

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Світлана ГУРКОВСЬКА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

на тему «Модернізація процесу завантаження бункерів гірничою масою з використанням автостел»

Керівник роботи

Микола ГОЛОТЮК

Консультант від
бази практики

Михайло ЗАЙЦЕВ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають
посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Максим РИБНИЦЬКИЙ

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Володимир ОЖЕНКО

Кривий Ріг 2024

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	<u>133 Галузеве машинобудування</u>
ОПП	<u>Комп'ютерне конструювання мехатронних систем</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

_____ Світлана ГУРКОВСЬКА

«03» листопада 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Рибницькому Максимові Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Модернізація процесу завантаження бункерів гірничою масою з використанням автостел

керівник роботи Голотюк Микола Віталійович, доцент, кандидат техн. наук

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

затверджені наказом Університету від 29.08. 2023 р. №137.1/29.08.2023

2. Термін подання роботи 10.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції, дані гірничо-збагачувального комбінату, результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження (3.1 Мета та методи експериментальних досліджень; 3.2 Перелік використаної апаратури, обладнання; 3.3 Результати досліджень із аналізом отриманих результатів; висновки). 4. Розділ з економіки. Висновки. Додатки

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Автостелла. Технологічний процес завантаження бункерів гірничою масою з використанням автостел. Представлення результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	Голотюк М.В, доцент кафедри АБЕРС
2	Голотюк М.В, доцент кафедри АБЕРС
3	Голотюк М.В, доцент кафедри АБЕРС
4	Голотюк М.В, доцент кафедри АБЕРС

7. Дата видачі завдання 03.11.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Теоретичні дослідження	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Експериментальні дослідження	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованих змін	03.01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.2024 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач

(Рибницький Максим Васильович)

Керівник роботи

(Голотюк Микола Віталійович)

АНОТАЦІЯ

Рибницький Максим Васильович. Модернізація процесу завантаження бункерів гірничою масою з використанням автостел. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Об'єктом дослідження даного дипломного проекту є транспортування та завантаження подрібненої руди у бункери на гірничо-видобувних підприємствах.

Предметом дослідження, є конвеєрний транспорт в цілому та один з його підвидів, а саме конвеєрний транспорт з розвантажувальним візком (автостелою).

Мета та завдання. Метою роботи є модернізація процесу завантаження подрібненої рудної маси у бункери для подальшої її збагачення в умовах рудо-збагачувальної фабрики.

Методи дослідження. Порівняльний аналіз видів конвеєрного транспорту. Метод прогнозування для оптимізації режимів роботи конвеєру з розвантажувальним візком.

У першому розділі проаналізовані існуючі види транспортних систем та проведений окремий аналіз приймальних бункерів.

У другому розділі були проведені дослідження видів конвеєрного транспорту, його конструкція, умови використання перевантажувальних пристроїв та існуючі види показників рівня завантаженості. Наприкінці розділу також було досліджено один із прикладів використання конвеєрного транспорту, в умовах одного із підприємств. Розглянуті режими роботи, та трудомісткість деяких супутніх процесів.

У третьому розділі були запропоновані рішення для покращення та модернізації процесів вимірювання рівня подрібненої руди у бункерах та удосконалення самого конвеєрного транспорту та автостели. Запропонований монтаж автономного пристрою для вимірювання рівня подрібненої руди у бункерах та модернізація самого конвеєрного транспорту шляхом встановлення на основний привід та привід автостели частотного перетворювача.

У четвертому розділі виконані розрахунки економічної ефективності. Приблизно економічна ефективність після проведення модернізації всього процесу завантаження бункерів може скласти $\approx 32,3$ тис.\$ для одного такого конвеєру.

Ключові слова: КОНВЕЄР, АВТОСТЕЛА, РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ВІЗОК, РАДАРНИЙ РІВНЕМІР, ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ.

Апробація результатів:

1. Ковалеvecь Р., Рибницький М., Мирна Н. Модернізація процесу вилучення металу на конвеєрному транспорті / Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Синергія освіти, науки, виробництва в умовах глобальних викликів сьогодення», 29 березня 2023, Луцьк. – Луцький національний технічний університет, 2023. – 128-129 с.

<https://drive.google.com/file/d/1gGkiePbgUvzfEo5jYa0BemeTBKYxkA4a/view>

2. Рибницький М., Койфман О., Голотюк М., Бундза О. Моделювання процесу завантаження бункерів гірничою масою з використанням автостел / VI International scientific and practical conference «The aspects of contemporary scientific research that encompass both theoretical and practical components» (January 10-12, 2024) Venice, Italy, International Scientific Unity. 2024. 386 p.– 347-349 с.

<https://isu-conference.com/wp-content/uploads/2024/01/The-aspects-of-contemporary-scientific-research-Jan-10-12-2024-Venice-Italy.pdf>

3. Бойко В., Рибницький М. Дослідження ефективності роботи металоторгуючої організації / Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», 29–30 листопада 2023 року, Запоріжжя. – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. – 14-17 с.

<https://dspace.mipolytech.education/server/api/core/bitstreams/1f45545e-cda6-45a2-b8ae-b49ff2c780a9/content>

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	9
1.1 <i>Аналіз існуючих транспортних систем</i>	9
1.2 <i>Аналіз приймальних бункерів</i>	13
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	15
2.1 <i>Дослідження існуючих типів конвеєрного транспорту</i>	15
2.2 <i>Дослідження конструкції конвеєрного транспорту</i>	17
2.2.1. <i>Конвеєрна стрічка</i>	17
2.2.2. <i>Конвеєрний став з роликоопорами</i>	20
2.2.3. <i>Привідні та натяжні станції конвеєрів</i>	23
2.3 <i>Дослідження умов використання перевантажувальних пристроїв на конвеєрному транспорті</i>	25
2.4 <i>Дослідження існуючих методів автоматизації обслуговування бункерів</i>	28
2.5 <i>Результати теоретичних досліджень</i>	30
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	33
3.1 <i>Мета та методи експериментальних досліджень</i>	33
3.2 <i>Перелік використаної апаратури</i>	33
3.2.1. <i>Автоматизація процесу вимірювання рівня завантаження бункерів гірничою масою</i>	33
3.2.2. <i>Автоматизація процесу завантаження бункерів</i>	36
3.2.2.1. <i>Загальні відомості про частотні перетворювачі</i>	36
3.2.2.2. <i>Класифікація перетворювачі частоти</i>	38
3.2.3. <i>Модернізація приводу конвеєра</i>	40
3.2.4. <i>Модернізація приводу переміщення автостели</i>	41
3.3. <i>Результати досліджень</i>	42
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗМІН	43
4.1. <i>Розрахунок економічного ефекту</i>	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	46
Список використаних джерел	48

ВСТУП

Актуальність дослідження. Україна володіє значущим потенціалом у галузі гірничовидобування і виступає однією з провідних країн Європи щодо видобутку таких ресурсів, як залізні та марганцеві руди, кам'яне та буре вугілля, руди кольорових і рідкісних металів, сірка у природному вигляді, кам'яна і калійна солі. Крім того, Україна виробляє феромарганець і глинозем.

Економічний потенціал гарантований вже вивченими геологічними запасами на наступні 20-30 років. У першій половині XXI століття Міністерство енергетики та вугільної промисловості об'єднує більше 2000 гірничодобувних і переробних підприємств і має розвинену науково-технологічну структуру. До завершення XX століття вже впроваджено промислове освоєння 3349 родовищ, що становить від 40% до 75% вивчених запасів різних корисних копалин. Сектор має приблизно 1/3 всіх виробничих активів країни та близько 20% робочих ресурсів промисловості, при цьому річний виробіток становить до 25% валового внутрішнього продукту (ВВП). У 2021 році ВВП перевищив 200 мільярдів доларів США.

Залізорудна галузь України є високорозвиненою, і країна, на кінець XX століття, видобувала 13,5% світового обсягу залізної руди. Основним регіоном залізорудної промисловості, в нашій країні, є Криворізький залізорудний басейн, що відповідає за понад 90% загального видобутку залізної руди. На початок XXI століття промисловий комплекс в Кривому Розі може щорічно видобувати понад 190 мільйонів тон сирової руди і отримувати близько 70 мільйонів тон готової продукції.

В основному відкритий видобуток здійснюється на кар'єрах різних залізорудних комбінатів, таких як Південний ГЗК, Новокриворізький ГЗК, Центральний ГЗК, Північний ГЗК, Інгuleцький ГЗК, Полтавський ГЗК і Камиш-Бурунський залізорудний комбінат. Глибина цих кар'єрів перевищує 200 метрів, і в деяких випадках сягає максимальних значень у 320–350 метрів.

У сучасному контексті в гірничій промисловості конвеєрний транспорт, особливо в умовах відкритих гірничих робіт, не є настільки популярним, як залізничний чи автомобільний транспорт. Тим не менш, спостерігається постійне збільшення кількості нових конвеєрних ліній та розробок у цьому напрямку. Особливості конвеєрного транспорту включають його неперервні операції, здатність до досягнення високої продуктивності, яка практично не обмежена довжиною обладнання. Крім того, цей вид транспорту характеризується високим рівнем автоматизації, мінімальною потребою в обслуговуючому персоналі та можливістю працювати під значним кутом уклону, іноді до 20 градусів. Здобутки

показують, що конвеєрний транспорт є безпечнішим порівняно з іншими видами транспорту, такими як залізничний чи автомобільний.

Модернізація ключових технологічних процесів та технічного обладнання на підприємстві сприяє збільшенню обсягів виробництва, зниженню собівартості та підвищенню якості кінцевої продукції. Крім того, впровадження конвеєрного транспорту в системи виробництва покращує санітарно-гігієнічні умови, зменшує загазованість та запыленість повітря в кар'єрі, а також сприяє підвищенню безпеки праці та формуванню культури виробництва.

Об'єктом дослідження даного дипломного проекту є транспортування та завантаження подрібненої руди у бункери на гірничо-видобувних підприємствах.

Предметом дослідження, є конвеєрний транспорт в цілому та один з його підвидів, а саме конвеєрний транспорт з розвантажувальним візком (автостелою).

Мета та завдання. Метою роботи є модернізація процесу завантаження подрібненої рудної маси у бункери для подальшої її збагачення в умовах рудо-збагачувальної фабрики.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз існуючих транспортних систем

Транспорт у кар'єрах призначений для перевезення гірничої маси, такої як відкриті породи та корисні копалини, від місць видобутку до місць розвантаження. Він є ключовим елементом, який забезпечує зв'язок між процесами видобутку та зберігання гірничої маси. Ефективність роботи всього підприємства в значній мірі залежить від надійності та ефективності кар'єрного транспорту. Процес переміщення гірничої маси є трудомістким, і витрати на транспорт та пов'язані з ним допоміжні роботи становлять значну частину загальних витрат на видобуток, а саме 45-50%.

Інтенсивність роботи транспортних систем у кар'єрах визначається вантажообігом, який вказує на обсяг транспортованого вантажу протягом конкретного періоду часу.

Вантажообіг, який залишається постійним у певному напрямку переміщення, отримує назву вантажопотоку. Вантажопотік вважається сконцентрованим, якщо всі вантажі переміщуються від кар'єру до поверхні в одному напрямі по конкретних транспортних маршрутах, в іншому випадку його вважають розосередженим.

Види кар'єрного транспорту відрізняються за рядом ознак. За принципом функціонування виділяють транспорт циклічної і безперервної дії.

За методом переміщення вантажу, характером ходового і шляхового обладнання виокремлюють такі види транспорту, як залізничний, автомобільний, конвеєрний, гідравлічний та інші. (Рис.1.1.1)

Застосування транспорту на залізорудних кар'єрах

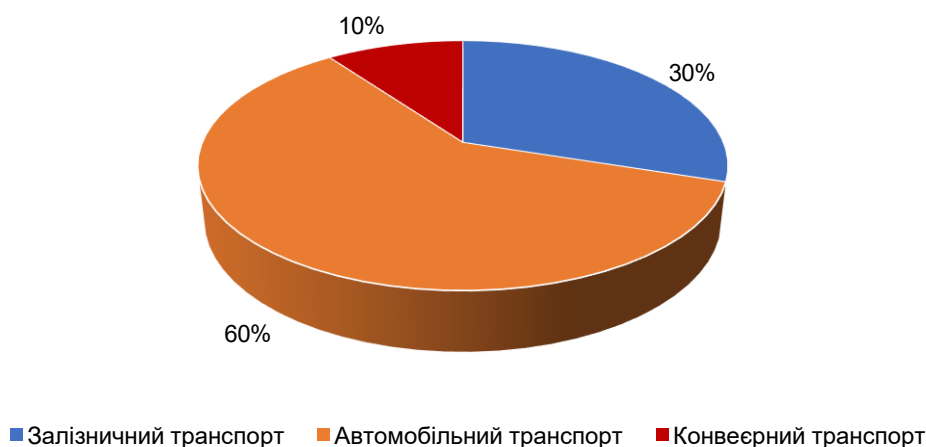


Рис.1.1.1 – Застосування транспорту на залізорудних кар'єрах

За методом виконання функцій виділяють пересувні та непересувні транспортні засоби (скіповий підйом, канатні підйомники, підвісні дороги і інші).

Розрізняють кар'єрний транспорт за функціональною ознакою на самостійні та спеціальні види. Самостійні можуть пересувати гірничу масу від забою до приймальних пунктів. Спеціальні види придатні лише для конкретних ділянок переміщення вантажу і використовуються як ланка комбінованого транспорту.

Вибір оптимального виду кар'єрного транспорту для конкретних умов залежить від фізико-технічних та хімічних характеристик видобувних порід, глибини залягання корисних копалин, кліматичних умов, обсягів руху вантажів, дистанції та умов перевезення, а також параметрів завантажувального обладнання, тривалості експлуатації кар'єру та інших факторів.

Застосування **залізничного транспорту** ефективне на кар'єрах з великим річним обсягом вантажів (понад 25 млн. тон), глибиною до 150-200 метрів і при значній довжині транспортного маршруту (4 км і більше).

