, умови роботи та вибір типу заготовки






Рама вібраційної площадки є основним несучим елементом установки для ущільнення бетонної суміші у металоформі. Вона сприймає статичне навантаження від форми з бетонною сумішшю, а також динамічні навантаження, які виникають під час роботи віброзбудників. У проєктованій лінії така рама використовується для встановлення металоформи на чотири загороджувальні піраміди типу ПЗ-1 «Зуби дракона».

Конструктивно рама виконується зварною. До неї за допомогою болтових з'єднань кріпляться віброзбудники, а через пружні опори рама спирається на нерухому основу. Під час роботи віброплощадки коливання від віброзбудників передаються на раму, далі – на металоформу та бетонну суміш. Тому конструкція рами повинна мати достатню жорсткість, міцність і стійкість до втомних навантажень.

З урахуванням умов роботи для виготовлення рами приймаємо гарячекатаний швелер 16П за сортаментом ДСТУ 3436-96. Для верхньої плити, пластин під віброзбудники та ребер жорсткості приймаємо листовий гарячекатаний прокат товщиною 40 мм за ДСТУ 8540:2015. Такі заготовки є технологічними для виготовлення зварної рами, забезпечують потрібну міцність і допускають механічну обробку на універсальному обладнанні.

До основних вимог, які ставляться до рами віброплощадки, належать:

- достатня вантажопідйомність для встановлення металоформи з бетонною сумішшю;
- жорсткість зварної конструкції під час дії вібраційних навантажень;
- наявність місць для кріплення віброзбудників та пружних опор;
- технологічність виготовлення в умовах ремонтно-механічної або виробничої дільниці;

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат			
Розроб.		Канівець		15.06	Літ.	Лист	Листів
		Нестеренко		17.06	Н	44	
				18.06	ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.		Васильєв		18.06			
Затв.		Отисенко		18.06			

- можливість контролю геометрії після складання і зварювання.

Перед виготовленням рами необхідно вивчити креслення, визначити перелік деталей, виконати розмітку заготовок, підготувати матеріали та інструменти. Основними операціями є відрізання профільного прокату, розкрій листового металу, свердління отворів, складання, зварювання, рихтування та зачищення зварних швів.

3.2 Технологічний процес виготовлення рами

Виготовлення рами починається з аналізу конструкторської документації та підготовки заготовок. На цьому етапі визначаються габаритні розміри деталей, кількість заготовок, необхідний матеріал, припуски на обробку та послідовність операцій. Для зменшення похибок усі розміри необхідно перевіряти за кресленням, а розмічання виконувати на рівній плиті або розмічальному столі.

Першою операцією є відрізання заготовок зі швелера 16П. Для формування основного короба рами приймаємо заготовки: дві довжиною 1000 мм, дві довжиною 1712 мм та дві довжиною 872 мм. Відрізання може виконуватися на фрезерно-відрізнному верстаті 5В66 або на іншому відрізнному обладнанні, яке забезпечує необхідну точність і якість торця. Для контролю лінійних розмірів використовується металева лінійка або рулетка з чинною метрологічною повіркою, а для уточнення розмірів – штангенциркуль за ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Після відрізання профільного прокату виконують розмітку ребер жорсткості. Для цього лист товщиною 40 мм укладають на стіл, очищають поверхню від забруднень і наносять базові лінії. Розмітку виконують за допомогою лінійки, кутника, рисувалки, керна та молотка. Положення ліній і центрів майбутніх отворів необхідно перевіряти декілька разів, оскільки помилки на цьому етапі можуть призвести до перекосу рами або неточного

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

встановлення вібробудників.

Для виготовлення ребер жорсткості з листового прокату відрізаються заготовки необхідної форми. У вихідній конструкції для окремих ребер застосовуються розміри 528 мм, 80 мм, 160 мм і похила ділянка довжиною 188 мм під кутом 25°. Інші ребра розмічаються аналогічно. Після розмітки лист закріплюється у лещатах або на столі верстата, а відрізання виконується послідовними проходами по нанесених лініях.

Пластини під вібробудники виготовляються з листа товщиною 40 мм. Для них приймаються заготовки розмірами 275×188 мм. Крім того, для підсилення швелера та верхньої частини рами виготовляються пластини 140×56 мм і верхня плита 1828×988 мм. Розкрій листового прокату виконується так, щоб зменшити відходи металу та забезпечити зручність подальшого складання.

Наступною операцією є розмітка отворів на пластинах під вібробудники. На заготовку наноситься фарба або тонкий шар крейдяного розчину, після чого проводиться осьова лінія. Від осьової лінії відкладають розмір 56,5 мм в обидва боки, проводять паралельні лінії, а від базової сторони заготовки відкладають 42,5 мм. У точках перетину ліній керном намічають центри отворів. Такий порядок дозволяє забезпечити однакове розміщення отворів на обох пластинах.

