

ТОНКИЙ РОСТИСЛАВ ЕДУАРДОВИЧ  
ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ВІБРОРУЙНУВАННЯ ЗМЕРЗЛОЇ ВУГЛЕПОРІДНОЇ МАСИ

184 Гірництво  
магістр

2018

## Реферат

Пояснювальна записка: \_\_\_ с., 33 рис., 5 таблиць, 2 додатки, 9 джерел.

Об'єкт дослідження: даної роботи є намерзла вуглепородна маса підлягає розпушенню в бункері перевантажувального комплексу головного ствола шахти.

Мета дипломної роботи: обґрунтування оптимальних режимів роботи віброустановки для ліквідації намерзлої вуглепородної маси в бункерах перевантажувального комплексу в зимовий час.

У введінні викладено стан проблеми, здійснено аналіз для її вирішення, сформульовані основні техніко-методологічні вимоги до стаціонарного вібророзпушуючого пристрою для розпушування намерзлої вуглепородної маси в бункері.

Наукова новизна результатів, які очікуються полягає в обґрунтуванні оптимальних режимів віброметода для руйнування намерзлої гірської маси в бункері перевантажувального комплексу.

В економічній частині наведено розрахунок економічного ефекту, який очікується від реалізації результатів роботи.

Практична цінність роботи полягає в:

- механізації робіт для ефективної ліквідації намерзлої вуглепородної маси зі стінок бункера перевантажувального вузла;
- зниження трудомісткості робіт;
- підвищення продуктивності роботи перевантажувального комплексу.

Розроблене технічне рішення може бути впроваджене на вугільних і рудних шахтах.

## Зміст

Вступ .....	
1. Технологічна схема роботи перевантажувального комплексу головного стовбура шахти .....	
2. Аналіз способів і засобів диспергування замерзлої вуглепородної маси .....	
2.1. Профілактичні засоби для попередження смерзання насипних вантажів при транспортуванні .....	
2.2. Аналіз існуючих способів відновлення сипучості змерзлих вантажів .....	
2.3. Машини і установки для механізованого розпушування замерзлої вуглепородної маси в перевантажувальному комплексі .....	
2.4. Пристрої для очищення бункерів від замерзлої або налиплиго вуглепородної маси .....	
3. Математична модель процесів роботи механічного вібратора призначеного для руйнування замерзлої вуглепородної маси .....	
3.1. Обґрунтування методу розрахунку динамічних характеристик механічного вібратора .....	
3.2 Розробка програми чисельних розрахунків основних параметрів механічного вібратора .....	
4. Результати розрахунків зсуву, швидкості вібруючих стрижнів в залежності від маси вібратора і його демпфуючих характеристик .....	
4.1. Зсув і швидкість вібруючих стрижнів для початкового періоду роботи вібраторів .....	
4.2. Результати розрахунку характеристик вібратора в встановленому режимі .....	
4.3. Аналіз режимних характеристик вібратора і вибір параметрів механічного вібратор для здійснення ефективного руйнування змерзлої вуглепородної маси .....	
5. Технічні рекомендації .....	
6. Економічне обґрунтування ефективності застосовуваного методу .....	
7. Охорона праці при використанні вібратора .....	
Висновок .....	
Список використаних джерел .....	

Додаток А. Загальний вид програми .....

Додаток Б. Локальний кошторис .....

## ВСТУП

**Актуальність теми.** В перевантажувальних вузлах в зимовий час відбувається намерзання породної маси. Цей фактор збільшує трудомісткість, складність робіт для ліквідації намерзлий породи, що помітно збільшує собівартість вугілля, що видобувається, а також позначається на високому ступені небезпеки ведення робіт. У зв'язку з цим виникла необхідність механізації робіт для ефективного усунення намерзлої породної маси в бункері перевантажувального вузла ствола шахти.

В сучасних перевантажувальних комплексах складаються з системи бункерів і перевантажень, живильників, дозаторів, конвеєрних ліній, виконуються великі обсяги переробки сипучих вантажів, що досягають близько 200-500 т і більше вуглепородної маси на добу. У зимовий час роботу комплексу істотно ускладнюють такі процеси як намерзання і налипання вуглепородної маси в бункері. При цьому, в холодну пору року, найбільш ускладнює фактором процесу розвантаження вуглепородної маси, що надходить на перевантажувальний комплекс, є його намерзання і налипання на стінки бункера. Перед розвантаженням бункера з замерзлою вуглепородною масою в останньому необхідно відновити сипкість, що крім додаткових енергетичних витрат, істотно знижує продуктивність самого процесу перевантаження.

Останнім часом відомо досить велика кількість методів відновлення сипучості замерзлої вуглепородної маси, що транспортується в перевантажувальному комплексі, які підрозділяється на профілактичні заходи, що виконуються попередньо, проти намерзлої вуглепородної маси і способи відновлення сипучості вже замерзлої вуглепородної маси в бункері. До профілактичних заходів відносять: зневоднення, пошаровий розподіл вантажу незамерзаючими матеріалами, добавка речовин, поглинаючих вологу або утворюючих в ній погано змерзаючий розчин, обмаслюванням, спеціальна обробка внутрішніх поверхонь бункера і ряд інших. До заходів відновлення сипучості замерзлої вуглепородної маси, відноситься: розпушення вантажу вручну за допомогою відбійних молотків; розігрів намерзлого вантажу в спеціальних тепляках, в тому числі інфрачервоними випромінюваннями і

струмами високої частоти; розморожування паровими піками; розморожування гарячою водою; відтавання за допомогою розчинів солей; розпушення намерзлого вантажу підриванням; відновлення сипучості намерзлого вантажу бурофрезерними установками; розпушення намерзлого вантажу маятниковими бабами та ін.; використання вібророзгрузочних установок (накладні або притискні вібратори або накладні розвантажувальні віброприлади).

Останнім часом найбільш перспективними технологіями відновлення сипучості змерзлих матеріалів є різні розпушувальні установки, засновані на використанні розрихлюючих штирів, що навантажуються вібраційними, віброударними або ударними впливами. Як правило, на кожному конкретному підприємстві, використовуються ті чи інші заходи для відновлення сипучості намерзлого вантажу, а при великих обсягах розвантаження змерзлих матеріалів зазвичай застосовують комбінований комплекс заходів.

В даній магістерській роботі розглянуті проблеми відновлення сипучості розвантаження в холодну пору замерзлої вуглепородної маси на стінках бункера і сформульовані основні техніко-методологічні вимоги до стаціонарного вібророзрихлюючого пристрою для розпушування замерзлої вуглепородної маси в бункері.

**Мета роботи:** полягає в обґрунтуванні оптимальних режимів віброустановки для ліквідації намерзлої вуглепородної маси в бункерах перевантажувального комплексу в зимовий час.

**Ідея роботи:** полягає в використанні оптимальних режимів дії вібрації на намерзлу вуглепородну масу в бункері для підвищення ефективності роботи перевантажувального комплексу.

**Об'єкт дослідження:** об'єктом дослідження даної роботи є намерзла вуглепородна маса, яка підлягає розпушенню в бункері перевантажувального комплексу ствола шахти.

**Предмет дослідження:** предметом дослідження є дослідження процесу руйнування намерзлої і налиплої гірської маси в бункері перевантажувального комплексу.

**Призначення роботи:** полягає в оптимізації параметрів і режимів віброустановок для підвищення ефективності роботи перевантажувального вузла.

Основні завдання:

- аналіз роботи перевантажувального комплексу головного ствола шахти;
- моделювання процесів механічного руйнування намерзлої вуглепородної маси;
- встановлення оптимальних параметрів роботи віброустановки;
- обґрунтування оптимальних режимів роботи перевантажувального вузла в зимовий час для ефективного перевантаження породи, що видається з шахти;

**Наукова новизна результатів, які очікуються:** обґрунтування оптимальних режимів віброметода для руйнування намерзлої гірської маси в бункері перевантажувального комплексу.

**Практична цінність полягає в:**

- механізації робіт для ефективної ліквідації намерзлої вуглепородної маси з стінок бункера перевантажувального вузла;
- зниження трудомісткості робіт;
- підвищення продуктивності роботи перевантажувального комплексу.

Економічний ефект від реалізації результатів роботи, який очікується за рахунок зниження трудовитрат і вартості робіт при експлуатації перевантажувального комплексу, а також збільшення ефективності роботи скіпа. Розрахункові витрати на освоєння виконаної розробки становить 282,242 тис. Грн. на рік. Розрахунковий економічний ефект від застосування розробки становить близько 375 тис. Грн. на рік.

**Соціальний ефект** від застосування розробки полягає в: підвищенні безпеки праці робітників при очищенні бункера перевантажувального комплексу від намерзлої або налиплої вуглепородної маси.

## 1. Технологічна схема роботи перевантажувального комплексу головного ствола шахти.

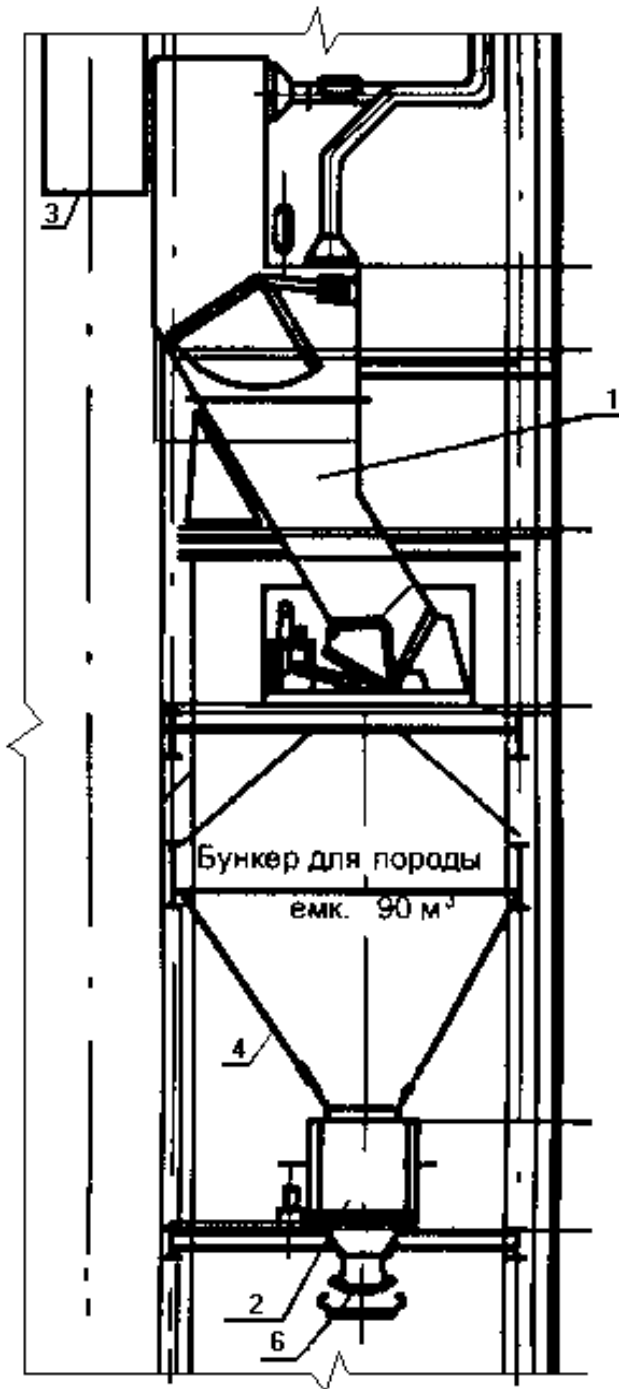


Рис. 1.1 Схема транспортування гірничої маси в будівлі головного стовбура.

Перевантаження вуглепородної маси що надходить з шахти в бункер головного ствола проводиться таким чином: вуглепородну масу після її навантаження в породний скіп 3 транспортують по стовбуру з шахти в будівлю головного стовбура до місця розвантаження. Подальша схема транспортування вуглепородної маси показана на рис. 1.1. Після розвантаження скіпа 3 вуглепородна маса транспортується через приймальний жолоб 7 і герметичний перевантажувальний пристрій 1 в породний бункер 4. З бункера вуглепородна маса надходить на живильник 2, через приймальню воронку жолоба потрапляє на конвеєрну стрічку 6 в галерею і транспортується в бункер для навантаження в транспортні засоби для подальшого транспортування в відвал.

При цьому, в процесі руху вуглепородної маси в

перевантажувальному комплексі шахти виникають такі негативні проблеми: налипання і намерзання вуглепородної маси, пробудження, руйнування транспортного устаткування і вузлів падаючими шматками гірничої маси,



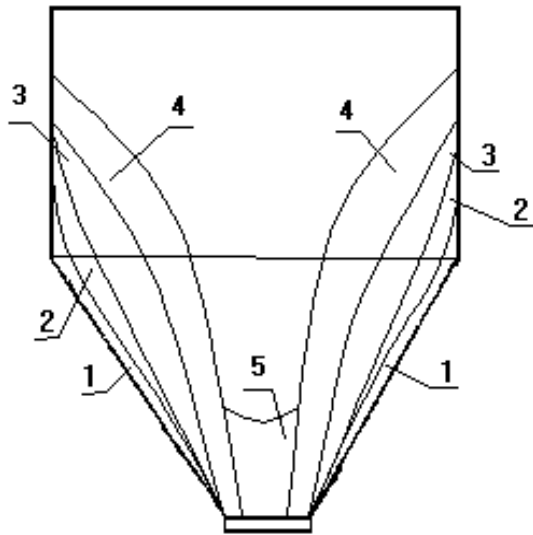


Рис. 1.2 Можлива схема намерзання або налипання вуглепородної маси в бункері протягом 7 діб.

інтенсивний знос броньованих листів, перевантажувальних вузлів, запилення повітряного середовища та інше.

