

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка,
(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: **Система керування протяжною конвеєрною установкою**

Здобувача групи ЕІ - 91к
(шифр групи)

Горлина Захара
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник ст. викладач, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

В.І. Васильєв /
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Консультант¹⁾ _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Конотоп – 2023

Примітки:

1) Зазначається за наявності

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є аналіз проблем пов'язаних з керуванням складної за динамічними властивостями електромеханічної системи, на прикладі конвеєрних установок транспортування корисних копалин з метою оптимізації керування ним в робочих режимах з точки зору динамічності і безпеки.

Мета роботи – пошук резервів для застосування відомих або розробки нових технічних рішень, способів та методів спрямованих на мінімізацію динамічних перевантажень системи, підвищення керованості, швидкодії, точності, безпеки у експлуатації.

При виконанні роботи використовувалися сучасні методи технічної кібернетики, математичного аналізу, методів частотного аналізу, змінних станів, комп'ютерного моделювання, експериментальних досліджень натурних зразків і промислових випробувань дослідних зразків систем.

У результаті проведених досліджень встановлено, що сучасний розвиток технічної кібернетики і комп'ютерних методів аналізу і синтезу систем дає проектувальникам широкі можливості оптимізації динамічних параметрів системам, практично, будь якої складності і в тому числі систем з розподіленими параметрами. Крім відомих класичних методів параметричної і структурної оптимізації з застосуванням корегування ПД-регуляторами для демпфірування зручними і ефективним є оптимізація керування через багатокординатний вплив на основі частотних властивостей системи.

Робота викладена на 37 сторінках, у тому числі включає 3 рисунків, - таблиць, список цитованої літератури із 23 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: СТРІЧКОВІ КОНВЕЄРИ, ДИНАМІЧНІ ПАРАМЕТРИ, КООРДИНАТИ РУХУ, ОПТИМІЗАЦІЯ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ, ІНЕРЦІЙНІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ ЗАПУСКУ.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК	7
1.1 Конвеєр, теоретичні аспекти конвеєрних установок.....	7
1.2 Характеристика існуючих конвеєрних установок	9
1.3 Характеристика практичного використання існуючих конвеєрних установок	12
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАПУСКУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	14
2.1 Вибір розрахункової кінематичної схеми стрічкового конвеєру і постановка завдань моделювання	14
2.2 Розробка математичного опису процесу пуску стрічкового конвеєру	16
РОЗДІЛ 3 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ І РОЗВИТКУ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК	21
3.1. Основні перспективи використання конвеєрних установок	24
3.2. Перспективи розвитку конвеєрного транспорту в Україні.....	25
3.3. Вимоги безпеки на конвеєрному транспорті.....	26
ВИСНОВКИ	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	23

ВСТУП

Без конвеєра в сучасному серійному виробництві зараз не обійтися. Перш за все, це складське устаткування є виробничою необхідністю в галузях, де потрібно переміщати сипучі, кускові чи штучні вантажі. Таке обладнання використовується практично скрізь: на заводах, в портах та інших побутових, промислових сферах. Дана машина значно прискорює й спрощує процеси виробництва, транспортування на будь-якому підприємстві. Сама класифікація конвеєрів дуже велика, з урахуванням вектора переміщення, типу та габаритів вантажу і з урахуванням виконання функцій - транспортні, сортувальні й ін.

Вважається, що історія сучасного конвеєра почалася з часів Стародавнього Єгипту, тоді подібна споруда застосовувалася для переміщення рідини у вигляді гвинтових підйомників, які стали прообразами нинішніх конвеєрів..

Класичні гвинтові пристрої з'явилися близько XVI ст. в борошномельних виробництвах. У кінці XIX ст. вони використовувалися для транспортування більш важких вантажів. Починаючи з 1869 по 1914 рр., сплеск конструкторських рішень сприяв не тільки вдосконаленню, але й появі нових видів конвеєрів, які затребувані й дотепер.

Конвеєр - це механічна установка для транспортування великих обсягів матеріалу або виробів з одного місця в інше. Конвеєрні системи використовуються в різних галузях промисловості, таких як вугільна, металургійна, нафтова, хімічна, будівельна та інші. [2,3,5]

Основною метою конвеєрів є автоматизація транспортування, що дозволяє ефективно використовувати робочий час працівників та підвищувати продуктивність.

Основні типи конвеєрів:

- гвинтові (шнекові),
- роликові: неприводні (гравітаційні) та приводні,
- стрічкові,

- стрічково-канатні,
- стрічково-ланцюгові,
- скребкові,
- вібраційні,
- пластинчасті та ін.

До конвеєрів належать також елеватори та ескалатори.

Основні елементи конвеєра: тяговий, вантажний або тягово-вантажний органи; опорні і напрямні елементи; конвеєрний постав, урухомник.

За конструктивними ознаками розрізняють конвеєри з гнучким тяговим органом і без тягового органу. У перших конвеєрах вантаж рухається разом з тяговим органом на його робочій гілці (стрічкові, стрічково-канатні, стрічково-ланцюгові, скребкові, пластинчасті конвеєри, елеватори). В інших конвеєрах поступальний рух вантажу здійснюється при коливному або обертовому русі робочих елементів (інерційні, вібраційні, шнекові, роликові конвеєри). Для живлення конвеєрів застосовується електрична, рідше гідравлічна і пневматична енергія.

За кутом підйому розрізняють горизонтальні і слабкопохилі ($6-3^\circ$), похилі (до $18-20^\circ$ і до 16°), крутопохилі конвеєри (понад $18-20^\circ$ і понад 16°).

Траса конвеєра може бути як прямолінійною, так і криволінійною, став конвеєр постійної або змінної довжини. Конвеєри бувають стаціонарні, напівстаціонарні і пересувні, за призначенням — для підземних, відкритих гірничих робіт, загального призначення, спеціальні (наприклад, живильники, перевантажувачі тощо). Особливим різновидом конвеєра є конвеєрний поїзд.

Секція конвеєра — частина конструкції конвеєра. Для стрічкового конвеєра складається з опор із закріпленими на них роликоопорами вантажної та холостої гілки. Головний елемент секції скребкового конвеєра — риштак.

Переваги конвеєрів: безперервність переміщення вантажів, завантаження і розвантаження без зупинок, висока продуктивність, велика довжина транспортування, високий ступінь автоматизації, забезпечення умов безпеки праці, високі техніко-економічні показники.

В Україні конвеєри випускають Дніпропетровський завод будівельних машин, Львівський конвеєробудівний завод, харківський завод «Світло шахтаря» та інші підприємства.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК.

1.1. Конвеєр, теоретичні аспекти конвеєрних установок.

Теоретичні аспекти конвеєрних установок пов'язані з їхнім проектуванням та оптимізацією [2,3,4]. При проектуванні конвеєрів необхідно враховувати такі параметри, як:

- властивості матеріалу, який буде переміщуватися;
- навантаження на конвеєр та витрати енергії на його роботу;
- розміри та маса переміщуваних матеріалів;
- швидкість транспортування;
- особливості процесу відбору та сортування матеріалів на конвеєрі.

Конвеєри можуть мати різні типи конструкції, такі як горизонтальні, нахилі, вертикальні, лінійні та інші. Вони можуть також використовуватися для різних цілей, таких як транспортування, сортування, завантаження та розвантаження матеріалів або виробів.

Конвеєри дозволяють ефективно транспортувати великі обсяги матеріалу на значні відстані зі значною швидкістю та низькою витратою енергії. Вони також допомагають збільшити продуктивність та знизити ризик виникнення травм чи пошкоджень матеріалу або виробів під час транспортування.

Основні компоненти системи керування конвеєром включають [3,5]:

- датчики: Датчики використовуються для збору даних про рух продукту по конвеєру, такі як швидкість, напрямок, розмір та вага. Ці дані допомагають керувати рухом продукту та відслідковувати будь-які аномалії
- електроніка керування: Це основний компонент системи керування конвеєром, що відповідає за керування рухом конвеєра та регулювання швидкості, напрямку та інших параметрів.
- приводи: Приводи відповідають за пересування конвеєра. Вони можуть бути різних типів, включаючи механічні, гідравлічні та електричні приводи.

- регулюючі клапани: Регулюючі клапани використовуються для керування потоком матеріалу на конвеєрі. Вони дозволяють регулювати швидкість руху матеріалу та його напрямок.
- комп'ютери та програмне забезпечення: Комп'ютери та програмне забезпечення використовуються для моніторингу та керування роботою конвеєра. Вони дозволяють налаштувати різні параметри та відстежувати стан конвеєра.
- засоби відображення інформації: Засоби відображення інформації, такі як дисплеї, індикатори та звукові сигнали, використовуються для повідомлення про стан та роботу конвеєра. Вони дозволяють операторам моніторити та керувати процесом роботи конвеєра.

