

Книга Іван Олександрович

Магістерська робота

**Дослідження і розробка технічних рішень
використання опор ковзання
в конструкціях стрічкових живильників і конвеєрів
для гірничій промисловості**

Керівник

проф., д.т.н. Громадський А.С.

ВСТУП

Технологічні процеси видобутку та збагачення твердих корисних копалин нерозривно пов'язані з необхідністю перевезення величезних обсягів гірничих порід та продуктів їхньої переробки. Для цього в шахтах, кар'єрах та на дробильно-сортувальних і збагачувальних підприємствах використовуються численні засоби транспортування насипних матеріалів з різними показниками крупності та фізико-механічних властивостей [1-3].

З огляду на задачі щодо подальшого удосконалення технології і техніки розробки родовищ мінеральної сировини та її доведення до потрібних кондицій якості, а також технічного переозброєння підприємств гірничої та гірничозбагачувальної галузі на базі широкого використання комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів вказані транспортні засоби повинні бути максимально продуктивними та надійними. Таким вимогам відповідають у першу чергу машини безупинної дії – конвеєри різних типів, які можуть забезпечити перехід до циклічно-потоківих та потоківих технологій транспортування вантажів [4-8].

Найбільш досконалим і поширеним типом конвеєрного транспорту взагалі та в гірничій промисловості зокрема безумовно є стрічковий, який має численні переваги у порівнянні з іншими конструктивними різновидами. Особливо це відноситься до гірничопереробних підприємств (дробильно-сортувальних, збагачувальних, агломераційних, огрудкувальних та брикетувальних фабрик), де стрічкові конвеєри є головним видом транспорту. Що стосується підземних рудників та кар'єрів для відкритої розробки міцної мінеральної сировини, то застосування стрічкових конвеєрів має поки що доволі обмежений характер через труднощі, що виникають під час перевезення крупношматкових та високоабразивних вантажопотоків. Звичайні серійні конструкції стрічкових конвеєрів та живильників, в яких стрічка спирається на роликоопори, не пристосовані до експлуатації у важких умовах динамічного впливу вантажу і швидко виходять з ладу внаслідок зносу і руйнування найбільш вразливих і водночас вартісних складових частин конструкції – стрічки та роликоопор, на частку яких у підсумку припадає до 70-75% загаль-

льної вартості конвеєрної установки. У той же час потреба у безупинному транспорту для заміни недостатньо продуктивних циклічних засобів залізничного та автомобільного перевезення гірничої маси є дуже високою [4,9-13].

Від технічного стану стрічки та роликоопор у першу чергу залежить надійність роботи стрічкового конвеєра та його техніко-економічні показники. Наприклад, забезпечення високих експлуатаційних характеристик опорних елементів має важливе значення для підвищення довговічності стрічки та зниження витрат під час її використання за призначенням [4,6-8].

У зв'язку з цим, особливої уваги заслуговує питання створення працездатних конструкцій стрічкових конвеєрів з опорними елементами ковзання на вантажонесучій гілці установки у важких умовах експлуатації. Специфічність роботи третьової пари «конвеєрна стрічка – опорний елемент ковзання» під впливом значних динамічних навантажень та зовнішнього середовища гірничих підприємств вимагає ретельного дослідження та аналізу. Тому із впевненістю можна вважати, що тема представленої магістерської роботи, присвяченої вивченню та розробці раціональних технічних рішень використання опор ковзання в конструкціях стрічкових живильників та конвеєрів для гірничій промисловості безумовно є важливою та актуальною.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування гірничої маси та продуктів її переробки стрічковими живильниками і конвеєрами з опорами ковзання.

Предмет дослідження – стрічкові живильники і конвеєри з опорами ковзання на вантажонесучій гілці стрічки.

Наукове положення – використання стрічкових живильників та конвеєрів з вантажонесучими гілками на опорних елементах ковзання антифрикційного типу замість роликоопор дає можливість суттєво (не менше, ніж удвічі) підвищити крупність шматків транспортованого матеріалу за рахунок забезпечення спокійного характеру його руху та зменшити просипи гірничої маси у підконвеєрний простір.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Загальна будова та особливості використання стрічкових конвеєрів у гірничій промисловості

Гірничі конвеєри стрічкового типу використовуються для горизонтального або похилого переміщення сипких та шматкових матеріалів (вугілля, руди, порожньої породи, закладних сумішей тощо). За характером установки та конструктивним типом стрічкові конвеєри підрозділяються на переносні та стаціонарні. Перші для зручності монтажно-демонтажних операцій, а також змінення довжини агрегату в залежності від експлуатаційних вимог виготовляються у вигляді збірних секційних конструкцій. Стаціонарні ж установки монтуються на постійних опорних вузлах. На рис. 1.1 показані принципові схеми горизонтального та похилого стаціонарних конструкцій стрічкових конвеєрів [8].

Матеріал подається на конвеєр через завантажувальну лійку 12. Тяговим та одночасно вантажонесучим органом стрічкового конвеєра служить нескінчена гнучка прогумована (іноді сталева) стрічка, що підтримується на усій довжині як вантажною 3, так і холостою 4 гілок роликowymi опорами 6, 7 і 15 та огинає барабани приводної 2 і натяжної 5 станцій, розташованих на обох кінцях конвеєрної установки.

Приводні станції похилих конвеєрів постачаються пристроями, що запобігають виникненню зворотного ходу стрічки. Натяжна станція створює необхідне зусилля зчеплення стрічки з приводним барабаном за допомогою вантажного 11 або гвинтового пристрою.

Розвантаження конвеєра здійснюється шляхом безпосереднього скидання матеріалу у лійку 14 або за допомогою скидальних пристроїв плужкового чи барабанного 13 пристроїв, які допускають видалення матеріалу зі стрічки у будь-якому місці конвеєра.

Вантажонесуча гілка стрічки у своєму поперечному перетині має плоску або лоткову (жолобчасту) форму, а холоста гілка – завжди плоску.

Основними складовими частинами стрічкового конвеєра є стрічка і встановлені на секціях або фермах поставу роликоопори, привод та натяжний пристрій. Розглянемо окремо і більш докладно вимоги до цих вузлів та особливості їхнього конструктивного виконання.

Конвеєрна стрічка має бути міцною та гнучкою в обох напрямках (повздовжньому та поперечному) для нормального огинання барабанів та прийняття лоткової форми, зносостійкою, з обмеженим подовженням під дією робочих навантажень, з мінімальними вагою і товщиною, які б забезпечували її цілісність в умовах ударів шматків транспортованого матеріалу в місцях завантаження конвеєра. Крім того, необхідними властивостями конвеєрних стрічок є пожежна безпека, здатність працювати при високих (до $+120^{\circ}\text{C}$) та низьких (до -45°C) температурах навколишнього середовища, стійкість до агресивних впливів останнього (з боку хімічних реагентів, олій тощо) [14].

Конвеєрні стрічки складаються з осердя, яке сприймає тягові навантаження, та гумової обкладинки з робочого та неробочого боків для захисту осердя від механічних ушкоджень і впливів повітря, вологи, газів та агресивних середовищ.

Осердя виготовляють з пошарово дубльованої прогумованої тканини (гумотканинні стрічки) або сталевих тросів (гумово-тросові стрічки). Для збільшення гнучкості та опору стрічки пробою, а також підвищення міцності зв'язку осердя з гумою між шарами тканини розташовують гумові прошарки, а осердя обертають розрідженою тканиною (брекером). У деяких випадках для підвищення опору бортів стрічки під час ударів по роликоопорах або поставу конвеєра в разі бічного сходу вони можуть бути посилені брекерною тканиною або завертанням останнього шару прокладки каркасу. Усі конструктивні елементи стрічки поєднуються між собою способом гарячої вулканізації.

На рис. 1.2 показана будова гумо-тканинних (а) та гумово-тросових (б) стрічок.

Товщина верхньої обкладинки, що контактує з матеріалом і піддається максимальному абразивному зношенню, призначається в залежності від властивостей переміщуваного вантажу, його крупності, твердості та насипної ваги і може коли-

ватися від 1,5 до 4,5 мм. Нижня обкладинка зазвичай має товщину 1 мм і лише для важких умов роботи – 1,5 мм.

Для утворення на конвеєрній установці нескінченного стрічкового полотна окремі шматки стрічки, довжина яких за умовами виготовлення та транспортування не перевищує 120 м, поєднуються (стикуються) між собою. Найкращим способом з'єднання стрічки на стаціонарних конвеєрах вважається гаряча вулканізація кінців. Для цього останні в гумо-тканинних стрічках підготовляються у вигляді східців (рис. 1.3а), а в гумово-тросових – методом укладання внапуск та у стик прогумованих тросів (рис. 1.3б) [15].

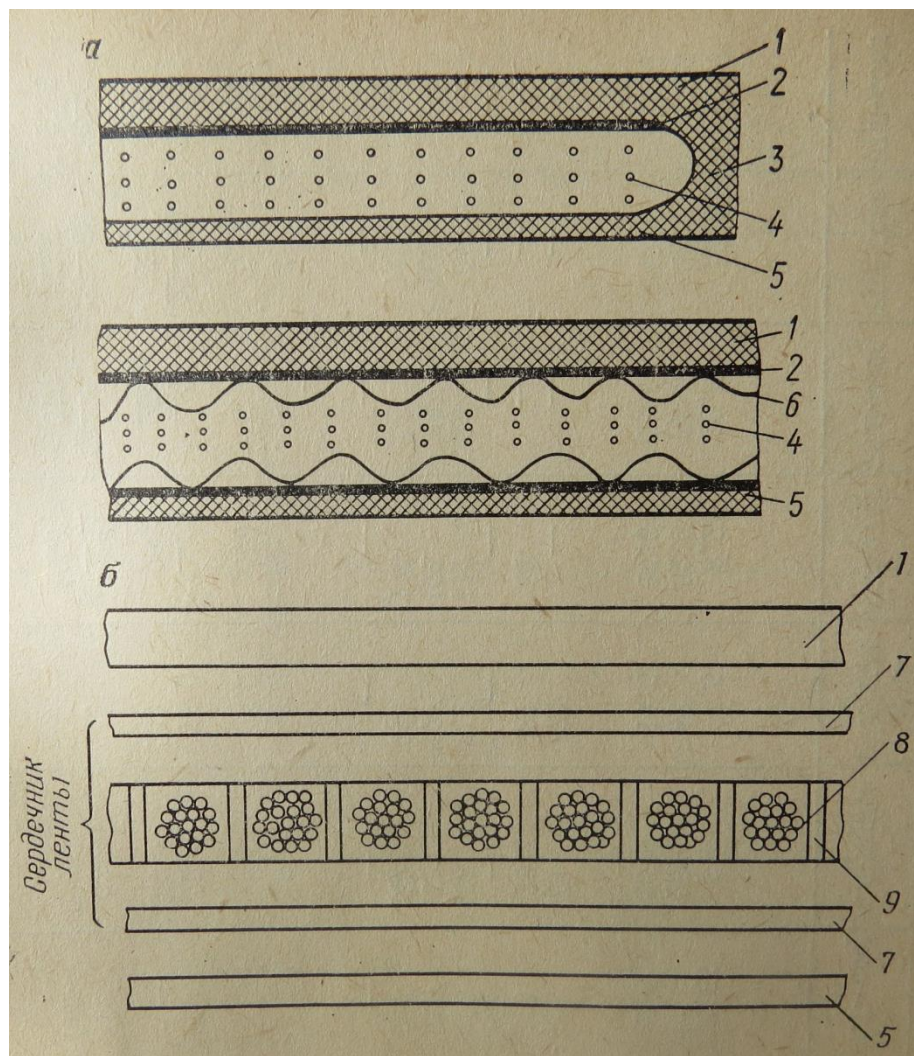
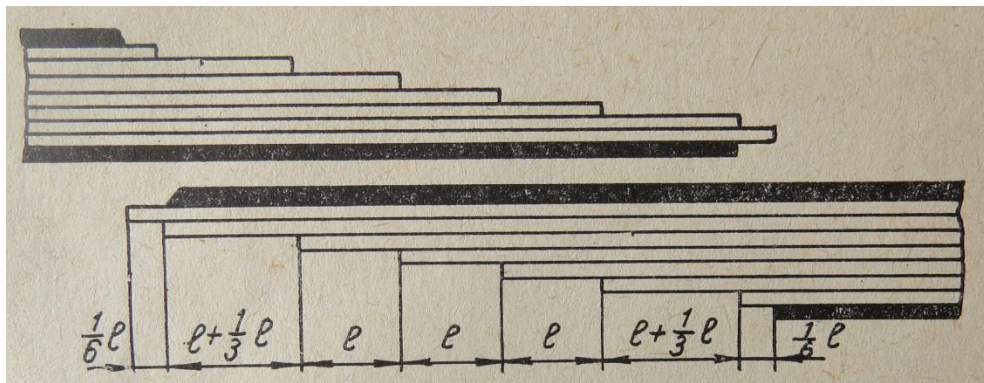
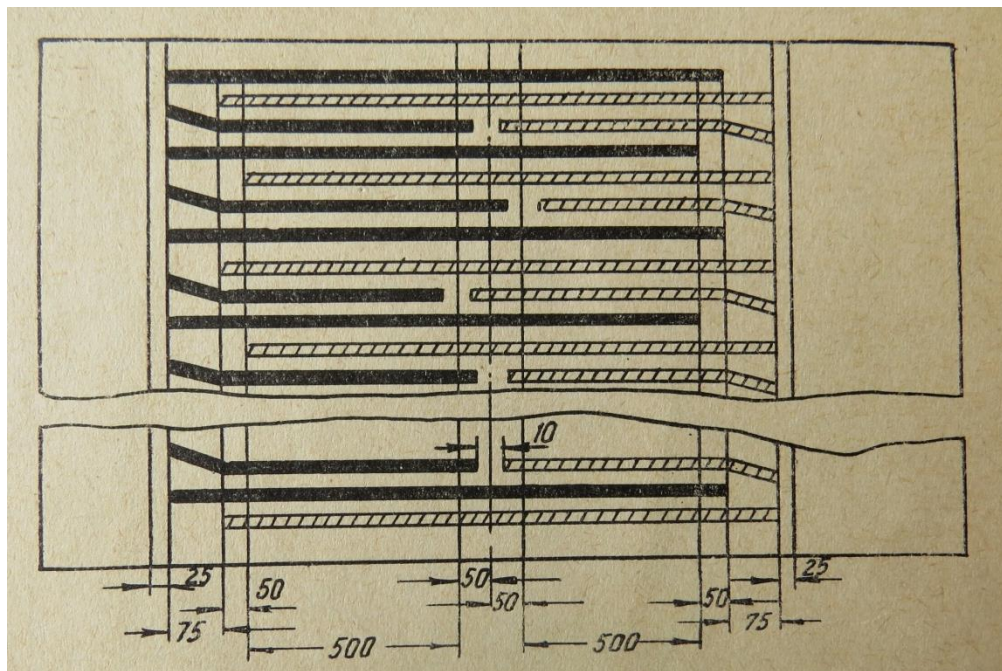


Рисунок 1.2 – Будова гумо-тканинних (а) та гумово-тросових (б) стрічок:
 1 – верхня робоча обкладинка; 2 – брекерна тканина; 3 – борт; 4 – прокладки;
 5 – нижня неробоча обкладинка; 6 – уточна тканина; 7 – силова прокладка;
 8 – трос; 9 – гумові прошарки



a



б

Рисунок 1.3 – Схеми стикування конвеєрних стрічок:
a – гумо-тканинних ($l = 300$ мм – довжина сходинки з основної тканини);
б – гумово-тросових

Іншими способами є сполучення кінців стрічки за допомогою заклепок або шарнірних петель (нерознімні варіанти) чи гачками (рознімний). Проте, вони не забезпечують потрібної міцності та надійності з'єднання, погано контактують з барабанами і роlikоопорами і можуть бути виправдані лише там, де немає можливості застосувати спосіб гарячої вулканізації (наприклад, у підземних умовах експлуатації). Але й там краще не вдаватися до них і використовувати метод холодної вулканізації за допомогою спеціальних синтетичних клеючих засобів.

Роликові опори за призначенням можна розділити на звичайні (для підтримки стрічки і надання їй лоткової форми) та спеціальні (для центрування її ходу, амортизації ударів шматків у місцях завантаження конвеєра, очищення стрічки від налиплого матеріалу, переходу лоткової форми стрічки до плоскою перед барабанами). На вантажонесучій гілці можуть бути однороликові опори (плоска стрічка) або дво-, три-, чотири- чи п'ятироликові в залежності від ширини стрічки (лоткова форма). На холостій гілці найчастіше використовують однороликові конструкції, рідше – дворолікові (для покращення центрування її ходу).

Конструктивні виконання роликів роlikоопор дуже різноманітні. На рис. 1.4 приведений можливий варіант конструкції з шарикопідшипником та лабіринтовим ущільненням. Від надійності підшипникових вузлів та якісного виконання ущільнень цілком залежать експлуатаційні показники роликів.

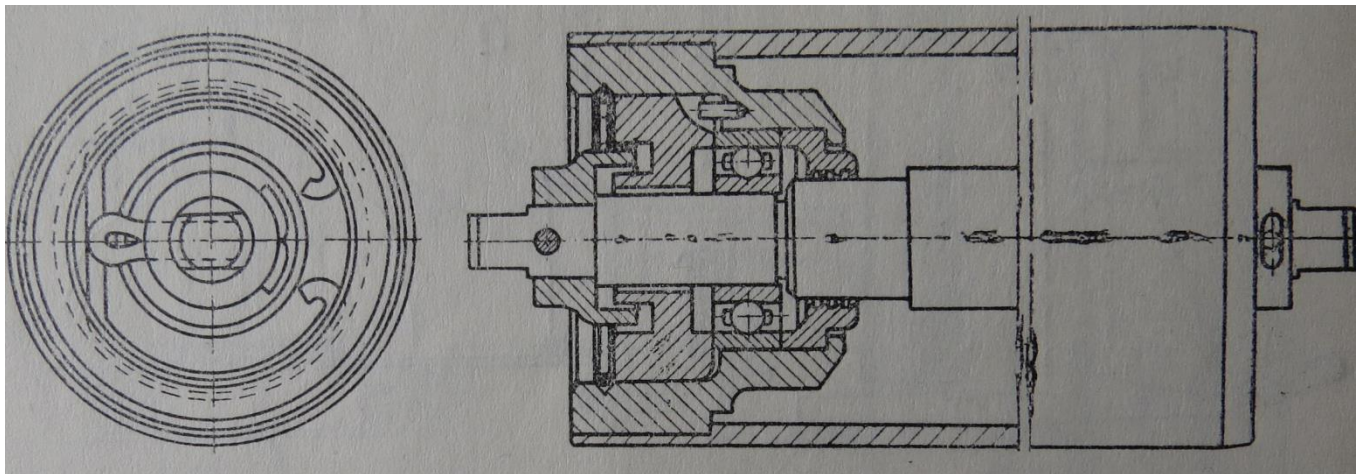


Рисунок 1.4 – Ролик стрічкового конвеєра з шарикопідшипниками та лабіринтовими ущільненнями

Приводна станція стрічкового конвеєра повинна мати достатню для заданих умов експлуатації потужність і міцність, максимально можливий тяговий фактор, мінімальні розміри і масу, бути простою за конструкцією, надійною, довговічною та зручною в експлуатації.

За способом передачі тягового зусилля станції можуть бути звичайними та спеціальними. В перших тягове зусилля передається тертям за рахунок притис-

кання стрічки до барабану шляхом її натягу. Спеціальні станції мають додаткові засоби притискання стрічки до барабану: притискні ролики, притискні стрічки тощо. На рис. 1.5 показані основні конструктивні елементи приводної станції стрічкового конвеєра.

