

Безкровний Владислав Юрійович

Магістерська робота

**Аналіз та розробка способів і засобів боротьби
з бічним сходом конвеєрних стрічок**

Керівник роботи

проф., к.т.н. Горбачов Ю.Г.

ВСТУП

Стрічкові конвеєри знаходять широке застосування у багатьох галузях промисловості: гірничій, металургійній, хімічній, будівельних матеріалів тощо. Це пояснюється, насамперед, тим, що вони представляють собою один з найбільш продуктивних типів машин безупинного транспорту. Стрічкові конвеєри здатні переміщувати матеріали, у тому числі корисні копалини та продукти їх переробки, на значні відстані з невеликими енергетичними та експлуатаційними витратами, вони легко піддаються заходам автоматизації, можуть досить просто об'єднуватися у великі транспортні комплекси. Але головною перевагою стрічкових конвеєрів є чудова пристосованість цього типу транспорту до використання у сучасних циклічно-потоківих та потоківих технологіях виробництва [1-3].

В гірничій промисловості за допомогою стрічкових конвеєрів переміщуються величезні вантажопотоки. Особливо широке використання цього виду транспорту спостерігається у вугільній галузі, під час відкритої розробки рудних покладів, а також на підприємствах гірничозбагачувальної промисловості. За допомогою стрічкових конвеєрів забезпечується видача мінеральної сировини з шахт і кар'єрів, транспортування її під час переробки на сировину для металургійного переділу. Рівень оснащення гірничих підприємств стрічковим конвеєрним транспортом постійно зростає і ця тенденція потребує його подальшого розвитку та практичного впровадження на новому технічному рівні. З огляду на це, дослідження та створення нових, більш ефективних конструкцій стрічкових конвеєрів для гірничої промисловості є надзвичайно важливим науково-практичним завданням [1-12].

Ефективність експлуатації стрічкових конвеєрів у значному ступені залежить від терміну служби їх основних конструктивних елементів, насамперед, транспортерної стрічки та роликкоопор. Вони найбільш уразливі у важких умовах підприємств гірничої промисловості, де транспортовані вантажопотоки відрізняються абразивністю, крупношматковим гранулометричним складом, вологістю, наявністю глинистих включень, а працювати приходится при високій запиленості на-

вколишнього середовища, низьких температурах, впливі хімічних реагентів та інших чинників. Усі ці негативні фактори обумовлюють шкідливу дію робочих навантажень і суттєво зменшують довговічність конструкцій конвеєрів.

Одним з найнебезпечніших наслідків впливу цих навантажень є поперечний (бічний) схід конвеєрної стрічки, який виникає внаслідок дії на неї різних сил, у результаті чого вона змушена відхилятися від свого центрального положення у той чи інший бік. Причин нецентрального ходу конвеєрних стрічок дуже багато. Це може бути непрямолінійний монтаж поставу конвеєра, неправильна установка роликоопор і барабанів установки, серпоподібність стрічки у плані, неправильна вулканізація її стиків, нецентральне завантаження стрічки матеріалом, потік якого може падати зі значної висоти, мати напрямок руху, що відрізняється від напрямку руху стрічки. Усі перераховані чинники викликатимуть сили, що намагатимуться збивати стрічку з центрального напрямку ходу.

Такі відхилення, як правило, супроводжуються значним просипом транспортованого матеріалу у підконвеєрний простір, заштибуванням поставу, прискореним зношенням бортів стрічки через її тертя відносно його елементів, заклинення роликоопор та ще більшою децентралізацією ходу. Усе це викликає простої конвеєрного обладнання та значно погіршує його техніко-економічні показники.

Таким чином, проблема бічного сходу конвеєрних стрічок дуже серйозна і вимагає розробки нових способів і засобів для її вирішення. Тому тема магістерської роботи представляється безсумнівно актуальною.

Мета роботи – дослідження можливих шляхів боротьби з бічним сходом конвеєрних стрічок.

Об'єкт дослідження – процес бічного (поперечного) сходу конвеєрних стрічок під впливом робочих навантажень під час транспортування матеріалів стрічковими конвеєрами.

Предмет дослідження – конвеєр стрічкового типу.

Наукове положення – запропоновані під час виконання магістерської роботи рекомендації забезпечують підвищення у 1,5-2 рази експлуатаційних показників конвеєрного транспорту стрічкового типу (надійності, терміну служби основних

його конструктивних елементів, зниження трудомісткості обслуговування), а також зменшення вартості самого конвеєрного обладнання.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБЛАДНАННЯ

1.1 Короткий опис технологічного процесу.

Вимоги до конвеєрного транспорту

Вантажопотоки гірничих підприємств відрізняються значною мінливістю, мають, як правило, випадковий характер, тому потребують певної типізації для визначення необхідних величин продуктивності стрічкових конвеєрів та їх конструктивно-експлуатаційних параметрів. Наприклад, величина продуктивності конвеєрної установки має бути такою, яка б гарантувала перевезення максимального вантажопотоку. У протилежному випадку, коли конвеєр не справлятиметься з вантажопотоком, частина останнього потраплятиме у підконвеєрний простір. При значних вантажопотоках навіть 0,5-1% таких втрат будуть складати суттєві величини. При продуктивності конвеєра 2000 т гірничої маси за годину та експлуатації його протягом 20 годин на добу обсяг просипу буде сягати 200-400 т матеріалу кожного робочого дня. Коли ж прийомна здатність конвеєра достатня, причиною просипу може стати бічний схід конвеєрної стрічки. Прибирання такої кількості породи, яка швидко накопичується і злежується до кам'яного стану під конвеєром, представляє величезну проблему для будь-якого підприємства, що експлуатує подібне обладнання. З огляду на це, обґрунтування необхідної продуктивності стрічкових конвеєрів та усунення можливих причин нецентрального ходу стрічок стає не лише технічною, але й техніко-економічною необхідністю [7,9].

До надійності як окремих конвеєрів, так і конвеєрних ліній ставляться високі вимоги. Це пояснюється тим, що вони відносяться, як правило, до нерезервованих систем обладнання, тому що установка хоча б однієї резервної лінії робить конвеєрний транспорт недостатньо рентабельним, принаймні у порівнянні з конкуруючими видами транспорту. З іншого боку, рівень надійності стрічкового конвеєра, у свою чергу, визначається довговічністю його найбільш швидкозношуваних елементів – стрічки та роликів, а також таких чинників експлуатаційного характеру, як раціональний режим завантаження установки, стійкість центрального

ходу стрічки та якість очищення її від налиплого матеріалу. Можна також додати такий важливий фактор, як надійність електрообладнання та систем керування конвеєрного обладнання.

Надійність гірничотранспортних комплексів, у тому числі створених на основі стрічкових конвеєрів, визначається такими основними показниками, як безвідмовність та ремонтпридатність. В якості головного комплексного показника використовується коефіцієнт готовності, що одночасно характеризує ці обидва показники та представляє собою ймовірність нормальної роботи обладнання за умови наявності вантажу. Саме від нього залежить фактична продуктивність комплексу транспортного устаткування [13].

Згадана вище звичайна нерезервованість конвеєрних ліній, які мають вигляд встановлених один за іншим окремих конвеєрів, дозволяє віднести їх до систем з послідовним з'єднанням елементів, які характеризуються найбільшими простоями обладнання у разі відмови будь-якого з елементів системи. Наслідком цього є малий коефіцієнт готовності, що викликає суттєве зниження експлуатаційної продуктивності комплексу і обумовлює підвищені вимоги до надійності кожного з його окремих елементів. Додатковим способом забезпечення максимально можливого рівня надійності може бути використання різного роду проміжних бункерів, які роблять роботу конвеєрів взаємно незалежною.

Довговічність конвеєрних стрічок та роликоопор, які у підсумку складають до 70-80% вартості стрічкового конвеєра, здебільшого залежить від властивостей транспортованого вантажу, рівня динамічних навантажень від нього та дотримання належних правил експлуатації. Стрічкові конвеєри (принаймні, звичайних конструкцій) мають певні обмеження щодо роду, властивостей та гранулометричного складу транспортованих вантажів. Вони добре працюють під час переміщенні сипких вантажів крупністю не більше 300-350 мм, які мають незначну вологість і не схильні до налипання на конвеєрну стрічку. Переміщення ж крупношматкових високоабразивних або липких гірничих порід вимагає використання спеціальних типів стрічкових конвеєрів (наприклад, з шарнірно-підвісними роликоопорами та канатним поставом або на ходових опорах).

Кут нахилу конвеєрної траси обмежується такими факторами, як сила зчеплення матеріалу зі стрічкою та кут природного ухилу вантажу на рухомій стрічці. Тому він зазвичай не перевищує 18° і лише у деяких випадках може досягати 20° (для матеріалів з високими коефіцієнтами зчеплення зі стрічкою). Для підвищення цих значень також потрібні спеціальні типи конвеєрів, які використовують додаткові способи і засоби утримання вантажу на стрічці.

Схеми конвеєрного транспорту у гірничій промисловості дуже різноманітні і залежать від місця використання (у шахті, у кар'єрі, на збагачувальній фабриці), гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов експлуатації. Свого часу в Інституті гірничої справи Мінчормету СРСР досліджувалися раціональні області використання стрічкових конвеєрів у гірничій промисловості. За результатами аналізу рекомендовано [9]:

- конвеєри звичайної конструкції доцільно застосовувати на похилих трасах довжиною до 3000-4000 м з продуктивністю транспортування не менше 4000 т/г;
- стрічково-канатні конструкції ефективні під час горизонтального транспортування на значні відстані з продуктивністю до 4000 т/г та слабо похилого з продуктивністю до 2000 т/г;
- стрічково-візкові конструкції більш економічні на горизонтальних трасах при транспортуванні крупношматкових вантажів з продуктивністю більше 2000 т/г.

З подальшим удосконаленням конструктивного виконання та технологічного використання окремих представників конвеєрного транспорту вказані раціональні межі застосування можуть змінюватися.

1.2 Принцип дії, загальна класифікація та будова стрічкових конвеєрів

Стрічкові конвеєри працюють за принципом переміщення вантажу на стрічці, відносно якої він залишається нерухомим.

На рис. 1.1 показані основні принципові схеми стрічкових конвеєрів та вузли, з яких вони складаються:

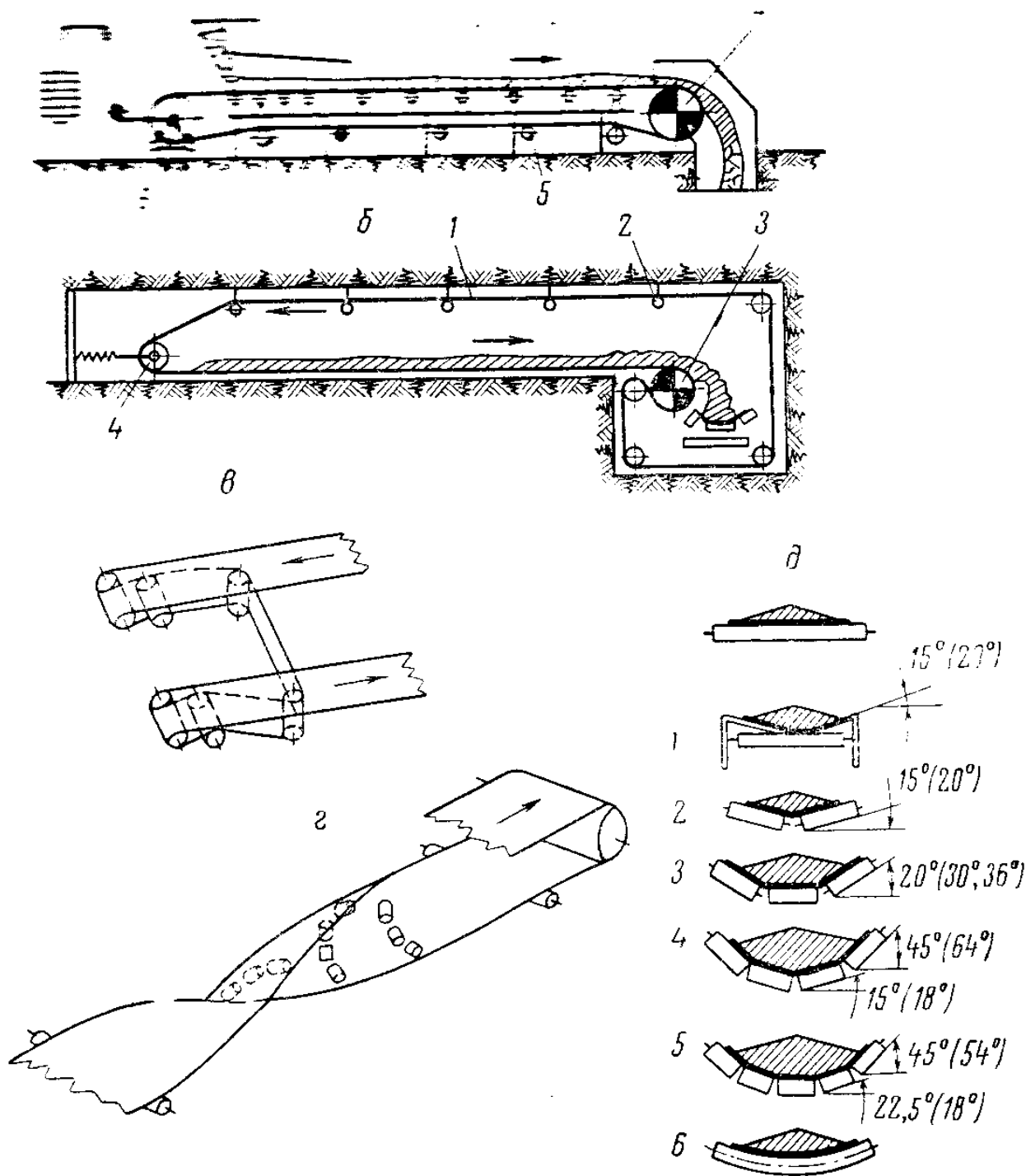


Рисунок 1.1 – Основні принципові схеми стрічкових конвеєрів:
 а – з верхньою несучою гілкою; б – з нижньою несучою гілкою
 (1 – стрічка; 2, 5 – відповідно верхня і нижня гілки; 3 – опорна конструкція;
 4 – привідна станція; 6 – натяжна станція; 7 – завантажувальний пристрій);
 в – з двома несучими гілками; г – з поворотом холостої гілки в обох
 кінцях конвеєра; д – з плоскою стрічкою; е – з жолобчастою стрічкою
 (1-6 – конструктивні варіанти жолобчастої стрічки)

- прогумована стрічка 1, що одночасно виконує функції тягового та вантажонесучого органу;
- роликоопори верхньої 2 та нижньої 5 гілок, які підтримують стрічку;
- опорна конструкція (постав) 3 для закріплення роликоопор та інших вузлів конвеєра;
- приводна станція 4 для створення тягового зусилля і забезпечення руху стрічки;
- натяжна станція 6 для створення необхідного натягу стрічки;
- завантажувальний пристрій 7.

Стрічкові конвеєри можна класифікувати за наступними ознаками:

- за призначенням – загального призначення (використовуються на поверхні шахт, на збагачувальних фабриках тощо); підземні; для відкритих робіт; спеціальні (для навантажувальних машин, живильників тощо);
- за видом несучої гілки стрічки – з верхньою несучою гілкою (рис. 1.1а); з нижньою несучою гілкою (рис. 1.1б) (забійні стрічкові конвеєри); з двома несучими гілками (рис. 1.1в);
- за положенням холостої гілки стрічки – з нормальним розташуванням (рис. 1.1а,б) (холоста гілка спирається на ролики брудним боком; з перевернутим розташуванням (рис. 1.1г) (холоста гілка двічі перевертається в обох кінцях конвеєра і спирається на ролики чистим боком);
- за формою поперечного перетину несучої гілки – з плоскою стрічкою (рис. 1.1д); з жолобчастою стрічкою (рис. 1.1е) (1-6 – варіанти жолобчастої стрічки);
- за видом траси конвеєра – прямолінійні; криволінійні у профілю; криволінійні у плані;
- за кутом підйому – для звичайних кутів підйому (гладка стрічка); для більших кутів підйому (зі спеціальною стрічкою: рифленою, з перегородками та ін.).

З огляду на подвійну роль конвеєрної стрічки вона повинна мати [10]:

- відповідну поздовжню міцність та витримувати максимальний натяг, що діє на неї;
- необхідну поздовжню гнучкість для огинання барабанів порівняно невели-

ких діаметрів без втрати міцності та передчасного розшарування;

- поперечну гнучкість для утворення потрібної жолобчастої форми на роликкоопорах;

- за можливості мінімальну пружну та залишкову витяжку для зменшення потрібного робочого ходу натяжного пристрою;

- максимальну високий опір зношенню та старінню внаслідок вигинів на барабанах, перекочування по роликкоопорах, динамічного та абразивного впливу вантажу на завантажувальних пунктах та роликкоопорах;

- високу стійкість проти дії кліматичних факторів (низьких температур, променевої сонячної енергії, опадів та інших атмосферних впливів) у разі експлуатації на відкритому повітрі (наприклад, у кар'єрах).

Існує два основних типи конвеєрних стрічок: гумовотканинні та гумовотросові (рис. 1.2) [10]. Перші мають каркас, що складається з декількох шарів прокладок з високоміцної тканини (переважно синтетичної), які з'єднані між собою тонкими шарами гуми. Каркас вкритий зверху і знизу гумовими обкладинками. Для посилення захисту тканин від зовнішніх впливів з вантажного боку стрічки під прокладками може укладатися особливо міцна брекерна тканина або тонка металева сітка.

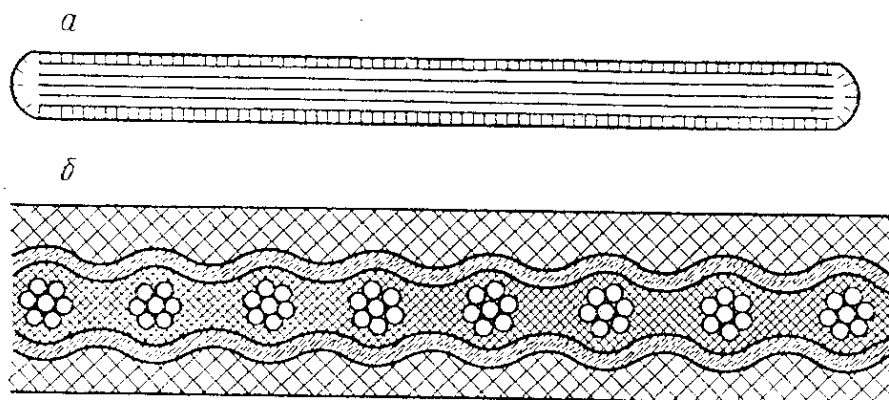


Рисунок 1.2 – Поперечні перетини конвеєрних стрічок:
a – гумовотканинної; *б* – гумовотросової

Набагато більшою міцністю відрізняються гумовотросові стрічки, каркас яких складається з металевих тросів, з'єднаних між собою гумою, а в деяких ви-

падках двома прокладками. Такі стрічки також мають підвищену гнучкість у поздовжньому і поперечному напрямках та суттєво менше витягуються у порівнянні з гумовотканинними.

Відрізки стрічки поєднуються між собою за допомогою гарячого або у крайньому випадку холодного вулканізаційного процесу.

Стрічку уздовж усієї довжини конвеєра підтримують роликоопори, встановлені на поставі установки. Основні види роликоопор показані на рис. 1.3 [10].

Стаціонарні роликоопори на вантажній гілці конвеєра мають жолобчасту трьохроликову (для широких стрічок п'ятироликову) конструкцію, а на холостій – плоску одно- або кутову дволикову (рис. 1.3а, б). Для транспортування крупношматкових вантажів на несучій гілці стрічки використовують підвісні шарнірні роликоопори на канатному поставі (рис. 1.3в). Завдяки своїй піддатливості вони добре сприймають значні динамічні навантаження і захищають ролики та стрічку від передчасного зношення. Для ще більшого захисту в конструкції такої роликоопори можуть бути передбачені спеціальні пружні підвіски та додаткові гумові кільця на роликах (рис. 1.4) [10].