Конвеєрні установки - це складні механічні системи, які включають в себе різноманітні технічні та технологічні параметри. Для ефективного функціонування конвеєрів важливо враховувати різні теоретичні аспекти, такі як принцип роботи конвеєрів, основні параметри конвеєрних систем та методи їх оптимізації.

Оптимізація конвеєрної установки полягає у виборі оптимальних параметрів роботи конвеєра, які дозволяють досягнути максимальної продуктивності при мінімальних витратах енергії та знизити кількість відходів продукції. Для цього використовуються різні методи оптимізації, такі як математичне моделювання, експериментальні дослідження та імітаційне моделювання.

Основними компонентами конвеєрної системи є конвеєрна стрічка (або ланцюг), ролики (або колеса), привідна система та управляючі пристрої. Конвеєрна стрічка рухається по роликах (або колесах), які забезпечують рух матеріалу. Привідна система забезпечує рух конвеєрної стрічки, а управляючі пристрої регулюють швидкість та напрямок руху конвеєра.

Основним принципом роботи конвеєрних установок є транспортування матеріалу або виробів з одного місця в інше за допомогою рухомої конвеєрної стрічки або іншого транспортного елемента. Конвеєрні установки можуть мати різні типи рухомих елементів, такі як ланцюг, ремінь, колеса та інші.

Основними параметрами конвеєрних систем є продуктивність, швидкість, довжина, вантажопідйомність, витрата енергії та інші. Продуктивність конвеєрів

визначається кількістю матеріалу або виробів, які можуть бути транспортовані за одиницю часу. Швидкість конвеєрів визначається швидкістю руху конвеєрної стрічки або іншого транспортного елемента. Довжина конвеєрів залежить від відстані між початковим та кінцевим пунктами транспортування. Вантажопідйомність конвеєрів визначається максимальною вагою матеріалу або виробів, яку можна переносити конвеєрною системою.

1.2. Характеристика існуючих конвеєрних установок.

Існує безліч типів конвеєрних установок, які застосовуються у різних галузях промисловості. Основними характеристиками конвеєрних установок є [2,3,5]:

- вид матеріалу, який переміщується на конвеєрі. Найпоширенішими матеріалами, які переміщуються на конвеєрах, є сипучі матеріали, напіврідкі матеріали, тверді вироби та рідини.
- технологічні особливості виробництва. Різні виробництва мають свої особливості, тому конвеєрна установка повинна бути спеціально розроблена та налаштована під конкретні умови.
- тип конвеєрної стрічки. Для різних матеріалів та умов роботи можуть використовуватися різні типи конвеєрних стрічок, наприклад, ланцюгові, ременні, канатні та інші.
- тип системи переносу матеріалу. Існують конвеєрні установки з різними типами систем переносу матеріалу, наприклад, роликові, ланцюгові, скребкові та інші.
- вимоги до продуктивності та надійності. Для різних виробництв вимоги до продуктивності та надійності можуть суттєво відрізнятися, тому конвеєрна установка повинна бути підібрана з урахуванням цих факторів.

Найбільш поширеними типами конвеєрних установок є роликові, ланцюгові та ременні конвеєри, які використовуються для транспортування великої кількості різних матеріалів у різних галузях промисловості, таких як вугільна, нафтова, хімічна, металургійна та інші.

Роликові, ланцюгові та ременні конвеєри є типовими представниками конвеєрів і використовуються в різних галузях промисловості та транспортуванні матеріалів.

- роликові конвеєри використовуються для транспортування важких, але не дуже довгих виробів, таких як палети, коробки, бочки тощо. Ролики встановлені на металевій рамі та використовуються для підтримки вантажу під час руху по конвеєру. Ці конвеєри можуть бути прямі або дугові та використовуються в різних галузях, таких як логістика, виробництво, складське господарство тощо.

- ланцюгові конвеєри складаються з ланцюгів, які рухаються навколо двох роликів або коліс. Ці конвеєри використовуються для транспортування важких виробів, таких як автомобілі, металеві заготовки, машини тощо. Вони також використовуються в гірничій та нафтовій промисловості для транспортування вугілля, руди, нафти та газу.

- ременні конвеєри використовуються для транспортування різноманітних виробів, таких як продукти харчування, пакети, банки тощо. Ремені рухаються навколо двох роликів, один з яких приводиться в рух мотором. Ці конвеєри можуть бути прямі або дугові та використовуються в різних галузях, таких як харчова промисловість, логістика, виробництво тощо.

Крім того, існують спеціалізовані типи конвеєрів, такі як скребкові, спіральні, гідротранспортери, пневматичні та вакуумні конвеєри.

Дійсно, існує багато типів конвеєрів, призначених для різних завдань транспортування матеріалів з однієї точки в іншу. Деякі з них, окрім раніше згаданих роликових, ланцюгових та ременних конвеєрів, включають такі типи:

- скребковий конвеєр: використовується для транспортування важких матеріалів, таких як руда, вугілля, цемент тощо. Скребки на ланцюгах тягнуть матеріал через замкнутий простір.

- спіральний конвеєр: використовується для транспортування матеріалів вгору або вниз по вертикальній поверхні. Часто використовується в промисловості харчових продуктів для транспортування пакетованого товару на різні поверхи.

- гідротранспортер: використовує воду для переміщення матеріалу. Матеріал переміщується в трубі під тиском води.

- пневматичний конвеєр: використовує повітряний потік для транспортування матеріалу. Часто використовується для переміщення порошків або зерен.

- вакуумний конвеєр: використовується для транспортування легких матеріалів, таких як пластикові частинки або листові матеріали, за допомогою вакууму.

Це лише деякі з типів конвеєрів, які можуть бути використані для різних завдань транспортування в різних галузях промисловості та інших галузях.

Конвеєрні установки використовуються в різних галузях промисловості, таких як вугільна, металургійна, нафтова, хімічна, будівельна та інші. Основною метою конвеєрних установок є транспортування великих обсягів виробів або матеріалів з однієї точки в іншу. Нижче оглянуті деякі існуючі конвеєрні установки за їхньою призначеністю:

- вугільні конвеєри: ці установки використовуються для транспортування вугілля та інших матеріалів вугільної промисловості. Вони забезпечують ефективне переміщення великих обсягів матеріалу на значні відстані з високою швидкістю.

- металургійні конвеєри: ці установки використовуються для транспортування важких металевих виробів, наприклад, листів, профілів, сталевих пластин та інших. Вони мають високу надійність та стійкість до важких умов експлуатації.

- харчові конвеєри: ці установки використовуються для транспортування продуктів харчування, наприклад, хліба, м'яса, овочів та інших продуктів. Вони мають спеціальні конструкції, що забезпечують відповідну гігієну та безпеку продуктів.

- нафтові та газові конвеєри: ці установки використовуються для транспортування нафти, газу та інших нафтопродуктів. Вони мають високу стійкість до високих температур та тиску.

- будівельні конвеєри: ці установки використовуються для транспортування будівельних матеріалів, наприклад, цементу, піску.

- транспортні конвеєри: ці конвеєри використовуються для транспортування різних матеріалів, товарів, предметів, від одного пункту до іншого.
- виробничі конвеєри: ці конвеєри використовуються для автоматизації виробничих процесів і транспортування виробів, які виготовляються в процесі виробництва.
- харчові конвеєри: ці конвеєри використовуються для транспортування продуктів харчування на різних етапах їх виробництва.
- сортувальні конвеєри: ці конвеєри використовуються для автоматизації сортування товарів і матеріалів за різними критеріями.
- багатофункціональні конвеєри: ці конвеєри можуть виконувати різні функції, в залежності від потреб користувача. Наприклад, вони можуть бути використані для транспортування матеріалів, виробництва продуктів та сортування.
- конвеєри для вантажоперевезень: ці конвеєри використовуються для перевезення великих об'ємів вантажів в портах, на складах, аеропортах та інших місцях. Вони можуть бути виготовлені залежно від потреб користувача, для перевезення як малогабаритних, так і великогабаритних вантажів.
- конвеєри для складування: ці конвеєри використовуються для тимчасового зберігання вантажів на складах перед їх подальшим перевезенням або використанням.

1.3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРАКТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ ІСНУЮЧИХ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК.