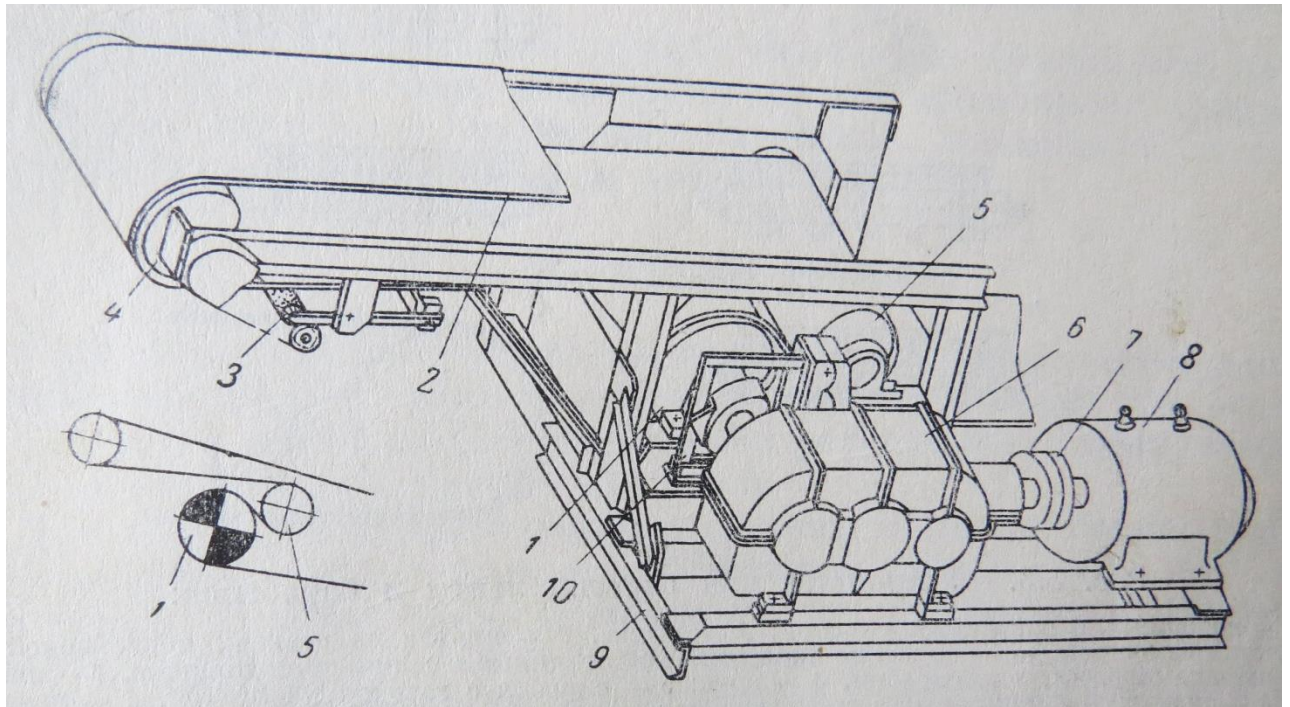


Рисунок 1.5 – Основні конструктивні елементи приводної станції стрічкового конвеєра:

- 1 – приводний барабан; 2 – стрічка; 3 – пристрій для очищення стрічки;
4 – розвантажувальний барабан; 5 – відхиляючий барабан; 6 – редуктор;
7 – муфта; 8 – двигун; 9 – рама приводу; 10 – гальмо

Натяжні пристрої служать для створення натягу стрічки, необхідного для забезпечення передачі тягового зусилля від приводу до стрічки, а також для обмеження величини її провисання між роликоопорами. Головною вимогою до натяжного пристрою є достатня величина ходу натяжного барабану для потрібного натягу стрічки та компенсації її витягування під дією навантаження в процесі роботи конвеєра.

За принципом дії натяжні станції бувають нерегульованими (жорсткими), регульованими (автоматичними) та комбінованими. В перших при зміні режиму працюючого конвеєра (пуск, робота в холостому режимі або під наванта-

женням) натяжний барабан не переміщається і довжина стрічки залишається незмінною. Натяг останньої здійснюється періодично в міру її послаблення через витягування. В автоматичних станціях довжина контуру стрічки змінюється на ходу в разі потреби в автоматичному режимі. В комбінованих автоматичний режим вмикається після закінчення режиму пуску конвеєра. На рис. 1.6 приведені основні схеми натяжних пристроїв та їхнє розташування на стрічковому конвеєрі.

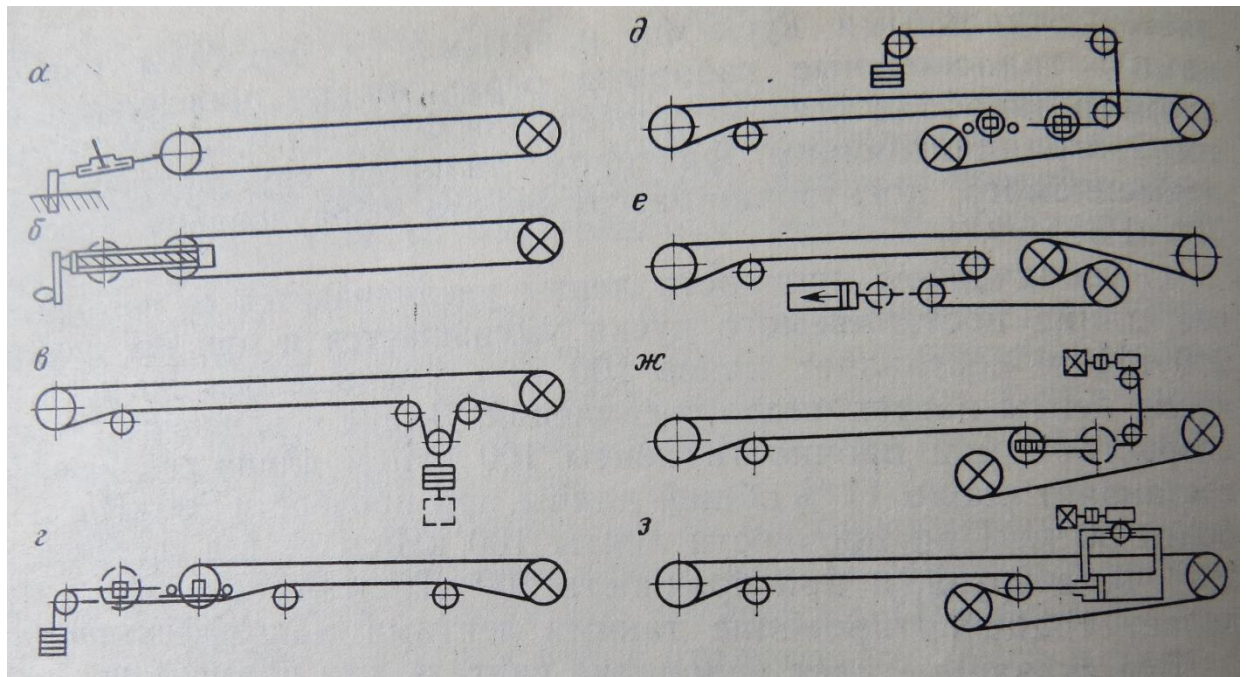


Рисунок 1.6 – Основні схеми натяжних пристроїв та їхнє розташування на стрічковому конвеєрі:

a – рейковий; *б* – гвинтовий; *в* – вантажний; *г* – візково-вантажний; *д* – барабанно-вантажний; *е* – гідроциліндровий; *ж* – лебідковий; *з* – електрогідравлічний

Окрім перерахованих вище основних вузлів стрічкові конвеєри постачаються завантажувальними і розвантажувальними пристроями, механізмами для очищення стрічки від налиплих та намерзлих вантажів, контролю центрального ходу та швидкості стрічки тощо.

1.2 Переваги і недоліки традиційних конструкцій конвеєрів стрічкового типу

Продуктивність конвеєрів стрічкового типу може досягати 5000-6000 т/год., ширина стрічки варіюватися від 500 до 2000 мм, а швидкість її руху – 2,50-3,15

м/с і більше.

Такі високі експлуатаційні показники в умовах внутрішньо- та міжцехового транспортування ставлять стрічкові конвеєри поза конкуренцією у порівнянні не лише з іншими конструкціями конвеєрного транспорту, а також взагалі з усіма відомими видами транспортних засобів. Лише для перевезення вантажів на значні відстані (більше 2-5 км) потрібні порівняльні техніко-економічні розрахунки для оцінки їхньої рентабельності у кожному конкретному випадку.

Стрічкові конвеєри забезпечують можливість досягнення високої продуктивності завдяки значним допустимим швидкостям стрічки та її спроможності нести великі погонні навантаження.

Конвеєри стрічкового типу відрізняються відносно невисокими витратами енергії. Наприклад, у порівнянні з хитними та скребковими конструкціями вони приблизно у 3-5 разів менші, що, як наслідок, потребує суттєво менших величин встановлених потужностей двигунів конвеєрних установок.

Стрічкові конвеєри дають можливість забезпечення значних довжин в одному агрегаті, що при заданій відстані транспортування зменшує необхідну кількість послідовно встановлених конвеєрів, скорочує число місць проміжних перевантажень матеріалу з одного конвеєру на інший, знижує кількість обслуговуючого персоналу. Практична довжина типових конструкцій конвеєрів стрічкового типу складає 300-400 м, а на окремих потужних установках може досягати на одному приводі ще значно більших величин.

Вантажі, що знаходяться на стрічці конвеєра, піддаються значно меншому стиранню та руйнуванню у порівнянні з тими ж хитними або скребковими конструкціями. А це може бути надзвичайно важливою перевагою у випадках, коли небажане подрібнення матеріалу призводить до зниження його цінності (наприклад, вугілля певних сортів).

Нарешті, слід відзначити високий ступінь надійності стрічкових конвеєрів, який може бути досягнутий за умови належного догляду за ними, високі показники безпеки їхньої експлуатації, безшумність в роботі, а також можливість тимчасового перевищення нормальних величин продуктивності у достатньо широких

межах.

Звісно, будь-яке механічне обладнання не вільне від тих чи інших недоліків. Так, традиційні конструкції стрічкових конвеєрів з роликowymi опорами вантажо-несучої гілки стрічки здатні транспортувати різноманітні матеріали, але розмір їхніх шматків для важких мінералів (таких, як руди чорних і кольорових металів) обмежується 300-350 мм (у крайньому випадку 400 мм). Транспортування більш масивного матеріалу супроводжується надмірними динамічними зусиллями, що сприймаються у першу чергу стрічкою та роликowymi опорами, на які вона спирається. Такий режим роботи швидко призводить до виходу з ладу цих конструктивних елементів (особливо під дією великих шматків абразивних порід, які зношують стрічку і своїми гострими гранями можуть розрізати її в разі заклинення між нерухожими частинами поставу), бічного сходу стрічки з просипами гірничої маси у підконвеєрний простір, ліквідація яких вимагає величезних витрат ручної праці, та спричиняє інші численні відмови конструкції.

Ще одним помітним недоліком можна вважати обмеженість кута нахилу стрічкових конвеєрів – 18° у разі підйому вантажу та 15° на його спуску. При перевищенні цих меж матеріал втрачає більш-менш стійке положення відносно стрічки і може сповзати по ній.

1.3 Спеціальні типи стрічкових конвеєрів для важких умов експлуатації

Для транспортування крупношматкових абразивних вантажів потрібні спеціальні типи стрічкових конвеєрів, серійного виробництва яких поки що немає. Разом із тим, наявність таких конструкцій могла б забезпечити можливість широкого впровадження стрічкового конвеєрного транспорту не лише на гірничопереробних підприємствах, але й на гірничодобувних. Наприклад, в екскаваторному забої рудного кар'єру значний відсоток підірваної гірничої породи припадає на шматки розміром більше 500 мм. Багато шматків крупніше 700 мм, зустрічаються екземпляри величиною 1000-1200 мм (3-6%). Звісно, що такий матеріал можна на-пряму завантажити лише у засоби циклічного транспорту (автомобільного або за-

лізничного). Стрічкові конвеєри традиційних типів транспортувати його не в змозі, принаймні без попереднього дроблення до максимального розміру шматків 300-350 мм. Для цього використовують самохідне дробильне обладнання, яке розташовується безпосередньо у забої. Екскаватор подає руду у приймальний бункер дробильної установки, далі вона потрапляє на вбудований грохот, який відділяє матеріал надмірної крупності і подає його у дробарку крупного дроблення (наприклад, щоківного типу). Подрібнений матеріал об'єднується з підгрохотним дріб'язком і може безперешкодно завантажуватися на стрічковий конвеєр звичайного типу. Далі руда системою горизонтальних і похилих конвеєрів транспортується на борт кар'єру і далі на рудопереробне підприємство. Недоліком такої схеми є необхідність використання громіздкого, енергоємного та вельми вартісного додаткового механічного обладнання – дробильної установки.

Схожа картина спостерігається під час підземного очисного виймання руди. Гірнична маса, що випускається з очисних блоків, також містить досить багато негабаритних шматків, які можуть перекривати вихід руди з випускних отворів, вимагати операцій вторинного механічного або вибухового дроблення та не давати можливості використання серійного конвеєрного обладнання стрічкового типу.

Таким чином, для широкого використання стрічкового конвеєрного транспорту у гірничій та гірничозбагачувальній промисловості потрібно мати у достатній кількості спеціальні конструкції установок, здатних транспортувати крупношматкові абразивні вантажі. Розглянемо деякі з можливих варіантів такого обладнання.

Перш за все слід відзначити конвеєри з канатним поставом. На відміну від звичайних стрічкових конвеєрів з жорстким поставом (зварним або зібраним з прокатних профілів та елементів кріплення) вони мають піддатливий постав у вигляді двох паралельних сталевих канатів 1, натягнутих між стояками 2 уздовж осі траси конвеєра (рис. 1.7). На канати за допомогою спеціальних затискних пристроїв навішуються гнучкі ролюкоопори 3 гірляндового типу. На них спирається вантажонесуча гілка стрічки. Для холостої гілки використовуються традиційні однороликові опори 4.

Гнучка роликоопора складається з трьох шарнірно з'єднаних роликів і має гаки на кінцях для навішування на затискачі канатів. Натяг канатів забезпечується натяжними пристроями та стояках та на приводній і натяжній станції конвеєра. За рахунок певної пружності канатного поставу вантажонесуча гілка стрічки має можливість у значній мірі амортизувати динамічний вплив крупношматкового рудопотоку на ній. Така конструкція поставу малогабаритна, дешева і зручна в експлуатації, особливо в підземних умовах роботи. Прикладом використання подібного технічного рішення може бути забійний доставковий стрічковий конвеєр КЛЗД конструкції інституту НДГРІ (м. Кривий Ріг), який працював свого часу на шахтах Кривбасу у складі очисних доставкових комплексів типу «Україна» [5]. Конвеєр легко транспортує рудопотоки з крупністю шматків 500-700 мм і вище.

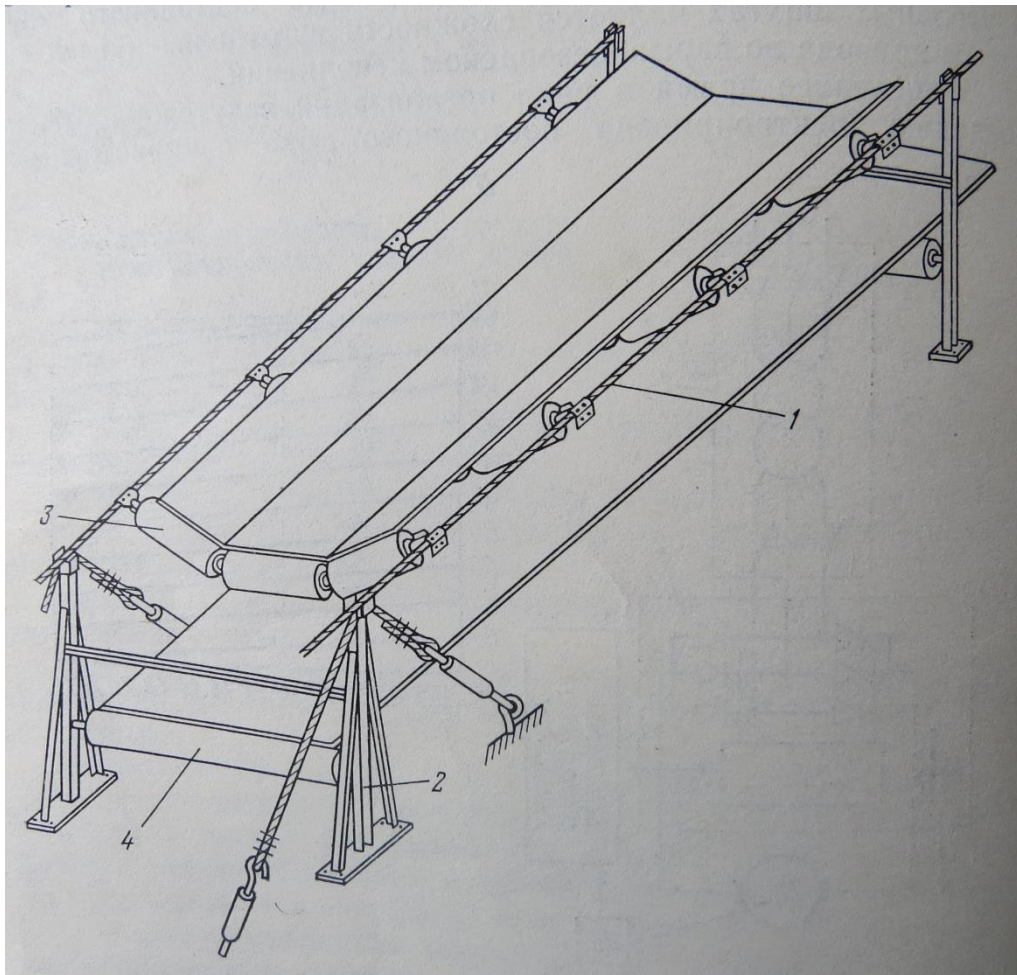


Рисунок 1.7 – Схема стрічкового конвеєра з канатним поставом:
1 – канат; 2 – стояк; 3 – навісна гірляндова роликоопора вантажонесучої гілки стрічки; 4 – горизонтальна однороликова опора холостої гілки

Для транспортування крупношматкових вантажів може бути застосований варіант конвеєра стрічково-канатного типу, схема якого показана на рис. 1.8 [16]. Стрічка 1 вільно лежить на дугоподібних траверсах 2, кінці яких закріплені в еластичних бортах 3. Останні спираються на робочій гілці стрічки на канати 4, що утворюють замкнений контур. Канати лежать на блоках 5, змонтованих на стояках 6. Привод може бути встановлений або на стрічці, або на канатах, або одночасно на стрічці і канатах, що дозволяє значно збільшити довжину конвеєра в одному поставі. Наявність дугоподібних жорстких траверс, що рухаються разом зі стрічкою і підтримують її при цьому, забезпечує можливість транспортування крупношматкових вантажів.

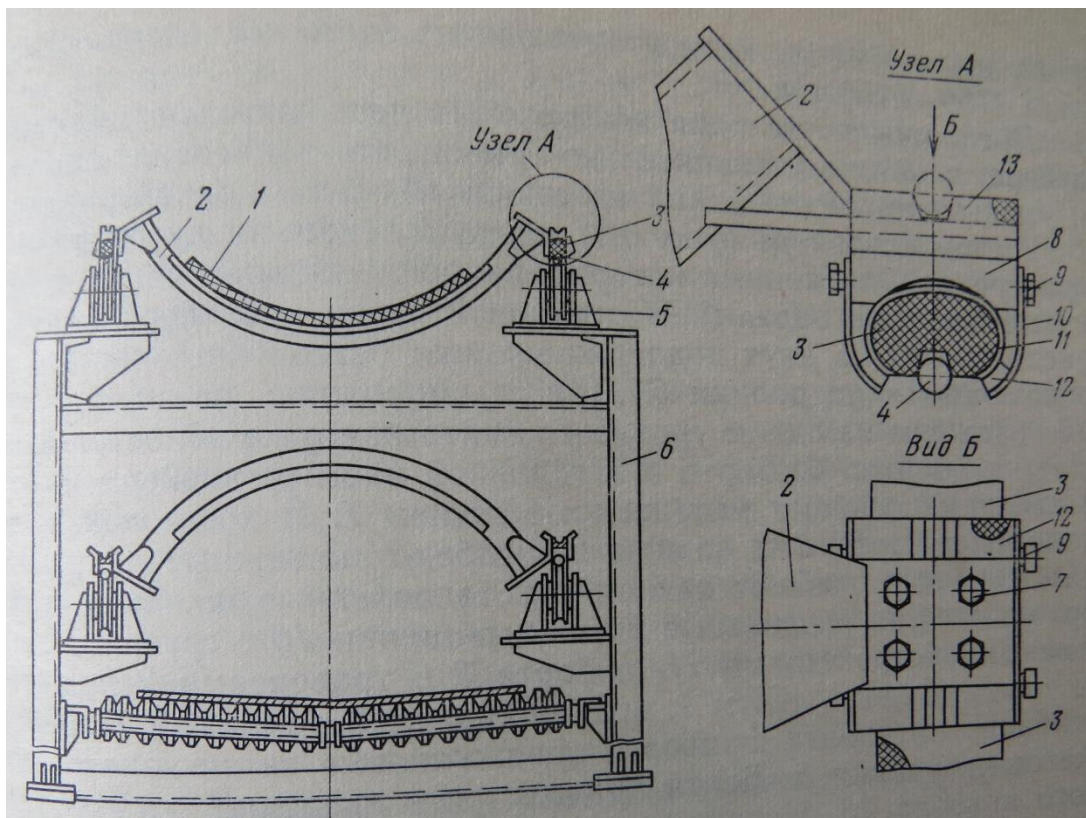


Рисунок 1.8 – Схема стрічково-канатного конвеєра для транспортування крупношматкових вантажів:

1 – стрічка; 2 – дугоподібна траверса; 3 – еластичний борт; 4 – канат;
5 – блок; 6 – стояк; 7, 9 – гвинти; 8 – пластина; 10 – фігурна скоба; 11 – пружнодеформований елемент; 12 – металевий вкладиш; 13 – гумовий елемент

На рис. 1.9 показана схема стрічкового конвеєра на ходових опорах (стрічково-візкового), що рухаються разом із стрічкою [17]. Основним елементом цієї

установки є візки, що складаються з дугоподібних траверс 1 на ходових роликах 2, з'єднаних між собою двома замкненими неприводними ланцюгами 3. Вантажо-несучим та тяговим органом служить звичайна конвеєрна стрічка 4 з приводом 5 та натяжним пристроєм 6. На робочій гілці стрічка вільно лежить на футерованих гумою траверсах, а на холостій нижній гілці переміщається по стаціонарних роликоопорах 7. У місці завантаження стрічка спирається на спеціальні амортизаційні роликоопори 8.

