

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і
будівництва

“Допустити до захисту”
Зав. кафедри БДМБ канд. техн. наук, проф.
_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ
_____ "___" _____ 2026 р.

**Кваліфікаційна магістерська робота на
тему:**

***" Дослідження віброустановки для формування дрібно –
розмірних бетонних елементів з метою оптимізації
параметрів"***

Виконав: здобувач
групи ГМ-24М-2 (1,9)
спеціальності
133 “Галузеве машинобудування”
_____ Олександр ЛІСОВСЬКИЙ
_____ "___" _____ 2026 р.

Керівник кваліфікаційної магістерської роботи,
к.т.н., професор
_____ Владислав НАСТОЯЩИЙ
_____ "___" _____ 2026 р.

Кропивницький
2026

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування",
Освітня програма " Галузеве машинобудування "
Освітній рівень "магістр"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
Проф. Настоящий В.А.

“ ____ ” _____ 2026 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ
Лісовському Олександру Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту “ Дослідження віброустановки для формування дрібно – розмірних бетонних елементів з метою оптимізації параметрів.”

Керівник проекту к.т.н. проф. Настоящий Владислав Анатолійович

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ____ ” _____ 2026 року № ____

2. Строк подання студентом проекту 25 травня 2026р.

3. Вихідні дані до проекту

1.Об'єкт дослідження—віброплощадка з двома дебалансними віброзбудниками вантажопідйомністю до 12т.

2. Продукт,що отримується— декоративно-дорожні бетонні елементи.

3. Мета дослідження-на підставі аналізу динамічної моделі встановити закономірності руху робочого органу, виконати необхідні розрахунки основних вузлів та деталей.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

1.Огляд наукової і патентної інформації визначення завдання дослідження.

2.Аналітичні дослідження закономірностей простороого руху робочого органу з двома дебалансними віброзбудниками

3.Обґрунтування конструкції та технологічних параметрів

віброплощадки.4.Розрахунок віброзбуджувача. 5. Розрахунок пружної опори.

6.Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

7.Розробка заходів з охорони праці

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

1.Розрахункові схеми, динамічні моделі та результати досліджень.

2.Загальний вид віброплощадки

3.Загальний вид віброзбуджувача. 4. Робочий орган віброплощадки.

5.Удосконалений дебаланс.

6.Робочі креслення деталей.

Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Дослідницький	к.т.н. проф. Настоящий В.А.		
Охорона праці	к.т.н. доцент Лізунков О.В..		

7. Дата видачі завдання 11.02 2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

1	<i>Призначення і галузі застосування</i>	18.03.2026	
2	<i>Огляд наукової і патентної інформації</i>	25.03.2026	
3	<i>Дослідження конструкції, встановлення, оптимальних параметрів</i>	5.04. 2026	
4	<i>Розрахунки, що підтверджують працездатність.</i>	15.04. 2026	
5	<i>Розробка складальних і робочих креслень віброформи, вузлів та деталей.</i>	6.05.2026	
6	<i>Охорона праці</i>	25.05.2026	
8	<i>Оформлення альбому документів</i>	30.05.2026	

Здобувач

(підпис)

Лісовський О. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Настоящий В.А.

(прізвище та ініціали)

В С Т У П

В період військового стану актуального значення в будівельної галузі України набуває виготовлення бетонних виробів в тому числі дрібно-розмірних для використання в оборонних та захисних спорудах. Основним технологічним обладнанням для формування бетонних дрібно-розмірних плит являються віброплощадки різної вантажопідйомності та конструкцій, які використовуються на заводах і полігонах збірного залізобетону України.

Але в більшості випадків параметри віброплощадок приймаються без урахування особливостей віброформування дрібно розмірних виробів, До теперішнього часу не сформована методика вибору параметрів ефективного віброформувального обладнання для формувальних постів, яка забезпечує якісне ущільнення бетонних дрібно розмірних плит.

Тема наукової роботи – дослідження віброустановки для виготовлення бетонних дрібно розмірних плит.

Актуальність цієї теми полягає в тому, що із зростанням попиту на використання бетонних дрібно розмірних плит, в тому числі для оборони держави виникає потреба в більш досконалому обладнанні.

Об'єктом наших досліджень є віброустановка для приготування бетонних дрібно розмірних плит.

Предметом дослідження є вдосконалення конструкції віброустановки.

Тому мета наукового дослідження полягає в тому, щоб спроектувати більш досконалу установку для виготовлення бетонних дрібно розмірних плит.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ						
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Лісовський			Віброплощадка для формування дрібно — розмірних бетонних елементів. Пояснювальна записка				Літ.	Лист	Листів
Перевір.		Настоящий									
Т.контр.									ЦНТУ гр. ГМ-24М-2 (1,9)		
Н. Контр.		Карпшин									
Затверд.		Настоящий									

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ ,ОГЯД НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ТА ПАТЕНТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ, ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Типи бетонних бетонних дрібно розмірних плит та аналіз існуючих способів їх формування із бетонних сумішей

До дрібно розмірних плит відносяться бетонні тротуарні плити , відповідно ДСТУ Б В.2.7-238:2010 «Плити бетонні тротуарні» передбачає виготовлення плит з важкого та дрібнозернистого залізобетону по ДСТУ Б В.2.7-43-96 з кліматичним виконанням УХЛ по ДСТУ 8538:2015, призначених для збірних покриттів тротуарів автодоріг, мостових переходів, , зупинкових майданчиків громадського та військового транспорту тощо.

Плити поділяють на типи у залежності від конфігурації на: квадратні (К), прямокутні (П), шестикутні (Ш), фігурні (Ф), елементи декоративно-дорожні (ЕДД) та для окантувальні чотирьох і п'ятикутні для окантування шестикутних плит та п'ятикутні для окантування квадратних і прямокутних плит при діагональному їх укладанні. Розмір сторін тротуарних плит в залежності від їх типу сягає 1000 мм і більше. При розмірах сторін понад 750 мм передбачається армування плит.

Плити можуть виготовлятися одно- або двохшаровими з товщиною верхнього шару бетону (як правило кольорового) не менше 20 мм.

Конструкція тротуарних плит з масою понад 50 кг повинна передбачати вантажопідйомні роботи (перенесення, транспортування, навантаження та транспортування, розвантаження, складування та укладання) за допомогою спеціальних вакуумних захоплювачів, а при їх відсутності – цанговими захоплювачами через спеціально передбачені отвори в плитах або стропами за монтажні петлі.

Водопоглинання готових тротуарних плит не повинна перевищувати по масі 5% для виробів із важких бетонів та – 6% для виробів із дрібнозернистих

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бетонів. Водоцементне співвідношення не повинне перевищувати 0,4. Стирання плиток регламентується ДСТУ Б В.2.6-2-95 «Конструкції будинків і споруд. Вироби бетонні і залізобетонні. Загальні технічні умови» та встановлюється замовником продукції. Також плити повинні відповідати вимогам по морозостійкості.

В таблиці 1.1. надано перелік нормативних документів для підбору складу бетонів

ДСТУ	Назва документа	Признання
ДСТУ Б В.2.7-43-96	Бетони важкі. Технічні умови	Визначає склад бетонів
ДСТУ Б В.2.7-96-2000	Суміші бетонні. Технічні умови	Вимоги приготування бетонних сумішей
ДСТУ Б В.2.7-32-95	Будівельні матеріали.	Вимоги до дрібних заповнювачів для бетонів таких як природні, збагачені та фракціоновані піски
ДСТУ Б В.2.7-74-98	Будівельні матеріали	Вимоги до крупних заповнювачів бетонів таких як щебінь, гравій, доменний шлак

У номенклатурі підприємств залізобетонних конструкцій тротуарні плитки займають значне місце. Їх виготовляють різних розмірів та конструкцій із бетонних сумішей, які різняться за складом і властивостями, а це в свою чергу обумовлює застосування різних способів формування та використання різноманітного обладнання.

У сучасних технологічних процесах виготовлення тротуарних плиток застосовують способи формування литтям, вібруванням, пресуванням, а також їх комбінації. Існуючі способи можна класифікувати за видами

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

механічної дії на бетонну суміш. Кожен із них має свої переваги та недоліки, а їх застосування визначається вимогами до виробу, що формується.

Формування методом лиття. Формування методом лиття оснований на властивості рухливих бетонних сумішей ($OK=15-20$ см) заповнювати форму без застосування будь якого механічного впливу. Початково висока рухливість бетонних сумішей досягалась введенням підвищеної кількості води і цементу. Проте, бетони виготовлені із таких сумішей мали малу міцність, щільність та однорідність. Вирішенням даної проблеми, на сьогодні, є використання пластифікаторів та суперпластифікаторів, які дозволяють розрідити бетонну суміш без підвищення у ній рідкої фази. Бетони при цьому не розшаровуються і зберігають однорідність при укладанні.

Литтьовому формуванню властиві: економія цементу (у разі використання пластифікаторів) та енергії при виготовленні бетонних сумішей та їх формуванні, низьке спрацювання форм, покращення умов праці на формувальних постах. Незважаючи на перелічені переваги слід відмітити, що даний спосіб має ряд недоліків, які обмежують його застосування. Сюди слід віднести: неможливість миттєвого розпалублювання відформованих виробів, високі вимоги до форм (вони повинні бути герметичними, нерозбірними з пружними бортами і розрахованими на підвищений гідростатичний тиск), значно нижчу міцність виробів у порівнянні з виготовленими за технологіями, які використовують у процесі формування механічний вплив.

Формування пресуванням. У основу пресування покладено механічне обезводнення рухливих бетонних сумішей, а також примусове переміщення частинок з метою їх найбільш компактного розташування та ущільнення при формуванні виробів із жорстких та особливо жорстких сумішей, які мають значне внутрішнє тертя. При виготовленні виробів використовують спеціальні пресові установки.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеним способом формування різноманітних бетонних та залізобетонних виробів є вібраційний. Цей спосіб при простоті обладнання та високій ефективності дає можливість формувати вироби із сумішей з малою ступінню рухомості, що значно знижує витрати цементу, покращує структуру бетону і сприяє швидкому зростанню міцності у ранньому віці. За різними літературними джерелами з використанням вібрації виготовляють близько 85 - 90% різного виду залізобетонних виробів і конструкцій.

Найбільш раціональними видами коливань при формуванні плитних виробів на віброплощадках вважають кутові - відносно вертикальної, або горизонтальної осей форми і прямолінійні - для віброосердя.

1.2. Проблеми вібраційного формування залізобетонних та бетонних виробів

У виробництві бетонних та залізобетонних виробів формування є основною операцією і від його якості залежать як фізико-механічні властивості бетону, що ущільнюється, так і товарний вигляд готових виробів. При формуванні виробів найбільше поширення одержали способи ущільнення бетонних сумішей із застосуванням вібраційних механізмів.

Ущільнення бетонних сумішей за допомогою вібрації розглядався як основний спосіб. І хоча принципові вимоги до споживчих якостей виробів змінювалися мало, підприємства збірного залізобетону за ці роки багато разів змінювали типи віброформовочного устаткування.

У розвиток теорії вібраційної техніки і вібраційного ущільнення бетонних сумішей свій внесок внесли ряд відчизняних учених: О.Г. Маслов, І.І. Назаренко, К.О. Олехнович, Л.І. Сердюк, В.Й. Сивко, М.П. Нетеренко та ін.[1 – 5].

До основних параметрів режиму віброущільнення відносяться: амплітуда вібропереміщень, частота коливань і час вібраційного впливу на бетонну суміш. Часто ефект вібраційного ущільнення бетонної суміші

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оцінювався добутком амплітуди вібропереміщень і частоти коливань або амплітуди вібропереміщень і квадрата частоти коливань, що відповідно є віброшвидкістю і віброприскоренням коливань. У своїх дослідженнях В.И. Шмигальский стверджував, що ефект вібраційного впливу найбільш повно характеризується критерієм "інтенсивність вібрації", що представляє добуток квадрата амплітуди вібропереміщень і куба частоти коливань [4], причому технологічна ефективність вертикально спрямованих гармонійних коливань залишається незмінною при різному сполученні амплітуд і частот, якщо зазначений добуток залишається незмінним.

К.О. Олехнович, вивчаючи інтенсивність періодичного руху робочих органів різних типів вібромашин увів критерій "питома потужність динамічного впливу" (м. д. в.) [4]. Для поширених вібромашин із зарезонансними гармонійними коливаннями критерій може бути поданий формулою

$$N_0 = \left(\frac{m_0 r_0}{M_n} \right)^2 \frac{\omega^3}{2\pi} \quad (1.1)$$

де $m_0 r_0$ - статичний момент дебалансів;

M_n - приведена маса коливальної системи, що представляє суму мас робочого органа, форми і деякої частини бетонної суміші;

ω - кутова швидкість коливань.

Цей критерій має енергетичний характер і зручно зв'язаний із динамічними в конструктивними параметрами віброформовочних машин, дозволяє зіставити їхні технологічні ефективності на стадії проектування.

Помноживши чисельник і знаменник залежності (1.1) на кутову швидкість коливань ω і позначивши при цьому $m_0 r_0 \omega = F_0$, одержимо співвідношення змушуючих сил для різних частот коливань при незмінній потужності динамічного впливу

$$\frac{F_{01}}{\omega_1} = \frac{F_{02}}{\omega_2} \quad \text{або} \quad F_{01} = F_{02} = \sqrt{\frac{\omega_2}{\omega_1}} \quad (1.2)$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наиведені залежності (1.2) показують перевагу низькочастотних коливань, яка полягає в тому, що зменшивши частоту коливань при однаковій потужності динамічного впливу, можна одержати більш «м'яккі» режими вібрації по змушуючій силі і амплітудному значенню віброприскорення.

Розглянуті вище критерії інтенсивності вібрації дозволяють врахувати технологічні можливості віброформовочного устаткування, однак не одержала загального і повного визнання з боку науковців і конструкторів.

1.3. Різновиди й оцінка експлуатаційних якостей існуючих віброплощадок

На рис. 1.3 наведене узагальнення всіх різновидів віброплощадок. Деякі з них у даний час використовуються для формування тротукрних плиток. На рисунках 1.1 і 1.2 приведені принципові схеми основних типів віброплощадок.

Віброплощадки з круговими коливаннями (рис. 1.1, а) являють собою суцільну раму з прикріпленням до неї одним або декількома вібробудниками, розташованими уздовж поперечної або поздовжньої осі віброплощадки. Віброплощадки цього типу вантажопідйомністю до 6 т уперше були виготовлені за проектом Е.П. Миклашевського [4] і одержали широке поширення в перші післявоєнні роки. Вони мали рухливу раму з габаритними розмірами 2,5×6,5 м, що обпиралися на циліндричні пружини, установлені на фундаментній рамі, замоноліченій у бетонний фундамент. Змушуюча сила колової дії створювалася дебалансами насадженими на нерозрізний вібровал, встановлений у п'ятьох підшипниках знизу рухливої рами по її подовжній осі. Привід вала здійснювався від електродвигуна потужністю 15 кВт через клинопасову передачу. Віброплощадка мала частоту коливань рухливої рами 50 Гц. В середині 50-х років на базі цієї віброплощадки створені вібромашини 10-23 і 651-02 вантажопідйомністю 5 і 15 т [4], використовувані для формування багатопустотних панелей перекриттів. Вони мали більш масивні рухливі рами, більш складну конструкцію фундаментів, створювали сильний

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шум від зіткнення не закріплених форм, що приводило до прискореного зносу рухливої рами в місцях опирання форми. Крім того, рух форми по круговій траєкторії викликає зустрічний рух бетонної суміші і не забезпечує її рівномірного ущільнення по всій площі виробу. Унаслідок цього, віброплощадки з гармонійними круговими коливаннями застосовуються дуже обмежено і використовуються для формування виробів невеликих розмірів і маси.

Схема вібромашин із круговими коливаннями використана у віброплощадках, які складаються з окремих не зв'язаних між собою модулів вантажопідйомністю до 5 т з частотою змушуючих коливань від 24 до 50 Гц. На підприємствах збірного залізобетону вони широко поширені й одержали назву "вібротумби" [4]. Конструктивно вібротумби дуже прості: зварена рама, що обпирається на фундамент пружинами, приводиться в коливальний рух навісним вібратором загального призначення, або валом із закріпленими дебалансами. Звичайно встановлюється по дві-три вібротумби на формувальний пост. Вони досить ефективні при формуванні виробів із жорстких бетонних сумішей, однак відсутність кріплення на них форм призводить до віброударного режиму роботи, що створює наднормативний рівень шуму і призводить до інтенсивного зносу форм.

Блокова віброплощадка з вертикально-спрямованими коливаннями (рис.1.1, 6) складається із ряду секцій, на яких закріплені уніфіковані віброблоки. Технічні характеристики блокових віброплощадок із вертикально спрямованими коливаннями приведені в табл. 1.2. Принцип дії блокових віброплощадок, конструкція їхніх основних елементів - віброблоків, карданних валів, електромагнітів і редукторів-синхронізаторів - аналогічні. У віброплощадці СМЖ-164 крім механічної синхронізації окремих блоків, між трьома секціями використовується електрична синхронізація.

Досвід експлуатації цих віброплощадок показав достатню їхню технологічну ефективність при формуванні суцільних та багатопустотних

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плитних виробів, що виготовляються з жорстких бетонних сумішей. Однак вони не задовольняють сучасним вимогам виробництва, оскільки мають низьку надійність і створюють наднормативний шум на робочих місцях.

Магнітне кріплення форм практично себе не виправдало, крім того, воно припускає значне поважчання парку форм із-за необхідності приварки до їхніх піддонів масивних підмагнітних плит. Достатнє представлення про неоправдану складність конструкції віброплощадок, наприклад, СМЖ-200Г дають такі дані про входні до неї вузли: 8 віброблоків з електромагнітами, 4 електромеханічних приводи, забезпечених електродвигунами і редукторами-синхронізаторами, містять 56 підшипників і 64 опорних пружини та з'єднані між собою 21 карданним валом. Незважаючи на неодноразово проведені модернізації цих вібромашин, вирішити проблему їхньої надійності так і не вдалося.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики віброплощадок типу СМЖ із вертикально спрямованими гармонійними коливаннями.

Найменування Показників	Марки віброплощадок				
	СМЖ-187Г	СМЖ-200Г	СМЖ-199Б	СМЖ-164	СМЖ-601
Вантажопідйомність, т	10	15	24	40	10
Частота коливань, Гц	45...50				
Амплітуда вібропереміщень, мм	0,2...0,5				0,4...0,6
Число віброблоків, шт	8	8	16	14	8
Установлена потужність, кВт	60	88	128	234,5	30×2
Розміри виробів, що формуються, у плані, мм:					
довжина	6300	6300	12000	18000	15000
ширина	3000	3000	3000	2400	-
Габаритні розміри, мм:					
довжина	8500	10260	15070	19000	17100
ширина	2990	2940	3006	2500	1110
висота	660	685	700	700	830
Маса, кг	5600	6600	13500	21000	10500
Спосіб кріплення форми	Електромагнітний				

Аналогічної конструкції блокові віброплощадки типу VT у нашу країну поставляються фірмою «Ваукета» (ФРН).

Київським інженерно-будівельним інститутом проводились роботи, спрямовані на підвищення технологічної надійності блокових віброплощадок за рахунок застосування складного спектра коливань [2], який реалізувався шляхом розфазування дебалансів. Це приводить до того, що при одному повному обороті вібратора на форму наноситься декілька імпульсів. Ефективність запропонованого способу висока, але він не одержав широкого поширення тому що не вирішується питання надійності блокових віброплощадок.

Віброплощадки з горизонтально спрямованими коливаннями (рис.1.1, в) відрізняються від розглянутих вище тим, що вони, як правило, являють собою двомасову систему, що складається з активної маси (з віброзбудником) і пасивної (включаючи бетонну суміш з формою. Такі віброплощадки, що використовують серійні навісні віброзбудники потужністю до 1,5 кВт, мали вантажопідйомність 10 т і якісно формували протяжні вироби з бетонних сумішей рухливістю 2...3 см. Останнім часом застосування знаходять ударно-вібраційні площадки з асиметричними режимами коливань робочого органа (рис.1.2). У них привід створює одночастотні синусоїдальні коливання, на які накладаються ударні імпульси.

