

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

## **АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи**

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»**

Здобувач



Максим РИБНИЦЬКИЙ

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

Керівник:



Голотюк Микола Віталійович,  
канд. техн. наук, доцент,  
доцент

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 10:00 год на засіданні екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_OTI1Y2M4ODktYjUyNi00ZGZkLWE0YWEtMWQxZDc4Njc4ZDdk%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_OTI1Y2M4ODktYjUyNi00ZGZkLWE0YWEtMWQxZDc4Njc4ZDdk%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d)).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 20 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Україна володіє значущим потенціалом у галузі гірничо видобування 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.

Залізорудна галузь України є високорозвиненою, і країна, на кінець ХХ 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. В основному відкритий видобуток здійснюється на кар'єрах різних залізорудних комбінатів, з застосування різної техніки, як видобувної так и транспортної. Одним із основних видів транспортного обладнання, яке застосовується, є конвеєрний транспорт.

Удосконалення основних технологічних процесів та оновлення технічного обладнання на підприємстві сприяють збільшенню обсягів виробництва, зниженню витрат, та підвищенню якості кінцевої продукції. Крім того, впровадження конвеєрного транспорту в системи виробництва поліпшує санітарно-гігієнічні умови, зменшує рівень загазованості та пилу в повітрі кар'єру, а також сприяє підвищенню рівня безпеки праці та формуванню культури виробництва.

**Постановка проблеми.** 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.

Однак конвеєрний транспорт має свої особливості та обмеження, які обмежують його ефективність в деяких умовах його використання. Основні обмеження випливають з властивостей переміщуваних гірничих матеріалів. Наприклад, транспортування великокусковитих та абразивних порід стрічковими конвеєрами скорочує термін служби стрічки та опорних роликів. Також виникають експлуатаційні труднощі при переміщенні вологих і клейких матеріалів, таких як глини чи крейда. При перевантаженні сипучих вантажів, з використанням перевантажуючих конвеєрів, виникає велика кількість пилу, яка негативно впливає на експлуатуючих персонал. Також ще однією проблемою при перевантаженні різних вантажів, є низька автоматизація процесів вимірювання рівня завантаженості приймальних бункерів.

**Мета дослідження.** Модернізація процесу завантаження подрібненої рудної маси у бункери для подальшої її збагачення в умовах рудо-збагачувальної фабрики.

**Задачі дослідження:**

- Проаналізувати основні типи транспортних систем;
- Виконати аналіз основних типів приймальних бункерів;
- Дослідити існуючі типи конвеєрного транспорту;
- Дослідити умови використання перевантажувальних пристроїв;
- Виконати дослідження існуючих методів автоматизації обслуговування бункерів;
- Вдосконалити процес вимірювання рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою;
- Обґрунтувати доцільність модернізації приводів конвеєрного транспорту та приводів автостели;

**Об'єкт дослідження** – транспортування та завантаження подрібненої руди у бункери на гірничо-видобувних підприємствах.

**Предмет дослідження** – конвеєрний транспорт в цілому та один з його підвидів, а саме конвеєрний транспорт з розвантажувальним візком (автостелою).

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** У ході виконання кваліфікаційної роботи були запропоновані наступні рішення:

- для автоматизації процесу вимірювання рівня завантаженості бункерів гірничою масою – встановити автоматичний пристрій для вимірювання рівня на базі електричного візка для талі з встановленим на ньому радарному рівнеміру;
- для модернізації процесу завантаження бункерів – додатково, встановити на приводи конвеєрного транспорту та розвантажувального візка (автостели) частотні перетворювачі;

Виконано розрахунок економічної ефективності від впровадження цих рішень. Приблизний економічний ефект, в розрізі року, складе 32,3 тис.\$ для одного такого конвеєру.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 47 сторінок, робота містить 20 рисунків, 3-х таблиць. Список використаних джерел складається з 9 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи було проаналізовано існуючі типи транспортних систем які застосовуються у відкритій розробці, розглянуті наступні типи: автомобільний, залізничний, конвеєрний транспорт, частка використання якого складає близько

10%. Також були проаналізовані спеціальні види транспорту та різні види комбінованого транспорту. Окремо був проведений аналіз приймальних бункерів, розглянуті основні типи та способи їх розвантаження.

Також було проведено дослідження існуючих типів конвеєрного транспорту. Були виділені основні типи: 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. Більш детально було виконане дослідження конструкції конвеєрного транспорту, а саме основних складових вузлів, таких як конвеєрна стрічка, ролики та роликоопори, натяжна станція, привідна станція і т.д., перевантажувальних пристроїв та методів автоматизації обслуговування приймальних бункерів, а саме методів моніторингу ступеня заповнення цих бункерів та управління механічними пристроями для завантаження та розвантаження вантажів.