Практичне використання існуючих конвеєрних установок має дуже широкий спектр застосування в різних галузях виробництва, включаючи:

- гірничо-металургійну промисловість: вугільні шахти, рудні кар'єри, збагачувальні фабрики, ливарні, металургійні заводи тощо.
- харчову промисловість: виробництво хліба, кондитерських виробів, напоїв, м'ясних і молочних продуктів, овочів та фруктів тощо.
- хімічну промисловість: виробництво пластмас, хімічних речовин, добрив, лаків та фарб, аміаку, сірчаної кислоти, спирту тощо.
- легку промисловість: виробництво текстилю, одягу, взуття, шкіри та ін.

- будівельну промисловість: виробництво будматеріалів, наприклад, цементу, керамічних блоків, плиток, склопакетів тощо.
- автомобільну промисловість: виробництво автомобілів, автозапчастин, шин, мастильних матеріалів та ін.
- енергетичну промисловість: електростанції, виробництво нафти, газу, вугілля, вітрової та сонячної енергії тощо.

Використання конвеєрних установок у цих галузях дозволяє підвищити ефективність виробництва, зменшити витрати на працю та збільшити безпеку працівників. Крім того, за допомогою конвеєрних систем можна автоматизувати процеси транспортування, сортування та упаковки продукції. В результаті, компанії можуть збільшити обсяг виробництва.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ЗАПУСКУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

2.1 Вибір розрахункової кінематичної схеми стрічкового конвеєру і постановка завдань моделювання

Сучасні технології видобутку корисних копалин передбачають транспортування з використанням конвеєрних ліній, у тому числі й протяжним на десятки кілометрів. Цю обставину необхідно враховувати під час проектування систем управління. Важливою особливістю системи з протяжною трансмісією є формування керуючих впливів необхідність урахування динамічних і частотних параметрів системи. Тому однією з вимог до ЕП протяжних стрічкових конвеєрів (СК) є забезпечення плавного зростання в часі пускового моменту на початку та процесі руху. Це пов'язано з тим, що у випадках виникнення підвищених пускових моментів в механічних елементах і вузлах системи виникають великі динамічні зусилля і перевантаження, що призводять до прослизання стрічки по приводному барабану, неприпустимим прискоренням вантажу, що рухається, а отже, до скорочення терміну служби обладнання конвеєрної установки.

Застосовувані в процесі експлуатації звичайних СК методи пуску не враховують специфіки конвеєра як пружної системи з розподіленими параметрами і характеру сил зовнішнього тертя. Особливий інтерес представляє процес розтягування робочої (навантаженої) поверхні стрічки конвеєра в період пуску на початку руху, а також зміни режимів або параметрів у процесі руху.

Розглянемо цей режим з прикладу [5, 19] пуску горизонтального СК з вантажним натяжним пристроєм, розташованим біля приводного барабана (рис.2.1,*a*).

Основною умовою приведення в рух такого СК є перевищення тягового зусилля F_{dr} приводу, що розвивається над сумарною силою опору F_c , обумовленої розподіленими вздовж руху стрічки силами тертя. При додатку зусилля F_{dr} до приводу барабана 1, барабан 2 і нижня неробоча поверхня будуть нерухомі доти, поки пружні деформації стрічки не розподіляться по всій довжині поверхні навантаженої стрічки. Час поширення пружної хвилі вздовж неї $t_{zp} = l_k / a_k$, де a_k –

швидкість поширення деформації, яка залежить від модуля E , об'ємної ваги стрічки з вантажем γ та прискорення земного тяжіння g .

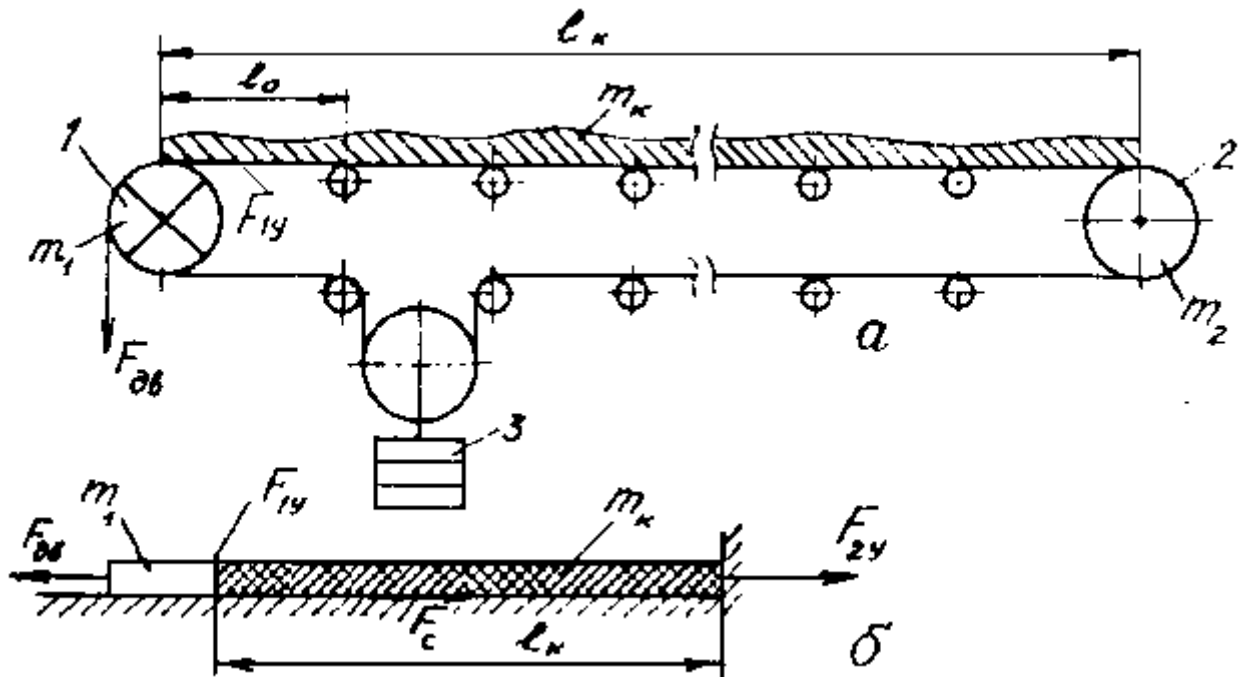


Рис. 2.1 Розрахункова кінематична схема стрічкового конвеєра великої протяжності з вантажним натяжним пристроєм, розташованим у приводного барабана (а), еквівалентна схема, що складається з зосередженої маси m_1 і пружного стрижня масою m_k , другий кінець якого жорстко закріплений (б)

Якщо $F_{dr} < F_c$, то подовжиться тільки частина стрічки, барабан 1 повернеться на деякий кут, вантаж 3 натяжного пристрою опуститься нижче, а вся система залишатиметься нерухомою. Чим більше прикладена сила F_{dr} , тим більше стрічки подовжиться, тобто. стане активною частиною руху системи. Ця властивість дозволяє розглядати систему СК під час подовження навантаженої поверхні стрічки як систему, що складається з зосередженої маси, з'єднаної з пружним стрижнем, за довжиною якого розподілені сили опору $f_{cl} = F/L_k$. Сили f_{cl} як перешкоджають переміщенню стрижня, а й сприяють згасання пружних коливань, що у перехідних режимах. Демпфуючу властивість сил тертя можна замінити силами, пропорційними відносної швидкості переміщення елементів стрижня [5]. В цьому випадку як розрахункова модель можна прийняти еквівалентну схему, що складається з зосередженої маси m_1 , і пружного стрижня масою m_k , другий кінець якого жорстко закріплений (рис.2.1, б). У цій прийнятій схемі довжина стрижня, що

відповідає активній частині стрічки, при додатку до маси m_l сили F_{dr} збільшується зі швидкістю a_k до величини $l_k = F_{dr} / f_{c1}$.

2.2 Розробка математичного опису процесу пуску стрічкового конвеєру

Математичний опис такої системи можна представити в операторній формі, що характеризує динамічні процеси в системі, що складається з двох зосереджених мас, з'єднаних пружним стрижнем, вважаючи ведену зосереджену масу нескінченно великий.