Уперше за пропозицією К.А.Олехновича були запроваджені віброплощадки на пружних прокладках [4], що реалізують віброударний режим коливань. Це були вібромашини рамного типу з поздовжнім вібратором, замість традиційних сталевих пружин і ресор вони мали амортизуючі пружні прокладки з транспортерної стрічки, опорна площа і жорсткість яких вибиралися з умови забезпечення віброударних коливань із відривом рухливої рами від пружних прокладок [4]. Такий режим вібрації при частоті 42 Гц створював віброприскорення рухливої рами порядку $6g$ і дозволяв ущільнювати жорсткі бетонні суміші при формуванні багатопустотних панелей перекриттів з овальними в поперечному перетині порожнечами і негайним вийманням пустотоутворюючих вкладишів, а

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також безнапорні залізобетонні труби довжиною 5...6 м і діаметром 200...700 мм у горизонтальному положенні.

Удосконалений конструктивний варіант віброплощадок на пружних прокладках вперше використовував у цих віброплощадках ефект самосинхронізації двох поперечних віброелементів (рис. 1.2, а) [2], вали яких приводилися в обертання через пружні муфти двома незалежними електродвигунами. Використання явища самоосинхронізації віброелементів забезпечувало одержання вертикально-спрямованих ударно-вібраційних коливань підвищеної інтенсивності. Однак для забезпечення ефективного віброударного режиму необхідно було витримувати визначену залежність між вантажопідйомністю віброплощадки, розміром змушуючої і жорсткістю пружних прокладок, що не завжди виконувалося на практиці, крім того вони вимагали масивних фундаментів.

Резерви двухмасової резонансної системи з подовжніми віброударними коливаннями (рис. 1.2, б) У цих вібромашинах активна маса у вигляді масивного віброблока з горизонтально спрямованими коливаннями наносила удари по пасивній масі - віброрамі через пружні прокладки визначеної жорсткості, що забезпечувало резонансні коливання віброрами з відскоком. Віброрама з формою встановлювалася на сталеві котки. Такі віброплощадки мали вантажопідйомність від 10 до 50 т. Оскільки ці вібромашини створювали сильний шум при роботі, то вони поступово замінювалися іншим устаткуванням.

Розроблені на початку 70-х років низькочастотні віброплощадки рамного типу ударно-резонансної дії типу ВРА [3] являли собою складну двухмасову коливальну систему, що змушується ексцентриково-шатунним приводом із частотою 9...15 Гц (рис. 1.2, в). Задумані як мал шумні віброплощадки, вони досягли наміченої мети. Форма кріпилася електромагнітами. Технологічна ефективність ударних впливів досягалася завдяки наявності гумових буферів із визначеним розміром попереднього

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазора, але не виправдалися складність пристрою і надмірної металоємності цих вібромашин. Сильно заглиблений прямокутний фундамент для розміщення приводу затруднював його технічне обслуговування. Невеликі партії віброплощадок В-15 аналогічної конструкції, розроблених Дніпропетровським державним університетом [3], випускалися Полтавським ремонтно-експериментальним заводом Укграгробуду. Ці віброплощадки не стали масовими, але не високий рівень шуму визначив їхнє застосування на ряді підприємств ЗБВ на протязі багатьох років.

Донедавна серійно випускалися віброплощадки СМЖ-538 [4] з асиметричним режимом коливань робочого органа (рис. 1.2, г), у яких частота вертикально-спрямованих коливань робочого органа знижена до 24 Гц. Віброплощадка складається з окремих секцій, кожна з яких містить по два навісних вібратора загального призначення. Форма встановлюється на гумові прокладки. На практиці не забезпечується синхронізація роботи всіх секцій, що приводить до неоднорідності ущільнення жорстких бетонних сумішей і частого виходу з ладу вібраторів. Іншим недоліком є відсутність кріплення форми, що робить режим формування некерованим і тим самим знижує технологічну ефективність віброплощадки. Подальшим розвитком конструкції віброплощадки СМЖ-538 є віброплощадки СМЖ-538А [4], її здвоєний варіант - СМЖ-774 [26] і віброплощадка СМЖ-773 [4].

Віброплощадка СМЖ-538А складається з чотирьох вібростолів, двох приводів, двох опорних рам і сполучних карданних валів. Кожний вібростіл являє собою зварену балку, на кінцях якої прикріплені знизу два механічних віброзбудники кругових коливань і направляючі пружини. Вали віброзбудників обертаються в протилежних напрямках і самосинхронізуються ударними імпульсами, одержуваними за рахунок відриву форми від пружних прокладок. Віброплощадка СМЖ-773 складається з двох рядів виброблоків (по чотири у кожному), що приводяться в дію двома приводами. Синхронізація віброзбудників і одержання вертикально-

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спрямованих коливань здійснюється за допомогою редукторів-синхронізаторов і сполучних валів. Зовні віброплощадка СМЖ-773 нагадує віброплощадку СМЖ-187Г, але принципово відрізняється від неї характером роботи і будовою віроблока.

На рис. 1.3 приведена конструктивна схема віроблока, що складається з двухвального вібробудника 7, прикріпленого до підвібраторної плити 4, обпертої через пружини 6 на опорну раму 8. Електромагніт закріплений на плиті 2, що за допомогою двох пружин 5 через гумову прокладку 3 притискається до плити з вібробудником.

У табл. 1.3 приведені технічні характеристики віброударних площадок.

Таблиця 1.3 – Технічні характеристики віброплощадок типу СМЖ із вертикально-напрвленими віброударними коливаннями

Найменування показників	Марки віброплощадок		
	СМЖ-538А	СМЖ-774	СМЖ-773
Вантажопідйомність, т	18	30	20
Зручновкладальність бетонної суміші, із	до 10		до 20
Частота коливань (ударів), Гц	23,5...25		
Найбільший розмах коливань форми, мм	1.5	1,0	2,5
Число віброблоків, шт.	4	8	8
Установлена потужність, кВт	44	88	50
Розміри виробів , що формуються, мм: довжина	7200	12000	7200
ширина	3600		
висота	450		1500
Габаритні розміри, мм: довжина	7850	14600	7985
ширина		2710	
висота		660	
Маса, кг	7400	13000	8500
Спосіб кріплення	Без кріплення		Електромагнітний

Таким чином, переваги вищеописаних блокових віброплощадок полягають в тому, що різні по вантажопідйомності і розмірам виробів, що

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формуються, вони монтуються з уніфікованих складальних одиниць, однак мають вони і недоліки, що полягають у застосуванні в одній вібромашині великого числа деталей і вузлів (пружинних опор, редукторів-синхронізаторів, віброзбудників, карданних валів і т.п.). Крім того, вони потребують точного монтажу і постійного контролю за станом численних з'єднань. Зубчасті передачі, і металеві частини опор створюють під час роботи віброплощадок додатковий шум.

У НДІБВ Держбуду УРСР у 80-х роках розроблена конетрукция блокових ударнио-вібраційних площадок ВБ-10 і ВБ-20, що також реалізують асимметричний режим коливань [4], але відрізняються більш простою конструкцією. Чотири блоки приводяться в кругові коливання від одновального вібратора, обертання якого здійснюється від електродвигуна через клинопасову передачу. Працюють вони за принципом безвідривної передачі коливань формам. Форма без кріплення встановлюється на опорні плити, які при роботі віброплощадки долаючи пружні зв'язки співударяються з буферними елементами віброблока. Відрив форми від опорних плит при коливанні блокової віброплощадки не відбувається в зв'язку з тим, що блоки увесь час піджаті до форми пружними зв'язками. У табл. 1.3 наведені технічні характеристики цих віброплощадок. Одночасно аналогічної конструкції розроблені в Дніпропетровському державному університеті блокові віброплощадки ВБЛ-1 і ВБЛ-2 з одновальним і самосинхронізуючимся двохвальним приводами..

Особливість віброплощадок типу ВУСП-32 полягає в тому, що кривошипно-шатунний привід забезпечує низькочастотні удари, а також відносно невисокі прискорення при підйомі форми з бетонною сумішшю (0,5...1g) і досить великі (7...9g) при її падінні. Крім того кожна пара навісних віброзбудників установлена по боках секцій повинна сприяти додатковому ущільненню бетонної суміші.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Технічні характеристики віброплощадок конструкції НДІБВ Держбуду УРСР

Найменування показників	Марки віброплощадок	
	ВБ-10	ВБ-20
Вантажопідйомність, т	10	20
Зручновкладальність бетонної суміші, із	до 20	
Частота коливань (ударів), Гц	28	
Амплітуда вібропереміщень, мм	0,5...1,7	
Число виброблоков, шт.	4	
Установлена потужність, до Ут	11	18
Розміри що формуються виробів, мм: довжина	7200	
ширина	2400	3600
Габаритні розміри, мм: довжина	5600	
ширина	2200	2560
висота	550	600
Маса, кг	2900	4700
Спосіб кріплення форми	Без кріплення, обмежується зовнішніми упорами	

Віброплощадки цього типу широкого поширення не одержали. Вони конструктивно складні, що буде позначатися при виготовленні. Велике число шарнірних зчленувань сприяє зниженню їхньої надійності і довговічності, а також відхиленню фактичних динамічних параметрів від заданих.

Таблиця 1.5 – Технічні характеристики віброплощадок

Найменування показників	Марки віброплощадок		
	ВУСП-32-2	ВУСП-32-3	ВУСП-32-4
Вантажопідйомність, т	16	24	32
Зручновкладальність бетонної суміші, із	до 40		
Частота коливань, Гц: ударних вібраційних	3...4 50		
Амплітуда вібропереміщень, мм: ударних вібраційних	2...10 0.05...0,15		
Число секцій, шт.	2	3	4
Установлена потужність, квт: - ударного приводу - навісних вібро-збудників	20 4,4	30 6,6	40 8,8
Розміри виробів, що формуються, у плані, мм: довжина ширина	4000 3600	6000 3600	7200 3600
Габаритні розміри, мм: довжина ширина висота	3148 3200 942	5248 3200 942	7348 3200 942
Маса, кг	7500	10000	12500
Спосіб кріплення форми	Без кріплення. Обмежується зовнішніми упорами		

Широке застосування на підприємствах збірного залізобетону знайшли віброплощадки типу ВПГ [2], розроблені у 70-90-х роках Полтавським інженерно-будівельним інститутом. Вони серійно випускалися відомчими ремонтно-механічними заводами. Вони мають просту і надійну конструкцію, знижене питоме енергоспоживання, використовують фундаменти відносно малої маси. Віброплощадки уніфікованого ряду одиночним віброзбудником коливань [4] складаються із семи типорозмірів вантажопідйомністю від 10 до

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30 т, охоплюють можливість формування основну номенклатуру залізобетонних виробів із бетонних сумішей найбільш поширеного типу - рухливістю 3 см і більш. Також віброплощадки семи типорозмірів з двома нахиленими до поздовжньої осі віброплощадки [4] дозволяють формувати вироби з бетонних сумішей жорсткістю до 20 с. Форма з бетонною сумішшю не кріпиться на рухливій рамі віброплощадки, а лише обмежується від сповзання жорсткими клиновими упорами. У табл. 1.5 наведені технічні характеристики уніфікованого ряду віброплощадок. У віброплощадках робочий орган - рухлива рама встановлюється на пружні опори і приводиться в коливальний рух одиночним дебалансним віброзбудником кругових коливань. Віброзбудник встановлюється в центральному вікні рухливої рами, на її короткому торці або в середині довгої сторони, вісь обертання дебалансу вертикальна.

1.3. Конструктивні передумови створення віброплощадки типу ВПГ для формування дрібно розмірних бетонних виробів

В останні роки помічається погіршення становища з виробництвом тротуарних плиток, оскільки машинобудівні заводи будівельного комплексу практично припинили виробництво серійного обладнання для них, а обладнання виготовлене власними силами не завжди відповідає рівню виробництва. Тому є важливою розробка економічного, з малою металомісткістю обладнання, яке було б ефективним в умовах нинішнього виробництва.

Найбільш поширеним способом формування різноманітних бетонних та залізобетонних виробів є вібраційний. Цей спосіб при простоті обладнання та високій ефективності дає можливість формувати вироби із сумішей з малою ступінню рухомості, що значно знижує витрати цементу, покращує структуру бетону і сприяє швидкому зростанню міцності у ранньому віці. За різними літературними джерелами з використанням вібрації

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовляють близько 85 - 90% різного виду залізобетонних виробів і конструкцій.

Найбільш раціональними видами коливань при формуванні плитних виробів на віброплощадках вважають кутові - відносно вертикальної, або горизонтальної осей форми і прямолінійні - для віброосердя.

Виробничий досвід показує, що низькочастотні коливання рухливої рами віброплощадок 1ВПГ-1,5×6-10 і 1ВПГ-3×7-15, у випадку заклинювання на них форм між поперечними упорами, дозволяють ущільнювати жорсткі бетонні суміші під привантаженням, наприклад, при формуванні багатопустотних панелей перекриттів із негайним вийманням пустотоутворюючих вкладишів. Але технологічні можливості ущільнення жорстких бетонних сумішей у цьому випадку знаходяться на межі і незначні відхилення від оптимальних складів сумішей і рекомендованого режиму віброформування можуть приводити до зниження якості і товарного вигляду виробів, що визначається нерівномірним розподілом вертикальних і горизонтальних вібропереміщень точок на її поверхні. При центральному розташуванні віброзбудника, вертикальні складові віброприскорень, які значною мірою визначають формувальну здатність віброплощадки, у середній частині рухливої рами мають понижені значення. При торцевому розташуванні віброзбудника, найбільш зручному з погляду експлуатації, спостерігається істотне зменшення вертикальних і поперечних вібропереміщень у зонах, розташованих на подовжній осі рухливої рами віброплощадки на відстанях у межах $2/3 \dots 3/4$ довжини рами в напрямку від віброзбудника [2].

У роботі [4] даний аналіз розподілу амплітуд вібропереміщень точок рухливої рами в залежності від розташування віброзбудника і кута нахилу від вертикалі його дебалансного вала (рис. 1.5). Точкою «В» позначене положення віброзбудника. Як видно з приведених рисунків, можна змістити за межі рухливої рами віброплощадки зону пониженої інтенсивності

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коливань збільшенням кута (і зміною положення віброзбудника. Але, при цьому зберігається нерівномірність розподілу вертикальних амплітуд вібропереміщень.

Енергія коливань форми передається суміші, що ущільнюється, через борта і днище форми, причому найбільш ефективно вона передається через поверхні, розташовані перпендикулярно до напрямку коливань. Тому, у першу чергу і найбільш ефективно ущільнення суміші відбувається в об'ємі, що прилягає до днища і бортів форми, де амплітуди вертикальних вібропереміщень її точок максимальні, а горизонтальні коливання передаються суміші найбільш ефективно. Ущільненню суміші в центральній частині додатково сприяють хвилі пружних деформацій бетонної суміші, що йдуть від бортів форми. Енергія цих хвиль, як показано в роботі [4], швидко зменшується в міру віддалення від джерела коливань. Таким чином, для ущільнення суміші в центральній частині форми вимагаються більший час ущільнення і більш інтенсивний режим коливань, чим ті, що достатні для якісного і продуктивного ущільнення суміші в периферійній частині форми. Наявність привантаження, у випадку формування плитних виробів, сприяє додатковій передачі коливань на суміш, що знаходиться у центральній частині форми, але повною мірою не компенсують нерівномірність вібрації.

Лабораторні дослідження [4], а також виробничий досвід показують, що для найкращого ущільнення бетонних сумішей жорсткістю 11...20 с необхідно підвищити частоту коливань робочого органа з 24 до 27...30 Гц. При цьому максимальні горизонтальні складові віброприскорень робочого органа повинні вибиратися з умови достатності інтенсивності коливань (у межах 2...3g), а вертикальні складові віброприскорень - з умови безвідривних коливань форми, тобто повинні бути біля 1g [4].

Таким чином проаналізовано відомі технічні рішення, запропоновані для підвищення технологічної ефективності віброплощадок типу ВПГ. Серед них виокремлено два способи ущільнення бетонних сумішей у формах та два

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструктивні рішення віброплощадок. Обидва способи передбачають ущільнення бетонної суміші шляхом одночасного впливу низькочастотних горизонтально та вертикально спрямованих коливань. Перший спосіб відрізняється тим, що напрямок горизонтальних коливань безперервно змінюється по периметру форми, тоді як другий передбачає додатковий послідовний вплив на ущільнювану суміш вертикально спрямованими коливаннями з частотою, що у 1,7–2 рази перевищує початкову.

Запропоновані методи ущільнення бетонних сумішей потребують суттєвого ускладнення конструкції віброформувальних установок, що зумовлює зростання витрат на їх виготовлення та експлуатацію. Зазначені конструктивні рішення передбачають ущільнення бетонних сумішей за допомогою низькочастотних коливань у горизонтальному та вертикальному напрямках, які створюються шляхом похилого розміщення дебалансних збуджувачів вібрації.

Перше рішення вимагає установку збудника коливань посередині однієї з бічних боків рухливої рами віброплощадки так, щоб вісь дебалансного вала була розташована під кутом $5...20^\circ$ відносно вертикальної площини, перпендикулярної до поздовжньої осі віброплощадки. Недоліками зазначених пропозицій є нерівномірність розподілу вертикальних складових амплітуд віброприскорень точок на робочій поверхні рухливої рами. Найбільш удалим, на наш погляд, може бути друге конструктивне рішення, що дозволяє одержати рівномірний розподіл вертикальних складових амплітуд віброприскорень точок на поверхні рухливої рами віброплощадки за рахунок симетричної установки відносно поперечної осі віброплощадки двох збудників коливань, осі дебалансних валів яких нахилені до вертикалі на кут $10...40^\circ$ (рис. 1.6). Для зменшення енергетичних затрат слід розробити спеціальний віброзбуджувач коливань, статичний момент дебаланса якого автоматично буде зменшуватися у стані спокою та в період пусків і відповідно досягати максимального значення при його виході на робочу

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частоту обертання. За рахунок цього досягатиметься економія електричної енергії шляхом зменшення енергетичних витрат в період пусків та відповідного зменшення потужності привода.