Ролик будь-якої роликоопори має забезпечити мінімальний коефіцієнт опору обертанню, термін служби не менше 3-4 років без додаткового змащення та ремонту, технологічність конструкції та дешевизну за умов масового виробництва. Найбільш розповсюдженою конструкцією ролика є представлена на рис. 1.5 розробка інституту УкрНДІпроект [10]. Його підшипникові вузли розташовані у фланцях 1, які разом із завальцьованою на них обичайкою утворюють корпус ролика. Ущільнення шарикопідшипників 7 у вигляді парних капронових кілець 6 затиснуті між буртиками фланців, підшипниками та кришками 2.

Разом з лінійними роликооперами у місцях завантаження конвеєра використовуються спеціальні амортизаційні роликоопори з гумовими кільцями, а для забезпечення центрального ходу стрічки – центрувальні або самоцентрувальні роликоопори. Останні працюють за принципом повертання стрічки у центральне положення у разі відхилення її від нього з різних причин. Докладніше про них мова піде нижче.

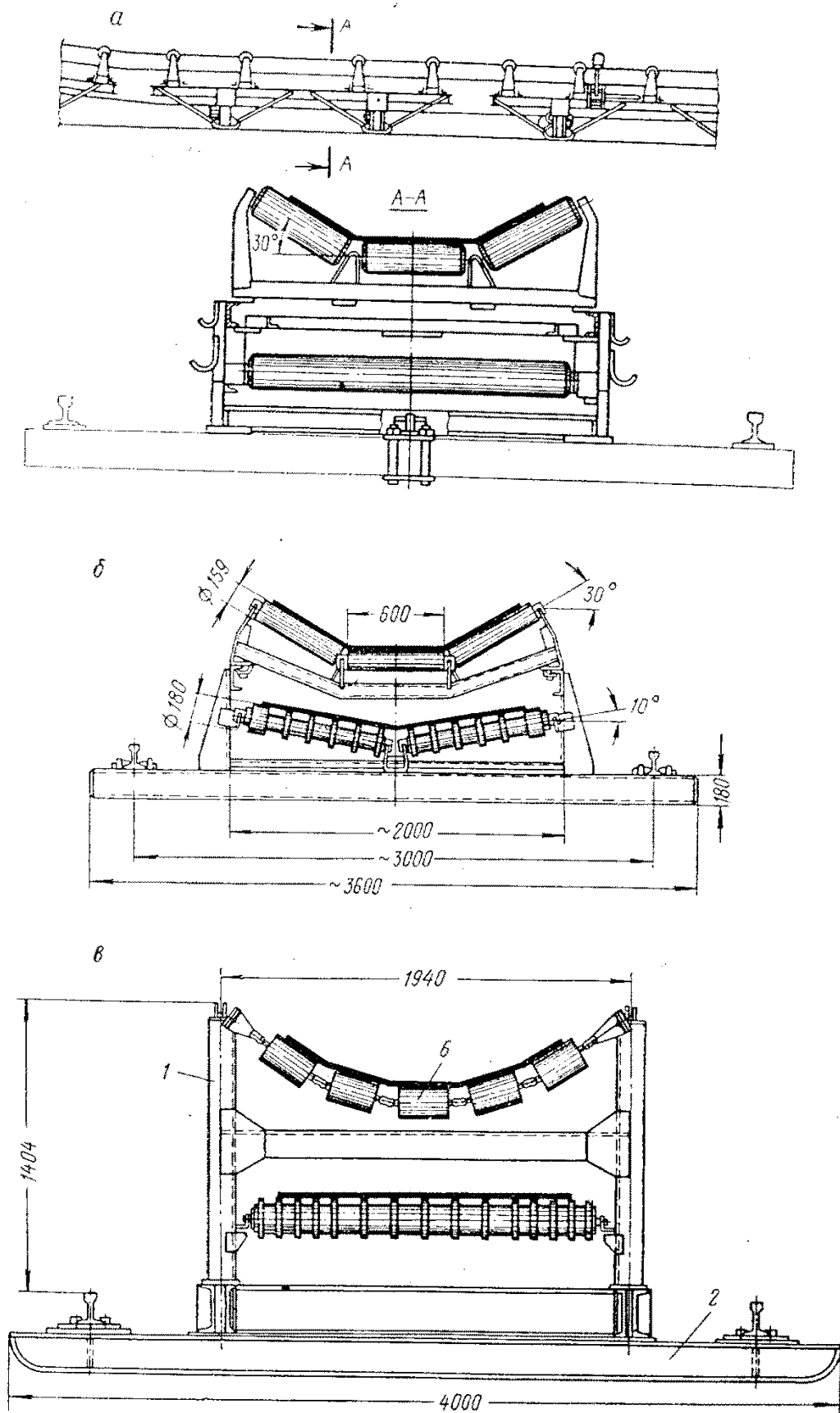


Рисунок 1.3 – Роликоопори поставу стрічкового конвеєра:
а – стаціонарні (трьохроликів жолобчаста на вантажній гілці та однороликів пряма на холостій); *б* – те саме з двоороликовою кутовою на холостій; *в* – підвісна шарнірна вантажної гілки на канатному поставі

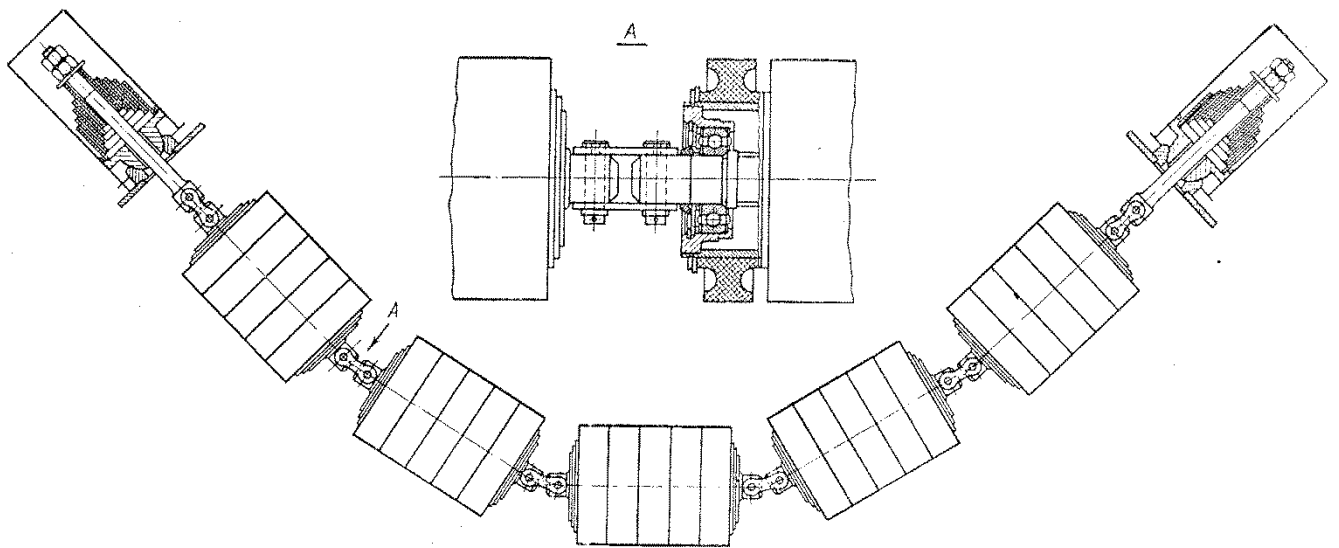


Рисунок 1.4 – Підвісна шарнірна п'ятироликівна опора з пружними підвісками та футерованими гумовими кільцями роликів

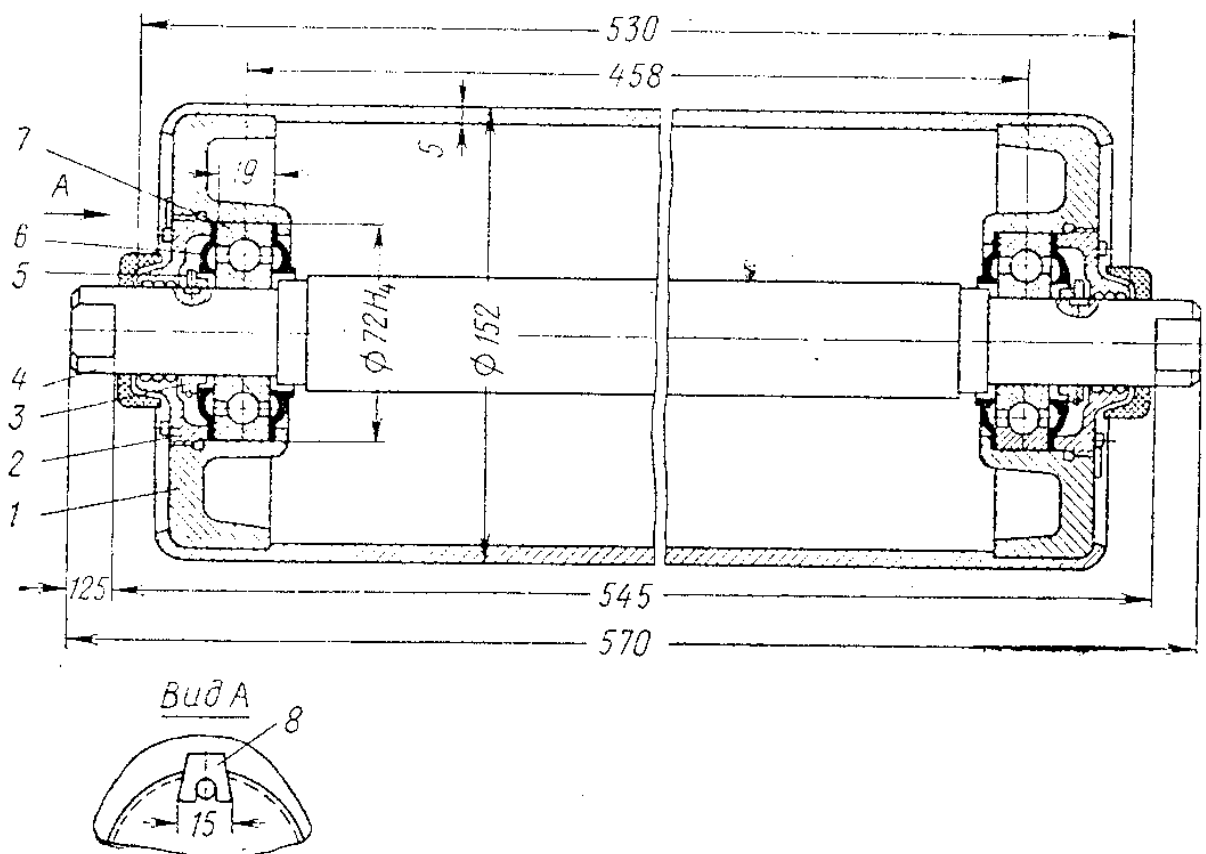


Рисунок 1.5 – Ролик конструкції інституту УкрНДІпроект:
1 – фланець; 2 – кришка; 3 – захисне кільце; 4 – вісь; 5 – обмежувальне кільце;
6 – ущільнювальне кільце; 7 – шарикопідшипник; 8 – фіксатор

Привод стрічкового конвеєра складається з одного або декількох електродвигунів, редукторів, одного чи двох приводних барабанів, відхиляючих барабанів, з'єднувальних муфт різних типів, зворотного зупинника, гальмового пристрою. На рис. 1.6 показані основні схеми приводів [10].

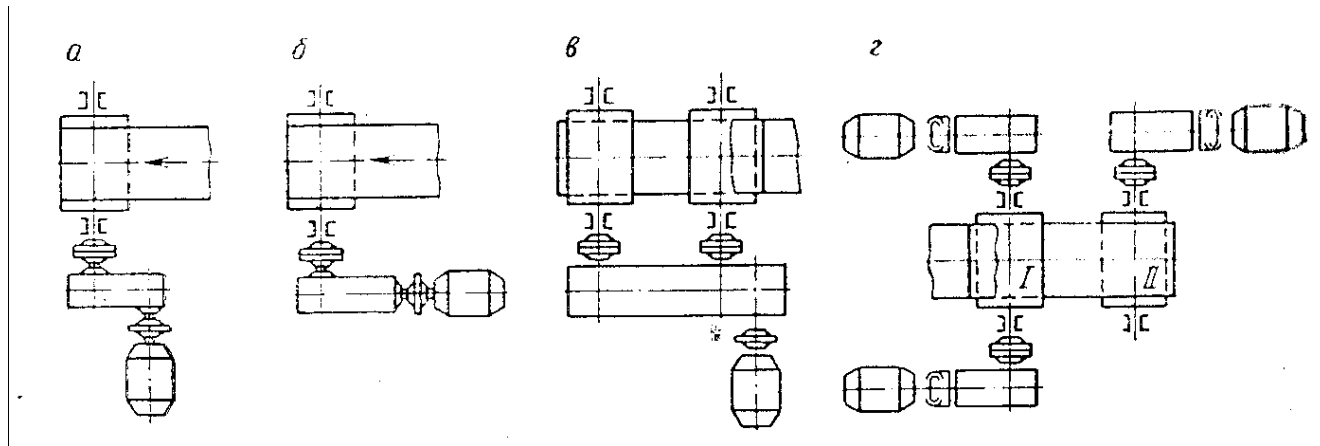


Рисунок 1.6 – Схеми приводів стрічкових конвеєрів:

а, б – однобарабанні з розташуванням двигунів відповідно перпендикулярно та паралельно осі конвеєра; *в, г* – двобарабанні з подібним розташуванням двигунів

Натяжний пристрій стрічкового конвеєра призначений для створення натягу стрічки, необхідного для передачі за допомогою тертя тягового зусилля з приводного барабану на стрічку, а також для обмеження її провисання між ролюкоопорами під дією власної ваги та ваги транспортованого матеріалу. Робочий хід натяжного пристрою повинен перевищувати максимальне пружне та залишкове подовження стрічки. На рис. 1.7 показані основні схеми натяжних пристроїв стрічкових конвеєрів [10]. Вони можуть бути ручними (наприклад, гвинтовими) (рис. 1.7*а*), вантажними (рис. 1.7*б, в, г*) та механічними (рис. 1.7*д*). Перші використовуються на коротких (до 50 м) конвеєрах і характеризуються необхідністю періодичного підтягування стрічки. Другі створюють постійний натяг стрічки і можуть встановлюватися у різних місцях конвеєра. Через досить громіздку конструкцію вони використовуються здебільшого лише на установках стаціонарного типу. Найбільше практичне використання мають натяжні пристрої механічного типу з лебідкою, що намотує натяжний канат на барабан. Вони гарантують велике зусилля натягу та значний хід натяжного барабану.

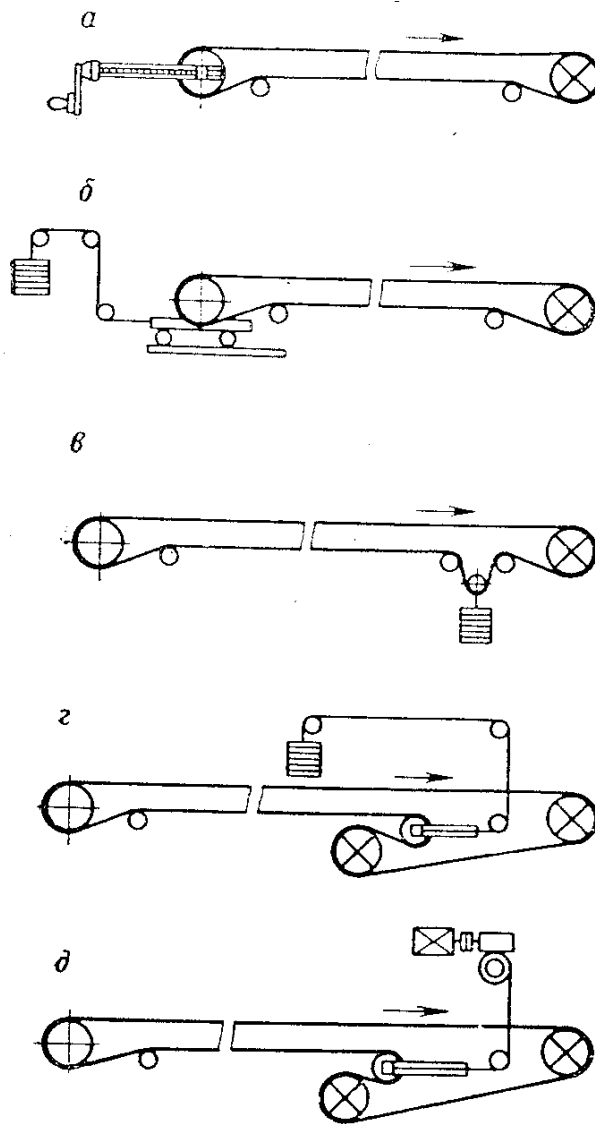


Рисунок 1.7 – Схеми натяжних пристроїв стрічкових конвеєрів:
а – ручний гвинтовий; *б* – вантажний у хвостовій частині конвеєра; *в, г* – вантажний на збіжній гілці стрічки біля приводу; *д* – з електричною лебідкою

Ефективність роботи стрічкових конвеєрів багато в чому залежить від раціональної організації операцій їх завантаження та розвантаження.

Завантаження стрічки матеріалом має відбуватися суворо по її центру, а швидкість і напрямок руху його потоку повинні максимально співпадати з аналогічними параметрами рухомої стрічки. Від ретельного дотримування цих правил у значному ступені залежить термін служби стрічки і роликоопор, особливо при транспортування важких, крупношматкових та абразивних вантажів. На рис. 1.8 показані схеми пунктів перевантаження матеріалу з конвеєра на конвеєр [10].

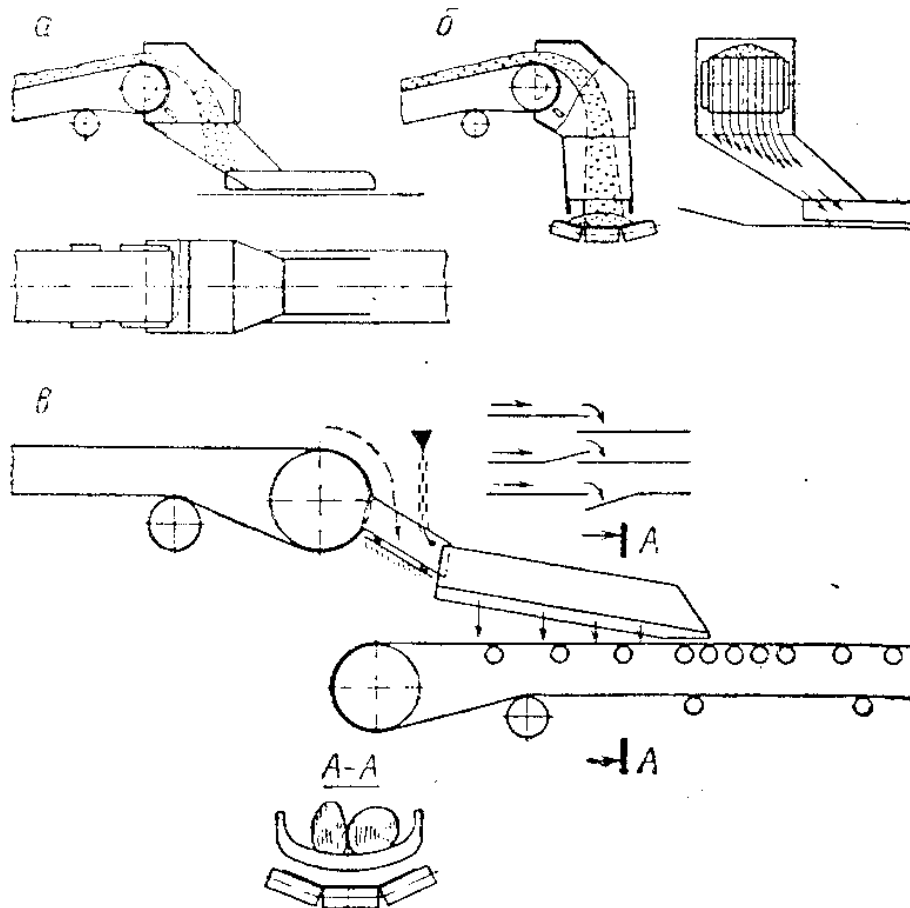


Рисунок 1.8 – Схеми перевантажувальних пунктів стрічкових конвеєрів:
а, б – конвеєри розташовані відповідно по одній осі та під кутом 90°;
в – з підсівом дрібної фракції матеріалу на стрічку під великі шматки

Серйозні порушення нормальної роботи стрічкового конвеєра мають місце у разі необхідності транспортування вологих та схильних до налипання на стрічку матеріалів, наприклад глинистих. У разі експлуатації конвеєрів у зимових умовах під відкритим небом виникає небезпека намерзання вантажу на стрічку. Забруднення стрічки налиплим або намерзлим вантажем викликає зниження терміну її служби, заклинення роликів опор робочої та холостої гілок конвеєра, підвищення просипу матеріалу. До засобів очищення стрічки ставляться вимоги високої якості роботи, простоти та надійності конструкції, збереженості обкладинок стрічки під час операцій очищення.