Переваги залізничного транспорту включають низькі витрати енергії, можливість забезпечення різних обсягів вантажоперевезень на будь-якій відстані, можливість використання автоматизованих систем керування, надійність у різних кліматичних і гірничотехнічних умовах, а також відносно невеликі витрати на перевезення (в 4-6 разів менше, ніж у випадку автомобільного та конвеєрного транспорту).

Недоліки включають відносно великі обсяги гірничо-капітальних робіт, значні капітальні витрати, витрати на утримання транспортних комунікацій, складну організацію руху, а також потребу великих радіусів кривих (100-120 м), значної протяжності фронту робіт (500-600 м) та мінімальних підйомів (40-60 ‰).

Автомобільний транспорт використовується на кар'єрах із невеликим річним вантажообігом (15-20 млн. т) на відстані транспортування до 4-5 км. Цей вид транспорту є ефективним під час будівництва кар'єрів будь-якої виробничої потужності, розробки покладів складних форм, малих розмірів кар'єрних полів, у складній топографії поверхні, роздільного видобутку складно-структурних покладів, інтенсивної розробки родовищ з великою швидкістю просування забоїв і швидким заглибленням гірничих робіт. Також він може використовуватися як додатковий вид транспорту поряд з іншими.

Переваги автомобільного транспорту включають велику гнучкість та маневреність, що перевершують залізничний транспорт. Крім того, його використання призводить до зменшення об'єму гірничо-капітальних робіт, скорочення строків і витрат на будівництво кар'єрів, оскільки не потрібні рельсові шляхи та контактна мережа. Також, автомобільний транспорт

менше жорстко вимагає планування і профілю доріг, імовірності мають значно менші показники (радіус кривих 15-25 м, підйом 80-100 ‰).

Недоліки включають зниження ефективності при збільшенні відстані транспортування, залежність від кліматичних умов, високі витрати на великовантажні автосамоскиди, великі експлуатаційні витрати та значні витрати на транспортування 1 т гірської маси.

Конвеєрний транспорт застосовується в кар'єрах для переміщення розкритої та подрібненої гірничої маси. Його широкий діапазон продуктивності, що досягає до 15,000 м³/год, дозволяє ефективно використовувати на кар'єрах з різним вантажообігом. Цей вид транспорту є цілком доцільним на кар'єрах з м'якими породами, особливо при щорічному вантажообігу від 20 до 30 мільйонів тон і більше. Зі збільшенням потужності вантажних потоків ефективність конвеєрів зростає, і їх найбільш ефективна відстань транспортування становить 4-6 кілометрів.

Переваги цього типу транспорту включають здатність подолати підйоми до 18°, неперервність переміщення вантажів і можливість повної автоматизації процесу транспортування. Він також характеризується низьким негативним впливом на довкілля, високою продуктивністю праці персоналу та поліпшеними умовами праці.

Недоліки цього виду транспорту включають швидке зношування конвеєрної стрічки, жорсткі вимоги до розмірів кусків гірничої маси і способу навантаження. Ефективність також зменшується при низьких температурах і високій вологості гірничої маси, яку транспортують.[1].

Спеціалізовані види транспорту використовуються в конкретних географічних, гірничотехнічних і кліматичних умовах. До таких входять підвісні канатні дороги для роботи в гірських регіонах, можливість переміщення гірничої маси за допомогою власної ваги (гравітаційний транспорт) через рудоспуски і рудоскати, а також використання гідротранспорту, повітряного транспорту і інших технологій. Крутопохилі конвеєри та конвеєрні поїзди є одними з перспективних напрямків. Хоча в даний момент спеціальні види транспорту не є широко поширеними, їх удосконалення відкриває перспективу для більшого застосування в майбутньому.[2].

Комбінований транспорт. Для досягнення найкращих техніко-економічних результатів у потужних кар'єрах, що включають транспортування гірничої маси, рекомендується використовувати комбінацію різних видів транспорту. Кожен з цих видів транспорту працює в оптимальних для нього умовах, що сприяє покращенню ефективності. Транспортний процес в кар'єрі між точками завантаження та розвантаження можна розділити на три основні етапи: транспортування

по робочим горизонтам та з'єднувальним бермам; транспортування по нахилених шахтах до поверхні; транспортування на поверхні.

Перший рівень транспорту обслуговує видобувні горизонти, розташовані на значних глибинах. Він повинен бути маневреним та економічним, враховувати геологічні та технологічні умови розробки, забезпечувати доступ до виймально-навантажувальних машин, максимальну продуктивність, повне видобуток і відповідну якість корисних копалин. Ефективним видається використання автомобільного транспорту з різною вантажопідйомністю на цьому етапі.

Другий рівень транспорту повинен забезпечити переміщення гірничої маси по найкоротших нахилених ділянках шляху. Найкращі техніко-економічні результати досягаються при використанні конвеєрів, скіпових систем та автомобільних ліфтів.

Третій рівень транспорту має забезпечити переміщення гірничої маси на великі відстані по практично горизонтальних ділянках шляху. Найчастіше на цьому етапі використовуються залізничний і конвеєрний транспорт для досягнення найвищої ефективності.

Найпоширенішою є комбінація автомобільного і залізничного транспорту, де гірнича маса спочатку перевозиться від забоїв до перевантажувальних пунктів автотранспортом, а потім залізничним транспортом доставляється до відвалів або збагачувальних фабрик. Перевантажувальні пункти можуть розташовуватися або в межах кар'єру, або на поверхні поблизу його контурів. Також поширеною є комбінація автомобільного і конвеєрного транспорту. При транспортуванні крупнокускової гірничої маси на перевантажувальних пунктах може здійснюватися попереднє подрібнення.

Комбінація автотранспорту і скіпових підйомників активно використовується на глибоких кар'єрах. Перевантажувальний пункт включає розвантажувальний і приймальний пристрій і бункер-дозатор. Скіпи з вантажопідйомністю 100 т переміщуються по спеціальним траншеям із швидкістю 8-12 м/с під кутом нахилу 35-45°. Залежно від конкретних гірничо-геологічних умов і умов розробки, також можуть використовуватися інші комбінації транспорту.[1].

Транспортні засоби, які використовуються відкритих гірничих роботах, можна класифікувати за кількома критеріями:

За призначенням:

- Основні транспортні засоби.
- Допоміжне транспортне обладнання.

За характером роботи у часі:

- Безперервна дія, де вантаж подається в пункт призначення безперервним потоком, як, наприклад, на конвеєрному транспорті.
- Періодична дія, коли вантаж до пункту розвантаження надходить через певні тривалі інтервали часу, як у залізничному або автомобільному транспорті.

За способом переміщення вантажів:

- Ковзанням (по ґрунту, у жолобах тощо).
- На вантажонесучих органах (стрічки, ковші тощо).
- У транспортних посудинах (вагони, кузови автомобілів тощо).
- У середовищі (водний транспорт, повітряний транспорт).

За конструктивними ознаками можна виділити різні групи транспортних засобів. Основне обладнання включає локомотивний транспорт, автомобільний транспорт, конвеєрний транспорт та інші. До допоміжного обладнання належать вагоноперекидачі, турнодозери, живильники та інше обладнання.[2].

1.2 Аналіз приймальних бункерів

Бункери представляють собою проміжні сховища значного об'єму, які вбудовуються в загальну систему транспортного та технологічного обладнання. Їх призначенням є тимчасове зберігання певної кількості насипних вантажів, а потім вивантаження їх на транспортне або технологічне обладнання. Завантаження бункерів може відбуватися через відкритий верх, завантажувальні отвори в дні або в нижній частині бічних стінок. Переміщення вантажу по бункеру та його витікання через отвір відбувається за допомогою сили тяжіння.

При наявності проміжних ємностей у вигляді бункерів у загальній системі транспорту або технологічного обладнання, останні можуть працювати незалежно один від одного, що дозволяє встановлювати для них оптимальні режими. У випадку, коли з'єднані машини працюють у різних режимах з часом, використання бункерів стає необхідним. Робочий час сполучених машин, разом із їхньою продуктивністю, визначає необхідний обсяг бункерів. Чим більше відмінностей у режимах, що визначають час накопичення вантажів, і чим вища продуктивність машин, тим більшими повинні бути обсяги проміжних бункерів.

Форма бункера, окрім врахування будівельних вимог, повинна відповідати умовам максимально повного завантаження і повного вивантаження, уникаючи утворення "мертвих зон", де вантаж може застрягти і не спадати до розвантажувальних пристроїв при розвантаженні бункера під впливом сили тяжіння. Це може статися, зокрема, через недостатній нахил стінок, які направляють вантаж до розвантажувальних пристроїв. Крім того, форма бункерів повинна убезпечити від можливості

утворення склепіння ("зависання") вантажу над отворами, що може порушити нормальний режим витікання вантажу.

Кілька типових геометричних форм бункерів показано на рис. 1.2.1.

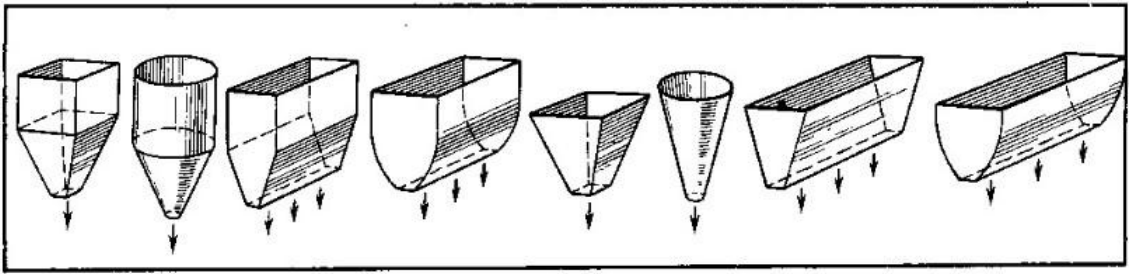


Рис.1.2.1 – Типові форми бункерів.

Зазвичай бункери складаються з двох частин: верхньої, яка може мати форму призми або циліндра, і нижньої, яка сходить до низу (до випускних отворів) і має форму піраміди, конуса або сфери. Для полегшення процесу завантаження і розміщення двох або більше випускних отворів у бункерах великого об'єму можуть мати подовжену форму. Часом їх розділяють перегородками на секції або встановлюють паралельно у два чи більше ряди.

Бункери можуть бути виготовлені з металу, бетону, залізобетону та дерева. Найбільш поширеними є бункери зі стінками з листової сталі та каркасом із профільної сталі, які можуть бути виготовлені за зварною або клепаною технологією. Зазвичай їх встановлюють на колонах або на перекриттях будівель. Для забезпечення легкості руху вантажу, внутрішні стінки бункерів роблять гладкими; у випадках, коли переміщують абразивні вантажі, вони облицьовуються знімними сталевими плитами.

Отвори для розвантаження бункера можна розташовувати по центру днища і збоку з одного або з обох боків. [5].

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Дослідження існуючих типів конвеєрного транспорту

Відповідно до призначення та розташування в транспортній системі відкритих видобутків, існують різні типи конвеєрів: вибійні (пересувні), відвальні (пересувні), передавальні або складальні (пересувні, напівстаціонарні, стаціонарні), підйомні (стаціонарні), агрегати, що є частиною конвеєрних систем (транспортно-відвальні мости, стрічкові перевантажувачі та відвалоутворювачі), а також допоміжне обладнання.

Вибійні конвеєри використовуються для переміщення гірничої маси від екскаватора до передавального, збірного або підйомного конвеєра. Їх встановлюють на робочому майданчику уступу так, щоб мати можливість переміщатися поперек поздовжньої осі або розширюватися з рухом фронту робіт. Основною вимогою до конструкції цих засобів є їхня простота і легкість переміщення або пересування.

Відвальні конвеєри призначені для транспортування гірничої маси в межах відвалу від передавальних конвеєрів до відвалоутворювачів. Їх встановлюють на робочому майданчику відвалу, і, подібно до вибійних конвеєрів, ці засоби можуть пересуватися вздовж фронту відвальних робіт. Особливістю конструкції цих конвеєрів є наявність розвантажувального візка, на якому перевозять гірничу масу з відвального конвеєра для відвалоутворювача або для безпосереднього розвантаження у відвал.

Передавальні конвеєри використовуються для переміщення гірничої маси від вибійних конвеєрів до відвальних, а також для транспортування гірничої маси від одного або декількох вибійних конвеєрів до підйомного конвеєра (збірного). Ці засоби розміщують на робочому борту кар'єра, і в процесі просування фронту робіт їх можна подовжувати або скорочувати, або здійснювати їх пересування вздовж власної осі.

Підйомні конвеєри переважно використовуються для переміщення гірничої маси з кар'єра на поверхню або до перевантажувального пункту на борту кар'єра, утримуючи їх під кутом 16-18°. Зазвичай їх розташовують на неробочому борту кар'єра. Це стаціонарні пристрої, які монтується на фундаменті і розраховані на тривалий термін експлуатації в відкритих траншеях або в похилому стовбурі.

Конвеєри відповідних агрегатів можуть ефективно подавати гірничу масу в уже відкритий простір за допомогою транспортно-відвальних мостів, відвалоутворювачів або стрічкових перевантажувачів. Ці конвеєри розміщені на металевих конструкціях конвеєрних агрегатів. Конструкція цих пристроїв дозволяє досягати великої швидкості руху стрічки, що значно зменшує погонне навантаження на консоль агрегатів, включаючи вагу гірничої маси та самого конвеєра. Привід консольного конвеєра

розташовують унизу нахилу, на опорі, що дозволяє відсунути навантаження від консолі, яке виникає від приводу конвеєра, і уникнути вібрації консольної ферми в процесі експлуатації.

Допоміжні конвеєри придатні для використання на перевантажувальних пунктах, внутрішньокар'єрних та поверхневих складах для перевезення та розподілу гірничої маси. Зазвичай їх використовують для очищення основних конвеєрів від просипань породи, на міжступних і вибійних (відвальних) перевантажувачах, а також для виконання інших важливих завдань. У процесі відкритих гірничих робіт можуть використовуватися чотири основні типи конвеєрів: стрічкові, стрічково-канатні, стрічково-ланцюгові та пластинчасті.[3].