Таким чином, симетрична установка віброзбудників із похилими дебалансними валами дозволить найбільш простим способом із мінімальними затратами поліпшити розподіл вертикальних складових амплітуд віброприскорень точок робочої поверхні рухливої рами, зберігши при цьому основні переваги віброплощадок типу ВПГ - простоту конструкції, надійність в експлуатації і створюваний ними порівняно невисокий рівень шуму на робочих місцях.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

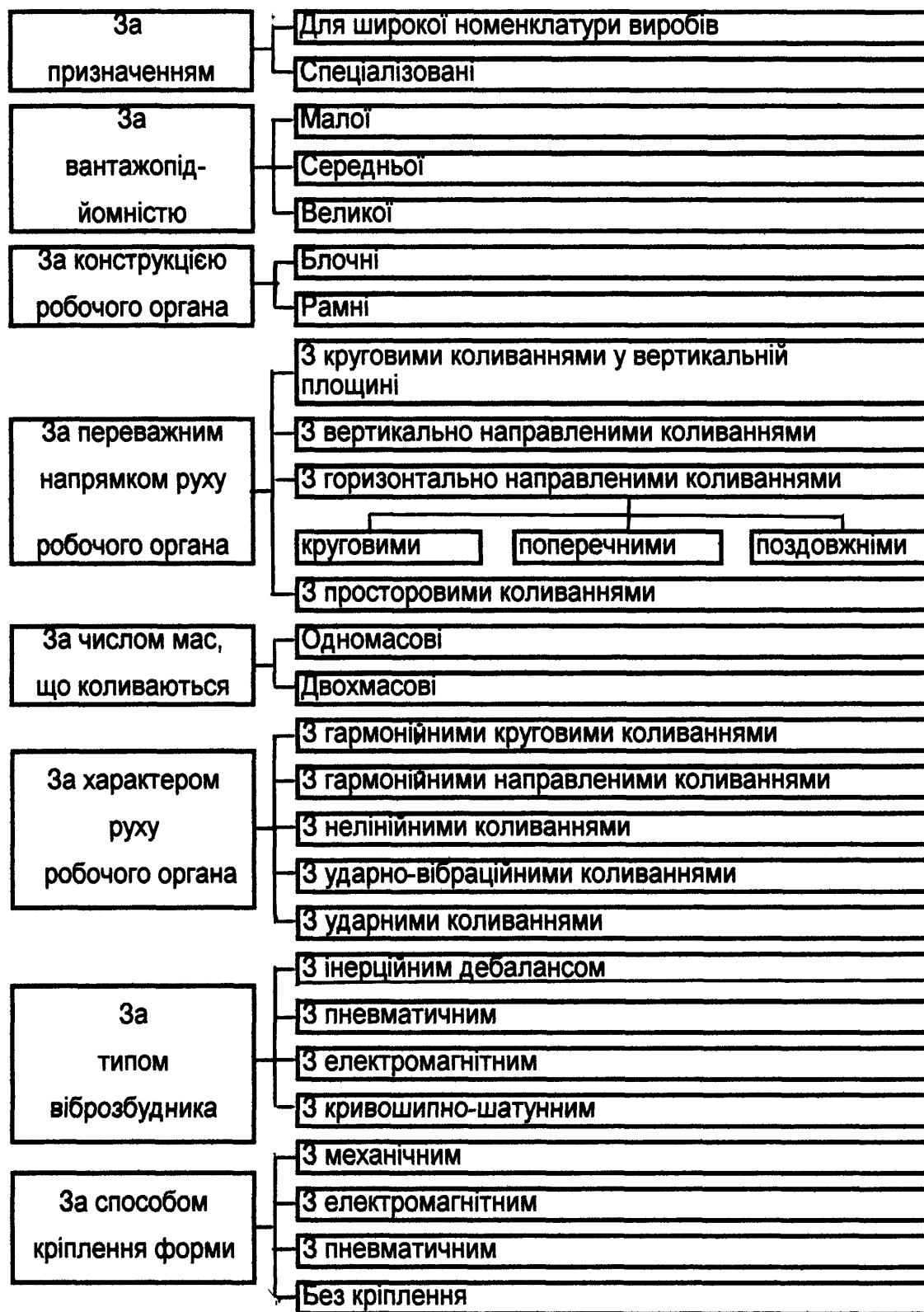


Рисунок 1.1 - Класифікація віброплощадок для об'ємного ущільнення бетонної суміші

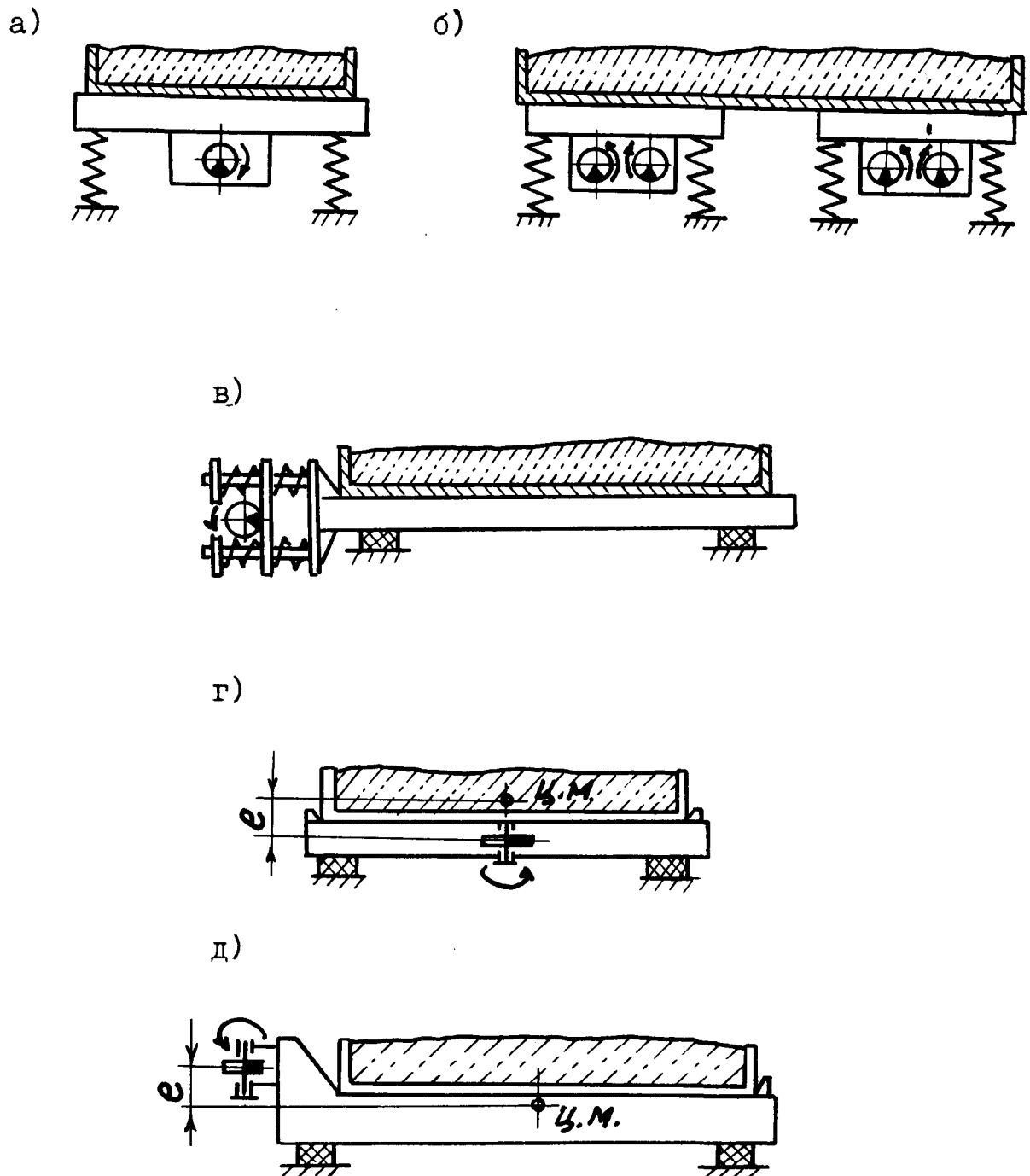


Рисунок 1.2 - Основні принципові схеми віброплощадок з гармонійним характером руху робочого органа: а - із круговими коливаннями; б - із вертикально-спрямованими коливаннями; в - із горизонтально-спрямованими коливаннями; г і д - із просторовими коливаннями і віброзбудником, розташованим відповідно в центрі і на торці рухливої рами.

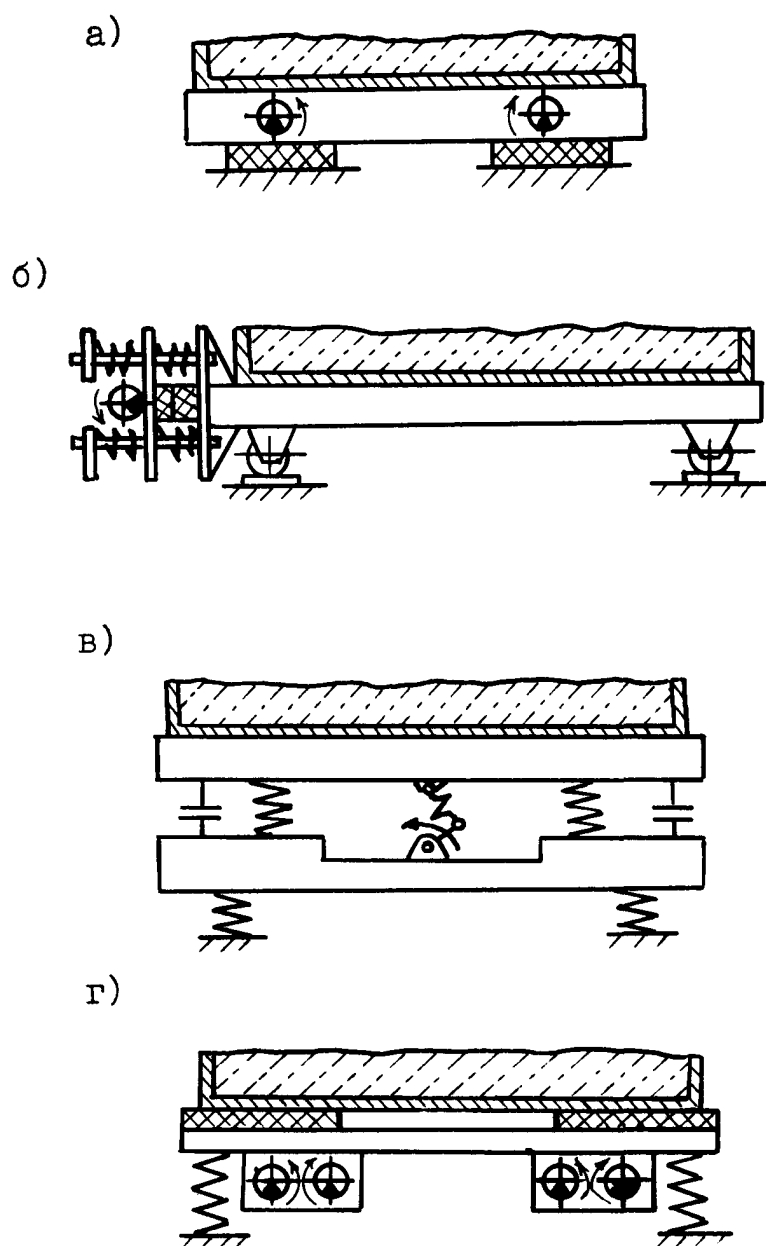


Рисунок. 1.3 – Основні принципові схеми віброплощадок з ударно-вібраційним рухом робочого органа: а - на пружних прокладках; б і в - двохмасові з відповідно горизонтальними і вертикальними коливаннями; г - блокова з вертикально-спрямованими коливаннями

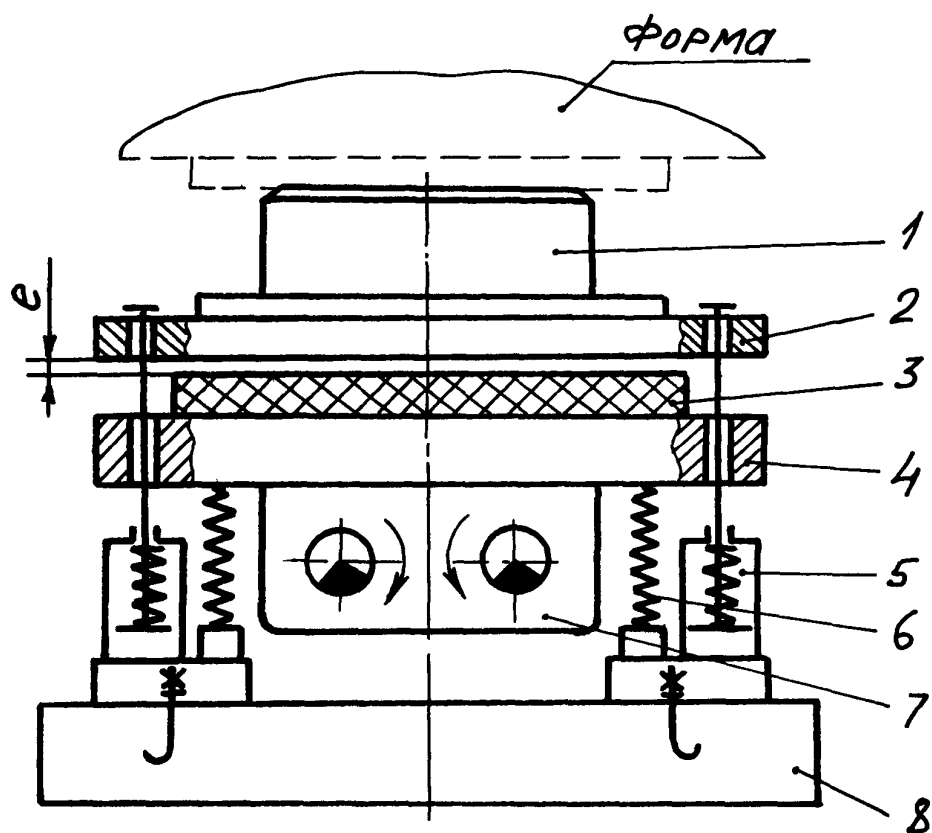


Рисунок 1.4 – Віброблок площадки СМЖ-773:

1 - електромагніт; 2 - підвібраторна плита; 3 - гумова прокладка; 4 - підвібраторна плита; 5, 6 - пружини; 7 - вібробудник; 8 - опорна рама

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВФДР 26 00.00.000 ПЗ

Арк.

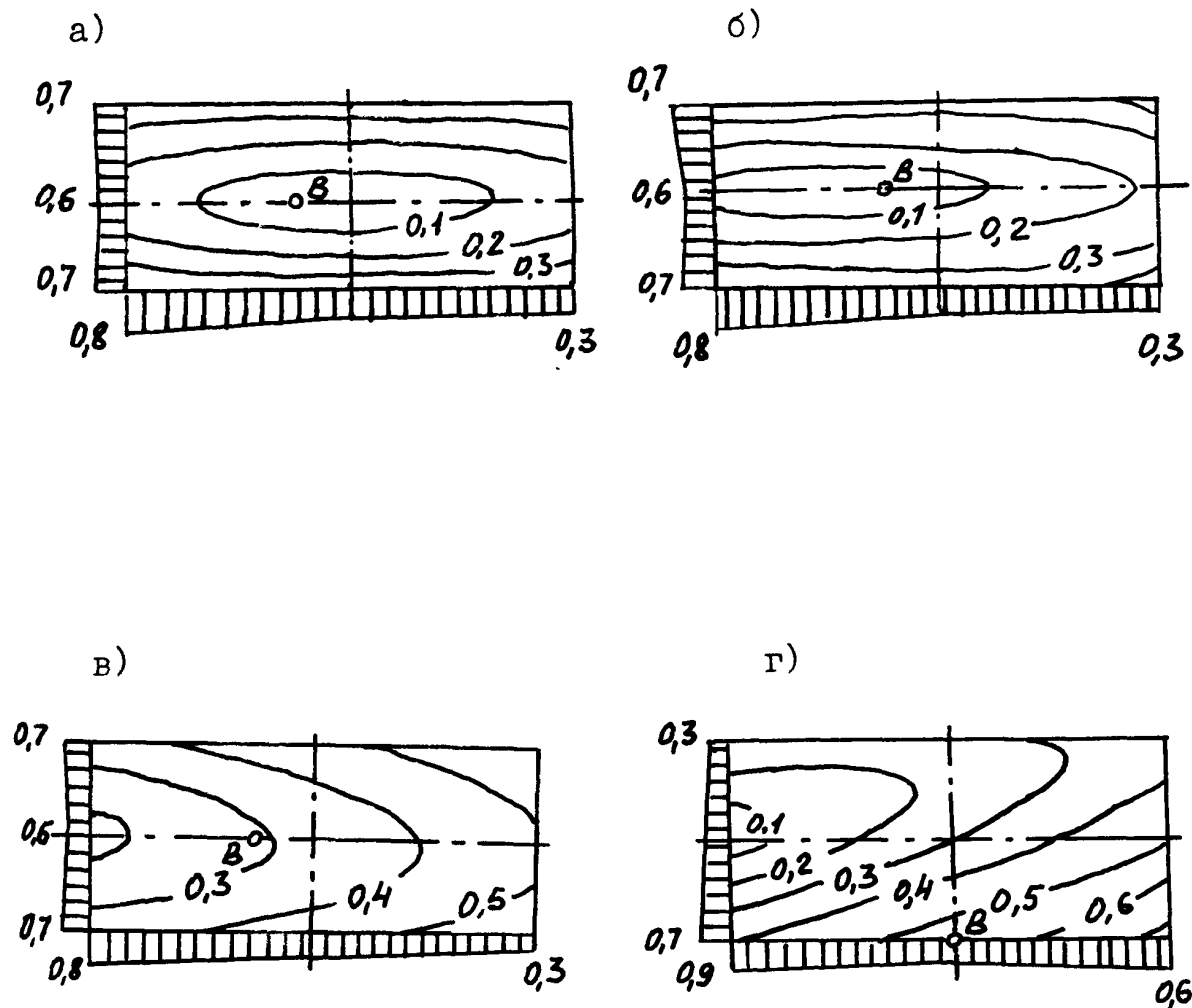


Рисунок 1.5. Характер розподілу складових амплітуд вібропереміщень на поверхні рухливої рами віброплощинки з одиночним віброзбудником (маса тіла $M = 12,5$ т, габаритні розміри в плані рухливої рами $6,8 \times 2,6$ м, змушуюча сила віброзбудника $F = 150$ кН) у залежності від розташування віброзбудника і кута нахилу його дебалансного вала: а) - $\beta = 0^\circ$; б) - $\beta = 9^\circ$; в) $\beta = 36^\circ$; г) - $\beta = 30^\circ$.
Значення амплітуд дані в міліметрах

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВФДР 26 00.00.000 ПЗ

Арк.

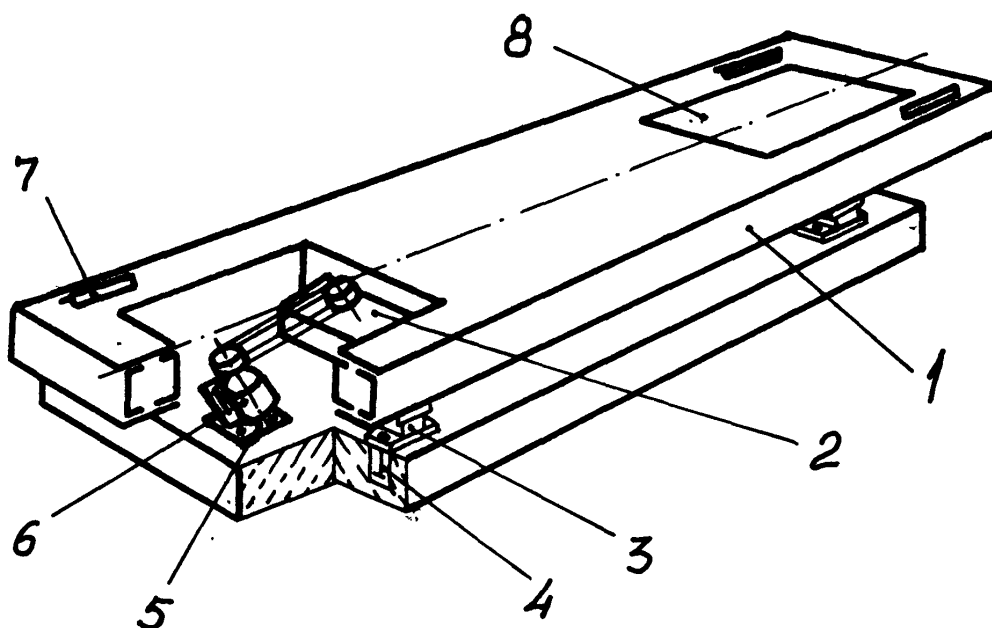


Рисунок. 1.6.— Конструктивна схема віброплощадок типу ВПП з підвищеною технологічною ефективністю: 1 - рама рухлива; 2 - віброзбудники кругових коливань; 3 - опори пружні; 4 - болти фундаментні; 5 - рами підмоторні; 6 - електродвигуни; 7 - упори клинові; 8 - кришка.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика віброплощадок типу ВПГ

Найменування показників	Типорозміри віброплощадок						
	1ВПГ 1,5х6-10	2ВПГ 1.5х6- 12	1ВВГ 3х4,5-15	1ВПГ 3х7- 15	1В13Г 3х7- 20	2ВПГ 2х14-25	2ВЛГ 3х7- 30
Вантажопідйомність, т	10	12	15	15	20	25	30
Граничні розміри виробу, що формується, мм: довжина	6000		4500	7000		14000	7000
ширина	1500		3000			2000	3000
висота, не менше	100						
Зручновкладальність бетонної суміші, що формується	5...10 с	3 см					
Час ущільнення, с, не більш	180						
Частота коливань робочого органа, Гц	24						
Амплітуда вібропереміщень рухливої рами, мм: по горизонталі по вертикалі	0,8...1.0 0.25...0,5						
Установлена потужність, кВт	11				22		
Маса, кг	4190	4860	4550	5640	5640	11600	8000

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОСТОРОВОГО РУХУ РОБОЧОГО ОРГАНА ВІБРОПЛОЩАДКИ УСТАНОВКИ З ДВОМА ДЕБАЛАНСНИМИ ВІБРОЗБУДНИКАМИ

Як викладено вище для подальшого вдосконалення взяте низькочастотне формувальне обладнання, яке знайшло широке застосування на підприємствах збірного залізобетону. До нього належать віброформи та касетні установки для ущільнення бетонних сумішей рухомістю 3 см і більше. Надійність у експлуатації і висока якість лицевих поверхонь відформованих виробів, яких можна досягти завдяки просторовим коливанням робочого органа, зумовили застосування рядом підприємств цього обладнання. Але його технологічні і незначні відхилення від оптимального складу бетонних сумішей та необхідного режиму віброформування призводять до зниження якості й погіршення товарного вигляду виробів. Це зумовлено специфікою збудження коливань одинарним віброзбуджувачем із вертикальним дебалансним валом. Вертикальні складові амплітуд віброприскорень (вібропереміщень) робочого органа, які значною мірою визначають технологічну ефективність обладнання, розподіляються по поверхні форми нерівномірно, зростаючи від мінімальних значень у середній частині до максимальних — по краях [5]. Як показують дослідження, підвищення технологічної ефективності цього обладнання можливе шляхом збільшення частоти коливань робочого органа з 24 до 27–30 Гц, а також за рахунок більш рівномірного розподілу вертикальних складових амплітуд віброприскорень по його поверхні. Останнє досягається використанням конструктивної схеми з двома дебалансними віброзбуджувачами, встановленими похило в поздовжній площині симетрії установки.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опираючись на висновки [5] та інших авторів, отриманих у результаті аналітичних досліджень, передумов виникнення самосинхронізації двох незалежних віброзбуджувачів, бачимо, що через наявність таких дестабілізуючих факторів, як гнучка форма, порівняно низькі амплітуди її коливань, нерегульовані похибки параметрів вібропривода і т.д., вірогідність виникнення самосинхронізації зменшується. Очевидно, дебаланси віброзбудників, які обертаються, будуть збуджувати коливання робочого органа з різними, але близькими частотами, у результаті складання яких будуть виникати модульовані коливання - биття, що, як відомо, більш ефективні при ущільненні бетонних сумішей, ніж гармонічні.