На рис. 1.9 представлені основні конструкції пристроїв для очищення стрічок та барабанів конвеєрів.

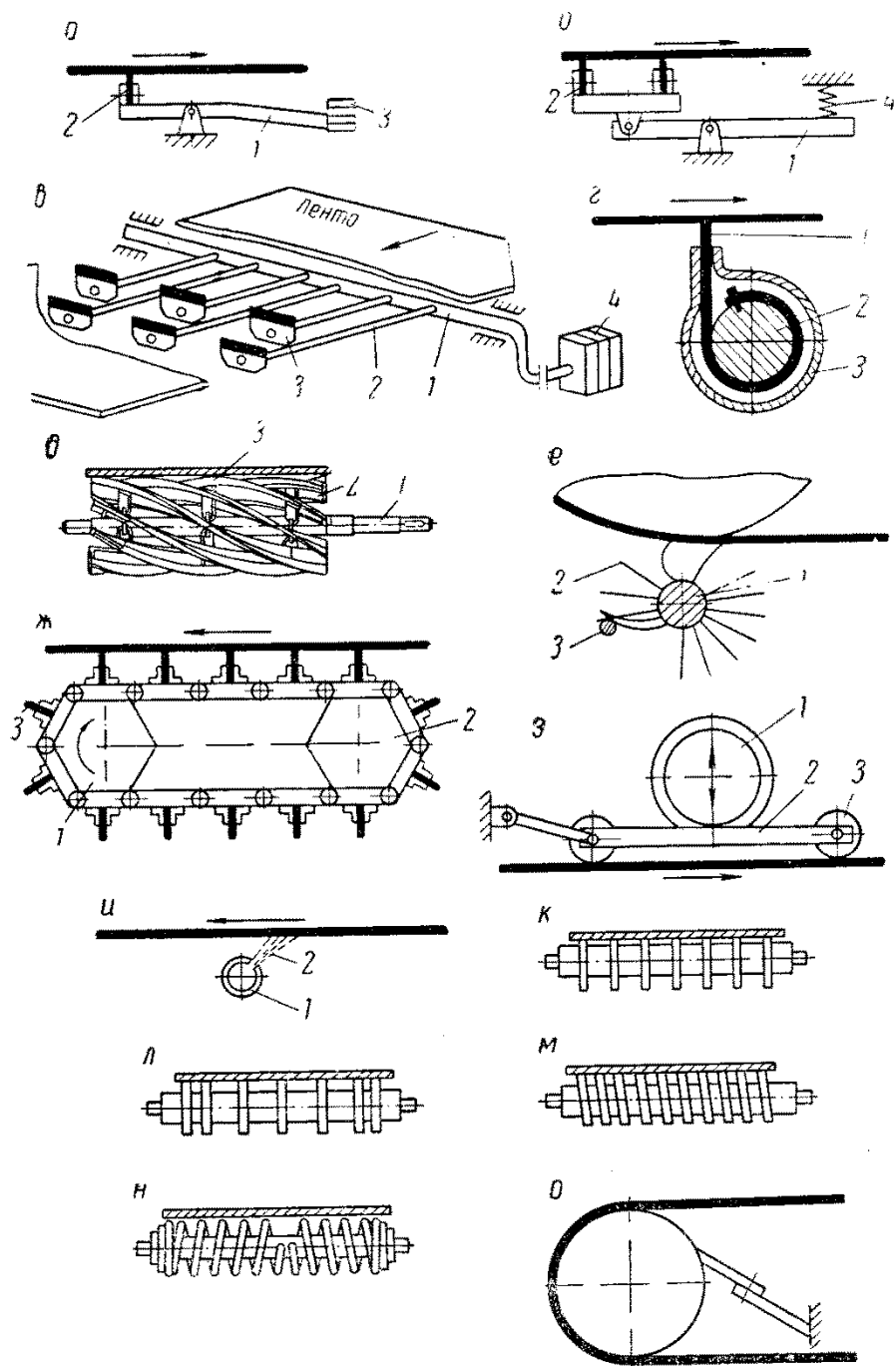


Рисунок 1.9 – Пристрої для очищення стрічки та барабанів конвеєрів:
а, б – відповідно одинарний та подвійний скребки (1 – важіль; 2 – смуга з гуми або конвеєрної стрічки, капронова щітка); *в* – короткі скребки, розташовані у шаховому порядку (1 – вал; 2 – пружні стрижні; 3 – скребки; 4 – вантаж); *г* – скребок з висувною стрічкою (1 – стрічка; 2 – вал; 3 – кожух); *д* – спіральна обертова гумова щітка (1 – вал; 2 – металевий каркас; 3 – гумова стрічка); *е* – обертова капронова щітка (1 – вал; 2 – капронові стрижні; 3 – очисник щітки); *ж* – ланцюг зі скребками; *з* – вібраційний очисник (1 – вібратор; 2 – рама; 3 – ролик); *и* – очищення струменем води (1 – труба; 2 – струмінь); *к* – ролик з ексцентричними дисками; *л* – ролик з круглими дисками; *м* – ролик з похилими круглими дисками; *н* – ролик зі спірально завитого прутка; *о* – сталевий ніж для очищення поверхні барабану

1.3 Бічний схід конвеєрних стрічок та його негативні наслідки

Експлуатація стрічкових конвеєрів, як і будь-якого іншого механічного обладнання, супроводжується порушенням їх працездатності внаслідок періодичного виникнення відмов окремих конструктивних елементів. Відновлення працездатного стану вимагає проведення ремонтних та обслуговуючих робіт, які займають певний час, потребують витрат коштів, енергії, матеріалів, робочої сили. У процесі здійснення цих робіт обладнання простоє і не дає продукцію, що дуже негативно позначається на техніко-економічних показниках виробництва. Для успішної боротьби з такими неприємними факторами і скорочення усіх можливих втрат від них розробляються різноманітні способи і засоби підвищення рівня надійності техніки.

Однією з найголовніших причин простоїв стрічкових конвеєрів, що дуже часто зустрічаються у практиці експлуатації подібного обладнання (особливо це стосується установок, що працюють у надзвичайно важких умовах гірничодобувних та гірничо-переробних підприємств), є збігання конвеєрної стрічки у бік від поздовжньої осі конвеєра. У загальному випадку бічний схід стрічки є природним наслідком її по суті некерованого руху через вплив на неї багатьох динамічних факторів під час транспортування вантажу. До них відносяться: сам вантаж, який може бути крупношматковим і хаотично діяти на стрічку у процесі руху (зокрема, перевалювання шматків через ролюкоопори); його динамічний вплив на стрічку під час завантаження конвеєра (особливо нецентрального); непрямолінійність постанову конвеєра, яка може бути наслідком непрофесійного або недбалого виконання монтажних операцій; неправильна установка роликів та барабанів конвеєра (неперпендикулярність їх осей поздовжній осі установки); дефекти форми самої стрічки, причинами яких можуть бути як погіршеності її виготовлення (наприклад, серпоподібність у плані), так і неякісна вулканізація стиків, в результаті якої порушується прямолінійність її поздовжньої осі).

Бічний схід стрічки призводить до просипу транспортованого матеріалу у підконвеєрний простір та швидкого його накопичення і злежування там, що вима-

гає величезних витрат ручної праці для його вилучення або використання для цього складного і вартісного додаткового механічного обладнання. Просип заважає вільному руху стрічки, викликає заклинення роликів і ще більше бічне збивання стрічки внаслідок цього. Відповідні борти зміщеної стрічки швидко зношуються у процесі тертя відносно нерухомих елементів поставу конвеєра, а це призводить до її розшарування і повного виходу з ладу. Дослідження причин руйнування стрічок підземних конвеєрів показує, що розшарування бортів складає приблизно 13% усіх ушкоджень, внаслідок чого стрічки знімають з експлуатації через 10-12 місяців незважаючи на їх цілком працездатну вантажонесучу частину [8]. Усі без виключення перераховані випадки викликають суттєве зниження продуктивності конвеєра та стають причинами зростання витрат ручної праці на його обслуговування.

Під час експлуатації стрічкових конвеєрів використовуються різні конструкції центрувальних роликкоопор, принцип дії яких зводиться до створення впливу, що повертає стрічку у потрібне центральне положення. Такі роликкоопори зазвичай встановлюються на конвеєрі з кроком у декілька десятків метрів і працюють автоматично від руху самої стрічки під час її сходу. Для прикладу на рис. 1.10 показані конструкції подібних роликкоопор для центрування вантажної і холостої гілок стрічки [10].

Рама роликкоопори вантажної гілки стрічки (рис. 1.10а) встановлена посередині на вертикальній осі, навколо якої вона може повертатися в обидва боки на певний кут. Позаду роликкоопори (відносно руху стрічки) на важелях зі стояками змонтовані два дефлекторних ролика, що обмежують її бічний схід і певним чином реагують на нього. Коли стрічка упирається своїм бортом у ролик (наприклад, правим бортом у правий ролик при зміщенні вправо), вона повертає усю роликкоопору проти годинникової стрілки (якщо дивитися на неї зверху) і змушує зміщати стрічку у протилежному напрямку до центральної осі конвеєра. Зсув стрічки вліво викликає аналогічний симетричний процес.

Досвід експлуатації таких роликкоопор свідчить про їх недостатню ефективність. Зокрема, у процесі роботи нерідко виникають автоколивання у системі «ро-

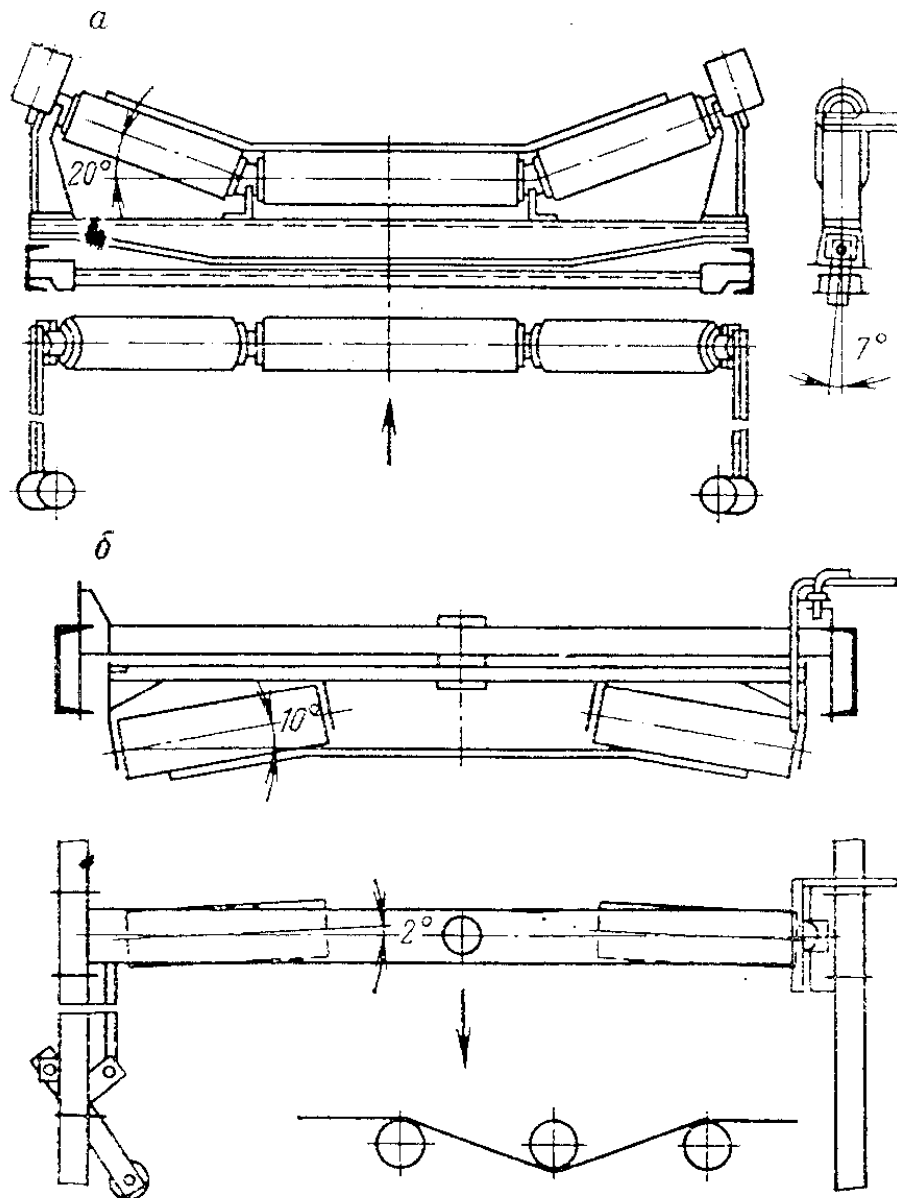


Рисунок 1.10 – Центрувальні пристрої для гілок стрічки:
a – вантажної; *б* – холостої

ликоопора-стрічка», які зростають із збільшенням ширини стрічки, розмірів та маси роlikоопори і погіршують центрування, а деколи й ще більше посилюють бічний схід стрічки [14].

Центрувальна двороликова опора холостої гілки стрічки, що показана на рис. 1.10б, має більшу надійність роботи, але все одно не забезпечує належного захисту від бічного сходу стрічки.

Таким чином, існує нагальна потреба у дослідженнях з метою розробки но-

вих ефективних методів та технічних засобів боротьби з цим явищем.

Висновки:

- за допомогою конвеєрного транспорту у гірничій промисловості переміщуються величезні вантажопотоки. Масштабне застосування конвеєрів (насамперед, стрічкових) у гірничих галузях, з одного боку, пояснюється їх численними перевагами у порівнянні з іншими видами транспорту, а з іншого – вимагає широкого наукового забезпечення для раціонального використання цих переваг;

- однією з найголовніших причин простоїв стрічкових конвеєрів у надзвичайно важких умовах гірничодобувних та гірничо-переробних підприємств є збігання конвеєрної стрічки у бік від поздовжньої осі конвеєра. Бічний схід стрічки виникає з багатьох причин переважно експлуатаційного характеру і призводить до численних негативних наслідків, від яких страждає продуктивність конвеєра та підвищуються витрати на його обслуговування та ремонти. Існуючі способи і засоби боротьби з бічним сходом стрічки недостатньо ефективні, тому задача їх дослідження та удосконалення представляється надзвичайно важливою і актуальною.

1.4 Мета і задачі дослідження

Мета роботи – дослідження можливих шляхів боротьби з бічним сходом конвеєрних стрічок.

Проведений аналіз галузей використання та конструктивних особливостей конвеєрного обладнання стрічкового типу дозволив визначити задачі, які потрібно вирішити під час виконання магістерської роботи:

- вибрати методи теоретичних та експериментальних досліджень;
- дослідити фактори, що спричиняють бічний схід конвеєрної стрічки;
- проаналізувати вплив на стрічку різного роду децентрувальних факторів;
- оцінити величини бічного сходу стрічки;
- дослідити раціональні параметри центрувальних роликкоопор;

- дослідити бічний зсув стрічки у місцях завантаження конвеєра;
- дослідити вплив на хід стрічки дефектів її виготовлення та монтажу стрічкового конвеєра;
- сформулювати рекомендації щодо практичного використання результатів проведених досліджень.

Об'єкт дослідження – процес бічного (поперечного) сходу конвеєрних стрічок під впливом робочих навантажень під час транспортування матеріалів стрічковими конвеєрами.

Предмет дослідження – конвеєр стрічкового типу.

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час проведення досліджень у рамках виконання магістерської кваліфікаційної роботи використовувалися різні методи наукових досліджень – як теоретичні, так й експериментальні.

Зокрема, для оцінки обсягів та характеру змінення вантажопотоків гірничих підприємств застосовувався метод статистичного опису, що ґрунтується на великих масивах даних спостережень, експериментальних досліджень та практичного досвіду роботи вітчизняного і закордонного гірничого та гірничозбагачувального виробництва.

Для обґрунтування раціональних галузей використання стрічкових конвеєрів у гірничій промисловості застосовувався метод порівняльного аналізу різних конструктивних схем такого обладнання.

Метод аналізу експлуатаційних факторів, що негативно впливають на показники надійності стрічкових конвеєрів, дозволив дійти висновку, що одним з основних з них є бічний схід стрічки, який супроводжується значними втратами продуктивності процесу транспортування гірничої маси та продуктів її переробки, робочого часу, коштів на заміну ушкодженої стрічки та заклинених роликів, частими простоями обладнання.

Для визначення величин експлуатаційних зусиль, що змушують стрічку відхилятися від свого нормального центрального положення під час транспортування матеріалу, використовувався метод оцінки та розрахунку цих параметрів.

Для визначення величини бічних сходів конвеєрних стрічок під дією різного роду децентрувальних факторів та оцінки ефективності використання центрувальних роликкоопор замість детерміністичного підходу до розгляду цих впливів застосовувався метод припущення, який полягає у прийнятті статичної задачі дослідження, в якій змушені зусилля вважаються незмінними у часі.

Для розрахунку величини бічного зсуву стрічки під час завантаження конвеєра матеріалом використовувався метод аналогії, а саме: потік розпушеної породи представлявся потоком рідини із застосуванням формул для розрахунку ос-

таннього.

Для обґрунтування раціональних конструктивних схем та проектування конструкцій центрувальних роликоопор застосовувалася методика вибору їх основних параметрів.

Для опису величини непрямолінійності конвеєрної стрічки як результату виробничих дефектів її виготовлення або неправильного стикування під час монтажу чи ремонту використовувався метод «плоских перетинів», а стрічка розглядалася як стрижень.

Нарешті, під час проведення та обробки результатів експериментальних досліджень застосовувалися традиційні методи замірів, запису та інтерпретації робочих і конструктивних параметрів досліджуваного механічного обладнання.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО СПРИЧИНЯЮТЬ БІЧНИЙ СХІД КОНВЕЄРНОЇ СТРІЧКИ

3.1 Загальні зауваження

Відхилення конвеєрної стрічки від свого центрального положення на практиці носить назву бічного сходу і є предметом пильної уваги дослідників та спеціалістів, що експлуатують стрічкові конвеєри.

Проблема бічного сходу набуває більш важливого значення з розширенням використання стрічкових конвеєрів з підвісними роликоопорами, які й самі схильні до невизначених рухів. У таких обставинах можливі випадки, коли конвеєр взагалі не може нормально працювати внаслідок нестійкого поперечного руху стрічки.

Майже усі причини бічного сходу стрічки є випадковими. До таких відносяться перекоси і забрудненість роликів, коефіцієнт зчеплення стрічки з ними; лінійне навантаження і натяг стрічки, який воно спричиняє; умови завантаження стрічки матеріалом тощо. Вони змінюються у часі, але досить повільно, тому більшість з них можуть розглядатися як статичні. Для дослідження впливу цих факторів на стійкість руху стрічки потрібно мати математичну модель поперечного зсуву стрічки, побудовану на аналізі механізму її взаємодії з елементами конвеєрного постапу, у першу чергу з роликоопорами. Вона повинна дати можливість оцінити величину цих поперечних зміщень та розробити рекомендації щодо їх зменшення.