Проведено теоретичне дослідження режимі роботи одного з конвеєрів з автостелою в умовах дробильної фабрики на одному із гірничо-видобувних підприємств. Виявлені наступні проблеми, такі як нерівномірність роботи обладнання, неритмічність, тривала експлуатація обладнання в холостому режимі та значна кількість технологічних зупинок. Досліджено також будову самого розвантажувального візка (автостели), а також були досліджені деякі супутні технологічні процеси, такий як процес вимірювання рівня завантаженості бункеру дробленою рудою.

В результаті проведеного аналізу та виконаних досліджень було запропоновані наступні рішення для вдосконалення деяких технологічних процесів.

Запропоноване покращення процесу вимірювання рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою, з використанням автономного пристрою (на базі електричного візка та радарного рівнеміру) для замірювання рівня у бункері та наступної передачі даних, в режимі реального часу, технологічному персоналу та у диспетчерський пункт структурного підрозділу.

Запропоновані заходи по удосконаленню процесу завантаження приймальних бункерів, з використанням конвеєрного транспорту з автостелами, а саме модернізацію як основного приводу конвеєрного транспорту так і привідну станцію розвантажувального візка (автостели) шляхом встановлення на них додатково частотних перетворювачів та пульта дистанційного керування.

Доведена економічна ефективність запропонованих рішень.

## ВИСНОВКИ

В цій кваліфікаційній роботі 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.

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

Далі були виконані наступні теоретичні дослідження. А саме 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 дослідженні існуючі види показників рівня завантаженості бункерів.

Далі, були запропоновані та проведені експериментальні дослідження для вирішення та вдосконалення деяких процесів.

Запропоноване рішення по покращенню процесу вимірювання рівня завантаженості бункерів подрібненою рудою, з використанням окремого пристрою, який буде змонтований зі сторони конвеєру з автостелою, на якій не виконується розвантаження через розвантажувальний рукав, 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 позиціонування 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.

Також були запропоновані заходи по модернізації процесу безпосереднього завантаження бункерів з використання конвеєрного транспорту з автостелами. Запропонована модернізація основних

приводів конвеєрів та приводів переміщення автостели. До цієї модернізації входить встановлення на електродвигунах приводів частотних перетворювачів з дистанційним керуванням. 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.

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.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Голотюк М.В., Бундза О.З., Койфман О.О., Рибницький М.В. 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. С. 347 – 349.

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

## 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. Приблизна 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.

## ABSTRACT

Maksym Rybnytskyi. Modernization of the process of loading hoppers with rock mass using shuttle conveyors. – Qualifying work on the rights of the manuscript.

Theses for a Master's degree in Mechanical trades, the specialty 133 "Mechanical trades", Educational Program "Computer-Aided Design of Mechatronic Systems", TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

The object of study of this diploma project is the transportation and loading of crushed ore into bunkers at mining enterprises.

The subject of the study is conveyor transport in general and one of its subspecies, namely conveyor transport with an unloading trolley (autosteel).

Purpose and objectives. The aim of the work is to modernise the process of loading crushed ore mass into hoppers for its further beneficiation in an ore processing plant.

Research methods. Comparative analysis of types of conveyor transport. A forecasting method for optimising the operating modes of a conveyor with an unloading trolley.

The first section analyses the existing types of transport systems and conducts a separate analysis of receiving hoppers.

In the second section, the types of conveyor transport, its design, the conditions for using reloading devices, and the existing types of load level indicators were studied. At the end of the section, one of the examples of the use of conveyor transport in the conditions of one of the enterprises was also investigated. The modes of operation and labour intensity of some related processes are considered.

In the third section, solutions were proposed to improve and modernise the processes of measuring the level of crushed ore in bins and to improve the conveyor transport and the road rack. The authors propose the installation of an autonomous device for measuring the level of crushed ore in bins and the modernisation of the conveyor transport itself by installing a frequency converter on the main drive and the drive of the road rack.

In the fourth section, we calculate the economic efficiency. The approximate economic efficiency after upgrading the entire process of loading bins can be  $\approx 32.3$  thousand USD for one such conveyor.

Keywords: CONVEYOR, AUTO CONVEYOR, UNLOADING TROLLEY, RADAR LEVEL SENSOR, FREQUENCY CONVERTER.