З урахуванням викладеного вище прийнята конструктивна схема установки (рис.2.1.). Відомі розробки не дають повної інформації для вибору динамічних і конструктивних параметрів такого обладнання, у зв'язку з чим проведено теоретичні та натурні дослідження. Для аналітичних досліджень закономірностей просторового руху робочого органа установки застосовано динамічне моделювання, в основу якого покладено узагальнену динамічну модель зарезонансної вібромашини, котра являє собою тверде тіло на пружних точкових опорах, жорсткість яких не залежить від вібропереміщень. Дані припущення підтверджуються практикою.

У цьому випадку коливання тіла зумовлені дією двох зовнішніх сил. Для опису руху тіла використовуються дві системи координат: рухома система прямокутних координат $Ox_1y_1z_1Ox_2y_2z_2Ox_3y_3z_3$, жорстко зв'язана з тілом, початок якої збігається з центром мас, причому осі $Ox_1Ox_2Ox_3$ та $Oy_1Oy_2Oy_3$ розташовані у поздовжній та поперечній площинах симетрії тіла, а вісь $Oz_1Oz_2Oz_3$ спрямована вертикально; та інерціальна (нерухома) система координат $OXYZOXYZOXYZ$. Обрані системи координат так, що у положенні статичної рівноваги їх осі збігаються. Положення тіла в

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інерціальній системі визначається трьома координатами центру мас x_0, y_0, z_0 та трьома кутами повороту тіла відносно осей Ox, Oy, Oz (рис. 2.2).

Якщо динамічна модель має симетричне розташування пружних опор і віброзбудників, диференційні рівняння руху тіла у формі рівнянь Лагранжа другого роду записуються так:

$$M\ddot{x}_0 + c_{11}x_0 + c_{15}h = \sum_{k=1}^m F_x ;$$

$$M\ddot{y}_0 + c_{22}y_0 + c_{24}\theta = \sum_{j=1}^m F_y ; \quad (2.1)$$

$$M\ddot{z}_0 + c_{33}z_0 = \sum_{k=1}^m F_z ;$$

$$J_x\ddot{\theta} + c_{42}y_0 + c_{44}\theta = \sum_{j=1}^m F_z \bar{y}_{\%oj} - \sum_{j=1}^m F_y \bar{z}_{\%oj} ;$$

$$J_y\ddot{\eta} + c_{51}x_0 + c_{55}\eta = \sum_{k=1}^m F_x \bar{z}_{bk} - \sum_{k=1}^m F_z \bar{x}_{bk} ;$$

$$J_z\ddot{\psi} + c_{66}\psi = \sum_{k=1}^m F_y \bar{x}_{bk} - \sum_{k=1}^m F_x \bar{y}_{bk} ,$$

де M - маса тіла; J_x, J_y, J_z - моменти інерції тіла відносно осей Ox, Oy, Oz ; x_0, y_0, z_0 - вібропереміщення ц.м. тіла в інерціальній системі координат $Oxyz$; $c_{11} \dots c_{66}$ - коефіцієнти жорсткості пружної підвіски; $\bar{x}_{bk}, \bar{y}_{bk}, \bar{z}_{bk}$ - координати точки B_k прикладення змушуючої сили k -го віброзбудника ($k=1 \dots m$); m - кількість віброзбудників ($m=2$);

$\sum_{k=1}^m F_x, \sum_{k=1}^m F_y, \sum_{k=1}^m F_z$ - проекції вектора сумарної змушуючої сили $\sum_{k=1}^m F$ на осі координат Ox, Oy, Oz .

Коефіцієнти жорсткості пружної підвіски:

$$\begin{aligned} c_{11} &= rc_x; & c_{66} &= c_{11}\bar{y}_A^2 + c_y \sum_{k=1}^m x_{AS}^2; \\ c_{22} &= rc_y; & c_{15} &= c_{51} = c_{11}\bar{z}_A; \\ c_{33} &= rc_z; & c_{24} &= c_{42} = -c_{22}\bar{z}_A, \\ c_{55} &= c_{11}\bar{z}_A^2 + c_z \sum_{s=1}^r x_{AS}^2; \end{aligned} \quad (2.2)$$

де c_x, c_y, c_z - складові жорсткості пружної опори по осях координат Ox, Oy, Oz ; $\bar{x}_{AS}, \bar{y}_{AS}, \bar{z}_{AS}$ - відповідні координати центра жорсткості s -ої опори ($s=1 \dots r$); r - кількість пружних опор. Позначено $\bar{y}_{AS} = \bar{y}_A$.

Початок відліку кута повороту дебаланса φ_k k -го віброзбуджувача вибрано від положення статичної рівноваги його центра мас. При вертикальному положенні осей обертання дебалансів, коли їх ц.м. не займають чітко визначених положень під дією сили тяжіння, відлік кутів φ_k здійснюють від орта i осі Ox . Прийнято, що дебаланс першого віброзбуджувача обертається проти годинникової стрілки, а напрямок обертання дебаланса другого віброзбуджувача враховано співмножником σ , який дорівнює "+1", якщо обертання здійснюється проти годинникової стрілки, і "-1", якщо обертання - за годинниковою стрілкою за умови напрямку зору зі сторони шківів. Положення дебаланса другого віброзбуджувача по відношенню до положення дебаланса першого - позначено $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$.

Проекції вектора $\sum_{k=1}^m F$ на осі координат Ox, Oy, Oz

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
\sum_{k=1}^m F_x &= s_1 \omega_1^2 \cos \beta_1 \cos \omega_1 t + s_2 \omega_2^2 \cos \beta_2 \cos \sigma(\omega_2 t + \varphi); \\
\sum_{k=1}^m F_y &= s_1 \omega_1^2 \sin \omega_1 t + s_2 \omega_2^2 \sin \sigma(\omega_2 t + \varphi); \\
\sum_{k=1}^m F_z &= s_1 \omega_1^2 \sin \beta_1 \cos \omega_1 t + s_2 \omega_2^2 \sin \beta_2 \cos \sigma(\omega_2 t + \varphi),
\end{aligned}
\tag{2.3}$$

де S_1, S_2 - статичні моменти дебалансів відповідно першого та другого віброзбудників; ω_1, ω_2 - кутові швидкості обертання дебалансів відповідно першого і другого віброзбудників.

Пропускаючи проміжні викладки, слід спинитися на наступному. Як відомо, при обертанні дебалансів в одному напрямку тіло у прийнятій динамічній моделі буде здійснювати поворотні коливання навколо вертикальної осі Oz. Такий режим роботи вібромашини не забезпечить рівномірність ущільнення бетонної суміші, отже, дебаланси віброзбудників повинні обертатись у протилежних напрямках. При цьому вібропереміщення ц.м. мають синусоїдальний вигляд із середньою частотою $\omega = \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}$ і періодичною амплітудою, яка змінюється з частотою $\Omega = \frac{\omega_1 - \omega_2}{2}$, тобто має місце характер биття. Рішення рівнянь (2.1) виконувалось методом гармонічного балансу. Далі визначались вібропереміщення довільної точки $C(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$, для котрої, як відомо, складові вібропереміщень по осях координат з урахуванням малості кутів повороту дорівнюють:

$$\begin{aligned}
\Delta x_c &= x_0 + \bar{z}_c \eta - \bar{y}_c \psi; \\
\Delta y_c &= y_0 - \bar{z}_c \theta + \bar{x}_c \psi; \\
\Delta z_c &= z_0 - \bar{y}_c \theta + \bar{x}_c \eta.
\end{aligned}
\tag{2.4}$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Припускаючи, що кутові швидкості дебалансів рівні ($\omega_1 = \omega_2$), а кут здвигу фаз між ними постійний ($\varphi = \text{const}$), одержані розрахункові формули для визначення складових амплітуд вібропереміщень точки С:

$$A_{xc} = \sqrt{4 \left[2(a_x + \bar{z}_c a_h)^2 + (\bar{y}_c a_y)^2 \right] \cos^4 \frac{j}{2} + 0,25 \left[(a_x + \bar{z}_c a_h)^2 + 4(\bar{y}_c a_y)^2 \right] \sin^2 j};$$

$$A_{yc} = \sqrt{4 \left[\bar{x}_c a_y \cos^2 \frac{j}{2} + (a_y - \bar{z}_c a_q) \sin^2 \frac{j}{2} \right]^2 + (a_y - \bar{z}_c a_q - \bar{x}_c a_y)^2 \sin^2 j};$$

$$A_{zc} = \sqrt{2 \left[\left(a_z \sin^2 \frac{j}{2} + \bar{x}_c a_h \cos^2 \frac{j}{2} \right) + \bar{y}_c a_q \sin j \right]^2 + 2 \left[y_c a_q \sin^2 \frac{j}{2} - 0,5(a_z - \bar{x}_c a_h) \sin^2 j \right]^2},$$

де a_x, a_y, a_z - амплітуди вібропереміщень ц.м., визначаються при вирішенні рівнянь (2.1).

Відмітимо три можливих характерних випадки динамічного режиму коливань робочого органа, які впливають із формул (5):

а) протифазні коливання ($\varphi = \pi$, рис.2.2, а)

$$A_{xc} = 0;$$

$$A_{yc} = 2|a_y - \bar{z}_c a_\theta|;$$

$$A_{zc} = 2\sqrt{a_z^2 + (\bar{y}_c a_\theta)^2}.$$

(2.6)

Робочий орган вібромашини одночасно здійснює поступові коливання у поперечному та вертикальному напрямках і поворотні навколо її поздовжньої осі;

б) синфазні коливання ($\varphi = 0$, рис.2.2, б)

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{xc} = 2\sqrt{(a_x + \bar{z}_c a_\eta)^2 + (\bar{y}_c a_\psi)^2};$$

$$A_{yc} = 2|\bar{x}_c a_\psi|;$$

$$A_{zc} = 2|\bar{x}_c a_\eta|$$

(2.7)

Робочий орган вібромашини одночасно здійснює поворотні коливання навколо вертикальної і поперечної осей;

в) проміжне положення між вищерозглянутими положеннями дебалансів ($\varphi \neq \pi, \varphi \neq 0$, рис.2.2, в). Амплітуди вібропереміщень робочого органа вібромашини визначаються за формулами (2.5).

Очевидно, що в той час, коли дебаланси вібробуджувачів знаходяться в синфазному або протифазному положеннях, амплітуди вібропереміщень робочого органа повинні набувати екстремальних значень. За вибраною коливальною системою вібропереміщення робочого органа набудуть характеру биття. У інтервалах часу, які відповідають протифазному положенню дебалансів, вібробудники повинні входити на короткий проміжок часу в режим самосинхронізації і робочий орган буде здійснювати поступальні коливання переважно у поперечній і вертикальній площинах, які потім плавно, через проміжні значення, у межах періоду биття будуть переходити у просторові, переважно поворотні коливання, максимум амплітуд яких повинен відповідати максимуму відповідних амплітуд при синфазному обертанні дебалансів.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

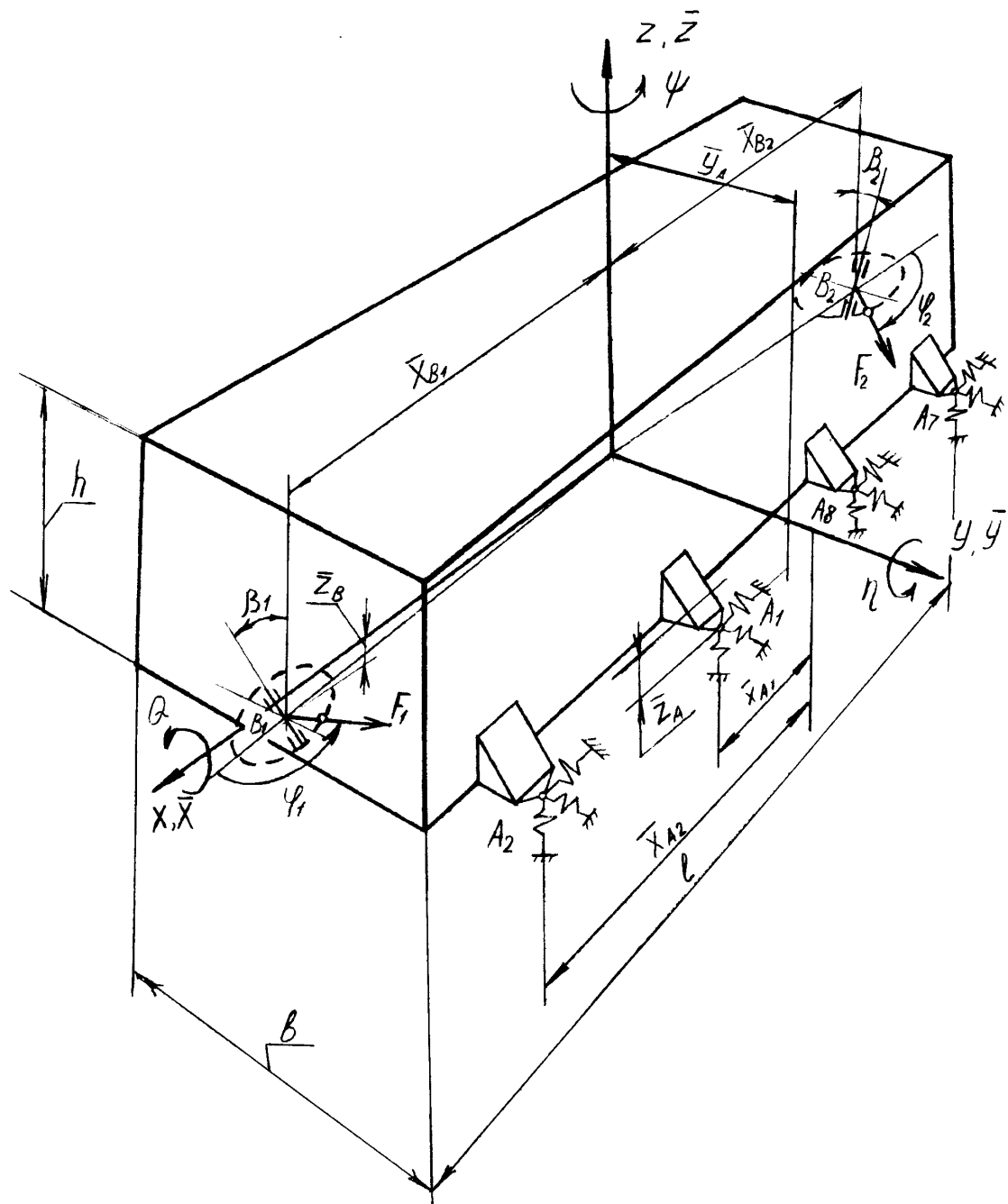


Рисунок 2.1. Динамічна модель вібростанини з двома віброзбудниками колових коливань

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВФДР 26 00.00.000 ПЗ

Арк.

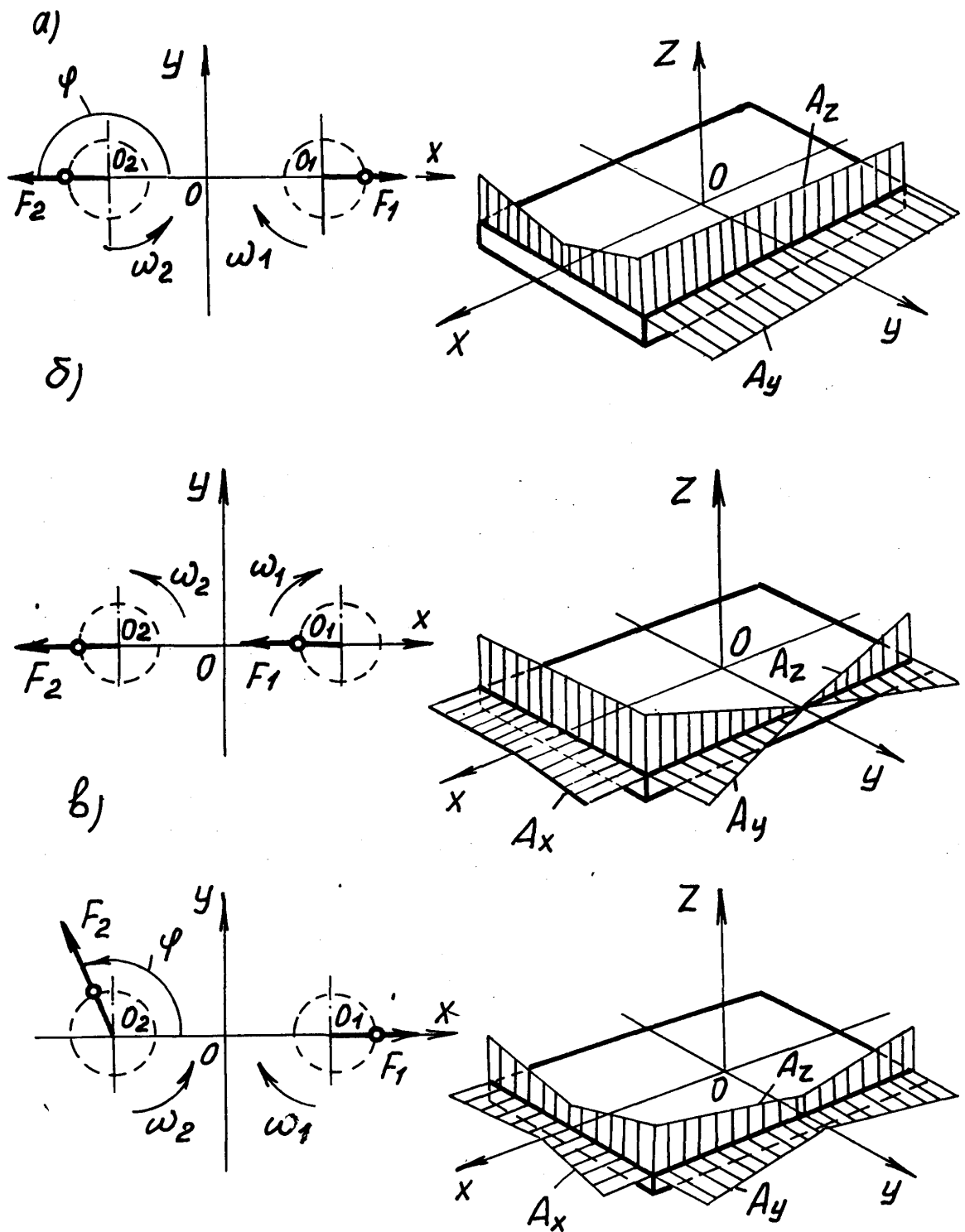


Рисунок 2.2. Характер розподілу амплітуд вібропереміщень точок на робочому органі вібромашини залежно від положення дебалансів:

а - $\varphi = \pi$; б - $\varphi = 0$; в - $\varphi \neq \pi, \varphi \neq 0$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВФДР 26 00.00.000 ПЗ

Арк.