Найбільш суттєвою, з нашої точки зору, проблемою ускладнює роботу перевантажувального комплексу головного ствола шахти це налипання і намерзання вуглепородної маси на стінках бункера, яке призводить до утворення склепіння над випускним отвором бункера, в результаті чого відбувається повне або часткове припинення розвантаження вуглепородної маси, крім того, відбувається утворення пасивних зон, які суттєво зменшують корисну ємність бункера, а також при неконтрольованому згодом обваленні матеріалу в бункер. Може статися вихід з ладу системи автоматичного регулювання дозатора. Аналіз практичного досвіду роботи підприємств показав, що характер зводуутворення в бункері і ймовірність їх утворення, більшою мірою, залежать від: форми і розмірів бункера, кута нахилу стінок, випускної воронки, кількості вертикальних стінок в випускній воронці, характер сполучень вертикальних і похилих стінок випускної воронки і бункера, тертя між стінками і сипучим матеріалом, розміру, форми гранулометричного складу і твердості частинок, що завантажуються в бункер, вологості, схильності матеріалу до злежування. Крім цього, на зводуутворення впливають різні хімічні реакції в матеріалі, а також можливе змерзання матеріалу при низьких температурах і цілий ряд інших факторів.

Як показує аналіз літературних джерел і досвід роботи підприємств намерзання або налипання вуглепородної маси на стінках бункера, як правило відбувається наступним чином (див. Рис. 1.2)

З рисунка 1.2 видно, що наростання вуглепородного шару відбувається наступним чином:

- 1-ий шар утворюється приблизно через 2 доби; 2-ий шар утворюється приблизно через 3-4 діб; 3-ий шар утворюється приблизно через 4-5 діб; 4-ий шар утворюється приблизно через 5-6 діб; 5-ий шар утворюється приблизно через 6-7 діб;
- 5-м шаром може бути можливе забивання бункера великими шматками гірської породи.

Це говорить про те, що необхідність чистки бункера виникає кожні 6-7 днів після попередньої очистки.

Тому в даній роботі і була поставлена мета вирішення даної проблеми.

## **2. АНАЛІЗ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ДИСПЕРГУВАННЯ ЗМЕРЗЛОЇ ВУГЛЕПОРОДНОЇ МАСИ.**

### **2.1 ПРОФІЛАКТИЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ змерзання насипних вантажів при транспортуванні.**

#### **2.1.1 Вимоги до профілактичних засобів, їх класифікація.**

Основна мета застосування засобів профілактики - полегшення вивантаження змерзлих насипних вантажів з бункерів в породоперегрузочний комплекс в зимовий період. Профілактичні засоби своєю дією повинні або нейтралізувати (утворити незамерзаючий розчин) змерзання вологи вантажу, або розділити частки вантажу прошарком, або знизити вміст вологи (за рахунок випаровування, поглинання та ін.) До безпечного для змерзання межі, або зберегти температуру вантажу в процесі транспортування. У цих випадках буде попереджено намерзання вантажів і примерзання їх до поверхні бункера при негативних температурах зовнішнього повітря [3,7].

Профілактичні засоби повинні:

- володіти активною поверхнею і бути здатними взаємодіяти з частинками оброблюваного вантажу;
- бути недорогими і вимагати мінімальних капіталовкладень при їх застосуванні;
- бути нешкідливими для обслуговуючого персоналу;
- володіти стійкістю дії в умовах змінної погоди (чергування морозу і відлиги);
- забезпечувати механізацію процесу добавки до вантажів і нанесення на внутрішню поверхню стінок бункера;
- мінімально відображатися на використанні місткості бункерів;

- не викликати корозії металевих деталей і вузлів вантажно-розвантажувальних механізмів і стінок бункера;
- не погіршувати якість продукції, передбачене відповідними ГОСТами або технічними умовами;
- не вимагати особливих умов для зберігання їх в пунктах навантаження.

**Способи профілактики** для попередження намерзання вуглепородної маси і примерзання її до стінок бункера можуть використовуватися такі способи:

- зниження вологості вантажу до межі, безпечної щодо намерзання;
- пересипання і покриття вантажу хімічними речовинами такими як: негашеним вапном, кухонною сіллю, хлористим кальцієм і їх розчинами;
- змазування зсередини стін бункера кам'яновугільними, мінеральними маслами та іншими подібними рідинами.

Ефективність способів попередження змерзання вантажів багато в чому залежить від суворого дотримання норм дозування профілактичних засобів і технології їх застосування.

Для кожного насипного вантажу існує нижня межа вологості, залежить від будови матеріалу, його хімічного складу та інших властивостей, що визначають вологоємність, при якій його частки не мерзнуть навіть при найнижчих температурах зовнішнього повітря. Ця вологість називається безпечною. Фактична вологість в природному стані більшості сипучих матеріалів перевищує безпечну вологість насипних вантажів [6,8].

### **2.1.2 Принцип дії та технологія застосування профілактичних засобів.**

Зниження вологості вантажу. Зниження перед вантаженням вологості насипного вантажу до межі, при якому він захищається від змерзання і примерзання до стін бункера, - один з основних способів боротьби зі змерзанням. Гідність цього методу полягає в тому, що він усуває саму причину

змерзання вантажів і виключає необхідність транспортування зайвої вологи. Зниження вмісту вологи до безпечної межі попереджає змерзання насипного вантажу і зберігає його сипкість до моменту вивантаження.

**Способи зниження вологості насипних вантажів:** - захист від зволоження в процесі його видобутку і відстоювання перед вантаженням в бункерах або на дренажних майданчиках;

- видалення вологи шляхом центрифугування;

- термічна сушка.

Велике значення для підвищення ефективності зневоднення має вдосконалення технології гірських і підземних робіт, поліпшення стану виробок, водовідливних систем в шахтах і розрізах, застосування відстійників, в яких початкова вологість сировини, що видобувається і палива протягом декількох діб зменшується в 2-3 рази.

Найкращі результати досягаються при комбінованому застосуванні механічного зневоднення і термічного сушіння сипучих матеріалів. Вологість цих матеріалів в вакуумних фільтрах і центрифугах знижується до 8-10%, а в сушильних барабанах- до безпечної для змерзання межі.

Спосіб сублимації сушіння шляхом продувки через насипний матеріал атмосферного повітря негативної температури дозволяє значно зменшити вміст вологи в вуглепородній масі [2,3,6].

**Пересипання вантажу негашеним вапном.** Вапно повинно мати розміри часток не більше 40 мм і містити не менше 50% активного окису кальцію ( $\text{CaO}$ ) і не більше 9% кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ).

Застосування цього виду профілактики засноване на наступних його фізико-хімічних властивостях:

- виділення тепла при хімічній взаємодії негашеного вапна з вологою углекордної маси;

- поглинання в процесі гасіння вологи з прилеглих до вапна шарів вуглекордної маси;

- утворення після гасіння вапна легко руйнівної механічної суміші - гідрату окису кальцію [1,3,6].

Пересипання вантажу кухонною сіллю. Дія кухонної солі ( $\text{NaCl}$ ) полягає в утворенні з вологою, що знаходиться в вуглекордній масі, розчину з низькою температурою замерзання. Найнижчу температуру замерзання ( $-21,2^\circ\text{C}$ ) має розчин, що містить 29% солі. Тому в практиці кухонна сіль при температурах зовнішнього повітря нижче  $-20^\circ\text{C}$  не застосовується. Пересипають вантаж кухонною сіллю аналогічно пересипанню його негашеним вапном. Норми витрати додаються до вантажу кухонної солі визначають залежно від температури зовнішнього повітря і роду вантажу. Сіль повинна бути подрібнена, крупність шматків не більше 20 мм. Як профілактичний засіб кухонна сіль в основному застосовується для шарового пересипання вантажу.

**Оббризування** хлористим кальцієм. Застосування хлористого кальцію ( $\text{CaCl}_2$ ) засновано на тому, що в 30%-ої концентрації даний розчин замерзає при температурі  $-55^\circ\text{C}$ . Рівномірне кроплення вантажу розчином хлористого кальцію створює незамерзаючу плівку розчину між частинками вантажу і тим самим попереджає його змерзання. Норми витрати додаються до вантажу розчину хлористого кальцію визначають залежно від температури зовнішнього повітря.

У практиці застосовується також пересипання і перекидка сухої вуглекордної маси, тирсою і торф'яним дріб'язком. Ці матеріали, що застосовуються в якості засобів профілактики проти змерзання, повинні бути сухими [3,6,7].

Обмаслюванням внутрішніх поверхонь стінок бункера. Обмаслюванням кам'яновугільними і мінеральними маслами та іншими видами маслянистих рідин засноване на нейтралізації змерзається вологи вантажу за рахунок огортання його частинок тонкою масляною плівкою.

**Профілактичний засіб ніогрін, призначений** для попередження змерзання і примерзання вугілля при його транспортуванні. Ніогрін є легкорухливою маслянистою рідиною темно-коричневого кольору. Його отримують з керосино-газових фракцій вторинних процесів (коксування, каталітичного і термічного крекінгування) з додаванням присадки для зниження температури застигання і поліпшення його здатності, що змазує.

Ніогрін має високу адгезію до металу і володіє антикорозійними властивостями.

На основі продуктів переробки нафти створений ще один вид нового профілактичного складу - Северин. За основними фізико-хімічними показниками Северин близький до ніогріну, але має більш низьку температуру застигання ( $-60^{\circ}\text{C}$ ). Рухливість Северина при температурах від  $-40$  до  $-50^{\circ}\text{C}$  дає можливість без додаткового підігріву цього матеріалу вести його форсуночне напilenня на внутрішню поверхню бункера [1,3,6].

### **2.1.3 Заходи запобігання від намерзання вуглепородної маси.**

Взимку найбільші труднощі доставляють маси які піддаються змерзання і примерзання до стінок бункера при транспортуванні.

Вугілля кам'яне і буре. При транспортуванні вугілля вологістю більше 7% і бурого вугілля вологістю більше 30% зобов'язані застосовувати засоби профілактики: обмаслюванням вугілля, покриття вугілля ніогріном або Северином, змішування сухого вугілля з вологим, попереднє промороження вугілля, пересипання вугілля тирсою.

Обмаслюють вугілля важкими маслами коксохімічного виробництва за допомогою спеціальних обмаслюючих установок. При відсутності таких установок або виходу їх з робочого стану вологе вугілля перевозять із

застосуванням інших засобів профілактики [3].

#### **2.1.4 Область застосування способів і засобів попередження змерзання насипних вантажів.**

Зазначені способи і засоби профілактики використовують для попередження змерзання насипного матеріалу і запобігання примерзання його до внутрішньої поверхні бункера перевантажувального комплексу.

Найбільш радикальний спосіб попередження змерзання насипних вантажів-зневоднення. Для зниження вологості відвантажуються матеріали використовуються способи механічного зневоднення та термічної сушки, які рекомендується застосовувати при обсягах відвантаження насипних вантажів 500 тис. т на рік і більше.

Проти примерзання насипних вантажів до внутрішньої поверхні бункера рекомендується застосовувати рідкі профілактичні речовини (масла, нафта) і розчини різних хімічних речовин, які зручно наносити на стіни бункера за допомогою механічних розпилювачів. Для цього можуть бути використані розчин хлористого кальцію і Северин.

Забороняється застосовувати тирсу, торф'яну дрібницю і інші подібні теплоізолюючі засоби для профілакування руди, що відвантажуються на металургійні заводи, які мають тепляки для відтавання змерзлих вантажів.

#### **2.2 Аналіз існуючих способів відновлення сипучості змерзлих вантажів.**

Аналіз способів відновлення сипучості замерзлої або налиплої гірської маси проведений в роботі [1,6] показує, що в процесі ліквідації змерзлості вантажу важливими є питання щодо впливу від застосовуваних способів відновлення сипучості вантажу на стан транспортного ланцюжка. Нижче в таблиці 1 наведено аналіз з оцінки впливу різних способів відновлення сипучості



замерзлої вуглепородної маси на ступінь збереження бункера і ефективність розпушення вантажу.

З даних таблиці 2.2. видно, що ряд розглянутих технологій в даний час не може використовуватися в силу зазначених в ній недоліків, або, якщо і можуть бути застосовані то в дуже специфічно обмежених умовах. У той же час ряд інших способів цілком відповідають сучасним вимогам як в плані безпеки робіт, так і збереження перевантажувальних засобів.

Таблиця 2.2

№ п/п	Метод відновлення сипучості вантажу	Вплив застосовуваного методу на збереження перевантажувальних пристроїв
1.	Застосування в якості засобів профілактики кухонної солі і хлористого кальцію.	Підсилює корозію металевих елементів. Так при транспортуванні вугілля в перевантажувальному комплексі з застосуванням хлористого кальцію втрати металу, викликані корозією підвищуються в 1,7-1,9 рази.
2.	Обігрів вантажу в калорифері.	Відбуваються місцеві перегриви окремих вузлів в перевантажувальному комплексі і внаслідок цього вихід з ладу окремих його вузлів. Крім того, мають місце виникнення пожеж.  Застосування небажано, оскільки посилює корозію перевантажувального комплексу.
3.		