Принцип дії такого конвеєра заснований на тому, що сила тертя вантажної гілки стрічки (незалежно від того, з вантажем вона чи без нього) відносно поверхонь траверс практично завжди перевищує силу шкідливого опору коченню ходових роликів траверс по напрямним рейкам. Завдяки цьому стрічка захоплює під час свого руху ланцюговий контур разом з траверсами. Останній при цьому не потребує самостійного приводу.

В результаті забезпечується спокійне без деформування на стрічці переміщення вантажу практично будь-якої крупності з меншим коефіцієнтом опору руху у порівнянні зі звичайним стрічковим конвеєром з коченням стрічки по стаціонарних роликоопорах.

Ще одним перспективним типом стрічкових конвеєрів для переміщення крупношматкових вантажів є конструкції з опорами ковзання, в яких стрічка спирається на опорні поверхні з низьким коефіцієнтом тертя. Рух стрічки при цьому відбувається у спокійному режимі без ворухіння вантажу та провалювання його у проміжках між роликоопорами. Це дає можливість транспортування великих шматків матеріалу без надмірного динамічного впливу на стрічку та опори. Більш докладна розмова про такі конструкції піде в наступних розділах роботи.

Висновки:

- стрічкові конвеєри є найбільш досконалим та поширеним видом транспорту в тих галузях промисловості, де існує необхідність переміщення великих обсягів сипких вантажів. Не в останню чергу це стосується гірничодобувної та гірничо-переробної промисловості, які оперують величезними вантажопотоками різно-

манітних корисних копалин та продуктів їхньої переробки. Проведений в роботі аналіз будови та особливостей використання стрічкових конвеєрів у гірничій промисловості засвідчив, що вони забезпечують високу продуктивність роботи, відрізняються простотою конструктивного виконання та надійністю в експлуатації;

- головними недоліками стрічкових конвеєрів традиційної конструкції слід вважати обмеженість кута нахилу установок та неспроможність транспортувати вантажопотоки з крупністю шматків більше 300-350 мм. Особливо важливою проблемою є подолання останнього недоліку, внаслідок якого гальмується широке впровадження стрічкових конвеєрів в процес безупинного перевезення величезних обсягів крупношматкової гірничої маси з очисних забоїв шахт і кар'єрів до збагачувальних підприємств, як того потребують сучасні технології потокового виробництва;

- розв'язання цієї проблеми можливо шляхом використання спеціальних конструкцій стрічкових конвеєрів, які придатні для транспортування крупношматкових вантажопотоків. Одним з реальних варіантів такого рішення є конвеєри з опорами ковзання.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – обґрунтування та розробка технічних рішень використання опор ковзання в конструкціях стрічкових живильників і конвеєрів для гірничій промисловості.

Здійснений в процесі виконання роботи аналіз конструктивних особливостей стрічкових конвеєрів традиційних конструкцій, їхніх переваг та недоліків, а також перспектив створення установок для транспортування крупношматкових вантажів дозволив сформулювати задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- зробити порівняльний аналіз спроможності транспортування крупношматкових високоабразивних матеріалів стрічковими конвеєрами з опорами кочення та

ковзання;

- обґрунтувати передумови та важливість розробки опор ковзання стрічкового транспортного обладнання для підвищення ефективності його роботи;
- проаналізувати схеми та особливості роботи транспортного обладнання в технологічних ланцюгах ДСФ рудників;
- дослідити енергетичні параметри стрічкового конвеєра з опорними елементами ковзання;
- виконати оцінку довговічності опорних елементів ковзання;
- розробити рекомендації щодо використання опорних елементів ковзання на стрічкових конвеєрах ДСФ;
- дослідити можливість використання стрічкових конвеєрів з опорами ковзання в умовах підземного очисного виймання руди;
- оцінити актуальність застосування опор ковзання для удосконалення роботи металошукачів стрічкових конвеєрів ДСФ;
- проаналізувати несучу спроможності та розробити конструктивне рішення опорних елементів ковзання пристрою металошукача.

Об'єкт дослідження – технологічний процес транспортування гірничої маси конвеєрами стрічкового типу.

Предмет дослідження – стрічкові живильники та конвеєри з опорами ковзання для гірничій промисловості.

Наукове положення – використання стрічкових живильників та конвеєрів з вантажонесучими гілками на опорних елементах ковзання антифрикційного типу замість роликпопоз дає можливість суттєво (не менше, ніж удвічі) підвищити крупність шматків транспортованого матеріалу за рахунок забезпечення спокійного характеру його руху та зменшити просипи гірничої маси у підконвеєрний простір.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Процесу проектування, виготовлення та впровадження в експлуатацію нових зразків техніки передують виконання прикладних наукових досліджень, спрямованих на використання новітніх знань для удосконалення існуючих технологій та технічних засобів для їхньої механізації. Наукові дослідження здійснюються за допомогою спеціальних методів пізнання.

Під час виконання представленої роботи використовувалися різноманітні методи наукових досліджень, у тому числі такі універсальні, як аналіз і синтез, дедукція та індукція, абстрагування та конкретизація, аналогія та моделювання, теоретичні, експериментальні та комбіновані методи.

Аналітичний метод дослідження знаходив застосування для оцінки ролі конвеєрного транспорту в гірничій промисловості, перспектив його подальшого розвитку та технічного удосконалення. За допомогою цього методу зроблено рекомендації щодо можливих шляхів розширення меж його використання, особливо для перевезення крупношматкових вантажопотоків.

Синтетичний метод був задіяний під час обґрунтування параметрів та створення конструкцій опорних елементів ковзання підземних і поверхневих стрічкових конвеєрів.

За допомогою методів теоретичних досліджень була оцінена несуча спроможність опор ковзання конвеєрної стрічки.

Надзвичайно важливу роль мали методи експериментальних досліджень. Зокрема, під час аналізу режимів роботи конвеєра з опорами ковзання (пуску установки з порожньою та завантаженою по усій довжині вантажною гілкою, установленого режиму роботи конвеєра з вантажем на стрічці та з порожньою вантажною гілкою) використовувалися методи вимірювання потужності приводного двигуна конвеєра за допомогою трифазового самописного ватметра, що вмикався у трифазову мережу через трансформатор струму; енергоємності процесу транспортування матеріалу конвеєром з опорними елементами ковзання з фіксацією форми та жорсткості опори, завантаженості робочої поверхні стрічки, характеру та вели-

чини її завантаження; погонного навантаження (методом зважування вантажу, що знаходився на ділянці стрічки довжиною 1 м за допомогою динамометру); швидкості конвеєрної стрічки за допомогою тахометра.

Метод вимірювання температури футерівки після встановлення стаціонарного теплового режиму пари тертя здійснювався у декількох точках по довжині конвеєра за допомогою приладу, спеціально розробленого для цього.

Оцінка величини зносу футерівок опорних елементів ковзання робилася методом штучних баз. За допомогою цього методу значення зносу встановлювалося за зміненням розмірів штучно нанесених поглиблень, виконаних на поверхні, що піддається зносу, шляхом свердлення конічних отворів.

Для обробки отриманих даних використовувався статистичний метод із додученням апарату теорії випадкових похибок вимірювань.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАНТАЖОНЕСУЧИХ ОПОР КОВЗАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ СТРІЧКОВОГО ТИПУ

3.1 Передумови та важливість розробки опор ковзання стрічкового транспортного обладнання

Сучасний стан видобутку залізних руд як підземним, так і відкритим способами характеризується зростанням обсягів очисного виймання, інтенсифікацією та концентрацією гірничих робіт, впровадженням потокових та циклічно-потокових технологій транспортування гірничої маси. При цьому слід відзначити погіршення умов видобутку внаслідок збіднення покладів, поглиблення робочих горизонтів в шахтах і кар'єрах, збільшення витрат на вивезення гірничих порід на поверхню, зростання гірничого тиску тощо. Для забезпечення високих техніко-економічних показників гірничодобувного виробництва необхідно технічне переозброєння підприємств, створення і впровадження нової техніки, здатної суттєво підвищити ефективність виконання основних та допоміжних технологічних процесів розробки корисних копалин, у тому числі доставки гірничих порід, яка вважається найбільш трудомістким процесом.

Спроби радикальним чином конвеєризувати транспортування гірничої маси в рудниках і кар'єрах робилися неодноразово із залученням конвеєрного обладнання різних типів та конструктивного виконання. Утім, особливого успіху це не мало через значну металоємність установок, великі витрати на монтажну-демонтажні операції, неможливість здійснення багаторазових перевантажень та транспортування крупношматкового матеріалу без спеціальних завантажувальних пристроїв та мобільного дробильного обладнання.

На відміну від видобувних підприємств в транспортно-технологічних ланцюгах дробильно-сортувальних (ДСФ) та збагачувальних фабрик стрічкові конвеєри є головним видом транспорту. Але й тут не обходиться без проблем. Одним з основних вузлів конвеєра, від якого залежать надійність роботи, його техніко-економічні показники і на частку якого припадає приблизно 30% вартості усієї уста-

новки, є роликоопори. Забезпечення високих експлуатаційних характеристик опорних елементів стрічки має дуже важливе значення для підвищення її довговічності та зниження експлуатаційних витрат, адже вартість самої стрічки ще більша і може складати до 40% загальної вартості конвеєра. Разом із тим, існуючі способи підвищення експлуатаційних характеристик опорних елементів для конвеєрів ДСФ, що транспортують крупношматкову та абразивну гірничу масу зі сторонніми включеннями, не дають очікуваного ефекту.

Таким чином, обґрунтування параметрів та створення опорних елементів ковзання для вантажних гілок стрічкових конвеєрів, що забезпечують підвищення надійності і покращують техніко-економічні показники роботи установок в системах підземного та поверхневого транспорту руди на гірничих підприємствах є важливим науково-практичним завданням.

3.2 Аналіз схем та роботи транспортного обладнання в технологічних ланцюгах ДСФ рудників

Для обґрунтування параметрів вантажонесучих опорних елементів для вантажних гілок стрічкових конвеєрів проаналізуємо характеристики транспортованих матеріалів, параметрів вантажопотоків, довговічності роликоопор в транспортно-технологічному ланцюзі типової ДСФ Кривбасу. В якості такої візьмемо ДСФ шахти «Батьківщина» Криворізького залізорудного комбінату.

Руда шахти представлена в основному гематитовими, мартитовими та гематито-мартититовими покладами з об'ємною вагою у цілику $3,4 \text{ т/м}^3$. При коефіцієнті розпушення породи 1,6 насипна вага підірваної руди дорівнює $2,1\text{--}2,2 \text{ т/м}^3$. Коефіцієнт міцності за шкалою проф. М.М. Протод'яконова коливається від 3 до 14, а твердість досягає $19,6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$. Найбільший розмір шматків руди – 1500 мм. Руда істотно засмічена залишками дерев'яного кріплення та різноманітними металевими предметами – уламками бурових штанг і доліт, елементів кріплення, броньових плит, рейкового шляху; уривками тросів та дротів тощо.

На рис. 3.1 показана схема ланцюга апаратів ДСФ шахти «Батьківщина».

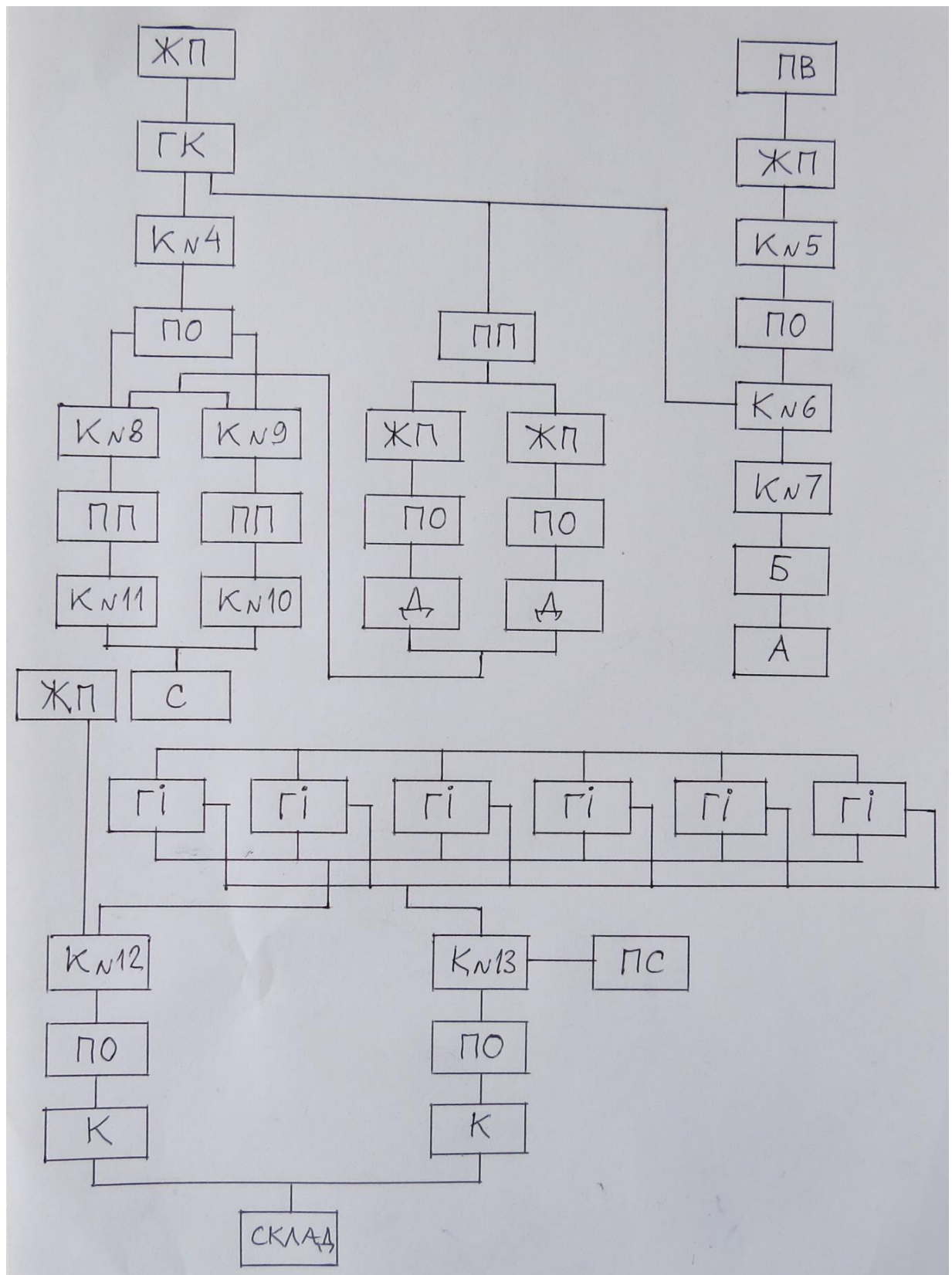


Рисунок 3.1 – Схема ланцюга апаратів ДСФ шахти «Батьківщина»:
 ЖП – живильники пластинчасті; ГК – грохоти колосникові; ПО – перекидач потоку одинарний; ПП – перекидач потоку подвійний; К – конвеєри; ГІ – грохоти інерційні; С – сортування; ПС – подрібнювальна станція; Д – дробарки; ПВ – перекидач вагонеток; Б – бункер; А – автомобіль

На конвеєрі № 2, що приймає підгροхотний продукт з колосникового грохоту, вручну вибираються крупні металеві предмети і дерево, а також розбиваються шматки руди розміром більше 800 мм. Під час вибирання сторонніх предметів та руйнування негабаритів весь технологічний ланцюг зупиняється (до 20 разів за зміну), що викликає значні коливання вантажопотоку (коефіцієнт нерівномірності вантажопотоку досягає 1,2-1,4).

Металеві предмети з підгροхотного продукту видаляються на конвеєрі № 4 за допомогою спеціальної установки, що складається з металошукача та стрічкового залізовіддільника.

Загальна кількість стрічкових конвеєрів складає 16 шт., сумарна їхня довжина – 1290 м. Довжина окремих установок коливається від 15 до 250 м (50% конвеєрів мають довжину до 50 м). Ширина стрічок – в основному 1200 мм, швидкість – від 1,87 до 2,0 м/с, продуктивність конвеєрів – до 1000 т/год. Згідно з основними вимогами до проектування стрічкових конвеєрів загального призначення режим роботи установок – В (важкий) [18].

Більшість конвеєрів постачені гумо-тканинними стрічками типу 1.2 та 2.1 з 4-6-ма прокладками [15]. У місцях завантаження конвеєрів для запобігання потрапляння пилу у робочі приміщення встановлені аспіраційні укриття з гумовими ущільненнями для герметизації. Але останні погано утримують пил, а його присутність у місцях контакту ущільнень зі стрічкою призводить до її інтенсивного зносу.

На конвеєрах встановлені ролики, що відрізняються типами підшипників, ущільнень, способами змащення, габаритами, розмірами окремих деталей тощо. На лінійних частинах вантажонесучих гілок використовуються трироликові опори жорсткого типу з кутом нахилу бічних роликів 20° , а в пунктах завантаження – роликоопори з гумовою футерівкою.

Аналіз якості монтажу та технічного обслуговування роликоопор показує явну недостатність цих заходів. Наприклад, у багатьох випадках спостерігається значний перекис роликоопор, а обслуговування полягає лише в заміні конструкцій, що відмовили, на виробі рудоремонтних заводів, які мають термін служби

помітно менший у порівнянні з роликами заводів, що виготовляють конвеєри. Ознаки відмов роликів – стукіт та вереск в процесі роботи, зупинка обертання (заклинення), видимі механічні ушкодження. Причинами відмов є дефекти виробництва та монтажу, неправильна експлуатація (наприклад, відсутність змащення), вихід з ладу підшипників.

Аналіз досвіду експлуатації стрічкових конвеєрів ДСФ показує, що головними визначальними факторами довговічності роликів є знос їхніх корпусів та підшипникових вузлів. Останній фактор спричиняє втрату працездатності середньостатистичного ролика через 18-24 місяці експлуатації. Що стосується абразивного зносу корпусів роликів, то найбільше страждають роликоопори холостих гілок конвеєрів, які виходять з ладу через 10-12 місяців роботи.

3.3 Дослідження енергетичних параметрів стрічкового конвеєра з опорними елементами ковзання

Для створення працездатних конструкцій конвеєрів на опорах ковзання потрібно встановити вплив таких важливих факторів, як характер змінення погонного навантаження, режиму експлуатації та обслуговування, наявності пилу від транспортованого матеріалу на енергоємність процесу транспортування та довговічність опорних елементів ковзання. Такі дослідження були проведені свого часу силами науковців Інституту геотехнічної механіки (ІГТМ) АН УРСР на базі технологічного ланцюга дробильної фабрики № 1 Новокриворізького гірничозбагачувального комбінату (НКГЗК). Місце випробувань – конвеєр № С2, що подавав руду на III та IV стадії дроблення. Технічна характеристика конвеєра приведена в табл. 3.1, а його схема – на рис. 3.2.