Стаціонарні стрічкові конвеєри загального призначення класифікуються за типами: легкий, нормальний, важкий і надважкий.

Стрічкові конвеєри легкого типу призначені переважно для перевезення штучних та упакованих вантажів. Стрічка має пласку форму, а тяговий каркас виготовлений з синтетичної тканини, що має міцність по основі від 100 до 200 Н/мм, або з комбінованих тканин, таких як поліефір-бавовна, із міцністю близько 55 Н/мм.

Конвеєри нормального типу, оснащені плоскою або жолобчастою стрічкою, призначені для транспортування різноманітних вантажів, таких як сипучі, кускові та штучні матеріали. Стрічка виготовлена з гумовотканинним пошаровим тяговим каркасом, що складається з синтетичних тканин із міцністю по основі від 100 до 200 Н/мм.

Важкі конвеєри, обладнані жолобчастою стрічкою, призначені переважно для переміщення сипучих і кускових вантажів. Стрічка таких конвеєрів складається з гумовотканинного пошарового тягового каркасу з міцністю по основі від 100 до 300 Н/мм, а також може включати резинотросовий елемент.

Конвеєри надважкого типу, обладнані жолобчастою стрічкою, призначені виключно для переміщення сипучих і кускових вантажів. Стрічки цих конвеєрів виготовляються з високоміцних матеріалів, таких як гумовий пошаровий тяговий каркас із міцністю по основі від 200 до 400 Н/мм, а також резинотросові стрічки. [4].

Стрічкові конвеєри відзначаються високою ефективністю перевезень та мають невелику погонну масу. Їх проста конструкція дозволяє легко переміщатися як вздовж, так і в поперечному напрямку, роблячи їх ефективними для ведення відкритих гірничих робіт. Конвеєрна стрічка виконує як тягову, так і несучу функції.

У стрічково-канатних конвеєрах тягову функцію виконують канати, тоді як стрічка виступає лише як несучий орган. Проте через фізичні недоліки, такі як громіздкість та складна будова приводу, обмежена

пропускна здатність, складність виготовлення стрічки та з'єднання канатів, цей тип конвеєрів не набув широкого застосування.

У стрічково-ланцюгових конвеєрах ланцюг виконує роль тягового органу, а конвеєрна стрічка, як і у попередньому типі, виконує функцію несучого органу. На відкритих роботах їх використовують не часто. Пластинчасті конвеєри мають тяговий орган у вигляді ланцюга (одного або двох), і функцію вантажонесучого органу виконує пластинчасте полотно.

Пластинчасті конвеєри мають значно більшу вагу, ніж конвеєри інших типів. У той же час вони можуть витримувати значні ударні навантаження під час транспортування скельного й великогрудкового матеріалу. Зазвичай їх використовують у функції живильників і перевантажувачів на перевантажувальних пунктах.[3].

2.2 Дослідження конструкції конвеєрного транспорту

Стрічковий конвеєрний транспорт (Рис.2.3.1) використовується як у розгалужених, так і в нерозгалужених транспортних системах, а також як самостійні транспортні установки.

За способом установки конвеєри поділяються на стаціонарні та напівстаціонарні, останні можуть періодично змінювати свою довжину, а також на пересувні, які можуть переміщатися вздовж своєї осі.

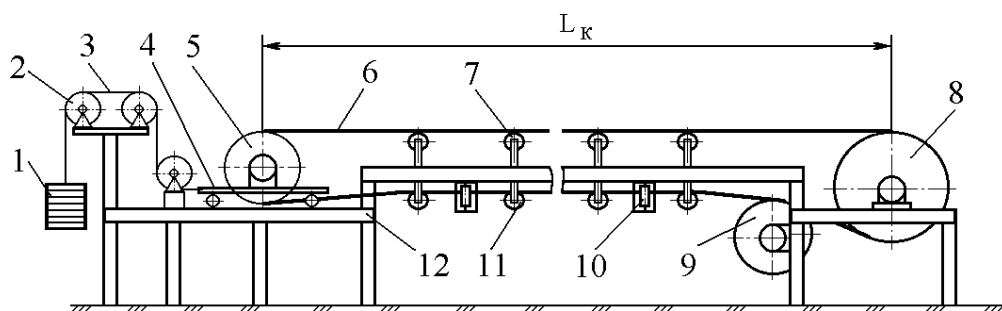


Рис.2.2.1. Конвеєр стрічковий.

1 – вантаж натяжного пристрою, 2 – направляючі блоки, 3 – натяжний трос, 4 – натяжна станція, 5 – натяжний барабан, 6 – конвеєрна стрічка, 7 – роликкоопори з встановленими на них робочими роликами, 8 – привідний барабан, 9 – відхиляючий барабан, 10, 11 – холості та регулюючі ролики на роликкооперах, 12 – рама конвеєру.

2.2.1. Конвеєрна стрічка

Як тяговий і несучий елемент, конвеєрна стрічка повинна мати велику поздовжню та поперечну міцність і гнучкість, стійкість до ударних навантажень і мінімальну масу. Цей компонент конвеєра включає каркас з тканинними вставками, що надає стрічці необхідну міцність для передачі тягового зусилля, та гумове покриття (обкладину), яке захищає каркас від

механічних ушкоджень, стирання та впливу зовнішніх факторів, таких як волога, сніг, лід і таке інше. Також важливим показником використання конвеєрної стрічки є її швидкість руху.

Швидкість руху стрічки визначається відповідно до рекомендацій фахової літератури, з урахуванням таких факторів, як ширина стрічки, умови експлуатації конвеєра, характеристики перевезеного вантажу, методи завантаження та розвантаження і інші подібні. Обрана швидкість повинна гарантувати не лише безпеку вантажу, але і максимальну тривалість служби стрічки та роликів опор конвеєра.[6].

Для правильного функціонування конвеєрного транспорту потрібно визначити відповідну ширину стрічки.

Розрахункова ширина конвеєрної стрічки визначається наступним чином:

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q}{C * v * \gamma_B * k_H}} + 0,05 \right)$$

де, C – коефіцієнт продуктивності, що залежить від перерізу вантажу;

v – швидкість руху стрічки, м/с;

γ_B – насипна щільність вантажу;

k_H – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу конвеєру;

Коефіцієнт продуктивності C визначається за даними таблиці 2.2.1.1

Таблиця 2.2.1.1 – Коефіцієнт продуктивності для визначення ширини стрічки

Показник	Форма стрічки									
	Плоска		Жолобчата на двохроликовій опорі		Жолобчата на трьоххроликовій опорі					
Кут нахилу бокових роликів β' , град	–		15		20	30		36		
Кут відкосу насипного вантажу φ , град	15	20	15	20	15	20	15	20	15	20
Коефіцієнт C	240	325	450	535	470	550	550	625	585	655

Коефіцієнт, що залежить від кута нахилу транспортера визначається як:

Кут нахилу β	12°	14°	16°	18°	20°
Коефіцієнт k	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85

Для вантажів з великими шматками розрахована ширина стрічки перевіряється за виразом:

$$B_{min} \geq x_1 * a_{max} + 200$$

де, a_{max} – розмір найбільших шматків вантажу;

x_1 – коефіцієнт, що залежить від типу вантажу;

При проведенні розрахунків по визначенню ширини стрічки, коефіцієнти $x_1 = 2$ – для рядового вантажу, і $x_1 = 3,3$ для сортованого вантажу.

Одержане значення ширини стрічки B приймається за стандартом.

Також потрібно визначитись з типом стрічки. На кар'єрних конвеєрах найчастіше використовують два типи стрічок: гумотканинні і гумотросові. (Рис.2.2.1.2)

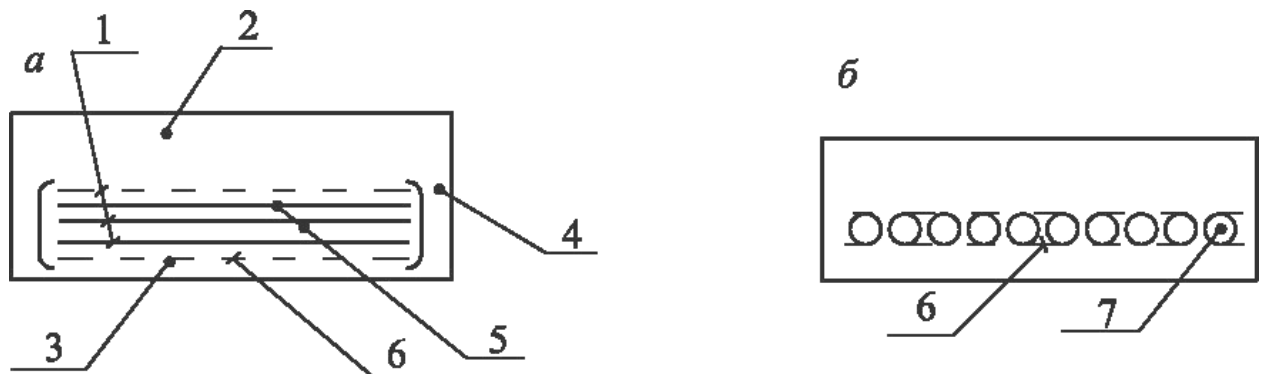


Рис. 2.2.1.2. Схема будови стрічок на кар'єрних конвеєрах: а – гумотканинна;

б – гумотросова; 1 – прокладка; 2, 3, 4 – нижня, верхня і бічні обкладки; 5 – шари гуми між прокладками; 6 – брекерна тканина; 7 – сталеві тросики

Гумотканинні стрічки формуються з різних шарів тканини (прокладки), які сполучені шарами гуми за допомогою вулканізації. Ця конструкція дозволяє стрічці ефективно передавати значні тягові зусилля. Вона оточена захисним гумовим покриттям (обкладкою) з усіх сторін, з врахуванням того, що верхній шар покриття має більшу товщину, особливо для стрічок, які використовуються для переміщення великих шматків скельних порід.

Надійність стрічки оцінюється за показником розривного зусилля, яке витримує кожен окремий шар тканинної прокладки шириною 1 мм. Стрічки виробництва України характеризуються розривним зусиллям від 55 до 400 Н/мм, у той час як імпорتنі стрічки можуть мати значення від 700 до 800 Н/мм і вище. Інші характеристики конвеєрної стрічки включають температурний діапазон використання в межах $\pm 60^\circ\text{C}$, товщину гумових робочих обкладок від 3 до 8 мм (іноді до 10 мм) та неробочих шарів від 1 до 2 мм, кількість прокладок від 1 до 8, і ширину від 600 до 2000 мм (зі збільшенням на 200 мм) та 2500 та 3000 мм. Однак недоліком гумотканинних стрічок є помітне подовження (2-2,5%) під впливом

робочого навантаження, що робить складнішим використання систем регулювання натягу.

Гумотросові стрічки складаються з каркасу, що формується сталевими тросами, розташованими в один шар. Іноді ці троси з'єднуються тканинними обкладками. Верхній та нижній шари, а також простір між тросами, виконані з гуми. Стрічки цього типу відрізняються розривним зусиллям від 1500 до 6000 Н/мм, яке витримує окремі троси шириною 1 мм. Їхня ширина зазвичай знаходиться в межах від 800 до 2000 мм. Серед недоліків гумотросових стрічок варто відзначити велику погонну масу (в 2 рази вищу в порівнянні з тканинною стрічкою тієї ж міцності); складність і тривалість процесу їх з'єднання (зокрема тросів); значний діаметр привідних барабанів; низьку стійкість до ударних навантажень; і, в разі механічних пошкоджень, можливість проникнення вологи, що може призвести до корозії тросів.

Витрати на стрічку входять в собівартість транспортування вантажів цим типом конвеєрів і коливаються в межах від 20 до 40%, залежно від типу стрічки, її довжини та пропускної здатності пристрою.[3].

2.2.2. Конвеєрний став з роликоопорами

Конвеєрний став складається із лінійних та перехідних секцій, які оснащені роликоопорами. Лінійні секції розташовані вздовж всієї конвеєрної ділянки, тоді як перехідні, як правило, нахилені й розташовані біля приводу для підняття стрічки на необхідну висоту. Секції можуть бути оснащені жорсткими, шарнірними або гнучкими роликоопорами. Особливий тип секцій призначений для конвеєрів із канатним приводом. Секції, що використовуються у рухливих (вибійних, відвальних) конвеєрах, представляють собою металеві конструкції у вигляді ферм довжиною 4-5 метрів, які покладаються на металеві або дерев'яні шпалери. По обидва боки конвеєрного постапу розташовані поздовжні рейки, по яким рухається навантажувальний пристрій, а ці рейки також використовуються для переміщення конвеєра перпендикулярно до фронту робіт. Секції складальних конвеєрів обладнані ходовими пристроями, зазвичай переміщуючого типу, для руху по рейковій колії. Стійкі секції, встановлені на фіксованій позиції, відрізняються від рухливих (вибійних та відвальних) більшою довжиною (до 6-8 метрів) і кріпляться на бетонних фундаментах або шпалах. Привід, кінцева частина та перехідні секції конвеєра також закріплені на фундаментах.

Роликові опори конвеєра виконують різні функції, такі як підтримка стрічки, направлення руху і формування поперечного перерізу стрічки.

Залежно від призначення, існують два основних типи роликоопор: лінійні (або рядові), які використовуються для верхньої гілки, та

спеціальні, такі як перехідні, центрувальні, амортизувальні та інші спеціальні конструкції.

Лінійні роликоопори для верхньої гілки можуть бути трьох- або п'ятиролковими, в залежності від конструкції конвеєра. Опори для холостої гілки зазвичай мають один або два ролики.

Типи роликоопор можуть відрізнятися своєю конструкцією: жорсткі, шарнірні, гнучкі в місцях навантаження (рідко використовуються на лінійних секціях), а також податливі. Головні геометричні параметри роликоопор включають діаметр і довжину ролика, кут нахилу бокових роликів, а також співвідношення довжини роликів і їх взаємне розташування.