Серед задач, які потребують рішення при цьому, слід зазначити такі:

- аналіз впливу параметрів конвеєра на характер поперечного руху стрічки;
- визначення сил, що виникають при зміщенні стрічки у поперечному напрямку;
- розробку доцільних технічних рішень, що забезпечують зменшення бічного сходу стрічки;
- удосконалення конструкції конвеєрного постапу, спрямовані на досягнення цієї мети.

3.2 Аналіз дії на стрічку різного роду децентрувальних факторів

До основних причин, що призводять до виникнення зусиль, які намагаються змістити стрічку конвеєрів різних конструктивних типів у поперечному напрямку, слід віднести [7-9]:

- перекіс роликоопор у горизонтальній площині;
- перекіс роликоопор у вертикальній площині;
- відхилення конструкції поставу від поздовжньої осі конвеєра;
- різні величини опору обертанню бічних роликів опори;
- нецентральне завантаження стрічки матеріалом;
- непрямолінійність стрічки у плані (так називана серпоподібність);
- нерівномірне розподілення зусиль натягу по ширині стрічки;
- нерівномірний натяг тросів канатного поставу.

Серед цих факторів лише нецентральне завантаження стрічки та її непрямолінійність не можуть вважатися статичними. Для визначення децентрувальних зусиль від решти причин потрібно розглянути умови їх виникнення.

Розглянемо докладніше перераховані вище випадки. Наприклад, на рис. 3.1 показані зусилля, що утворюються під час взаємодії стрічки з перекошеною роликоопорою [7-9].

У разі перекосу окремої роликоопори у вертикальній площині на кут Ω_ϵ виникає децентрувальне зусилля P_1 (рис. 3.1а):

$$P_1 = \rho F g l_p' \Omega_\epsilon \sum_i k_i \cos \beta_{1i}, \text{ Н}, \quad (3.1)$$

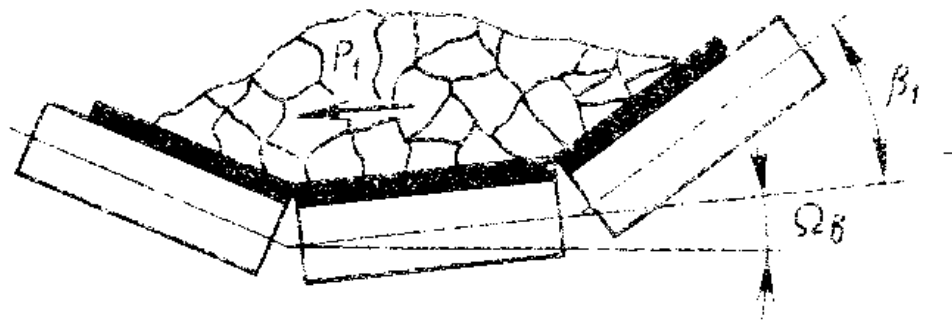
де ρ – питома вага транспортованого матеріалу, Н/м³; F – поперечний перетин шару матеріалу на стрічці, м²; $g = 9,81$ м/с² – прискорення вільного падіння l_p' – відстань між роликоопорами, м; Ω_ϵ – кут перекосу роликоопори у вертикальній площині, рад; k_i – парціальна частина ваги стрічки з вантажем, що діє на i -у пару роликів або на i -ий ролик, якщо він єдиний, Н; β_{1i} – кут нахилу i -ої пари роликів відносно горизонту, рад.

При горизонтальному перекосі роликоопори на кут Ω_e маємо наступну величину децентрувального зусилля P_2 (рис. 3.1б):

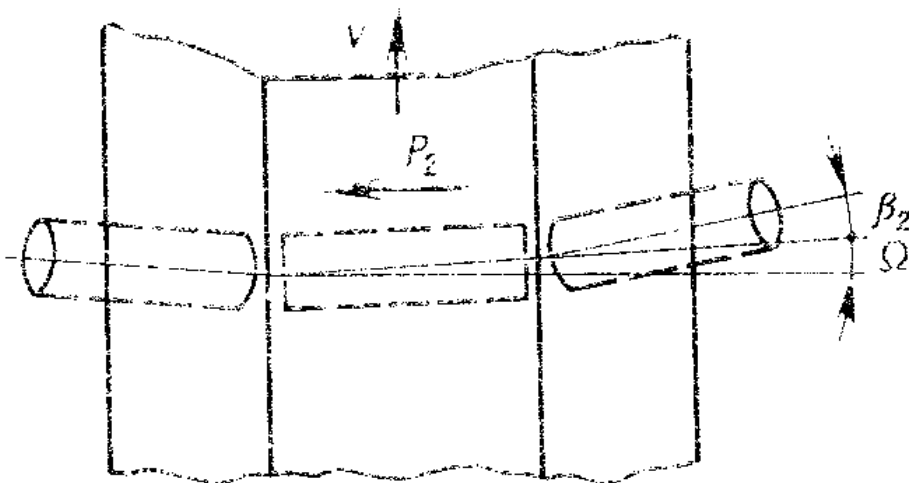
$$P_2 = 0,5 \rho F g l_p' \sum_i k_i \cos \beta_{1i} \left[f_1(\beta_{2i} + \Omega_e) - f_1(\beta_{2i} - \Omega_e) \right], \text{ Н}, \quad (3.2)$$

де β_{2i} – кут, утворений віссю ролика i -ої пари та перпендикуляром до поздовжньої осі конвеєра, рад; f_1 – коефіцієнт, що залежить від кута між векторами швидкостей руху стрічки та обертання ролика.

Розрахунки за допомогою формул (3.1) та (3.2) показують, що основну роль



а)



б)

Рисунок 3.1 – Схема зусиль, що діють на стрічку під час її взаємодії з перекошеною роликоопорою:
а – у вертикальній площині; б – у горизонтальній площині

у впливі неправильного розташування роликкоопор на бічний схід стрічки відіграє їх перекіс саме у горизонтальній площині: величина децентрувального зусилля P_2 у 6-8 разів більше, ніж зусилля P_1 [7-9].

На рис. 3.2а показана схема виникнення децентрувального зусилля P_3 при відхиленні u_c секції поставу конвеєра від його поздовжньої осі [7-9]:

$$P_3 = \rho F l_c \sum_{i=1}^3 b_c (u_c - \delta)^2, \text{ Н}, \quad (3.3)$$

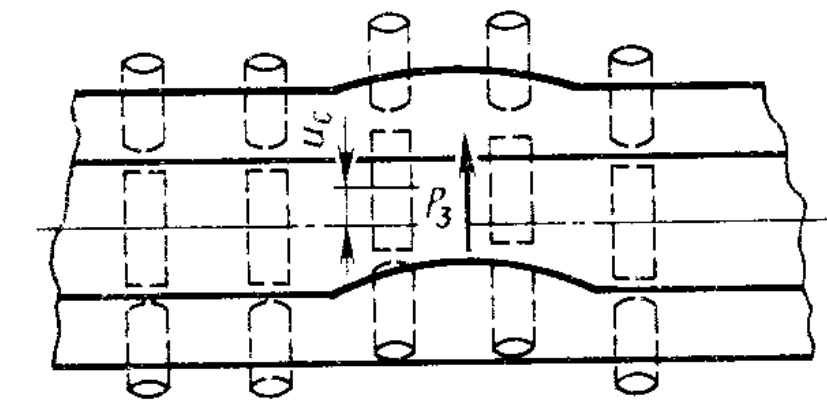
де l_c , b_c – відповідно довжина та ширина секції поставу конвеєра, м.

Ролики опор стрічкового конвеєра можуть мати різну якість виготовлення, різний ступінь захисту підшипникових вузлів від шкідливого впливу навколишнього середовища (абразивного пилу, вологи) за рахунок технічного стану ущільнень, різний ступінь забрудненості транспортованим матеріалом. З огляду на ці обставини, у них будуть суттєво відрізнятися величини опору обертання. Особливо це важливо для бічних роликів опори. Найгіршою ситуацією буде наступна: один з бічних роликів обертається з мінімальним опором (наприклад, він має високу якість і нещодавно замінений), а протилежний – загальмований аж до повного заклинення і припинення обертання. Природно, що сила тертя стрічки відносно останнього буде досить значною. Її поздовжня складова буде створювати згинальний момент M_1 (рис. 3.2б) [7-9]:

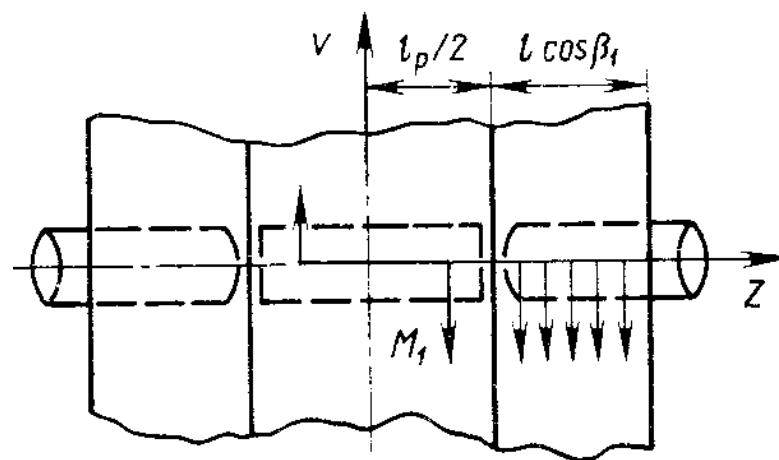
$$M_1 = f_{mp} \int_0^{l \cos \beta} P(z + 0,5l_p) dz, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.4)$$

де f_{mp} – коефіцієнт тертя стрічки відносно ролика; P – зусилля притискання стрічки до ролика, розподілене по його довжині, Н; l_p – довжина ролика, м; l – ширина вигнутої ділянки стрічки, м; z – поперечна координата.

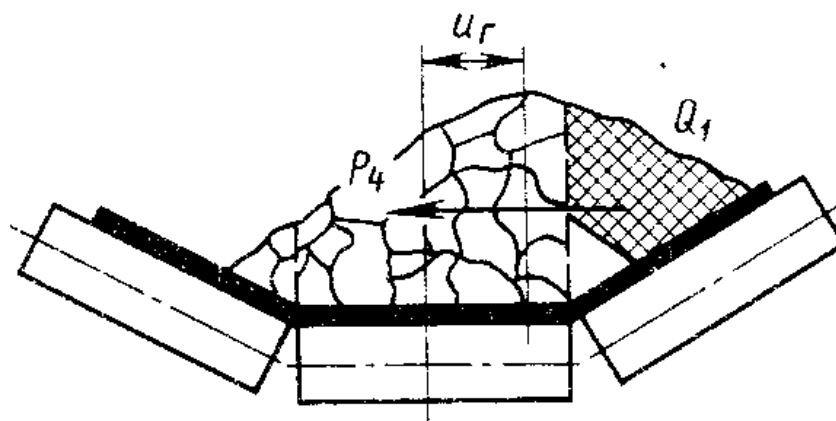
Через неправильну організацію процесу завантаження стрічки конвеєра транспортованим матеріалом може виникнути ситуація, коли стаціонарний у часі вантажопотік буде постійно зміщений на величину u_e відносно осі стрічки. У такому випадку виникатиме розподілене децентрувальне зусилля P_4 (рис. 3.2в) [7-9]:



a)



б)



в)

Рисунок 3.2 – Схема взаємодії стрічки з роликоопорою:
 а – при зміщенні секції поставу; б – при заклиненні бічного ролика опори;
 в – при нецентральному завантаженні стрічки

$$P_4 = \rho F g \sum_i Q_1 [\sin \beta_{1i} + f_1(\beta_{2i}) \cos \beta_{1i}], \text{ Н}, \quad (3.5)$$

де Q_1 – різниця частин площ поперечного перетину вантажу на стрічці, що припадають на бічні ролики опори, м².

Для трьохроlikової опори величину Q_1 можна знайти за допомогою наступного виразу [7-9]:

$$Q_1 = l' \frac{\sin(2\beta_1 + \varphi) + \sin \varphi}{2 \cos^2 \varphi} u_c, \quad (3.6)$$

де l' – довжина завантаженої частини бічного ролика, м; φ – кут природного укосу транспортованого вантажу у русі, рад.

Транспортерна стрічка, виготовлена на спеціалізованому виробництві, може мати приховані дефекти і не відповідати вимогам діючого стандарту, згідно з яким граничні відхилення борта стрічки від прямої лінії на довжині 20 м не повинні перевищувати 5% від ширини стрічки [15]. Така непрямолінійність носить назву «серпоподібність» стрічки. Іншою причиною її виникнення може бути неправильне стикування відрізків стрічки під час вулканізації, під час якого не дотримується прямолінійність бортів відрізків і утворюється злам стику. В обох описаних випадках поздовжня вісь симетрії стрічки матиме певну викривленість у площині останньої.

Непрямолінійність стрічки можна описати в аналітичному вигляді як результат деформації нормальної бездефектної стрічки під дією фіктивного поперечного зусилля. Стрічка при цьому умовно приймається за стрижень і за допомогою гіпотези «плоских перетинів» величина цього фіктивного зусилля P_5 , пов'язаного з викривленням стрічки, може бути записана у наступному вигляді [7-9]:

$$P_5 = EJ \frac{\partial^4 u_c}{\partial \xi^4}, \text{ Н}, \quad (3.7)$$

де u_c – викривлення лежачої стрічки за відсутності будь-яких зовнішніх зусиль, м; ξ – координата, що нерухомо пов'язана зі стрічкою.

Стрічка конвеєра може бути нерівномірно навантажена зусиллям натягу, що забезпечує натяжний пристрій конвеєра. Така ситуація можлива внаслідок нерівномірного витягування стрічки у процесі експлуатації або через нерівномірне укладання тросів усередині гумовотросової стрічки. В обох випадках несиметричне розподілення натягів призводить до різниці у величинах натягів та вертикальних деформацій протилежних країв стрічки. Той борт стрічки, що має менший натяг, піддається більш значним вертикальним деформаціям, які формують більші величини опору від деформування як самої стрічки, так і вантажу на ній.

Схема взаємодії несиметрично розтягнутої стрічки з роликоопорами показана на рис. 3.3. Величина діючого на стрічку розподіленого по її довжині децентрувального моменту M_2 становитиме [7-9]:

$$M_2 = \int_{-\frac{B}{2}}^{\frac{B}{2}} z dW_n = \frac{U_{def}}{B} \left(\frac{S'_0}{k_n} \right)^2 \left(1 + \frac{k_n B}{S'_0} - \ln \left| 1 + \frac{k_n B}{2S'_0} \right| + \ln \left| 1 - \frac{k_n B}{2S'_0} \right| \right), \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.8)$$

де $W_n = \frac{U_{def}}{B} \left(1 + \frac{k_n}{S'_0} z \right)^{-1}$ – несиметрична по довжині стрічки складова опору руху

по жолобчастих роликоопорах, Н/м²; $S'_0 = \frac{S_0}{B}$; $k_n = \frac{S'_0}{B}$ – коефіцієнт нерівно-

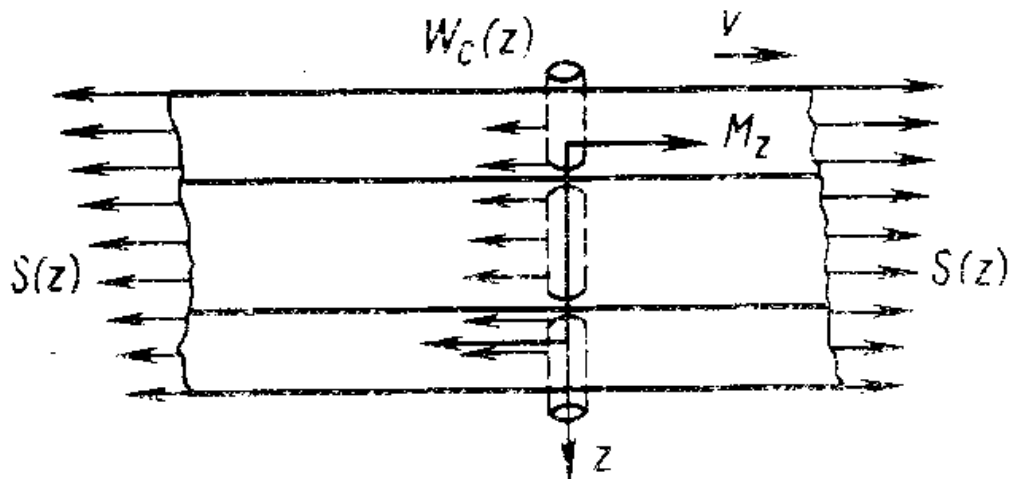


Рисунок 3.3 – Схема взаємодії несиметрично розтягнутої стрічки з роликоопорами

мірності натягу стрічки по ширині, Н/м²; B – ширина стрічки, м; S_0 – натяг стрічки, Н.

Для нижньої холостої гілки стрічки з однороліковою горизонтальною опорою основною складовою опору руху стрічки буде зусилля $U_{об}$ опору обертанню роликів. У цьому випадку несиметрична складова розподіленого опору руху становитиме [7-9]:

$$W_n = \frac{U_{об}}{B} \left(1 + \frac{k_n}{S_0} z \right)^{-1}, \text{ Н/м}^2, \quad (3.9)$$

а децентрувальний момент:
$$M_2 = U_{об} \frac{k_n}{S_0} \cdot \frac{B^2}{12}, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.10)$$

Моменти M_2 на верхній і нижній гілках стрічки набагато менші у порівнянні з моментом M_1 .

Якщо проаналізувати формули (3.1) – (3.10) з точки зору впливу параметрів конвеєра на величини зусиль і моментів, що змушують стрічку до бічного сходу, то можна побачити наступне [7-9]:

- зусилля P_1 зменшується із збільшенням числа роликів в опорі та кута нахилу бічних роликів до горизонту;
- зусилля P_2 зменшується із збільшенням відношення числа роликів, повернутих у плані, до числа роликів опори. Така залежність спостерігається при кутах перекосу від 0,024 до 0,053 рад (1,5-3°), коли коефіцієнт f_1 має нелінійний характер. При менших кутах перекосу навіть повертання бічних роликів у плані на 0,036-0,045 рад (2-2,5°) не викликає змін зусиль P_2 ;
- зусилля P_3 і P_4 пропорційні лінійним масам стрічки і вантажу та інтенсивності відновлювальних сил поставу конвеєра;
- зусилля P_5 залежить лише від поперечної жорсткості та величини дефекту конвеєрної стрічки;
- момент M_1 залежить в основному від величин часток ваги стрічки і вантажу, що припадають на загальмований бічний ролик. Чим більше роликів в опорі, тим він менше, адже на кожен ролик навантаження буде зменшуватися;

- момент M_2 залежить від ширини та нерівномірності натягу стрічки.

У табл. 3.1 приведені порівняльні значення зусиль P_1 і P_2 та моменту M_1 при кутах перекосу 2° роликоопор різних конструкцій та заклиненні бічного ролика [8]. На холостій гілці за одиницю умовно прийняті зусилля P_1 однороликових опор та момент M_1 двороликових, а на вантажній – зусилля P_1 та момент M_1 трьохроликових. Оскільки зусилля P_3 , P_4 і P_5 та момент M_2 практично не залежать від параметрів конвеєра, то у таблиці вони не представлені.

3.3 Оцінка величини бічного сходу стрічки

Бічний схід стрічки стаціонарного конвеєра з жорстким поставом, встановленим на ґрунті, який відбувається під дією статичних децентрувальних факторів, може бути описаний наступним рівнянням [7-9]:

$$EJ \frac{d^4 \delta}{dx^4} - (S + kx - \rho F v^2) \frac{d^2 \delta}{dx^2} + c' \frac{d \delta}{dx} + b_1' \delta = 0. \quad (3.11)$$

Аналіз цього виразу показує, що повертання бічних роликів трьохроликової опори у плані на кут $0,036$ - $0,054$ рад (2 - 3°) підвищує вплив зусиль, що повертають стрічку у центральне положення, в $1,6$ - $1,7$ рази і не супроводжується при цьому підвищенням зношення стрічки і роликів.