Свердління отворів виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Н18. Для отворів діаметром 18 мм використовують спіральні свердла із циліндричним хвостовиком за ДСТУ ISO 235:2018. Заготовку надійно закріплюють у лещатах, після чого послідовно свердлять отвори. Після свердління діаметр отворів перевіряють штангенциркулем за ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

Окремо виконують розмітку і свердління отворів у ребрах жорсткості та елементах кріплення пружних опор. Для цього на заготовках наносять осьові лінії, відкладають необхідні розміри від країв швелера, кернять центри і виконують свердління. Після свердління видаляють задирки, а кромки отворів зачищають.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		46

Складальна операція виконується перед зварюванням. Спочатку на складальному столі виставляють елементи короба рами. Швелери довжиною 1000 мм та 1712 мм встановлюються у заданому положенні, перевіряються діагоналі та прямі кути. Після цього елементи прихоплюють зварюванням. Далі встановлюються швелери довжиною 872 мм, ребра жорсткості, верхня плита та пластини під віброзбудники.

Зварювання рами виконується ручним дуговим або напівавтоматичним способом. Підготовку кромки до зварювання доцільно виконувати з урахуванням вимог ДСТУ EN ISO 9692-1:2014, а якість зварних швів контролювати відповідно до ДСТУ ISO 5817:2016 або актуального гармонізованого стандарту ISO 5817:2023. Для даної конструкції особливу увагу потрібно приділяти швам у місцях встановлення віброзбудників і пружних опор, оскільки саме ці ділянки сприймають найбільші динамічні навантаження.

Складання рами виконується в такій послідовності:

- а) зварюється основний короб рами зі швелерів;
- б) встановлюються і прихоплюються поперечні швелери довжиною 872 мм;
- в) приварюються ребра жорсткості для підсилення рами;
- г) зверху встановлюється і приварюється плита розміром 1828×988 мм;
- д) рама повертається на 180° і встановлюються пластини жорсткості під віброзбудники;
- е) приварюються пластини під віброзбудники та перевіряється їхнє положення;
- ж) виконується остаточне проварювання швів, зачищення та контроль геометрії.

Після зварювання можливе незначне короблення рами. Для його усунення виконується рихтування. Операція проводиться за допомогою молотка, струбцин, притискних пристроїв та ручної шліфувальної машинки. Після рихтування зварні шви і кромки зачищають абразивним кругом, видаляють задирки та гострі виступи. Готова рама перевіряється за основними розмірами, діагоналями, площинністю верхньої плити та відповідністю отворів під

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		47

кріплення.

Для кращої організації виготовлення рами складаємо орієнтовний маршрут технологічного процесу, наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Маршрут виготовлення рами віброплощадки

№ операції	Назва операції	Обладнання та інструмент	Контроль
1	Вивчення креслення, підготовка матеріалу	Креслення, специфікація, карта розкрою	Перевірка комплектності
2	Розмітка швелерів і листових заготовок	Розмічальний стіл, лінійка, кутник, рисувалка, керн	Контроль розмірів
3	Відрізання швелерів	Фрезерно-відрізний верстат 5В66 або аналог	Довжина заготовок
4	Розкрій листових деталей	Відрізний верстат, плазмове або газове різання	Розміри деталей
5	Свердління отворів	Вертикально-свердильний верстат 2Н18	Діаметр і положення отворів
6	Складання рами на прихватках	Складальний стіл, кутники, струбцини	Діагоналі, прямолінійність
7	Зварювання	Зварювальний апарат, електроди або дріт	Візуальний контроль швів
8	Рихтування та зачищення	Молоток, шліфмашинка, абразивний круг	Площинність і відсутність задирок
9	Остаточний контроль	Лінійка, рулетка, штангенциркуль	Відповідність кресленню

3.3 Розрахунок норм часу при механічній обробці

Нормування часу виконується для визначення тривалості основних технологічних операцій, оцінювання завантаження обладнання та планування виробничої програми. У цьому підрозділі наведено розрахунок часу для основних операцій механічної обробки, які виконуються під час виготовлення рами віброплощадки.

Норма часу на виконання однієї операції визначається за формулою

$$T_{шт} = t_0 + t_{доп} + t_{об} + t_{ф} \quad (3.1)$$

де t_0 – основний машинний час, який витрачається безпосередньо на механічну обробку деталі, хв; $t_{доп}$ – допоміжний час на установлення та закріплення заготовки, пуск і зупинку верстата, зміну режимів різання, хв; $t_{об}$ – час на обслуговування робочого місця, хв; $t_{ф}$ – час на фізіологічні потреби працівника, хв.

Допоміжний час приймається у межах 30–50 % від основного машинного часу:

$$t_{доп} = (0,3 \dots 0,5)t_0. \quad (3.2)$$

Додатковий час на організаційне обслуговування робочого місця та фізіологічні потреби приймається у межах 5–8 % від операційного часу:

$$t_{дод} = (0,05 \dots 0,08)t_{опер} \quad (3.3)$$

де $t_{дод} = t_{об} + t_{ф}$.

Операційний час визначається як сума основного і допоміжного часу:

$$t_{опер} = t_0 + t_{доп}. \quad (3.4)$$

Основний час при фрезеруванні відрізною фрезою визначається за формулою

$$t_0 = \frac{L}{S_M} i \quad (3.5)$$

де L – довжина оброблюваної ділянки, мм; S_M – хвилинна подача, мм/хв; i – кількість проходів інструмента.