Для розробки технічних рішень методами комп'ютерними моделювання і аналізу динамічних процесів у двох масовій системі з протяжною трансмісією приймемо за основу зручні для систем з розподіленими параметрами методи граничних пружних зв'язків і структурного моделювання [5, 4]. Зокрема, структурну схему математичного опису подібної задачі для трьох масових систем підймальних установок глибоких шахт зі шківом тертя та пружною сталевую канатною системою [14,19]. За основу приймемо схему, [5], наведену на рис.1.8. Для нашого випадку двох масової системи приймемо: $\alpha_{32} = 0$, що визначить $W_{кз}(s) = 1$. Динамічні складові зусиль у крайніх точках пружного зв'язку вважаючи що параметри загасання коливань $\mu_{kl} = \mu_k$, $b_{kl} = b_k$. Де μ_k – коефіцієнт загасання коливань, с, для сталевих канатів та протяжних стрижнів можна прийняти $\mu_k = 0.005 - 0.01$ с; α_k – швидкість поширення деформацій вздовж армованою сталлю стрічки, м/с; $\alpha_k \approx 4000$ м/с;

$$b_k = \frac{\pi \alpha_k}{l}.$$

$$F_{1y}(s) = F_{dr}(s) \frac{\alpha_{11} [(1 + \alpha_{12} + \frac{\pi^2}{4})s^2 + (1 + \alpha_{12})(\mu_k s + 1)b_k^2]}{\Delta_{k1}(s^2 + \mu_k \omega_{k1}^2 s + \omega_{k1}^2)} \quad (2.1)$$

$$F_{2y}(s) = F_{dr}(s) \frac{\alpha_{11} [(1 - \frac{\pi^2}{4})s^2 + (\mu_k s + 1)b_k^2]}{\Delta_{k1}(s^2 + \mu_k \omega_{k1}^2 s + \omega_{k1}^2)} \quad (2.2)$$

$$\text{де } \alpha_{11} = \frac{m_k}{m_1}; \alpha_{12} = \frac{m_k}{m_2}; b_k = \frac{\pi \alpha_k}{l_k}; \omega_{k1}^2 = b_k^2 \frac{\alpha_{11} + \alpha_{11} \alpha_{12} + \alpha_{12}}{\Delta_{k1}};$$

$$\Delta_{k1} = \alpha_{11} + \alpha_{11}\alpha_{12} + \alpha_{12} + \frac{\pi^2}{4}(4 + \alpha_{11} + \alpha_{12}) = \frac{m_k}{m_1} + \frac{m_k}{m_1} \frac{m_k}{m_2} + \frac{m_k}{m_2} + \frac{\pi^2}{4}(4 + \frac{m_k}{m_1} + \frac{m_k}{m_2})$$

При $m_2 = \infty$ ($\alpha_{12} = 0$) отримаємо:

$$F_{1y}(s) = F_{dr}(s) \frac{\alpha_{11}[(1 + \frac{\pi^2}{4})s^2 + (\mu_k s + 1)b_k^2]}{\Delta_k(s^2 + \mu_k \omega_k^2 s + \omega_k^2)} \quad (2.3)$$

$$F_{2y}(s) = F_{dr}(s) \frac{\alpha_{11}[(1 - \frac{\pi^2}{4})s^2 + (\mu_k s + 1)b_k^2]}{\Delta_k(s^2 + \mu_k \omega_k^2 s + \omega_k^2)} \quad (2.4)$$

де $\Delta_k = \alpha_{11} + \frac{\pi^2}{4}(4 + \alpha_{11})$; $\omega_k^2 = \frac{b_k^2}{1 + (\frac{\pi^2}{\alpha_{11}} + 1)\frac{\pi^2}{4}}$; μ_k – коефіцієнт згасання

КОЛИВАНЬ

Розділивши чисельник та знаменник виразу (2.4) на $\alpha_{11}s^2$ отримаємо залежність динамічної складової зусилля у стрічці F_{2y} від F_{dr} та параметрів системи:

$$F_{2y}(s) = F_{dr}(s) \frac{(1 - \frac{\pi^2}{4}) + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})b_k^2}{[1 + (\frac{4}{\alpha_{11}} + 1)\frac{\pi^2}{4}][1 + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})\omega_k^2]} \quad (2.5)$$

Отримана математична залежність визначає динамічні властивості системи за зміни моменту сили провідного шківу систему конвеєра, тобто. передатну функцію системи та яка може бути прийнята за основу алгоритму моделювання поставленого завдання комп'ютерними методами.

В процесі руху, особливо в перехідних режимах, наприклад при пуску параметр l_k збільшується в часі, тому коефіцієнти b_k , k , α_{11} є змінними. Структурну схему моделі процесу запуску представлено рис. 2.2. Частота b_{k0} відповідає початковій довжині стрічки l_0 . Змінні коефіцієнти реалізовані за допомогою операторів множення та поділу, а збільшення сили опору руху – нелінійним елементом та підсилювачем, що інтегрує, з передатною функцією – $\frac{k_1}{s}$, причому

$k_1 U = \alpha_k, k_2 = f_{c1}$, s – оператор Лапласа.

$$\begin{aligned}
F_{2y}(s) &= F_{db}(s) \frac{(1 - \frac{\pi^2}{4}) + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})b_k^2}{[1 + (\frac{4}{\alpha_{11}} + 1)\frac{\pi^2}{4}][1 + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})\omega_k^2]} = \\
&= \frac{(1 - \frac{\pi^2}{4}) + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})b_k^2}{[1 + (\frac{4}{\alpha_{11}} + 1)\frac{\pi^2}{4}][1 + (\frac{\mu_k}{s} + \frac{1}{s^2})\omega_k^2]} = \frac{(4 - \pi^2)s^2 + 4(\mu_k s + 1)b_k^2}{4s^2} \\
&= \frac{(4 - \pi^2)s^2 + 4(\mu_k s + 1)b_k^2}{4s^2} \cdot \frac{1}{1 + (\frac{4\pi^2 + \alpha_{11}\pi^2}{4\alpha_{11}})(\frac{\mu_k \omega_k^2 s^2 + \omega_k^2}{s^2} + 1)} \\
F_{2y}(s) &= F_{db}(s) \frac{\alpha_{11}[(1 - \frac{\pi^2}{4})s^2 + (\mu_k s + 1)b_k^2]}{[\alpha_{11} + \frac{\pi^2}{4}(4 + \alpha_{11})](s^2 + \mu_k \omega_k^2 s + \omega_k^2)} \quad (2.6)
\end{aligned}$$

$$\text{де } \Delta_k = \alpha_{11} + \frac{\pi^2}{4}(4 + \alpha_{11}) = \alpha_{11} + \pi^2 + \frac{\alpha_{11}\pi^2}{4}$$

$$\omega_k^2 = \frac{b_k^2}{1 + (\frac{\pi^2}{\alpha_{11}} + 1)\frac{\pi^2}{4}} = \frac{b_k^2}{1 + (\frac{\pi^4}{4\alpha_{11}} + \frac{\pi^2}{4})} \quad (2.7)$$

2.3 Синтез оптимального по динамічності управляючого впливу на запуск ленточного конвейєра

Під оптимальним динамічним режимом систем з пружними зв'язками розуміють відсутність внутрішніх механічних коливань у перехідних процесах. Така система вважається оптимальною за динамічністю. Розглянемо синтез керуючого впливу, що оптимізує процес в отриманій математичній моделі багатомасової пружної системи [4,5]. При цьому вважатимемо, що електропривод забезпечує плавну зміну швидкості обертання барабана в широкому діапазоні, а коефіцієнти $c_1 = c_2 = c$. Передавальна функція по відношенню до динамічного зусилля F_I :

$$W(s) = \frac{c}{m_1(s^2 + \omega^2)}, \quad \omega = \sqrt{\frac{2c(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}} \quad (2.8)$$

На підставі отриманих математичних моделей та алгоритму, представленого структурною схемою на рис. 2.2. розробляємо методами простору станів (змінних станів) програму комп'ютерного моделювання запуску конвеєра. Отримаємо перехідний процес. Визначаємо власну частоту системи і на її

підставі вибираємо три варіанти часу лінійного наростання впливу приводу на систему (відповідно, 1 – час періоду коливань, 2 та 3 – півперіоду та 2 періоди) визначаємо моделюємо реакцію конвеєра. Також моделюємо двох крокове керування з затримкою другої ступені (1 – на пів періоду, 2 – на 0.25 періоду и 3 – на 1.25). Результати моделювання представлені на рис. 2.3.

В результаті комп'ютерного моделювання визначене, що оптимальний режим запуску конвеєрної системи відповідає часу, кратному періоду власних коливань, при якому коливання мінімізуються.