У разі використання п'ятироликових жолобчастих опор інтенсивність цих відновлювальних сил зростає в $1,2$ - $1,4$ рази у порівнянні з трьохроликовими. Це пояснюється підвищенням сумарної довжини похилих роликів та більшим нахилом крайніх роликів опор. Проте, надмірне підвищення цього нахилу супроводжується просипом матеріалу зі стрічки при менших її бічних зсувах. З огляду на це, можна визначити залежність допустимого бічного сходу $[\delta]$ від ширини незавантаженої кромки стрічки Δ_c та кутів β_1 і φ (при збільшенні кута β_1 з $0,523$ рад до $0,785$ рад – або з 30 до 45° – величина $[\delta]$ зменшується не менше, ніж на 10 - 15%) [7-9]:

$$[\delta] = \frac{\Delta_c}{2} \left\{ 1 + \left[0,5 + 2 \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \beta_1'} \left(0,55 + \frac{0,2}{\cos \beta_1'} \right) \frac{\Delta_c}{B} \right]^{\frac{1}{2}} \right\}, \text{ м.} \quad (3.12)$$

Кут нахилу бічних роликів обмежується допустимим кутом перегину стрічки [15] та вимогою повного прилягання стрічки до роликів опори.

Допустиме зміщення стрічки на нижній гілці конвеєра визначається умовою не торкання стрічкою металоконструкцій поставу [7-9]:

$$[\delta] = \frac{\Delta}{\cos \beta_1'} + l \frac{1 - \cos \beta_1'}{\cos \beta_1'}, \text{ м,} \quad (3.13)$$

де Δ – зазор між бортом плоскої стрічки та металоконструкцією поставу, м.

При перекосі роlikоопор та відхиленні секцій поставу від осі конвеєра виникає бічний зсув стрічки. Максимальне зміщення стрічки $\delta_{\max}$ під дією сил P_1 і P_2 , що утворюються при перекосі окремої роlikоопори, буде залежати від параметрів конвеєра. А при відхиленні роlikоопори від осі конвеєра під дією сили P_3 воно становитиме [7-9]:

$$\delta_{\max} = \frac{u_c l_c}{1 + \frac{4EJ\alpha_1(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)}{b_1'}} \text{ при } b_1' > \frac{(S - \rho F v^2)^2}{EJ} \quad (3.14)$$

та

$$\delta_{\max} = \frac{u_c l_c}{1 + \frac{2EJ\alpha_3(\alpha_4^2 - \alpha_3^2)}{b_1' \left(1 - \frac{\alpha_3}{\alpha_4} \right)}} \text{ при } b_2' \leq \frac{(S - \rho F v^2)^2}{EJ}. \quad (3.15)$$

Аналіз формул (3.14) і (3.15) показує, що зміщення $\delta_{\max}$ мають у порівнянні з u_c дуже незначну величину і ними цілком можна знехтувати.

У разі нецентрального завантаження стрічки (вантажопотік зміщений відносно її осі) величину бічного сходу можна визначити за наступною формулою [8]:

$$\delta \approx \frac{u_2}{\cos \varphi}. \quad (3.16)$$

При неоднаковому опорі обертанню бічних роликів опори (особливо у найбільш несприятливому випадку заклинення одного з бічних роликів) виникає зосереджений момент M_1 (рис. 3.4), який призводить до бічного сходу стрічки. Його величина розраховується за такими формулами [7-9]:

$$\delta_{\max} = \frac{M_1}{2EJ\alpha_1^2 \sqrt{1 + \frac{\alpha_2}{\alpha_1}}} \exp(\alpha_1 x_1) \text{ при } b'_1 > \frac{(S - \rho F v^2)^2}{EJ}, \quad (3.17)$$

де $x_1 = \frac{1}{\alpha_2} \arctg \frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ та:

$$\delta_{\max} = \frac{M_1}{EF(\alpha_3^2 - \alpha_4^2)} \left[\left(\frac{\alpha_4}{\alpha_3} \right)^{\frac{\alpha_3}{\alpha_4 - \alpha_3}} - \left(\frac{\alpha_4}{\alpha_3} \right)^{\frac{\alpha_4}{\alpha_4 - \alpha_3}} \right] \text{ при } b'_2 \leq \frac{(S - \rho F v^2)^2}{EJ}. \quad (3.18)$$

Оцінка величин зміщень за формулами (3.17) і (3.18) показує, що вони не перевищують 1-2 мм, тобто заклинення окремого бічного ролика опори не викликає помітних бічних зсувів стрічки.

Для випадку несиметричного розтягування стрічки по її ширині (рис. 3.5) бічний схід стрічки може бути розрахований за наступною формулою [8]:

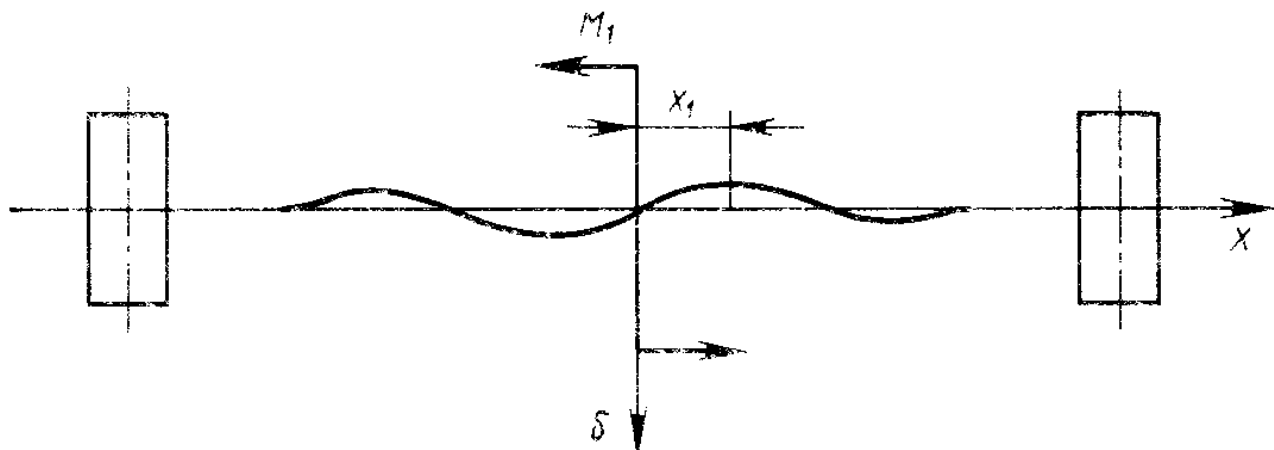


Рисунок 3.4 – Схема бічних зміщень стрічки при заклиненні бічного ролика

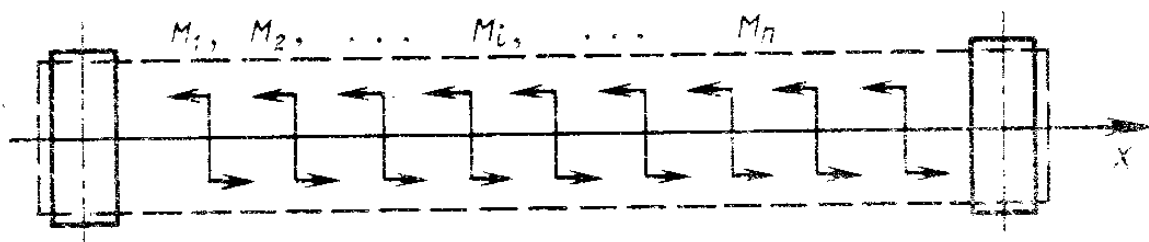


Рисунок 3.5 – Схема бічного зміщення стрічки при несиметричному натягу

$$\delta = \int_{-\infty}^0 \delta_{(-)} dx + \int_0^{\infty} \delta_{(+)} dx =$$

$$= \frac{M_2}{EJ(\alpha'_1 - \alpha'_2)} \left[\frac{1}{\alpha'_1(\alpha'_1 - \alpha'_3)} + \frac{1}{\alpha'_2(\alpha'_2 - \alpha'_3)} + \frac{\alpha'_1 - \alpha'_2 - 2\alpha'_3}{\alpha'_3(\alpha'_1 - \alpha'_3)(\alpha'_2 - \alpha'_3)} \right]. \quad (3.19)$$

Розрахунки за формулою (3.19) показують, що навіть при 30-40% різниці величин натягів протилежних бортів стрічки її бічний зсув не перевищує 2 мм, тобто цю причину можна вважати несуттєвим децентралізуючим фактором.

Аналіз бічних зсувів непрямої (серпоподібної) конвеєрної стрічки (як на верхніх, так і на нижніх гілках конвеєра) свідчить, що до них більш схильні гумовотросові стрічки. Тому у разі використання таких стрічок повинні ставитися більш жорсткі вимоги до центрувальної здатності поставу конвеєра та роботи центрувальних роликоопор (у порівнянні із застосуванням гумовотканинних стічок) [8].

У табл. 3.2 приведені узагальнені дані щодо величин допустимих зміщень $[\delta]$ стрічки, викликаних різними децентралізуючими факторами [7-9].

Для конвеєрів з канатним поставом картина на нижній гілці, де роликоопори зазвичай встановлюються на жорстких стояках поставу, буде аналогічною. Але для верхньої (вантажонесучої) гілки бічні зсуви стрічки потрібно оцінювати з урахуванням специфічних особливостей канатного поставу. Тут справа ускладнюється додатковим перекосом підвісних роликоопор у вертикальній площині, який виникає внаслідок перерозподілення ваги стрічки і вантажу між канатами. Кут перекосу роликоопор (рад) через різні величини прогинів y_1 та y_2 канатів поставу дорівнює [8]:

Таблиця 3.2 – Допустиме зміщення $[\delta]$ стрічки, %

Децентралізуючий фактор	Верхня гілка	Нижня гілка
Непрямолінійність стрічки	$\frac{18-46}{4-25}$	$\frac{48-49}{26-28} \left(\frac{45-47}{21-25} \right)$
Заклинення бічного ролика	1–3	–(1–3)
Несиметричне розподілення натягу по ширині стрічки	1–2	2–3(1–2)
Неточна установка поставу	–	$\frac{48-50}{69-72} \left(\frac{48-50}{70-77} \right)$
Нецентральне завантаження стрічки	$\frac{49-80}{70-94}$	–

Примітка. У чисельнику приведені значення $[\delta]$ для конвеєрів з широкими гумовотросовими стрічками, у знаменнику – з вузькими гумовотканинними стрічками: для нижньої гілки з однороліковою опорою, у дужках – з жолобчастою.

$$\Omega = \frac{y_1 - y_2}{b}, \text{ рад}, \quad (3.20)$$

де b – відстань між канатами, м,

Інтенсивність центрувальних сил (які повертають стрічку у центральне положення) канатного поставу менше, ніж жорсткого на величину b_0' . Остання для варіанту навішування чотирьох роликоопор між стояками, що підтримують канати, складає [8]:

$$b_0' = 3\rho Fg^2 \frac{l_p^2}{S_\kappa b^2}, \text{ Н}, \quad (3.21)$$

а двох роликоопор [8]:

$$b_0' = 1,5\rho Fg^2 \frac{l_p^2}{S_\kappa b^2}, \text{ Н}, \quad (3.22)$$

де S_κ – натяг канату, Н.

3.4 Дослідження раціональних параметрів центрувальних роликоопор

Викладена вище інформація свідчить, що у складних умовах експлуатації стрічкових конвеєрів гірничої галузі виникають різноманітні децентрувальні бічні зусилля, які перевищують відновлювальну центрувальну здатність конвеєрного поставу та викликають такі небажані наслідки, як просип вантажу зі стрічки та контактування її бортів з металоконструкціями поставу. Використання різного роду центрувальних роликоопор не дає очікуваного результату, тому потрібні додаткові дослідження з метою удосконалення їх конструктивного виконання режиму експлуатації.

Для оцінки ефективності використання центрувальних роликоопор потрібно знати величини бічних зміщень стрічки, які викликаються здебільшого децентрувальними факторами випадкового характеру. Для спрощення аналізу можна відмовитися від детерміністичного розгляду цих впливів і прийняти припущення, що вони незмінні у часі, тобто статичні.

Якщо не враховувати жорсткість стрічки (EJ), то рівняння (3.11) її бічного сходу може бути записано у наступному вигляді [7-9]:

$$\left(\rho F v^2 S_0\right) \frac{d^2 \delta}{dx^2} + c' \frac{d \delta}{dx} + b_1' \delta = p_1(x), \quad (3.23)$$

де S_0 – натяг стрічки на ділянці, де досліджується її зсув, Н.

На границях цієї ділянки з координатами $x = 0$ та $x = l_0$ (де l_0 – крок установки центрувальних роликоопор, м) діють центрувальні сили $F_y = \psi_y \delta$, (Н) де ψ_y – жорсткість центрувальної роликоопори, Н/м (рис. 3.6) [7,8]:

$$F_y = S_0 \left(\frac{\partial \delta^+}{\partial x} - \frac{\partial \delta^-}{\partial x} \right), \text{ Н}, \quad (3.24)$$

де $\frac{\partial \delta^+}{\partial x} \approx \frac{\partial \delta^-}{\partial x}$ – для координат, що лежать зліва і справа від центрувальної опори.

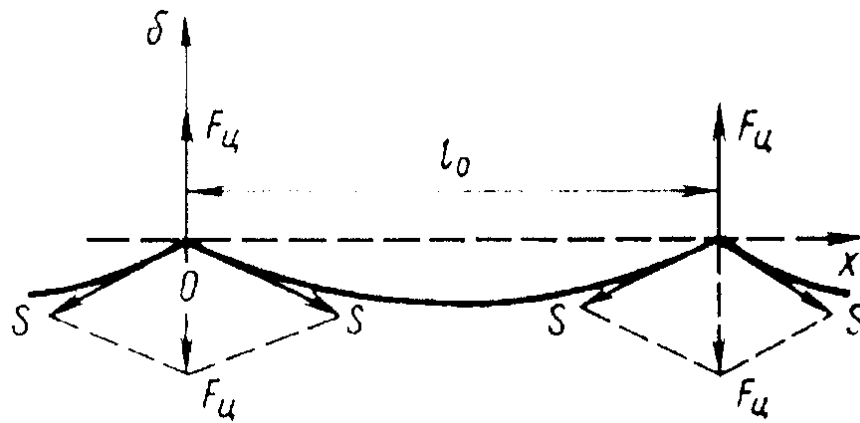


Рисунок 3.6 – Схема рівноваги сил на центрувальній роликоопорі

При однорідному децентрувальному впливі максимальний бічний зсув стрічки спостерігається на середині ділянки між центрувальними опорами, що є цілком логічним. Для децентрувальної сили P_1 будь-якого виду можна визначити крок установки центрувальних опор, який забезпечить допустиму величину бічного зсуву стрічки $[\delta]$. На рис. 3.7 приведені залежності максимального бічного сходу $\delta_{\max}$ нижньої гілки стрічки від кроку установки L_0 та жорсткості ψ_u центрувальних роликоопор, побудовані за формулою, отриманою в результаті рішення рівняння (3.23) для найбільш несприятливого випадку, при якому усі роликоопори нижньої гілки стрічки однаково перекошені в один бік [7,8].

Як бачимо, відстань між центрувальними роликоопорами більш суттєво впливає на бічний схід стрічки, коли вона рухається по однороликовим опорам (у порівнянні з жолобчастими). Наприклад, якщо для дворолікових конструкцій допускається крок установки 40 м, то для однороликових він має бути скорочений до 20 м. Підвищення жорсткості центрувальних роликоопор зменшує бічний зсув стрічки, причому більш помітно саме для однороликових конструкцій.

На рис. 3.8 показані схеми найпростіших і, водночас, надійних та працездатних конструкцій центрувальних роликоопор для нижніх гілок стрічкових конвеєрів, в яких вони не використовуються для транспортування матеріалу [7,8]. Вони мають вигляд перевернутого жолобу і завдяки своїй жолобчастості добре центрують хід стрічки. До переваг таких конструкцій слід віднести їх безінерційність, тобто здатність практично миттєво реагувати на змінення бічного зсуву.

На рис. 3.9 приведені номограми для практичного визначення раціональних параметрів вказаних центрувальних роlikоопор, виготовлених з уніфікованих роликів трюхроliкових опор верхньої гілки для випадків, коли нижня гілка обладнується однороliковими ($\beta_n' = 0$) або двороliковими ($\beta_n' = 0,17$ рад = 20°) опорами [7,8].

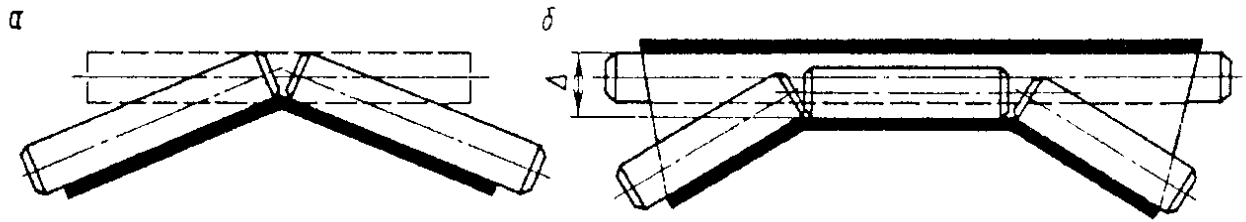


Рисунок 3.8 – Умовні схеми центрувальних роlikоопор типу «перевернутий жолоб» для нижньої гілки стрічки: а – двороliкової; б – трюхроliкової (з вантажною гілкою)

Порядок користування номограмами наступний. Наприклад, ми маємо задану продуктивність конвеєра $Q = 400$ т/г. Для неї розраховуємо ширину стрічки $B = 0,8$ м та швидкість її руху $v = 2,5$ м/с. За допомогою тягового розрахунку визначаємо натяги у характерних точках конвеєрної траси. Нехай натяг у місці установки центрувальної опори дорівнює $S = 10$ кН. Якщо ми обираємо двороliкову конструкцію центрувальної опори за схемою на рис. 3.8а, відстані між роlikооперами верхньої і нижньої гілок стрічки однакові ($l_p = l_p'$), то потрібно застосувати номограму на рис. 3.9а. Ключ номограми позначений пунктирною лінією зі стрілками. Потрібно рухатися вгору від точки $Q = 400$ т/г до прямої $B = 0,8$ м, потім направо до прямої $S = 10^4$ Н і, нарешті, вниз до величини $\Delta = 0,08$ м. Це означає, що центрувальна роlikоопера має бути опущена на 80 мм нижче рівня підтримувальних роlikоопор. Далі, рухаємося вгору до прямої $v = 2,5$ м/с, потім направо, де отримуємо величину жорсткості такої роlikоопори: $\psi_1 = 0,27$ кН/м. Описаний шлях показаний у пунктирній рамці на цій номограмі.

3.5 Дослідження бічного зсуву стрічки у місцях завантаження конвеєра

Як вже було зауважено вище, нецентральне завантаження стрічки конвеєра транспортованим матеріалом є однією з найважливіших причин виникнення її бічних зсувів.

У пунктах завантаження стрічкових конвеєрів гірнича маса падає на стрічку з певної висоти, що призводить до появи значних динамічних навантажень на конструктивні елементи установок. Крім того, що вони можуть стати причиною руйнування стрічки і роликоопор, ці навантаження викликають таке неприємне порушення нормальної роботи стрічкових конвеєрів, як бічний зсув стрічки. Особливо небезпечною ситуація стає тоді, коли ми маємо справу з крупношматковими вантажами і коли завантаження стрічки відбувається не по її центру. Внаслідок зсуву стрічки матеріал потрапляє у підконвеєрний простір і заштибовує його, з'являються поздовжні й поперечні пориви стрічки, ушкодження її верхньої обкладинки тощо.

Для визначення величин поперечних зусиль, що викликають зсув стрічки, розробки способів їх зменшення та раціональних конструкцій завантажувальних пунктів з гарантованим центральним завантаженням стрічки інститутом НДІКМА свого часу були проведені відповідні дослідження на Михайлівському ГЗК. Схема для розрахунку сил впливу падаючого на стрічку конвеєра вантажу приведена на рис. 3.10, а методика розрахунку викладена у [16].