Наприклад, у трьохролкових опорах кут нахилу бічних роликів зазвичай складає $20-40^\circ$. Зі збільшенням цього кута від 20 до 30° можливе підвищення пропускної здатності конвеєра приблизно на 15% . П'ятиролкові опори використовуються, зокрема, коли ширина конвеєрної стрічки перевищує 2 метри, і кут нахилу бічних роликів знаходиться в діапазоні $22-36^\circ$.

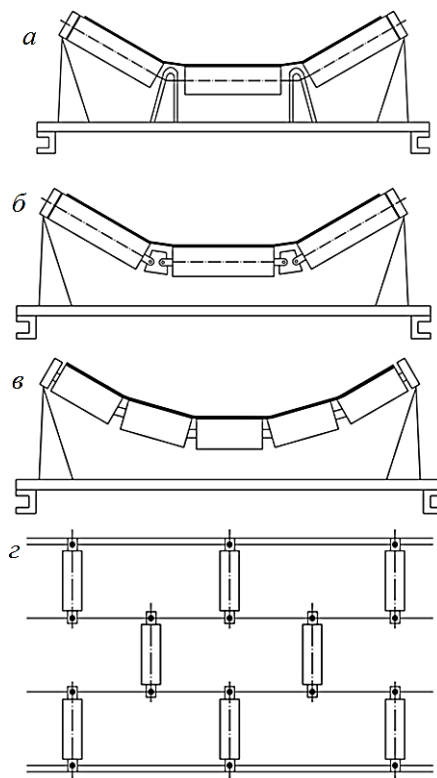


Рис.2.2.2.1 - Схеми конструкції роликоопор стрічкових конвеєрів:
а – жорстка; б – шарнірна; в – гнучка; з – податлива

Зображена на рис. 2.2.2.1 схема опори включає в себе триролковий механізм з жорстким кріпленням роликів на секції конвеєра, яке може бути в одній площині. Також передбачено можливість переміщення середнього ролика вперед для зручності змащення і уникнення защемлення стрічки

між торцями роликів. В основному, в операціях кар'єрів застосовуються жорсткі трироликові опори. Використання дворولیкових опор на холостій гілці, нахилених під кутом 10-12°, сприяє полегшенню процесу центрування стрічки. Коли стрічка широка, це також дозволяє обійтися без довгих роликів. Особливості конструкції роликів, як правило, залежать від типів підшипників, які використовуються, методів їх ущільнення та змащення.

Роликоопори, що базуються на шарнірному з'єднанні роликів (рис. 2.2.2.1, б), мають рухоме з'єднання цих роликів, яке може бути підвішене до жорсткого або канатного постапу. Основною перевагою цих опор є їхня податливість, яка залежить від навантаження стрічки. Ця характеристика шарнірних з'єднань добре впливає на транспортування матеріалів із великими грудковими частками, що призводить до їх широкого застосування в цьому контексті.

Гнучкі роликоопори, як правило, підвішуються на тросі або ланцюгу, утворюючи пружну систему, що поліпшує гнучкість руху стрічки. При потраплянні великих часток матеріалу на конвеєр, роликоопори починають прогинатися, що призводить до зменшення ударних навантажень на стрічку. Конструкція роликоопори цього типу включає жорсткі або оббиті гумою ролики, між якими на тросі розташовані елементи з'єднання у формі еластичних циліндрів. Зазвичай цей тип опор встановлюють для амортизації у місцях завантаження, а на лінійних секціях їх використовують рідко.

У гнучких роликоопорах конструкції ІГТМ АН УРСР, на опорні стійки секції, спеціальна рамка кріпиться одним кінцем і в неї вставляється жорсткий бічний ролик. Другий кінець рамки з'єднується з двома поздовжніми несучими канатами. Між бічними роликами на несучих канатах розташовують рамки середніх роликів. В цій конструкції бічні рамки можуть вільно рухатися під кутом, а середні - під кутом і вертикально, завдяки вигину несучих канатів. Таке розташування роликів дозволило рівномірно розподілити навантаження, зменшити опір руху і поліпшити центрування стрічки. Гнучкі роликоопори широко використовуються в кар'єрах Кривбасу для переміщення гірничої маси великих грудкових розмірів, таких як 500 мм і більше.

Відстань між роликооперами для завантаженої гілки конвеєра, зазвичай, становить 0,9-1,2 метри, а для холостої - 2,5-3,0 метри. Цей параметр стосується різних типів конвеєрів. В залежності від натягу стрічки ця відстань може змінюватися, остаточно визначаючись допустимим провисанням першої. Конструкція роликів може включати або не включати наскрізну ось, а також залежить від будови підшипникових вузлів, типу підшипників, методів їх ущільнення та змащення, а також конструкції труб. У роликах із наскрізною віссю остання зафіксована і не обертається, вона встановлюється у пази кронштейнів рами, а

підшипники розташовані всередині корпусу. У роликах без наскрізної осі, півосі, пов'язані з обичайкою ролика, обертаються в зовнішніх підшипниках, які розташовані в упорах. Діаметр роликів обирається враховуючи ширину стрічки, масу вантажу і грудкуватість. Для транспортування вугілля і порід із наскрізною віссю діаметр роликів і маса враховуються відповідно до ширини стрічки: 127 мм - 800-1200 мм; 159 мм - 1400-1600 мм; 194 мм або 159 мм - 1800 мм і більше. Ці параметри відповідають транспортуванню вугілля і порід. При переміщенні руди і скельних порід рекомендується встановлювати ролики діаметром 159, 194, 216 мм відповідно до розглянутих значень ширини стрічки.[3].

2.2.3. Привідні та натяжні станції конвеєрів

Привідні станції. Узагалі кажучи, цей вид обладнання представляє собою каркас спеціального типу, на якому розташовані привідні й обводні барабани, стандартизовані блоки для приводу (електродвигун, редуктор і гальмо), пристрої для регулювання натягу та регулювальне обладнання (рис.2.2.3.1). За методом передачі тягового зусилля станції приводу зазвичай поділяються на звичайні, які діють за рахунок тертя, коли стрічка прижимається до барабана, натягуючись, та спеціальні, де використовуються додаткові засоби для притискання стрічки до барабана. Це можуть бути притискні ролики та стрічки, групи притискних елементів, пристрої для створення вакууму (присоси) та інші. Станції цього типу через складність конструкції та обмежену ефективність не здобули широкого поширення.

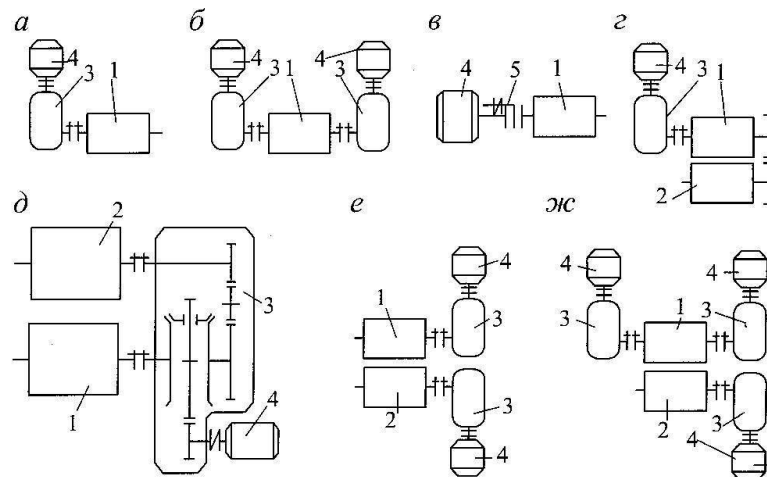


Рис. 2.2.3.1. Схеми привідних станцій: а, б, в – однобарабанні; г, д, е, ж – двобарабанні; 1,2 – барабани; 3 – редуктор; 4 – двигун; 5 – муфта

За показником кількості привідних барабанів, станції можуть бути одно- та двобарабанними (із жорстким кінематичним зв'язком, зубчастою, ланцюговою передачею або диференціальним редуктором та з самостійними двигунами). За конструкцією барабанів можна виділити

гладкі (виготовлені із сталі, чавуну), футеровані (покриті гумою, пластиком, конвеєрною стрічкою та іншими матеріалами для підвищення коефіцієнта тертя), гофровані та інші типи. В більшості випадків барабани мають форму бочки, що сприяє центруванню стрічки під час її руху.

Привідні станції пересувних конвеєрів можуть бути розділені на несамохідні, які переміщують за допомогою трактора, лебідки або іншого засобу, і самохідні, які задіяні в роботі великих конвеєрів. Несамохідні станції, зазвичай, встановлюються на колісний хід, опорні плити або лижі. Самохідні станції обладнані механізмом для пересування, таким як колісно-рейковий, гусеничний, рідше крокуючий або рейко-крокуючий.

Під час проектування привідних станцій, основною метою зазвичай є максимальне зменшення "мертвої зони", тобто області, де розвантажувальні й завантажувальні пристрої не можуть виконувати переміщення.

В основному потужність електродвигуна для такої приводної станції визначається наступним чином.

$$P_{ед} = k_3 \frac{W_o * v}{102 * g * \eta_m}$$

де, η_m – ККД приводу; k_3 – коефіцієнт запасу потужності;

Потужність двигунів, які використовуються для обладнання привідних станцій, варіює від 50 до 100 кВт для менших конвеєрів до 2,0-3,0 тис. кВт для потужних систем, які мають пропускну здатність до 5000 м³/год. Маса привідних станцій, які обслуговують такі потужні конвеєри, зазвичай складає 200-300 тон.

Натяжні станції. Забезпечуючи необхідний натяг стрічки, ці пристрої дозволяють передавати вказані тягові зусилля від приводу до вала барабана. Зазвичай їх встановлюють як частину комплексу разом із привідними станціями. При експлуатації конвеєрів невеликої довжини, натяжні станції іноді переміщують на кінцеву секцію. Ці установки можуть бути нерегульованими (коли натяжний барабан залишається нерухомим); регульованими, які автоматично переміщують натяжний барабан під час експлуатації конвеєра, регулюючи довжину контуру стрічки; а також комбінованими, які працюють як нерегульовані під час запуску (натяжний барабан відтягується і залишається на місці), а після завершення запуску переходять в режим регулювання. Залежно від типу приводу, натяжні станції можуть бути вантажними або механічними. На сучасних кар'єрних конвеєрах, як правило, для натягу використовуються автоматичні вантажні лебідки.[3].

Також для правильного вибору типу натяжної станції потрібно розрахувати хід натяжного пристрою:

- витяжка навантаженої гілки стрічки розраховується наступним чином:

$$\Delta L_B = \frac{\varepsilon}{100S_p} * \frac{S_1 + S_{12}}{2} * L_k$$

- витяжка холостої (порожньої) гілки визначається за виразом:

$$\Delta L_n = \frac{\varepsilon}{100S_p} * \frac{S_1 + S_4}{2} * L_k$$

де, S_p – розривне зусилля стрічки, $S_p = \sigma_p * i * B * g$;

ε – відносна витяжка стрічки, $\varepsilon = 1,5...5\%$ (залежить від типу прокладки);

L_k – загальна довжина конвеєру;

Хід натяжного пристрою визначається за формулою:

$$\Delta L_{\text{нп}} = \frac{\Delta L_B + \Delta L_n}{2} + l_m$$

де, l_m – монтажний хід натяжного пристрою, $l_m = 0,2...0,5$ м.

2.3 Дослідження умов використання перевантажувальних пристроїв на конвеєрному транспорті

В технологічних ланцюгах гірничо-видобувних комбінатів також застосовується конвеєрний транспорт з перевантажувальними пристроями.

Ефективність та надійність всієї системи транспорту в значній мірі залежать від функціонування перевантажувальних пристроїв. Особливу вагу має вибір конкретного типу такого пристрою, який повинен враховувати характеристики переміщуючих вантажів і особливості технологічного процесу. Важливо відзначити, що більшість видів перевантажувального обладнання не є стандартними і розробляється та виробляється на замовлення.

Загальні та спеціальні аспекти робіт із підйомно-транспортних машин та транспортуючого обладнання вивчені докладно, зокрема, відображено конструкцію та використання основного обладнання транспортних систем. У контексті перевантажувальних пристроїв існує значна недостатність інформації та систематизації в технічній літературі.

Перевантажувальні пристрої охоплюють різноманітні механізми за їхнім видом, принципом дії та вантажопідйомністю. Незважаючи на різність конструкцій цих пристроїв, можливо їх класифікувати за окремими типами для уніфікації конструктивних рішень, визначення раціональних сфер використання, вибору обґрунтованих методик розрахунку і

виявлення техніко-економічних характеристик окремих типів перевантажувальних пристроїв.

Принцип класифікації за конструктивно-кінематичними ознаками, на рис.2.3.1, вважається найбільш доцільним. Він достатньо повно розкриває суть пристрою та дозволяє встановити єдину методику розрахунку та вибору основних параметрів. Подана класифікація, дозволяє врахувати різноманіття конструктивних рішень і надає уявлення про основні області їх використання.[5].