Основними задачами дослідження були наступні:

- аналіз характеру взаємодії стрічки з опорними елементами;
- аналіз температурного режиму роботи опорних елементів ковзання та стрічки;
- визначення потужності, що споживалася приводним двигуном конвеєра, в

залежності від типу опор на вантажній гілці та її погонного навантаження;

- визначення величин погонного навантаження на конвеєрі при різних режимах роботи віброживильників, що його завантажували рудою.

Величина погонного навантаження на стрічці під час проведення дослідницьких випробувань визначалася методом зважування матеріалу, знятого з ділянки стрічки довжиною 1 м, за допомогою динамометру ДПУ-0,1/2.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика конвеєра С2

Показники	Значення
Продуктивність, т/год.	500
Транспортований вантаж:	
тип	магнетитова залізна руда
насипна густина, т/м ³	2,2
крупність шматків, мм	до 500
Довжина установки, м	18
Стрічка:	
тип	гумо-тканинна
ширина, мм	1200
швидкість руху, м/с	1,4
Потужність приводу, кВт	22

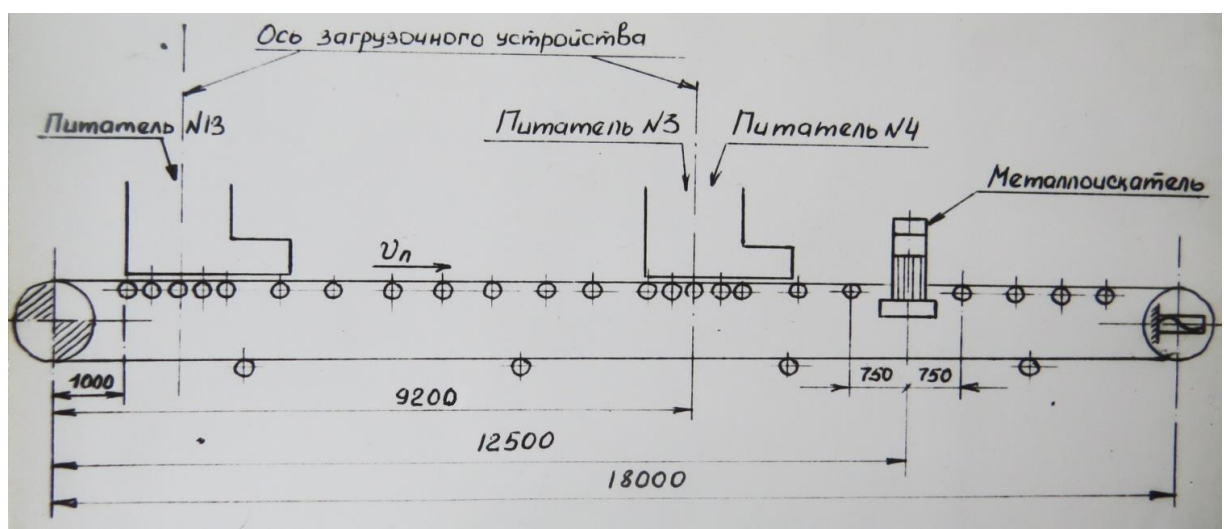


Рисунок 3.2 – Схема стрічкового конвеєра С2

Заміри температури футерівки опорних елементів здійснювалися спеціальним датчиком температури після встановлення стаціонарного теплового режиму пари тертя через 40-50 хв. роботи конвеєра під навантаженням в десяти контрольних точках по його довжині.

Споживана приводом потужність визначалася за допомогою ватметра типу Н-395 (клас точності 1,5), розрахованого на струм 5 А та напругу 380 В. Для узгодження струму вимірюваного ланцюга з приладом застосовувався трансформатор струму УТТ-5.

Конвеєр С2 завантажувався рудою з трьох віброживильників, встановлених уздовж його траси: один – у хвості конвеєра, два – в його середині. Висота завантаження – 0,8 м.

Спочатку проводилися заміри з трироликowymi роlikопорами (діаметр роликів 159 мм), встановленими на вантажній гілці з кроком 0,3 м у пунктах завантаження і 1,2 м – на лінійній частині.

Потім під час реконструкції конвеєра замість роlikоопор на вантажній гілці були змонтовані секції з опорними елементами ковзання (рис. 3.3).

Заміри потужності, споживаної приводом конвеєра С2, виконувалися в обох випадках для різних значень погонного навантаження, регулювання якого здійснювалося за рахунок змінення числа і порядку роботи віброживильників. Отримані результати представлені в табл. 3.2 у вигляді усереднених значень за п'ятьма замірами.

Аналіз цих даних показав, що під час роботи в режимі холостого ходу споживана потужність після заміни роlikоопор на опори ковзання збільшилася на 0,8 кВт. Це пояснюється тим, що в процесі реконструкції конвеєра крім опор була заміненна стрічка, а також встановлені нові ущільнення та напрямні загальною довжиною 4,5 м. Нова стрічка мала значно більшу згинальну жорсткість. Усе це потрібно враховувати під час порівняльного аналізу.

При довжині транспортування 10 м (без вантажу на секціях з опорами ковзання) споживана потужність не змінилася. При роботі віброживильника лише у хвості конвеєра вона збільшилася на 3-5% (0,7-0,9 кВт), при роботі усіх віброжи-

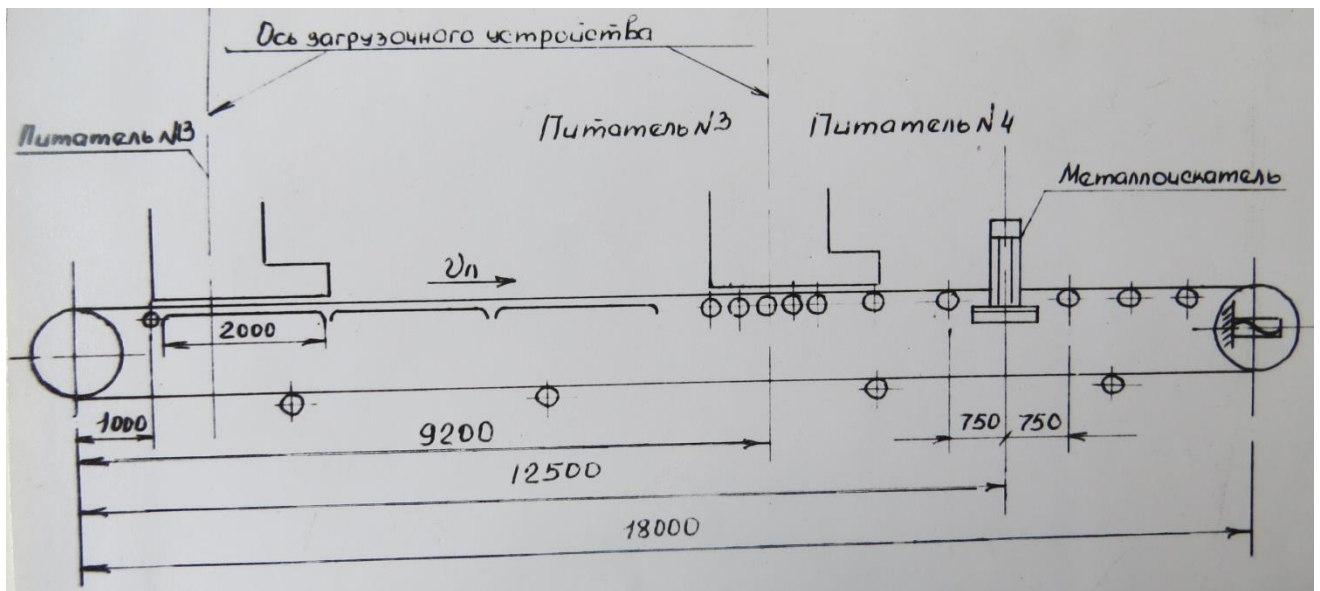


Рисунок 3.3 – Схема установки секцій з опорами ковзання на конвеєрі С2

Таблиця 3.2 – Результати замірів споживаної приводом конвеєра потужності

Довжина транспортування, м	Погонне навантаження, Н/м	Споживана потужність, кВт	
		з роlikоопорами	з опорами ковзання
17	холостий хід	14,2	15,0
10	960	21,0	21,6
17	960	18,5	20,0
27 (10 + 17)	1920 (960 + 960)	23,4	25,0

вильників зросла на 5%. Одночасно після реконструкції було помічено зниження рівня шуму конвеєра.

3.4 Дослідження довговічності опорних елементів ковзання

Окрім конвеєрів, на дробильно-сортувальних фабриках широко використовуються живильники різних типів, у тому числі стрічкові, для видачі гірничої маси з проміжних та акумуляційних бункерів. Інститутом геотехнічної механіки був розроблений параметричний ряд таких живильників з опорними елементами ков-

зання на вантажній гілці (рис. 3.4). Дослідження даних щодо термінів служби стрічок та опор живильників дозволили спрогнозувати терміни служби стрічок та опор конвеєрів.

Установка опор ковзання на живильниках дає можливість:

- зменшити величину опору, що витрачається на деформацію гірничої маси у вузлі сполучення бункера з живильником (див. рис. 3.4);
- забезпечити високу продуктивність живильника;
- виключити можливі пробої стрічки під час потрапляння з бункера на живильник сторонніх предметів;
- створити закриту конструкцію вантажної гілки живильника, яка виключає виділення пилу;
- збільшити термін служби стрічки.

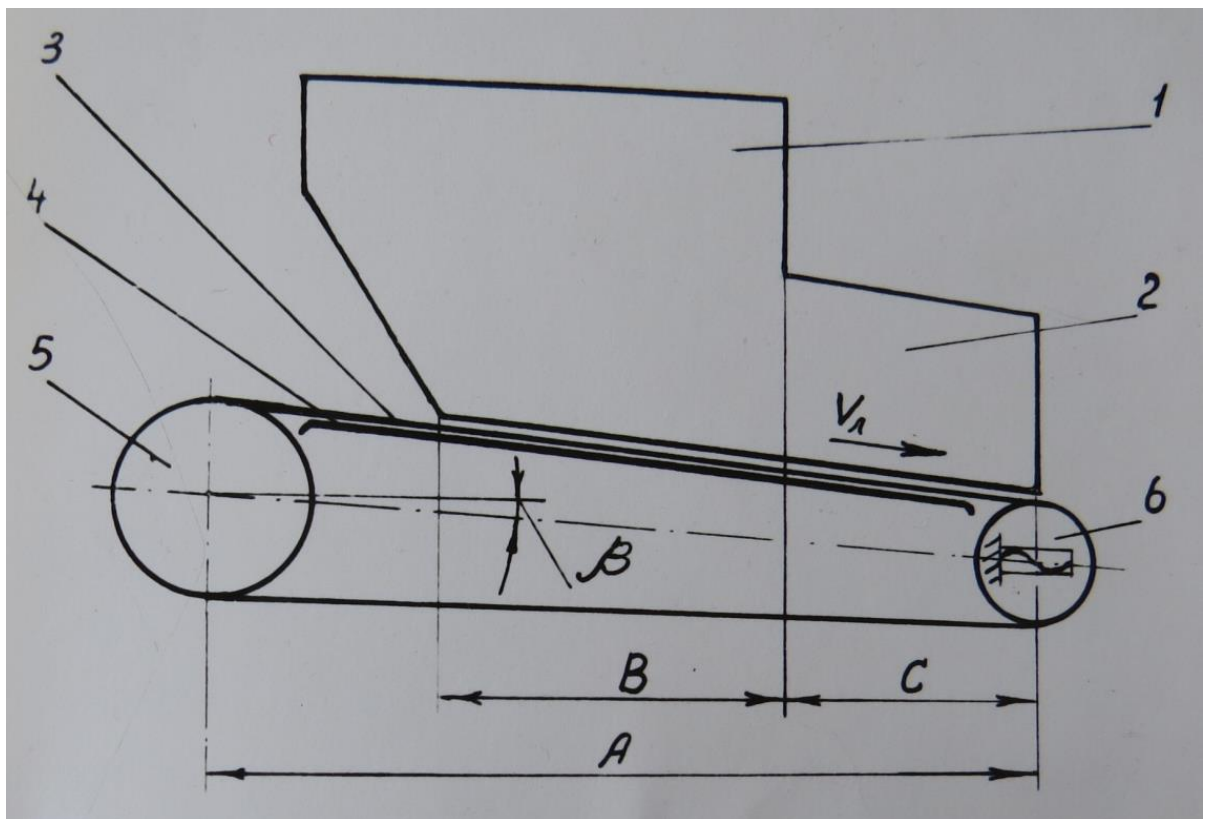


Рисунок 3.4 – Схема стрічкового живильника
з опорними елементами ковзання на вантажній гілці:

- 1 – бункер; 2 – вузол сполучення бункера з живильником; 3 – стрічка; 4 – опорний елемент ковзання; 5, 6 – відповідно приводний та хвостовий барабани;
 A – відстань між осями барабанів; B , C – довжини відповідно завантажувальної та лінійної частин живильника; β – кут нахилу вантажної гілки (кут установки)

Для обґрунтування параметрів і матеріалу футерівки опорних елементів ковзання та для перевірки вищезазначених очікуваних результатів інститутом були проведені експериментальні дослідження у важких промислових умовах експлуатації живильників: під завалом гірничої маси, у приміщеннях з підвищеною запиленістю повітря. На вантажних гілках живильників встановлювалися жолобчасті опори ковзання із суцільною футерівкою та кутом нахилу бічних частин 10° .

В якості досліджуваних матеріалів футерівок були обрані наступні:

- ст. 3 за ДСТУ 14637 товщиною 5 мм. Використання металевої футерівки пояснювалося прагненням можливого суміщення функцій вантажонесучого елементу та антифрикційного покриття для спрощення конструкції живильника та зменшення його маси і металоємності;

- поліетилен низького тиску (ПНД) за ДСТУ 16338 товщиною 20 мм;
- капролон В за ТУ-6-05-988 товщиною 20 мм;
- Suprolen (німецька торгова марка поліетилену низького тиску) товщиною 15 мм.

Вказані матеріали на основі полімерів мали наступні властивості [19]:

- високий опір зносу та хороші абразивні характеристики, що забезпечували потрібний режим ковзання;

- оптимальну ударну міцність та міцність на згинання;
- високостабільні еластичні властивості;
- здатність гасити вібрації.

Величини тисків на опори ковзання живильників складали від 20 до 35 кПа на завантажувальних частинах установок та від 3 до 5 кПа – на лінійних. Щоправда, слід зауважити: довжина лінійних частин на живильниках була порівняно невеликою, тому виділення її за характером навантаження опор є вельми умовним.

В якості критерію зносу футерівки в процесі експлуатації було прийнято змінення її товщини в контрольних точках по довжині живильника. Заміри здійснювалися через контрольні отвори, виконані на поверхні опори. В табл. 3.3 приведені показники працездатності опорних елементів, отримані в результаті проведених експериментальних досліджень.

Таблиця 3.3 – Показники працездатності опорних елементів

Номер живильника	Матеріал опори ковзання	Показники працездатності		
		Термін служби t_p , років	Межі зносу опори δ , мм	Питомий знос δ_p , мм/рік
1	ролікоопори	6	-	-
2	капролон В	6,5	1,0-3,0	0,15-0,45
3	Suprolen	8	2,0-4,0	0,25-0,5
4	ст. 3	6	1,0-1,5	0,17-0,25
5	ст. 3	3	0,5-1,0	0,17-0,34
6	капролон В	1	1,0-1,5	1,0-1,5
7	ПНД	2,5	1,0-1,5	0,4-0,6

Слід зауважити, що у початковий період експлуатації (приблизно протягом 6-8 місяців для поліетилену низького тиску), як це відбувається у будь-якій парі тертя, триває режим притирання поверхонь контактуючої пари. Далі, аж до настання граничного зносу, візуально робочі поверхні футерівок мали наступний вигляд:

- ПНД та Suprolen – дзеркальні поверхні з великою чистотою;
- капролон В – гладка поверхня з характерними смугами від абразивних частинок;
- ст. 3 – поверхня з яскраво вираженими слідами абразивних частинок.

За результатами випробувань була визначена середня стійкість футерувальних елементів з антифрикційних матеріалів. Розрахунок стійкості здійснювався за допомогою наступної формули:

$$R = \frac{F_{\text{сер}} P a k_b k_c}{\delta},$$

де $F_{\text{сер}} = \frac{3600 Q_{\text{рік}} t_{\text{рік}} v_c}{Q_{\text{ж}}}$ – середнє напруження на відмову (на момент замірів); $Q_{\text{рік}}$ – фактична річна продуктивність вузла видачі гірничої маси, т/рік; $Q_{\text{ж}}$ – продуктивність живильника, т/год.; $t_{\text{рік}}$ – термін служби опори, рік; v_c – швидкість стрічки,

м/с; P – середній тиск на елемент, Па; a – коефіцієнт режиму навантаження опори; k_b – коефіцієнт абразивності вантажу; k_c – коефіцієнт абразивності обкладинки стрічки; δ – величина зносу футерувального елемента до відмови (на момент заміну), м.

Значення коефіцієнтів a , k_b , k_c прийнято за результатами обробки лабораторних досліджень. Для суцільних жолобчастих опор $a = 1,1$, а для гумо-тканинних стрічок $k_c = 1,0$. Найбільш складним представлялося врахування абразивності транспортіваних вантажів, адже в процесі експлуатації живильників властивості матеріалів, що поступали у технологічний ланцюг (у тому числі вологість), змінювалися вельми істотно. Тому для розрахунку було використано приведені значення коефіцієнту абразивності:

$$k_{в\text{ пр}}^{\phi} = \frac{\sum M_{вi} k_{вi}}{\sum M_{вi}},$$

де $M_{вi}$ – кількість транспортованого матеріалу i -го гатунку; $k_{вi}$ – коефіцієнт абразивності матеріалу i -го гатунку.

Значення стійкості антифрикційних матеріалів приведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Значення стійкості антифрикційних матеріалів

Матеріал	Стійкість, 10^{10} Па
ПНД	1,08-1,32
Капролон В	2,64-3,80
Suprolen	1,45
Ст. 3	0,65-0,86

Незважаючи на значний розкид величин, отриманих на підставі тривалого періоду експлуатації стрічкових живильників з опорами ковзання, значення стійкості футерувальних матеріалів вельми точно відображають переваги кожного з них у конкретних умовах роботи. Наприклад, очікувана довговічність опорних елементів ковзання, футерованих ПНД на стрічковому конвеєрі зі швидкістю руху

стрічки 1,6 мс при тиску на опору 5,0 кПа (виходячи з абразивності залізної руди та експлуатації протягом 20 годин на добу) складає приблизно 2,5 роки [20].

З огляду на вартість та доступність матеріалів, можна рекомендувати для промислового використання поліетилен низького тиску (ПНД).

Таким чином, можна зробити наступний висновок: під час розрахунку тягового зусилля приводу живильника чи конвеєра стрічкового типу з використанням на вантажонесучій гілці елементів ковзання з футерівкою, виконаною з поліетилену низького тиску, при швидкості руху стрічки до 2,0 м/с та питомому тиску до 6 кПа потрібно закладати коефіцієнт опору руху стрічки по опорах величиною 0,18-0,20. Очікувана довговічність опорних елементів ковзання на установці з такими параметрами і режимом роботи 20 годин на добу складе 2 роки.

Застосування таких конструкцій транспортних засобів дасть можливість суттєво скоротити обсяги допоміжних робіт та збільшити продуктивність транспортних систем гірничих та гірничозбагачувальних підприємств.

3.5 Рекомендації щодо використання опорних елементів ковзання на стрічкових конвеєрах ДСФ

Конструктивною відмінністю лінійної секції стрічкового конвеєра з плоскими опорними елементами на його вантажній гілці є відсутність роликів, функції яких виконує нерухома опорна поверхня, що сприймає навантаження від рухомої стрічки з вантажем. Форма опорної поверхні може бути як плоскою, так і жолобчастою, а сам опорний елемент – суцільним або решітчастим.

Іншою схемою лінійної секції може бути схема з комбінованими опорами на вантажній гілці, яка суміщає в собі переваги конвеєрів з роликООпорами і з опорами ковзання. У комбінованому варіанті опори бічні ролики замінюються опорами ковзання, а середній ролик залишається.

Для зниження зносу, зменшення опору руху плоскі опорні елементи футеруються антифрикційними зносостійкими покриттями.