<p>4.</p> <p>5.</p> <p>6.</p> <p>7.</p>	<p>Відтавання замерзлого вантажу з використанням пари, гарячої або теплої води.</p> <p>Розпушування падаючими вантажами або маятниковими клин-бабами.</p> <p>Вибуховие розпушування замерзлого вантажу.</p> <p>Механічні бури і буро-фрезерні установки.</p> <p>Різні вібраційні і віброударні установки і пристрої.</p>	<p>Їх застосування викликає явні чи приховані пошкодження бункера</p> <p>.</p> <p>Вибухове розпушування замерзлого вантажу завдає руйнівної дії на вагон, а також небезпечно в застосуванні.</p> <p>Особливих пошкоджень бункера не відзначалося. Такі машини складні в експлуатації, енергоємні і, внаслідок складних кінематичних схем, володіють невисокою надійністю. Однак їх використання може бути ефективним при необхідності повторного дорозрихлення агрегатів.</p> <p>Досить широкий досвід застосування показав хорошу ефективність, при дотриманні оптимальних віброрежимом віздії вплив на пошкодженість бункера незначний.</p>
---	--	---

Підводячи підсумок, можна відзначити, що останнім часом найбільш перспективними при розвантаженні змерзлих сипучих вантажів з бункера вважаються вібраційні, вібророзрихлювальні і бурофрезерні установки, а також традиційний метод у вигляді відтавання змерзлих вантажів. Однак, як було зазначено раніше, відтавання вантажу в колоріферах пов'язане зі значними витратами часу і енерговитрат, що лягає значним тягарем на собівартість і продуктивність перевантажувального процесу. Досить перспективними вважаються комбінації вібраційних і хімічних методів розупрочнення змерзлих вантажів.

Тому, можна вважати, що останнім часом, найбільш раціональними, з точки зору енергоємності, надійності і металоємності для розупрочнення змерзлих агрегованих вантажів вважаються Вібророзгужки і вібророзпушувачі, передають статичну і динамічну дію на масив розпушують вантаж [3].

## **2.3 МАШИНИ І УСТАНОВКИ ДЛЯ МЕХАНІЗОВАНОГО РОЗПУШУВАННЯ ЗМЕРЗЛОЇ ВУГЛЕПОРОДНОЇ МАСИ В ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОМУ КОМПЛЕКСІ**

### **2.3.1 Класифікація розпушувальних машин і установок.**

На переважній більшості підприємств в бункерах відновлюють сипкість вуглепородної маси вручну. Тому одне з перспективних напрямків вирішення завдання прискорення відновлення сипучості вуглепородної маси в зимовий час - створення машин і пристроїв, механізують трудомісткі операції, розпушування замерзлої вуглепородної маси, з метою відновлення її сипучості для безперешкодного вивантаження з бункера. До них відносяться буророзпушувальні машини, вібророзпушувачі, віброударні установки, установки для розпушування замерзлої глини.

### **2.3.2 Область застосування машин і установок для механізованого розпушування змерзлих вантажів**

Найбільша продуктивність розпушувальних установок досягається, коли процес розпушування змерзлої вуглепородної маси поєднується з процесом висипання з бункера через відкриті нижні люки. Більш ускладнені умови роботи розпушувальних установок і машин в разі потреби розпушення змерзлої маси при закритих лядах бункера [1,7].

При наявності підшляхових вантажоприймальних бункерів, забезпечених ґратами, забезпечити достатній ступінь подрібнення розвантаження змерзлого матеріалу можна тільки буророзпушувальною машиною. При наявності ж лінійних

розвантажувальних фронтів у вигляді підвищених шляхів і естакад, коли допустимий розмір шматків замерзлої вуглепородної маси визначається розмірами отворів, утворених при відкриванні кришок ляд бункера, доцільно застосовувати віброударні і вібраційні розпушувачі.

Буророзпушувальні машини, вібророзпушувачі, віброударні установки і розвантажувачі замерзлої глини доцільно застосовувати в бункерах з об'ємом вивантаження до 500 тис. Т на рік. При більшому обсязі доцільність застосування в бункері декількох розпушувальних установок визначається техніко-економічними розрахунками з урахуванням того, що продуктивність їх в залежності від роду і ступеня змерзання вуглепородної маси становить: буророзпушувальної машини - 120 200 т/рік, вібророзпушувачі - 50-100, віброударної установки-60 120, розвантажувача замерзлої глини—80—100 т/г [1,3,7].

Виходячи з конструктивних особливостей і способу впливу на змерзлий матеріал в залежності від стану вуглепородної маси зазначені машини і установки можуть застосовуватися в наступних експлуатаційних умовах роботи розвантажувальних пунктів:

навісний віброударний розпушувач - на точкових розвантажувальних фронтах для розвантаження бункерів з намерзлою вуглепородною масою.

Машини та установки повинні експлуатуватися при робочих параметрах, для забезпечення оптимальної продуктивності їх за умови збереження рухомого складу.

## **2.4 ПРИСТРОЇ ДЛЯ ОЧИСТКИ БУНКЕРА ВІД ЗМЕРЗЛОЇ АБО НАЛИПЛОЇ ВУГЛЕПОРОДНОЇ МАСИ.**

### **2.4.1 Класифікація очисних машин і пристроїв**

При існуючих способах розвантаження бункерів залишається значна частина вуглепородної маси. Основна її маса зазвичай затримується на нижніх стінках або нижньому обв'язувальному поясі бункера. Найбільша кількість

залишків спостерігається на стінках або над льодою бункера. Внаслідок цього навіть суха вуглепородна маса не висипається з бункера повністю.

При вивантаженні вуглепородної маси в залежності від її стану, залишки в бункері становлять 20-30%. Видалення її з бункера вручну - операція трудомістка, складова в технологічному процесі розвантаження бункера по трудомісткості - до 85%. При очищенні вручну робочі знаходяться в бункері з відкритими кришками люків, що небезпечно, особливо в зимовий час.

Для механізації цих операцій створено ряд механізмів і пристроїв, застосування яких значно прискорює процес очищення, забезпечує умови охорони праці і техніки безпеки працівників, зайнятих на очисних операціях.

Класифікація очисних машин і установок:

- машини, що впливають на насипний вантаж за допомогою повідомлення кузову і кришок ляд коливань певної частоти (вібратори);
- машини та пристрої, механічно впливають своїм робочим органом (щітками, скребками) безпосередньо на вуглепородну масу.

## 2.4.2 Вібратори

Застосування вібраційних механізмів (вібраторів) для очищення бункерів від залишків вуглепородної маси - найбільш поширене і досить ефективний спосіб. При коливанні вібратором стін і кришки ляд бункера, з певним прискоренням, вільно лежать на їх поверхнях або несильно прилипли до них частки вуглепородної маси, під дією сил інерції відриваються від цих поверхонь і поступово починають "стікати" в відкриті ляди.

Якщо часткам повідомити коливання з прискоренням вище певного критичного значення, кут природного зкосу насипного вантажу зменшується, прагнучи до нульового значення. При цьому, частки вуглепородної маси стають все більш рухливими, набувають властивості плинності, завдяки чому інтенсивно висипаються з бункера.

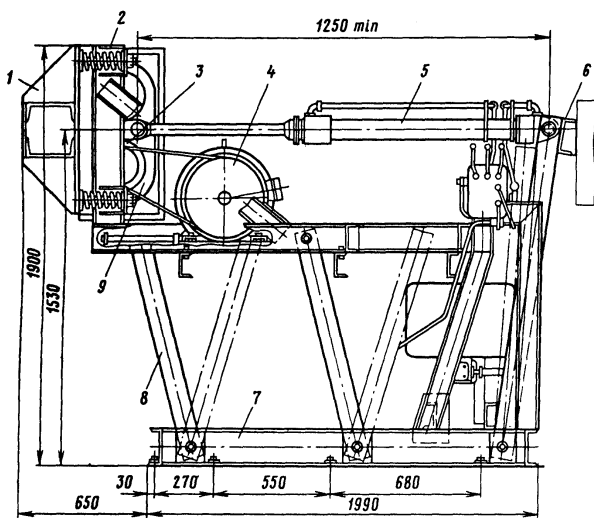
Основні параметри вібраційних механізмів залежать головним чином від динамічних характеристик бункера і від механічних властивостей вуглепородної маси (особливо від ступеня рухливості).

При роботі вібраційного механізму його "робоча зона" проходить лише по площині контакту частинок насипного вантажу з поверхнею, що очищується, що не поширюючись в глибину шару, що залишився, тому вібраційні очисні механізми оснащені електродвигунами невеликої потужності.

Існуючі вібраційні механізми для очищення бункерів від залишків вуглепородної маси можна об'єднати в такі групи:

- люковібратори і вібратори, передають коливання безпосередньо на кришки люків або стінок бункера, на які вони спираються в процесі очищення;
- вібратори поздовжньої дії, передають коливання через хребтові балки бункера.

Стаціонарний бічний вібратор (рис. 2.4.1) встановлюється на бункерних і естакадних вантажоприймальних пристроях. Вібробудник має два вала 3 і

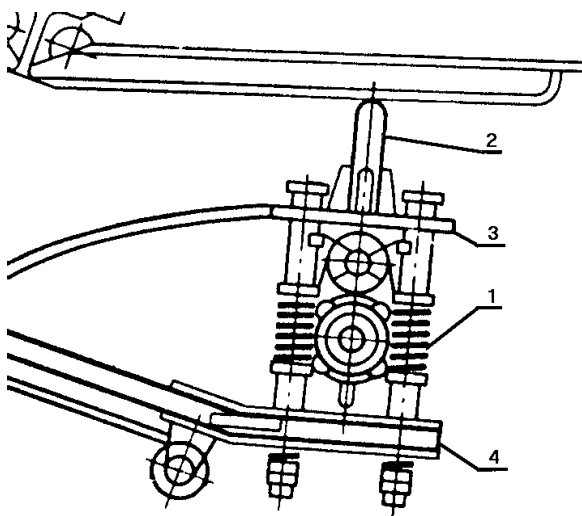


дозволяє регулювати амплітуду вимушених коливань, приводиться в рух електродвигуном 4 за допомогою клинопасової передачі. Вібробудник кріпиться болтовим з'єднанням до привалочного бруса 1, пов'язаному пружинними амортизаторами з натискним брусом 2, шарнірно скріпленим стійками 8 з основною

рамою 7. Штоки гідроциліндрів 5, закріплених на опорному брусі 6, вводять вібраційний пристрій в межі габариту бункера і притискають вібратор до нижньої рами бункера.

Рис. 2.4.1 Стационарний бічний вібратор

Тривалість вібрування кузова не більше 3 хв. потужність приводу вібратора 30 кВт, гідронасоса - 5,5 кВт [1,3].



Люковібратор (див. рис. 2.4.2) призначений для очищення бункера від застряглої вуглепородної маси. Вібробудник складається з зпіввісного вібратора 1 типу С-624, закріплений на опорній плиті 3. Плита обладнана штирями 2. Траверса 4 який є основною рамою люковібратора. В неробочому положенні люковібратор заходить за межі габариту бункера.

Рис. 2.4.2 спеціальний люковібратор

Зачистку люків бункера оператор починає після того, як через ці люки висипається вуглепородна маса. Для цього він заводить люковібратор під бункер до упору, штирями під люк.

### 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСІВ РОБОТИ МЕХАНІЧНОГО ВІБРАТОРА ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ РУЙНУВАННЯ ЗМЕРЗШИХСЯ ВУГЛЕПОРОДНИХ МАС.

#### 3.1. ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНІЧНОГО ВІБРАТОРА.

Одним з ефективних способів, що інтенсифікують зниження контактної міцності при руйнуванні гірських порід є спосіб віброобробки масиву механічним вібратором.

Незважаючи на перспективність застосування механічного вібратора з дебалансом для руйнування гірських порід в масиві, а також для вібророзпушувача змерзлих сипучих вантажів, дослідження методів розрахунку його режимних характеристик слабо відображені в літературі.

Це пов'язано з тим фактом, що завдання визначення кінематичних і динамічних характеристик вібратора з дебалансом при взаємодії його з гірською породою, є вкрай нелінійною і точних аналітичних рішень в квадратурі, які могли б бути покладені в основу методик розрахунку, не існує. Тому метою даної роботи є проведення аналітичних досліджень поведінки пружно-пластичних середовищ при лінійній взаємодії їх з механічними вібраторами і в порівнянні отриманих результатів з експериментальними.

Для встановлення основних якісних параметрів взаємодії вібророзпушувача з замерзлою сипучою гірничою масою розглянемо цей процес у відповідності зі схемою, представленою на рис. 3.1.

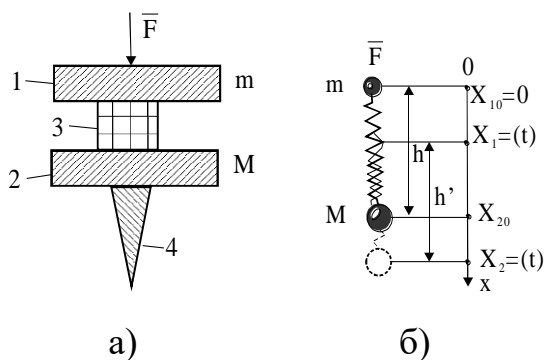


Рис. 3.1 Розрахункова схема процесу коливань вібророзпушувача: 1 - верхня плита масою  $m$ ; 2 - нижня плита масою  $M$ ; 3 - амортизатор, 4 - вібруючі стрижні.