Згідно з нею, потік матеріалу падає на стрічку з початковою швидкістю:

$$v_0 = v_c \frac{R + h + h_c}{R}, \text{ м/с}, \quad (3.25)$$

де v_c – швидкість стрічки, м/с; R – радіус барабану, м; h_c – товщина стрічки, м; h – висота часток потоку над стрічкою, м.

Швидкість потоку у точці удару по стрічці:

$$v_{y0} = \sqrt{v_0^2 + 2gH_i}, \text{ м/с}, \quad (3.26)$$

де H_i – висота падіння, м.

З а допомогою методу аналогії будемо вважати рівномірний потік розпушеної гірничої породи з частинками малих розмірів подібним потоку рідини. Тоді силу його удару по стрічці можна знайти за наступною формулою:

$$R_{y\partial} = \frac{Q_i v_{y\partial}}{g}, \text{ Н}, \quad (3.27)$$

де Q_i – секундна продуктивність елементарного потоку породи, кг/с.

Цю силу можна розкласти на дві складові – вертикальну та горизонтальну:

$$R_{\partial i} = R_{y\partial} \cos \theta; R_{zi} = R_{y\partial} \sin \theta, \quad (3.28)$$

де θ – кут між дотичною до траєкторії падіння та вертикаллю у точці удару шматка потоку, град. Його можна знайти за наступною формулою:

$$\cos \theta = \frac{\sqrt{2gH_i}}{v_{y\partial}}. \quad (3.29)$$

Якщо удар припадає на похилу частину стрічки з кутом нахилу β , то наслідком цього стає виникнення поперечного зусилля:

$$T_{ni} = R_{\partial i} \sin \beta = \frac{Q_i \sqrt{2gH_i} \sin \beta}{g}, \text{ Н}. \quad (3.30)$$

Для усього перетину вантажопотоку матимемо:

$$T_n = \frac{\int_0^B Q_i \sqrt{2gH_{\text{сеп.н}}} \sin \beta}{g}, \text{ Н}. \quad (3.31)$$

Підсумкова дія нерівномірно розташованого на стрічці вантажу буде залежати від величини зміщення центру ваги його поперечного перетину відносно осі

стрічки. Це зміщення можна назвати ексцентриситетом завантаження ε :

$$\varepsilon = \frac{2a}{B}, \text{ м}, \quad (3.32)$$

де a – відстань від центру ваги поперечного перетину вантажу до осі стрічки, м; B – ширина стрічки попереднього конвеєра, м.

Тоді можна записати:

$$\int_0^B Q_i = \varepsilon Q_n, \quad (3.33)$$

де Q_n – повна секундна продуктивність потоку, кг/с.

Остаточний вираз для шуканого поперечного зусилля:

$$T_n = \frac{\varepsilon Q_n \sqrt{2gH_{\text{сеп.н}}} \sin \beta}{g}, \text{ Н}. \quad (3.34)$$

Таким чином, якщо вважати параметри Q_n , $H_{\text{сеп.н}}$ і β постійними для даних умов роботи, то величина поперечного зусилля буде залежати лише від ексцентриситету завантаження ε . Для розглянутих умов експлуатації на Михайлівському ГЗК вона може досягати 15 кН.

Величина зсуву стрічку буде також залежати від її натягу. Зсув відбувається на достатньо великій ділянці і в нашому випадку може бути у межах $m = 30\text{--}40$ м. Саму стрічку можна представити у вигляді пружної нитки, що знаходиться під дією натягу K (рис. 3.11) [16]. На стрічку під час бічного переміщення діють зосереджена поперечна сила T_n та розподілені сили тертя $F_{\text{тр}}$ стрічки відносно роликів. Останні залежать від погонного навантаження на стрічку.

З огляду на це, можна вважати, що величина сходу стрічки дорівнює стрілі прогину гнучкої пружної нитки (за умови, що породою завантажена половина ділянки сходу):

$$\delta = \frac{T_n m}{4K} - \frac{\left(q_c m + \frac{q_s m}{2} \right) m n f_n}{8K}, \text{ м}, \quad (3.35)$$

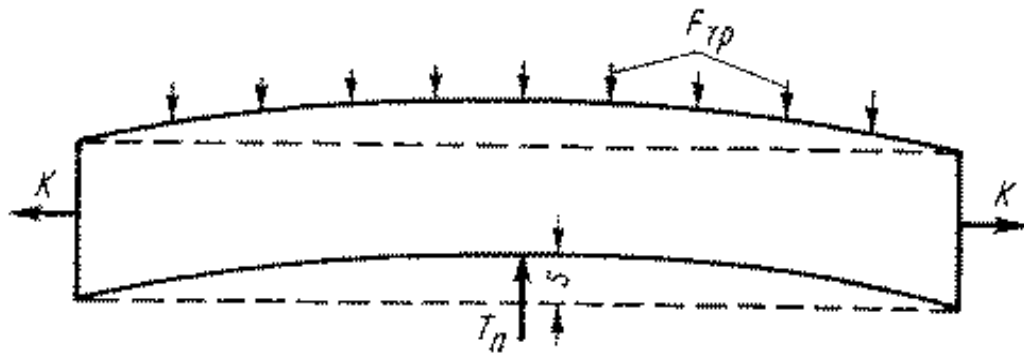


Рисунок 3.11 – Схема до розрахунку величини сходу стрічки

де T_n – поперечна сила, Н; m – довжина ділянки сходу, м; q_c – погонна вага стрічки, Н/м; q_e – погонна вага вантажу, Н/м; f_n – коефіцієнт тертя стрічки при поперечному русі її на обертових роликах; n – коефіцієнт нормального тиску вантажу на ролики у конвеєрах з жолобчастою стрічкою (при $\beta = 30^\circ$ $n \approx 0,75$).

Для розглянутого випадку величина бічного сходу стрічки може досягати 190 мм.

Висновки:

- для вирішення проблеми боротьби з негативними наслідками бічного сходу стрічок стрічкових конвеєрів необхідно: проаналізувати вплив параметрів конвеєра на характер поперечного руху стрічки; визначити сили, що виникають при зміщенні стрічки у поперечному напрямку; розробити доцільні технічні рішення, що забезпечують зменшення бічного сходу стрічки; удосконалити конструкції конвеєрного постапу, спрямовані на досягнення цієї мети;

- основними причинами бічного зсуву стрічок стрічкових конвеєрів є наступні: перекис роlikоопор у горизонтальній площині; перекис роlikоопор у вертикальній площині; відхилення конструкції постапу від поздовжньої осі конвеєра; різні величини опору обертанню бічних роликів опори; нецентральне завантаження стрічки матеріалом; непрямолінійність стрічки у плані (так називана серпоподібність); нерівномірне розподілення зусиль натягу по ширині стрічки; нерівномірний натяг тросів канатного постапу. Докладний розгляд перерахованих випадків дозволив визначити основні зусилля та моменти, що виникають при цьому та зму-

шують стрічку відхилятися від свого центрального положення. Оцінка їх величин показує ступені впливу цих факторів на процес бічного сходу стрічки;

- аналіз впливу різного роду децентрувальних зусиль та бічний схід конвеєрної стрічки показує, що:

- максимальний ефект покращення центрувальних властивостей роликкоопор лінійної частини конвеєра дає підвищення кута нахилу бічних роликів. Особливо це помітно на нижній холостій гілці стрічки. Якщо центрування верхньої (вантажонесучої) гілки стрічки п'ятироликовими опорами в 1,05-1,12 рази краще, ніж трьохроликовими, то для нижньої гілки трьохроликові опори показують результати у 2 рази кращі у порівнянні з двороликовими та у 14-15 разів кращі у порівнянні з однорولیковими;

- значне підвищення ступеня центрування стрічки (в 1,2-1,3 рази) може бути отримано за рахунок повороту бічних роликів у плані на кут 2-2,5°. На нижній гілці цей кут можна підвищити до 3-5°;

- центрувальна здатність роликкоопор верхньої гілки стрічки конвеєра з канатним поставом завжди гірше, ніж конструкції з жорстким поставом (в 1,05-1,15 рази при наявності двох роликкоопор між стояками поставу та в 1,2-1,25 рази – чотирьох роликкоопор);

- найбільші величини бічного сходу стрічки викликаються такими децентрувальними факторами, як нецентральне завантаження стрічки та неточна установка поставу конвеєра (остання причина особливо помітна у горизонтальній площині). Величина зсуву стрічки при нецентральному завантаженні залежить від ексцентриситету завантаження. Підвищення центрувальної здатності роликкоопор у цих випадках не дає більш-менш суттєвих результатів. Тут потрібно усувати самі причини сходу – забезпечувати належний монтаж поставу та раціональний режим завантаження конвеєра;

- величини бічного сходу серпоподібної стрічки зростають із збільшенням ширини стрічки та зменшенням довжини викривленої ділянки. Для гумовоторосових стрічок вони в 1,2-1,8 рази більші, ніж для гумовотканинних на нижній гілці конвеєра та в 1,6-2,6 рази – на верхній;

- у цілому слід зазначити, що такі децентрувальні фактори, як непрямолінійність та злам стику стрічки, її несиметричний натяг та заклинення окремих бічних роликів за умови дотримання вимог стандартів ГОСТ 20-85 не спроможні викликати бічний схід стрічки до гранично допустимих величин на обох гілках конвеєра;

- дослідження раціональних параметрів центрувальних роликкоопор, призначених для повертання стрічки у центральне положення показало, що відстань між ними на нижній гілці конвеєра більш суттєво впливає на бічний схід стрічки, коли вона рухається по однороликовим опорам (у порівнянні з жолобчастими). Наприклад, якщо для дворוליкових конструкцій допускається крок установки 40 м, то для однороликових він має бути скорочений до 20 м. Підвищення жорсткості таких центрувальних роликкоопор зменшує бічний зсув стрічки, причому більш помітно саме для однороликових конструкцій.

4 РОЗРОБКА ПРАКТИЧНИХ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1 Основні напрямки зниження бічного зсуву конвеєрних стрічок

Проведені дослідження, результати яких викладені у попередньому розділі, дозволили рекомендувати для практичного використання наступні основні шляхи зменшення негативних наслідків нецентрального ходу конвеєрних стрічок:

- регулювання ходу стрічки за рахунок змінення положення роликів опор вантажної та холостої гілок конвеєра. За аналогією, напевно слід очікувати аналогічного результату й від змінення положення барабанів конвеєра, хоча подібні дослідження у рамках представленої роботи не проводилися;
- використання раціональних конструкцій центрувальних роликкоопор, які можуть працювати в автоматичному режимі й повертати збіжну стрічку у центральне положення;
- забезпечення раціонального режиму завантаження стрічки конвеєра транспортованим матеріалом (особливо крупношматковим), який не створює децентрувальних впливів на стрічку;
- забезпечення раціональних режимів монтажу та експлуатації стрічкових конвеєрів.

Приклади практичної реалізації деяких вказаних напрямків розглядаються нижче.

4.2 Використання центрувальних роликкоопор автоматичної дії

4.2.1 Перспективні конструкції для робочої гілки стрічки

Принцип дії традиційної конструкції центрувальної роликкоопори для вантажної гілки стрічкового конвеєра описаний у п. 1.3. Як вже було зауважено, за різними причинами вони недостатньо ефективні у складних умовах експлуатації гірничих стрічкових конвеєрів.

В роботі [14] запропоновано два варіанти центрувальних опор автоматичної дії, які відрізняються простотою конструктивного виконання та високою ефективністю роботи. Схеми конструкцій представлені на рис. 4.1 і 4.2.

Перша з них призначена для установки після завантажувального вузла конвеєра. Вона здатна відновити центральний хід стрічки після її бічного сходу внаслідок нецентрального завантаження матеріалу (наприклад, у разі розташування живильного конвеєра під кутом 90° відносно прийомного). Опора має шарнірну конструкцію і працює за рахунок змінення своєї геометричної форми у вертикальній площі, що перпендикулярна осі конвеєра, та повороту у плані при бічному зсуву стрічки.

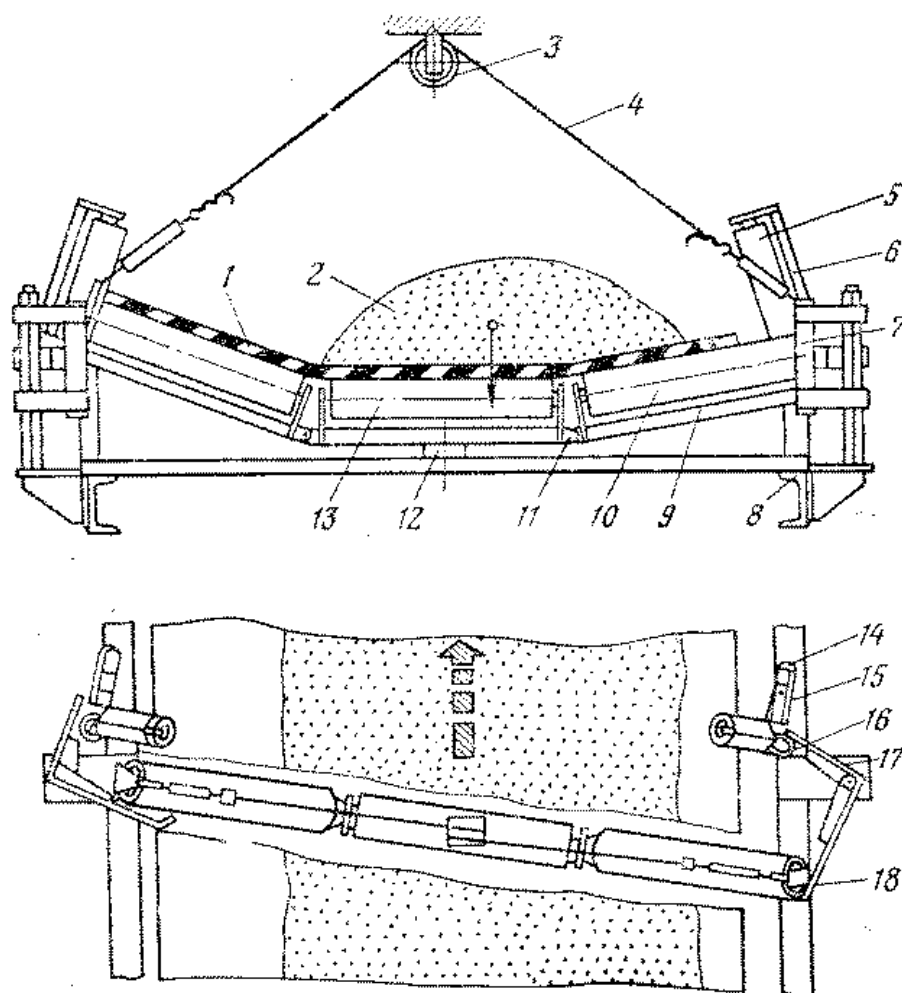


Рисунок 4.1 – Роликоопора центрувальна шарнірна:

- 1 – стрічка; 2 – транспортований матеріал; 3 – барабан; 4 – трос;
 5 – дефлекторний ролик; 6 – талреп; 7 – натискний механізм;
 8 – постав конвеєра; 9 – опора; 10 – бічний ролик; 11 – шарнір;
 12 – цапфа; 13 – центральний ролик; 14, 17 – осі; 15, 16 – важелі; 18 – упор

Роликоопора жолобчастого типу змонтована на центральній поворотній цапфі 12 поставу 8 і складається з трьох роликів: центрального 13 та двох бічних 10. Кожен з них має власну опору 9. Верхні кінці бічних роликів з'єднані між собою тросом 4, підвішеним на барабані 3 з витками тертя, за допомогою талрепів 6, що служать для змінення кута нахилу роликів.

Опора постачена натискними механізмами 7 з дефлекторними роликами 5, змонтованими на упорах 18 з осями 17. На виді зверху рис. 4.1 показаний варіант такого механізму з важелем 15 на осі 14.

У випадку нецентрального завантаження стрічки 1 матеріалом 2 центр ваги останнього зсуває стрічку у поперечному напрямку (на рисунку – вліво). Правий бічний ролик 10, який сприймає найбільший тиск вантажу, опускається донизу, а протилежний за допомогою тросу 4 – симетрично піднімається нагору. Якщо барабан 3 має конусну форму, то кути опускання-підйому бічних роликів 10 можуть бути різними. Таке змінення вертикальної геометрії роликоопори змушує стрічку знову зайняти центральне положенні на ній.

Якщо цього не відбувається, починає працювати натискний механізм. Стрічка натискає на дефлекторний ролик 5 і розвертає упор 18. У варіанті на виді зверху повертається важіль 15, який своїм кінцем 16 натискає на упор 18. У будь-якому варіанті виконання натискного механізму упор 18 через опору 9 бічного ролика 10 розвертає роликоопору навколо цапфи 12. Це посилює центрувальний вплив на стрічку, завдяки якому вона повертається до нормального режиму ходу.

На центрувальній роликоопорі, що приведена на рис. 4.2, кожен ролик 2 має можливість повороту в опорі 8 на власній осі обертання 6. Опори за допомогою тяг 11, поперечин 12, пальців 7 та шарнірів 5 поєднані між собою та з дефлекторними роликами 4 на кронштейнах 9.

Коли стрічка під дією нецентрально завантаженого матеріалу зсувається убік, вона упирається у дефлекторний ролик 4 і розвертає кронштейн 9 разом з тягами 11 і поперечинами 12. Внаслідок цього опори 8 повертаються на осях 6 і спричиняють процес центрування стрічки (штриховими лініями показані положення елементів роликоопори в момент розвороту).

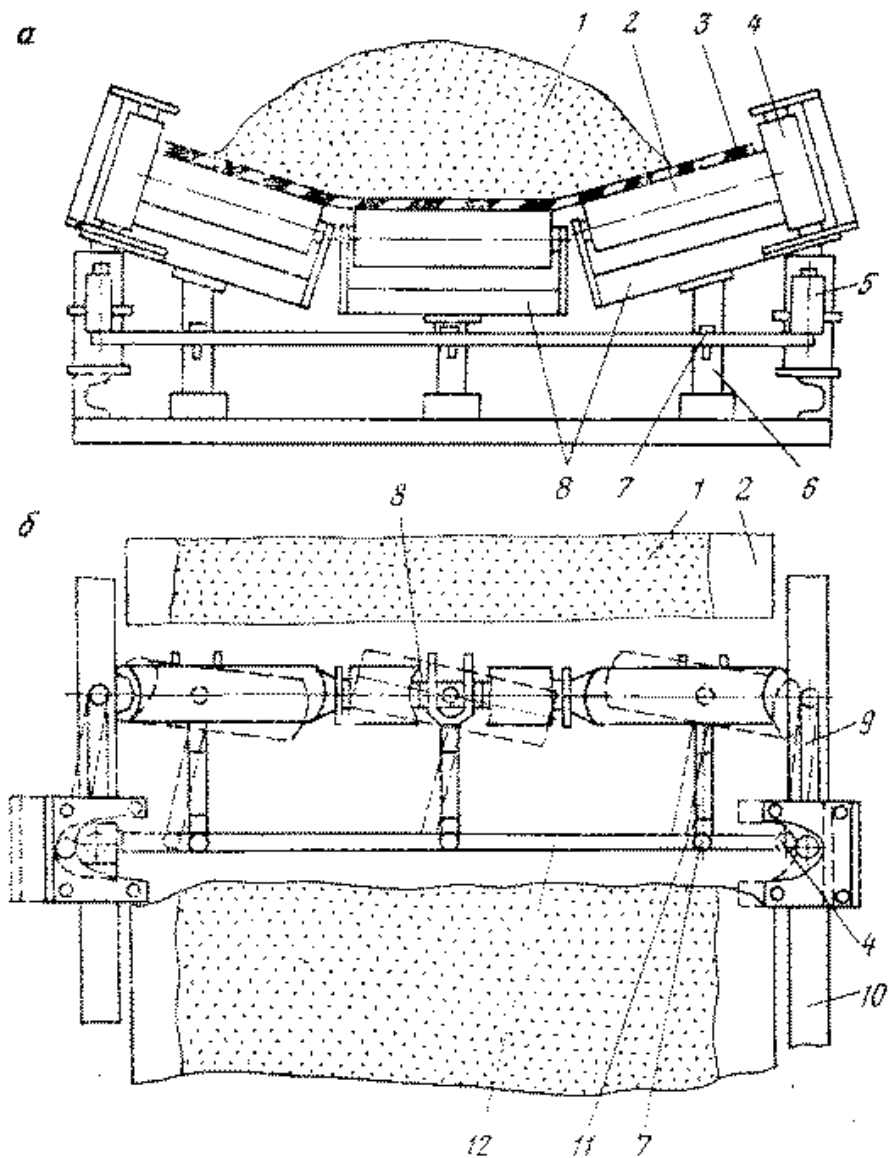


Рисунок 4.2 – Центрувальна роликоопора з поворотом кожного ролика на самостійній осі:
 1 – транспортований матеріал; 2 – ролик; 3 – стрічка;
 4 – дефлекторний ролик; 5 – шарнір; 6 – вісь; 7 – палець; 8 – опора;
 9 – кронштейн; 10 – постав конвеєра; 11 – тяга; 12 – поперечина

4.2.2 Конструкції для холостої гілки стрічки

Хороший центрувальний результат може дати пристрій у вигляді двороликової опори, показаний на рис. 4.3 [17]. Відхиляючі ролики 2 опори встановлені між рядовими горизонтальними підтримувальними опорами 1 під кутом нахилу γ і разом з горизонтальним додатковим роликом 3 створюють жолобоподібний поперечний перетин холостої гілки стрічки конвеєра.