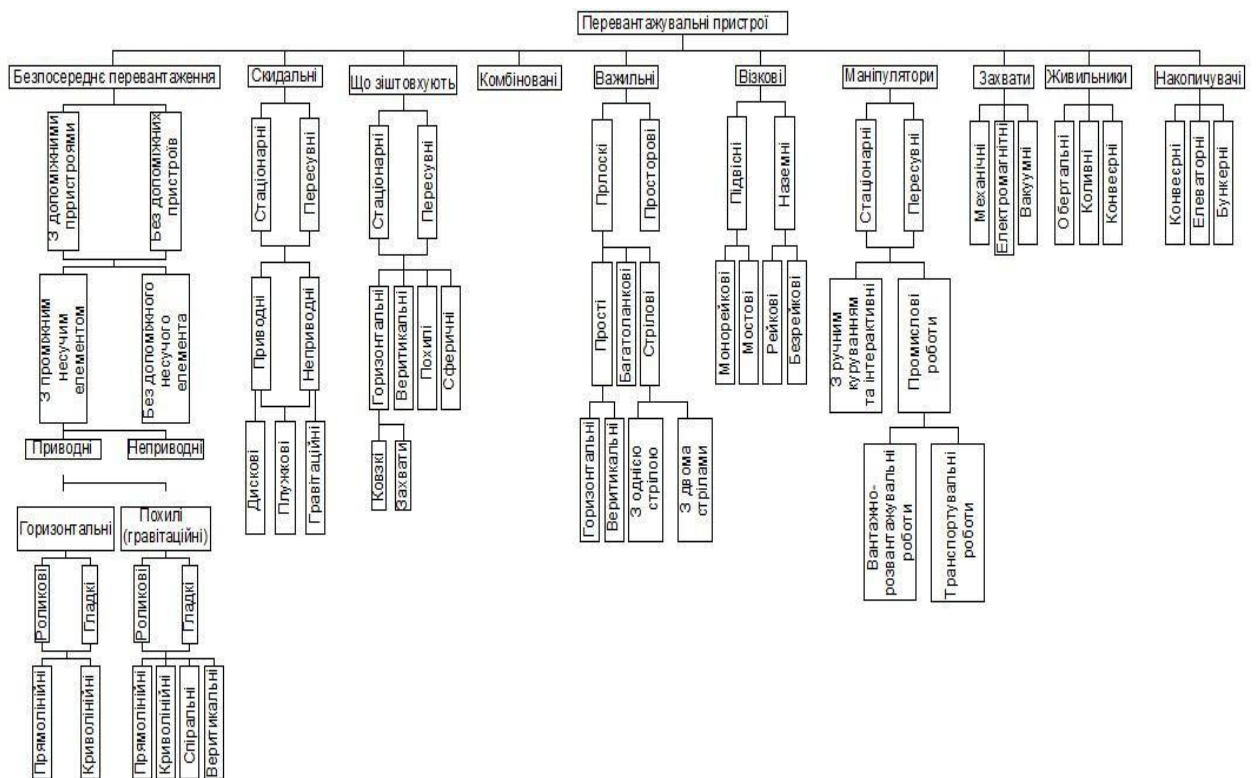


Рис.2.3.1. – Класифікація існуючих перевантажувальних пристроїв.

Розвантаження конвеєру відбувається з кінцевого барабану або на трасі конвеєру за допомогою плужкового або барабанного перевантажувача.

При розвантаженні з барабану частки переміщуючого вантажу, відриваються від стрічки, та рухаються по параболі (рис.2.3.2, а), контури якої визначаються координатами[6]:

$$x = v_i * t$$

$$y = 0,5 * g * t^2 = \frac{g * x^2}{2 * (v_i^2)}$$

де, v_i – швидкість руху частки вантажу, м/с;

t – час руху частки вантажу, с;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

Для внутрішнього контуру шару вантажу на стрічці:

$$v_i = v$$

Для зовнішнього контуру шару вантажу на стрічці:

$$v_i = v * (r + h_{\text{вантаж}}) / r$$

Для руху окремих кусків вантажу:

$$v_i = \frac{v * r_k}{r}$$

де, v – швидкість руху стрічки конвеєру, м/с;

$r = r_6 + \delta$ - радіус повороту зовнішньої сторони стрічки на барабані (тут r_6 – радіус барабану, м; δ - загальна товщина стрічки, м);

$h_{\text{вантаж}}$ – висота шару вантажу на стрічці, м;

r_k – відстань від центру ваги куску вантажу до центру барабану, м;

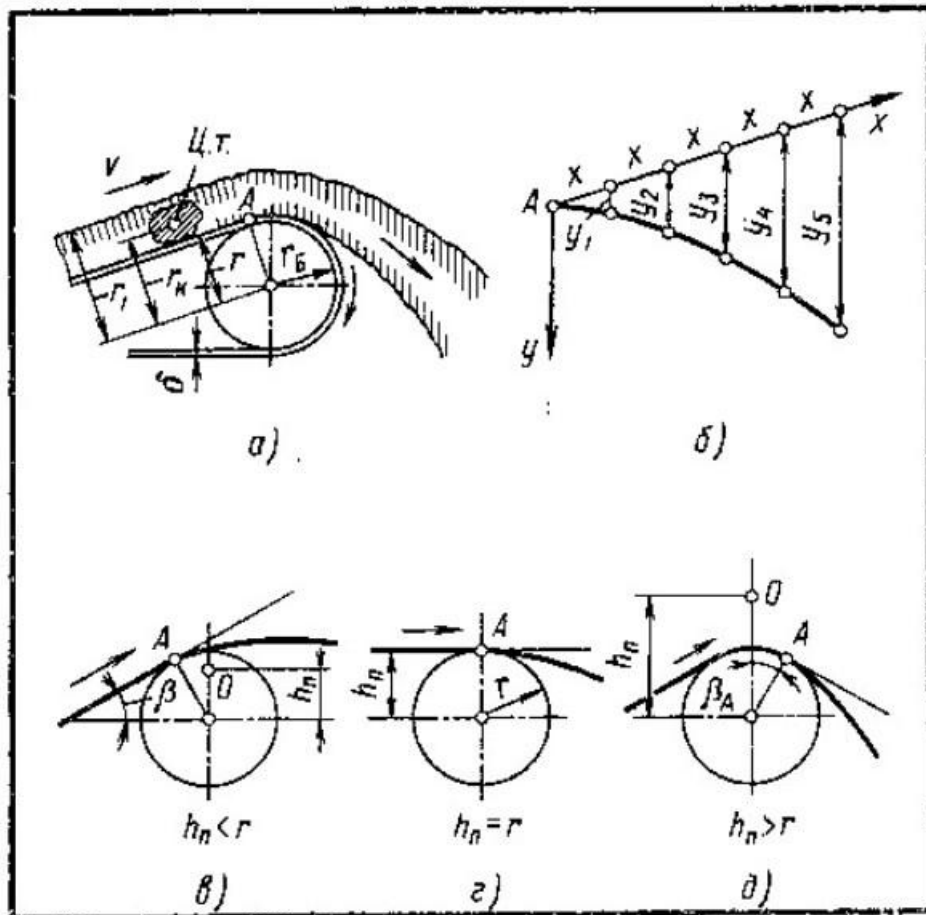


Рис.2.3.2 – Схема для визначення траєкторії руху часток вантажу

Траєкторію руху часток вантажу з розвантажувального барабану будують наступним чином (рис. 2.3.2, б): в точці А відриву частки вантажу від барабану проводять дотичну до кола барабану (вісь x). На цій лінії відкладають рівні відрізки x , відповідні, наприклад часу руху $t=1$ с, і від них вертикально відкладають відрізки y_1, y_2, \dots, y_n відповідної довжини, розраховані по формулі вище. З'єднання кінців відрізків визначає

траєкторію руху часток вантажу. Таку побудову роблять для внутрішнього та зовнішнього шару вантажу на стрічці [6].

Точка відриву частки вантажу від стрічки на барабані визначається співвідношенням між полюсними відстанями h_{Π} та радіусом r .

При $h_{\Pi} < r$ точка А знаходиться у другому квадранті (рис. 2.3.2, в), при $h_{\Pi} = r$ точка А знаходиться на вертикальній вісі (рис. 2.3.2, г) та при $h_{\Pi} > r$ точка А знаходить у першому квадранті (рис. 2.3.2, д) [6].

Полюсна відстань розраховується наступним виразом:

$$h_{\Pi} = \frac{g * r^2}{v^2}$$

Положення точки А у другому квадранті визначається кутом нахилу конвеєру β (рис. 2.3.2, в), а в першому квадранті – кутом β_a . Для нижнього шару та окремого куска вантажу

$$\beta_{AH} = \rho_T - \arcsin\left(\frac{v^2 \sin \rho_T}{gr}\right)$$

Для верхнього шару вантажу [6]:

$$\beta_{AB} = \varphi_1 - \arcsin\left(\frac{v^2(r + h_{\text{вантаж}}) \sin \varphi_1}{gr^2}\right)$$

де, $\rho_T = \arctg \varphi_1$ – кут тертя часток вантажу об поверхню стрічки, град (тут f_1 – коефіцієнт тертя частки вантажу об поверхню стрічки); φ_1 - кут вільного розташування вантажу на стрічці, що рухається.

2.4 Дослідження існуючих методів автоматизації обслуговування бункерів.

Автоматизація експлуатації бункерів в основному включає в себе моніторинг ступеня їхнього заповнення та управління механічними пристроями для завантаження і розвантаження насипного вантажу.

Моніторинг заповнення бункерів виконується за допомогою показників рівня вантажу, що базуються на механічних датчиках, які реагують на вагу вантажу, а також за допомогою фотоелектричних і радіоактивних елементів.

До індикаторів рівня, що базуються на механічному впливі, відноситься маятник, опущений у бункер поблизу його стінки. Цей маятник представляє собою шарнірний стрижень з прикріпленою до його кінця порожнистою кулею (рис. 2.4.1, а). Такий індикатор використовується в основному для відстеження рівня заповнення бункера до досягнення його максимально допустимого рівня. Процес полягає в тому, що під час заповнення вантаж натискатиме на кулю, відводячи її в бік стінки. Це спричиняє замикання ртутного контакту в захисному ковпаку над точкою

підвісу маятника, що в свою чергу призводить до замикання або відмикання електричного сигнального ланцюга і подача сигналу.

Інший механічний показник рівня, що також ґрунтується на механічному впливі вантажу, - це мембранний або лопатковий пристрій, який закріплюється на різних рівнях всередині стінок бункера (рис. 2.4.1, б). Коли вантаж досягає в бункері того рівня, на якому розташований цей показник, його тиском мембрана деформується або лопатка відхиляється, і, так само, як у попередньому випадку, замиканням контакту відбувається передача сигналу.

Третій тип механічного сигнального пристрою (рис. 2.4.1, в) представляє собою крильчастий механізм, який опускається в бункер на вертикальному валу або прокладається через бічну стіну бункера і обертається електродвигуном невеликої потужності. Коли рівень насипного вантажу досягає крильчатки, її обертання уповільнюється. Це призводить до збільшення електромагнітної взаємодії між ротором і статором двигуна. Статор, подолавши опір пружини, повертається на певний кут, активуючи сигнальний пристрій.

Надійнішими слід вважати показники рівня, які не потребують безпосереднього механічного впливу на них вантажу, - ультразвукові та радіоактивні (гамма-випромінювачів і гамма-індикаторів). Схему їх установлення для фіксованого верхнього, нижнього та середнього рівнів у бункері (рис. 2.4.1, г).[5].

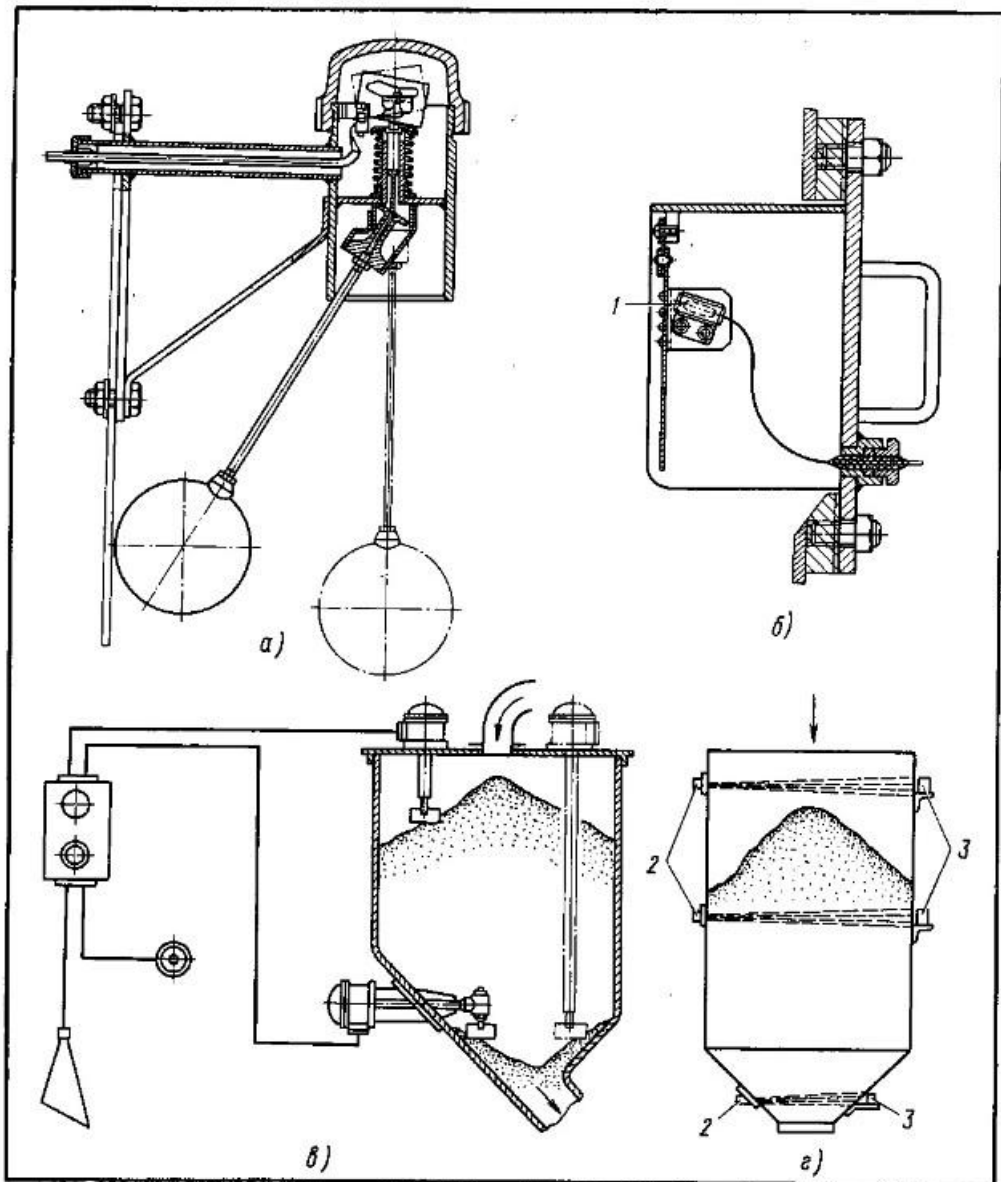


Рис.2.4.1 – Показчики рівня вантажу у бункері:
 а – маятниковий, б – лопатковий, в – крильчатий, г – заснований на дії гамма – променів; 1 – ртутний контакт, 2 – гамма – випромінювач, 3 – гамма – індикатор;

2.5 Результати теоретичних досліджень

У нашому випадку основним засобом для проміжного розвантаження сипучих та кускових матеріалів з конвеєра до бункеру з подрібненою рудою є самохідні двобарабанні розвантажувальні візки (автостели), які відносяться до візкових рейкових перевантажувальних пристроїв. В основному вони призначені для автоматизації робіт з транспортування та розвантаження вантажів на складах у вугільній, гірничо-збагачувальній галузях промисловості, а також на естакадах при завантаженні сипучих та кускових матеріалів на залізничний, автомобільний та водний транспорт. Ці візки можуть бути з одно- або двостороннім розвантаженням.