Довжина оброблюваної ділянки визначається за формулою

$$L = l + l_1 + l_2 \quad (3.6)$$

де l – довжина різання, мм; l_1 – величина врізання інструмента, мм; l_2 – величина перебігу інструмента, мм.

Визначимо норму часу для фрезерної операції відрізання заготовки пластини під вібробудник. Для чорнового відрізання приймаємо хвилину подачу $S_M = 170$ мм/хв. Величини врізання та перебігу приймаємо: $l_1 = 48,6$ мм; $l_2 = 3$ мм. З креслення деталі $l = 275$ мм, кількість проходів $i = 1$.

$$L = 275 + 48,6 + 3 = 326,6 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

$$t_0 = \frac{326,6}{170} = 1,92 \text{ хв.} \quad (3.8)$$

$$t_{\text{доп}} = (0,3 \dots 0,5) \cdot 1,92 = 0,576 \dots 0,96 \text{ хв.} \quad (3.9)$$

Для подальшого розрахунку приймаємо максимальне значення допоміжного часу $t_{\text{доп}} = 0,96$ хв. Тоді операційний час становить

$$t_{\text{опер}} = 0,96 + 1,92 = 2,88 \text{ хв.} \quad (3.10)$$

Додатковий час приймаємо за верхньою межею:

$$t_{\text{дод}} = (0,05 \dots 0,08) \cdot 2,88 = 0,144 \dots 0,230 \text{ хв.} \quad (3.11)$$

Норма часу на виконання фрезерної операції буде дорівнювати

$$T_{шт} = 1,92 + 0,96 + 0,23 = 3,11 \text{ хв.} \quad (3.12)$$

Операція відрізання окремої заготовки може складатися з декількох проходів. Для проходу фрезою по ділянці довжиною 188 мм приймаємо:

$$S_M = 170 \text{ мм/хв.} \quad (3.13)$$

$$l_1 = 48,6 \text{ мм}; l_2 = 3 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

$$l = 188 \text{ мм}; i = 1. \quad (3.15)$$

Тоді загальна довжина ходу інструмента становить

$$L = 188 + 48,6 + 3 = 239,6 \text{ мм.} \quad (3.16)$$

Основний час на один прохід:

$$t_0 = \frac{239,6}{170} = 1,41 \text{ хв.} \quad (3.17)$$

Допоміжний час:

$$t_{доп} = (0,3 \dots 0,5) \cdot 1,41 = 0,423 \dots 0,705 \text{ хв.} \quad (3.18)$$

Операційний час:

$$t_{опер} = 0,705 + 1,41 = 2,115 \text{ хв.} \quad (3.19)$$

Додатковий час:

$$t_{дод} = (0,05 \dots 0,08) \cdot 2,115 = 0,11 \dots 0,17 \text{ хв.} \quad (3.20)$$

Норма часу на виконання фрезерної операції для проходу довжиною 188 мм становить

$$T_{шт} = 1,41 + 0,71 + 0,17 = 2,26 \text{ хв.} \quad (3.21)$$

Якщо таку операцію необхідно виконати двічі, загальна норма часу буде

$$T_{\text{шт}} = 2 \cdot 2,26 = 4,52 \text{ хв.} \quad (3.22)$$

Норму часу на виконання розмітки приймаємо усереднено:

$$T_{\text{шт}} = 20 \text{ хв.} \quad (3.23)$$

Основний машинний час на виконання свердлильної операції визначається за формулою

$$t_{\text{очн}} = \frac{L \cdot i}{nS} \quad (3.24)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм; i – кількість проходів інструмента; n – частота обертання шпінделя, об/хв; S – подача за один оберт шпінделя, мм/об.

При свердлінні наскрізного отвору довжина оброблюваної ділянки визначається за формулою

$$L = l + l_1 + l_2. \quad (3.25)$$

Для свердління отвору діаметром до 70 мм приймаємо: $S = 0,25$ мм/об; $n = 360$ об/хв; $l = 20$ мм; $l_1 = 8,4$ мм; $l_2 = 2$ мм. Тоді

$$L = 20 + 8,4 + 2 = 30,8 \text{ мм.} \quad (3.26)$$

Операція виконується за чотири проходи, тобто $i = 4$:

$$t_{\text{очн}} = \frac{30,8 \cdot 4}{360 \cdot 0,25} = 1,37 \text{ хв.} \quad (3.27)$$

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = (0,3 \dots 0,5) \cdot 1,37 = 0,411 \dots 0,685 \text{ хв.} \quad (3.28)$$

Операційний час:

$$t_{\text{опер}} = 0,685 + 1,37 = 2,055 \text{ хв.} \quad (3.29)$$

Додатковий час:

$$t_{\text{дод}} = (0,05 \dots 0,08) \cdot 2,055 = 0,103 \dots 0,164 \text{ хв.} \quad (3.30)$$

Норма часу на виконання свердлильної операції становить

$$T_{\text{шт}} = 1,37 + 0,685 + 0,164 = 2,219 \text{ хв.} \quad (3.31)$$

Норму часу на складальну операцію орієнтовно приймаємо

$$T_{\text{шт}} = 30 \text{ хв.} \quad (3.32)$$

Норму часу на рихтувальну операцію орієнтовно приймаємо

$$T_{\text{шт}} = 10 \text{ хв.} \quad (3.33)$$

Для зручності результати нормування часу зведено у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Орієнтовні норми часу на виконання основних операцій