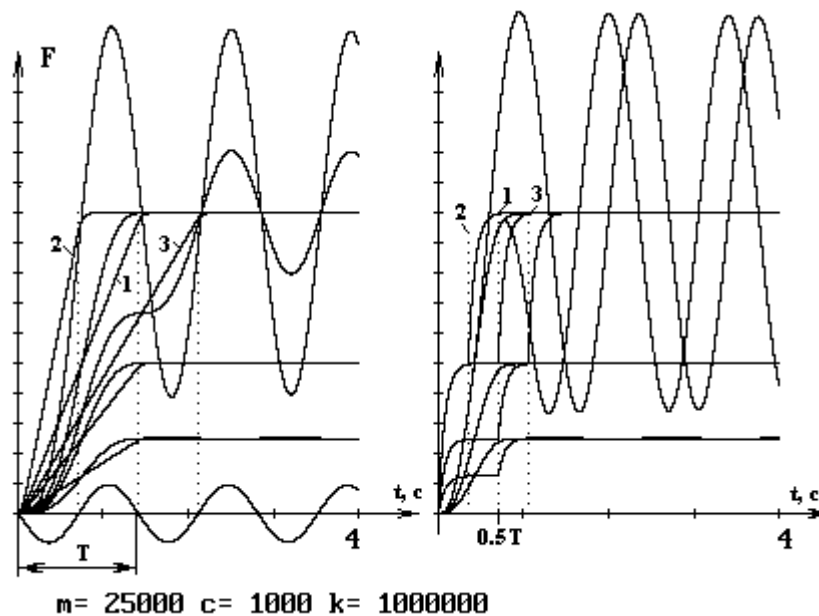


Рис. 2.3 Комп'ютерна модель процесу запуску конвеєру і вибору часових параметрів керуючого впливу.

РОЗДІЛ 3

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ І РОЗВИТКУ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК.

3.1. Основні перспективи використання конвеєрних установок

Конвеєрні установки - це механізми, які дозволяють автоматизувати та оптимізувати процеси переміщення виробів на виробництві. Вони забезпечують неперервний потік матеріалів і зменшують витрати робочої сили та часу на виробництві [4,14,19].

Одним із головних переваг конвеєрів є зниження витрат на виробництво, оскільки вони не зможуть ефективно використовувати робочий час, зменшуючи час перебування товарів на стадії обробки та зберігання. Крім того, вони забезпечують більшу точність та контроль процесу, що закінчує якість продукту та знижує ризик відбракування.

З розвитком технологій, конвеєрні установки залишаються все більш автоматизованими та розумними. Новітні системи керування та моніторингу не можуть ефективно контролювати процес та автоматично виявляти проблеми та відмови. Також використання робіт та машинного навчання може сприяти підвищенню продуктивності та якості роботи конвеєрних установок.

Одним із перспективних напрямків використання конвеєрів є виробництво в умовах малих партій та на замовлення. За допомогою гнучких конвеєрів можна ефективно виробляти різноманітні продукти в обмежені терміни та зменшувати витрати на складське зберігання. Також, конвеєри можуть бути використані у сфері відновлюваної енергетики, наприклад, для виробництва панелей сонячних батарей. Конвеєри можуть допомогти зменшити витрати на виробництво продукції.

Конвеєрні установки мають значний потенціал для подальшого розвитку та покращення в різних сферах промисловості та виробництва.

Основні перспективи використання конвеєрів включають:

- використання нових матеріалів для виготовлення деталей конвеєрів зі зменшенням ваги та підвищення міцності конструкції.

- використання нових технологій керування та моніторингу роботи конвеєрів із зниженням витрат на енергію та підвищення ефективності виробничих процесів.
- розробка нових конструкцій конвеєрів, придатних для використання в складних умовах виробництва, наприклад, високих температур, вологості, агресивних середовищ.
- використання конвеєрів з автоматичним завантаженням та розвантаженням, що дозволяє знизити витрати на ручну працю та збільшити продуктивність.
- використання конвеєрів для переробки та вторинної переробки матеріалів із призначенням відходів та зменшенням відходів.
- використання конвеєрів для транспортування токсичних та небезпечних речовин з метою забезпечення безпеки працівників та довкілля.

Загалом, конвеєрні установки можуть використовуватись у багатьох галузях промисловості та виробництва, включаючи важку промисловість, металургію, харчову промисловість, фармацевтику, логістику та інші галузі. Завдяки своїй високій ефективності конвеєрні установки можуть значно зменшити витрати на виробництво та підвищити прибуток.

Перспективи використання конвеєрів включають[2,3,4]:

- автоматизація виробництва: конвеєрні системи є числом елементів автоматизації виробництва. Вони можуть бути пов'язані з іншими автоматизованими системами, такими як система роботи або керування виробництвом.
- підвищення продуктивності: конвеєрні системи втрачають час виконання процесів та підвищити продуктивність промислового виробництва.
- ефективність використання простору: конвеєрні системи можуть ефективно використовувати простір на заводах та у виробничих приміщеннях. Вони можуть бути розташовані вздовж стіни або навіть під підлогою.
- економія коштів: конвеєрні системи знижують витрати на працю, які потрібні для переміщення матеріалів вручну. Крім того, вони можуть зменшити витрати на енергію, так як ефективно переміщують важкі вантажі.

- покращення безпеки: конвеєрні системи можуть підвищити безпеку на виробництві, зменшивши кількість людей, які беруть участь у переміщенні важких вантажів.
- зменшення ризику пошкодження матеріалів: конвеєрні системи можуть зменшити ризик пошкодження матеріалів під час переміщення їх з одного місця на інше.
- можливості розвитку: з постійним вдосконаленням технологій та матеріалів, які використовують для конвеєрів, можливості їх використання в різних галузях продовжують зростати.
- зниження впливу на довкілля: деякі конвеєрні установки можуть допомогти зменшити негативний вплив на довкілля. Наприклад, конвеєрні установки з підземним транспортуванням вугілля можуть зменшити кількість диму, що виходить із традиційних вугільних шахт. Крім того, використання конвеєрів може зменшити викиди відходів, які відбуваються в результаті транспортування матеріалів, таких як відходи від металургійного виробництва.
- енергоефективність: деякі типи конвеєрів, такі як гравітаційні конвеєри, можуть функціонувати без електричної енергії, зменшуючи витрати на споживання електроенергії. Крім того, використання більш ефективних технологій, таких як регулювання швидкості руху конвеєра, може допомогти зменшити витрати на електроенергію.

Основні перспективи розвитку конвеєрних установ, пов'язані з удосконаленням їх технологій та підвищенням їх ефективності. Ось деякі з них:

- використовуйте екологічно чисті матеріали для виготовлення конвеєрів, що зменшує їх вплив на навколишнє середовище.
- використання більш ефективних технологій та матеріалів для виготовлення роликів, ланцюгів, ременів та інших компонентів конвеєрної системи.
- використовується автоматизована система керування та моніторингу, що дозволяє збільшити точність та ефективність роботи конвеєрів.
- використання технологій енергозбереження, наприклад нові, встановлення системи відновлення енергії, що зменшує витрати на електроенергію.

- розробка нових типів конвеєрів, що відповідають конкретним потребам та умовам виробництва. Наприклад, створення конвеєрів з можливістю регулювання швидкості руху матеріалу, підвищення вантажопідйомності, зменшення шуму та вібрації, покращення якості транспортування тощо.
- використання інформаційно-комунікаційних технологій для моніторингу та оптимізації роботи конвеєрних систем, наприклад, з використанням системи штучного інтелекту та аналізу даних.
- використання конвеєрних систем у нових галузях та виробництвах, наприклад, у виробництві електромобілів, сонячних батарей, 3D-друку, аерокосмічної та військової тощо.

3.2. Перспективи розвитку конвеєрного транспорту в Україні

Слід очікувати істотне збільшення обсягу застосування конвеєрного транспорту на підприємствах, маючи на увазі, перш за все, перехід до циклічно-поточної технології розробки і доставки нерудних матеріалів в кар'єрах. Гірничогеологічні умови кар'єрів будівельних матеріалів сприятливі для конвеєризації: близько 80% обсягу корисних копалин транспортується на відстань до 4 км, а основний обсяг розкривних порід - до 2 км; переважають кар'єри глибиною до 50 м з фронтом гірничих робіт менше 600 м. Орієнтовно до 1990 р вантажопотоки зростуть в 15 рази, до 2000 р - в 3 рази.

Застосування конвеєрів, що забезпечують доставку нерудних матеріалів крупністю до 300 мм до споживача, особливо ефективно при вантажопотоки понад 2 млн. Т на рік і відстані транспортування 3-15 км. В таких умовах конвеєрний транспорт забезпечує великі резерви в продуктивності за рахунок безперервності процесу і високого значення коефіцієнта готовності (096-099). До того ж, він краще пристосований до умов пересіченій місцевості, має більш низькі капітальні та експлуатаційні витрати, собівартість транспортування, питому металоємність, вимагає менше число обслуговуючого персоналу.