Розвантажувальний барабанний візок (автостела) представляє собою, механізм пересування, розвантажувальний барабан, відхиляючий барабан, роликоопори з встановленими на них конвеєрними роликами, розвантажувальний рукав.

Переміщення автостели відбувається, по рейковому шляху закріпленому на шпалах по обидві сторони від конвеєрного ставу. Сам механізм пересування складається з 4-х опорних ходових кареток, з яких 2-і виконані приводними. Це необхідно через те, що стрічка зі сторони розвантаження натягнута сильніше, чим зі сторони набігання, так що зчїпна маса каретки повинна бути достатньо більшою, щоб виключити пробуксовування при переміщенні автостели в зворотній бік від напрямку руху конвеєрної стрічки.

Перевантаження гірничої маси відбувається через перевантажувальний вузол, який встановлений на самій автостелі та з'єднаний з двома розвантажувальними рукавами, які розташовані по обидва боки від автостели. За допомогою цих розвантажувальних рукавів відбувається перевантаження подрібненої рудної маси.

Керує процесом і слідкує за наповненістю накопичувачів (бункерів) машиніст конвеєра, який за допомогою пульта керування, встановленому безпосередньо на автостелі, контролюють фактичне переміщення всієї конструкції, а також візуально контролює рівень завантаження, протягом всієї технологічної зміни.(рис.2.5.1).

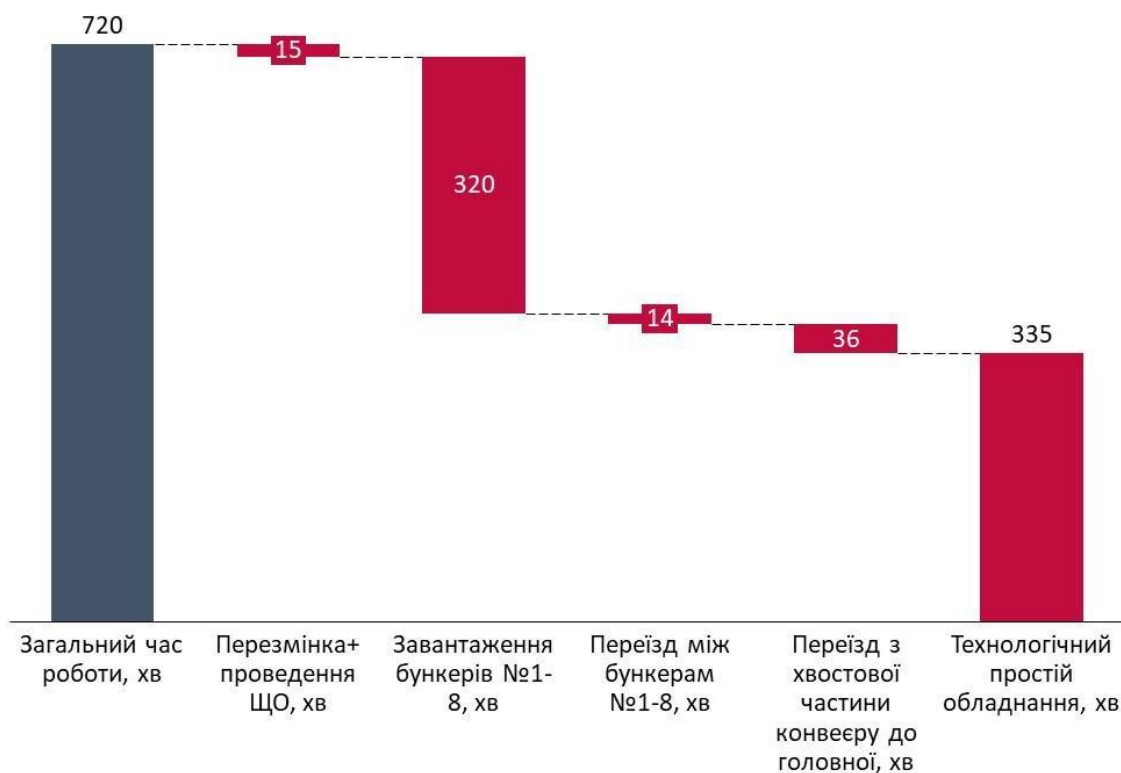


Рис.2.5.1 – Режим роботи технологічного персоналу, експлуатуючого конвеєр з автостелою.

Також рівень наповненості таких бункерів, на контролі у майстра зміни, який виконує обхід бункерів та за допомогою лазерного дальноміру виконує замір рівня завантаження бункеру. Згодом дані виконаних замірів вносяться до таблиці Excel, а також формується відповідний акт заповнення подрібненою рудою секцій бункерів. Всі дані вносяться у відсотковому еквіваленті.

У результаті пропрацювання всього процесу контролю рівня подрібненої руди та процесу завантаження бункерів було виявлено що процес вимірювання та контролю рівня завантаженості бункерів протягом однієї технологічної зміни, зі сторони майстра зміни, займає приблизно 40 хвилин його робочого часу, що відповідає FTE близько 5,5%. Технологічний персонал, при цьому, контролює рівень наповненості, та керує технологічним процесом перевантаження протягом всієї зміни, знаходячись у зоні підвищеної концентрації пилу (рис.2.5.1).

Також, при дослідженні всього технологічного ланцюга була визначена продуктивність конвеєрного транспорту, який розташований перед основним конвеєром з автостелою.

Результат дослідження показаний на рис. 2.5.2 і на ньому видно нерівномірність праці, неритмічність роботи конвеєрного обладнання, тривала експлуатація обладнання в холостому режимі (через що допускається значне використання електроенергії) та велику кількість технологічних простоїв.

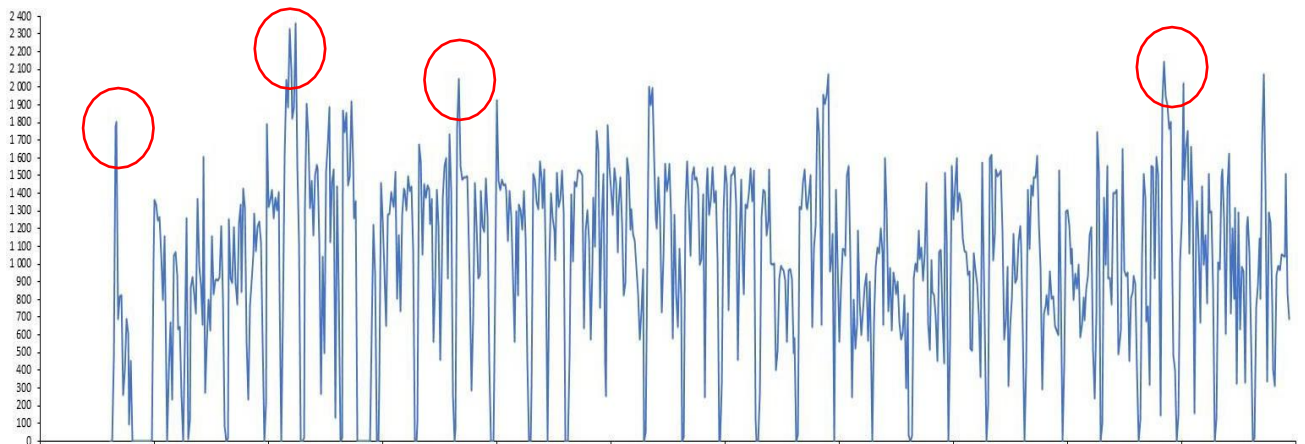


Рис.2.5.2. – Режим роботи конвеєрного транспорту у технологічному ланцюгу.

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Мета та методи експериментальних досліджень

Експериментальні дослідження проводились з метою перевірки вірогідності отриманих аналітичних залежностей, покладених в основу теорії.

Метою експериментальних досліджень було:

- вивчення фізичної суті процесу вимірювання рівня завантаженості бункера подрібненою рудою;
- перевірка достовірності основних аналітичних висновків, отриманих в результаті проведення дослідження;
- визначення працездатності, ефективності і якості роботи автономного пристрою для вимірювання рівня завантаженості бункерів, а також можливості модернізації приводів конвеєрного транспорту та автостели.

Експериментальні дослідження включали стендові дослідження і випробування.

Метою проведення стендових досліджень було:

- отримання основних характеристик;
- вивчення фізичної суті процесу вимірювання рівня завантаженості бункера подрібненою рудою;
- визначення впливу параметрів обладнання (в роботі) на автономний пристрій з встановленим на ньому радарним рівнеміром;
- порівняння основних теоретичних положень з отриманими експериментальними даними.

3.2 Перелік використаної апаратури

3.2.1. Автоматизація процесу вимірювання рівня завантаження бункерів гірничою масою

Завантаження бункерів дробленою рудою має значний вплив на ритмічність роботи Дробильної фабрики та наступних етапів технологічного ланцюга збагачення. Вирішення цього завдання за допомогою дистанційного електронно-комп'ютерного моніторингу рівня та обсягу руди в бункерах, а також обробка цих даних для автоматизації управління бункерами, сприяє оптимізації технологічних процесів. Це призводить до значних заощаджень електроенергії та поліпшення якості виробленої продукції.[7]

Система моніторингу завантаження бункерів використовує мобільний радарний рівнемір та систему вимірювання лінійних відстаней для визначення положення автоматичного пристрою. Цей пристрій

встановлюється окремо від автостели. Отримана інформація піддається обробці в спеціальному контролері, після чого передається за допомогою радіомодему через радіосигнал. На стаціонарному блоку прийому інформація обробляється і передається оператору через АРМ на відеотермінали, розташовані на місцях відображення рівня завантаження (рис.3.2.1.1). [7]

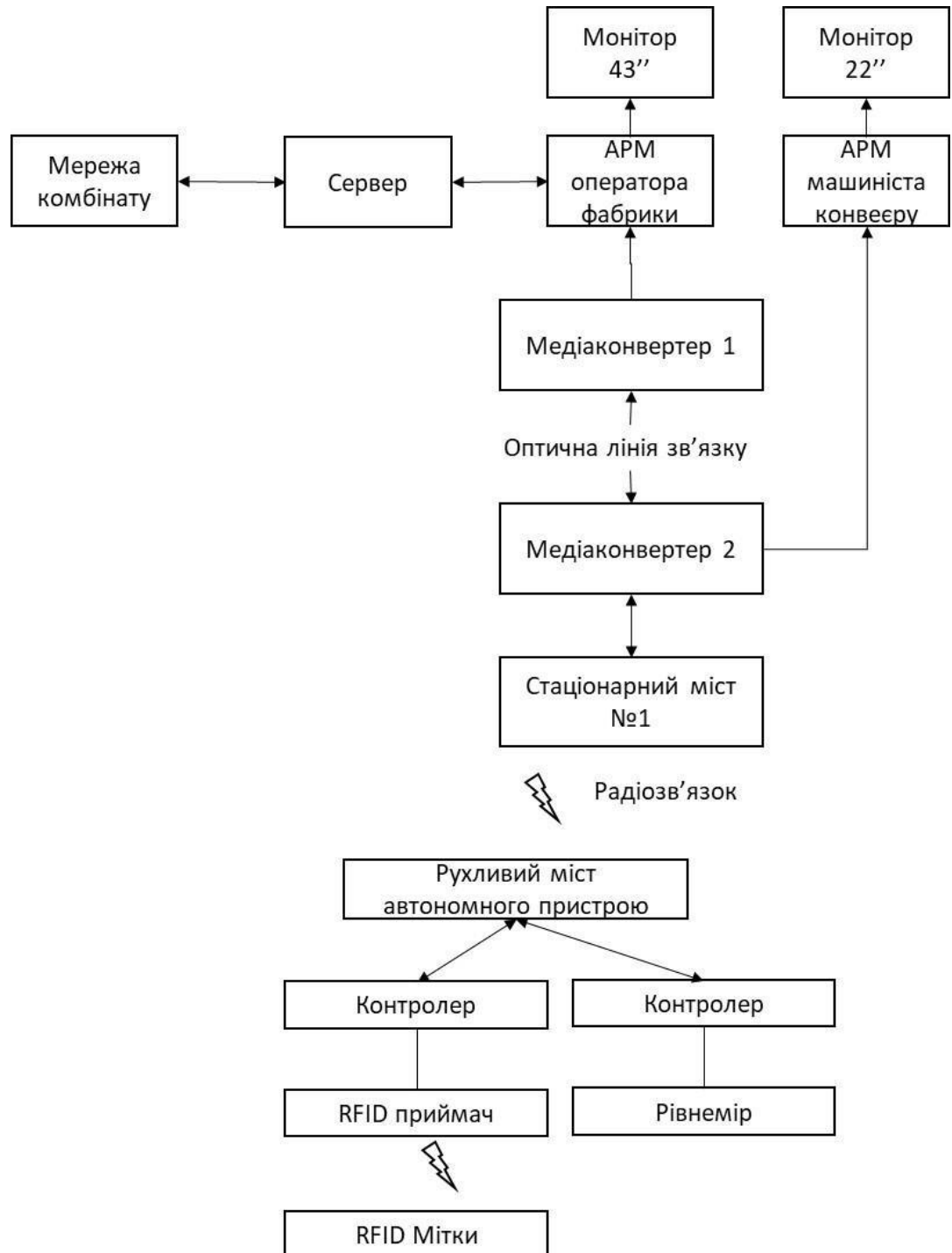


Рис.3.2.1.1 – Структурна схема системи індикації рівня завантаження бункерів

Для безперервного вимірювання рівня завантаження бункерів пропонується з холостого боку конвеєру з автостелою встановити

двотаврову балку на всю довжину бункеру (довжиною приблизно 396 м)(рис.3.2.1.2)



Рис.3.2.1.2 – Двотаврова балка

На встановлену балку змонтувати візок переміщення талі з приводом (рис.3.2.1.3), який буде автоматично переміщуватись по всій довжині бункеру зі швидкістю приблизно 16 м/хв.