Доцільним є використання плоских амортизаційних елементів у пунктах за-

вантаження конвеєрів. Це дозволяє знизити динамічні контактні напруження у стрічці, що в певних випадках є основною причиною її зносу, та усунути поздовжні пориви стрічки під час пробою її негабаритними включеннями. Це досягається тим, що при транспортуванні дрібношматкової гірничої маси в пункті завантаження встановлюються жорсткі суцільні антифрикційні опорні елементи (рис. 3.5), а під час транспортування крупношматкової гірничої маси опорні амортизаційні елементи з антифрикційною футерівкою (рис. 3.6).

3.6 Дослідження можливості використання стрічкових конвеєрів з опорами ковзання в умовах підземного очисного виймання руди

Як вже говорилося вище, технічні засоби дільничного транспорту рудної шахти можуть забезпечити найкращі техніко-економічні показники роботи не лише на видачі руди з очисного забою, але й у масштабі усього підземного підприємства за умови використання потокової форми організації процесу видобутку руди із застосуванням комплексів транспортних машин для випуску руди з блоків та її відкатки. В блоках здійснюються найбільш трудомісткі операції загального процесу відкатки руди, тому на очисне виймання припадає більше 30% трудових та матеріальних витрат, пов'язаних з транспортом [12].

Використання в очисних комплексах стрічкових конвеєрів в якості доставкових засобів дасть можливість забезпечити повну керованість та суттєву інтенсифікацію процесу випуску руди з блоків за допомогою віброживильників заглибленого типу.

Криворізьким інститутом НДГРІ за участю ІГТМ було запропоновано та розроблено технічне рішення, створено та випробувано на практиці експериментальний зразок очисного доставкового комплексу КОС для роботи в умовах залізорудних шахт Кривбасу. До складу комплексу входили машини, можливості яких охоплювали весь перелік очисних робіт – випуск руди, завантаження її на конвеєр, доставку в гезенк, завантаження у вагони електровозної відкатки, а саме:

- засоби випуску руди з блоків (віброживильники типу ВДПУ-4ТМ, ПВУ

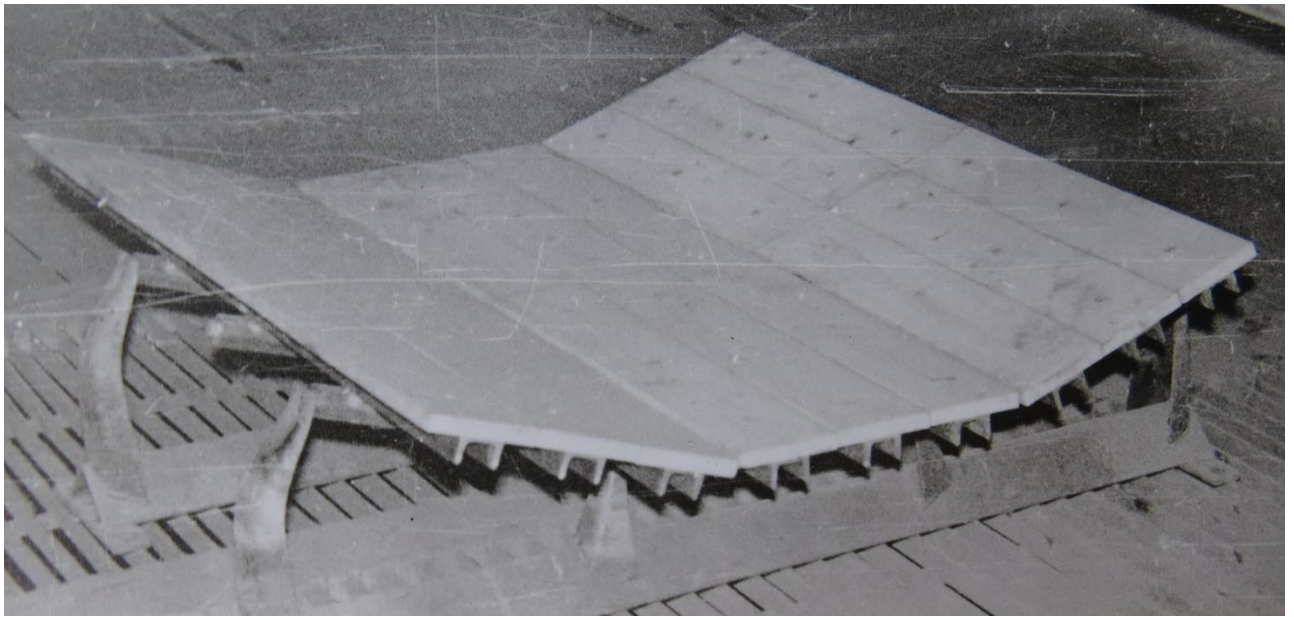


Рисунок 3.5 – Завантажувальна секція для дрібношматкового матеріалу

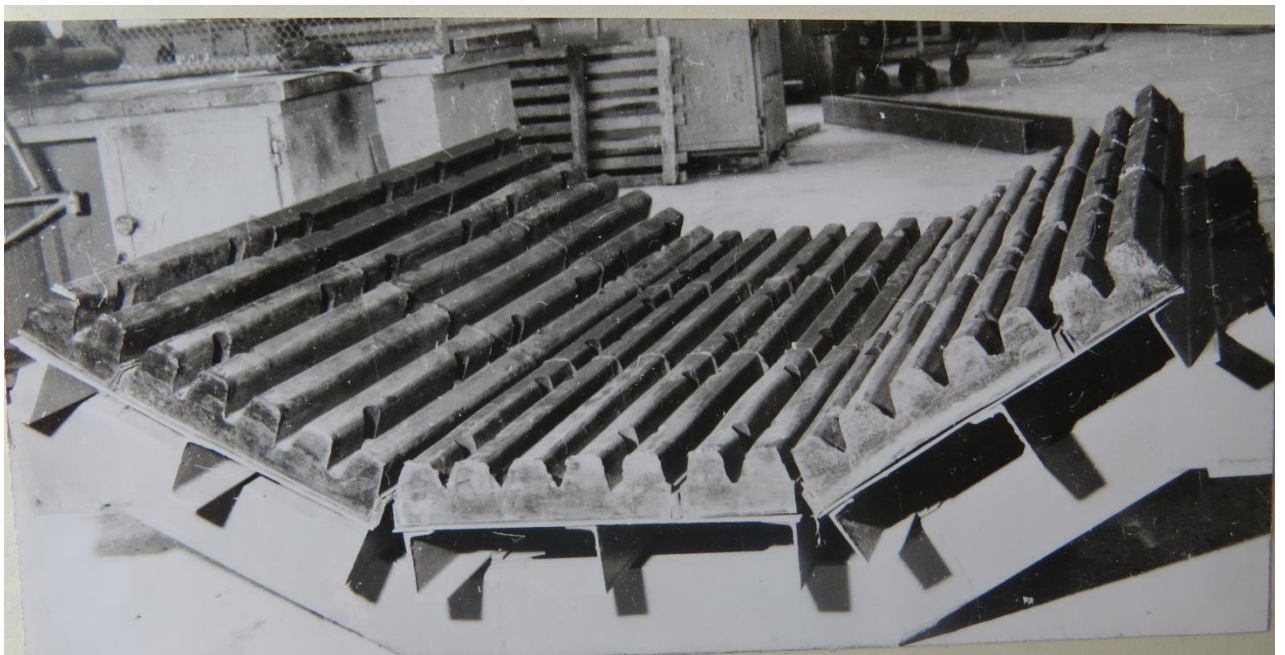


Рисунок 3.6 – Завантажувальна секція для крупношматкового матеріалу

або ПШВ-4,75);

- перевантажник вібраційний самохідний;
- доставковий стрічковий конвеєр мобільного типу з опорами ковзання ван-

тажної гілки стрічки;

- вібраційний люк для випуску руди з гезенку і завантаження її у вагони (1АШЛ або ЛШВ-3,35).

Умови роботи комплексу надзвичайно важкі. Достатньо сказати, що його машини мають бути спроможними випускати і доставляти руду, яка містить негабарити розміром до 1000-1200 мм і масою до 2-3 тонн.

Для нас найбільший інтерес представляє конструкція доставкового стрічкового конвеєра. Для підтримки вантажної гілки стрічки в ньому використовуються опорні елементи ковзання, виготовлені з ПНД. Елементи футерівки спираються на металеву підставу опорного вузла через пружні прокладки з конвеєрної стрічки, які служать для компенсації неточностей виготовлення металоконструкції опори та динамічних навантажень під час транспортування крупношматкового вантажу. Усе це сприяє зменшенню зносу стрічки та футерувальних елементів.

Другою найважливішою властивістю конструкції конвеєра є його мобільність. Для різкого зменшення трудомісткості монтажних-демонтажних робіт та обслуговування він виконаний у вигляді окремих секцій (модулів), змонтованих на ходових частинах шахтних вагонеток ВГ-4,5А з колією 750 мм. Потрібна довжина установки може бути легко набрана з двох приводних та певної кількості лінійних секцій, з'єднаних між собою болтами. Для холостої гілки стрічки на кожній лінійній секції встановлені під кутом дві пари роликів.

В якості приводу конвеєра використовувалася конструкція вбудованого мотор-барабану з повітряним охолодженням потужністю 40 кВт.

Принципові схеми конвеєра та його лінійної секції (модулю) показані відповідно на рис. 3.7 і 3.8, а технічна характеристика конвеєра приведена в табл. 3.5 [42].

Схема установки комплексу КОС у доставковій виробці та його загальний вигляд у ній показані на рис. 3.9.

Метою дослідницьких випробувань була перевірка працездатності конструкції конвеєру в промислових умовах експлуатації та оцінка раціонального режиму роботи його основних вузлів. Під час випробувань фіксувалися наступні парамет-

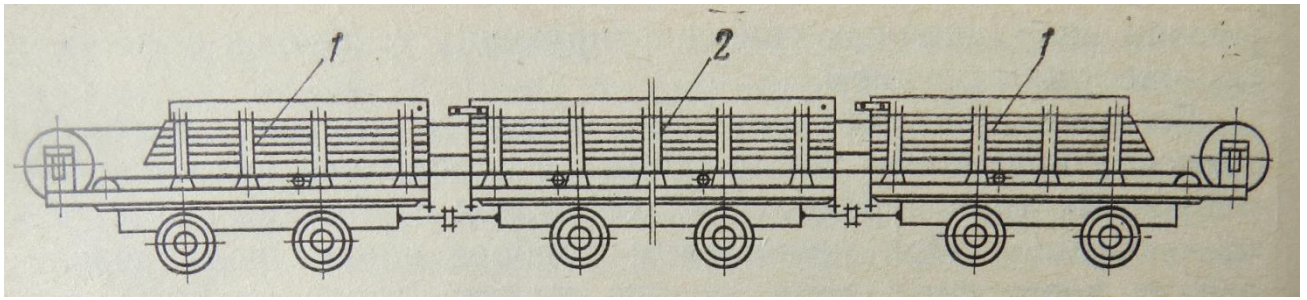


Рисунок 3.7 – Принципова схема модульного доставкового конвеєра:
1 – приводні секції (модулі); 2 – лінійна секція

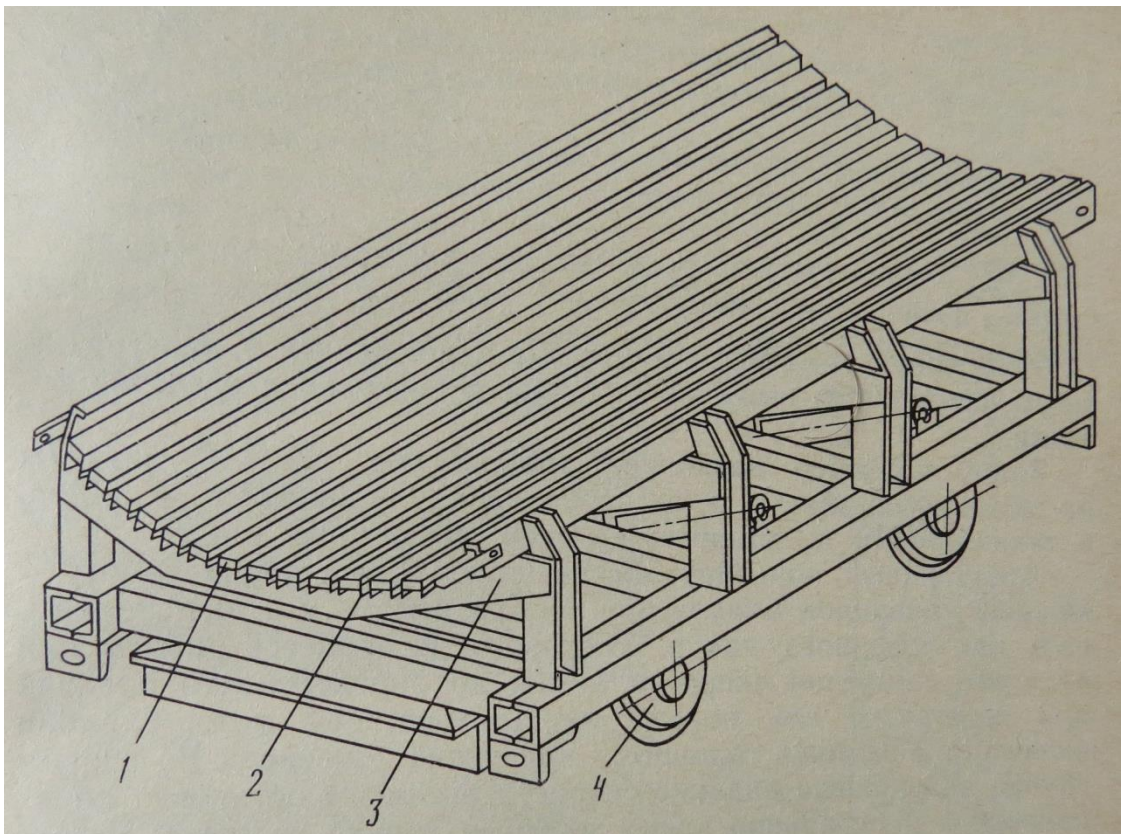


Рисунок 3.8 – Принципова схема лінійної секції (модулю) конвеєра:
1 – опори ковзання (смуги ПНД поперечним перетином 30x50 мм);
2 – поздовжні швелери; 3 – поперечні шпангоути; 4 – ходова частина

ри: величина погонного навантаження, споживана потужність приводу, швидкість руху стрічки, температура і знос стрічки та опорних елементів ковзання.

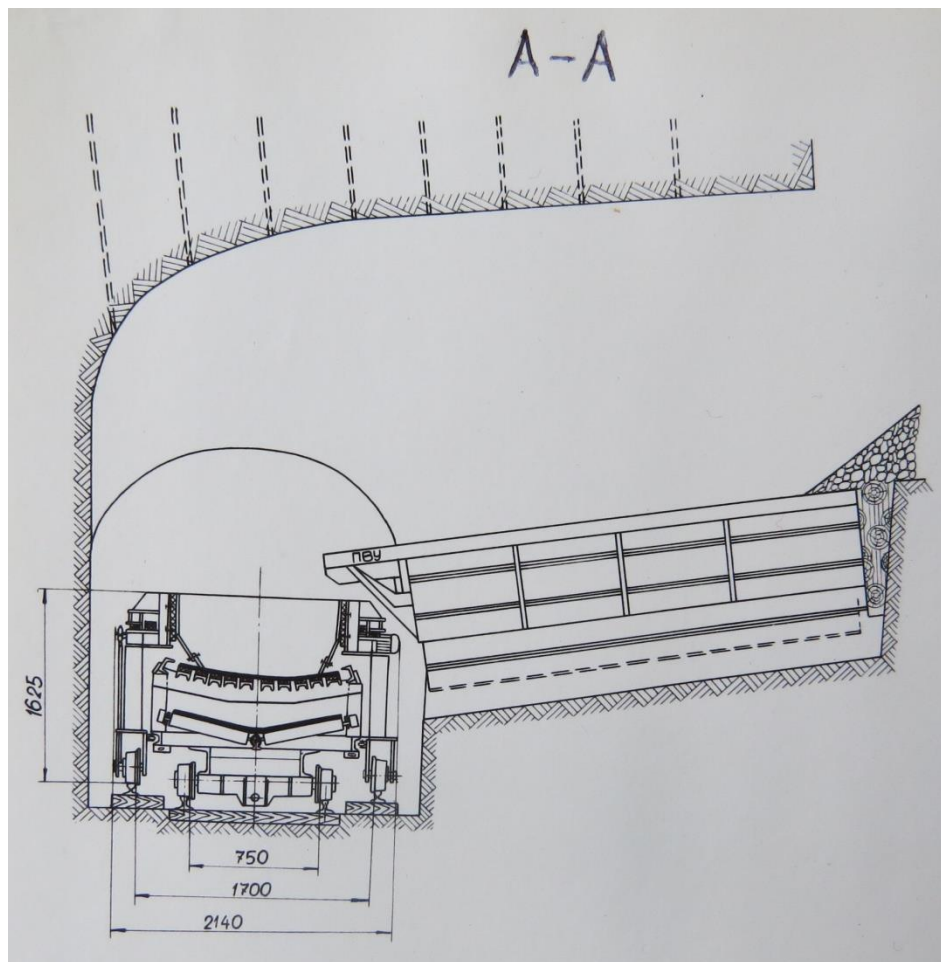
Потужність приводного двигуна конвеєра на різних режимах його роботи реєструвалася трифазовим самописним ватметром, що вмикався у трифазову мережу через трансформатор струму УТТ-5. При цьому досліджувалися наступні режими роботи конвеєра:

Таблиця 3.5 – Технічна характеристика модульного доставкового конвеєра

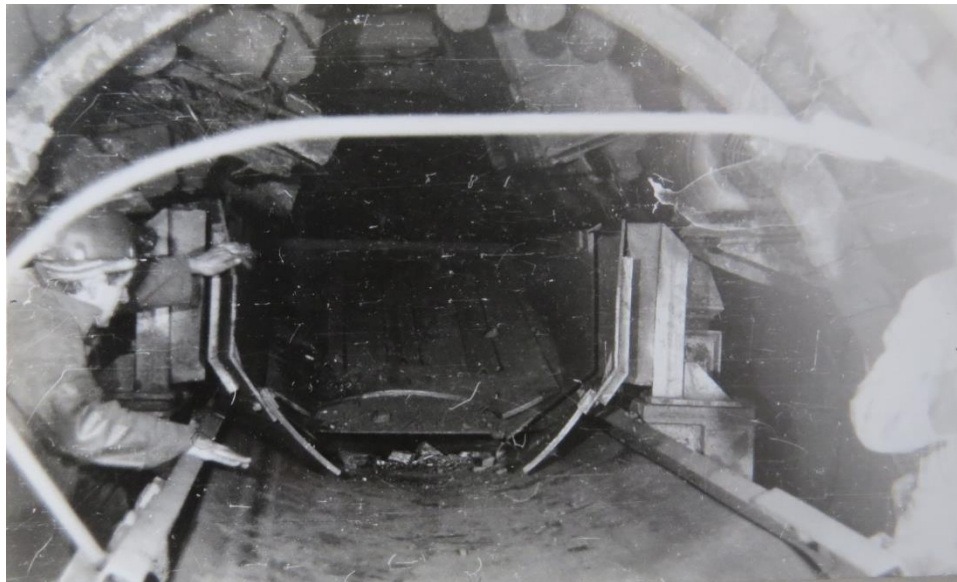
Показники	Значення
Продуктивність, м ³ /год.	350-450
Довжина конвеєра, м	50
Стрічка:	
тип	негорюча ПВХ-120
ширина, мм	1000
швидкість руху, м/с	1,0-1,5
Потужність приводу, кВт	2 x 40 = 80
Приводний модуль:	
габаритні розміри, мм:	
довжина	3070
ширина	1500
висота	1160
маса, кг	3000
Лінійний модуль:	
габаритні розміри, мм:	
довжина	3450
ширина	1400
висота	1160
маса, кг	2500

- пуск установки з порожньою вантажною гілкою;
- пуск установки із завантаженою по усій довжині вантажною гілкою;
- усталений режим роботи конвеєра з вантажем на стрічці;
- усталений режим роботи конвеєра з порожньою вантажною гілкою.