У відповідності зі схемою на рис. 3.1а коливання верхньої плити призводять до появи гармонійної сили, що діє з боку першої плити масою  $m$ , на другу плиту масою  $M$  (де  $F_0$  - амплітуда вібруючої сили,  $\omega = 2\pi f$  - кругова частота,  $f$  - частота діючої сили). Взаємодія верхньої плити і нижньої, розділених пружною прокладкою, можна досліджувати на основі спрощеної системи двох точкових мас  $m$  і  $M$ , з'єднаних пружиною з жорсткістю "К". Жорсткість До пружини (з жорсткістю прокладки) дорівнює:

$$K = \frac{ES}{h}.$$

Нехай  $x_1$  і  $x_2$  - зміщення мас  $m$  і  $M$  уздовж осі ОХ (див. Рис. 3.1б) щодо мас в необуреному стані, тоді з рівнянь:

$$\begin{cases} \ddot{x}_1 + f(x) = F, \\ \ddot{x}_2 + \varphi(x) = F \end{cases} \quad (1)$$

Отримаємо

$$\begin{cases} a_1 = \ddot{x}_1 = -\frac{K\Delta x}{m} + \frac{F}{m} = \frac{K}{m}(x_2 - x_1) + \frac{F_0}{m} \sin \omega t, \\ a_2 = \ddot{x}_2 = -\frac{K\Delta x}{M} = \frac{K}{M}(x_1 - x_2). \end{cases} \quad (2)$$

Для простоти приймемо, що координати  $x_1$  і  $x_2$  підкоряються умовам гармонійних коливань, тобто  $x_1 = A_1 \sin \omega t$ ,  $x_2 = A_2 \sin \omega t$ , де  $A_1$  і  $A_2$  - амплітуди коливань мас  $m$  і  $M$ , відповідно. Підставивши ці вирази в (2), отримаємо:

$$\begin{cases} \left(-\omega^2 + \frac{K}{m}\right)A_1 - \frac{K}{m}A_2 = \frac{F_0}{m}, \\ -\frac{K}{m}A_1 + \left(-\omega^2 + \frac{K}{m}\right)A_2 = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Або

$$\begin{cases} -\omega^2 A_1 - \frac{K}{m}(A_1 - A_2) = \frac{F_0}{m}, \\ -\omega^2 A_2 - \frac{K}{m}(A_1 - A_2) = 0. \end{cases}$$

Звідси знаходимо

$$A_1 - A_2 = \frac{F_0}{m} \cdot \frac{1}{-\omega^2 + \frac{K(m+M)}{mM}} = \frac{F_0}{m(\omega_p^2 - \omega)}, \quad (4)$$

де  $\omega_p$  - резонансна кругова частота гармонійних коливань системи мас, з'єднаних амортизатором 3 (див. рис. 3.1а). У разі наближеної рівності має  $m \approx M \approx \tilde{m}_p$  резонансну частоту можна оцінити за формулою:

$$\omega_p \approx \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{K}{\tilde{m}_p}}. \quad (5)$$

В цьому випадку амплітуда  $A_2$  буде дорівнює:

$$A_2 = \frac{F_0}{(m + M)\omega^2} \cdot \frac{1}{\left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2 - 1}. \quad (6)$$

За відсутності амортизатора сила  $F$  повідомляє системі "вібратор-порода" з масою  $(m + M)$  прискорення:

$$|\bar{a}_0| = \frac{|\bar{F}|}{m + M}. \quad (7)$$

Амплітуду коливань в цьому випадку знаходимо з умови  $a_0 = -\omega^2 A_0 \sin \omega t$ :

$$A_0 = \frac{F}{(m + M)\omega^2}. \quad (8)$$

Таким чином, відношення амплітуд зміщення вібророзпушувача з амортизаторами одне:

$$\frac{A_2}{A_0} = \frac{1}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_p}\right)^2} = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_p}\right)^2}, \quad (9)$$

$$\text{Де } f_p = \frac{1}{2\pi} \omega_p = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{\tilde{m}_p}} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} \sqrt{\frac{ES}{hm}} \quad (10)$$

Графік функції  $y = \frac{1}{1 - x^2}$  (де  $x = \frac{f_i}{f_{\text{рез}}}$ ) представлений на рис. 3.2. З

рисунок видно, що при наближенні частоти діючої сили до резонансної частоти функція, що характеризує посилення амплітуди коливань  $\varphi(A_2/A_1)$ , терпить розрив в точці  $f_i = f_{\text{рез}}$ . Крім того, з рисунка видно, що права гілка гіперболи лежить в негативній області, тоді як експериментальні точки, якими вказані експериментальні дані з використанням Одномодульної розрихлювальної

установки, належать верхній площині. Це очевидно пов'язано з тим фактом, що модельне рішення даного завдання обмежувалося умовами гармонійних коливань. Крім того, в рішенні не враховувалася демпфуюча сила, пропорційна деякої функції і відновлює сила, пропорційна довільної функції переміщення  $f_2(t)$ .

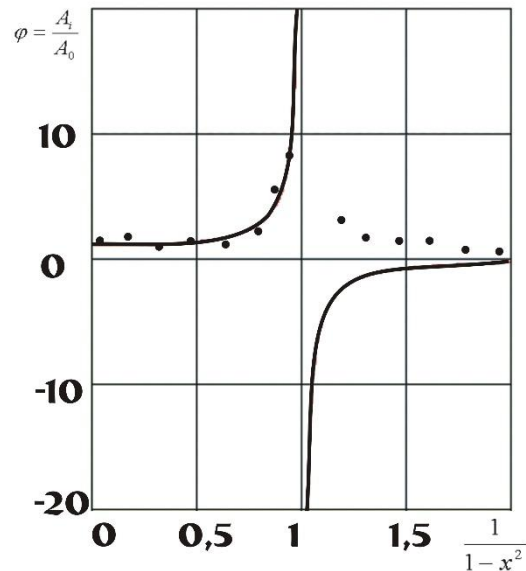


Рис.3.2 Графік залежності  $A_i/A_0$  от  $\frac{1}{1-x^2}$ .

У загальному випадку на масу  $M$  (див. Рис. 1) діє обурююча сила у вигляді періодичної функції  $f_3(t)$ , і в цьому випадку, рівняння руху можна записати у вигляді:

$$\ddot{x} + 2nf_1(\dot{x}) + \omega^2 f_2(x) = f_3(t), \quad (11)$$

де складові відповідають віднесених до одиниці маси - силам інерції, силу опору руху  $2nf_1(\dot{x})$  і відновлювальної зовнішньої сили  $f_2(x)$ . Для вирішення рівняння (11) скористаємося способом наближеного дослідження коливань (методом Рітца), який передбачає, що середнє значення повної роботи за цикл дорівнює нулю. Основною перевагою даного методу є той факт, що з його допомогою досліджують як вільні, так і вимушені коливання систем.

Розглянемо задачу (рівняння 11), що описується рівнянням Дюфінга з в'язким опором, де сила демпфірування пропорційна швидкості (з коефіцієнтом пропорційності  $n$ , а сила пружності буде пропорційна  $x^3$ , що відповідає "жорсткої" характеристиці  $F_x = -(c_1x + c_3x^3 + c_5x^5 \dots)$ , тобто в разі "жорсткої" характеристики сили пружності можна записати:

$$\ddot{x} = k^2x + \gamma x^3 + \rho x^5 + \dots = 0. \quad (12)$$

Вибір "жорсткої" характеристики обумовлений вибором гумового амортизатора 3 (див. Рис. 1). У цьому випадку рівняння (11) можна переписати у вигляді

$$\ddot{x} + 2n\dot{x} + \omega^2(x \pm \mu x^3) = q \cos \omega_0 t. \quad (13)$$

### **3.2. Розробка програми чисельних розрахунків основних параметрів механічного вібратора.**

Для виконання розрахунку була використана розроблена раніше програма, на мові програмування "BASIC", для спрощення розрахунку параметрів віброустановки, для подальшого аналізу отриманих даних і вибір оптимального режиму.

Загальний вигляд програми наведено додатку А.

## 4. Результати розрахунків зсуву, швидкості віброуючих стрижнів в залежності від маси вібратора і його демпфуючих характеристик.

### 4.1. Зсув і швидкість віброуючих стрижнів для початкового періоду роботи вібраторів.

Для отримання оптимальних значень віброустановки, для розпушення намерзлої вуглепородної маси в бункері перевантажувального комплексу були отримані наступні залежності: амплітуди зміщення від маси, демпфірування, пружинних констант і початкового значення швидкості; швидкості від маси, демпфірування, пружинних констант і початкового значення швидкості.

З рис. 4.1 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = x^n$ , де  $n < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної амплітуди зміщення в початковий момент часу мінімальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим більше маса, тим більше амплітуда зміщення.

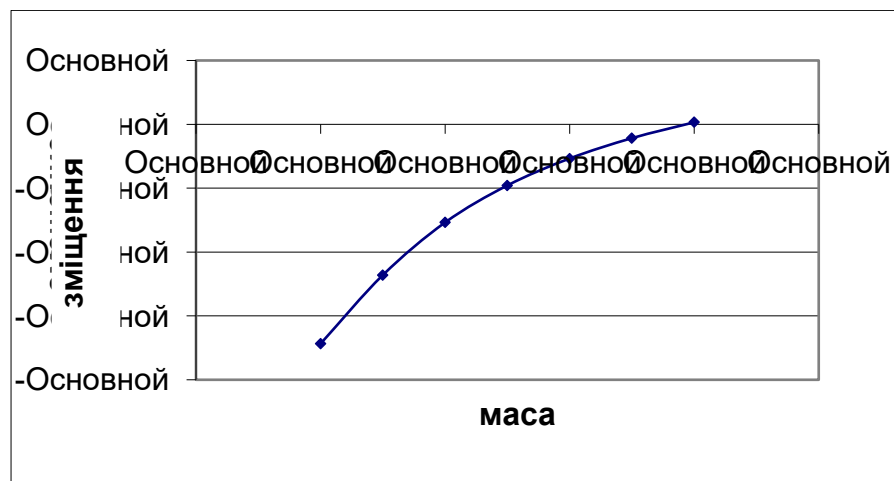


Рис. 4.1 Залежність амплітуди зміщення від маси.

На рис. 4.2 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = x^n$ , де  $n < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної амплітуди зміщення в початковий момент часу мінімальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим більше маса, тим більше швидкість.

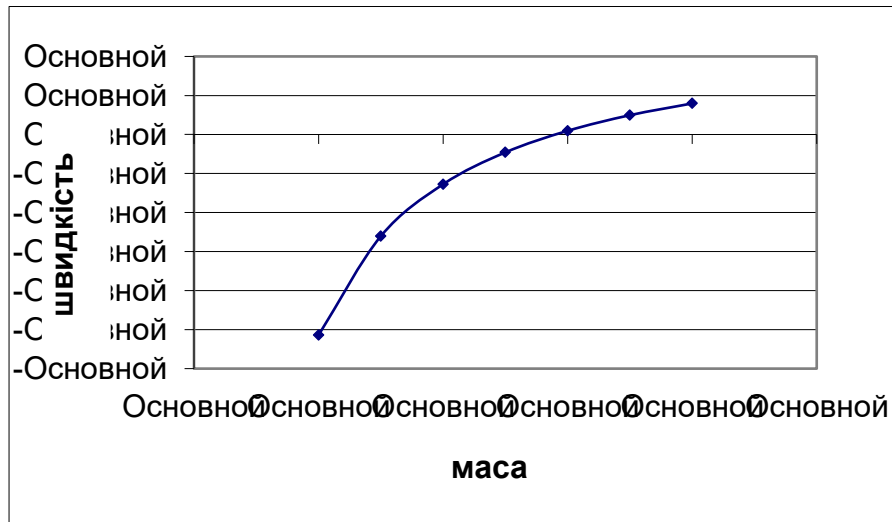


Рис. 4.2 Залежність швидкості від маси.

З рис. 4.3 видно, що залежність має вигляд прямолінійної функції, види  $y=1/10kx$ , де  $k$  - жорсткість пружини, так як графік не проходить через початок координат. З цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення відносної амплітуди зміщення в початковий момент часу мінімальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим більше демпфірування, тим більше амплітуда зміщення.

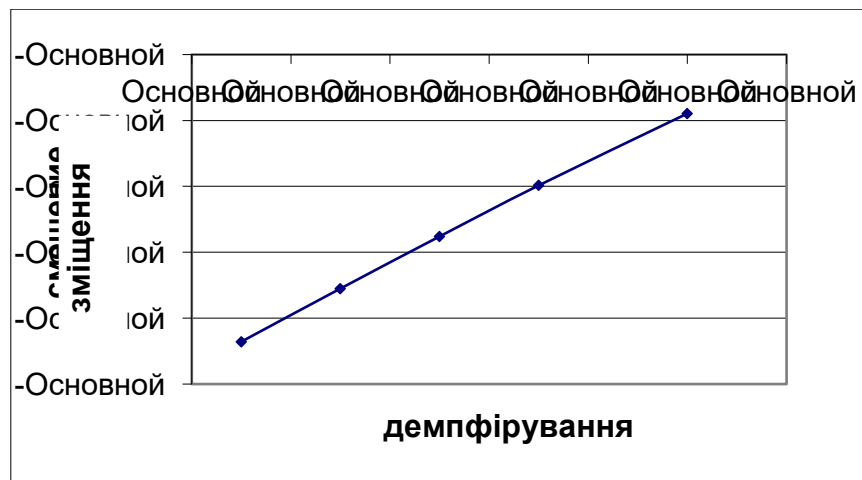


Рис. 4.3 Залежність амплітуди зміщення від демпфірування.

З рис. 4.4 видно, що залежність має вигляд прямолінійної функції, види  $y = 1/3kx$ , де  $k$  - жорсткість пружини, так як графік не проходить через початок координат. З цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення швидкості в початковий момент часу мінімальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим більше демпфірування, тим більше швидкість.

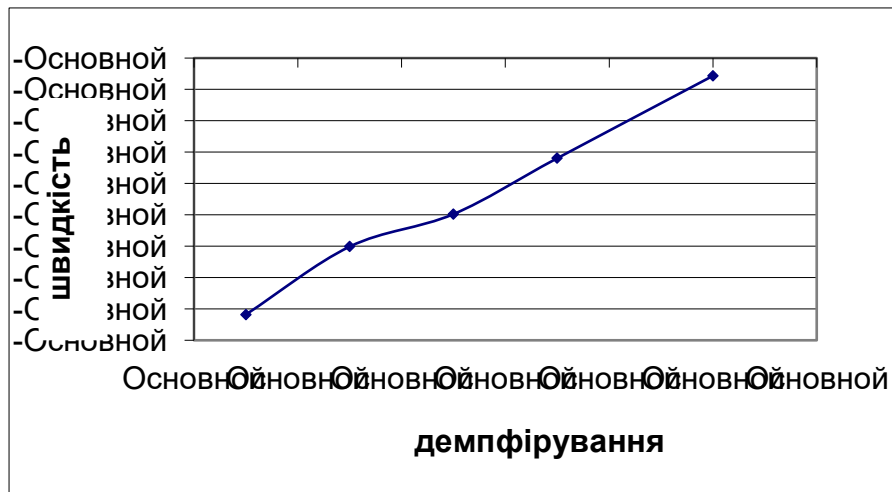


Рис. 4.4 Залежність швидкості від демпфірування.