Операція	Норма часу, хв	Примітка
Фрезерне відрізання пластини під віброзбудник	3,11	Для проходу довжиною 275 мм
Фрезерне відрізання двох ділянок по 188 мм	4,52	Два проходи
Розмітка заготовок	20,00	Усереднене значення
Свердління отворів	2,219	Для прийнятого режиму свердління
Складання рами	30,00	Орієнтовно
Рихтування та зачищення	10,00	Орієнтовно

Загальна тривалість виготовлення рами становить 70 хв і залежить від кількості повторюваних операцій, числа однакових деталей, організації робочого місця та застосованого обладнання. Наведені розрахунки дають можливість орієнтовно оцінити трудомісткість виготовлення рами віброплощадки і можуть бути використані при складанні маршрутної технології.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		54

Особливу увагу необхідно приділяти роботі вібраційної площадки, оскільки під час ущільнення бетонної суміші виникають динамічні навантаження, вібрація та шум. Металоформа повинна надійно встановлюватися на рухомій рамі віброплощадки, а її зміщення під час роботи має бути виключене. Перед запуском обладнання необхідно перевіряти справність пружних опор, кріплення віброзбудників, стан електродвигунів, цілісність кабелів, а також відсутність сторонніх предметів у робочій зоні.

Усі рухомі та обертові частини обладнання повинні бути закриті захисними кожухами або огороженнями. До таких елементів належать приводні вали, муфти, ремінні та ланцюгові передачі, ролики конвеєра, шківни, барабани та відкриті частини електромеханічних приводів. Захисні кожухи повинні бути міцними, надійно закріпленими та не повинні ускладнювати технічне обслуговування обладнання.

Пуск вібраційної площадки, конвеєра та змішувального вузла повинен здійснюватися тільки після попереджувального сигналу. Для цього на лінії доцільно передбачити світлову або звукову сигналізацію. Також необхідно встановити аварійні кнопки зупинки обладнання в доступних місцях біля поста керування, віброплощадки, конвеєра та пропарювальної камери.

Електрообладнання лінії повинно відповідати вимогам електробезпеки. Усі електродвигуни, пульти керування, металеві корпуси машин і шафи керування необхідно заземлювати. Кабелі повинні бути захищені від механічних пошкоджень, дії вологи, цементного пилу та випадкового зачеплення транспортними засобами. Роботи з монтажу, ремонту та обслуговування електрообладнання дозволяється виконувати тільки працівникам, які мають відповідну групу з електробезпеки.

Під час приготування бетонної суміші необхідно враховувати небезпеку утворення цементного пилу. Завантаження цементу, піску та щебеню повинно виконуватися з мінімальним розпиленням матеріалів. Робоча зона біля приймального бункера та змішувача повинна періодично очищуватися від

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		56

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Проектування, монтаж і експлуатація мобільної лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів потребують обов'язкового дотримання вимог охорони праці, виробничої санітарії та безпеки життєдіяльності. До складу проектованої лінії входять вузол приготування бетонної суміші 4BUILD COMPACT-20, конвеєр подачі суміші, металоформа на вібраційній площадці, автокар для переміщення форми, пропарювальна камера та склад готових виробів. Кожен із цих елементів має свої потенційно небезпечні фактори, які необхідно враховувати під час організації технологічного процесу.

Безпечна експлуатація обладнання повинна здійснюватися відповідно до Закону України «Про охорону праці», НПАОП 26.6-1.02-00 «Правила охорони праці для працівників бетонних і залізобетонних заводів», ДСТУ EN ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання ризиків та зменшення ризиків», а також інших чинних нормативних документів, які регламентують вимоги до виробничого обладнання, електробезпеки, санітарних умов праці та організації робочих місць.

Основними небезпечними та шкідливими виробничими факторами під час роботи мобільної лінії є: рухомі частини бетонозмішувального обладнання, стрічкового конвеєра та приводу віброплощадки; підвищений рівень вібрації та шуму; можливість травмування під час встановлення та зняття металоформи; дія електричного струму; запиленість повітря при завантаженні цементу, піску та щебеню; можливість опіків при роботі з пропарювальною камерою; небезпека зіткнення з автокаром; падіння або перекидання важких залізобетонних виробів під час транспортування і складування.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ					
Розроб.	Канівець			15.06				Лім.	Лист	Листів
Перев.	Нестеренко			17.06				Н	55	
Керівник								Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		
Н. контр.	Васильєв			12.06						
Затв.	Отисенко			18.06						

залишків матеріалу, щоб уникнути ковзання працівників і забруднення механізмів. Працівники, які виконують роботи із сухими компонентами бетонної суміші, повинні користуватися респіраторами, захисними окулярами та рукавицями.

Конвеєр подачі бетонної суміші повинен мати захисні огороження в місцях контакту стрічки з барабанами та роликками. Забороняється очищати стрічку, роликки або приймальний лоток під час роботи конвеєра. У разі налипання бетонної суміші очищення дозволяється виконувати тільки після повної зупинки обладнання та відключення його від електроживлення.