Рис.3.2.1.3 – Візок електричний для переміщення талі

На візок переміщення талі встановити радарний рівнемір(рис.3.2.1.4), який буде через встановлену на ньому лінзований антенний датчик здійснювати постійне надсилання радарного сигналу. Цей сигнал, який напрямлений на поверхню подрібненої руди у бункеру, відбивається від неї і потім сприймається антеною як ехосигнал. Різниця в частотах між відправленим і прийнятим сигналами пропорційна відстані до поверхні подрібненої руди, що буде відповідати рівню заповнення. Отриманий таким чином рівень буде перетворюватись на відповідний

вихідний сигнал і буде подаватись у вигляді виміряного значення на контролер.



Рис.3.2.1.4 – Радарний рівнемір

Для автоматичного визначення абсолютного положення пристрою вимірювання рівня подрібненої руди, пропонується на бункерах розмістити безконтактні мітки (RFID), які рекомендується встановлювати на місця початку та закінчення відповідного бункеру (з прив'язкою до секцій рудо-збагачувальної фабрики). Для можливості зчитування інформації, з міток, на сам візок переміщення талі пропонується встановити RFID приймач. Ця система допоможе розмежувати бункер на сектори з прив'язкою до секцій.

В результаті встановлення системи автоматичного контролю рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою буде налагоджений постійний моніторинг рівня в режимі реального часу, як оператором структурного підрозділу, так і технологічним персоналом який експлуатує дане обладнання (без постійного знаходження його у зоні підвищеного рівня пилоутворення).

3.2.2. Автоматизація процесу завантаження бункерів

Для автоматизації процесу завантаження бункерів пропонується на приводах конвеєрного транспорту та приводі автостели змонтувати частотні перетворювачі з дистанційним керуванням.

3.2.2.1. Загальні відомості про частотні перетворювачі

Силовим перетворювачем енергії, який підключений до мережі живлення з нерегульованим значенням напруги U_1 і частоти f_1 , а на виході

забезпечують регульовані значення напруги U_2 (або струму I_2) і частоти f_2 залежно від завдання чи сигналів керування U_k (рис.3.2.2.1.1).

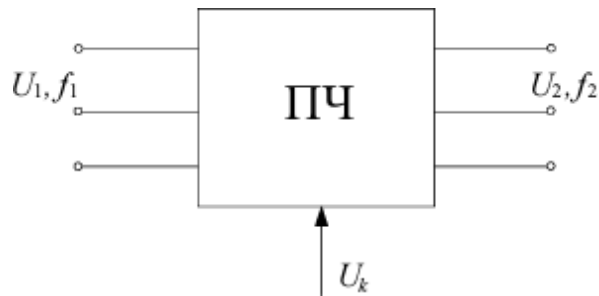


Рис.3.2.2.1.1 – Перетворювач частоти в електроприводі

Застосування частотних перетворювачів (ПЧ) надає економічні методи регулювання швидкості та моменту електродвигунів змінного струму. Залежно від типу електропривода, ПЧ може бути підключений між мережею живлення та обмоткою статора двигуна (режим частотного керування електроприводом, рис. 3.2.2.1.2, а), або між роторною обмоткою двигуна та мережею живлення (наприклад, у електроприводах з подвійним живленням, як показано на рис. 3.2.2.1.2, б). Такий спосіб підключення дозволяє знизити потужність, необхідну для ПЧ, але вимагає використання електродвигуна з фазним ротором.[9].

Структура будь-якого частотного перетворювача включає силову і керуючу частини. Силова частина використовує тиристори або транзистори, які діють як електронні ключі. Керуюча частина, у свою чергу, здійснюється за допомогою цифрових мікропроцесорів і відповідає за керування силовими електронними ключами, а також вирішення різноманітних допоміжних завдань, таких як контроль, діагностика та захист.[9].

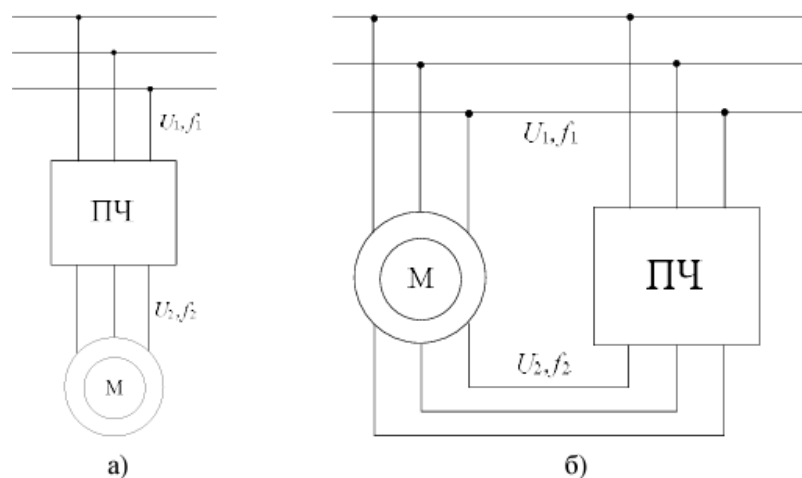


Рис.3.2.2.1.2 – Можливі схеми підключення частотних перетворювачів

а – між мережею живлення та статорною обмоткою;

б – між роторною обмоткою та мережею живлення;

3.2.2.2. Класифікація перетворювачі частоти

На рис. 3.2.2.2.1 наведено умовну класифікацію перетворювачів частоти, по якій розрізняють чотири основні класифікаційні ознаки.

Залежно від величини номінальної напруги частотні перетворювачі бувають низьковольтними (220 В, 380 В, 660 В) і високовольтними (1140 В, 3 кВ, 6 кВ, 10 кВ).

Розрізняють також два основні принципи керування ЧП – скалярне і векторне.

У скалярному управлінні виникає створення фазових напруг, ґрунтуючись на зазначених значеннях амплітуди та частоти, які визначаються за допомогою методу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).



Рис.3.2.2.2.1 – Класифікація частотних перетворювачів

Скалярне управління гарантує сталу здатність до перевантаження електропривода, незалежно від частоти напруги. Треба відзначити, що при низьких частотах (при $f < 0,1f_n$) відбувається зниження створеного двигуном моменту.

Цей метод є найбільш простим способом впровадження частотного регулювання і застосовується для приводів механізмів, які не ставлять високих вимог до точності регулювання швидкості. Головним чином, це стосується електроприводів насосів, вентиляторів та компресорів. Цей вид механізмів володіє значним потенціалом збереження енергії та ресурсів, який успішно реалізується при використанні вказаного типу перетворювачів.

Недоліки скалярного керування без зворотніх зв'язків (за законом керування $U/f = const$) включають: низьку точність регулювання швидкості як у ролі керуючого, так і збурюючого фактора; відсутність режиму роботи на упор, що означає, що при великих моментах

навантаження привід вимикається через струмовий захист; складність реалізації управління поточозчепленням для функції моменту двигуна.[9]

Для впровадження більш складних стратегій керування часто використовують замкнені системи регулювання з різними зворотніми зв'язками. Скалярні закони керування стають значно простішими, якщо регулювання проводиться стосовно струму статора, а не напруги. В порівнянні з частотно-скалярним керуванням напругою статора така система електропривода має відмінні динамічні та статичні характеристики, забезпечуючи обмеження моменту двигуна на заданому рівні, незалежно від його швидкості. Основними недоліками скалярного частотно-струмового керування є:

- Втрата контролю за моментом двигуна в перехідних режимах через велику інерційність контуру регулювання.
- Забезпечення незмінності магнітного потоку для статичного режиму роботи у зв'язку з формуванням струму статора у функції абсолютного ковзання.
- Усереднення відображення системи трифазних струмів у зв'язку з контролем струму статора постійним випрямленим струмом [9].

До другого принципу систем керування відноситься система векторного керування, яка забезпечує характеристики асинхронного двигуна, близькі до регульованого електропривода постійного струму. Ці властивості системи досягаються шляхом розділення каналів регулювання потокозчеплення і швидкості обертання електродвигуна, що є неможливим при використанні скалярного керування.

На сьогодні існують два основних класи систем векторного керування – системи бездатчикового керування (без використання датчика швидкості на валу двигуна) і системи із зворотнім зв'язком за швидкістю. Вибір конкретного методу векторного керування залежить від сфери застосування електропривода.

Використання векторного керування має ряд переваг:

- Висока точність регулювання швидкості.
- Плавне, без ривків, обертання двигуна в області малих частот.
- Здатність забезпечення номінального моменту на валу при нульовій швидкості (за наявності датчика швидкості).
- Швидка реакція на зміну навантаження: при різких стрибках навантаження практично не відбуваються стрибки швидкості.
- Забезпечення такого режиму роботи двигуна, при якому знижуються втрати на нагрівання і намагнічування, що призводить до підвищення КПД.

Залежно від структури і принципу роботи силової частини, виділяють два класи перетворювачів частоти:

- З явно вираженою проміжною ланкою постійного струму.

- З безпосереднім зв'язком (без проміжної ланки постійного струму).[9].

3.2.3. Модернізація приводу конвеєра

Ключовим позитивним аспектом у встановленні частотних інверторів для конвеєрної системи є можливість плавного запуску. Крім цього, серед позитивних характеристик також можна виділити багато інших вражаючих властивостей. Вони значно впливають на підвищення ефективності технологічних ліній. Ці системи дозволяють проводити поступове регулювання швидкості руху конвеєрної стрічки, особливо важливе при моментах розгону та гальмування. Такий підхід усуває ризик падіння, або розсипання вантажу зі стрічки, зменшуючи відчутний ефект ударного навантаження, а також сприяє зменшенню зносу конвеєрної стрічки і збільшенню строку її експлуатації.

За допомогою частотного перетворювача можливе впровадження невеликої автоматизації, використовуючи наявні аналогові та цифрові входи/виходи. Застосування інноваційного обладнання цього типу для специфічних технологічних ліній дозволяє вирішити проблему використання двигуна з нестандартною швидкістю обертання за умов складного вибору редукторного обладнання.

Встановлення частотного перетворювача також сприяє зменшенню трудовитрат завдяки вивільненню постійного обслуговуючого персоналу та працівників технічного нагляду. Це призводить до збільшення міжремонтних інтервалів обладнання, зниження обсягу запланованих та запобіжних ремонтів, скорочення витрат на запасні частини, підвищення надійності через збільшення напрацювання конвеєра до відмови. Також прогнозується скорочення часу простою при відмовах, уникнення аварійних зупинок завдяки автоматичному захисту, підвищення якості продукції, полегшення роботи обслуговуючого персоналу та підвищення рівня безпеки праці. Крім того, досягається підвищення продуктивності конвеєра і пропускної здатності транспортної лінії завдяки забезпеченню оптимальних режимів їх функціонування [8].

На досліджуваному конвеєрному транспорті використовуються приводні електродвигуни марки АК4-450У-6У3 потужністю 630 кВт, з частотою обертання 1000 об/хв. Даний електродвигун асинхронний трифазний із фазним ротором типу АК4 призначено для приводу механізмів, що потребують регулювання частоти обертання, а також для приводу механізмів із важкими умовами пуску.

Для такого електродвигуна пропонується встановити частотний перетворювач моделі Altivar 71.

Перетворювачі частоти серії Altivar 71 відповідають найвищим стандартам застосування, завдяки використанню різноманітних законів керування двигуном та багатограним функціоналом.[10]

Вона призначена для вирішення високоскладних завдань управління електроприводом, включаючи:

- підвищений момент та точність при роботі на низьких швидкостях, а також поліпшені динамічні характеристики завдяки алгоритмам векторного управління потоком в режимах з відкритою або закритою системою приводу;
- розширений діапазон вихідної частоти для високошвидкісних двигунів;
- можливість паралельного підключення двигунів та використання спеціалізованих приводів з використанням скалярного закону управління;
- точне утримання швидкості та енергозбереження для приводу з синхронним двигуном в режимі з відкритою системою;
- гладке, невиділене керування незбалансованими механізмами за допомогою системи адаптації потужності (Energy Adaptation System - ENA).[10]

3.2.4. Модернізація приводу переміщення автостели

На приводах переміщення автостел в основному використовуються електродвигуни потужністю 5,5 кВт. За допомогою них виконується переміщення всієї конструкції по залізничному шляху над конвеєром. Для більш плавно прискорення, з наступним відповідним плавним гальмуванням пропонується обладнати такі привода частотними перетворювачами все тієї ж моделі Altivar 71, але вже з живленням однофазним (рис.3.2.4.1).



Рис.3.2.4.1 – Перетворювач частоти Altivar 71

3.3. Результати досліджень

Встановлення частотного перетворювача у пару з приводним електродвигуном дозволить нам вирівняти режим роботи конвеєрного транспорту (рис.3.3.1), тобто зменшити кількість годин холостої роботи конвеєру (без навантаження), а також мінімізувати кількість годин роботи на підвищених обертах.