З рис. 4.5 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $n > 1$ . З цього випливає, що при пружинній константі 50 значення амплітуди зміщення в початковий момент часу мінімальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим більші пружинні константи, тим більше амплітуда зміщення.

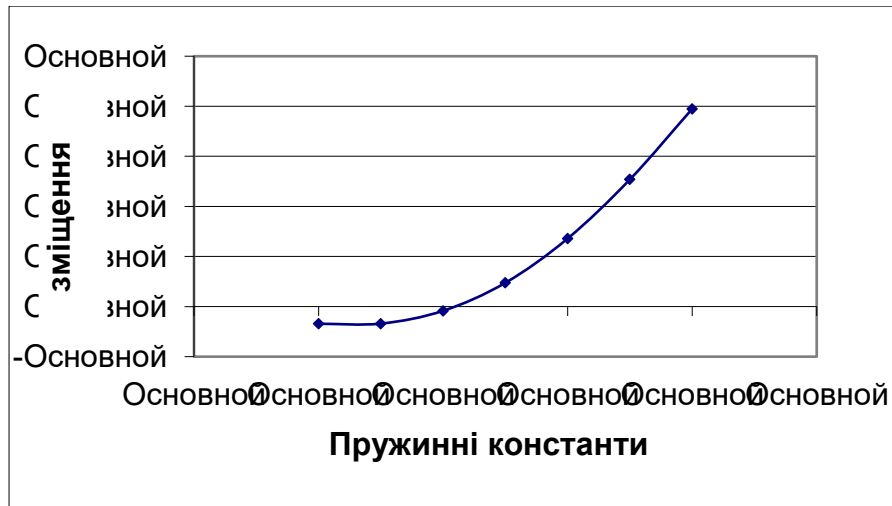


Рис. 4.5 Залежність амплітуди зміщення від пружинних констант.

З рис. 4.6 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $n < 1$ . З цього випливає, що при пружинній константі 50 значення швидкості в початковий момент часу максимальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим більше пружинна константа, тим більше швидкість.

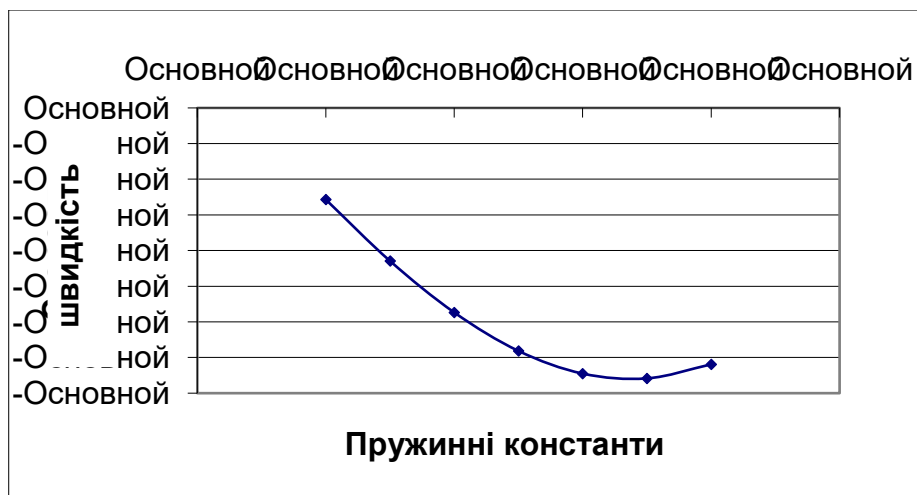


Рис. 4.6 Залежність швидкості від пружинних констант.

З рис. 4.7 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p > 1$ . З цього випливає, що при початковому значенні швидкості 10 значення амплітуди зміщення в початковий момент часу максимальне, ніж при 0,1. Це говорить про те, що чим більше початкове значення швидкості, тим більше амплітуда зміщення, крім проміжку (1; 8).

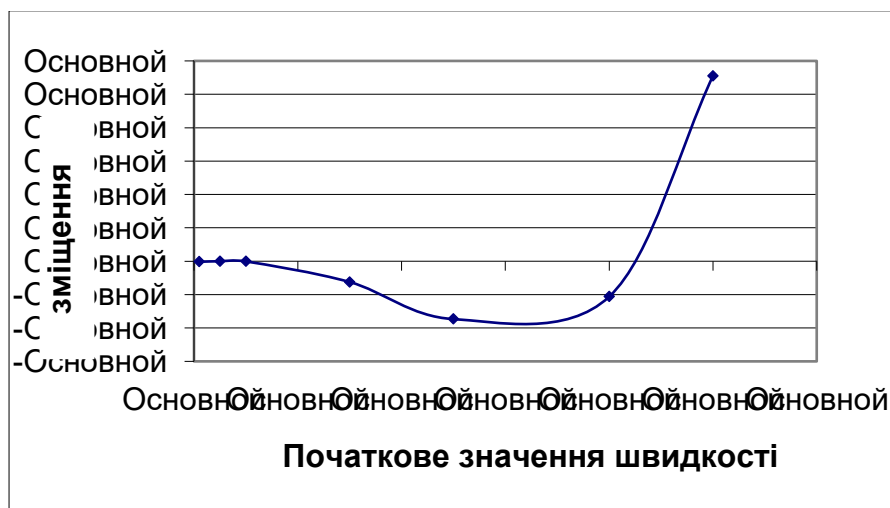


Рис. 4.7 Залежність амплітуди зміщення від початкового значення швидкості.



З рис. 4.8 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \frac{1}{2} \sin(x + \varphi)$ , де  $\varphi$  - фаза коливань. Це говорить про те, що функція зміщена на  $\varphi$ . З цього випливає, що при початковому значенні швидкості 3 значення амплітуди зміщення в початковий момент часу максимальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим більше початкове значення швидкості, тим більше швидкість, крім проміжку (3; 10).

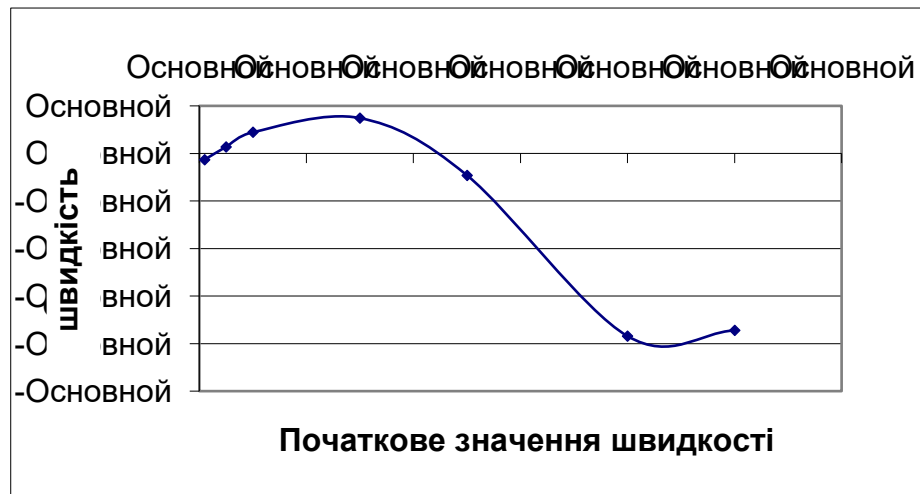


Рис. 4.8 Залежність швидкості від початкового значення швидкості.

#### 4.2. Результати розрахунку характеристик вібратора в установленому режимі

Розглянемо вібраційні характеристики вібратора в сталому режимі і вплив маси, демпфірування, пружинних констант і початкового значення швидкості на амплітуду зміщення; вплив маси, демпфірування, пружинних констант і початкового значення швидкості на швидкість. У наступних часових діапазонах: при 1 і при 2.

При діапазоні часу 1.

З рис. 4.9 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 1 максимальне, ніж при

100. Це говорить про тому, що чим менше маса, тим більше амплітуда зміщення, крім мас знаходяться в проміжку (100; 200).

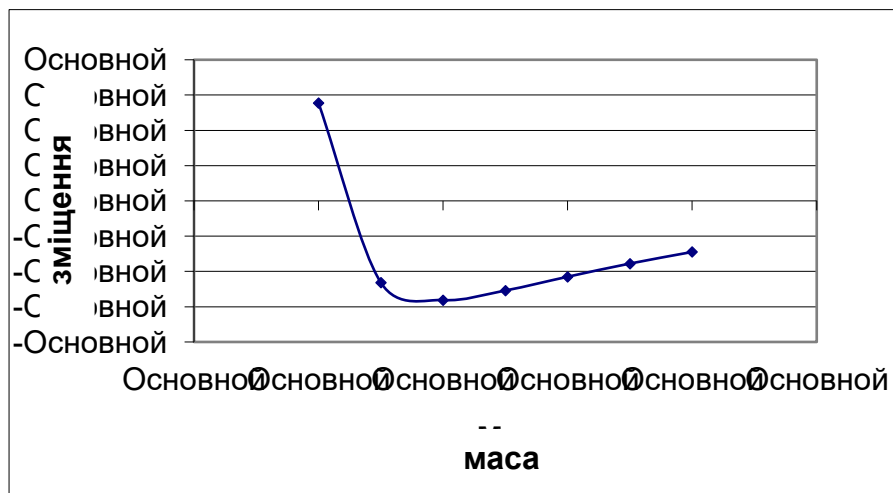


Рис. 4.9 Залежність амплітуди зміщення від маси при діапазоні часу 1 усталеного режиму.

З рис. 4.10 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 1 мінімальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим більше маса, тим більше швидкість.

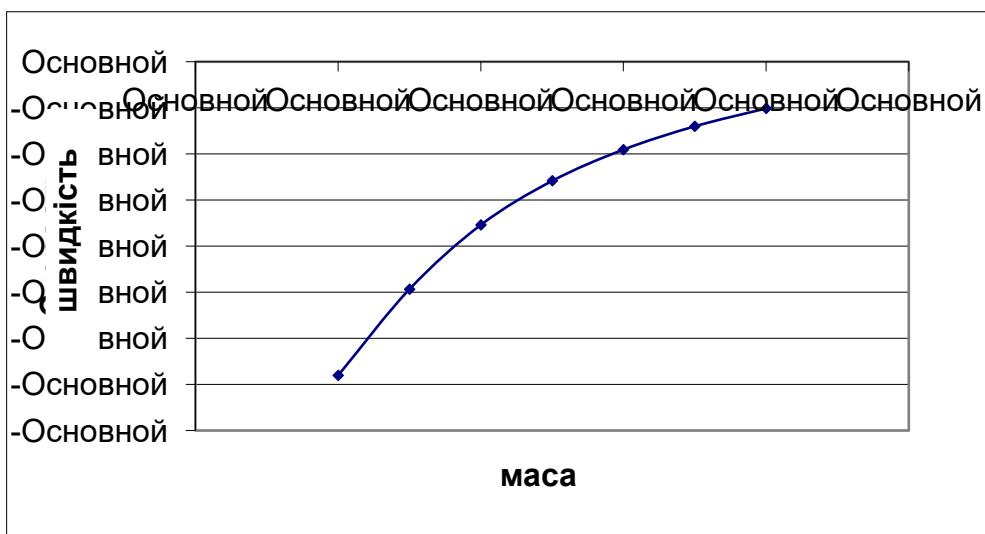


Рис. 4.10 Залежність швидкості від маси при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

При діапазоні часу 2.

З рис. 4.11 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної амплитуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 1 максимальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим менше маса, тим більше амплітуда зміщення.

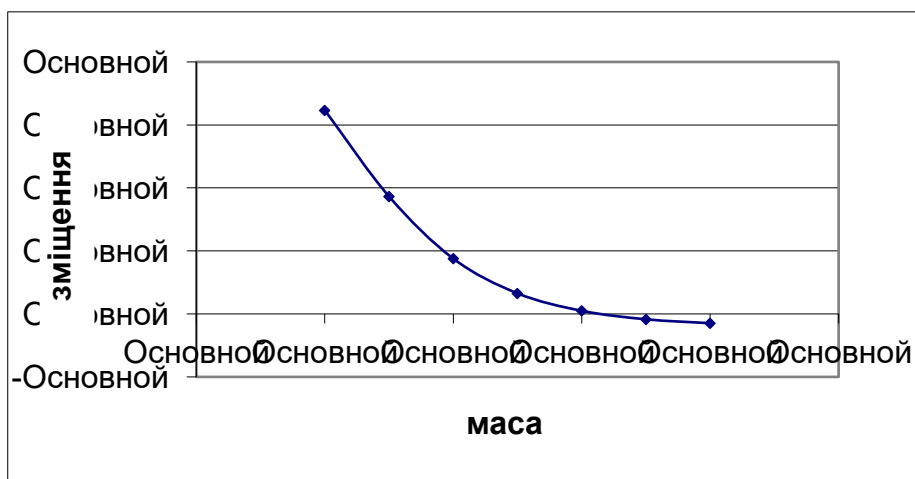


Рис. 4.11 Залежність амплітуди зміщення від маси при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.12 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p < 1$ , з цього випливає, що при відносній масі 50 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 1 максимальне, ніж при 200. Це говорить про те, що чим менше маса, тим більше швидкість, крім проміжку значень які знаходяться в проміжку (75; 200).