Основними завданнями розвитку конвеєрного транспорту підвищеної продуктивності для роботи в провідних підгалузях (цементної, азбестового,

вапняної, збірного залізобетону, нерудних і будівельних матеріалів, мінеральної сировини) є:

- Збільшення продуктивності конвеєрів; збільшення протяжності окремих конвеєрів і відповідно конвеєрних ліній;
- Розширення асортименту та крупності перевозяться насипних вантажів;
- Підвищення надійності роботи та зменшення зносу основних вузлів (стрічок, опорних конструкцій, роликоопор, приводів);
- Поліпшення роботи допоміжного обладнання (пристроїв для завантаження і очищення стрічки, прибирання просипу, пило-придушення і ін.).

У нашій країні з урахуванням накопиченого вітчизняного і зарубіжного досвіду проводяться інженерно-дослідні та проектно-конструкторські роботи по вдосконаленню і створенню нового конвеєрного обладнання. Вони ведуться за трьома магістральним напрямкам: вдосконалення стрічкових конвеєрів традиційної конструкції; розробка та дослідне застосування конвеєрів нової конструкції (стрічкових з гнучкими ставами і гірляндного роликооперами; стрічкових з криволінійної трасою; многоприводних з стрічковими проміжними приводами, проміжними і кінцевими барабанними приводами); розробка перспективних конструкцій конвеєрів (конвеєрних поїздів, конвеєрів на повітряній подушці і магнітній підвісці).

Існують актуальні проблеми роботи стрічкових конвеєрів, які обґрунтовані нижче.

Простота конструкції стрічкових конвеєрів разом із здатністю забезпечувати високу продуктивність і техніко-економічну ефективність при великих вантажопотоках на протязі довгих років визначала їх одним з основних засобів безперервного транспорту на підприємствах гірничодобувної, металургійної, будівельної, хімічної та інших галузей промисловості. Незважаючи на те, що в багатьох випадках конвеєрний транспорт є єдиним економічно ефективним засобом транспорту, в останні десятиліття гірничодобувні підприємства стали відмовлятися від стрічкових конвеєрів, переходячи на менш продуктивний, що володіє високими експлуатаційними витратами залізничний або автомобільний транспорт. Цей факт

пояснюється тим, що стрічкових конвеєрів традиційної конструкції притаманні певні недоліки:

- 1) низький ресурс стрічки і підтримують роликів опор;
- 2) висока енергоємність транспортування;
- 3) прокидаючись, запилювання і дроблення вантажу.

Має обмежений термін служби (3 ... 5 років) і вартість, що становить 50 ... 60% від загальної вартості конвеєра, конвеєрна стрічка виконує одночасно функції грузонесущого і тягового органу і тому є одним з найбільш відповідальних елементів конвеєра.

В процесі експлуатації стрічкового конвеєра властивості міцності стрічки і її експлуатаційна придатність знижуються. Цьому сприяє прояв наступних характерних ушкоджень: - поперечні тріщини гумових обкладок; - стирання, пробій і вирив обкладок; - поздовжні порізи і пориви, пошкодження бортів і стикових з'єднань; - розшарування тягового каркасу.

Багато в чому руйнування стрічки обумовлюється конструктивною схемою стрічкового конвеєра. При роботі крім поздовжніх напружень, які сприймаються від натягача, і виникають під час пуску і гальмування конвеєра динамічних зусиль, стрічка відчуває напруження згину при обгинанні барабанів, відхиляють пристроїв, а також підтримують стаціонарно встановлених роликів опор (через неминуче провисання стрічки в прольотах між ними). Циклічні деформації, що виникають в цьому випадку, призводять до усталостному зношування стрічки, що проявляється в розшаруванні тягового каркаса і утворенні тріщин в обкладинках. Такі фактори, як перекис роликів опор в горизонтальній і вертикальній площині; відхилення става від осі конвеєра; несиметричність розподілу натягу по ширині стрічки та інші випадкові причини (налипання вантажу на барабанах і роликах, одностороння завантаження стрічки і т.п.) часто призводять до поперечного зсуву стрічки з роликів опор. Нестійкий рух стрічки в поперечній площині супроводжується тертям об стійки металоконструкції конвеєра. В середньому 13% всіх пошкоджень стрічок складає розшарування їх країв при терті стрічки про стійки става конвеєра. Це призводить до втрати працездатності стрічок вже через 10 ... 12 місяців. Вельми дорогою і

дефіцитну стрічку доводиться замінювати, часто маючи цілком працездатну її грузонесучим частинам. Тертя стрічки об бічні стійки конвеєра і викликаний цим знос її країв призводить до зменшення ширини стрічки. Через це знижується продуктивність конвеєра і збільшується прокидаючись вантажу. До того ж, крім стирання борту стрічки і опорних стійок металоконструкції конвеєра поперечний сходу стрічки може привести до більш серйозних наслідків, наприклад, до виникнення пожежі. Займання на стрічкових конвеєрах - одна з основних причин екзогенних пожеж на вугільних шахтах: на їх частку припадає близько 30% від загального числа таких пожеж.

Так пожежі відбуваються на приводних станціях (64%), на натяжних станціях (10,8%) і на лінійній частині конвеєра (25,2%). До переліку чинників, що призводять до виникнення пожеж на стрічкових конвеєрах, крім тертя бортів стрічки про ставши конвеєра відносять тертя від її пробуксовки на приводних барабанах, тертя об невращаючої кінцеві або натяжні барабани, а також тертя об невращаючої роликів. Заклинювання роликів - несправність, яка веде до передчасного зношування елементів стрічкового конвеєра, є наслідком прокидання вантажу. Налиплий на циліндричні поверхні роликів матеріал викликає вібрації і биття, про руйнуючий вплив яких також згадується в роботі. Під дією таких динамічних навантажень підшипники роликів виходять з ладу - відбувається заклинювання. Подальший рух стрічки супроводжується інтенсивним стиранням її робочої поверхні, а також циліндричної поверхні роликів опори конвеєра.

Внаслідок того, що передача тягового зусилля у стрічкових конвеєрів відбувається фрикційним способом, необхідно забезпечувати достатній натяг і кут обхвату стрічкою барабанів. Найчастіше це можливо лише при використанні відхиляють барабанів (роликів) або двох-або трехбарабанного приводу. Складна компоновочная схема неодмінно створює більші опору руху стрічки, а додаткові опору, що виникають при обгинанні стаціонарних роликів опору, терті бортів стрічки про ставши конвеєра, заклинювання роликів і барабанів, заштибовки нижньої гілки або приводної станції в результаті просипу матеріалу ведуть до збільшення енергоємності транспортування вантажу стрічковими конвеєрами.

Мабуть, однією з головних проблем, пов'язаних з експлуатацією стрічкових конвеєрів є можливість обриву стрічки. Результатом такої аварії можуть з'явитися людські жертви. Але навіть при їх відсутності підприємство зазнає відчутні економічні витрати, пов'язані із заміною зруйнованих елементів конвеєра і відновленням працездатного стану стрічки. Ліквідація схожих випадків за даними забирає 20...50% загального часу простоїв конвеєра, що в першу чергу викликано трудомісткістю виконання операції стикування стрічки. До того ж, стикове з'єднання має меншу міцність і довговічність. Наслідки обриву стрічки конвеєра жається надійність її експлуатації. Проблеми в роботі стрічкових конвеєрів традиційної конструкції в більшій мірі є результатом взаємодії рухається стрічки і вантажу зі стаціонарними роликівими опорами. На практиці такі недоліки є важко усуненими і знижують загальну економічну ефективність експлуатації стрічкових конвеєрів. Посилюються вимоги до показників надійності, безпеки та ефективності промислового обладнання також ведуть до необхідності технічного переозброєння підприємств і переходу до принципово нових технологій в області конвеєрного транспорту

3.3. Вимоги безпеки на конвеєрному транспорті

Стрічкові конвеєри є одним з найпоширеніших видів промислового транспорту. Вони застосовуються для переміщення насипних і штучних вантажів в горизонтальному й похилому напрямках. Стрічкові конвеєри набули широкого поширення в ливарних цехах і на будівельних підприємствах, у гірничодобувній галузі, а також на електростанціях, у зернових сховищах та ін. Вони входять як складові частини у технологічні лінії, в різні механізовані і автоматизовані комплекси. Конструкції і технічні параметри стрічкових конвеєрів досить різноманітні.

Стрічкові конвеєри можна поділити на такі групи:

- загального призначення, що застосовуються у звичайних умовах і в основному як загальнозаводський транспорт;
- спеціальні, що застосовуються в особливих умовах, як приклад для підземних і відкритих гірничих робіт;

- магістральні великої потужності, що застосовуються для обслуговування великих вантажопотоків вугілля, руди, і т. п. з переміщенням на порівняно великі відстані.