Під час роботи з металоформою необхідно враховувати її значну масу та габарити. Встановлення форми на віброплощадку, її зняття після ущільнення та переміщення до пропарювальної камери повинні виконуватися за допомогою автокара або іншого вантажопідіймального обладнання. Працівникам забороняється перебувати під піднятою формою або між формою і нерухомими елементами обладнання. Переміщення форми повинно виконуватися плавно, без ривків і різких поворотів.

Автокар, який використовується для транспортування форми та готових виробів, повинен експлуатуватися тільки навченим працівником. Шляхи руху автокара необхідно позначити на підлозі виробничого майданчика. У зоні його руху не повинно бути сторонніх предметів, відкритих кабелів, залишків бетонної суміші або інших перешкод. Швидкість руху автокара повинна бути безпечною з урахуванням маси вантажу та умов оглядовості.

Пропарювальна камера є джерелом підвищеної температури та вологості, тому під час її експлуатації необхідно дотримуватися вимог теплової безпеки. Відкривання дверей камери дозволяється тільки після завершення режиму пропарювання та зниження температури до безпечного рівня. Працівники повинні користуватися рукавицями, спецодягом і захисним взуттям. У місці встановлення камери необхідно забезпечити вентиляцію та відведення надлишкової пари.

Складування готових захисних залізобетонних виробів повинно виконуватися на рівному та міцному майданчику. Вироби необхідно розміщувати так, щоб виключити їх перекидання, самовільне зміщення або пошкодження. Між рядами виробів повинні залишатися проходи для безпечного пересування працівників і проїзду транспортних засобів. Забороняється встановлювати вироби на нестійку основу або складувати їх з порушенням допустимої висоти.

Організація робочих місць повинна забезпечувати вільний доступ до обладнання, достатню освітленість, справну вентиляцію та безпечне розміщення органів керування. Робоча зона біля віброплощадки, конвеєра, змішувача та пропарювальної камери повинна бути очищена від сторонніх предметів. На небезпечних ділянках необхідно встановити попереджувальні знаки, огороження та інформаційні таблички.

Для захисту працівників передбачається використання засобів індивідуального захисту. До них належать захисна каска, спецодяг, рукавиці, захисне взуття з твердим носком, сигнальний жилет, захисні окуляри, респіратор при роботі з цементом і сухими матеріалами, а також засоби захисту слуху при тривалій роботі біля вібраційної установки.

До роботи на лінії допускаються тільки працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи та ознайомлені з інструкціями з експлуатації обладнання. Перед початком зміни необхідно перевірити технічний стан основних вузлів лінії, справність огорожень, заземлення, аварійних вимикачів, сигналізації та робочого інструменту.

Планове технічне обслуговування обладнання повинно проводитися відповідно до графіка. Під час огляду перевіряють стан вібробудників, кріпильних елементів, пружних опор, електродвигунів, конвеєрної стрічки, підшипників, кабелів, пультів керування та захисних кожухів. Усі виявлені несправності повинні бути усунені до початку роботи.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		58

Висновки

Розроблено проєкт лінії для виготовлення захисних залізобетонних виробів спеціального призначення з розробленням вібраційної установки для ущільнення бетонної суміші у металоформі. Лінія призначена для виробництва загороджувальних пірамід типу ПЗ-1 «Зуби дракона», які можуть використовуватися для обмеження доступу, облаштування захисних рубежів та підвищення безпеки територій.

Виконано огляд обладнання для виробництва залізобетонних виробів спеціального призначення. Розглянуто основні види технологічного обладнання, що застосовується для приготування, транспортування, формування та ущільнення бетонних сумішей. Окрему увагу приділено конструкціям вібраційних машин для ущільнення бетонів, зокрема віброплощадкам, ударно-вібраційним установкам і двотумбовим віброплощадкам.

Запропоновано технологічну схему мобільного комплексу для виготовлення захисних залізобетонних елементів. До складу лінії включено вузол приготування бетонної суміші 4BUILD COMPACT-20, конвеєр подачі суміші, металоформу на 4 вироби, вібраційну площадку, автокар для транспортування форми, пропарювальну камеру та склад готової продукції. Прийнята змінна продуктивність лінії становить 80 виробів за зміну. За умови використання форми на 4 вироби кількість формувальних циклів становить 20 за зміну, а середній час одного циклу – близько 24 хв.

Виконано розрахунок основних параметрів вібраційної установки. Прийнято розрахункову вантажопідйомність віброплощадки 2000 кг, частоту коливань 30 Гц та кутову частоту 188 с^{-1} . Визначено допустимі амплітуди

ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат
Розроб.		Канівець		15.06
Перев.		Нестеренко		17.06
Керівн.				
Н. контр.		Васильєв		12.06
Затв.		Орисенко		18.06
Висновки				
			Лім.	Лист
			Н	
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»				