3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.

3.1. Технічний опис конструкції віброплощадки, прийнятої до дослідження

3.1.1. Рухома рама

Габарити: $6,8 \times 2,15$ м (у плані).

Матеріал: сталь спокійної плавки Ст.3сп (швелери + сталевий лист).

Конструктивні особливості:

У вікнах рами жорстко прикріплені підвібраторні плити з звареними гайками М30.

Поперечні жорсткі упори для фіксації форми з бетонною сумішшю.

Вікна закриваються металевими кришками, щоб уникнути потрапляння бетону на вібропривод.

3.1.2. Віброзбудники

Встановлені на рухомій рамі болтами.

Вал обертається від електродвигуна 15 кВт через клинопасову передачу.

Електродвигун змонтований на похилій підмоторній рамі.

3.1.3. Опори

4 гумовометалічні опори, що спираються безпосередньо на фундамент.

Кріплення через виступи в посадкових отворах рухомої рами → легке зняття рами для очищення або огляду.

3.1.4. Особливості експлуатації

Мінімум комплектуючих, виготовлення не складне.

Може бути виготовлена на будь-якому ремонтно-механічному заводі з досвідом у віброобладнанні.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частота роботи: 30 Гц → дотримуються норми шуму та вібрації без додаткових захисних заходів.

Фундамент забезпечує санітарно-гігієнічні норми на робочому місці.

3.1.5. Переваги конструкції

Простота виготовлення та обслуговування.

Легке зняття рухомої рами для чистки та перевірки опор.

Відповідає санітарним нормам шуму та вібрації.

Надійне кріплення віброзбудників і бетонних форм.

Електрична схема підключення віброзбудника автоматично запобігає виходу з ладу привідного електродвигуна при падінні напруги в мережі, обриву однієї з фаз, чи заклинювання дебалансного валу. Нормальна працездатність віброплощадки забезпечена при температурі навколишнього середовища від -15 до +40°C.

Технічна характеристика віброплощадки

ВПП-6,2×1,5

Межі вантажопідйомності, т	5...12
Частота коливань, Гц	30+0,6
Максимальні габарити виробу, що формується, мм	6,2×1,5
Потужність електродвигуна, кВт	2×15
Габаритні розміри віброплощадки, мм	6,8×2,15
Маса віброплощадки, кг	5500

Амплітуда вібропереміщень рухомої рамискладає під навантаженням: по горизонталі 0,8...1,0, а по вертикалі 0,4...0,6 мм. Ступінчаста зміна статичного моменту дебалансів віброзбудника здійснюється за рахунок швидкого встановлення, або знімання додаткових вантажів в отвори дебаланса, що займає не більше 30 хвилин.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічне обслуговування віброплощадки виконується періодичним поповненням мастилом ДСТУ 4226:2003 підшипникових вузлів віброзбудника і заміни підшипників з періодичністю раз на 2 роки, а також до заміни клинових пасів. Не допускається підтоплення талими та дощовими водами.

привідного електродвигуна віброплощадки в разі встановлення в прямку. Пружні гумово металічні опори не потребують спеціального догляду, але вимагають періодичного очищення від компонентів бетонної суміші в разі потрапляння. Як показує практика заводів ЗБВ, пружні гумово металічні опори є найбільш довговічними та надійними вузлами віброплощадки типу ВПГ.

Інші технічні вимоги до віброплощадки вказані на кресленні її загального вигляду.

3.2 Конструкція уніфікованих вузлів.

3.2.1. Значення використання уніфікованих вузлів.

Конструктивною особливістю і експлуатаційною перевагою віброплощадки типу ВПГ, як вказано вище, є застосування уніфікованих вузлів: віброзбудника, пружні уніфіковані вузли, під моторні рами, підвібраторні плити та інших, на базі яких можна створювати інші типорозміри віброплощадок по вантажопідйомності та габаритним розмірам рухомих рам, варіюючи розмірами останніх та кількістю використовуваних уніфікованих вузлів.

З метою забезпечення рівня шуму на робочих місцях санітарно-гігієнічним нормам частота коливань прийнята в межах 27...30 Гц, а також передбачене заповнення бетонною сумішшю порожнин рухливої рами, розташованих біля вікон. Зниженню рівня шуму додатково сприяють гумові кожухи, що закривають щілини між стінками прямокутного фундаменту і рухливої рами.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До складу перших модифікацій віброплощадок типу ВПГ входили уніфіковані вузли, які виконували своє основне призначення, однак, вимагали певного удосконалення. Наприклад, сумарний статичний момент дебалансів регулювався шляхом відносного повороту одного з трьох дебалансів, що досить незручно, та ненадійно. Оскільки, під дією вібрації часто відбувалося його самовільне зміщення в сторону максимального значення статичного моменту.

Пружні гумово металеві опори кріпились до рухомої рами за допомогою болтового з'єднання і мали не оправдано складну конструкцію. Внаслідок, конструкція уніфікованих вузлів, по мірі накопичення досвіду експлуатації віброплощадок, поступово удосконалювалась.

В даній магістерській роботі, також на основі узагальнення, по досвіду експлуатації виконані подальші удосконалювання уніфікованих вузлів: рухомої рами віброплощадки, вібробудника коливань та пружних опор.

3.2. 2. Конструювання рухомої рами віброплощадки.

Рухлива рама є основним вузлом віброплощадки. Від раціональної конструкції рами залежать її міцність, жорсткість і металоємність, а також строк служби віброплощадки в цілому.

Рухлива рама має коробчасту будову і складається з каркаса, обшитого сталевим листом, вузлів кріплення вібробудників і пружних опор. Каркас включає чотири основні несучі швелери, розташовані попарно по краях рами полками усередину, з'єднаних між собою у прольоті проставками зі швелерів, а на торцях - двома поперечними швелерами, установленими полками назовні. опорна поверхня рами, на якій ставиться форма, утворена сталевим суцільним листом, що сприяє ефективній передачі вібрації від рами до форми.

Віброплощадки типу ВПГ вантажопідйомністю від 10 до 30 т виготовляють зі швелера №30, а його обшивку з листа товщиною 10...12

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мм. Усі деталі рухливої рами виготовляються з матеріалів із харахстериотиками не гірше ніж у сталі ВСтЗсп.

При довжині рухливої рами більш 6000 мм поздовжні несучі швелери каркаса допускається виготовляти складовими, що складаються не більш ніж із двох частин, при цьому стики не повинні розташовуватися у місцях кріплення до них поперечних швелерів, а відстань у напрямку подовжньої осі віброплощадки між будь-якими двома стиками поруч розташованих швелерів не повинно бути менше 500 мм. Листи обшивки рухливої рами також можна виготовляти складовими, необхідно лише виключити їхнє стикування в місцях розташування вікон на рамі і з'єднань поздовжніх швелерів. Стикування елементів рухливої рами досягається зварюванням, при цьому шви повинні мати міцність не меншу ніж основний метал та бути зачищеними.

До деталей рухливої рами, підготовлених під зварювання пред'являються такі вимоги:

-відхилення від площинності деталей з листового прокату не повинно перевищувати на 1000 мм довжини для товщини до 5 мм - 1,5 мм, а для товщини більш 5 мм - 2 мм.

- відхилення від прямолінійності деталей із сортового прокату не повинно перевищувати 0,001 від довжини елемента.

Деталі рухливої рами віброплощадки в умовах одиничного і дрібносерійного виробництва рекомендується з'єднувати швами з обробленням кромek у залежності від технологічних можливостей підприємства-виготовлювача за допомогою електродугового ручного зварювання з застосуванням електродів типу Е-42А або Е-46А (ДСТУ ISO 18275:2008) з підвищеними пластичними властивостями, або напіваавтоматичного зварювання як у середовищі вуглекислого газу, так і під шаром флюсу, із використанням відповідно електродного дроту типу Св-08Г2с або Св-08а (ДСТУ ISO 14341:2004).

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відхилення від площинності робочої поверхні рухливої рами не повинні перевищувати значень зазначених у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Граничні відхилення від площинності робочої поверхні рухливої рами, мм

Інтервали номінальних розмірів по довжині рухливої рами, мм	Допуск неплоскостності при ширині рухливої рами, мм	
	до 2500	понад 2500
до 6800	8	12
понад 6800 до 12500	12	16

3.2.3. Конструювання пружних опор.

Жорсткість пружної опори повинна забезпечувати стійкий режим зарезонансних горизонтальних і вертикальних коливань рухливої рами віброплощадки, для чого повинні виконуватися співвідношення

$$\frac{\omega}{\omega_0^r} \geq 3,5; \quad \frac{\omega}{\omega_0^b} \geq 1,5, \quad (3.1)$$

де ω - кутова частота змусених коливань рухливої рами;

ω_0^r , ω_0^b - кутові частоти власних коливань рухливої рами віброплощадки відповідно в горизонтальному і вертикальному напрямках.

В попередніх конструкціях пружних гумово-металевих опор пружні гумові елементи попарно кріпились до двох жорстко приварених вертикальних ребер, розташованих в плані під кутом друг до друга, що при колових коливаннях в горизонтальній площині забезпечувало жорсткість пружних опор однаковою в поздовжньому і поперечному напрямках. Це ускладнює конструкцію пружної опори і, як показала практика, в далеко за резонансному режимі коливань, що встановилися, таке ускладнення не давало якого-небудь помітного ефекту. Пропонується конструкція пружної опори вантажопідйомністю 6т має просту і надійну конструкцію. В якості

верхньої та нижньої основ використані відрізки швелера №24, а замість жорсткого привареного ребра встановлені, вільно насаджені на стяжні болти, розділяючи пластини.

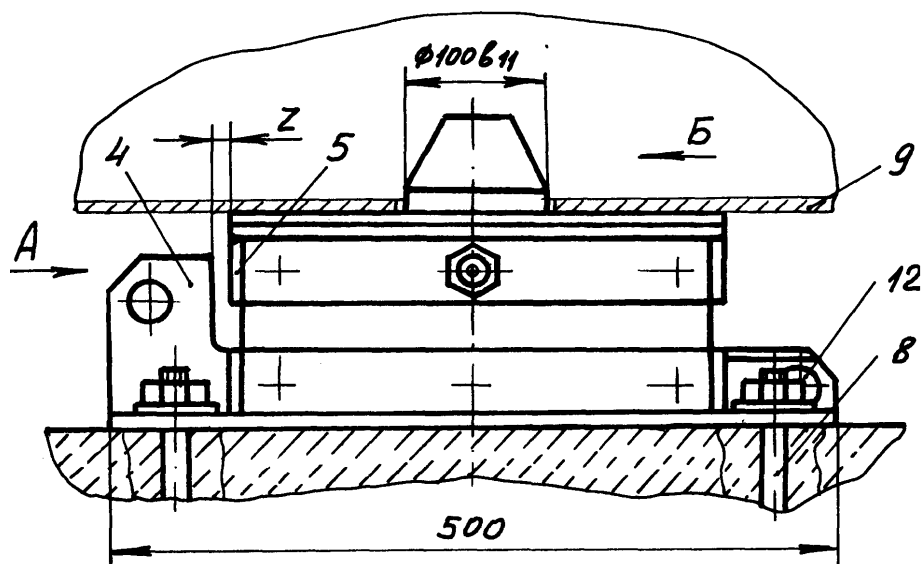
Кріплення гумових елементів здійснюється не шляхом їх підтягування до вертикального ребра, а за рахунок деформації цих швелерів при зтягуванні кріпильних болтів. Для можливості такої деформації на полках швелерів вифрезеровані поперечні наскрізні та поздовжні з обмеженою довжиною пази. В результаті по довжині кожної полки виділені три локальних ділянки з отворами під болти, які деформуються при зтяганні останніх. Оскільки в цьому випадку локальні ділянки будуть відгинатися від вертикалі, то під головки болтів та гайок підкладаються косі шайби, зовнішня поверхня яких буде перпендикулярна до осі болтів, попереджуючи їх згин.

Розділювальні пластини, з отворами під болти, також забезпечують зазори між пружними елементами, даючи їм можливість деформуватися в поперечному напрямку в незатисненій частині, висотою 30 мм, тобто забезпечує просторові коливання рухомої рами на цих опорах. Крім цього повітряні зазори між елементами сприяють відводу тепла при їх деформації в незахищених ділянках.

В верхню частину пружної опори вварюється центруючий конусоподібний штир, який входить у відповідний посадочний отвір знизу рухомої рами і фіксує її відносно кожної пружної опори. Нижня опора основи має велику довжину. На її кінцях зроблені отвори для фундаментних болтів.

Як впливає з опису, пружна опора має гранично просту і надійну конструкцію, придатна як для мало серійного, так і для масового виробництва, не потребує складного металооброблюючого обладнання.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Вид А

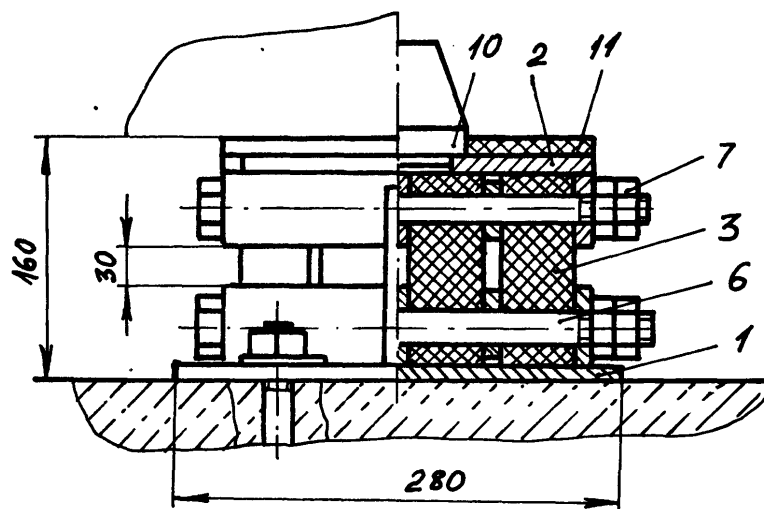


Рисунок 3.1 – Пружна опора ОУ-4: 1 - нижня основа; 2 - верхня основа; 3 - пружний гумовий елемент; 4 - подовжньо ребро нижньої основи; 5 - поперечне ребро; 6 - болт; 7 гайка; 8 - фундаментний болт; 9 - рухлива рама віброплощини; 10 - посадковий виступ; 11 - демпфіруюча прокладка; 12 - строповочний отвір

Пружні гумовометалеві опори відносно прості, але складаються із багатьох деталей. Тому розроблена суцільногумова пружна опора ОУЦ-4 (рисунок 3.2), що може застосовуватися у вібромашинах, які не піддаються періодичним поздовжнім зусиллям на зсув. Опора складається з еластичного суцільногумового елемента 1, виконаного з лапами 2 і з циліндричним виступом 3 на його зовнішній поверхні в середній частині і вирізом 4 у вигляді арки. Кріпиться опора до фундаменту кутовими

опорними елементами 5 за допомогою фундаментних болтів 6. Виступ 3 захищений металевим ковпаком 7. Розміри підбрані так, щоб при достатній стійкості від вертикальних навантажень її жорсткість на зсув по поздовжній та поперечній осях була майже однаковою. Ця опора включає тільки 5 деталей, а її маса складає усього 26 кг.

Основні конструктивні параметри пружної опори ОУЦ-4 вантажопідйомністю 3...5 т, подані в табл. 3.2.

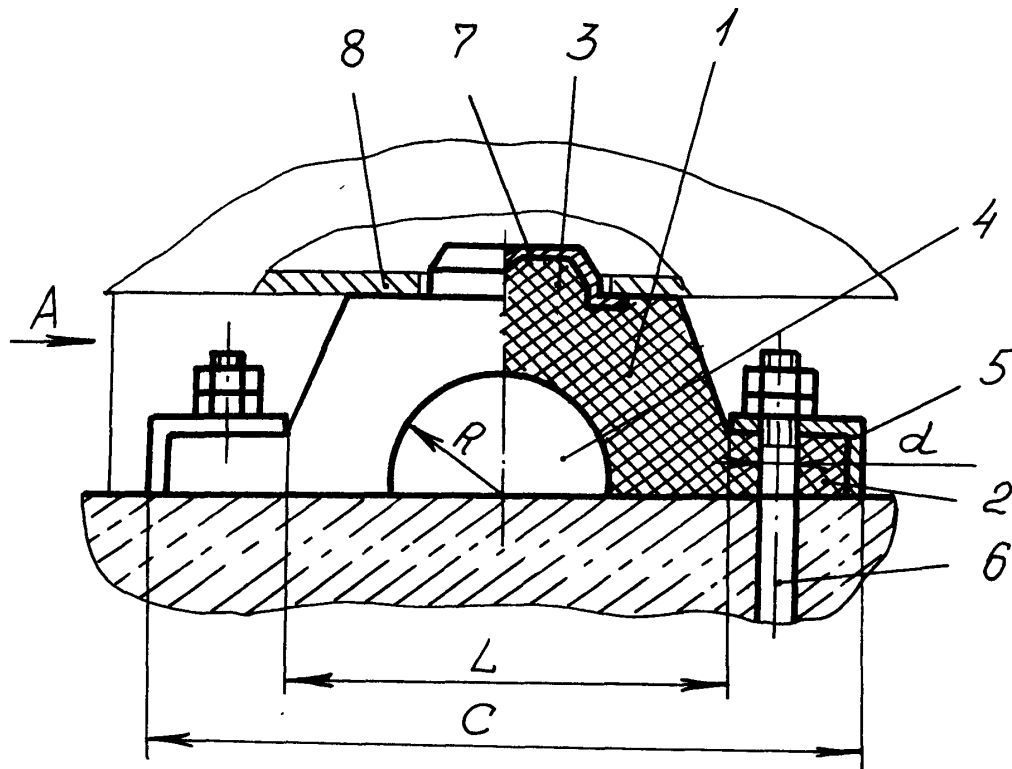
Таблиця 3.2. Конструктивні параметри пружної опори ОУЦ-4

Вантажопід- йомність, т	Розміри, мм							Маса, кг	
	С	В	Н	В	Р	Л	d	гуми	металу
3...5	550	280	160	100	75	320	4 отв. Ø26	22	3

Пружна опора ОУЦ-4 по приєднувальних розмірах і вантажопідйомності взаємозамінна з вище розглянутою пружною опорою. Суцільногумові опори конструктивно прості і тому організація їхнього випуску не представляє труднощів в умовах спеціалізованих заводів гумово-технічних виробів.

Для виготовлення пружних елементів розглянутих опор використовуються технічні гуми, твердість яких складає біля 50 одиниць за ДСТУ EN 549:2019, модуль зрушення при цій твердості $G = 0,6...0,7$ МПа.

У процесі виготовлення пружних опор враховувалася специфіка гуми як конструкційного матеріалу, що має розкид механічних показників для гуми однієї марки в межах $\pm 20\%$ від номінальних значень, що для вібромашин зарезонансного типу не має істотного значення.



Вид А

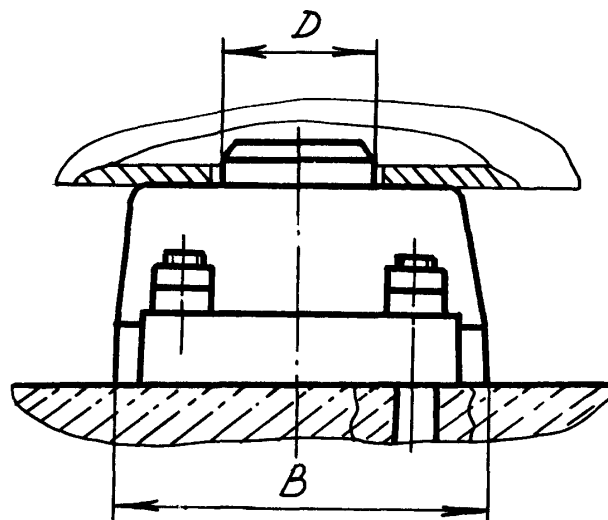


Рисунок 3.2 – Суцільногумова пружна опора: 1 - пружний елемент; 2 - лапа; 3 - циліндричний посадковий виступ; 4 - виріз у корпусі пружного елемента; 5 - кутовий опорний елемент; 6 - фундаментний болт; 7 - захисний ковпак; 8 - рухлива рама віброплощинки.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВФДР 26 00.00.000 ПЗ

Арк.