Вимоги безпеки на конвеєрному транспорті зазначені в багатьох нормативних документах, зокрема в «Правилах охорони праці під час розробки родовищ корисних копалин відкритим способом» (НПАОП 0.00-1.24-10), «Правилах охорони праці під час експлуатації об'єктів циклічно-потокової технології відкритих гірничих робіт», та ін.

Для забезпечення безпеки та захисту здоров'я працівників роботодавець має вживати заходів для того, щоб:

- проектування, спорудження, оснащення, введення в експлуатацію, експлуатація та обслуговування робочих зон здійснювалися таким чином, щоб працівники могли виконувати покладену на них роботу без загрози їх безпеці та здоров'ю;
- виконання робіт у робочих зонах здійснювалося під наглядом відповідальної особи;
- виконання робіт, пов'язаних із специфічними ризиками, доручалося лише кваліфікованим працівникам і здійснювалося відповідно до наданих інструкцій;
- інструкції з питань безпечного ведення робіт були зрозумілими для всіх працівників;
- були наявні відповідні засоби для надання першої допомоги;
- регулярно здійснювалися інструктажі з питань безпечного виконання робіт та охорони праці.

Будівельні конструкції галерей та естакад необхідно виконувати з неспалимих матеріалів. На привідних станціях і перевантажувальних пунктах, а також по довжині конвеєра повинні бути встановлені засоби автоматичного пожежогасіння і автоматичної пожежної сигналізації.

На підприємстві повинен бути затверджений перелік працівників, які здійснюють контроль за технічним станом і безпечною експлуатацією конвеєрного транспорту. Приміщення машиністів конвеєра комплектують таблицею

передпускової сигналізації із зазначенням кількості та тривалості звукових сигналів, комплектом інструкцій з охорони праці, технологічних інструкцій, інструкції з пожежної безпеки.

Стрічкові конвеєри (конвеєрні лінії) повинні бути обладнані аварійними пристроями, що забезпечують відключення приводу конвеєра з будь-якої точки по довжині зі сторони основних проходів та в місцях їх обслуговування.

Усі конвеєри обладнують світловою та звуковою сигналізацією, що діє по всій довжині конвеєра з достатнім рівнем звуку та світловими покажчиками, помітними в будь-якій точці конвеєра. Стрічкові конвеєри обладнують сигналізацією про початок запуску; пристроями, що блокують і унеможливають дистанційний пуск після спрацювання захисту конвеєра; засобами, що зменшують пилоутворення і надходження пилу в повітря робочої зони; пристроєм, що вимикає конвеєр у разі зупинки стрічки при ввімкненому приводі; пристроями, що запобігають боковому сходу стрічки, і датчиками від бокового сходу стрічки, що вимикають привід конвеєра у разі сходу стрічки більше ніж на 10% її ширини; місцевим блокуванням, що запобігає пуску конвеєра з пульта керування.

Вантажі натяжних пристроїв конвеєрів розташовують так, щоб у випадку розриву стрічки або канатів виключалась можливість падіння вантажу на людей або обладнання.

Огородження, засоби блокування та сигналізація (передпускова), якими обладнують конвеєри, виготовляють і монтують на конвеєрах у суворій відповідності до проектного рішення. Кінцеві вимикачі монтують вздовж рами конвеєра на відстані не більше 50 метрів один від одного.

На стрічкових конвеєрах передбачають пристрої, які відключають привід при обриві та пробуксовці стрічки, обриві канатів натяжних пристроїв та забитості розвантажувальних воронки або жолобів, а також пристроїв, що запобігають зміщенню стрічки з барабанів та роликів.

Привідні та відхиляючі барабани, натяжні пристрої (візки натяжні, натяжки вертикальні, лебідки, траверси вантажні, вантажі, канати, блоки), ремінні та інші передачі, муфти, до яких можливий доступ обслуговуючого персоналу та осіб,

працюючих поблизу, огороджують. На огороженнях головних та хвостових барабанів встановлюють блокуючі пристрої, що забезпечують відключення двигуна конвеєра при зніманні огороження.

Захисні огороження обладнують пристроями для надійного утримання в зачиненому (працюючому) стані. Демонтаж або переміщення огорожі в разі необхідності ремонту обладнання здійснюють за допомогою спеціального інструмента після зупинки конвеєра. Секції огороження робочої та холостої гілки конвеєра блокують з тросом аварійної зупинки конвеєрів.

Стрічкові конвеєри, у яких осі привідних, натяжних та відхиляючих барабанів привідних станцій, а також машини та обладнання дробарних та грохотильно-дробарних пунктів, що знаходяться вище 1,5 м від рівня підлоги (землі), облаштовують площадками для їх обслуговування.

У місцях завантаження конвеєрів влаштовують запобіжні борти, а по лінійній частині конвеєра, де можливе скачування з робочої гілки матеріалу, що транспортується, — фартухи.

При розміщенні конвеєрів над проходами для людей та обладнанням під нижньою гілкою стрічки встановлюють суцільні навіси, які виступають за габарити конвеєрів не менше ніж на 0,8 м. Ширина проходу повинна становити не менше 0,8 м.

Конструкцією конвеєра необхідно передбачити легкий і безпечний доступ до устаткування, елементів, блоків і контрольних засобів, які потребують періодичних перевірок, обслуговування, ремонтів, монтажу та демонтажу. У темну пору доби всі робочі місця та проходи повинні бути освітлені. Затемнені місця галерей повинні обов'язково освітлюватися і в денну пору.

Не дозволяється перебування персоналу в проходах для проведення монтажу і ремонту під час роботи конвеєра!

Усі частини, що обертаються (ремінні та інші передачі, муфти), приводні, натяжні, відхиляючі та кінцеві станції стрічкових конвеєрів необхідно огороджувати. Огороження необхідно заблокувати з приводним двигуном конвеєра так, щоб виключалась можливість пуску його в роботу, якщо знято огороження. З

боку основного проходу для працівників по всій довжині робочої і холостої ланок стрічки їх необхідно огороджувати суцільним нероз'ємним, не заблокованим з приводом конвеєра огороженням. З боку монтажного проходу ролики робочої і холостої ланок конвеєра можуть не огороджуватися за умови обладнання входів у цю зону дверима, заблокованими з приводом конвеєра, що запобігають входу працівників у цю зону під час роботи конвеєра. Огороження можуть бути виготовлені із суцільного листового металу, сітки та інших міцних матеріалів. Розмір вічка сітки повинен бути не більше ніж 25x25 мм. Допускається огороження барабанів конвеєрів з розмірами вічка до 40x40 мм. Зубчаті та ланцюгові передачі необхідно огородити огороженням із суцільного матеріалу.

Ремонтні роботи, ручне змащування і очищення конвеєра необхідно проводити тільки у разі, якщо конвеєр зупинено та заблоковано пусковий пристрій.

Прибирання матеріалу, що просипався, під стрічковими конвеєрами необхідно здійснювати механізованим способом (гідравлічне прибирання). Прибирання матеріалу вручну під головними, хвостовими і відхиляючими барабанами дозволяється тільки у разі, якщо конвеєр зупинено, електрична схема його розібрана, а на пускових пристроях вивішено плакати «Не вмикати! Працюють люди».

Робота на заштибованих конвеєрах не дозволяється. Справність пристроїв для очищення стрічки конвеєра від налиплого матеріалу повинна перевірятися щозмінно посадовою особою, в обов'язки якої покладено здійснення контролю за безпечним виконанням робіт.

Не дозволяється:

- експлуатація конвеєрів у режимі ручного управління при відсутності машиніста;
- перевозити працівників на не обладнаних для цього конвеєрах;
- транспортувати обладнання на стрічці;
- підсипати на приводний барабан каніфоль або інші матеріали для усунення пробуксовування стрічки;
- спрямовувати рукою стрічку, що рухається;

- проводити ручне прибирання з-під конвеєрів матеріалу, що просипався, під час їх роботи.

Майстер або обслуговуючий персонал повинен оглядати конвеєри та пристрої, а також перевіряти апаратуру управління кожну зміну, електромеханік ділянки — кожну добу.

Високопродуктивна робота сучасного підприємства неможлива без правильно організованих і надійно працюючих засобів промислового транспорту. Транспортувальні машини безперервного транспорту є надзвичайно важливими і відповідальними ланками обладнання сучасного підприємства, від дії яких багато в чому залежить успіх його роботи, а безпечна праця — запорука збереження життя і здоров'я. Тому закликаємо не нехтувати правилами та дбати про свою безпеку і безпеку оточуючих/

ВИСНОВКИ

Система керування протяжною конвеєрною установкою - це комплекс електронних пристроїв і програмного забезпечення, які призначені для автоматизованого керування рухом вантажів на конвеєрі. Основні завдання системи керування - це забезпечення оптимальної продуктивності, безпеки та економії ресурсів у процесі транспортування вантажу.