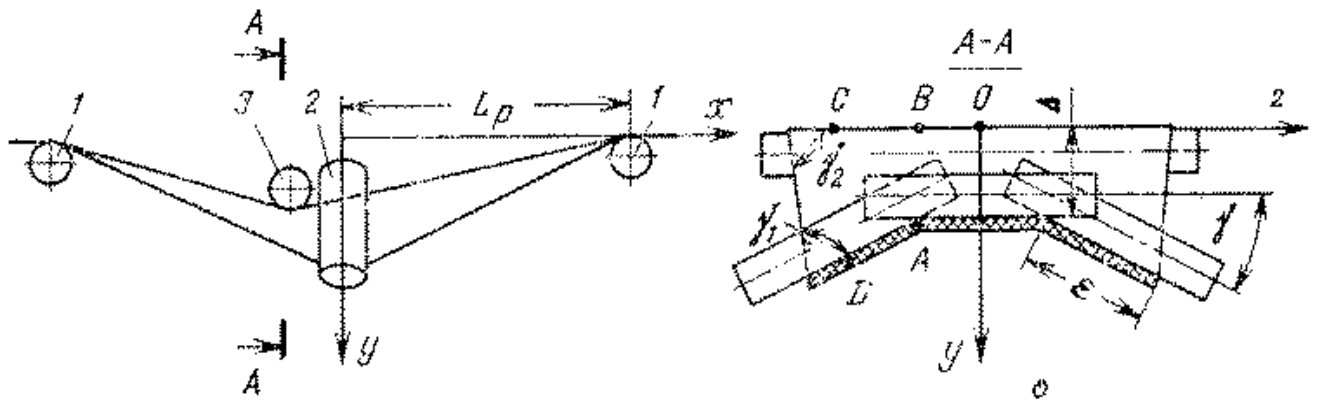


Рисунок 4.3 – Схема пристрою для центрування
холостої гілки конвеєрної стрічки
1 – горизонтальна підтримувальна опора;
2 – відхиляючий ролик; 3 – додатковий ролик

Якщо мова йде про конвеєр з нижньою несучою гілкою (див. схему на рис. 1.1б), то центрування стрічки на верхній холостій гілці може здійснюватися за допомогою спеціальних роlikоопор, підвішених, наприклад, до покрівлі підземної виробки. Загальний вигляд такої центрувальної роlikоопори показаний на рис. 4.4 [18].

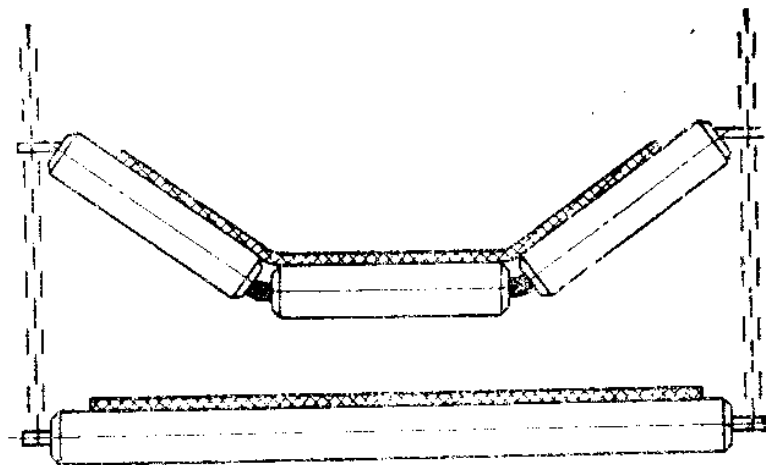


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд підвісної центрувальної роlikоопори

Завдяки гнучкій підвісці на ланцюгах така роlikоопора може легко змінювати своє положення відносно стрічки. Під час бічного сходу стрічки на роlikоопору діє обертальний момент, який розвертає її з утворенням зусилля, що намагається повернути стрічку у центральне положення. Чим більше зсув стрічки, тим

на більший кут розвертається роликкоопора. Тобто у даному випадку ми маємо режим автоматичного центрування стрічки, при якому вона не контактує з жодними металевими елементами поставу, що сприятливо позначається на її терміні служби.

При центральному ході стрічки роликкоопора відхиляється уперед по ходу переміщення вантажу, а при бічному сході ще й розвертається. При цьому вона піднімається вгору на певну величину Δx . Для підвищення величини центрувальної сили, яка повертає стрічку у режим нормального ходу, можна вдаватися до змінення точок кріплення гнучких підвісок роликкоопори, як це показано на (рис. 4.5) [18]. Тут: r – відстань від осі, що проходить через центр роликкоопори, до місця кріплення; l – відстань між вузлами кріплення роликкоопори з гнучкими підвісками.

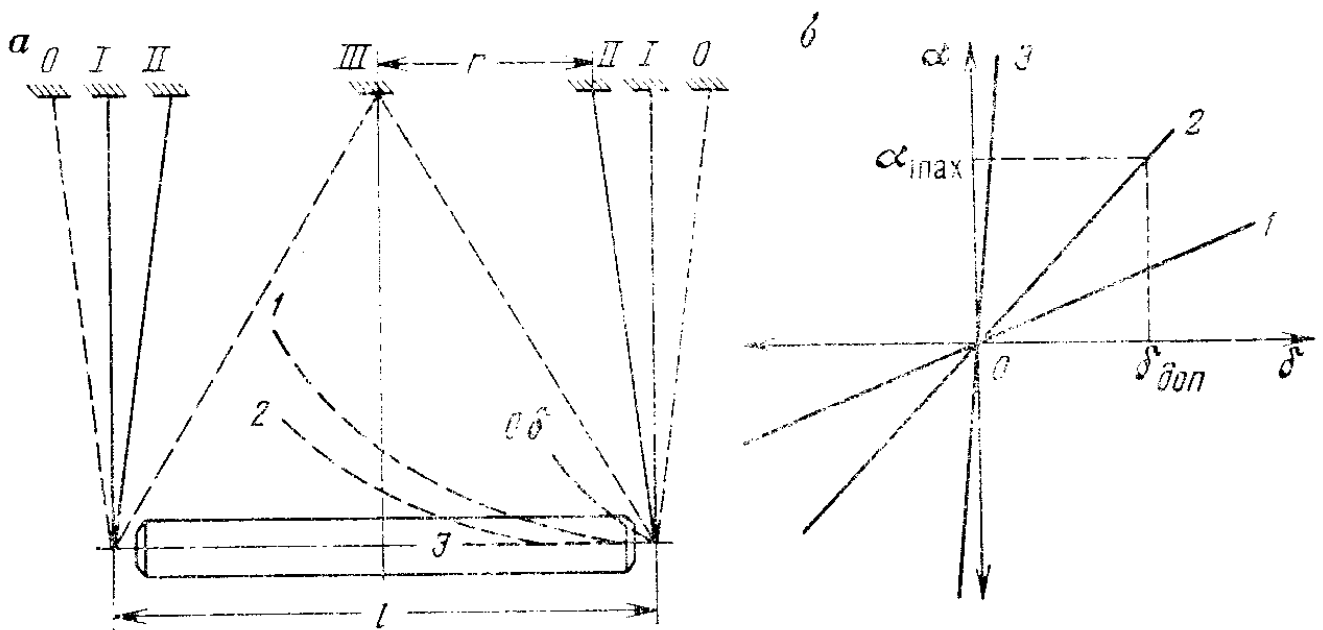


Рисунок 4.5 – Можливі варіанти підвіски роликкоопори (а) та залежність кута її повороту від величини бічного зсуву стрічки (б)

Розташування точок підвісу (I, II, III) суттєво впливатиме на величину Δx . На рис. 4.5а показані деякі траєкторії переміщення роликкоопори (криві 0δ , 1, 2, 3) при змінні r .

При $r > 0,5l$ зростання Δx при повороті роликкоопори відбувається дуже швидко (крива 0δ). При такому варіанті підвіски роликкоопора погано реагує на

бічний схід стрічки, практично не повертається і не створює центрувального зусилля. При цьому чим більше r , тим менше центрувальний ефект.

При $r < 0,5l$ роликоопора реагує на бічний схід стрічки зворотно пропорційно величині r (криві 2, 3). Але сильно зменшувати r небажано, адже нестійкість положення рівноваги роликоопори буде падати і навіть при невеликому бічному сході стрічки вона буде розвертатися на максимально можливий кут $\alpha_{\max}$, обмежений з обох боків гнучкими підвісками (рис. 4.5б).

Величину r потрібно вибирати такою, щоб максимальний поворот роликоопори відбувався при максимальному зсуві стрічки. На рис. 4.5б показані графіки залежності кута повороту роликоопори від величини бічного сходу стрічки для різних значень r , тобто місця підвіски.

4.3 Центрування процесу завантаження стрічкового конвеєра

Вище, у п. 3.5 було розглянуто умови завантаження стрічки конвеєра падаючим потоком породи і визначено можлива величина її бічного сходу у разі нецентрального здійснення цього процесу по відношенню до поздовжньої осі стрічки. Оскільки бічний зсув обумовлюється діючими на стрічку поперечними зусиллями від потоку матеріалу, має існувати можливість певного зменшення останніх. Наприклад, це можна зробити за рахунок штучного спрямовування потоку матеріалу на середню частину стрічку за допомогою спеціальних регульованих напрямних шибєрів, які встановлюються біля розвантажувального барабану живильного конвеєра. Схема для оцінки зусиль впливу потоку на стрічку у таких умовах приведена на рис. 4.6. Вказаний шибєр встановлюється на горизонтальній осі під кутом α до вертикалі [16].

Якщо вважати, що шматок породи падає на шибєр у точці C з висоти H_c , то його швидкість у цій точці складатиме (усі показники, що входять до складу формул, аналогічні тим, що були зазначені у п. 3.5) [16]:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2gH_c}, \text{ мс}, \quad (4.1)$$

Кут нахилу дотичної до траєкторії падіння шматка по відношенню до вертикалі можна визначити з наступної формули:

$$\cos \theta_c = \frac{v_0}{v}. \quad (4.2)$$

Вертикальна складова сили удару:

$$P_{ci} = \frac{Q_i \sqrt{2gH_c}}{g}, \text{ Н.} \quad (4.3)$$

Її можна розкласти на нормальну та дотичну складові по відношенню до площини шибера (Н):

$$N_{ci} = P_{ci} \sin \alpha; S_{ci} = P_{ci} \cos \alpha. \quad (4.4)$$

Під час ковзання шматка по шибєру на нього діятимуть сила тяжіння при падінні з висоти $h = H_n - H$ та сила тертя на ділянці шляху ковзання з коефіцієнтом тертя f . Можна припустити при цьому, що шматок рухається по гіпотенузі трикутника з вершиною у точці C та кутом при підставі θ_c . Його шлях складатиме:

$$l = \frac{h}{\cos \theta_c}, \text{ м.} \quad (4.5)$$

Тоді можна підрахувати різницю між силами тяжіння і тертя на ділянці руху шматка по шибєру:

$$F_i = \frac{Q_i \sqrt{2g(h - lf)} \cos \alpha}{g}, \text{ Н.} \quad (4.6)$$

Результуюча сила удару шматка по шибєру буде дорівнювати:

$$M_i = S_{ci} + F_i, \text{ Н.} \quad (4.7)$$

Під час впливу на середню частину стрічки вона створить наступне поперечне зусилля:

$$W_{ni} = M_i \sin \alpha = \frac{Q_i \sin 2\alpha}{2g} \left[\sqrt{2gH_c} + \sqrt{2gh \left(1 - \frac{f}{\cos \theta_c} \right)} \right], \text{ Н.} \quad (4.8)$$

У підсумку для усього перетину вантажопотоку з урахуванням дії ексцентриситету завантаження стрічки конвеєра ε (див. п. 3.5) отримаємо остаточне значення поперечного зусилля:

$$W_n = \frac{\varepsilon Q_n \sin 2\alpha}{2g} \left[\sqrt{2gH_c} + \sqrt{2gh \left(1 - \frac{f}{\cos \theta_c} \right)} \right], \text{ Н.} \quad (4.9)$$

Таким чином, величина поперечних зусиль при використанні напрямних шиберів значно зменшується.

На рис. 4.7 показана принципова схема розробленого на базі цих розрахунків пристрою центрування вантажопотоку за допомогою напрямних шиберів з системою автоматичного регулювання їх повороту у залежності від напрямку та величини сходу стрічки конвеєра [16].

Пристрій має:

- вузол стеження у вигляді ролика 2, який реагує на зсув стрічки і пов'язаний зі штоком керуючого золотника 3. Останній відіграє роль командного пристрою;
- вузол порівняння, що представляє собою коромисло 8 на нерухомій осі 9, на одному кінці якого закріплений корпус золотника 3, а на другому – тяга 6 зворотного зв'язку для порівняння командного сигналу ролика 2 з положенням напрямних шиберів 5;
- підсилювач, який вмикає золотник 3, що перетворює сигнал ролика стеження у витрату робочої рідини. Остання подається насосом 7. Золотник спрямовує робочу рідину у залежності від знаку сигналу в ту чи іншу порожнину виконавчого механізму – силового циліндру 4;
- виконавчий механізм повороту напрямних шиберів 5 у вигляді силового циліндру, шток поршня якого пов'язаний з шиберами, закріпленими у підшипниках на горизонтальних осях.

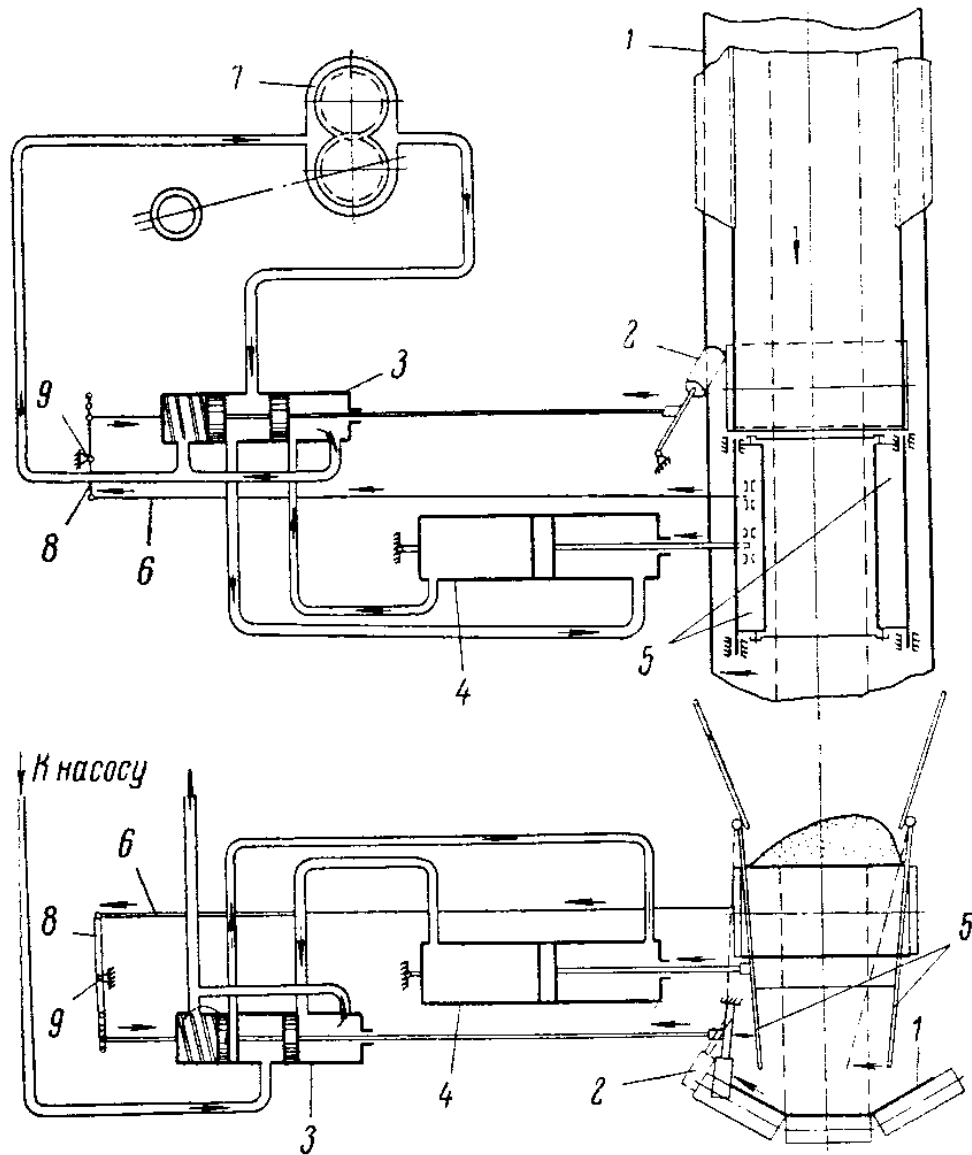


Рисунок 4.7 – Принципова схема пристрою центрування вантажопотоку:

1 – стрічка; 2 – ролик; 3 – золотник; 4 – силовий циліндр;
5 – напрямні шибери; 6 – тяга; 7 – насос; 8 – коромисло; 9 – вісь

У разі бічного сходу стрічки 1 ролик 2, притиснутий до неї, зсуває шток золотника 3 відносно його корпусу. При цьому робоча рідина нагнітається насосом 7 через напірний отвір золотника у порожнину силового циліндру 4. Шток поршня циліндру повертає напрямні шибера 5 у бік сходу стрічки і спрямовує вантажопотік на її середину.

Тяга 6 зворотного зв'язку служить для повороту коромисла 8 та зсуву корпусу золотника 3 при повороті шиберів 5. Подача робочої рідини зменшується,

що обмежує подальше розвертання шибєрів. Робоча рідина із золотника повертається у бак насосу 7 через зливний отвір золотника.

При сході стрічки у протилежний бік відбувається аналогічний симетричний процес центрування конвеєрної стрічки.

Використання описаного пристрою забезпечує зниження сили удару потоку матеріалу по стрічці та поперечні зусилля її зсуву, а також скорочення часу простоїв конвеєра для ліквідації наслідків бічного сходу стрічки на 30-40%.

Висновок: основними шляхами зниження негативного впливу бічного сходу стрічок на рівень експлуатаційної надійності стрічкових конвеєрів слід вважати наступні:

- використання раціональних конструкцій центрувальних роликоопор, які можуть працювати в автоматичному режимі й повертати збіжну стрічку у центральне положення;
- забезпечення раціонального режиму завантаження стрічки конвеєра транспортованим матеріалом (особливо крупношматковим), який не створює децентрувальних впливів на стрічку;
- забезпечення раціональних режимів монтажу та експлуатації стрічкових конвеєрів.