Енергоємність транспортування конвеєром з опорними елементами ковзання визначалася як відношення поточного значення потужності до фактичної продуктивності на даний момент часу. При цьому фіксувалися форма та жорсткість опори, завантаженість робочої поверхні стрічки, характер та величина її завантаження. Погонне навантаження визначалося методом зважування вантажу, що знаходився на ділянці стрічки довжиною 1 м за допомогою динамометру ДПУ-0,1/2 з межею вимірювання до 1000 Н.



a



б

Рисунок 3.9 – Очисний доставковий комплекс КОС. Продовження:
a – схема установки у доставковій виробці (перетин А-А);
б – загальний вигляд комплексу

Швидкість конвеєрної стрічки вимірювалася тахометром типу СК.

Швидкість конвеєрної стрічки вимірювалася тахометром типу СК.

Заміри температури футерівки робилися після встановлення стаціонарного теплового режиму пари тертя у трьох точках на кожному модулі конвеєра за допомогою приладу, спеціально розробленого з цією метою.

Оцінка величини зносу футерівок опорних елементів ковзання здійснювалася методом штучних баз. За допомогою цього методу значення зносу встановлювалося за зміненням розмірів штучно нанесених поглиблень, виконаних на поверхні, що піддається зносу, шляхом свердлення конічних отворів.

Для обробки отриманих даних використовувався статистичний метод із дододженням апарату теорії випадкових похибок вимірювань.

Дослідні випробування проводилися на шахті «Гвардійська» в очисному блоці з мартитовою рудою міцністю 12-18 за шкалою проф. М.М. Протод'яконова із вмістом заліза 46-49%. Руда випускалася з блоку віброживильниками на робочий орган перевантажувального вібраційного пристрою, який розвертав потік гірничої маси на 90° та укладав його на стрічку модульного конвеєра. Довжина доставки конвеєра змінювалася в залежності від того, з якого віброживильника здійснювався випуск. Отримані в результаті замірів величини потужності, споживаної приводом конвеєра, приведені в табл. 3.6.

Під час роботи комплексу була повністю доведена експлуатаційна надійність конвеєра з опорами ковзання. Нагріву стрічки та опорних елементів не спостерігалось, їхні контактуючі поверхні практично не зносилися (не враховуючи дрібних подряпин від абразивних частинок руди). Процес транспортування крупношматкової руди відбувався у стійкому режимі. Максимальний розмір шматка, що транспортувався без зупинки машин комплексу, досягав 1200 мм. Знос робочої обкладинки стрічки незареєстрований.

Висновки:

- аналіз сучасного стану розвитку гірничої промисловості та перспектив зростання ефективності процесів видобутку та переробки корисних копалин показує, що обґрунтування параметрів та створення опорних елементів ковзання для ван-

Таблиця 3.6 – Потужність, споживана приводом конвеєра

Довжина транспортування, м	Погонне навантаження, Н/м	Споживана потужність, кВт
1,5	холостий хід	18,6
1,5	500	21,4
1,5	900	23,5
1,5	1500	25,2
14,1	холостий хід	18,6
14,1	450	24,4
14,1	870	26,5
14,1	1600	29,0

тажних гілок стрічкових конвеєрів для підвищення надійності і покращення техніко-економічних показників роботи установок в системах підземного та поверхневого транспорту руди на гірничих підприємствах є важливим науково-практичним завданням;

- стрічкові конвеєри рудників та рудопереробних виробництв використовуються в основному для перевезення крупношматкових високоабразивних вантажопотоків, засмічених численними сторонніми металевими та дерев'яними предметами. Операції видалення відходів та вторинного дроблення негабаритів вимагають значних витрат часу і праці, а недостатня якість виготовлення та обслуговування роликів в умовах значних навантажень і підвищеного пилоутворення призводять до частих відмов цього відповідального обладнання. Можливим шляхом подолання цих труднощів є перехід на конструкції стрічкових конвеєрів з опорними елементами ковзного типу;

- для створення працездатних конструкцій конвеєрів на опорах ковзання потрібно вибрати раціональні антифрикційні матеріали для них, проаналізувати характер взаємодії стрічки з опорними елементами, температурний режим роботи опорних елементів ковзання та стрічки, оцінити величини споживаної потужності приводу конвеєра в залежності від типу опор на вантажній гілці та її погонного навантаження. Проведені під час виконання роботи дослідження дозволили вирі-

шити ці задачі і сформулювати відповідні рекомендації щодо втілення отриманих результатів на практиці;

- з огляду на вартість та доступність матеріалів, а також можливість виготовлення довгомірних виробів для промислового використання в якості опор ковзання стрічкових конвеєрів рекомендується поліетилен низького тиску (ПНД). Запропоновано також конструктивні виконання таких опор для вантажопотоків з різними характеристиками;

- результати проведених досліджень дозволяють констатувати, що стрічкові конвеєри з плоскими опорними елементами ковзання мають наступні переваги: відсутність ворухіння матеріалу на лінійній частині установки, що дає можливість транспортувати крупношматкову гірничу масу або матеріали зі значним вмістом пилу; підвищену надійність конструкції внаслідок відсутності роликів; зменшення витрат на транспортування за рахунок значно меншої вартості погонного метра лінійної частини та скорочення експлуатаційних витрат на ліквідації просипу матеріалу та обслуговування роликів; можливість створення конвеєрів закритої конструкції, яка дозволяє повністю ізолювати транспортований матеріал і виключає пиловиділення; можливість підвищення кута нахилу установок (для залізної руди – до 26°) за рахунок нерухомого положення матеріалу на стрічці; високу економічну ефективність за рахунок заощадження коштів на капітальні та експлуатаційні витрати та збільшення терміну служби стрічки;

- зокрема, застосування опорних елементів ковзання на підземному доставковому конвеєрі модульного типу, що входив до складу очисного доставкового комплексу КОС, дозволило транспортувати крупношматкову гірничу масу з розмірами окремих шматків до 1,2 м; отримати установку багаторазового використання з можливістю легкого змінення її довжини; різко знизити витрати на монтаж-демонтажні операції. Комплекс забезпечив підвищення продуктивності на випуску і доставці гірничої маси в 1,2-5,5 разів, зниження обсягів підготовчо-нарізних робіт в 1,1-2,8 рази.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОПОР КОВЗАННЯ В ПРОЦЕСАХ МЕХАНІЗАЦІЇ ДОПОМІЖНИХ ОПЕРАЦІЙ

4.1 Обґрунтування актуальності застосування опор ковзання для удосконалення роботи металошукачів стрічкових конвеєрів ДСФ

Згадана вище, у п. 3.2 даної роботи, засміченість рудопотоків, що поступають з шахт і кар'єрів на дробильно-сортувальні підприємства, суттєво ускладнює процеси підготовки мінеральної сировини до збагачення. Особливо це стосується випадкових металевих предметів, яких багато зустрічається в гірничій масі. Ці уламки бурового інструменту, елементів рейкових шляхів та кріплень, залишки тросів і дротів можуть потрапити у дробарки і заклинити їх або зламати виконавчі органи установок (адже ці предмети неможливо подробити), перекрити випускні отвори лійок бункерів, розрізати стрічки конвеєрів, ушкодити чи зовсім вивести з ладу цінне механічне обладнання тощо. Сторонні металеві вироби або їхні фрагменти можуть мати різні форми і розміри, а також відрізнятися магнітними властивостями, шкідливими для роботи тих чи інших агрегатів і приладів.

Усе це стає причиною необхідності своєчасного виявлення та вилучення металевих предметів з рудопотоків, причому якомога раніше, ще практично на вході в ДСФ. Для виявлення металу серед шматків гірничої породи використовуються металошукачі різних принципів дії та конструкцій, а для механізації прибирання знайдених предметів – спеціальні залізовіддільники.

За особливостями конструктивного виконання промислові металошукачі для гірничопереробних підприємств можна розділити на дві основні групи: з постійним магнітним потоком; зі змінним магнітним потоком. Перші спроможні виявити феромагнітні тіла у потоці немагнітної сировини, а другі – будь-які металеві предмети у потоці магнітної сировини. Деякі конструкції металошукачів другої групи здатні ідентифікувати металеві вироби, що мають магнітні властивості, в нестабільному потоці феромагнітних руд. До них відноситься конструкція металошукача МТ-6 [14].

Металошукач МТ-6 складається з котушки-датчика, змонтованої на рамі конвеєра, через яку проходить стрічка установки, та електронного блоку. Принцип дії металошукача МТ-6 заснований на зміні характеристик коливного контуру при внесенні в котушку-датчик електропровідного матеріалу. Проте, подібний спосіб виявлення металевих предметів в умовах контролю рухомого вантажопотоку, що переміщається на стрічці конвеєра, страждає значною неточністю через велику кількість помилкових спрацьовувань приладу. Основною причиною цього є змінність вантажопотоку на стрічці, в результаті якої постійно змінюється зазор між рудою і котушкою. Крім того, у місці встановлення металошукача жолоб стрічки конвеєра під час проходження котушки виположується, що спричиняє просипи транспортованого вантажу.

Для усунення помилкових спрацьовувань металошукача та просипів руди в місцях його установки пропонується постачити конструкцію приладу спеціальним несучим каркасом, утвореним несучою немагнітною балкою та антифрикційними немагнітними опорними елементами ковзання, закріпленими своїми кінцями на опорних стояках за допомогою жорстких немагнітних поясів. Котушка індуктивності жорстко закріплюється на несучій балці таким чином, що опорні елементи ковзання та несуча балка проходять через неї, утворюючи опорну поверхню для конвеєрної стрічки.

Пропоноване місце установки металошукача, як було сказано вище, на вході в ДСФ, наприклад на конвеєрі № 4 (див. схему апаратів ДСФ шахти «Батьківщина» на рис. 3.1). Для таких умов експлуатації вимоги до конструкції мають бути наступними:

- опорні елементи повинні витримувати погонне навантаження величиною 2000 Н/м при швидкості руху стрічки конвеєра 1,2 м/с;
- форма поперечного перетину вантажної гілки установки має бути виконана по дузі окружності у вигляді жолобу, що відповідатиме куту нахилу бічних роликів 20°;
- опорними елементами пристрою служать стояки;
- несучі пояси мають бути виконані з немагнітних матеріалів;

- монтаж опорних елементів повинен здійснюватися без розбирання катушки-датчика металошукача.

4.2 Аналіз несучої спроможності опорних елементів ковзання пристрою

Несучі опорні елементи ковзання металошукача повинні замінити ролики конвеєра у місці його установки і сприймати навантаження від стрічки з вантажем на верхній гілці. З конструктивної точки зору вони виконані у вигляді поздовжніх напрямних з антифрикційного матеріалу різного поперечного перетину.

Несуча спроможність опорних елементів може бути виражена жорсткістю, яка визначається фізико-механічними характеристиками матеріалу елементів та їхніми геометричними розмірами.

Для отримання залежностей між навантаженням, натягом та жорсткістю стрічки, кроком розташування опорних стояків та жорсткістю опорних елементів потрібно визначити нормальні тиски та дотичні напруження на робочій поверхні несучих опорних елементів. Під дією рівнорозподіленого навантаження q_v несучий опорний елемент з жорсткістю $E_o J_o$ прогнеться на величину U , яка, окрім жорсткості елемента, буде залежати від натягу S та жорсткості $E_c J_c$ стрічки.

Оскільки відомо, що дотичні напруження зосереджені на робочій поверхні опорних елементів, то для знаходження величини тиску на несучий опорний елемент по довжині між точками закріплення від стрічки з вантажем загальну контактну задачу можна розділити на дві сумісні:

- вигину стрічки як балки з жорстко защемленими кінцями під дією розтягувального S та рівнорозподіленого навантаження q_v , спрямованих вниз, та невідомої реакції $q_o(x)$, яка спрямована нагору;

- вигину опори як балки з жорстко защемленими кінцями під дією невідомого розподіленого навантаження $q_o(x)$, спрямованого вниз.

На рис. 4.1 представлені розрахункові схеми сумісних задач для розрахунку несучого опорного елемента ковзання. Для балки, схема якої дана на рис. 4.1б, диференціальне рівняння пружної лінії запишеться у наступному вигляді:

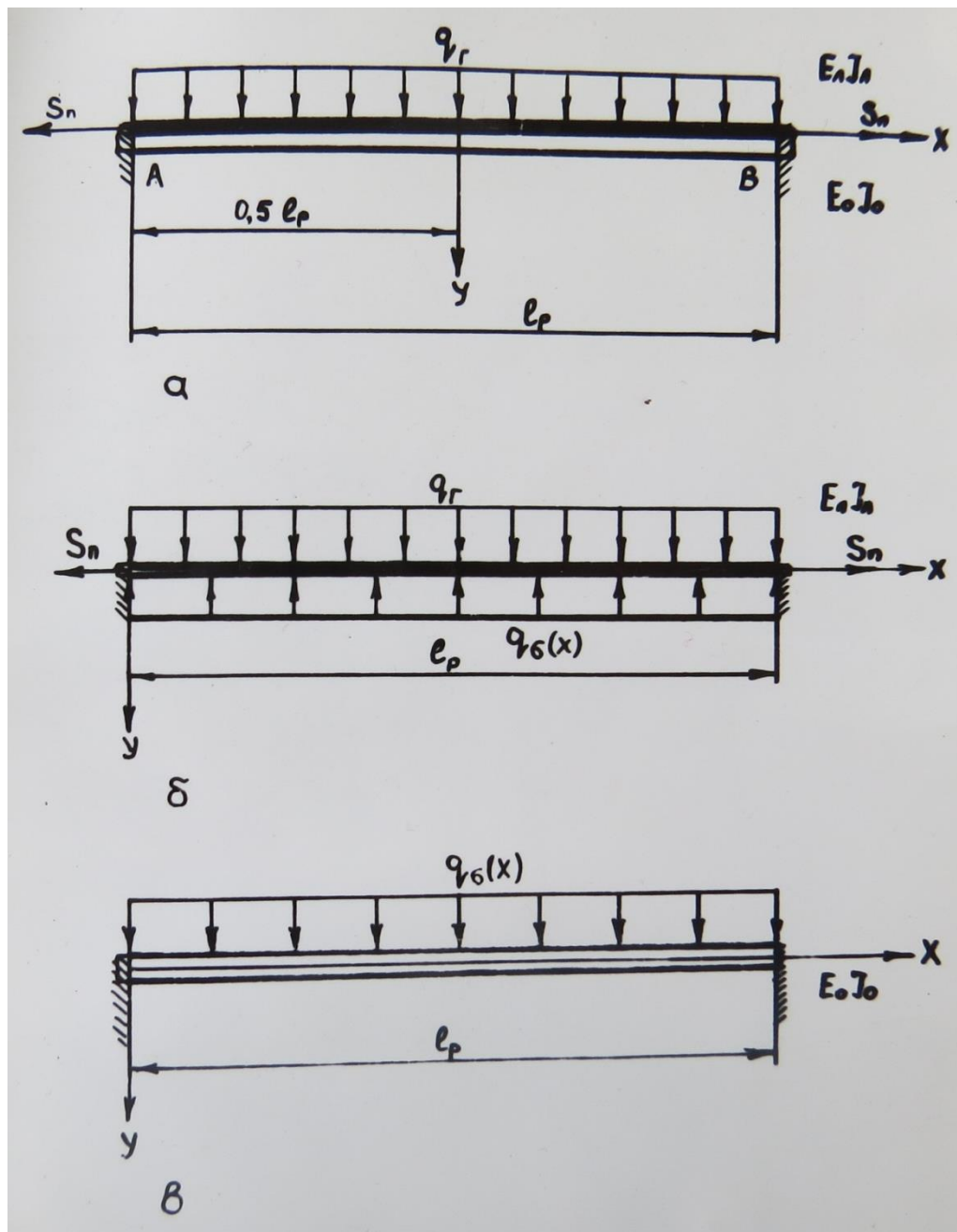


Рисунок 4.1 – Розрахункові схеми несучого опорного елемента ковзання:
 а – існуюча схема розрахунку; б – розрахункова схема вигину стрічки;
 в – розрахункова схема вигину несучої опори

$$E_c J_c U_1^{IV} = q_b - q_\sigma(x) + S U_1^{II}. \quad (4.1)$$

Для балки на схемі рис. 4.1 в таке ж рівняння матиме такий вигляд:

$$E_o J_o U_2^{IV} = q_\sigma(x). \quad (4.2)$$

При сумісній роботі стрічки та несучого опорного елемента прогини обох будуть однаковими, тому буде виконуватися наступна умова:

$$U_1(x) = U_2(x) = U(x). \quad (4.3)$$

Таким чином, ми маємо систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{aligned} E J_c U_1^{IV} &= q_b - q_\sigma(x) + S U_1^{II}, \\ E J_o U_2^{IV} &= q_\sigma(x). \end{aligned} \quad (4.4)$$

Невідомими величинами в них є тиск $q_\sigma(x)$ та прогин $U_1(x) = U_2(x)$. З урахуванням рівняння (4.3) систему рівнянь (4.4) можна записати у вигляді:

$$U^{IV} - \frac{S}{E_o J_o + E_c J_c} U^{II} - \frac{q_b}{E_o J_o + E_c J_c} = 0. \quad (4.5)$$

Загальне рішення диференціального рівняння (4.5) має наступний вигляд:

$$U(x) = -\frac{q_b}{S} \frac{x^2}{2} + A e^{\alpha x} + B e^{-\alpha x} + Cx + D, \quad (4.6)$$

$$\text{де } \alpha = \sqrt{\frac{S}{E_o J_o + E_c J_c}}.$$

Це рішення має чотири постійні A , B , C і D , які визначаються з граничних умов. Несучий опорний елемент жорстко защемлений своїми кінцями, тому можна з допустимою точністю прийняти, що стрічка також має жорстке защемлення в точках кріплення несучого елемента. Тоді граничні умови запишуться як:

$$\begin{aligned} x = 0; \quad U &= 0; \quad \frac{dU}{dx} = 0; \\ x = l_p; \quad U &= 0; \quad \frac{dU}{dx} = 0. \end{aligned} \quad (4.7)$$

Після підстановки (4.6) і (4.7) отримаємо алгебраїчні рівняння, з яких визначимо постійні:

$$A = \frac{q_b l_p}{\alpha S} \cdot \frac{1 - \frac{\alpha l_p}{2} - \left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) e^{-\alpha l_p}}{(2 - \alpha l_p) e^{\alpha l_p} + (2 + \alpha l_p) e^{\alpha l_p - 4}}; \quad (4.8)$$

$$B = \frac{q_b l_p}{\alpha S} \cdot \frac{1 + \frac{\alpha l_p}{2} + \left(\frac{\alpha l_p}{2} - 1\right) e^{-\alpha l_p}}{(2 - \alpha l_p) e^{\alpha l_p} + (2 + \alpha l_p) e^{\alpha l_p - 4}}; \quad (4.9)$$

$$C = \frac{q_b l_p}{\alpha S} \cdot \frac{2 + \left(\frac{\alpha l_p}{2} - 1\right) - \left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) e^{-\alpha l_p}}{(2 - \alpha l_p) e^{\alpha l_p} + (2 + \alpha l_p) e^{\alpha l_p - 4}}; \quad (4.10)$$

$$D = \frac{q_b l_p}{\alpha S} \cdot \frac{\alpha l_p + \left(\frac{\alpha l_p}{2} - 1\right) + \left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) e^{-\alpha l_p}}{(2 - \alpha l_p) e^{\alpha l_p} + (2 + \alpha l_p) e^{\alpha l_p - 4}}. \quad (4.11)$$

Якщо підставити рівняння (4.8)-(4.11) в рівняння (4.6), то можна отримати величину прогину уздовж опори:

$$U(x) = \frac{q_b}{2S} \left\{ x^2 - \frac{l_p}{2} \cdot \frac{\left(\frac{\alpha l_p}{2} - 1\right) [e^{\alpha l_p (1 - \alpha x - e^{-\alpha x})} - e^{\alpha x}] + \left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) [e^{\alpha l_p (1 - \alpha x - e^{-\alpha x})} - e^{-\alpha x}] - \alpha (2x - l_p)}{\left(1 - \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{\alpha l_p} + \left(1 + \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{-\alpha l_p - 2}} + \frac{\left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) [e^{\alpha l_p (1 - \alpha x - e^{-\alpha x})} - e^{-\alpha x}] - \alpha (2x - l_p)}{\left(1 - \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{\alpha l_p} + \left(1 + \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{-\alpha l_p - 2}} \right\}. \quad (4.12)$$

Величину тиску на несучий опорний елемент визначимо шляхом підстановки рівнянь (4.6) і (4.2):

$$q_\sigma(x) = E_0 J_0 \alpha^4 (A e^{\alpha x} + B e^{-\alpha x}). \quad (4.13)$$

Підставляємо у рівняння (4.13) знайдені значення A і B :

$$q_\sigma(x) = \frac{q_b l_p \alpha^3 E_0 J_0}{2S} \cdot \frac{e^{\alpha x} \left[1 - \frac{\alpha l_p}{2} - \left(\frac{\alpha l_p}{2} + 1\right) e^{-\alpha l_p}\right]}{\left(1 - \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{\alpha l_p} + \left(1 + \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{-\alpha l_p - 2}} - \frac{e^{\alpha x} \left[1 + \frac{\alpha l_p}{2} + \left(\frac{\alpha l_p}{2} - 1\right) e^{\alpha l_p}\right]}{\left(1 - \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{\alpha l_p} + \left(1 + \frac{\alpha l_p}{2}\right) e^{-\alpha l_p - 2}}. \quad (4.14)$$

Поділимо величину розподіленого навантаження $q_\sigma(x)$ на ширину несучого опорного елемента b і отримаємо напруження на поверхні елемента:

$$\sigma(x) = \frac{q_\sigma(x)}{b}. \quad (4.15)$$

В якості прикладу визначимо тиск по довжині несучого опорного елемента ковзання з поліетилену низького тиску з жорсткістю $E_0 J_0 = 28 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ за умови використання 4-прокладкової конвеєрної стрічки типу БКНЛ-65 з балочною жорсткістю $E_c J_c = 14 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$. Розрахунки показують, що тиск на несучий опорний елемент досягає мінімального значення при $x = 0,5 l_p$.