Для цієї системи керування можна включити в себе такі компоненти:

- сенсори та датчики - для моніторингу стану конвеєра, навантаження та руху вантажів.
- керуючі пристрої - для приведення швидкістю руху конвеєрів та вантажів, забезпечення їх правильного розташування та маневреності.
- програмне забезпечення - для керування роботою всіх компонентів системи, обробки даних та виконання рішень.

Основними перевагами системи керування протяжною конвеєрною установкою є:

- зниження витрат на працю та підтримання конвеєра.
- підвищення продуктивності та якості роботи.
- зниження ризику аварійного стану конвеєра та навколишнього середовища.
- зниження витрат на енергопостачання.
- можливість контролювати та аналізувати роботу конвеєра в режимі реального часу.

Основні особливості подальшого розвитку конвеєрних установок включають в себе:

- вдосконалення ефективності: з наданням забезпечення більш ефективної роботи конвеєрів можна використовувати нові матеріали, технології та методи управління процесом пересування матеріалів. Також можна вдосконалювати системи підтримки та обслуговування конвеєрів.

- зниження витрат: для зменшення витрат на виробництво та підтримку конвеєрних установок можна використовувати більш енергоефективні технології та матеріали, знизити вартість виробництва та підтримувати обладнання.
- автоматизація процесу: автоматизація керування конвеєрними системами може забезпечити більш ефективне управління процесом та зниження ризиків людських помилок. Також можна використовувати додаткові датчики та інструменти для моніторингу та контролю за процесом руху матеріалів.
- розвиток "розумних" конвеєрів: нові технології дозволяють створити "розумні" конвеєри, які можуть самостійно виявляти несправності та підтримувати їх ремонт. Також можна використовувати машинне навчання та штучний інтелект для прогнозування несправностей та планування планового обслуговування.
- застосування в нових сферах: конвеєри можуть бути використані в нових сферах промисловості, таких як сонячна енергетика, електромобільна промисловість та інші.
- зниження впливу на довкілля: збереження екологічних стандартів та використання природних ресурсів.

Основні перспективи розвитку конвеєрних установ, пов'язані з удосконаленням їх технологій та підвищенням їх ефективності. Ось деякі з них:

- використовуйте екологічно чисті матеріали для виготовлення конвеєрів, що зменшує їх вплив на навколишнє середовище.
- використання більш ефективних технологій та матеріалів для виготовлення роликів, ланцюгів, ременів та інших компонентів конвеєрної системи.
- використовується автоматизована система керування та моніторингу, що дозволяє збільшити точність та ефективність роботи конвеєрів.
- використання технологій енергозбереження, наприклад нові, встановлення системи відновлення енергії, що зменшує витрати на електроенергію.
- розробка нових типів конвеєрів, що відповідають конкретним потребам та умовам виробництва. Наприклад, створення конвеєрів з можливістю регулювання швидкості руху матеріалу, підвищення вантажопідйомності, зменшення шуму та вібрації, покращення якості транспортування тощо.

- використання інформаційно-комунікаційних технологій для моніторингу та оптимізації роботи конвеєрних систем, наприклад, з використанням системи штучного інтелекту та аналізу даних.
- використання конвеєрних систем у нових галузях та виробництвах, наприклад, у виробництві електромобілів, сонячних батарей, 3D-друку, аерокосмічної та військової тощо.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Солодовников В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев // М.: Машиностроение, 1985. – с. 155.
2. Прокуда В.М. Исследование и оценка грузопотоков на магистральном конвейерном транспорте ПСП «Шахта «Павлоградская» ПАО ДТЭК «Павлоградуголь» ВМ Прокуда, ЮА Мишанский, СН Проценко / Горная электромеханика 88, 107-111
3. Васильев В.И. Разработка алгоритма управления электромеханической системой с распределенными параметрами / Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка. Радіоапаратобудування. – 2014. – № 58. – С. 104-111. – Режим доступу: <http://radap.kpi.ua/index.php/radiotechnique/article/view/842/857>
4. <https://dprom.online/unsolution/sovershenstvuya-vozmozhnosti-konvejernogo-oborudovaniya/>
5. Чермалых В. М. Исследование сложных электромеханических систем. – Киев, КПИ, 1979. – 63 с.
6. Васильев В.І. Обґрунтування раціональних динамічних параметрів запобіжного гальмування шахтних підймальних установок : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.09 – “Динаміка та міцність машин” / Васильев Володимир Іванович; Сумський держ. ун-т. – Суми, 2012. – 20с.: іл. – Бібліогр.: с. 17-18.
7. Александров А. Г. Оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие для вузов по спец. «Автоматика и упр. в техн. системах». М.: Высш. шк., 1989. — 263 с: ил.

8. Васильєв В.І. Дослідження способів оптимального керування динамічними системами. [Текст] / В.І. Васильєв, Є.В. Васильєв // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи (теорія, практика, історія, освіта) РТПСАС'2014: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 11–16 березня 2014 р.) – Київ: 2014. — С. 51-53.

http://conf.rtf.kpi.ua/attachments/article/260/RTPSAS_2014_s2_t2.pdf

9. Васильєв В.І. Оптимальное управление сложными динамическими системами / В.І. Васильєв, Е.В. Васильєв // East European Scientific Journal #5(45), 2019, р.32-44. Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland (Східноєвропейський науковий журнал #5(45), 2019, С.32-44) — https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/EESA_may1.pdf

10. Vasyliiev, V.I. The method for optimal control of high precision quick scanning system. [Текст] / V.I. Vasyliiev, E.V. Vasyliiev // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи (теорія, практика, історія, освіта) РТПСАС'2019: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 18–24 листопада 2019 р.) - Київ: 2019. — С. 147-149. http://conf.rtf.kpi.ua/attachments/article/1114/RTPSAS_2019_s5_t04.pdf

11. Васильєв В.І. Формирование рациональных воздействий для управления предохранительным торможением шахтных подъемных установок / В.І. Васильєв // Гірничя електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2002. – Вип. 68. – С. 96-100.

12. Спосіб гальмування шахтної підйимальної установки. Патент України на винахід UA114179 / В.І.Васильєв, Є.В.Васильєв // – Київ.:ДП “УІВ” (Укрпатент), опубл. 10.05.2017, бюл. № 9.

13. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов // М., Наука, Гл. ред. ф.-м. литер. / 1975. –768 с.

14. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления – М.: Машиностроение, 1986. – 448 с.

15. Ажогин В.В. Моделирование на цифровых, аналоговых и гибридных ЭВМ / В.В. Ажогин, М.З. Згуровский // – К. : Вища школа., 1982. – 280 с.

16. Абакумов В.Г. Электронные промышленные устройства. Киев, изд. "Вища школа", 1978, 376 с.
17. Vasyliiev, V.I. The method for optimal control of high precision quick scanning system. [Текст] / V.I. Vasyliiev, E.V. Vasyliiev // Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи (теорія, практика, історія, освіта) РТПСАС'2019: Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції (Київ, 18–24 листопада 2019 р.). - Київ: 2019 – с.147-149 http://conf.rtf.kpi.ua/attachments/article/1114/RTPSAS_2019_s5_t04.pdf
18. Васильев В.И. Оптимизация управления сложной электромеханической системой с распределенными параметрами [Текст] // Адаптивні системи автоматичного керування. Міжвідомчий науково-технічний збірник – 2013. – 1(22). – С. 95-101 – Режим доступу: <http://asac.kpi.ua/article/view/29085> .
19. Александровский Н.М. Элементы теории оптимальных систем автоматического управления // – М.: Энергия, 1969. – 128 с.
20. Дорф Р. К., Бишоп Р. Х. Современные системы управления. М : Лаборатория базовых знан., 2004. 832 с.
21. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов // М., Наука, Гл. ред. ф.-м. литер. / 1975. –768 с.
22. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013. – 606 с.
23. Васильев, В.И. Оптимизация управления сложной электромеханической системой с распределенными параметрами [Текст] // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник – 2013. – 1(22). – С. 95-101 – <http://asac.kpi.ua/article/view/29085> , дата доступу: 19.05.2023 р.
24. Подлесный Н. И., Рубанов В. Г. Элементы систем автоматического управления и контроля / Н. И. Подлесный, В. Г. Рубанов //– К.: Вища школа., 1982. – 472 с.