ВИСНОВКИ

Дослідження, проведені під час виконання магістерської роботи, дали можливість сформулювати наступні загальні теоретичні висновки та практичні рекомендації:

- за допомогою конвеєрного транспорту у гірничій промисловості переміщуються величезні вантажопотоки. Масштабне застосування конвеєрів (насамперед, стрічкових) у гірничих галузях з одного боку пояснюється його численними перевагами у порівнянні з іншими видами транспорту, а з іншого – вимагає широкого наукового забезпечення для раціонального використання цих переваг;

- однією з найголовніших причин простоїв стрічкових конвеєрів у надзвичайно важких умовах гірничодобувних та гірничо-переробних підприємств є збігання конвеєрної стрічки у бік від поздовжньої осі конвеєра. Бічний схід стрічки виникає з багатьох причин переважно експлуатаційного характеру і призводить до численних негативних наслідків, від яких страждає продуктивність конвеєра та підвищуються витрати на його обслуговування та ремонти. Існуючі способи і засоби боротьби з бічним сходом стрічки недостатньо ефективні, тому задача їх дослідження та удосконалення представляється надзвичайно важливою і актуальною;

- на основі виконаного аналізу сучасного стану гірничого конвеєрного транспорту стрічкового типу сформульовано мету і задачі роботи, об'єкт та предмет дослідження, вибрані необхідні методи дослідження;

- для вирішення проблеми боротьби з негативними наслідками бічного сходу стрічок стрічкових конвеєрів необхідно: проаналізувати вплив параметрів конвеєра на характер поперечного руху стрічки; визначити сили, що виникають при зміщенні стрічки у поперечному напрямку; розробити доцільні технічні рішення, що забезпечують зменшення бічного сходу стрічки; удосконалити конструкції конвеєрного постапу, спрямовані на досягнення цієї мети;

- основними причинами бічного зсуву стрічок стрічкових конвеєрів є наступні: перекис роликпопор у горизонтальній площині; перекис роликпопор у верти-

кальній площині; відхилення конструкції поставу від поздовжньої осі конвеєра; різні величини опору обертанню бічних роликів опори; нецентральне завантаження стрічки матеріалом; непрямолінійність стрічки у плані (так називана серпоподібність); нерівномірне розподілення зусиль натягу по ширині стрічки; нерівномірний натяг тросів канатного поставу. Докладний розгляд перерахованих випадків дозволив визначити основні зусилля та моменти, що виникають при цьому та змушують стрічку відхилятися від свого центрального положення. Оцінка їх величин показує ступені впливу цих факторів на процес бічного сходу стрічки;

- аналіз впливу різного роду децентрувальних зусиль та бічний схід конвеєрної стрічки показує, що:

- максимальний ефект покращення центрувальних властивостей роликкоопор лінійної частини конвеєра дає підвищення кута нахилу бічних роликів. Особливо це помітно на нижній холостій гілці стрічки. Якщо центрування верхньої (вантажонесучої) гілки стрічки п'ятироликовими опорами в 1,05-1,12 рази краще, ніж трьохроликовими, то для нижньої гілки трьохроликові опори показують результати у 2 рази кращі у порівнянні з двороликовими та у 14-15 разів кращі у порівнянні з однорولیковими;

- значне підвищення ступеня центрування стрічки (в 1,2-1,3 рази) може бути отримано за рахунок повороту бічних роликів у плані на кут 2-2,5°. На нижній гілці цей кут можна підвищити до 3-5°;

- центрувальна здатність роликкоопор верхньої гілки стрічки конвеєра з канатним поставом завжди гірше, ніж конструкції з жорстким поставом (в 1,05-1,15 рази при наявності двох роликкоопор між стояками поставу та в 1,2-1,25 рази – чотирьох роликкоопор);

- найбільші величини бічного сходу стрічки викликаються такими децентрувальними факторами, як нецентральне завантаження стрічки та неточна установка поставу конвеєра (остання причина особливо помітна у горизонтальній площині). Величина зсуву стрічки при нецентральному завантаженні залежить від ексцентриситету завантаження. Підвищення центрувальної здатності роликкоопор у цих випадках не дає більш-менш суттєвих ре-

зультатів. Тут потрібно усувати самі причини сходу – забезпечувати належний монтаж поставу та раціональний режим завантаження конвеєра;

- величини бічного сходу серпоподібної стрічки зростають із збільшенням ширини стрічки та зменшенням довжини викривленої ділянки. Для гумовоторосових стрічок вони в 1,2-1,8 рази більші, ніж для гумовотканинних на нижній гілці конвеєра та в 1,6-2,6 рази – на верхній;

- у цілому слід зазначити, що такі децентрувальні фактори, як непрямолінійність та злам стику стрічки, її несиметричний натяг та заклинення окремих бічних роликів за умови дотримання вимог стандартів ГОСТ 20-85 не спроможні викликати бічний схід стрічки до гранично допустимих величин на обох гілках конвеєра;

- дослідження раціональних параметрів центрувальних роликкоопор, призначених для повертання стрічки у центральне положення показало, що відстань між ними на нижній гілці конвеєра більш суттєво впливає на бічний схід стрічки, коли вона рухається по однороликовим опорам (у порівнянні з жолобчастими). Наприклад, якщо для дворолікових конструкцій допускається крок установки 40 м, то для однороликових він має бути скорочений до 20 м. Підвищення жорсткості таких центрувальних роликкоопор зменшує бічний зсув стрічки, причому більш помітно саме для однороликових конструкцій.

- таким чином, основними шляхами зниження негативного впливу бічного сходу стрічок на рівень експлуатаційної надійності стрічкових конвеєрів слід вважати наступні: використання раціональних конструкцій центрувальних роликкоопор, які можуть працювати в автоматичному режимі й повертати збіжну стрічку у центральне положення; забезпечення раціонального режиму завантаження стрічки конвеєра транспортованим матеріалом (особливо крупношматковим), який не створює децентрувальних впливів на стрічку; забезпечення раціональних режимів монтажу та експлуатації стрічкових конвеєрів.

- запропоновані під час виконання магістерської роботи рекомендації забезпечують підвищення у 1,5-2 рази експлуатаційних показників конвеєрного транспорту стрічкового типу (надійності, терміну служби основних його конструктив-

них елементів, зниження трудомісткості обслуговування), а також зменшення вартості самого конвеєрного обладнання.

Таблиця 3.1 – Порівняльні значення величин децентрувальних зусиль та моментів

Децентрувальний фактор	Роликоопора нижньої (холостої) гілки стрічки			Роликоопора верхньої (вантажної) гілки стрічки	
	Однороликова	Двороликова ($\beta_1' = 0,18$ рад)	Трьохроликова ($\beta_1' = 0,52$ рад)	Трьохроликова ($\beta_1' = 0,52$ рад)	П'ятироликова ($\beta_{j1}' = 0,39$ рад, $\beta_{j2}' = 0,79$ рад)
P_1	1	0,98/0,98	0,91/0,91	1/1	0,92/0,92
P_2	6	5,88/5,15	6/5,54	6/5,8	6/5,58
M_1	-	1/1	0,8/0,8	1/1	0,4/0,4 (0,9/0,9)

Примітки:

1. У чисельнику приведені значення факторів для $\beta_2' = \beta_{21}' = \beta_{22}' = 0$, у знаменнику – для $\beta_2' = \beta_{21}' = \beta_{22}' = 0,45$ рад.
2. У дужках приведені значення моменту при заклиненні внутрішнього похилого ролика.
3. β_{j1}' і β_{j2}' – кути нахилу внутрішніх і зовнішніх парних роликів у відповідній площині: $j1$ – вертикальній, $j2$ - горизонтальній.

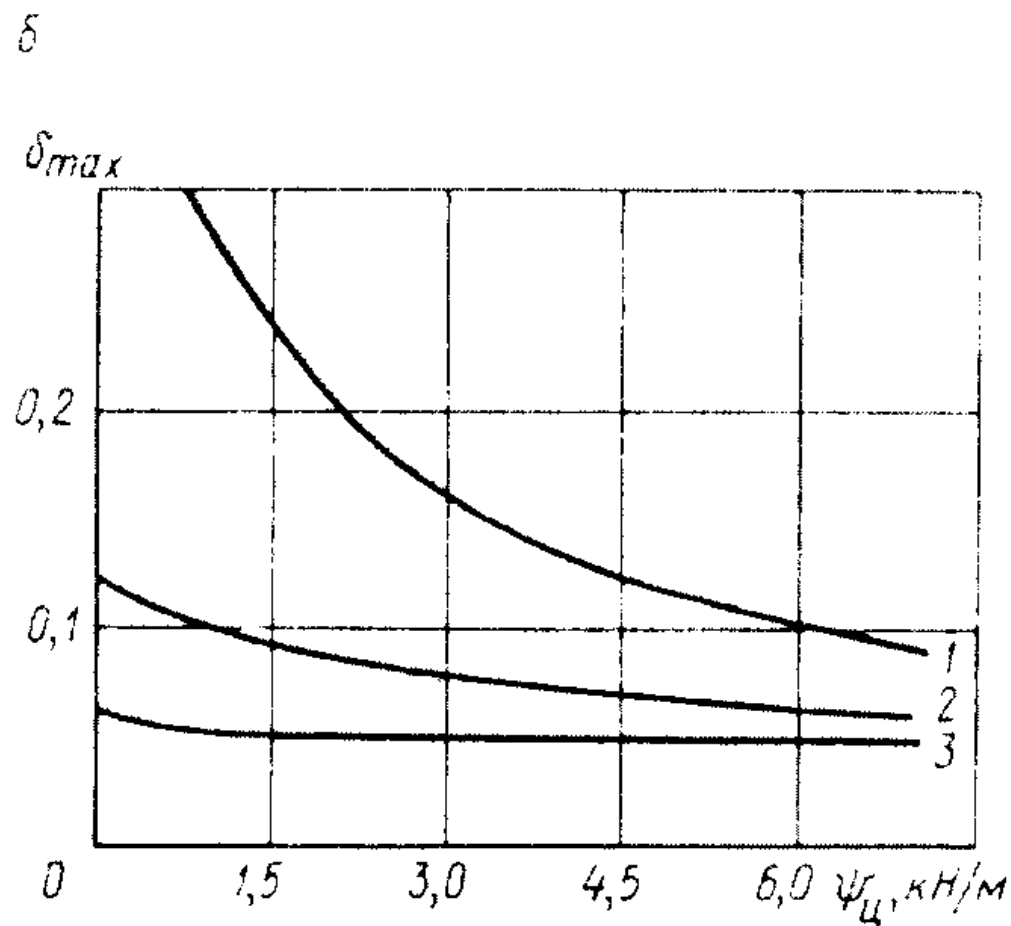
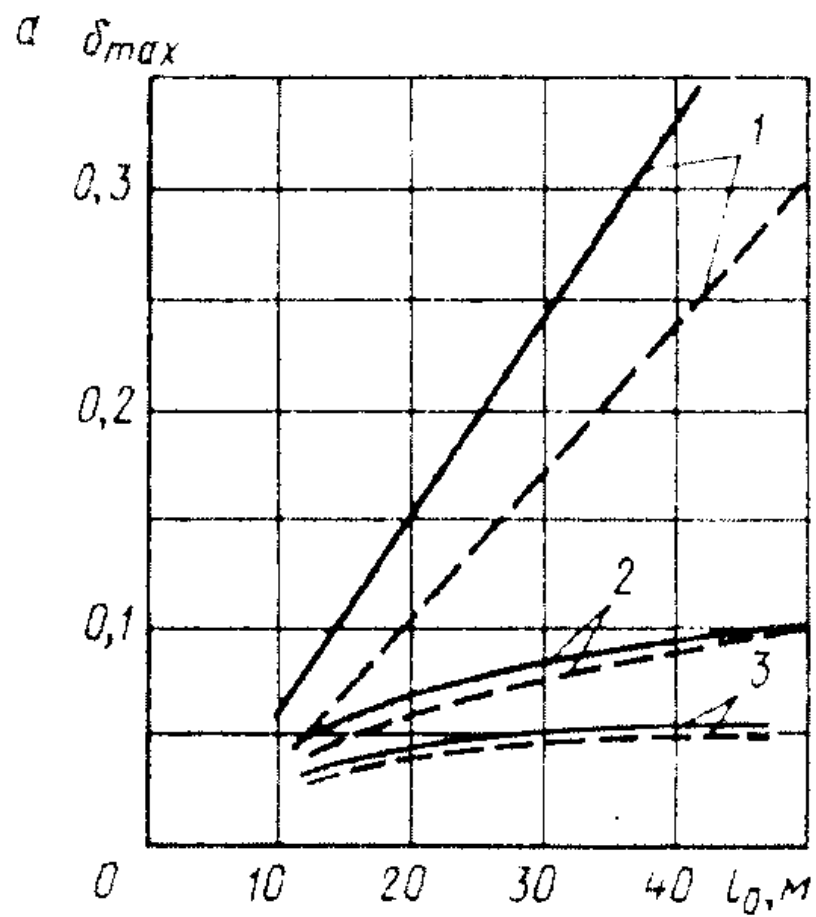


Рисунок 3.7 – Залежності максимальних бічних зсувів стрічки
від кроку установки (а) та інтенсивності зусиль (б) центрувальних роликоопор:
1-3 – відповідно одно-, двох- та трьохроликові підтримувальні опори;
суцільні лінії – $\psi_{\text{ц}} = 3 \text{ кН/м}$; пунктирні лінії – $\psi_{\text{ц}} = 6 \text{ кН/м}$

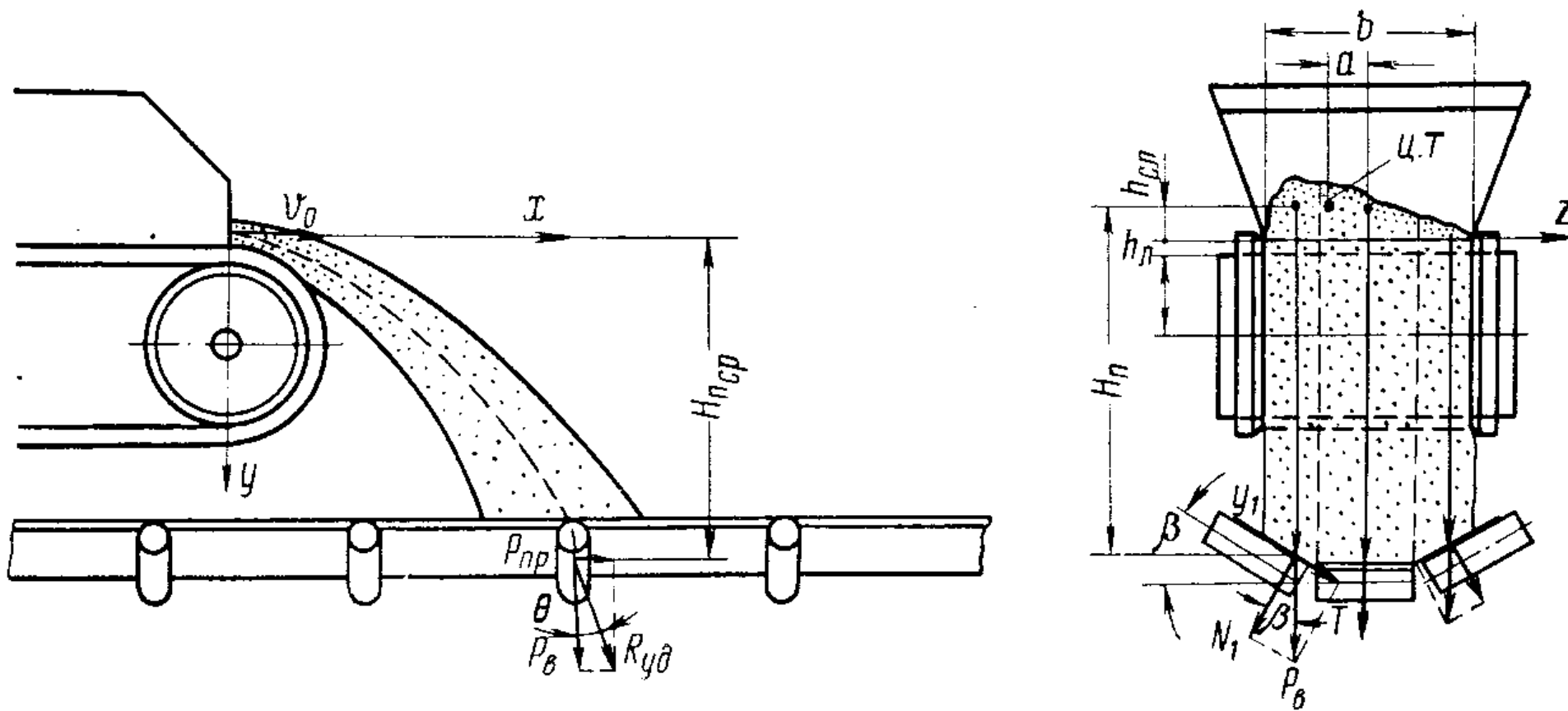


Рисунок 3.10 – Схема для розрахунку сил впливу падаючого вантажу на стрічку конвеєра

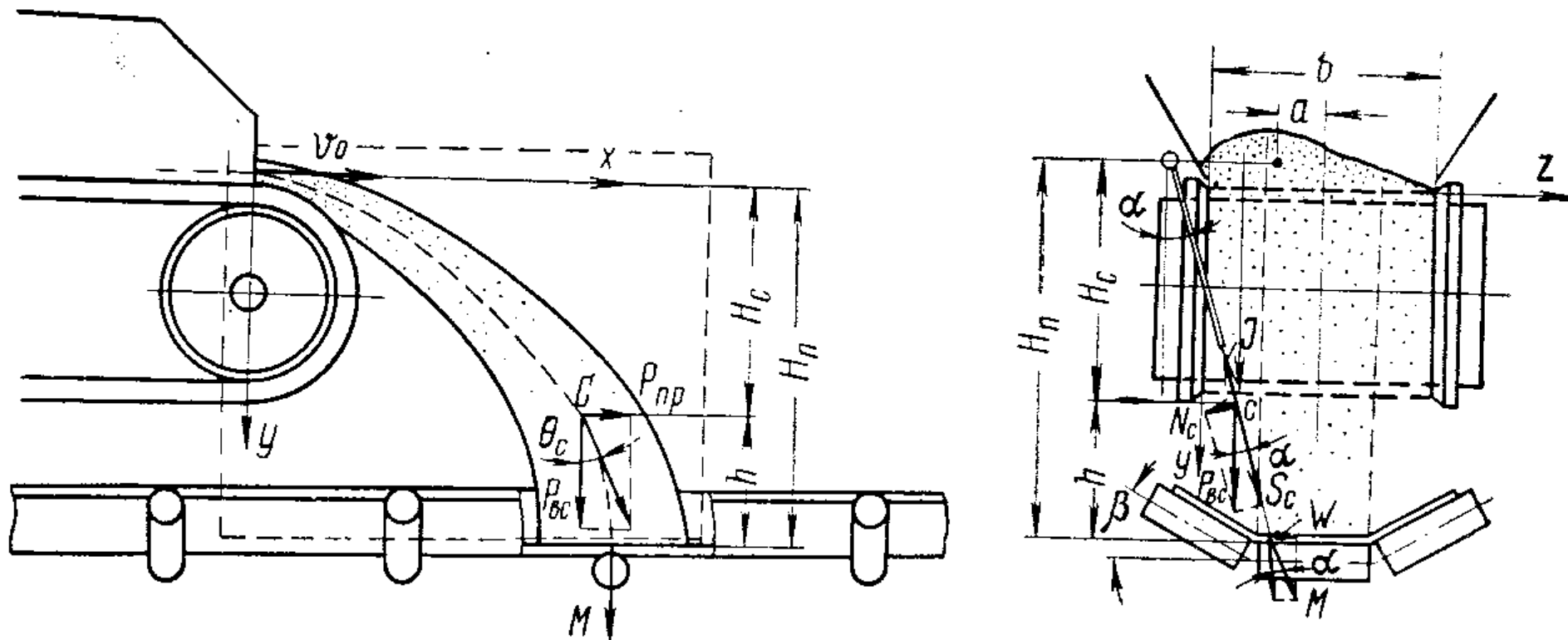


Рисунок 4.6 – Схема для розрахунку сил впливу падаючого вантажу з напрямним шибером