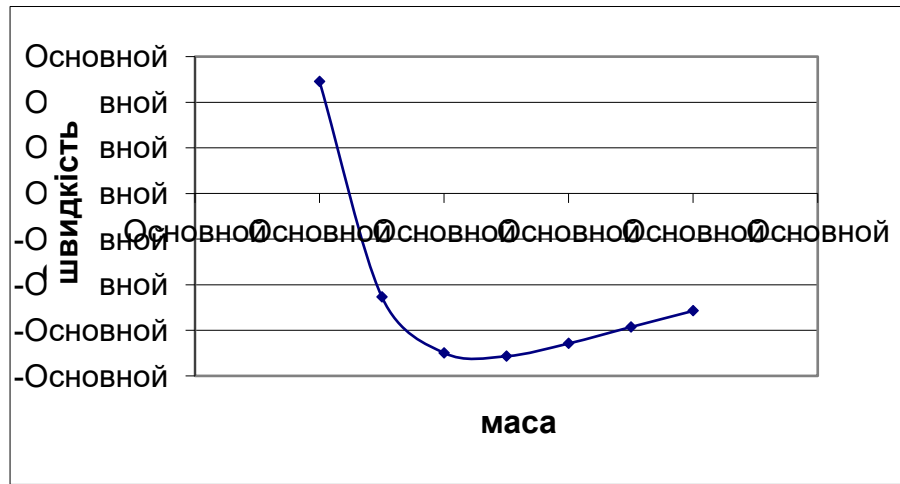


Рис. 4.12 Залежність швидкості від маси при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

При діапазоні часу 1.

З рис. 4.12 видно, що залежність має вигляд лінійної функції, види  $y = 1 / 3x$ , з цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 1 мінімальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим більше демпфірування, тим більше амплітуда зміщення.

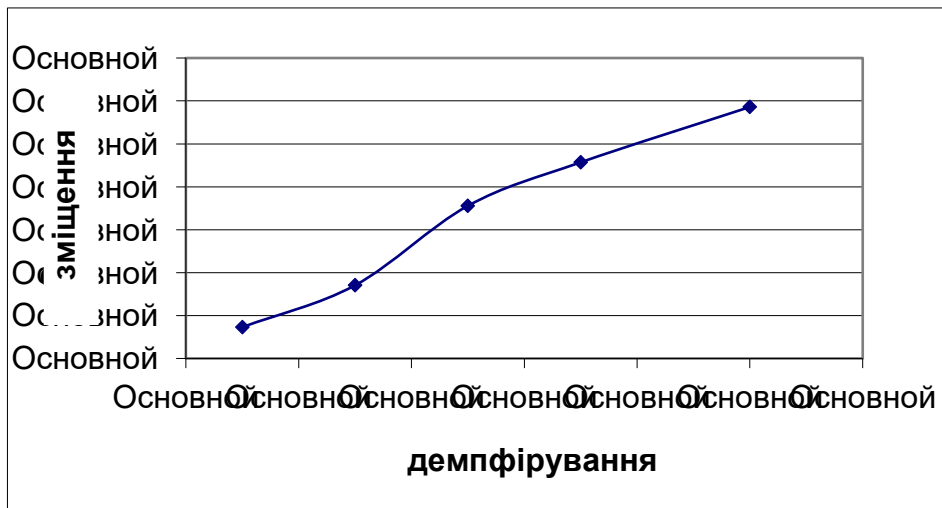


Рис. 4.13 Залежність амплітуди зміщення від демпфірування при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

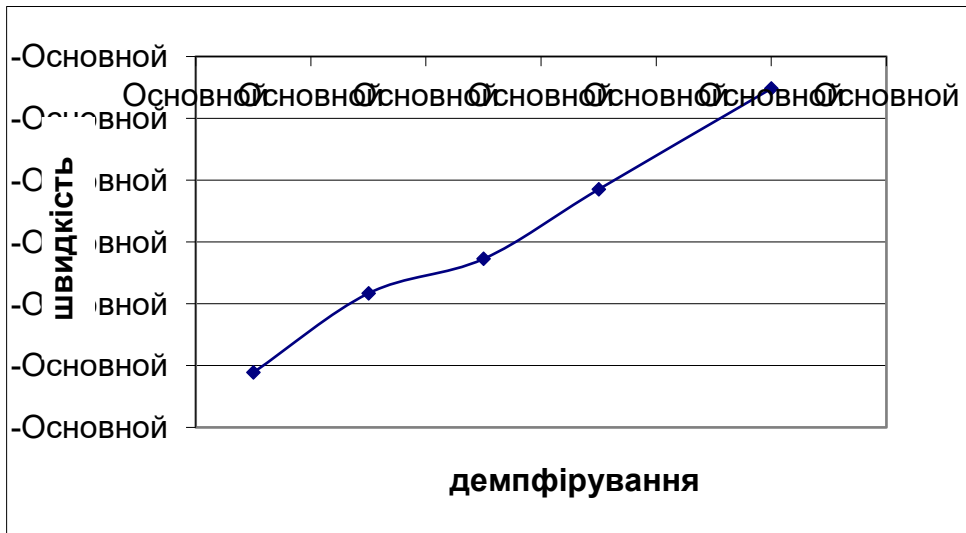


Рис. 4.14 Залежність швидкості від демпфірування при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

З рис. 4.14 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = 1/10x$ , з цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 1 мінімальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим менше демпфірування, тим менше швидкість.

При діапазоні часу 2.

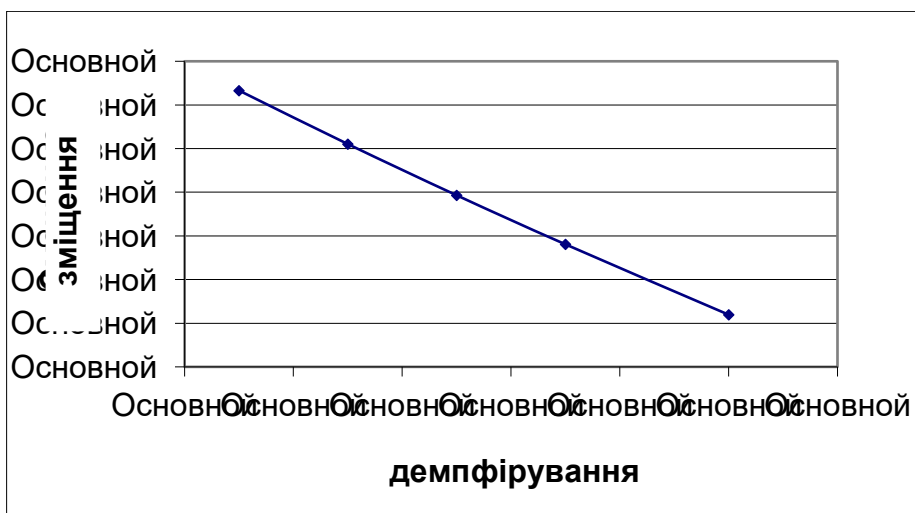


Рис. 4.15 Залежність амплітуди зміщення від початкового значення швидкості при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.15 видно, що залежність має вигляд лінійної функції, види

$y = -1 / 5x$ , з цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 2 максимальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим менше демпфірування, тим більше швидкість.

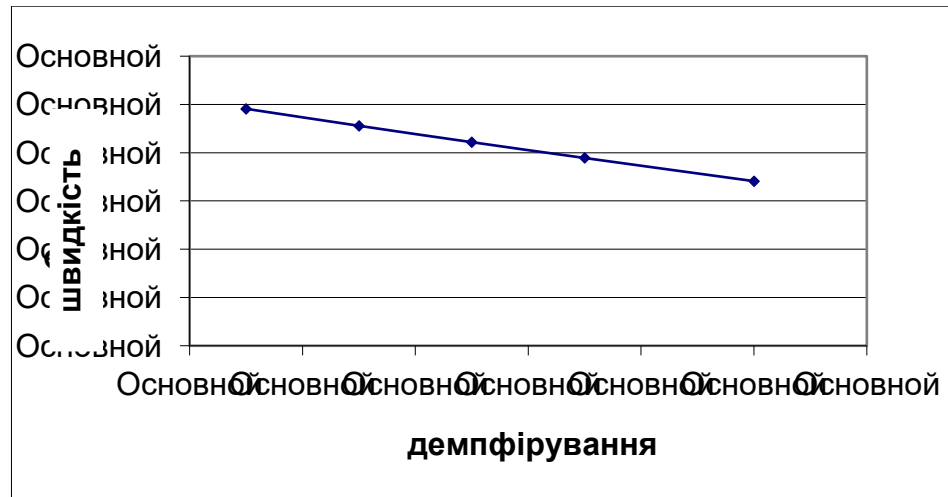


Рис. 4.16 Залежність швидкості від початкового значення швидкості при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.16 видно, що залежність має вигляд лінійної функції, види  $y = -1/20x$ , з цього випливає, що при демпфіруванні 1 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 2 максимальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим менше демпфірування, тим більше швидкість.

При діапазоні часу 1.



Рис. 4.17 Залежність амплітуди зміщення від пружинних констант при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

З рис. 4.17 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = -x^n$ , де  $n > 1$ . Це говорить про те, що графік набуває вигляду екстремуму. З цього випливає, що при пружинній константі 150 значення амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 1 максимальне, ніж при 200. Це говорить про те, що при значенні пружинної константи 150 амплітуда зміщення приймає максимальне значення.

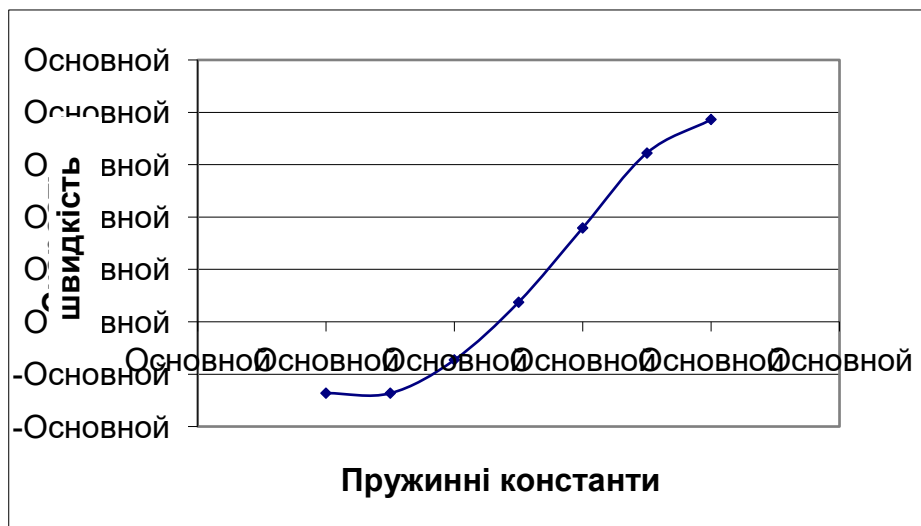


Рис. 4.18 Залежність швидкості від початкового значення швидкості при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

З рис. 4.18 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = xp$ , де  $p > 1$ . З цього випливає, що при пружинній константі 50 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 2 мінімальне, ніж при 200. Це говорить про тому, що чим менше пружинні константи, тим більше швидкість.

При діапазоні часу 2.

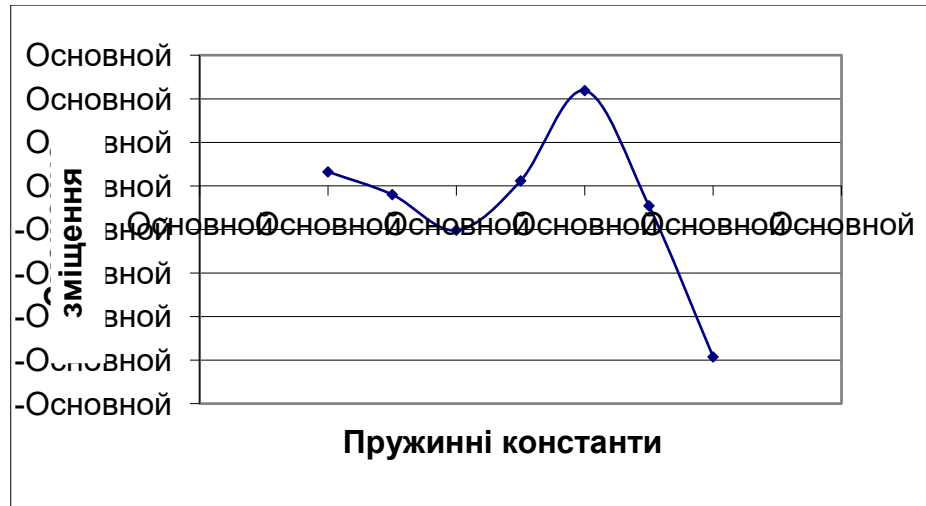


Рис. 4.19 Залежність амплітуди зміщення від пружинних констант при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.19 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \sin(x/2)$ , з цього випливає, що при пружинній константі 150 значення амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 2 максимальне, ніж при інших значеннях. Це говорить про те, що функція має скачки.