Список літератури

1. ДСТУ EN 13369:2022. Загальні правила для збірних залізобетонних виробів (EN 13369:2018, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
2. ДСТУ EN 206:2022. Бетон. Специфікація, продуктивність, виробництво та відповідність (EN 206:2013+A2:2021, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
3. ДСТУ EN 12390-2:2024. Випробування бетону. Частина 2. Виготовлення зразків та умови їх тверднення для випробування на міцність (EN 12390-2:2019, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
4. ДСТУ EN 12390-3:2024. Випробування бетону. Частина 3. Міцність зразків на стиск (EN 12390-3:2019, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
5. ДСТУ EN 12390-4:2024. Випробування бетону. Частина 4. Міцність на стиск. Технічні вимоги до випробувальних машин (EN 12390-4:2019, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
6. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT). Київ : Мінрегіон України, 2012.
7. Бекетова М. Розрахунок конструктивних параметрів вібраційної машини. Збірник наукових праць «Галузеве машинобудування, будівництво». 2024. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2024.63.3887>.
8. Васильєв О. С., Яковенко А. Аналіз параметрів вібраційної установки, що впливають на якість ущільнення. Збірник наукових праць «Галузеве машинобудування, будівництво». 2023. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2023.60.3182>.
9. Маслов О. Г., Бацаіхан Ж. Дослідження робочого режиму площинного глибинного ущільнювача бетонних сумішей з вібробудувачем кругових коливань.

ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ							
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дат	Список літератури		
Розроб.	Канівець		15.06				
Перев.	Нестеренко		17.06				
Керівник							
Н. контр.	Васильєв		17.06				
Затв.	Орисенко		18.06				
					Лім.	Лист	Листів
					Н		
					Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»		

горизонтальних і вертикальних коливань рухомої рами, які забезпечують ефективне ущільнення бетонної суміші без порушення стабільності форми. Для встановлення рухомої рами прийнято 4 пружні опори. Розрахована збурююча сила одного віброзбудника становить 7302 Н, кут нахилу валів віброзбудників прийнято 15°, а сумарна встановлена потужність електродвигунів – близько 4 кВт.

Розроблено технологічну частину виготовлення рами вібраційної площадки. Рама розглядається як зварна металоконструкція, що сприймає статичні та динамічні навантаження під час віброущільнення бетонної суміші.

У розділі з безпеки життєдіяльності проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникати під час експлуатації мобільної лінії. До них належать рухомі частини обладнання, вібрація, шум, пил від сухих компонентів бетонної суміші, небезпека ураження електричним струмом, ризики при переміщенні металоформ автокаром та вплив підвищеної температури у зоні пропарювальної камери. Запропоновано заходи безпеки, зокрема застосування захисних кожухів, заземлення електрообладнання, аварійних вимикачів, сигналізації, засобів індивідуального захисту та організацію безпечних маршрутів переміщення форм і готових виробів.

Розроблена лінія має мобільну структуру, що дозволяє організувати виробництво захисних залізобетонних виробів без будівництва великого стаціонарного бетонного заводу. Використання компактного комплексу 4BUILD COMPACT-20 забезпечує приготування бетонної суміші безпосередньо на виробничому майданчику, а застосування спеціально спроектованої вібраційної площадки дозволяє підвищити якість ущільнення бетонної суміші у металоформі.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		60

Збірник наукових праць «Галузеве машинобудування, будівництво». 2019. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2019.52.1662>.

10. Коротич Ю. Ю. Визначення узагальнених сил вібраційного столу. Збірник наукових праць «Галузеве машинобудування, будівництво». 2023. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2023.60.3108>.

11. Korobko B., Zhyhylyi S., Korotych Y. Determination of the vibrating table kinetic energy. Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2022.59.3095>.

12. Nesterenko M., Nesterenko M., Orysenko O., Sklyarenko T. Vibrating tables with the spatial oscillations of the moving frame technological properties for forming reinforced concrete products. Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. 2019. DOI: <https://doi.org/10.26906/znp.2019.53.1881>.

13. KARMEL. Бетонні заводи та комплектуючі : офіційний сайт виробника обладнання для виробництва бетону. URL: <https://karmel.ua/uk>

14. WALDER. Продукція: мобільні та швидкокомтовані бетонозмішувальні вузли : офіційний сайт виробника бетонних заводів. URL: <https://walder.ua/production/>

15. ACI Committee 309. ACI 309R-05: Guide for Consolidation of Concrete. Farmington Hills : American Concrete Institute, 2005. URL: https://www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/Previews/30905_2pager.pdf

16. Precast/Prestressed Concrete Institute. MNL-116-21: Manual for Quality Control for Plants and Production of Structural Precast Concrete Products. 5th ed. Chicago : PCI, 2021. URL: https://www.pci.org/PCI_Docs/Certification/Plant/MNL-116-21.pdf

17. Roussel N., Gram A., Cremonesi M., Ferrara L., Krenzer K., Mechtcherine V., Shyshko S., Skocek J., Spangenberg J. Vibration of fresh concrete understood through the paradigm of granular physics. Cement and Concrete Research. 2019. Vol. 115. P. 31–42. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2018.09.005>

18. Juradin S., Baloević G., Harapin A. Impact of vibrations on the final characteristics of normal and self-compacting concrete. Materials Research. 2014. Vol.