3.2.4. Конструювання рама підмоторної

Рама підмоторна потрібна для забезпечення встановлення електродвигуна в похилому положенні шківом вгору на фундаменті віброплощадки, а також для забезпечення необхідності його пересування відносно рами для потрібного натягування чотирьох клинових пасів.

Рама включає горизонтальну плиту з отворами під фундаментні болти, вертикальну плиту з чотирма похилими прорізами для кріплення електродвигуна, потужністю 15 кВт і болтовим пристроєм для його переміщення відносно рами по похилим прорізам і трьох вертикальних ребер жорсткості. В вертикальних ребрах жорсткості виконані отвори для стропування рами при її транспортуванні та монтажу.

В цілому, підмоторна рама має просту, раціональну конструкцію та має потрібну жорсткість для перешкоджання вібрації електродвигуна під впливом пасової передачі.

Пристрій для кріплення форм

У віброплощадках уніфікованого ряду застосований найпростіший, але водночас надійний спосіб закріплення форми на рухливій рамі шляхом самозаклинення між жорсткими клиновими упорами, що успішно застосовувався у віброплощадках 1ВПГ--1,5х6-10. У цьому випадку вручну здійснюється лише строповка піддона або форми, а всі інші операції робляться краном. Однак варто враховувати зусилля заклинювання, яке необхідно переборювати додатково до сили ваги при відриві заклиненої форми від поверхні рухливої рами

$$Q_d = Q_n f_t \operatorname{tg} \alpha_z, \quad (3.2)$$

де Q_n - вага піддона;

f_t - коефіцієнт тертя сталі по сталі, орієнтовно приймається $f_t=0,3$;

α_z - кут заклинювання. Дослідним шляхом встановлено, що значення α_z повинно знаходитися в межах $50...55^\circ$ від горизонталі.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клинові упори приварюються до поверхні рухливої рами з врахуванням розмірів форми із самим широким піддоном. Піддони, у свою чергу, доустатковуються відповідними клиновими упорами, що входять у комплект з упорами рами віброплощадки.

Самозаклинювання форми на рухливій рамі віброплощадки рекомендується застосовувати для підвищення ефективності процесу ущільнення при формуванні виробів із жорстких бетонних сумішей таких як багатопустотні панеліперекриттів, а при формуванні виробів із рухливих бетонних сумішей досить лише обмеження від сповзання форми з поверхні рухливої рами за допомогою поперечних клинових упорів.

3.3 Методика визначення основних конструктивних параметрів віброплощадки ВПГ з двома віброзбуджувачами коливань

Метою приведеної нижче методики є визначення конструктивних параметрів віброплощадки із двома дебалансними віброзбудниками.

З вихідні дані приймається характеристика виробу, а саме тип виробу, його маса і габаритні розміри.

Розрахунок основних параметрів проектованої віброплощадки рекомендується виконувати в наступній послідовності.

Розраховується вантажопідйомність віброплощадки Q_B , як сума маси форми та маса технологічного оснащення, що підлягає вібруванню.

Залежно від габаритних розмірів форми в плані X_L і Y_L визначаються габаритні розміри рами віброплощадки. При цьому необхідно додатково враховувати можливість установалення упорів для надійного закріплення форм.

Приймаються технологічні параметри віброплощадки, а саме граничні значення складових амплітуд вібропереміщень точок рухомої рами у вертикальній A_z та горизонтальній площинах A_x і A_y , а також частота коливань рухомої рами ω . Виконання цих параметрів повинно

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечувати якісне формування виробів із бетонних сумішей заданої зручновкладальності.

Для продуктивного та якісного ущільнення бетонної суміші при формуванні плитних виробів на віброплощадках даного типу необхідно забезпечити виконання таких умов:

при формуванні виробів із сумішей зручновкладальністю 11...20 с частота коливань рухливої рами повинна бути в межах 27...30 Гц (175...188 с), при цьому амплітуда максимальних горизонтальних вібропереміщень рухливої рами може бути визначена з умови збереження мастила на піддоні форми [5]:

$$A_{x,y \max}^o = \frac{2,5g}{\omega^2} \quad (3.3)$$

що складає відповідно 0,8...0,7 мм. Мінімальні вібропереміщення повинні бути не менше $0,5A_{x,y \max}^o$, тому що при менших значеннях не буде забезпечуватися висока якість лицьової поверхні виробу, властивої продукції, відформованої на віброплощадках типу ВПГ. Як видно з характеру розподілу амплітуд вібропереміщень точок по поверхні рухливої рами віброплощадки, у залежності від кута зсуву фаз φ між положеннями дебалансів (рис.2.3) внаслідок обертальних коливань форми у горизонтальній площині, максимум значень горизонтальних вібропереміщень може знаходитися в кутах форми при $\varphi = 0$, але на практиці прихвачення бетону до піддона через стирання з нього мастила не відбувається тому, що, через наявність ущільнюючого пристінного ефекту, швидкість відносного ковзання суміші по піддоні форми в її кутах менше, ніж у серединній частині. Тому будемо оцінювати максимальне значення амплітуди горизонтальних вібропереміщень у точці, що знаходиться в геометричному центрі поверхні піддона форми. При цьому на торцях віброплощадки амплітуди вібропереміщень не повинні перевищувати (1,5...2)-х кратних значень амплітуд у серединній частині.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{x,y \max} = (1,5...2,0)A_{x,y \max}^0 \quad (3.4)$$

масу рухливої рами віброплощадки можна визначити за аналогією з запропонованими віброплощадками, для яких коефіцієнт металоємності складає 0,10...0,15 т на 1 м³ металоконструкції при вантажопідйомності віброплощадок 10...25 т, або в результаті її попередньої ескізної проробки, з врахуванням маси віброзбудників

$$m_p = \sum_{k=1}^n m_k \quad (3.5)$$

m_k - маса k-того елемента рами;

n - число елементів рами.

Число пружних опор r визначаємо, виходячи з вантажопідйомності однієї опори Q

$$r = \frac{m_p + Q_B}{Q} \quad (3.6)$$

Вантажопідйомність опори визначається відповідно до рекомендацій, викладених вище, а її гранично допустимі жорсткості в горизонтальному і вертикальному напрямках C_x , C_y і C_z повинні вибиратися з умови (3.1) забезпечення зарезонансного режиму коливань за формулами

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

$$C_z \leq \frac{m_p + Q_B}{1,5^2 r} \quad (3.7)$$

На основі ескізної проробки попередньо визначаються координати центрів жорсткості пружних опор, а також точок прикладення змушуючих сил віброзбудників. Конструктивно віброзбудники розташовуються у вікнах рухливої рами на відстані від центру мас, рівній

$$X_B = L_p / 4,$$

де L_p - довжина рухливої рами.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При цьому з метою зменшення коливальних рухів рухливої рами, навколо її поздовжньої осі Z_B координата заглиблення віброзбудників по можливості повинна бути мінімальною. Визначається ордината ц. м. коливальної системи відносно поверхні рухливої рами за відомою формулою

$$Z_C = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i z_{ci}, \quad (3.8)$$

де m_i - маса i -того елемента системи;

z_{ci} - координата ц. м. i -того елемента;

M - сумарна маса коливних частин тіла.

Велику трудомісткість представляють обчислення, пов'язані з визначенням приведених моментів інерції коливних частин, особливо форм, заповнених бетонною сумішшю. Оскільки в коливання утягується не вся маса бетонної суміші, а лише та її частина, що прилягає безпосередньо до днища і бортів форми і привантаження, то в якості приєднаної маси будемо враховувати до 50% маси суміші, для ребристих плит і - до 20% для суцільних плитних виробів. Моменти інерції форм із сумішшю будемо визначати як моменти інерції суцільних однорідних плит, що мають розміри виробу і масу, рівну сумарній масі форми і зазначеної маси суміші, а також масі привантаження і пустотоутворюючих вкладишів, у випадку формування багатопустотних панелей перекриттів. Наведені моменти інерції щодо головних центральних осей $Oxuz$ коливальної системи визначаємо за відомими формулами

$$\begin{aligned} I_x &= \sum_{i=1}^n \{I_{x_{0i}} + m_i[(y_{ci})^2 + (z_{ci})^2]\}; \\ I_y &= \sum_{i=1}^n \{I_{y_{0i}} + m_i[(x_{ci})^2 + (z_{ci})^2]\}; \\ I_z &= \sum_{i=1}^n \{I_{z_{0i}} + m_i[(x_{ci})^2 + (y_{ci})^2]\}, \end{aligned} \quad (3.9)$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де x_{ci}, y_{ci}, z_{ci} - координати ц. м. i -того елемента коливальної системи в системі координат $Oxyz$. Перехід від осей $O'x'y'z'$ щодо поверхні рухливої рами до головних центральних осей $Oxyz$ здійснюється по осі ординат за формулою

$$z = z' - z_c \quad (3.10)$$

Необхідну змушуючу силу одного віброзбудника визначаємо з рівняння (2.13) за умовою збереження мастила на піддоні після підстановки в нього значень a_y і a_θ , що описуються рівняннями (3.15)

$$F = \left| \frac{A_{y \max}^0}{4 \left(\frac{z_c z_b}{I_x \omega^2} - \frac{1}{M \omega^2} \right)} \right| \quad (3.11)$$

Кут нахилу валів віброзбудників визначається максимальним прискоренням ц. м. тіла з рівняння (2.13) для визначення віброперемещень точок рухливої рами у вертикальному напрямку з умови безвідривних коливань форми

$$A_{z \max}^0 = \frac{(0,92 \dots 1,06)}{\omega^2} \quad (3.12)$$

Після підстановки в нього значень a_z із рівнянь (3.15) і $A_{z \max}$ одержуємо

$$\beta \leq \arcsin \frac{A_{z \max}^0 M \omega^2}{4F} \quad (3.13)$$

Рациональне положення віброзбудників стосовно ц. м. коливної системи уточнюється за умовою (3.5) методом послідовних наближень із формул (2.11) після підстановки в них значень a_η і a_φ , обумовлених рівняннями (3.15), і позначення $x_c = x_L = l_p / 2$

$$x_B = \frac{A_{y \max} I_z \omega^2}{4x_L F}; \quad (3.14)$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Після визначення розмірів x_B і z_B уточнення змушуючих сил віброзбудників, можна не робити, тому що вони повинні мати запас регулювання в межах, що забезпечують зміну амплітуд коливань рухливої рами в межах 50% від їхнього максимального значення.

Динамічна модель вібромашини, розглянута в 2-му розділі не дозволяє проаналізувати енергетичні витрати для підтримки сталих коливань.

Обмежимося визначенням установленної потужності електродвигунів на основі численних натурних вимірів при випробуваннях віброплощадок типу ВПГ-2:

$$N_y = k_N Q_B, \quad (3.15)$$

де k_N - питома потужність, визначена як відношення встановленої потужності до максимальної вантажопідйомності. Для віброплощадок типу ВПГ-2 $k_N = 1,8 \dots 2,0$ кВт/т.

3.4 Приклад розрахунку основних параметрів віброплощадки для формування широкої номенклатури виробів

3.4.1 Скористаємося вищенаведеною методикою розрахунку. Розрахункова схема віброплощадки наведена нижче на рисунку 3.3.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

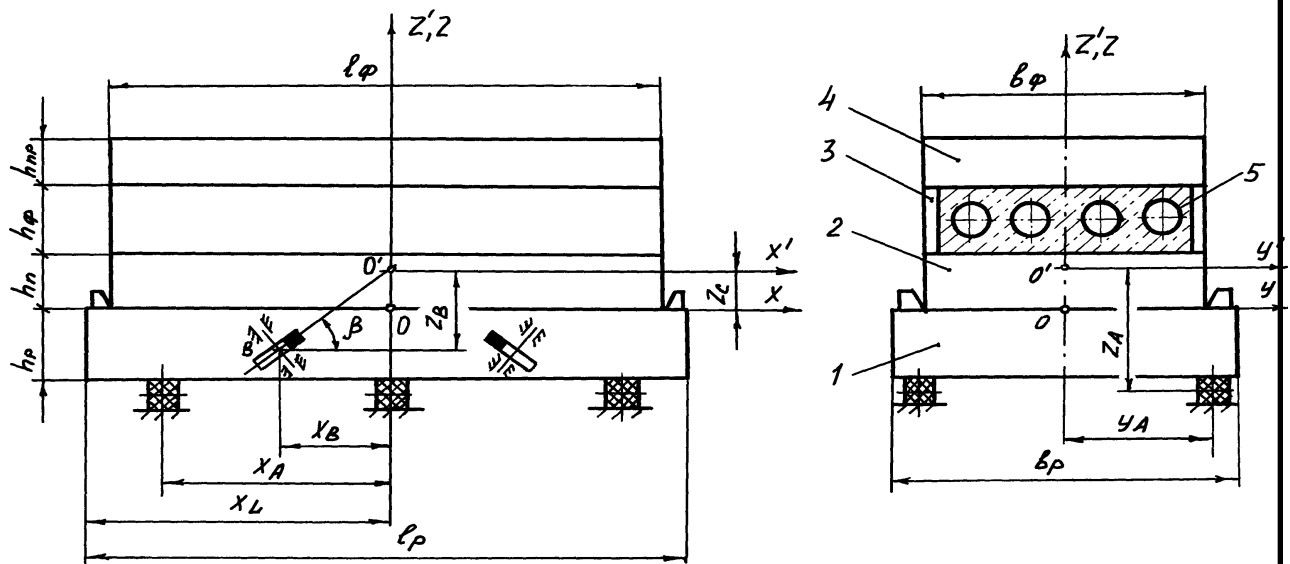


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема віброплощадки: 1 - рухлива рама;
2 - піддон; 3 - борти форми (формотворна рамка) і виріб, що формується;
4 - привантаження; 5 - пустотоутворюючі вкладиші

Установлюємо технологічні параметри режиму вібрації, дотримання котрих повинно забезпечувати продуктивне і якісне формування виробів. Орієнтуємося на формування багатопустотних панелей перекриттів, для яких зручновкладальність бетонної суміші повинна бути в межах 11...20 с. Формування ж інших виробів не представляє технологічних труднощів, тому що для цього застосовуються рухливі бетонні суміші. Відповідно до рекомендацій викладених вище, частоту коливань рухливої рами приймаємо рівною 30 Гц (188 із^{-1}). При цьому граничні значення амплітуд складових вібропереміщень повинні бути рівними:

-у серединній частині рухливої рами

$$A_{x,y}^0 = \frac{2,5g}{\omega^2} = \frac{2,5 \cdot 9,81}{188^2} = 0,69 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$A_z^0 = \frac{(0,92...1,06)g}{\omega^2} = \frac{(0,92...1,06)9,81}{188^2} = (0,26...0,29) \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

-на торцях рухливої рами

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

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

3.4.2 Розміри рухливої рами з врахуванням розмірів піддона і можливості установки клинових упорів призначаємо рівними: по довжині - 9800 мм, по ширині - 2000 мм.

3.4.3 Визначаємо умовну вантажопідйомність віброплощадки

$$Q_B = m_n + m_f + m_{np} + m_u,$$

де m_n, m_f, m_{np} - маси відповідно піддона, формоутворюючої рамки і привантаження. Визначаємо за аналогією з оснащенням, яке входить в комплекс устаткування для виготовлення тротуарної плитки 6,28 м: $m_n = 3600$ кг; $m_f = 3000$ кг; $m_{np} = 2000$ кг;

m_u - маса виробу, що формується. Визначаємо, виходячи з об'єму виробу і середньої щільності бетонної суміші $\rho_c = 2400 \text{ кг.м}^{-3}$, $m_u = 4500$ кг.

Умовна вантажопідйомність віброплощадки складе

$$Q_B = 3600 + 3000 + 2000 + 4500 = 13100 \text{ кг}$$

З врахуванням можливості формування й інших виробів (балок, фундаментних подушок і т.п.) приймаємо умовну максимальну вантажопідйомність віброплощадки рівною 20000 кг.

3.4.4 Підбір пружних опор

Визначаємо необхідне число пружних опор за формулою (3.6):

$$r = \frac{m_p + Q_{B \max}}{Q_o},$$

де m_p - маса рухливої рами віброплощадки; визначаємо виходячи з коефіцієнта металоємності рухливої рами рівного $k_p = 0,15$, каркас якої виконаний відповідно до вищевикладених рекомендацій щодо проектування рухливих рам із швелера №30

$$m_p = k_p L_p B_p h_p \rho_m = 0,15 \cdot 9,8 \cdot 2,0 \cdot 0,32 \cdot 7850 = 6400 \text{ кг},$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де L_p, B_p, h_p габаритні розміри рухливої рами віброплощадки, відповідно - довжина, ширина, висота;

ρ_m - густину металу, приймаємо $\rho_m = 7850 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$;

Q_o - вантажопідйомність однієї опори. Вибраємо вище розглянуті пружні опори, вантажопідйомність однієї опори $Q_o = 4500 \text{ кг}$.

$$r = \frac{6400 + 2000}{4500} = 5,8$$

Результат округляємо до парного числа у більшу сторону, таким чином $r = 6$.

Визначаємо ординату ц. м. коливальної системи відносно поверхні рухливої рами за формулою (3.8). При цьому відповідно до прийнятої розрахункової схеми маємо

$$z_c = \frac{m_n \frac{h_n}{2} - m_p \frac{h_p}{2} + m_{np} (h_n + h_f + \frac{h_p}{2}) + (m_f + m_u)(h_n + \frac{h_f}{2})}{m_p + m_n + m_f + m_u + m_{np}},$$

(4.16)

де h_p, h_n, h_f, h_{np} - висоти відповідно рухливої рами, піддона, бортів форми і привантаження. Приймаємо $h_p = 0,330 \text{ м}$;

$h_n = 0,320 \text{ м}$; $h_f = 0,220 \text{ м}$; $h_{np} = 0,250 \text{ м}$.

Після підстановки числових значень одержуємо $z_c = 0,180 \text{ м}$.
Визначаємо головні центральні моменти інерції коливного тіла по формулах (3.9), вираховуючи власні моменти інерції його складових частин по відомих формулах

$$I_{xoi} = \frac{m_i}{12} (B_i^2 + h_i^2);$$

$$I_{yoi} = \frac{m_i}{12} (l_i^2 + h_i^2);$$

$$I_{zoi} = \frac{m_i}{12} (B_i^2 + l_i^2),$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Підставляючи числові значення, одержуємо $I_x = 6440 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $I_y = 108600 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; $I_z = 132497 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

3.3.5 Визначаємо в першому наближенні необхідну змушуючу силу віброзбудника, за формулою (3.11), вважаючи з конструктивних міркувань, що $z_B = 0,5 \text{ м}$

$$F = \left| \frac{0,69 \cdot 10^{-3} \cdot 188^2}{4 \left(\frac{0,180 \cdot 0,5}{6440} - \frac{1}{17250} \right)} \right| = 138600 \text{ Н}$$

3.4.6 Уточнюємо в першому наближенні оптимальне положення віброзбудників стосовно ц. м. по формулах (3.13 - 3.14).

Кут нахилу валів віброзбудників відповідно до формули (3.13)

$$\beta \leq \arcsin \frac{0,29 \cdot 10^{-3} \cdot 17250 \cdot 188^2}{4 \cdot 4,90 \cdot 138600} \leq 18^\circ$$

приймаємо $\beta = 15^\circ$. Визначимо координати прикладення змушуючих сил віброзбудників

$$x_B = \frac{(1,04 \dots 1,38) \cdot 10^{-3} \cdot 132500 \cdot 188^2}{4 \cdot 4,90 \cdot 138600} = 1,760 \dots 2,360 \text{ м}$$

$$z_B = \frac{(0,44 \dots 0,58) \cdot 10^{-3} \cdot 132500 \cdot 188^2}{4 \cdot 4,90 \cdot 138600 \cdot \cos 15^\circ} - 1,850 \cdot \text{tg} 15^\circ = 1,760 \dots 2,360 \text{ м}$$

приймаємо $z_B = 0,50 \text{ м}$, що відповідає раніше прийнятому значенню, таким чином, уточнювати значення необхідної змушуючої сили віброзбудників немає необхідності.