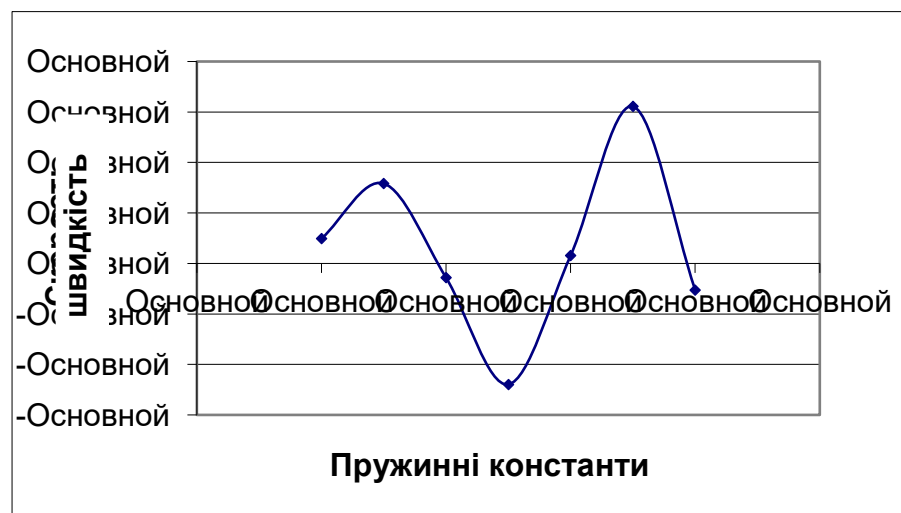




Рис. 4.20 Залежність відносної швидкості від пружинних констант при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.20 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \sin(x + \phi)$ , з цього випливає, що при пружинній константі 175 відносна швидкість в сталому режимі при діапазоні часу 2 приймає максимальне значення, ніж при інших.

При діапазоні часу 1.

З рис. 4.21 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \sin(x / 5 + \phi)$ , з цього випливає, що при початковому значенні швидкості 8 значення відносної амплітуди зміщення в сталому режимі при діапазоні часу 1 максимальне, ніж при інших значеннях. Це говорить про те, що чим більше початкове значення швидкості, тим більше швидкість, крім проміжку (8; 10). У цьому проміжку функція різко падає.

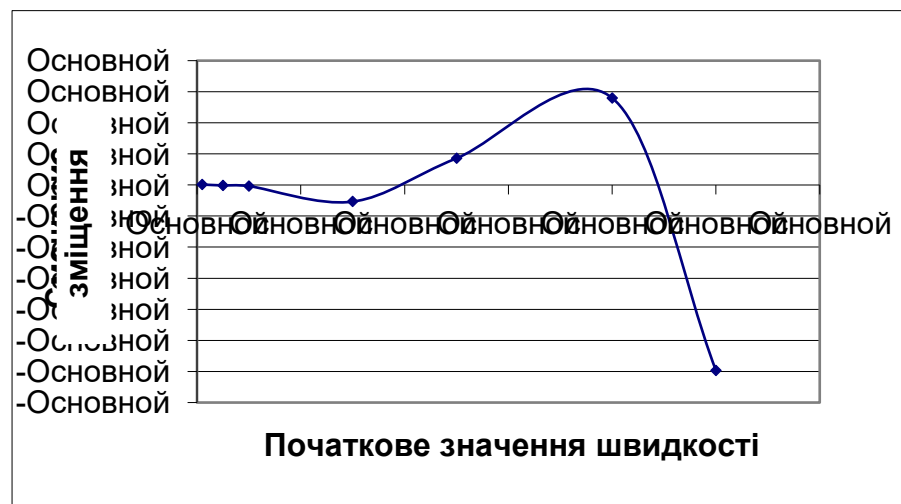


Рис. 4.21 Залежність амплітуди зміщення від початкового значення швидкості при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

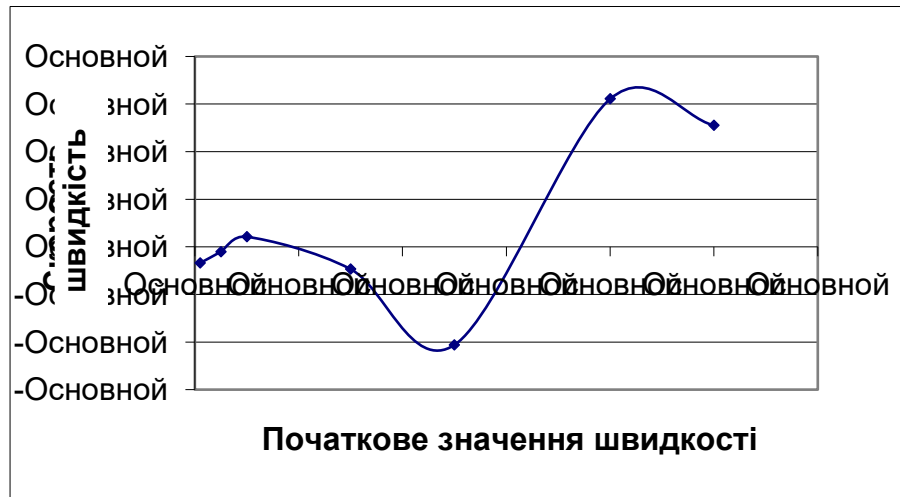


Рис. 4.22 Залежність швидкості від початкового значення швидкості при діапазоні часу 1 встановленого режиму.

З рис. 4.22 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, з цього випливає, що при початковому значенні швидкості 5 значення швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 2 мінімальне, ніж при 8.

При діапазоні часу 2.

З рис. 4.23 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \sin x$ , з цього випливає, що при початковому значенні швидкості 0,1 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 2 мінімальне, ніж при 10. Це говорить про те, що чим більше початкове значення швидкості, тим більше відносна амплітуда зміщення.



Рис. 4.23 Залежність амплітуди зміщення від початкового значення швидкості при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

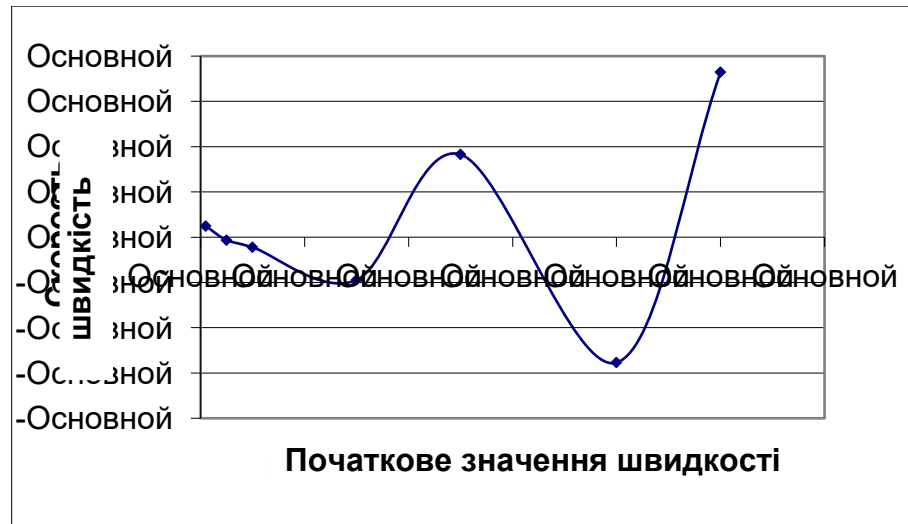


Рис. 4.24 Залежність швидкості від початкового значення швидкості при діапазоні часу 2 встановленого режиму.

З рис. 4.24 видно, що залежність має вигляд не лінійної функції, види  $y = \sin x$ , з цього випливає, що при початковому значенні швидкості 0,1 значення відносної швидкості в сталому режимі при діапазоні часу 2 мінімальне, ніж при 10.

### **4.3. Аналіз режимних характеристик вібратора і вибір параметрів механічного вібратора для здійснення ефективного руйнування замерзлої вуглепородної маси.**

Аналіз режимних характеристик вібратора полягає в зіставленні режиму роботи вібратора в діапазоні часу 0-1, 1-2. При коливанні параметрами є маса, пружинні константи, демпфірування, початкове значення швидкості.

З рис.4.1,2 видно, що при збільшенні маси амплітуда зміщення і швидкості в початковий момент часу прагнуть до рівноваги, а в сталому режимі рис. 4.9-12, при збільшенні маси зміщення і швидкості зменшується. Значення 50 є оптимальним параметром відносної маси, а для віброустановки 0,9 з рис. 4.3,4 видно, що амплітуда зміщення і швидкості в початковий момент часу не залежить від збільшення демпфірування, а в сталому режимі рис. 4.13-16, при збільшенні демпфірування зміщення і швидкість зменшується. Це говорить про те, що чим більше міцність руйнування середовища, тим менша швидкість руйнування цього середовища.

З рис. 4.5,6 видно, що при збільшенні пружинних констант амплітуда зміщення збільшується, а швидкість в початковий момент часу зменшується. У сталому режимі рис. м17-20, при збільшенні пружинних констант зміщення і швидкості збільшується до певного моменту, а потім настає процес нестійкої роботи, тобто значення 160 є оптимальним параметром пружинних констант.

З рис. 4.7,8 видно, що при збільшенні початкового значення швидкості амплітуда зміщення в початковий момент часу збільшується, а в сталому режимі рис. 4.21-24, при збільшенні початкового значення швидкості зміщення зростає. Значення 10 є оптимальним параметром початкового значення швидкості.

Це говорить про те, що зміщення залежить від частоти (значення швидкості), жорсткості системи (пружинні константи) і демпфірування (міцність руйнування породи).

Таким чином в результаті коливання маси, коефіцієнтом пружинних констант, а також початковим значенням швидкості було встановлено, що процес вібрування стрижнів можна формально розділити на два тимчасових періоди: початковий період займає часовий діапазон від 0 до 1, коли величина зміщення і швидкості різко зростають цей період характеризується нестійким режимом і можна віднести до перехідного процесу в якому спостерігається

зростання швидкості і частоти (амплітуди), при роботі вібратора в тимчасовому діапазоні 1 і 2: спостерігаються режимні характеристики амплітуди і швидкості.

Для погашення негативних явищ різкого збільшення амплітуди і швидкості необхідно плавний набір (плавні режимні характеристики включення установки), щоб ліквідувати процес нестійкої роботи.

## 5. Технічні рекомендації.

У перевантажувальному комплексі, призначеному для вивантаження вуглепородної маси невід'ємною частиною є бункер. Вони застосовуються при циклічному завантаженні і безперервній подачі з метою згладити нерівномірність вантажопотоку насипного матеріалу, при навантаженні в транспортні засоби, при тривалому зберіганні матеріалів, для здійснення різних технологічних операцій (змішування, витримка і т. д.). У більшості випадків при переробці сухих матеріалів бункера забезпечують гравітаційне витікання, однак при складанні вологих, липких, злежуючихся матеріалів гравітаційне витікання неможливе, оскільки відбувається утворення склепіння над випускним отвором бункера або утворення пасивних зон, коли витікання матеріалу відбувається тільки з центральної частини бункера. Одним з широко використовуваних методів боротьби зі звідоутворенням є вібраційний метод, заснований на дії вібрації на матеріал, що розміщується в бункері. Періодичний динамічний вплив змінює фізико-механічні характеристики матеріалу, що обумовлюють схильність до звідоутворення (коефіцієнт внутрішнього тертя, коефіцієнт тертя матеріалу об стінку). Для металевих бункерів питання передачі вібрації на матеріал вирішується шляхом установки вібраторів на стінки або безпосередньо всередині бункера.

При роботі технологічної схеми досить часто має місце утворення склепіння над випускним отвором бункера, в результаті чого відбувається повне або часткове закінчення вуглепородної маси, крім того, відбувається утворення пасивних зон, суттєво зменшуючих корисну ємність бункера, а також при неконтрольованому згодом обваленні зависанням матеріалу в бункері може статися вихід з ладу системи автоматичного регулювання дозатора. Проведеними дослідженнями встановлено, що характер звідоутворення в бункері і ймовірність їх утворення, більшою мірою, залежать від: форми і розмірів бункера, кута нахилу стінок випускної воронки, кількості вертикальних

стінок в випускній воронці, характер сполучень вертикальних і похилих стінок випускної воронки і бункера, тертя між стінками і сипучим матеріалом, розміру, форми гранулометричного складу і твердості частинок, що завантажуються в бункер, вологості, схильності матеріалу до злежування, а також часу його зберігання. Крім цього, на звідоутворення впливають різні хімічні реакції в матеріалі, а також можлива змерзлість матеріалу при низьких температурах і цілий ряд інших факторів.

Виконання поставленого завдання було вирішено здійснювати шляхом застосування спеціальної підвісної призми з автономним Віброприводом. Одним з основних недоліків існуючих віброустановок є низька надійність використовуваних в них мотор-вібраторів, заміна яких вельми трудомістка. Як було встановлено основними причинами виходу з ладу мотор-вібраторів, встановлених в віброустановці, є важкі умови пуску при злежаному концентраті і безперервний процес обвалення при роботі. Для усунення цих недоліків було запропоновано використання віброударної підвіски мотор-вібратора з використанням істотно нелінійних зв'язків.

Як показали експерименти, наявність пружної підвіски мотор-вібратора в умовах повного блокування віброустановок дозволяють на 30-40% знизити величину пускового струму. Використання істотно нелінійних пружних зв'язків дозволяє, при резонансного налаштування лінійного контуру системи обґрунтувати близькорезонансний режим роботи приводу, в значній мірі знижуючи при заданих режимах коливань, використовувану потужність приводу.

Спеціальна підвіска вібробудників дозволяє виконувати віброударний режим коливань. Віброударний привід здійснений на основі вібраторів, у вигляді двополюсних короткозамкнутих електродвигунів з симетричним розташуванням на валу дебалансів, з нелінійними пружними зв'язками у вигляді резиноеластичних буферів різної жорсткості. Використання при цьому

інтенсивного полічастотного навантаження забезпечує досягнення високотехнологічного ефекту при зниженні зусилля пресування-ущільнення з малою витратою енергії при більш високому рівні обвалання зависань ущільнених сипучих, змерзлих або в'язких матеріалів. Всі ці переваги віброударного приводу дозволяють істотно підвищити довговічність використовуваного мотор-вібратора і на 30-40% знизити енергоємність процесу зводообвалання.