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

17, No. 1. P. 178–185. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-14392013005000201>

19. ELKON. Precast Concrete Batching Plants : official website of concrete batching plant manufacturer. URL: <https://www.elkon.net/products/bespoke-and-precast-concrete-batching-plants-concrete-transport-systems/precast-concrete-batching-plants/custom-made-solutions/>

20. Bianchi Casseforme. Vibration equipment for precast concrete : official website of precast concrete equipment manufacturer. URL: <https://www.bianchicasseforme.it/en/accessories/vibration/>

					ГММ.401ММ.007-00.00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ОПЕРАЦІЙНО-МАРШРУТНА КАРТА **технологічного процесу виготовлення рами віброплощадки**

Карта розроблена для зварної рами віброплощадки, що використовується як несучий елемент установки для ущільнення бетонної суміші у металоформі. Рама сприймає статичне навантаження від форми з бетонною сумішшю та динамічні навантаження від віброзбудників, тому технологічний процес передбачає підготовку профільного і листового прокату, розкрій, свердління, складання, зварювання, рихтування та контроль геометрії виробу.

Матеріал основних елементів: швелер гарячекатаний 16П за ДСТУ 3436-96; листовий гарячекатаний прокат товщиною 40 мм за ДСТУ 8540:2015. Для контролю розмірів застосовують лінійку, рулетку та штангенциркуль за ДСТУ EN ISO 13385-1:2018. Підготовку кромок і контроль якості зварних швів доцільно виконувати з урахуванням вимог ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 та ДСТУ ISO 5817:2016.

Таблиця 1 – Загальні відомості про технологічний процес

Найменування виробу	Тип виробництва	Основні матеріали	Вид заготовки
Рама віброплощадки	Одиничне або дрібносерійне	Швелер 16П; листовий прокат 40 мм	Профільний і листовий прокат з припуском на розкрій та обробку

Таблиця 2 – Операційно-маршрутна карта виготовлення рами

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання, оснащення та інструмент	Технічні вимоги і контроль	Норма часу, хв
005	Підготовча	Вивчити креслення та специфікацію; перевірити наявність швелера 16П, листового прокату 40 мм, електродів або зварювального дроту; підготувати карту розкрою.	Креслення, специфікація, карта розкрою, робочий стіл.	Комплектність матеріалів, відповідність марок і розмірів заготовок заданню.	10,0
010	Розмічальна	Очистити поверхні заготовок; нанести базові лінії; розмітити швелери довжиною 1000, 1712 і 872 мм; розмітити листові деталі, ребра жорсткості, верхню плиту та пластини під вібробудники.	Розмічальний стіл, металева лінійка, рулетка, кутник, рисувалка, керн, молоток, крейдяний розчин.	Перевірити правильність базування, паралельність ліній, положення центрів отворів і припуски на обробку.	20,0
015	Відрізна	Відрізати швелери: 2 шт. L=1000 мм, 2 шт. L=1712 мм, 2 шт. L=872 мм. Виконати торцювання при необхідності.	Фрезерно-відрізний верстат 5В66 або аналог, затискні пристрої, відрізна фреза.	Довжина заготовок за кресленням, перпендикулярність торців, відсутність значних задирок.	за фактом розкрою

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання, оснащення та інструмент	Технічні вимоги і контроль	Норма часу, хв
020	Розкрій листового металу	Вирізати верхню плиту 1828×988 мм, пластини під вібробуддники 275×188 мм, підсилювальні пластини 140×56 мм, ребра жорсткості згідно з розміткою.	Плазмова або газова різка, відрізний верстат, трубки, захисні екрани.	Відповідність контуру деталям; мінімальні відхилення розмірів; відсутність пропалів і грубих наплівів.	15,0
025	Зачисна після розкрою	Зняти граг, окалину, гострі кромки; вирівняти місця різання; підготувати поверхні до складання і зварювання.	Кутова шліфувальна машина, абразивні круги, напилки, щітка по металу.	Кромки без гострих виступів; поверхні чисті, придатні для розмітки, складання і зварювання.	8,0
030	Свердлильна	Накернити центри; просвердлити отвори у пластинах під вібробуддники і елементах кріплення пружних опор; зняти задирки з отворів.	Вертикально-свердлильний верстат 2Н18, свердла за ДСТУ ISO 235:2018, лещата, охолоджувальна рідина.	Діаметр отворів, міжосьові відстані, перпендикулярність свердління, відсутність задирок.	2,22 на прийнятний цикл
035	Складальна на прихватках	Встановити швелери на складальному столі; виставити основний короб; перевірити прямі кути та діагоналі; виконати прихватки; встановити поперечні швелери, ребра, плиту і пластини під вібробуддники.	Складальний стіл, кутники, трубки, прихватний зварювальний апарат, шаблони, рулетка.	Рівність діагоналей, співвісність елементів, положення отворів і пластин, відсутність перекосу.	30,0