3.4.7 Визначаємо встановлену потужність електродвигунів за емпіричною формулою (3.15)

$$N_y = (1,9 \dots 2,0) \cdot 20 = 38 \dots 40 \text{ кВт}$$

Приймаємо $N_y = 37 \text{ кВт}$ (два електродвигуни потужністю $18,5 \text{ кВт}$ кожний) з врахуванням можливого їхнього незначного і короткочасного перевантаження.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Розроблення дослідно-промислового зразка віброзбуджувача

3.5.1. Виходячи з технологічних та конструктивних міркувань задається закон зміни вимушуючої сили.

Цей закон може бути досягнутий за допомогою складеного дебаланса механічного віброзбуджувача колових коливань, з визначеною зміною сумарного статичного моменту.

Визначимо значення сумарного статичного моменту, для вказаних кутових швидкостей, при наявності в отворі додаткового вантажу діаметром 80 мм.

$$\Sigma Me_1 = F_1 / \omega_1^2 = 90000 / 150^2 = 4 \text{ кгм};$$

(1)

$$\Sigma Me_0 = F_0 / \omega_0^2 = 102000 / 160^2 = 4 \text{ кгм};$$

$$\Sigma Me^1 = F / \omega^2 = 172000 / 235^2 = 3,12 \text{ кгм};$$

$$\Sigma Me^{11} = F / \omega^2 = 121000 / 190^2 = 3,35 \text{ кгм};$$

Тобто менше, ніж при $W=160 \text{ с}^{-1}$, виходячи з цього границі регулювання будуть від 4 до 3,11 кгм.

Складений дебаланс включає в себе дві опозитно розташовані частини: основної, жорстко зв'язаної з дебалансним валом і рухомої (в радіальному напрямку), зв'язаної з нерухомим за допомогою Циліндричних пружин з визначеною сумарною жорсткістю.

Сумарний статичний момент представляє різницю статичних моментів цих двох частин. При збільшенні кутової швидкості обертання дебалансного валу, рухома частина дебаланса повинна, подолавши силу пружності фіксуючих пружин, збільшувати свій ексцентриситет і отже збільшувати статичний момент, в наслідок чого різниця буде зменшуватися до величини сумарного статичного моменту при $W_3 = 235 \text{ с}^{-1}$.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5.2. Визначення геометричних параметрів.

Треба визначити величини статичних моментів нерухомого і рухомого дебалансів, а також сумарну жорсткість фіксуючих пружин. Сумарний статичний момент при $W_0 = 165 \text{ с}^{-1}$

$$\Sigma M_{e0} = M_{e0} - m_{e0} ; \quad (3)$$

Теж при $W = 235 \text{ с}^{-1}$

$$\Sigma M_{e1} = M_{e0} - m_{e1} ; \quad (4)$$

де M_{e0} - статичний момент нерухомої частини дебаланса,

m_{e1} - змінюючий статичний момент рухомої частини дебаланса,

m_{e0} - початковий статичний момент рухомої частини дебаланса.

На рисунку 3.4 представлена запропонована схема складеного дебаланса. Статичний момент кінців 1 рухомої частини дебаланса в початковому положенні приплюсується до статичного моменту нерухомого дебаланса, а в крайньому положенні додається до статичного моменту рухомого дебаланса. Це дозволе зменшити потрібну величину зміщення рухомої частини.

Виходячи з заданого закону зміни вимушуючої сили і виразів (3) і (4).

Вимушуюча сила при $W_0 = 165 \text{ с}^{-1}$

$$F_0 = (M_{e0} - m_{e0}) \cdot W_0^2 = 102400 \text{ Н} ; \quad (5)$$

Вимушуюча сила при $W^1 = 235 \text{ с}^{-1}$

$$F^1 = (M_{e0} - m_{e1}) \cdot W_1^2 = 172000 \text{ Н} ; \quad (6)$$

Розділимо вираз (6) на вираз (5)

$$F^1/F_0 = ((M_{e0} - m_{e1}) \cdot W_1^2) / ((M_{e0} - m_{e0}) \cdot W_0^2); \quad (7)$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Прийmemo, що рухома частина дебаланса почне зміщуватися при $W_0 = 160 \text{ c}^{-1}$

Позначимо $F^1/F_0 = K_f$ -тоді в нашому випадку буде

$$K_f = 172000 / 102400 = 1,67,$$

Позначимо $W_1^2 / W_0^2 = K_w$ - тоді в нашому випадку буде

$$K_w = 235 / 165 = 1,42.$$

Тоді в загальному випадку вирах (7) прийме вигляд:

$$K_f = ((M_{e0} - m_{e1}) / (M_{e0} - m_{e0})) \cdot K_w ;$$

(8)

Відповідно до (3)

$$(M_{e0} - m_{e0}) \cdot 165^2 = 102000 \text{ Н},$$

Відповідно;

$$(M_{e0} - m_{e0}) = 102000 / 165^2 = 3,75 \text{ кгм.}$$

З умови доцільності величини зміщення рухомого дебаланса прийmemo $m_{e0} = 0,15 M_{e0}$.

Тоді

$$0,85 M_{e0} = 3,75 \text{ кгм},$$

$$M_{e0} = 3,75 / 0,85 = 4,41 \text{ кгм},$$

$$m_{e0} = 4,41 \cdot 0,15 = 0,66 \text{ кгм.}$$

Замінюючи форму рухомої частини дебаланса, прямокутником. З розмірами $0,145 \cdot 0,270$ і ураховуючи, що його центр маси розташовано на $0,144$ м від вісі обертання знайдемо потрібну товщину дебаланса δ_n при заповненому вантажем отворі діаметром 80 мм

$$\begin{aligned} \delta_n &= 4,41 / (0,145 \cdot 0,27 \cdot 0,144 \cdot 7800) = \\ &= 0,0100 \text{ м} \approx 100 \text{ мм.} \end{aligned}$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина рухомого дебаланса δ_{Π} без урахування маси кінців 1

$$\delta_{\Pi} = 3 \cdot 0,66 / (2 \cdot (0,135^3 - 0,007^3) \cdot 7800 \cdot 1) = 0,0595 \text{ м} \approx 60 \text{ мм}.$$

Статичний момент двох кінців дебалансу 1 відносно вісі обертання як прямокутників товщиною 100 мм

$$Me_0 = 2 \cdot 0,065 \cdot 0,07 \cdot 0,100 \cdot 7800 \cdot 0,11 \cdot \cos 73^\circ \approx 0,24 \text{ кгм}$$

Ця частка статичного моменту при початковій кутовій швидкості обертання дебаланса, включаючи $W = 165 \text{ с}^{-1}$ буде добавлятися до статичного моменту нерухомого дебаланса, відповідно до призначеного $me_0 = 4,41 \text{ кгм}$ і добавлятися до статичного моменту

рухомого дебалансу при його допустимом зміщенні на 65 мм.

В початковому відносному положенні дебалансів статичний момент основного дебаланса буде:

$$Me_0 = 4,41 + 0,24 = 4,65 \text{ кгм},$$

І статичний момент рухомого дебалансу 0,65 кгм.

Сумарний статичний момент при $W_0 = 150 \text{ с}^{-1}$ відповідно до (3)

$$\Sigma Me_0 = 4,65 - 0,66 = 3,99 \approx 4 \text{ кгм}.$$

Ексцентриситет рухомого дебалансу дорівнює статичному моменту поділеного на його масу, рівну

$$m^1 = \Pi / 2 \cdot (R^2 - r_0^2) \cdot \delta \cdot \rho = 3,14 / 2 \cdot (0,135^2 - 0,07^2) \cdot 0,06 \cdot 7800 = 9,77 \text{ кг},$$

Тоді

$$e_0^1 = 0,66 / 9,77 \approx 0,068 \text{ м}.$$

При заданій величині зміщення 0,065 м сумарна величина, ексцентриситету

$$e^1 = 0,068 + 0,065 = 0,133 \text{ м}.$$

А статичний момент без врахування ваги кінців 1:

$$me_0^1 = 9,77 \cdot 0,133 = 1,299 \text{ кгм},$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

І з додаванням частки статичного моменту ваги кінців 1:

$$m e^1 = 1,299 + 0,24 = 1,53 \text{ кгм},$$

(8)

Відповідно (4) сумуючий статичний момент при $W^1 = 235 \text{ с}^{-1}$:

$$\Sigma M e^1 = 4,65 - 1,53 = 3,12 \text{ кгм}.$$

А відповідна йому змушуюча сила відповідно до (6)

$$F^1 = 3,12 \cdot 235^2 = 172308 \text{ Н}.$$

Кутова швидкість $W^1 = 190 \text{ с}^{-1}$ викличе змушуючу силу $F^1 \approx 121607 \text{ Н}$.

Такий закон зміни змушуючої сили може бути отриманий при можливості плавного регулювання кутової швидкості обертання дебалансного валу від 150 с^{-1} до 235 с^{-1} в випадку тиристорного управління привідним електродвигуном.

Звернемо увагу, що при незмінному початковому статичному моменті

Рівному $4,65 \text{ кгм}$ в випадку збільшення кутової швидкості до 235 с^{-1} змушуюча сила складає $6F^1 = 4,65 \cdot 235^2 = 256,8 \text{ кН}$.

3.5.3. Розрахунок потрібної жорсткості фіксуючих пружин.

Виходячи з умови, щоб рухомий дебаланс не виходив за контури $R=230 \text{ мм}$, було назначено його максимальне зміщення 65 мм .

Відцентрова сила інерції рухомого дебаланса в початковому положенні, коли його статичний момент з врахуванням урівноважених кінців дебаланса дорівнює:

$$F_{\text{ню}} = (0,66 - 0,24) \cdot 160^2 = 10752 \text{ Н}.$$

Сила інерції рухомого дебалансу в його крайньому положенні з додаванням статичного моменту кінців (див. (8)):

$$F_{\text{н}} = 1,53 \cdot 235^2 = 84494 \text{ Н}$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

це прирощення сили здійснилося на шляху 65 мм. Тоді необхідна сумуюча жорсткість фіксуючих пружин для Зрівноваження цієї сили інерції:

$$C_c = (84494 - 10752) / 0,065 = 1134496 \text{ Н/м.}$$

Жорсткість однієї з чотирьох пружин:

$$C_1 = 1134496 / 4 = 283624 \text{ Н/м ;}$$

Задаємося умовним діаметром пружини $D_n = 0,055 \text{ м}$ та

Кількістю витків 8, тоді діаметр проволочки пружини буде:

$$d = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot C_1 D_n^3 i}{8 \cdot 10^{10}}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 283624 \cdot 0,055^3 \cdot 8}{8 \cdot 10^{10}}} = 0,0139 \text{ м.}$$

Тобто $d = 14 \text{ мм.}$

Умова $D_n / d = 0,055 / 0,014 \geq 4$ витримано, та може бути прийнято, оскільки розтяг та стиск пружини відбувається один раз за кожний технологічний цикл.

Ескіз пружини розтягу, з врахуванням способу закріплення її кінців до рухомих та нерухомих частин складеного дебалансу, показані нижче.

Для утримання рухомої частини дебаланса в стані контакту з нерухомих дебалансом, при кутові швидкості 160 с^{-1} , потрібен попередній натяг пружин (див. (9)).

$$\Delta H = 10752 / 1134496 = 0,0094 = 9,5 \text{ мм.}$$

Визначимо значення змушуючих сил, що генерируються складеним Дебалансом при витягнутому додатковому вантажі.

Тоді від'ємний статичний момент отвору діаметром 80 мм

Знайдемо значення змушуючих сил генерируемых складеним дебалансом при витягнутому додатковому вантажі.

Тоді від'ємний статичний момент отвору діаметром 80 мм та глибиною 100 мм

$$m e^{or} = (\Pi d_o^2 / 4) \cdot l_o \cdot 7800 \cdot \rho = (3,14 \times \times 0,08^2 / 4) \cdot 0,1 \cdot 7800 \cdot 0,175 = 0,685 \text{ кгм.}$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Статичний момент нерухомого дебалансу в цьому випадку:

$$Me_{01} = 4,65 - 0,685 = 3,96 \text{ кгм.}$$

Сумарний статичний момент в цьому випадку, в випадку коли рухомий дебаланс також нерухається буде:

$$\Sigma Me_{01} = 3,96 - 0,66 = 3,3 \text{ кгм.}$$

$$F_{01} = 3,3 \cdot 150^2 = 74362 \text{ Н.}$$

$$F_{02} = 3,3 \cdot 160^2 = 84480 \text{ Н.}$$

При такому зміщені рухомого дебалансу сумарний статичний момент складеного дебалансу:

$$\Sigma Me_{02} = 3,3 - 1,53 = 1,77 \text{ кгм.}$$

Змушуюча сила при цьому значенні статичного моменту буде:

$$F_{02} = 1,77 \cdot 235^2 = 97740 \text{ Н.}$$

З приведенного приклада розрахунку складеного дебалансу витікає, що автоматичне регулювання його статичного моменту відкриває нові передумови для підвищення споживчих якостей вібротамашин.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Літературні джерела до дослідницько-конструктивного розділів

1. Сівко В.Й. Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: -К.-ІСДО, 1994.-359с.
2. Назаренко І.І. Машина для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999 – 488 с.
3. Ефективне віброформовочне обладнання для заводів й полігонів збірного залізобетона: Альбом-довідник під ред. К.А. Олехновича.- Полтава, 1997.- 29 с.
4. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 230 с.
5. Русанова Н.Г., Пальчик П.П., Рижанкова Л.М. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: У 2 ч. Ч. 2. - К.: Вища шк., 1994. - 334 с.
6. Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С. 177 – 181.
7. М.П. Нестеренко. ПРОГРЕСИВНИЙ РОЗВИТОК ВІБРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК З ПРОСТОРОВИМИ КОЛИВАННЯМИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ. Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 2 (44). – 2015. – ПолтНТУ. – с.16-23.
8. Деталі машин: підручник / [Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін.]. – Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
9. Гайдамака А. В. Підшипники кочення. Базові знання та напрямки вдосконалення : навч. посіб. / А. В. Гайдамака. – Х. : НТУ «ХП», 2009. – 248 с.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗДІЛ “ОХОРОНА ПРАЦІ”.

4.1 Аналіз шкідливих виробничих факторів, що виникають при експлуатації віброплощадки

При сучасному рівні будівельного виробництва більшість технологічних процесів (бетонні, планувальні, навантажувально-розвантажувальні та інші) виконуються за допомогою різноманітних машин, обладнання, засобів малої механізації, які створюють шум та вібрацію, які негативно впливають на людину. Для сучасного машинобудування характерно збільшення швидкості робочих органів та агрегатів різного типу обладнання, станків і різноманітних машин. Стає важко зрівноважити маси, які обертаються, чи рухаються поступально. В результаті виникають коливання, в ряді випадків їх супроводжують шкідливі виробничі фактори, які створюють негативні умови праці, наприклад, вібрація, що супроводжує роботу вібраційної площадки. Коливання поширюються по елементам конструкцій і прискорюють їх руйнування, і також шкідливо впливають на працюючого.

По характеру дії на організм людини вібрацію ділять на загальну та місцеву. Загальна вібрація передається на все тіло людини, а місцева – на руки працюючого. Можлива комбінована дія загальної та місцевої вібрації. Вібрації віброплощадки викликають коливання повітря, що передаються конструкціям споруд та фундаменту, а через нього ґрунту, в результаті чого коливання можуть виникати на робочих місцях, навіть в спорудах, що знаходяться далеко від віброплощадки.

Вібрація приводить тіло, чи його окремі частини в коливальний рух.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При дії коливань з частотою 8 Гц резонує увесь організм, коливання з частотою від 17 до 25 Гц резонансні для голови людини, а для внутрішніх органів власна частота коливань в діапазоні 6-9 Гц.

Коливання робочих місць з вказаними частотами дуже небезпечні, так як можуть визвати механічні пошкодження і, навіть, розриви органів.

Систематичний вплив загальних вібрацій при високому рівні віброшвидкості може бути причиною вібраційної хвороби (неврита) – стійких порушень фізіологічних функцій організму (в першу чергу центральної нервової системи). Ці порушення проявляються у вигляді порушень серцевої діяльності, паморочення та головної болі, порушення сну та самопочуття, пониження працездатності. Віброхвороба відноситься до групи професійних захворювань, ефективне лікування якої ефективно лише на ранніх стадіях, в іншому випадку – незворотні зміни, що призводять до інвалідності.

Місцева вібрація викликає спазми суглобів рук, передпліччя, серця. Найбільш шкідливою для людини при експлуатації віброплощадки є одночасна дія вібрацій, шуму і низької температури.

4. 2 Заходи по безпечній експлуатації віброплощадки на стадії проектування.

Віброплощадка в своєму приводі має електродвигун, що працює від напруги 380 В. При випадковому замиканні фази на корпусі віброплощадки може виникнути небезпечність ураження електричним струмом.

В якості запобіжного пристрою використовуємо захисне заземлення. Захисне заземлення забезпечує захист людей від ураження електричним струмом при доторканні до металічних

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не струмоведучим частинам обладнання, які можуть бути під напругою в результаті пошкодження ізоляції електричних провідників.

Принцип дії захисного заземлення – це зниження до безпечних значень напруги дотикання і крокової напруги, що виникають при замиканні фази на корпус. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання (в силу малого опору заземляючого пристрою 4...10 Ом), а також вирівнювання потенціалів заземленого обладнання і основи за рахунок збільшення потенціалу основи, на якій стоїть людина до значень, близьких до потенціалу заземленого обладнання.

4. 2.1 Розрахунок захисного заземлення має за мету визначити параметри заземлення: кількість, розміри та розміщення одиничних заземлювачів і заземляючих провідників, при яких напруга дотикання і кроку в період замикання фази на заземлений корпус не перевищує допустимих значень.

Проведемо даний розрахунок в наступній послідовності:

4.2.1. Потрібне значення опору заземляючого контуру 4 Ом.

4.2.1.2 Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням кліматичного коефіцієнта Ψ

$$\rho_{розр} = \rho \cdot \Psi, \text{ Ом м,} \quad (4. 1)$$

$$\rho_{розр} = 1 \cdot 10^2 \cdot 1,5 = 150$$

де ρ – наближене значення питомого опору ґрунту,
вибираємо

по таблиці 8 [23], для суглинки $\rho = 1 \cdot 10^2$ Ом м;

Ψ – кліматичний коефіцієнт, приймаємо по таблиці 9 [2],
для суглинки при нормальній вологості $\Psi = 1,5$

4.2.1.3 Визначаємо конфігурацію заземляючого контуру, тип і розміри вертикальних електродів.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо, що електроди розташовані по контуру. В якості вертикальних електродів будемо використовувати стержні круглого перерізу діаметром 2,5 см, довжиною $l=3,5$ м.

В якості горизонтального електрода використовуємо сталю смужку 35х4. Відношення відстаней між електродами до довжини електрода $\frac{a}{l}=2$.

4.2.1.4 Визначаємо опір розтіканню струму вертикального одиничного електрода за формулою

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi l} \left(l_n \frac{2l}{d} + 0.5 l_n \frac{4t+l}{4t-l} \right), \text{ Ом} \quad (4. 2)$$

де l – довжина електрода, $l=3,5$ м;

d – діаметр електрода.

t – відстань від верха землі до середини погруженого в землю

електрода, $t=2,25$ м.

Підставивши всі необхідні значення у формулу (7.2) отримуємо

$$R_{\epsilon} = \frac{160}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,025} + 0.5 \ln \frac{4 \cdot 2,25 + 3,5}{4 \cdot 2,25 - 3,5} \right) = 48,6$$

4.2.1.5. Визначаємо орієнтовне число вертикальних електродів

$$n' = \frac{R_B}{R_n \eta_B}, \quad (4. 3)$$

$$n' = \frac{48,6}{4 \cdot 1} = 12,15 \approx 12,$$

де R_n – потрібний опір заземляю чого контуру, $R_n=4$ Ом;

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

η_b – коефіцієнт використання вертикальних стержнів,

попередньо приймаємо $\eta_b = 1,0$

4.2.1.6. Визначаємо фактичну кількість вертикальних електродів

$$n = \frac{R_B}{R_n \eta_B} = \frac{48,6}{4 \cdot 0,67} = 18,13 \approx 20, \quad (4. 4)$$

де η_b – коефіцієнт використання вертикальних стержнів,

приймаємо по [2, с. 175], $\eta_b = 0,67$;

Приймаємо 20 вертикальних електродів.