Підвіска віброустановок в бункері здійснюється за допомогою каната до горловини вежі. Віброустановка включає в себе вузол кріплення його на вежі і систему управління. На малюнку 5.1 приведена схема віброустановки, який складається з: 1 - корпусу колокола; 2 - несучого каната; 3 - коуша; 4 - металевої плити; 5 - електрозбудників; 6 - днища корпусу; 7 - електророзподільника; 8 - амортизаційного вузла; 9 - електрокабеля, 10 - кришки та ізоляції корпусу і 11 - штирі, що розрихлюють.

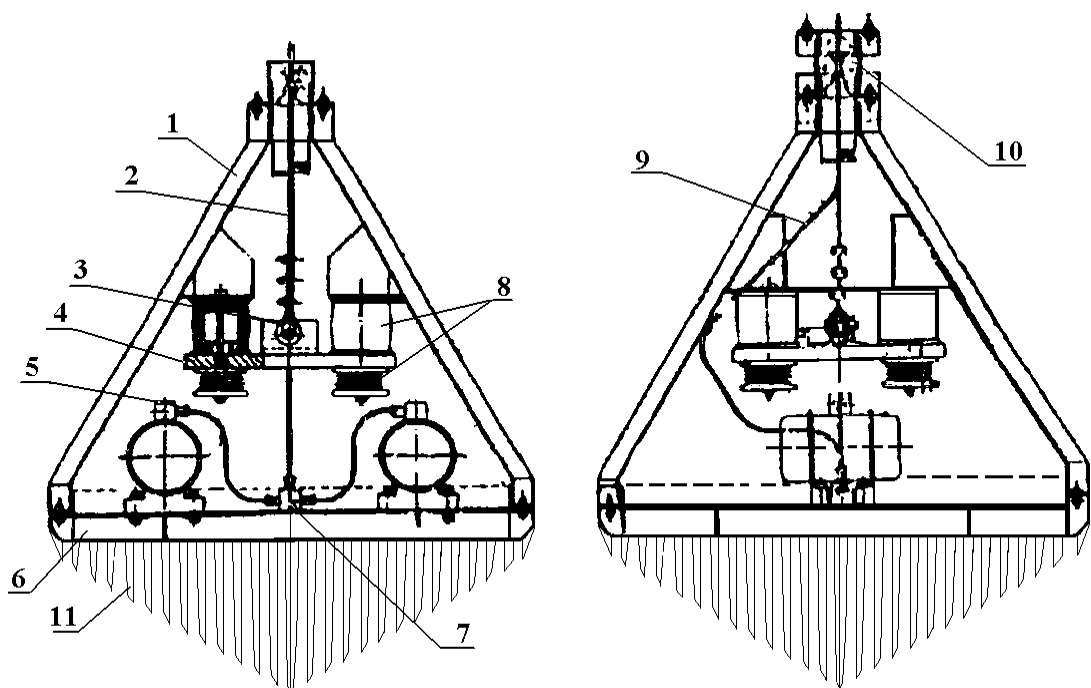


Рис. 5.1 - Схема підвісної віброустановки для ліквідації зависання матеріалу в бункері має вигляд піраміди.



Основним недоліком віброударного приводу слід вважати складність його первинної настройки, труднощі профілактики електрообладнання, складність забезпечення надійності підводу електропроводки і управління віброударним приводом підвісної призми.

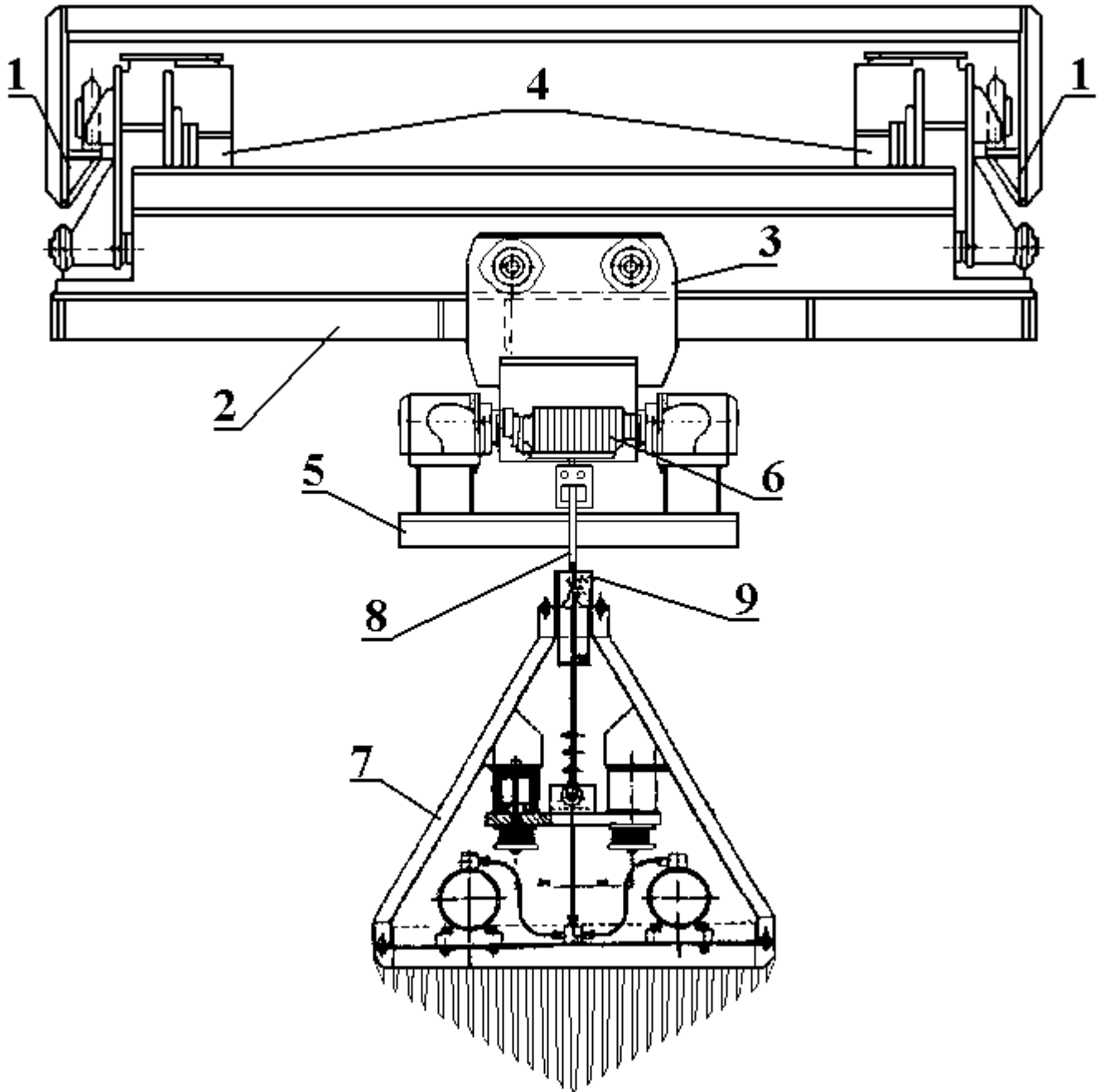


Рис. 5.2 Схема розміщення віброустановки в бункері перевантажувального комплексу

На рис. 5.2 наведена схема розміщення розробленої віброустановки в бункері. Запропонована конструкція складається з двох взаємно перпендикулярних монорейок 1 і 2 за якими відбувається рух віброустановки в бункері в поздовжньому і поперечному напрямках. Рух відбувається за рахунок переміщення візків 3 і 4 по подовжньому 1 і поперечному монорельсу 2, як в одному так і в іншому напрямку. До візку прикріплена поворотна платформа 5, на якій встановлена лебідка 6 піднімає або опускає вібраторну установку 7. Вібраторна установка 7 закріплена канатом 8 до кришки кріплення корпусу 9.

Робота установки відбувається в такий спосіб. Установка наводиться за рахунок руху візка по монорельсу і за допомогою лебідки віброустановка опускається на стінку бункера яка вимагає очищення від намерзлої або налиплої вуглепородної маси. За рахунок впровадження штирів віброустановки відбувається очищення бункера

Виконана робота показує перспективність використання віброустановок, що мають вигляд піраміди, підвісного типу для ліквідації зависань і зводоутворення в бункерах вуглепородної маси та інших матеріалів.

## **6. Економічне обґрунтування ефективності застосовуваного методу.**

На практиці економічний ефект досягається за рахунок:

1. застосування новаторських технологічних схем виробництва робіт;
2. скорочення термінів виконання робіт;
3. оптимізації організації виконання виробничих операцій;
4. використання дешевих матеріалів, виробів і механізмів.

Запропонований спосіб очищення дозволяє виключити ручну працю безпосередньо в бункері і замінити його механізованою очищенням.

Таким чином, відпадає необхідність проведення щотижневих очисних робіт (52 профілактичних зміни в рік), пов'язаних з ризиком отримання травматизму і великими витратами на забезпечення безпеки праці робітників.

Для розрахунку економічного ефекту необхідно визначити щорічні витрати на розробку породи в бункері. Визначення таких витрат виконується на основі ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 "Правила визначення вартості будівництва". Основою визначення нормативних показників служить система ресурсних елементів кошторисних норм на будівельні роботи (ДБН Д. 2.2 - 99 - 35 «Гірничопрохідницькі роботи»). Розрахунок витрат виконується із застосуванням програмного комплексу "Будівельні технології - Кошторис 0510 © Computer Logic<sup>®</sup> Ltd."

Економічне обґрунтування ефективності застосовуваного методу

Результуючі суми витрат трудомісткості і грошових коштів представлені в локальних кошторисі №1 і №2 (Додаток 1).

Техніко-економічні показники одноразової очищення бункера наведені в таблиці 1.

Таблиця 1.

п/п	найменування показника	кількість	
		вручну	за допомогою підвісної віброустановки
1.	Обсяг розробляється вручну породи в бункері, м <sup>3</sup>	20,0	
2.	Кошторисна вартість очистки бункера, тис. грн.	10,397	3,604
3.	Договірна ціна, тис. грн.	12,632	4,386
4.	трудомісткість очистки, тис. чол.- час.	0,086	0,034
5.	Заробітна плата, тис. грн.	8,223	2,803
6.	Кошторисний прибуток, тис. грн.	0,086	0,034

Щорічні витрати на очистку бункера вручну:

$$C_1 = N_n \cdot C_T,$$

де  $N_n$  – кількість тижнів на рік  $N_n=52$

$C_T$  – договірна ціна однієї очищення вручну.

$$C_1 = 52 \cdot 12,632 = 656.864 \text{ тис. грн.}$$

Щорічні витрати на очистку бункера за допомогою підвісної віброустановки:

$$C_2 = N_n \cdot C_{T_{пву}} + C_{пву},$$

де  $C_{T_{пву}}$  – договірна ціна однієї очищення за допомогою віброустановки;

$C_{пву}$  – вартість підвісний віброустановки,  $C_{пву}=162.5$  тис. грн. (з ПДВ)

Термін експлуатації установки складає 3 роки. Тоді, щорічна амортизація вартості складе 54,17 тис. грн. Відповідно за витрати складуть:

$$C_2 = 52 \cdot 4,386 + 54,17 = 282,242 \text{ тис. грн.}$$

Щорічна економія за договірною ціною складе:

$$E_e = C_1 - C_2 = 656.864 - 282,242 = 374,622 \text{ тис. грн.}$$

Економія за три роки складе  $E_e = 374,622 \cdot 3 = 1\,123,866$  тис. грн.

## Список використаної літератури:

- 1 С.П. Мінеєв, А.Л. Сахненко, С.А. Обухів Вібраційне і хвильове розпушування агрегированной сипучої гірської маси.- Дніпропетровськ, 2005.- 212 с.
- 2 Вібрації в техніці та технологіях. Збірник праць III міжнародної науково-технічної конференції. 8 - 12 вересня 1998р. - Вінниця: ВДСГІ, 1998. - 284 с.
- 3 Перевезення вантажів, які змерзаються: Довідник / І.І. Батраков, Ю.А. Носков, В.Н. Харламов, В.А. Шкурін; Під ред. Ю.А. Носкова. - М.: Транспорт, 1988. - 208 с.: іл., Табл. - Библиогр.: с. 201.
- 4 Довідник інженера-шахтобудівників. У 2-х томах. Т. 2. Під ред. Сєдова Б.Я., Ніколаєнко А.Т., Безсмертного А.С., трупак Н.Г., Камінського Д.Н., Зелінського В.М., Грамматнікова А.Н. М., "Недра", 1972, 697 с.
- 5 Вібрації в техніці: Довідник. У 6-ти т. / Ред. Порада: В.Н. Челомей.- М.: Машинобудування, 1981. - 456 с.
- 6 Гурін Ю.А. Попередження смерзання і примерзання гірських порід при транспортуванні // Горн. інформ.-аналіт. Бюл. - М.: МГТУ.- 2000.- Вип.7.- С. 135.
- 7 Бауман В.А., Биховський І.І. Вібраційні машини і процеси в будівництві. - М.: Вища школа, 1977.-253 с.
- 8 С.П. Мінеєв, В.В. Шумріков, А.Л. Сахненко, С.А. Обухів. Обґрунтування методу розрахунку динамічних характеристик механічного вібратора стосовно до руйнування смерзшогося вугілля.
- 9 Стандарт ВИЩОГО навчального закладу. Кваліфікаційні роботи випускників. Загальні вимоги до дипломних проектів и дипломних робіт / Упорядн.: В.О. Салов, О.М. Кузьменко, В.І. Прокопенко. -Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004. - 52 с.