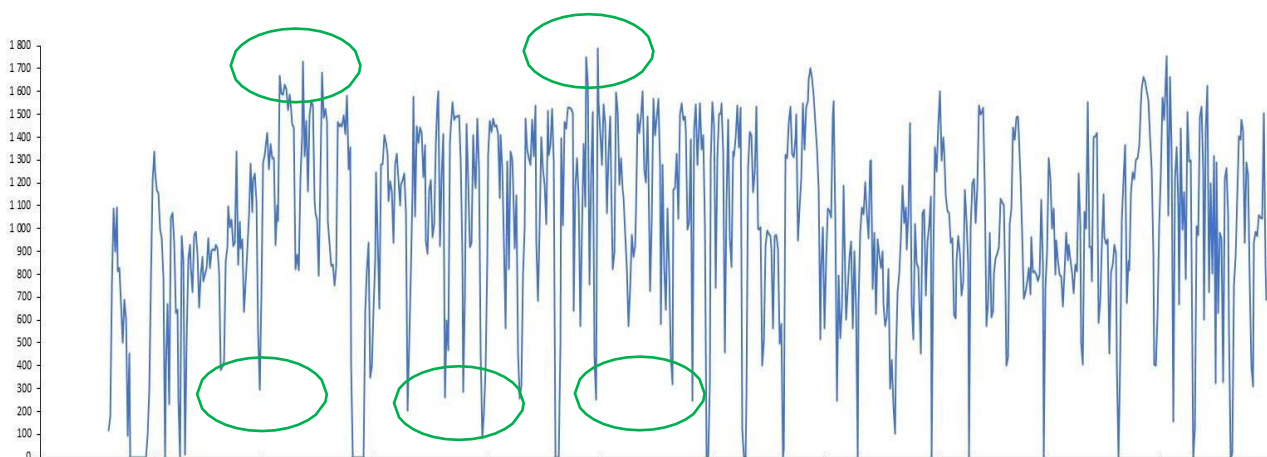


Рис.3.3.1 – Режим роботи конвеєру після монтажу частотного перетворювача.

Досягти такого результату ми зможемо якщо експлуатуючий персонал зможе контролювати (за допомогою дистанційного пульта керування) швидкість руху конвеєрної стрічки.

Також монтаж частотного перетворювача дозволить нам підвищити життєвий цикл електричної машини, забезпечить надійність електродвигуна за рахунок зниження пускових токів, підвищить захисні властивості електродвигуна за рахунок використання комплекту захистів частотного перетворювача, знизить рівень перенапруги, зберегти ізоляційні властивості живильних кабелів, електродвигуна при частих запусках.

Також в подальшому за рахунок плавності запуску/зупинки можна розглядати можливість повної автоматизації переміщення та розвантаження автостел, та мінімізувати участь експлуатуючого персоналу.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗМІН

4.1. Розрахунок економічного ефекту

Для розрахунку економічного ефекту впроваджуваної системи, нам потрібно ретельно проаналізувати виробничі показники структурного підрозділу, та режими роботи технологічного обладнання.

Основні такі показники показані у таб. 4.1.1.

№ п/п	Техніко-економічні показники	Одиниці вимірювання	Показник
1	Переробка руди за рік	тис.т	12 204
2	Коефіцієнт використання обладнання		0,95
3	Календарний час	год	8784
4	Споживання електроенергії двигуном 630 кВт із прямим увімкненням	кВт/год	92
5	Споживання електроенергії двигуном 630 кВт із змонтованим частотним перетворювачем	кВт/год	64,4
6	Споживання електроенергії двигуном 5,5 кВт із прямим увімкненням	кВт/год	3,8
7	Споживання електроенергії двигуном 5,5 кВт із змонтованим частотним перетворювачем	кВт/год	2,7
8	Кількість електродвигунів на приводі конвеєру	од.	1
9	Кількість електродвигунів на приводі автостели	Од.	2
10	Курс долару	грн/долл	37,8
11	Ціна електроенергії для підприємств	грн./кВтгод	5,09

Таблиця 4.1.1 – Техніко-економічні показники дробильної фабрики (для одного конвеєру з автостелою)

Розрахунок для приводу основного конвеєру.

Першим крок розрахуємо зниження витрати електроенергії:

$$(92 \text{ кВт} - 64,4 \text{ кВт}) * 1 \text{ од.} * 0,95 * 8784 \text{ год} = 230 \text{ 316 кВт};$$

Далі розраховуємо зниження питомої витрати електроенергії:

$$230 \text{ 316 кВт} / 12 \text{ 204 тис.т} / 1000 = 0,019 \text{ кВтгод/т}$$

Економічний ефект за рахунок запровадження запропонованого заходу буде розраховуватись наступним чином:

$$12 \text{ 204 тис.т} * 0,019 \text{ кВтгод/т} * 5,09 \text{ грн/кВтгод} / 37,8 \text{ грн/дол.} = 31,01 \text{ тис.дол.}$$

Отже, економічний ефект, по річним показникам, від запровадження даного заходу (для одного конвеєру) буде становити 31,01 тис.\$.

Для перевірки правильності розрахунку, прорахуємо економічні показники у розрізі кожного місяця у році (результати показані у таблиці 4.1.2)

Таблиця 4.1.2 – Розрахунок економічних показників у розрізі кожного місяця

	Од.вим.	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень
Переробка руди	тис.т	1 017	1 017	1 017	1 017	1 017
Календарний час	год	744	696	744	720	744
Економія електроенергії	тис.кВт	19,51	18,25	19,51	18,88	19,51
Питома економія електроенергії	кВтгод/т	0,019	0,018	0,019	0,019	0,019
Економія	тис.\$	2,63	2,46	2,63	2,54	2,63

Продовження таблиці 4.1.2

	Од.вим.	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень
Переробка руди	тис.т	1 017	1 017	1 017	1 017	1 017
Календарний час	год	720	744	744	720	744
Економія електроенергії	тис.кВт	18,88	19,51	19,51	18,88	19,51
Питома економія електроенергії	кВтгод/т	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Економія	тис.\$	2,54	2,63	2,63	2,54	2,63

Продовження таблиці 4.1.2

	Од.вим.	Листопад	Грудень	Всього за рік
Переробка руди	тис.т	1 017	1 017	12 204
Календарний час	год	720	744	8 784
Економія електроенергії	тис.кВт	18,88	19,51	230,32
Питома економія електроенергії	кВтгод/т	0,019	0,019	0,019
Економія	тис.\$	2,54	2,63	31,01

Результати розрахунку економічного ефекту співпадають з результатами розрахунку у розрізі року і становить 31,01 тис.\$ (для одного конвеєру з автостелою).

Тепер проведено розрахунок для приводу переміщення автостели, яка встановлена на даному конвеєрному транспорті.

По-перше, також розрахуємо зниження витрати електроенергії:

$$(3,8 \text{ кВт} - 2,7 \text{ кВт}) * 1 \text{ од.} * 0,95 * 8784 \text{ год} = 9588 \text{ кВт};$$

Далі розраховуємо зниження питомої витрати електроенергії:

$$9588 \text{ кВт} / 12 \text{ 204 тис.т} / 1000 = 0,001 \text{ кВтгод/т}$$

Економічний ефект за рахунок запровадження запропонованого заходу буде розраховуватись наступним чином:

$$12 \text{ 204 тис.т} * 0,001 \text{ кВтгод/т} * 5,09 \text{ грн/кВтгод} / 37,8 \text{ грн/дол.} = 1,29 \text{ тис.}\$$$

Отже, економічний ефект, по річним показникам, від запровадження заходу з встановлення частотного перетворювача на привід автостели (для одного конвеєру) буде становити 1,29 тис.\$.

Загальна сума економії (по конвеєру з автостелою) буде становити:

$$31,01 \text{ тис.}\$ + 1,29 \text{ тис.}\$ = 32,3 \text{ тис.}\$$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В цьому дипломному проекті запропонована можливість модернізації деяких технологічних процесів які щозмінно виконуються в умовах дробильної фабрики. Були розглянуті наступні підтеми, а саме запропонований метод модернізації процесу вимірювання рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою, а також запропоновані кроки по модернізації самого процесу завантаження бункерів.

У першому розділі, були проаналізовані всі існуючі види транспортних систем які використовуються на гірничо-видобувних підприємствах. Мимохідь були оглянуті автомобільний транспорт, залізничний транспорт. Зроблені дослідження по об'ємам вантажообігів які займають ці види транспорту. Також були розглянуті спеціалізовані види транспорту та комбіновані види. У другій половині розділу був проведений аналіз приймальних бункерів. Розглянуті типові форми, матеріали з яких в основному виготовляються бункери.

У другому розділі були проведені теоретичні дослідження. А саме були досліджені типи конвеєрного транспорту. Більш детально були дослідженні складові, з яких складається конвеєр, розглянуті основні технічні параметри, які впливають на стабільну роботу. Також було проведено дослідження умов використання перевантажувальних пристроїв які використовуються на конвеєрному транспорті, та дослідження існуючих методів автоматизації обслуговування бункерів, з існуючими видами показників рівня завантаженості.

Наприкінці розділу представлені результати теоретичних досліджень на прикладі використання конвеєрного транспорту, в умовах одного із підприємств. Розглянуті його режими роботи, та трудомісткість деяких супутніх процесів.

У третьому розділі, були запропоновані та проведені експериментальні дослідження для вирішення та вдосконалення процесів розглянутих наприкінці другого розділу.

У першій половині третього розділу запропоноване рішення покращення процесу вимірювання рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою, з використанням окремого пристрою, який буде змонтований з холостої сторони конвеєру з автостелою на двотавровій балці. За основу запропоновано взяти електричний візок для переміщення талі та змонтувати на нього радарний рівнемір. Цей пристрій буде з деякою періодичністю, човниковим режимом, оглядати всю поверхню бункеру та робити заміри в режимі реального часу. Для визначення точного позиціювання даного пристрою, також пропонується бункери

розмітити за допомогою RFID технологій (а саме змонтувати на початковій балці та на кінцевій балці RFID мітки), які дозволять нам точно визначати номер бункеру. До будови автономного пристрою додати ще RFID зчитувач, за допомогою якого і буде відбуватись зчитування положення. Покращення цього процесу дозволить нам оптимізувати деякі процеси ведення технологічного процесу в цілому.

У другій половині третього розділу запропоновані заходи по модернізації процесу безпосереднього завантаження бункерів з використання конвеєрного транспорту з автостелами. Запропонована модернізація приводів конвеєрів та приводів переміщення автостели. До цієї модернізації входить встановлення на електродвигунах приводів частотних перетворювачів з дистанційним керуванням (загальні відомості про частотні перетворювачі також запропоновані до розгляду у третьому розділі). За допомогою цих частотних перетворювачів пропонується регулювати швидкість руху конвеєрної стрічки, що дозволить експлуатуючому персоналу зменшити час завантаження бункерів (за рахунок збільшення швидкості руху конвеєрної стрічки).

Також встановлення частотних перетворювачів на привода дозволить нам збільшити міжремонтний інтервал використання обладнання, скоротити витрати на запасні частини і т.д.

У четвертому розділі показаний розрахунок економічного ефекту від використання частотних перетворювачів на одному конвеєрі з автостелою. Економія електроенергії від використання ЧП на приводі конвеєру складе приблизно 31,01 тис.\$, а на приводі переміщення автостели відповідно 1,29 тис.\$.

Загальна сума економії буде складати 32,3 тис.\$.

Загальний висновок по результатам проведеної роботи, полягає в тому, що модернізація процесів вимірювання рівня подрібненої руди та процесу завантаження бункерів в подальшому може бути повністю автоматизований і участь експлуатуючого персоналу може бути мінімізована. Впровадження таких технологій дозволить мінімізувати людський фактор та підвищити рівень безпеки праці. І перші кроки для цієї автоматизації представлені в дипломній роботі.

Список використаних джерел:

1. Відкриті гірничі роботи: Ч. I. Процеси відкритих гірничих робіт: навч. посіб. для студ. спеціальності 184 «Гірництво»/ О.О.Фролов, Т.В.Косенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 151 с., с.107-109, с.131-132.
2. Транспортні комплекси кар'єрів: навч. посіб. / Л.Н. Ширін, О.С. Пригунов, О.В. Денищенко; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д. : НГУ, 2015. – 241 с., с.26-27, с.120-121, с.129-135.
3. Костюченко С.І., Митрофанов В.І., Ільїн О.Д., Суєтін А.С. Правила технічної експлуатації механічного обладнання стрічкових конвеєрів на підприємствах чорної металургії України – «Дніпрокнига», Поліграфцентр, 2002. – 164 с., с.8-11
4. Ковальов Ю.А. Класифікація сучасних пристроїв для перевантаження об'єктів транспортування / Ю.А. Ковальов, С.А. Плешко, В.І. Лавренчук // К.: Легка пром-сть. – 2016. – №2. – с. 29-31.
5. Співаковський О. О., Д'ячков В. К. Транспортуючі машини: Уч. посібник для машинобудівних вишів. - 3-тє вид., перероб. - М: Машинобудування, 1983.-487 с. – с. 119-120, с. 433-434, с. 438-440.
6. Автоматизована система визначення рівня завантаження бункерів дробленою рудою на рудозбагачувальних фабриках. Режим доступу: <https://scma.com.ua/product/avtomatizirovannaya-sistema-opredeleniya-urovnya-zagruzki-bunkerov-droblyonoj-rudoj-na-rudoobogatitel-ny-h-fabrikah/>
7. ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ КОНВЕЄРОМ З КОНТРОЛЕМ ЗАВАНТАЖЕННЯ СТРІЧКИ: пат. 70523 Україна. № и 2011 15541, заявка 28.12.2011; публікація 11.06.2012, Бюл. №11. 9 с.
8. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с. – с. 7-11.
9. Altivar 71 (ATV 71) - Частотнорегульований привід для 3-х фазних асинхронних електродвигунів потужністю від 0.75 до 630 кВт. Режим доступу: <https://www.altivar.com.ua/ua/altivar-71.html>