Для визначення нерівномірності тиску по довжині несучого елемента розрахуємо відносне змінення тиску на опору ковзання за наступною формулою:

$$\Delta = \frac{q_\sigma(0) - q_\sigma\left(\frac{l_p}{2}\right)}{q_\sigma(0)} \cdot 100\%, \quad (4.16)$$

або через напруження:

$$\Delta = \frac{\sigma(0) - \sigma\left(\frac{l_p}{2}\right)}{\sigma(0)} \cdot 100\%, \quad (4.17)$$

де $\sigma(0)$, $q_\sigma(0)$ – відповідно напруження та тиск на несучий елемент у точці x ; $\sigma\left(\frac{l_p}{2}\right)$, $q_\sigma\left(\frac{l_p}{2}\right)$ – відповідно напруження та тиск на несучий елемент у точці $x = 0,5l_p$.

Підставимо значення $q_\sigma(x)$ з (4.14) у (4.16):

$$\Delta = \left[1 - 2 \cdot \frac{2Sh\frac{\alpha l_p}{2} - \alpha l_p Ch\frac{\alpha l_p}{2}}{2Sh\alpha l_p - \alpha l_p (Ch\alpha l_p + 1)} \right] \cdot 100\%. \quad (4.18)$$

Якщо підставити числові значення змінних величин у рівняння (4.18), можна отримати залежності змінення тиску на несучі опорні елементи ковзання від довжини елемента l_p та натягу конвеєрної стрічки S . На рис. 4.2 представлені графіки таких залежностей.

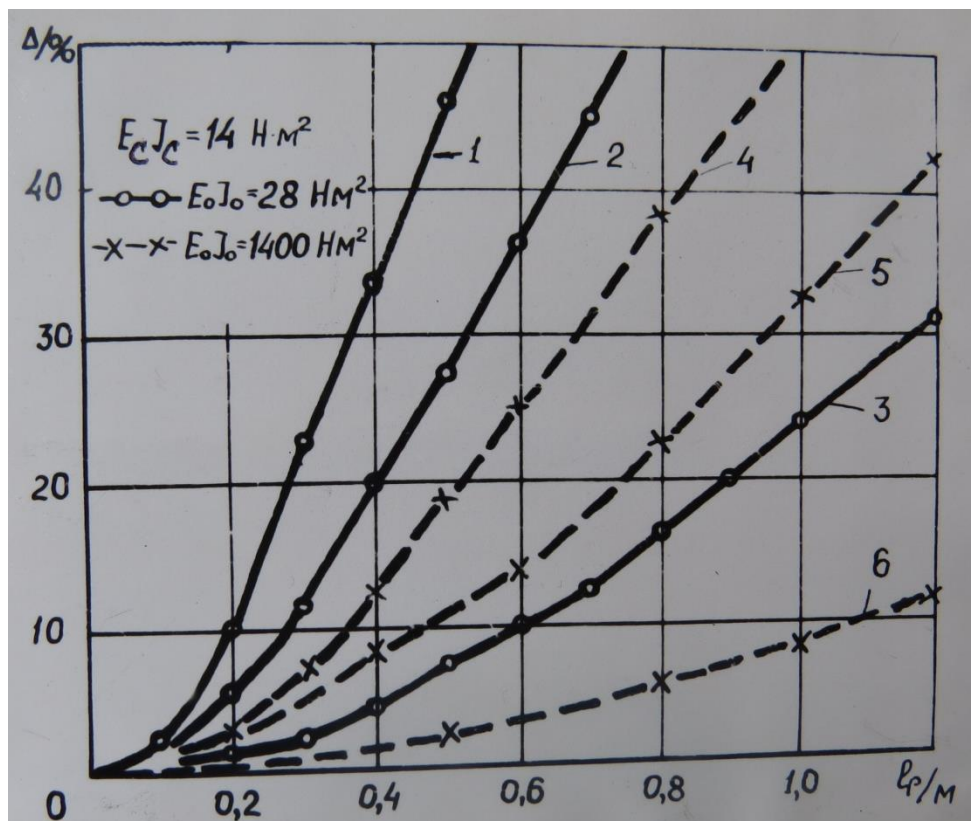


Рисунок 4.2 – Графіки залежності змінення тиску на несучі опорні елементи ковзання від довжини елемента l_p та натягу конвеєрної стрічки S :
1-6 – S дорівнює відповідно 1; 0,5; 0,1; 10; 5 та 1 кН

Як видно з графіків, при невеликій жорсткості несучого опорного елементу $E_o J_o = 28 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ змінення тиску в залежності від довжини опорного елементу змінюється за кривою, що близька до параболи. При цьому крутизна відносного змінення тиску залежить від величини натягу стрічки та збільшується у міру його зростання. Так, при довжині опорного елементу $l_p = 0,4 \text{ м}$ та натягу стрічки $S = 1000 \text{ Н}$ відносне змінення тиску становить 34%, а при натягу стрічки $S = 100 \text{ Н}$ – не перевищує 5%.

При більшій жорсткості опорного елементу ковзання $E_o J_o = 1400 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ змінення тиску менше залежить від натягу стрічки, хоча характер змінення залишається аналогічним. Так, при довжині опорного елементу ковзання $l_p = 0,6 \text{ м}$ відносне змінення тиску при натягу стрічки $S = 10000 \text{ Н}$ встановить 25%, а при натягу стрічки $S = 1000 \text{ Н}$ – не більше 3%.

Якщо прийняти допустиме змінення тиску $[\Delta] \leq 10\%$ та скористатися графіками на рис. 4.2, можна визначити оптимальні параметри несучого опорного елементу та величину натягу стрічки, при якому змінення тиску по довжині несучого опорного елементу не перевищуватиме допустимого.

При натягу стрічки $S = 5 \text{ кН}$ розрахункова довжина розташування опорних стояків для опорних елементів ковзання жорсткістю $E_o J_o = 1400 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ буде дорівнювати $l_p = 0,45 \text{ м}$.

Для опорних елементів ковзання прямокутного поперечного перетину маємо: $J_o = \frac{bh^3}{12}$. Тоді $h = \sqrt[3]{\frac{12J_o}{b}}$ або $h = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1400}{E_o b}}$. При $b = 50 \text{ мм}$ та $E_o = 7 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ отримаємо: $h = 75 \text{ мм}$.

4.3 Розробка конструктивного виконання вантажонесучих опор ковзання металошукача

Опори ковзання мають бути виконані з антимагнітного матеріалу. Схема опор ковзання приведена на рис. 4.3. Вони складаються з опорних конструкцій, встановлених з обох боків металошукача 1, та власне елементів ковзання 2.

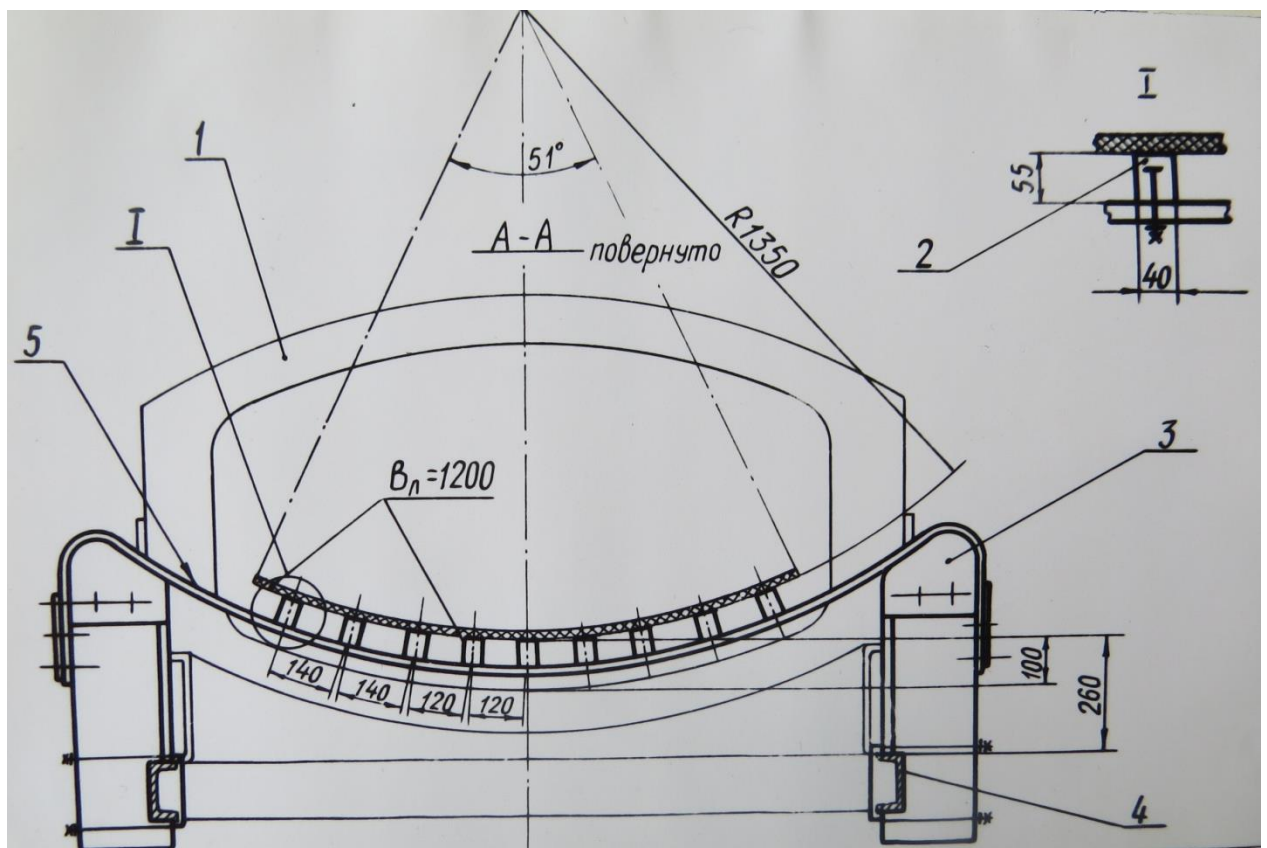
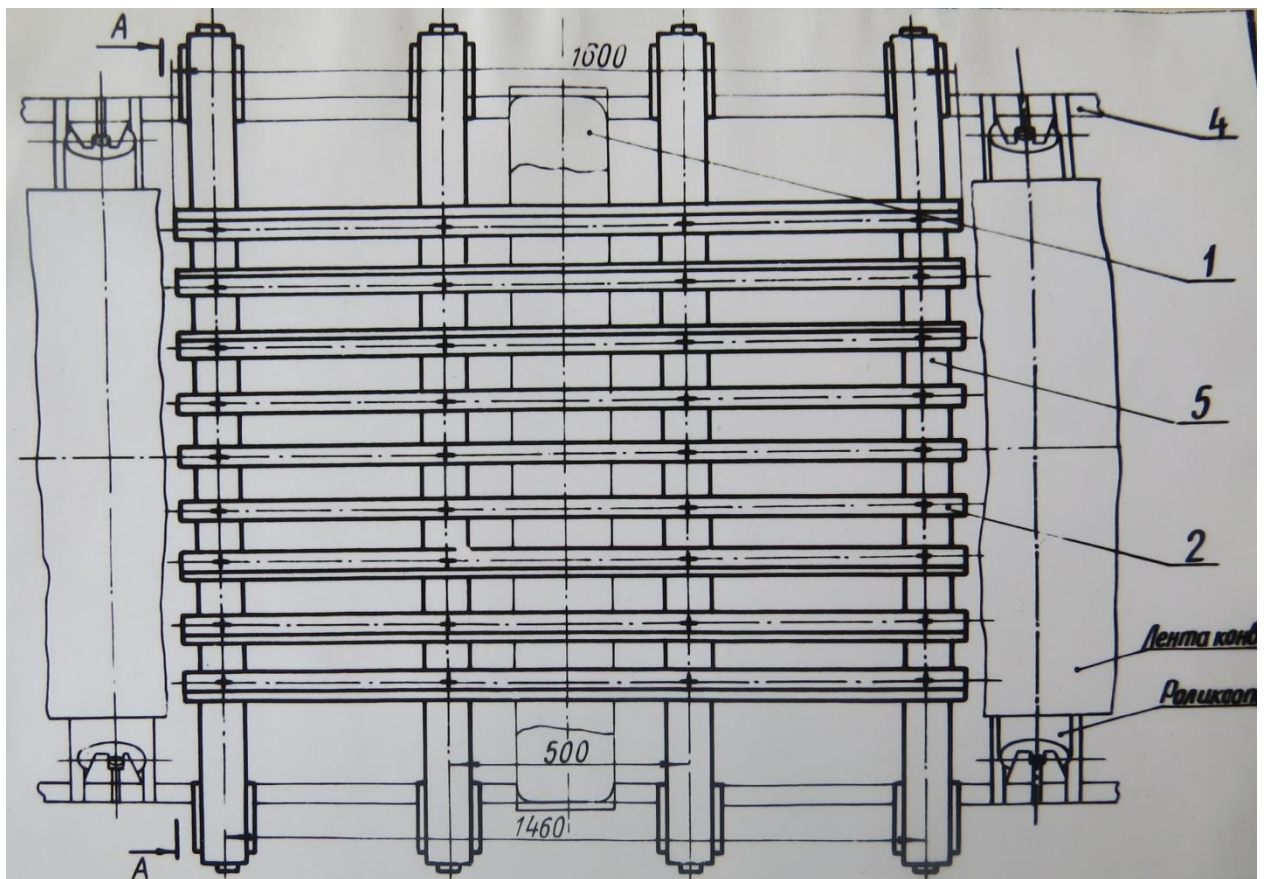


Рисунок 4.3 – Схема установки опор ковзання металошукача:
 1 – котушка-датчик металошукача; 2 – опорний елемент ковзання;
 3 – стояк; 4 – рама конвеєра; 5 – гнучкий пояс

Опорні конструкції представляють собою стояки 3, жорстко закріплені на рамі 4 поставу конвеєра та з'єднані між собою попарно гнучкими поясами 5 з п'я-типорокладкової конвеєрної стрічки за ДСТУ 20. На поясах лежать прикріплені до них у кількості дев'яти штук елементи ковзання 2, встановлені із заданим кроком, що збільшується від осі конвеєра до периферії. Матеріал елементів ковзання – поліетилен низького тиску ПНД за ДСТУ 16338. Розміри поперечного перетину елементів ковзання – 40 x 55 мм, довжина – 1600 мм. Елементи ковзання розташовані у поперечному перетині конвеєра по дузі окружності радіусу 1350 мм, що відповідає куту жолобчастості стрічки 20°, і проходять крізь вікно металошукача, підтримуючи при цьому стрічку конвеєра (див. рис. 4.3, перетин А-А).

Така конструкція опор ковзання металошукача для підтримки вантажної гілки конвеєра на місці його установки пройшла дослідницькі випробування на лінійній частині конвеєра № 4 ДСФ шахти «Батьківщина». Схема конвеєра показана на рис. 4.4, а його технічна характеристика приведена в табл. 4.1. На рис. 4.5 показана установка металошукача з опорними елементами ковзання на цьому конвеєрі.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика конвеєра № 4 ДСФ шахти «Батьківщина»

Показники	Значення
Довжина конвеєра, м	14
Ширина стрічки, мм	1200
Швидкість руху стрічки, м/с	1,2
Потужність двигуна, кВт	17
Транспортований матеріал:	
тип	залізна руда
густина, т/м ³	2,2
крупність шматків (до 300 мм), %	12
маса шматка, кг	35
Характеристики навколишнього середовища:	
температура, °С	від 5 до 25
запиленість повітря	підвищена

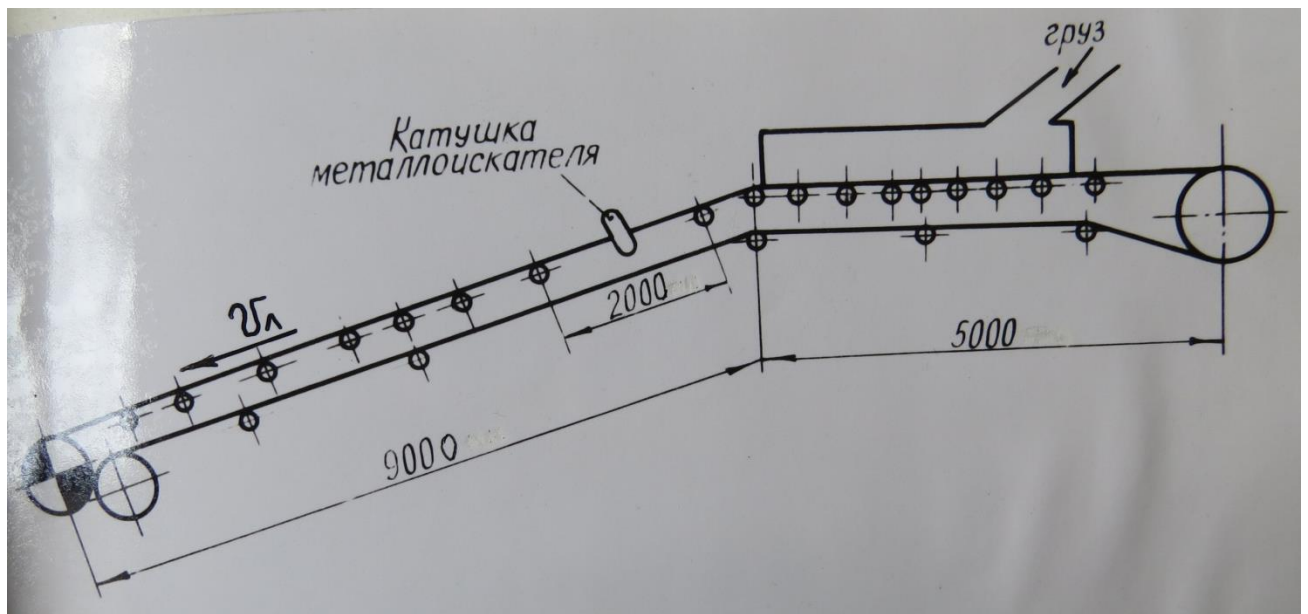


Рисунок 4.4 – Схема стрічкового конвеєра № 4 ДСФ шахти «Батьківщина»



Рисунок 4.5 – Установка металлошукача з опорними елементами ковзання на конвеєрі № 4 ДСФ шахти «Батьківщина»

Під час проведення випробувань вимірювалися погонне навантаження та прогин конвеєрної стрічки, що проходила крізь котушку металошукача. Погонне навантаження визначалося шляхом зважування кількості вантажу, знятого з одного погонного метру стрічки. Прогин стрічки вимірювався на зупиненому конвеєрі.

Величина погонного навантаження змінювалася від 0 до 1200 Н/м. Що стосується прогину стрічки, то до установки секції його величина у точці посередині між роликоопорами (відстань між ними по осях роликів становила 2000 мм) при максимальному погонному навантаженні складала від 100 до 150 мм (в залежності від натягу стрічки). Після установки вантажонесучих опорних елементів ковзання прогин практично зник для будь-яких значень погонного навантаження та натягу стрічки. Відсутність вертикальних переміщень стрічки дозволила:

- підвищити ефективність роботи та чутливість металошукача;
- зменшити число помилкових спрацьовувань приладу;
- усунути просипи вантажу в місці установки металошукача.