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання, оснащення та інструмент	Технічні вимоги і контроль	Норма часу, хв
040	Зварювальна	Виконати зварювання основного короба, поперечин, ребер жорсткості, верхньої плити та пластин під вібробудувальники. Проварювання здійснювати симетрично, щоб зменшити короблення.	Зварювальний напівавтомат або апарат ручного дугового зварювання, електроди/дріт, заземлення, захисні засоби.	Суцільність і рівномірність швів; відсутність підрізів, непроварів, тріщин; контроль за ДСТУ ISO 5817:2016.	35,0
045	Рихтувальна	Після охолодження перевірити короблення; виконати рихтування рами; усунути локальні деформації; повторно перевірити геометрію.	Молоток, прес або домкрати, струбцини, контрольна плита, лінійка, рівень.	Площинність верхньої плити, паралельність сторін, рівність діагоналей, відсутність залишкових деформацій.	10,0
050	Зачисна після зварювання	Зачистити зварні шви, бризки металу і гострі кромки; підготувати поверхню до контролю та захисного покриття.	Кутова шліфувальна машина, абразивні круги, щітка по металу, напилки.	Шви зачищені без ослаблення перерізу; поверхні без задирок і небезпечних гострих кромок.	12,0
055	Контрольна	Провести остаточний контроль габаритів, діагоналей, положення отворів, площинності, якості швів і комплектності виробу.	Рулетка, лінійка, штангенциркуль, кутник, рівень, шаблони, візуально-вимірвальний контроль.	Відповідність кресленню; готовність рами до фарбування, монтажу вібробудувальників і встановлення на пружні опори.	10,0

№ операції	Назва операції	Зміст переходів	Обладнання, оснащення та інструмент	Технічні вимоги і контроль	Норма часу, хв
060	Захисно-оздоблювальна	Знежирити поверхні; нанести ґрунтовку і лакофарбове покриття або консерваційний склад; промаркувати виріб.	Щітка, знежирювач, ґрунтовка, фарба, фарборозпилювач або пензель, маркувальні засоби.	Рівномірність покриття, відсутність пропусків; маркування відповідає документації.	15,0

Примітка. Норми часу наведені орієнтовно для умов одиничного або дрібносерійного виробництва. Фактична тривалість операцій залежить від кількості однакових деталей, оснащення робочого місця, способу різання, кваліфікації виконавця та прийнятого способу зварювання.

Таблиця 3 – Перелік основного обладнання, інструменту та засобів контролю

Група	Найменування	Призначення
Верстати	Фрезерно-відрізний верстат 5В66 або аналог	Відрізання швелерів і листових заготовок
Верстати	Вертикально-свердильний верстат 2Н18	Свердління кріпильних отворів
Зварювальне обладнання	Апарат ручного дугового або напівавтоматичного зварювання	Прихватки та остаточне зварювання рами
Складальне оснащення	Складальний стіл, кутники, струбцини, шаблони	Виставлення, фіксація і перевірка елементів перед зварюванням
Слюсарний інструмент	Кутова шліфувальна машина, абразивні круги, напилки, щітки	Зачищення кромки, швів, задирок і окалини
Засоби контролю	Рулетка, лінійка, штангенциркуль, рівень, кутник	Контроль розмірів, діагоналей, отворів і площинності

Технічні вимоги до виконання робіт

- Перед складанням усі елементи рами мають бути очищені від бруду, іржі, окалини та мастильних матеріалів.
- При складанні необхідно контролювати діагоналі основного короба рами, пряmolінійність швелерів і правильність розташування поперечних елементів.
- Зварювання потрібно виконувати симетрично, короткими ділянками або з чергуванням зон проварювання для зменшення температурних деформацій.
- Після зварювання обов'язково перевіряють площинність верхньої плити, положення кріпильних отворів і якість швів у місцях встановлення вібробудників.
- Готова рама допускається до монтажу після зачищення, рихтування, контролю геометрії та нанесення захисного покриття.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			ГММ.401-ММ.004-01.00.000СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
БК	1		ГММ.401-ММ.004-01.00.001	Лонжерон		
				Швеллер	2	39 кг
БК	2		ГММ.401-ММ.004-01.00.002	Поперечина		
				Швеллер	2	22 кг
БК	3		ГММ.401-ММ.004-01.00.003	Поперечина середня		
				Швеллер	2	19,25 кг
	4		ГММ.401-ММ.004-01.00.004	Опора		
				Швеллер	6	3,52кг

				ГММ.401-ММ.004-01.00.000			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Канівець		15.06			
Перев.		Нестеренко		17.06	Н		1
Н.контр.		Васильєв		17.06	Рама нижня 2026		
Затв.		Орисенко		14.06			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			ГММ.401-ММ.004-02.00.000СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
БК	1	ГММ.401-ММ.004-02.00.001	Лонжерон	Швеллер	2	39 кг
БК	2	ГММ.401-ММ.004-02.00.002	Поперечина	Швеллер	2	22 кг
БК	3	ГММ.401-ММ.004-02.00.003	Поперечина середня	Швеллер	2	19,25 кг
	4	ГММ.401-ММ.004-02.00.004	Пластина		2	
	5	ГММ.401-ММ.004-02.00.005	Ребро		4	
	6	ГММ.401-ММ.004-02.00.006	Лист		1	
	7	ГММ.401-ММ.004-02.00.007	Опора	Швеллер	6	3,52кг

				ГММ.401-ММ.004-02.00.000			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лім.	Лист	Листів
Розроб.		Канівець		15.06			
Перев.		Нестеренко		17.06	н		1
Н.контр.		Васильєв		17.06	Рама верхня 2026		
Затв.		Орисенко		17.06			