Визначаємо сумарну довжину горизонтального електрода

$$l_z = a \cdot n, \text{ м}, \quad (4. 5)$$

$$l_z = 5 \cdot 20 = 100$$

де a – відстань між електродами,

$$\frac{a}{l} = 2, \text{ звідси } a = 2l = 2 \cdot 2,8 = 5 \text{ м.}$$

5.2.1.5. Визначаємо опір розтіканню струму горизонтального електрода

$$R_z = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l_z} \ln \frac{l_z^2}{b_n t_{кр}}, \text{ Ом}, \quad (4. 6)$$

$$R_z = \frac{160}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} \ln \frac{100^2}{0,02 \cdot 0,5} = 3,69$$

де b_n – ширина сталюї смуги

$$b_n = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м};$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{кр}$ – відстань від верха землі до місця кріплення
горизонтального електрода до оголовка.

$$t_{кр} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м.}$$

4.2.1.8. Визначаємо загальний опір заземлюючого контуру

$$R_0 = \frac{R_\theta \cdot R_z}{R_\theta \eta_z + R_z \eta_\theta \cdot n}, \quad \text{Ом}, \quad (4.7)$$

$$R_0 = \frac{48,6 \cdot 3,69}{48,6 \cdot 0,4 + 3,69 \cdot 0,67 \cdot 20} = 2,66,$$

де η_z – коефіцієнт використання смуги по [2, с. 175],

$$\eta_z = 0,4.$$

Опір заземлюючого контуру вимоги електробезпеки задовольняє.

Тобто $2,66 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема заземлення показана на рисунку 4.1

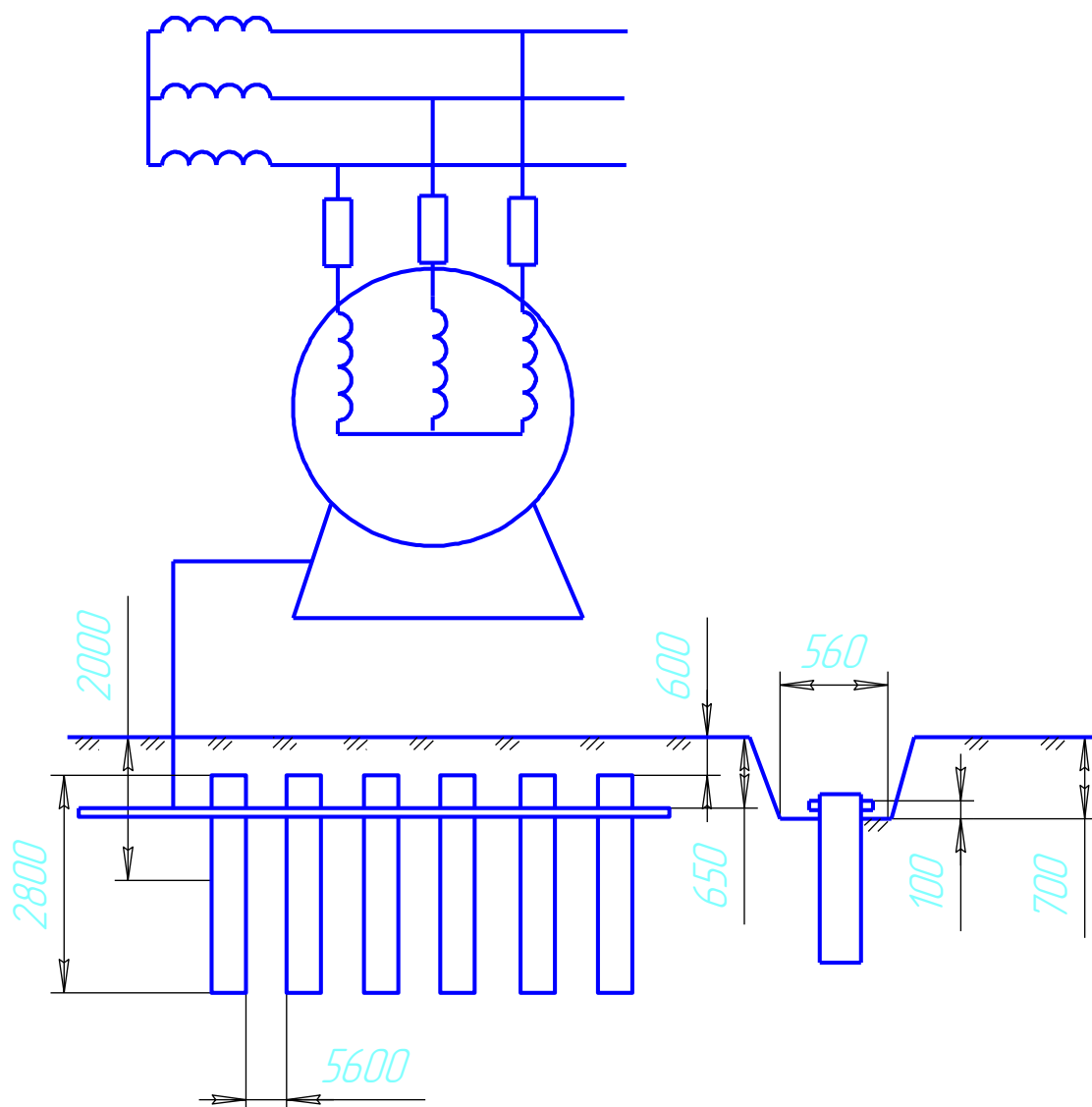


Рисунок 4.1 – Схема заземления

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. 2.2 Вібропогасяча основа

1. Зменшити коливання, що передаються на робочі місця і будівельні конструкції, від динамічно неврівноважених машин можливо шляхом їх встановлення на масивні віброгасячі основи. Конструктивно віброгасячі основи виконуються з залізобетонної плити, по периметру якої виконується акустичний шов, що заповнюється легкими пружними матеріалами і призначений для усунення безпосередньої передачі коливань від фундаменту до будівельних конструкцій. Фундаменти під віброгасячі машини повинні задовольняти умови міцності й стійкості, а інтенсивність вібрації робочих місць, розміщених на них, не повинна перевищувати значень, що встановлені ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Розраховуємо віброгасячу основу під віброплощадку габаритом 6200x1500x450 мм і максимальною вантажо-підйомністю 12т, загальною вагою 57000 Н, в тому числі рухомих частин $P_{пч}=42300$ Н. Потужність привода 30 кВт, частота обертання 1450 хв^{-1} , максимальний кінетичний момент 2900 Нм, амплітуда вібропереміщень 0,4 мм, частота вібрації 30 Гц. Фундамент встановлюємо на суглинок середньої пористості з нормативним тиском, що допускається $K=3 \times 10^5$ Па.

Динамічне навантаження, що збуджується дебалансом, визначаємо по заданому сумарному кінетичному моменту $M_k=2900 \text{ Нсм}$ і частоті вібрації 30 Гц.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega = 2\pi f = 2 \cdot 3.14 \cdot 30 = 188.4, \text{ c}^{-1}$$

$$N = \frac{M_k \omega^2}{g}, \text{ Н}, \quad (4. 8)$$

де $g=980 \text{ см/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$$\text{Тоді } N = \frac{2900 \cdot 188.4^2}{980} = 105035$$

Визначаємо сумарну жорсткість всіх опор

$$K = \frac{P_{пч}}{\lambda_{см}}, \text{ Н/см}^2 \quad (4. 9)$$

де $P_{пч}$ – вага рухомих частин, Н,

$$P_{пч} = 42300 \text{ Н},$$

$\lambda_{см}$ – статична осадка гумово металічних опор,

$$\lambda_{см} = 0,5 \text{ м}$$

$$\text{Тоді, } K = \frac{42300}{0.005} = 8460000$$

Розраховуємо власну частоту вертикальних коливань підресорних частин віброплощини

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m_{пч}}}, \text{ c}^{-1} \quad (4. 10)$$

де $m_{пч}$ – маса рухомих частин, кг

$$m_{пч} = 4230,$$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{8460000}{4230}} = 44.72$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_0 = \frac{44.72}{2 \cdot 3.14} = 1.12 \text{ Гц}$$

Визначаємо нормальне динамічне навантаження, що передається на фундамент

$$N_\phi = \frac{N}{\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 - 1}, \text{ Н} \quad (4.11)$$

$$N_\phi = \frac{105035}{\left(\frac{188.4}{44.72}\right)^2 - 1} = \frac{105035}{16.75} = 6270.7$$

Виходячи з досліду проектування фундаментів під машини з динамічними навантаженнями, конструктивно приймаємо площу F_ϕ фундаменту. В першому наближенні задається маса фундаменту приблизно у два рази більша загальної маси віброплощини

$$M_\phi = 12500 \text{ кг}$$

$$F_\phi = 6.2 \cdot 1.5 = 9.3, \text{ м}^2$$

Розраховуємо коефіцієнт жорсткості природної основи при вибраному ґрунті (суглинок), $R = 3 \times 10^5 \text{ Па}$, $C_z = 50 \text{ Н/см}^2$ (коефіцієнт пружного рівномірного стиску):

$$K_z = F_\phi C_z, \text{ Н/см}^2 \quad (4.12)$$

$$K_z = 93000 \times 50 = 4650000$$

Визначаємо частоту власних вертикальних коливань фундаменту

$$\omega_\phi = \sqrt{\frac{K_z}{m_\phi}}, \text{ с}^{-1} \quad (4.13)$$

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega_{\phi} = \sqrt{\frac{4650000}{12500}} = 19,3 \text{ с}^{-1},$$

$$f_{\phi} = \frac{19,3}{2 \cdot 3,14} = 3,07 \text{ Гц}$$

Розраховуємо амплітуду переміщення фундаменту під дією динамічної сили

$$a_{\phi} = \frac{N_{\phi}}{K_z \left[\left(\frac{\omega}{\omega_{\phi}} \right)^2 - 1 \right]} \quad (4.14)$$

$$a_{\phi} = \frac{6270.7}{4650000 \left[\left(\frac{188.4}{19.3} \right)^2 - 1 \right]} = \frac{6270.7}{437.1} = 0.0014 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 12.1.012-82, $a_{\text{доп}} = 0,009 \text{ мм}$, тобто умова виконується.

4.2. Техніка безпеки при експлуатації

В будівництві та в будівельній індустрії ряд виробничих процесів: ущільнення бетонних сумішей, ущільнення ґрунтів та інші роботи викликають шум та вібрацію, які при перевищенні допустимих значень негативно впливають на людину. В умовах шуму і вібрації при роботі віброплощадки значно уповільнюється реакція людини, послаблюється дихання, швидко настає втома. Це є причиною збільшення травматизму і зниження працездатності. Довготерміновий контакт з вібромашинами призводить до професійного захворювання. Боротьбі з вібрацією та шумом надається велика увага як при розробці

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нових конструкцій машин, так і при модернізації тих, що серійно випускаються.

При розробці режиму праці передбачають:

- сумарний термін роботи з машиною і розподілення періодів контакту з нею на протязі робочої зміни чи циклу;

- виконання інших видів робіт, не зв'язаних з дією вібрації, в тому числі підготовчих, заключних та допоміжних;

При експлуатації вібраційних машин особлива увага звертається на дотримання наступних умов:

- до роботи допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли попередній медичний огляд, мають відповідну кваліфікацію і здали залік по правилам безпечного виконання робіт;

- робота проводиться, як правило, в приміщеннях, що опалюються з температурою повітря не нижче 10°C при вологості 40-60%. При роботі в холодний період року в неопалюваних приміщеннях чи на відкритому повітрі для періодичного обігріву передбачаються приміщення з температурою повітря 21-23°C, крім того, на робочих місцях забезпечується місцевий обігрів;

- до експлуатації допускають тільки технічно справні машини. При планово-попереджувальному ремонті здійснюється контроль за параметрами вібрації. Параметри вібрації визначають для нових машин по даним технічних паспортів, для тих, що знаходяться в експлуатації і для всіх видів машин після ремонту – по даним фактичних замірів, що проводяться не рідше одного разу на рік, а для ручних машин – не рідше двох разів на рік;

- всі працівники, що попадають під вплив вібрації, забезпечуються індивідуальними засобами захисту від вібрації і шуму. Інтенсивний шум, особливо імпульсний і

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високочастотний, впливає і на нервову систему, сприяючи швидкому стомленню, послабленню уваги. Слід мати на увазі, що одночасна дія шуму і вібрації може принести більше шкоди організму, ніж окрема дія кожного з цих факторів;

– працівників, у яких виявлена вібраційна хвороба, переводять по висновку медичних закладів на роботу, не зв'язану з вібрацією;

– проведення позаурочних робіт з машинами, що створюють вібрацію, не допускається;

Значення шуму на робочих місцях регламентується ДБН В.1.2-10-2008 "Захист від шуму". Дія шуму залежить від його інтенсивності, частоти, терміну дії. Шум викликає погіршення слуху, психічне напруження чи стрес, вегетативний розлад, порушує можливість зосередитися і виконувати роботу.

Якщо при існуючій технології виробництва, техніці шумопоглинання і віброізоляції шум та вібрацію на робочих місцях знизити до припустимої норми не можливо, то працюючих слід забезпечити засобами індивідуального захисту (навушники, шлеми, заглушки, вкладиші, вібровзуття, віброрукавиці), що знижують шум і вібрацію до меж, встановлених нормами.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література до розділу

- 1 ДСТУ Б В.2.5-82:2016 «Електробезпека в будівлях і спорудах».
- 2 Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно- будівельних спеціальностей / За ред. В. В. Сафонова.— Київ: Основа, 2020.— 480 с.
- 3 Охорона праці в будівництві: Навч. посіб. посібник / за редакцією Коржика Б. М. і Іванова В.М. - Харків: Форт, 2010. - 388 с.
- 4 Ярошевська В. М., Чабан В.Й. Охорона праці в будівельній галузі: Навч. посіб. - Рівне: НУВГП, 2004. - 313 с.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній магістерській роботі згідно технічного завдання на проектування розроблено вібраційну установку для формування дрібно-розмірних виробів з бетонних сумішей. Для чого попередньо проаналізовані вимоги, що ставляться до виробів заданого типу відповідно до ДСТУ Б В.2.7-238:2010 «Плити бетонні тротуарні». передбачає виготовлення плит з важкого та дрібнозернистого залізобетону по ДСТУ Б В.2.7-43-96 «Бетони важкі. Технічні умови» призначених для збірних покриттів тротуарів автодоріг, мостових переходів, зупинкових майданчиків громадського та військового транспорту тощо.

2. Проаналізовані способи формування плит та існуюче обладнання. Для розроблення установки для формування тротуарних плит вибрана схема вібраційної площадки з просторовими коливаннями робочого органу.

3. Проведене динамічне моделювання дозволило встановити закономірності руху робочого органу віброплощадки. На основі якого складено методику розрахунку віброплощадки та виконані необхідні розрахунки основних вузлів та деталей віброплощадки. Запропоновано оригінальну конструкцію вібраційного збудника коливань.

4. В результаті раціонального підходу при проектуванні вдалося знизити масу металоконструкції рами віброплощадки, а також, скоротити число деталей металоконструкцій. Це дозволило зменшити установлену потужність привідних двигунів до 15 кВт. Рухома рама спирається на 4 пружні гумово металічні опори, вантажопідйомність яких збільшена з 4 до 8 т, пружні опори кріпляться до рухомої рами віброплощадки за допомогою виступів, що входять в посадочні отвори, розташовані знизу рухомої рами. Це дозволяє при необхідності швидко зняти рухому раму, для ревізії та очистити пружні опори та приямки фундаменту від частинок бетонної суміші.

5. В розділі з охорони праці проведено аналіз основних факторів небезпеки і шкідливостей, що виникають при експлуатації будівельних машин та запропоновані заходи по усуненню основних факторів небезпеки на стадії експлуатації віброплощадки.

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	
1. Аналіз стану питання, огляд науково-технічної та патентної літератури, завдання дослідження.....	
2. Дослідницький розділ. Аналітичні дослідження закономірностей просторового руху робочого органа вібраційної установки з двома дебалансними віброзбудниками.....	
3. Конструктивний розділ	
4. Розділ “ Охорона праці ”.....	
Висновки.....	
Зміст.....	

					ВФДР 26 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

В даній магістерській роботі згідно технічного завдання на проектування розроблено вібраційну установку для формування дрібно-розмірних виробів з бетонних сумішей. Для чого попередньо проаналізовані вимоги, що ставляться до виробів заданого типу відповідно до ДСТУ Б В.2.7-238:2010 «Плити бетонні тротуарні». передбачає виготовлення плит з важкого та дрібнозернистого залізобетону по ДСТУ Б В.2.7-43-96 «Бетони важкі. Технічні умови» призначених для збірних покриттів тротуарів автодоріг, мостових переходів, зупинкових майданчиків громадського та військового транспорту тощо.

Також проаналізовані способи формування плит та існуюче обладнання. Для розроблення установки для формування тротуарних плит вибрана схема вібраційної площадки з просторовими коливаннями робочого органу..

Проведене динамічне моделювання дозволило встановити закономірності руху робочого органа віброплощадки. На основі якого складено методику розрахунку віброплощадки та виконані необхідні розрахунки основних вузлів та деталей віброплощадки. Запропоновано оригінальну конструкцію вібраційного збудника коливань. В результаті раціонального підходу при проектуванні нам вдалося знизити масу металоконструкції рами віброплощадки, а також, скоротити число деталей металоконструкцій. Це дозволило нам зменшити установлену потужність привідних двигунів до 15 кВт. Рухома рама спирається на 4 пружні гумово металічні опори, вантажопідйомність яких збільшена з 4 до 8 т, пружні опори кріпляться до рухомої рами віброплощадки за допомогою виступів, що входять в посадочні отвори, розташовані знизу рухомої рами. Це дозволяє при необхідності швидко зняти рухому раму, для ревізії та очистити пружні опори та прямки фундаменту від частинок бетонної суміші. Це досить зручно в процесі експлуатації.

В розділі з охорони праці проведено аналіз основних факторів небезпеки і шкідливостей, що виникають при експлуатації будівельних машин та запропоновані заходи по усуненню основних факторів небезпеки на стадії експлуатації віброплощадки.

CONCLUSIONS

In the given work of the master according to the technical project on designing it is developed vibrating installation for formation of road plates from concrete mixes. For what requirements which are put to products of the given type of DSTU Б B.2.7-238:2010 DSTU "Plates concrete road. Specifications". Manufacturing plates from heavy and fine-grained concrete in accordance with DSTU B.2.7-43-96 sidewalks intended for modular coverings, foot and landscape gardening pathes, airfields of public transport is provided.. Ways of formation of plates and the equipment existing for it also are analysed. For development of installation for formation of road plates the chosen circuit of a vibrating platform with fluctuations of working body..

The carried spent dynamic modelling has allowed to establish laws of movement of working body of a vibrating platform. On the basis of which the design procedure of a vibrating platform and the executed necessary calculations of the basic units and details of a vibrating platform is made. The original design of the vibrating activator of fluctuations is offered. As a result of the rational approach at designing we managed to lower weight of a metal design of a frame of a vibrating platform, and also, to reduce number of details of a metal design. It has allowed to reduce to us the established capacity of engines up to 15 kw. The mobile frame leans(bases) on 4 elastic rubber-metal support which carrying capacity is increased with 4 up to 8 т, elastic support fasten to a mobile frame of a vibrating platform with the help of ledges which enter into the landing apertures located from below of a mobile frame. It quickly if necessary allows to remove(take off) a mobile frame, for audit and to clear elastic support and the base of particles of a concrete mix. It is rather convenient while in service.

In section from a labour safety the analysis of major factors of danger which arise at operation of building machines is carried out(spent) and actions for elimination of major factors of danger at a stage of operation of a vibrating platform are offered.