Спостереження за процесом взаємодії гумової обкладинки конвеєрної стрічки з опорними елементами ковзання з поліетилену низького тиску показали, що видимого зносу, а також прилипання обкладинки до опорних елементів не зафіксовано.

Висновки:

- окрім основного призначення опор ковзання – підтримки вантажонесучих гілок стрічкових конвеєрів замість роликоопор для підвищення ефективності транспортування крупношматкових абразивних матеріалів – вони можуть бути використані для виконання допоміжних функцій, наприклад для створення оптимальних режимів роботи металошукачів, що встановлюються на вході в ДСФ для виявлення в рудопотоках сторонніх металевих предметів, які потрібно виловити з них для запобігання створення аварійних ситуацій та виходу з ладу дробильного і транспортного обладнання. З цією метою запропоновано технічне рішення контрольного приладу на базі металошукача типу МТ-6 з вантажонесучими опорами ковзання;

- на основі виконаного аналізу несучої спроможності опорних елементів ковзання пристрою розроблено їхню конструктивну схему та виконано необхідні дослідницькі випробування в умовах ДСФ шахти «Батьківщина». Результати випробувань показали ефективність використання опор ковзання, завдяки яким вдалося підвищити якість роботи та чутливість металошукача, зменшити число помилкових спрацьовувань приладу та усунути просипи вантажу в місці установки металошукача.

ВИСНОВКИ

Проведені під час виконання магістерської роботи дослідження дозволили зробити наступні висновки та сформулювати рекомендації щодо впровадження їх на практиці:

- стрічкові конвеєри є найбільш досконалим та поширеним видом транспорту в тих галузях промисловості, де існує необхідність переміщення великих обсягів сипких вантажів. Не в останню чергу це стосується гірничодобувної та гірничопереробної промисловості, які оперують величезними вантажопотоками різноманітних корисних копалин та продуктів їхньої переробки. Проведений в роботі аналіз будови та особливостей використання стрічкових конвеєрів у гірничій промисловості засвідчив, що вони забезпечують високу продуктивність роботи, відрізняються простотою конструктивного виконання та надійністю в експлуатації;

- головними недоліками стрічкових конвеєрів традиційної конструкції слід вважати обмеженість кута нахилу установок та неспроможність транспортувати вантажопотоки з крупністю шматків більше 300-350 мм. Особливо важливою проблемою є подолання останнього недоліку, внаслідок якого гальмується широке впровадження стрічкових конвеєрів в процес безупинного перевезення величезних обсягів крупношматкової гірничої маси з очисних забоїв шахт і кар'єрів до збагачувальних підприємств, як того потребують сучасні технології потокового виробництва;

- розв'язання цієї проблеми можливо шляхом використання спеціальних конструкцій стрічкових конвеєрів, які придатні для транспортування крупношматкових вантажопотоків. Одним з реальних варіантів такого рішення є конвеєри з опорами ковзання. Аналіз сучасного стану розвитку гірничої промисловості та перспектив зростання ефективності процесів видобутку та переробки корисних копалин показує, що обґрунтування параметрів та створення опорних елементів ковзання для вантажних гілок стрічкових конвеєрів для підвищення надійності і покращення техніко-економічних показників роботи установок в системах підземного та поверхневого транспорту руди на гірничих підприємствах є важливим

науково-практичним завданням;

- стрічкові конвеєри рудників та рудопереробних виробництв використовуються в основному для перевезення крупношматкових високоабразивних вантажопотоків, засмічених численними сторонніми металевими та дерев'яними предметами. Операції видалення відходів та вторинного дроблення негабаритів вимагають значних витрат часу і праці, а недостатня якість виготовлення та обслуговування роликоопор в умовах значних навантажень і підвищеного пилоутворення призводять до частих відмов цього відповідального обладнання;

- для створення працездатних конструкцій конвеєрів на опорах ковзання потрібно вибрати раціональні антифрикційні матеріали для них, проаналізувати характер взаємодії стрічки з опорними елементами, температурний режим роботи опорних елементів ковзання та стрічки, оцінити величини споживаної потужності приводу конвеєра в залежності від типу опор на вантажній гілці та її погонного навантаження. Проведені під час виконання роботи дослідження дозволили вирішити ці задачі і сформулювати відповідні рекомендації щодо втілення отриманих результатів на практиці;

- з огляду на вартість та доступність матеріалів, а також можливість виготовлення довгомірних виробів для промислового використання в якості опор ковзання стрічкових конвеєрів рекомендується поліетилен низького тиску (ПНД). Запропоновано також конструктивні виконання таких опор для вантажопотоків з різними характеристиками;

- результати проведених досліджень дозволяють констатувати, що стрічкові конвеєри з плоскими опорними елементами ковзання мають наступні переваги: відсутність ворухіння матеріалу на лінійній частині установки, що дає можливість транспортувати крупношматкову гірничу масу або матеріали зі значним вмістом пилу; підвищену надійність конструкції внаслідок відсутності роликів; зменшення витрат на транспортування за рахунок значно меншої вартості погонного метра лінійної частини та скорочення експлуатаційних витрат на ліквідації просипу матеріалу та обслуговування роликів; можливість створення конвеєрів закритої конструкції, яка дозволяє повністю ізолювати транспортований матеріал і виклю-

чає пиловиділення; можливість підвищення кута нахилу установок (для залізної руди – до 26°) за рахунок нерухомого положення матеріалу на стрічці; високу економічну ефективність за рахунок заощадження коштів на капітальні та експлуатаційні витрати та збільшення терміну служби стрічки;

- зокрема, застосування опорних елементів ковзання на підземному доставковому конвеєрі модульного типу, що входив до складу очисного доставкового комплексу КОС, дозволило транспортувати крупношматкову гірничу масу з розмірами окремих шматків до 1,2 м; отримати установку багаторазового використання з можливістю легкого змінення її довжини; різко знизити витрати на монтаж-демонтажні операції. Комплекс забезпечив підвищення продуктивності на випуску і доставці гірничої маси в 1,2-5,5 разів, зниження обсягів підготовчо-нарізних робіт в 1,1-2,8 рази;

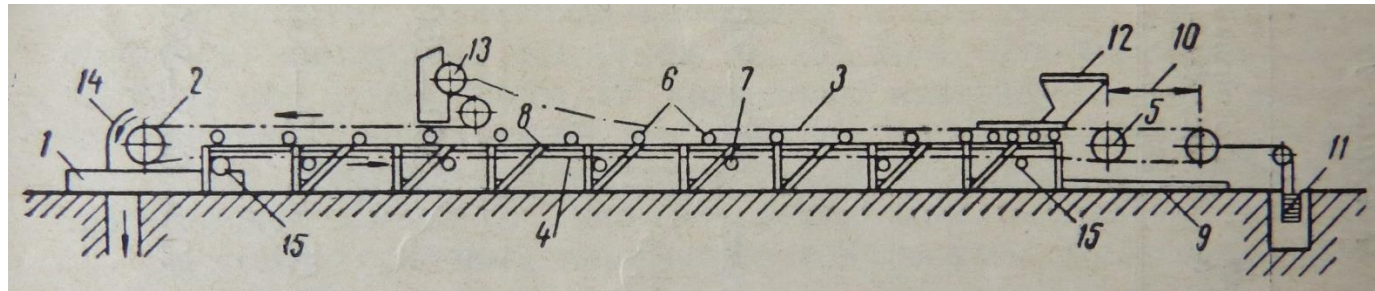
- окрім основного призначення опор ковзання – підтримки вантажонесучих гілок стрічкових конвеєрів замість роlikоопор для підвищення ефективності транспортування крупношматкових абразивних матеріалів – вони можуть бути використані для виконання допоміжних функцій, наприклад для створення оптимальних режимів роботи металошукачів, що встановлюються на вході в ДСФ для виявлення в рудопотоках сторонніх металевих предметів, які потрібно вилучити з них для запобігання створення аварійних ситуацій та виходу з ладу дробильного і транспортного обладнання. З цією метою запропоновано технічне рішення контрольного приладу на базі металошукача типу МТ-6 з вантажонесучими опорами ковзання;

- на основі виконаного аналізу несучої спроможності опорних елементів ковзання пристрою розроблено їхню конструктивну схему та виконано необхідні дослідницькі випробування в умовах ДСФ шахти «Батьківщина». Результати випробувань показали ефективність використання опор ковзання, завдяки яким вдалося підвищити якість роботи та чутливість металошукача, зменшити число помилкових спрацьовувань приладу та усунути просипи вантажу в місці установки металошукача;

- таким чином, виконані дослідження дозволили обґрунтувати та цілком під-

твердити доцільність використання конструкцій опор ковзання на стрічкових конвеєрах рудовидобувних та рудопереробних підприємств з метою заміни роlikоопор на вантажонесучих гілках установок. Таке технічне рішення забезпечує можливість транспортування крупношматкових високоабразивних вантажів без шкоди для стрічки та просипу транспортованого матеріалу у підконвеєрний простір та підвищення максимального значення кута нахилу установок (до 26° для залізної руди).

a



б

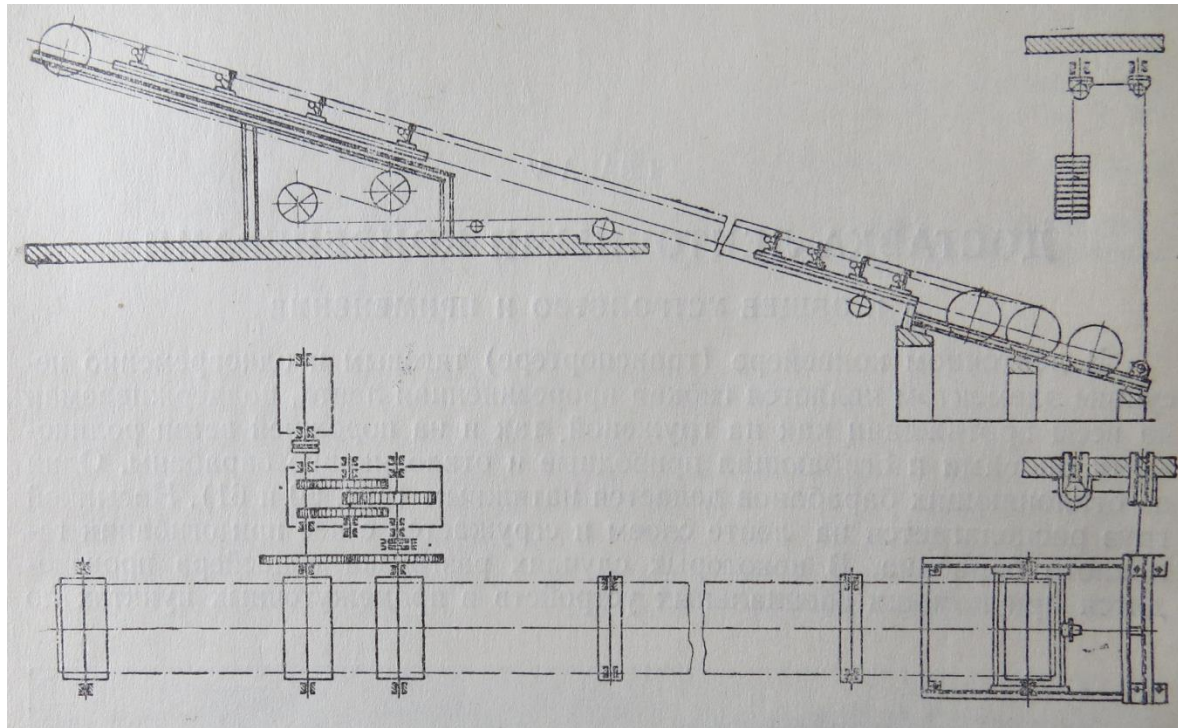


Рисунок 1.1 – Принципові схеми стаціонарних стрічкових конвеєрів:

a – горизонтального типу (1, 2 – відповідно станина приводної станції та сама станція; 3, 4 – відповідно робоча та холоста гілки стрічки; 5 – натяжна вантажна станція; 6, 7, 15 – відповідно верхні, нижні та відхиляюча роlikоопори; 8, 9 – відповідно станини конвеєра та його натяжної станції; 10 – хід натягу; 11 – натяжний вантаж; 12, 14 – відповідно завантажувальна та розвантажувальна лійки; 13 – скидальний візок барабанної конструкції); *б* – похилого типу

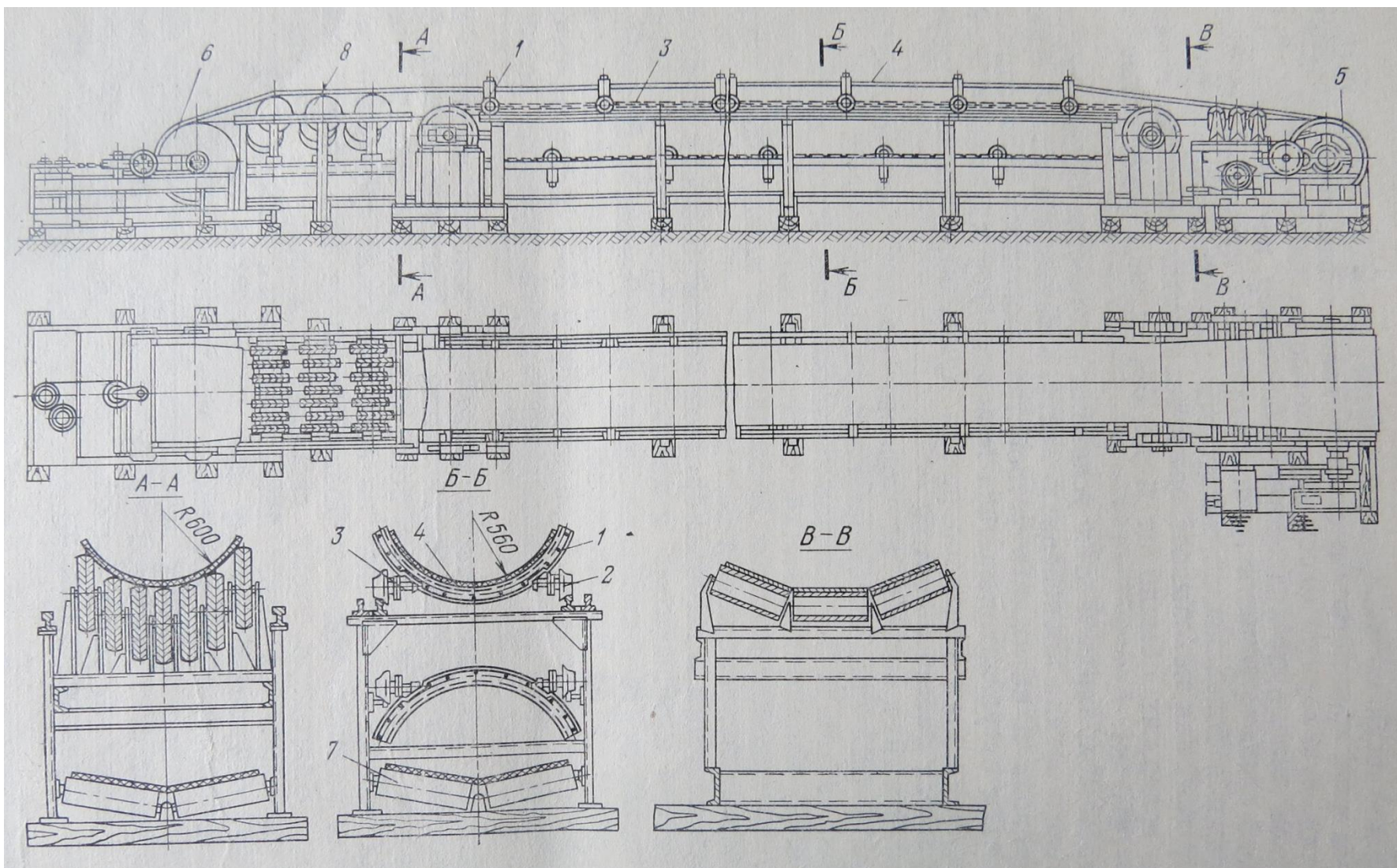
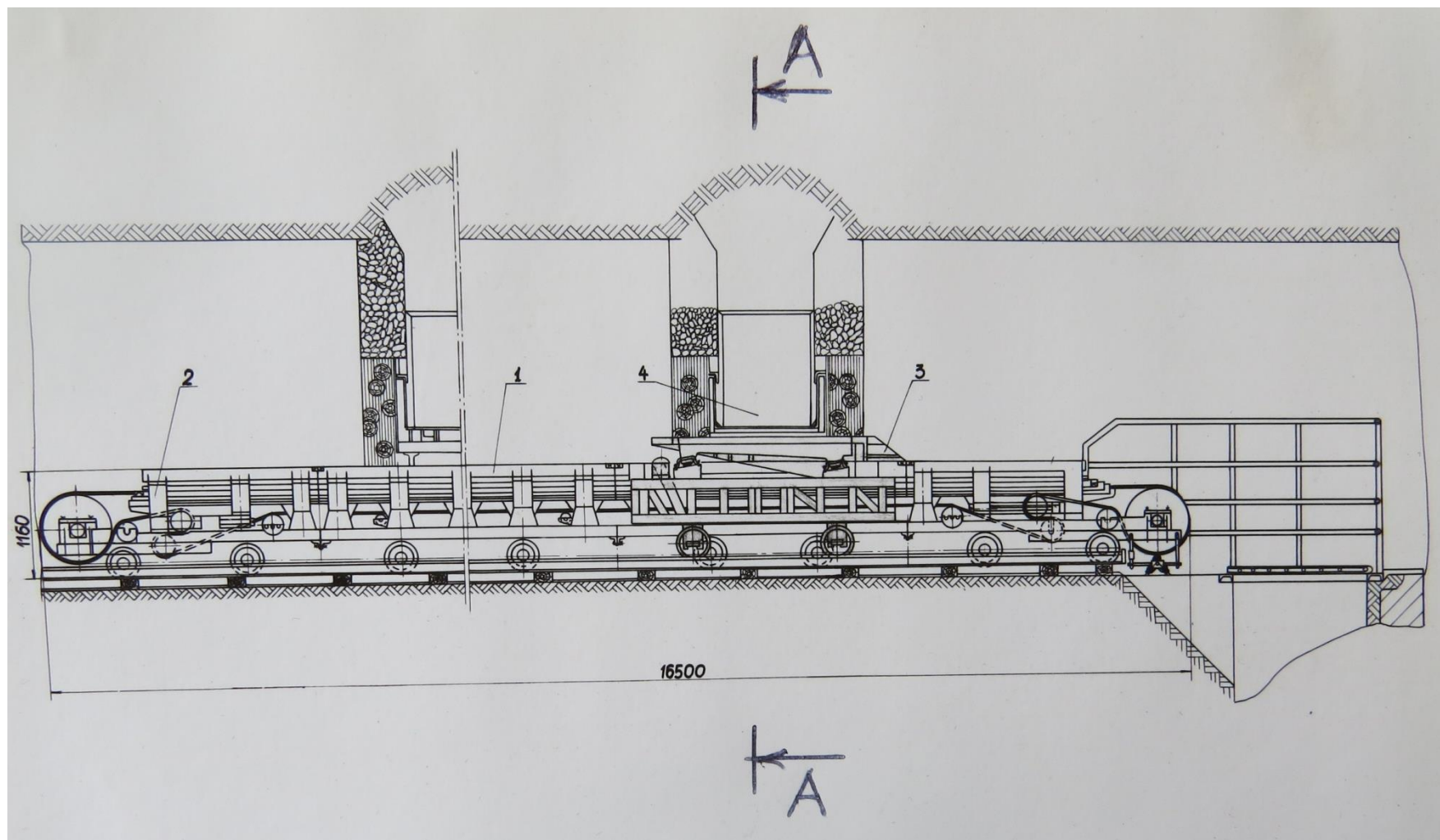


Рисунок 1.9 – Схема стрічково-візкового конвеєра на ходових опорах:
 1 – дугоподібна траверса; 2 – ходовий ролик; 3 – неприводний ланцюг; 4 – стрічка; 5 – привод;
 6 – натяжний пристрій; 7 – стаціонарна роликоопора; 8 – амортизаційна роликоопора



a

Рисунок 3.9 – Очисний доставковий комплекс КОС:

a – схема установки у доставковій виробці (1, 2 – відповідно лінійна та приводна секції доставкового конвеєра;
3 – перевантажник вібраційний самохідний; 4 – віброживильник)