Тема роботи:

«Удосконалення приводних та натяжних барабанів стрічкових конвеєрів»

Виконав: студент групи ЗГМБ-23ск-1 _____ І.В.Богач

Керівник випускної роботи: канд.техн.наук, доц. _____ В.А.Громадський

Кривий Ріг
2026 р

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку промисловості для транспортування насипних вантажів на підприємствах гірничодобувної, металургійної, хімічної та інших галузей широкого застосування набули конвеєри різних типів. Особливе місце серед них займають стрічкові конвеєри, які забезпечують безперервність технологічного процесу, високу продуктивність і відносно низькі експлуатаційні витрати. Перспективи їх використання на гірничих підприємствах є значними, оскільки вони ефективно застосовуються як для транспортування рихлих, так і скельних гірських порід на значні відстані.

Розвиток конвеєрного транспорту супроводжується постійним удосконаленням конструкцій його основних елементів, зокрема приводних і натяжних барабанів, які відіграють ключову роль у забезпеченні надійної роботи всієї системи. Приводні барабани здійснюють передачу тягового зусилля стрічці, тоді як натяжні — забезпечують необхідний рівень натягу стрічки та стабільність її руху. Від їх конструкції, матеріалів і технічного стану значною мірою залежать ефективність роботи конвеєра, довговічність стрічки та енерговитрати процесу транспортування.

Разом із тим, аналіз експлуатації стрічкових конвеєрів показує наявність ряду суттєвих недоліків. До них належать налипання транспортуємого матеріалу та бруду на поверхню барабанів, що призводить до підвищеного зношення стрічки та погіршення умов її роботи. Внаслідок нерівномірного зношення і забруднення поверхні барабана порушується його геометрична форма, що збільшує ризик сходу стрічки з робочої траси. Також спостерігається зниження коефіцієнта тертя між стрічкою і барабаном, що викликає прослизання та зменшення ефективності передачі тягового зусилля. Додатковими негативними факторами є корозійне та абразивне зношення барабанів, а також значні габарити та маса приводних станцій.

Сучасні тенденції розвитку конвеєрного транспорту спрямовані на підвищення надійності, зменшення масогабаритних показників і спрощення

обслуговування обладнання. Одним із перспективних напрямів є застосування полімерних матеріалів для футерування барабанів, що дозволяє підвищити зносостійкість, покращити коефіцієнт тертя та зменшити налипання матеріалу. Використання швидкознімного футерування забезпечує спрощення ремонтних робіт і скорочення простоїв обладнання.

Крім того, важливим напрямом удосконалення є заміна традиційних приводів із використанням редукторів і окремих електродвигунів на компактні мотор-редуктори. Це дозволяє зменшити габарити приводної станції, підвищити її надійність, спростити монтаж і технічне обслуговування, а також покращити енергетичні характеристики конвеєра.

Таким чином, удосконалення конструкції приводних і натяжних барабанів стрічкових конвеєрів є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності транспортних процесів, зниження експлуатаційних витрат і забезпечення надійної роботи обладнання в складних умовах промислового виробництва.

Мета роботи: розробка та обґрунтування конструктивних рішень щодо удосконалення приводних та натяжних барабанів стрічкових конвеєрів.

Об'єкт дослідження: процес роботи стрічкового конвеєра.

Предмет дослідження: конструктивні та експлуатаційні параметри приводних і натяжних барабанів, що впливають на ефективність, надійність та довговічність конвеєра.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО СТРІЧКОВІ КОНВЕЄРИ

1.1. Принцип дії, область призначення

Принцип роботи стрічкових конвеєрів базується на переміщенні вантажу за допомогою безперервної замкненої стрічки, що рухається у просторі, при цьому сам вантаж залишається відносно нерухомим щодо її поверхні.

До основних конструктивних елементів стрічкового конвеєра (див. рис. 1.1) у загальному випадку належать: гнучка стрічка, яка одночасно виконує функції несучого та тягового органа; приводний вузол, що включає один або кілька барабанів, електродвигуни та редуктори; несуча станина з розташованими на ній стаціонарними роликоопорами, які підтримують стрічку по всій довжині траси; а також натяжний пристрій, що забезпечує необхідне натягнення стрічки. Додатково до складу системи входять завантажувальні та очисні пристрої, а також засоби контролю, автоматизації та керування процесом роботи конвеєра [1–10].

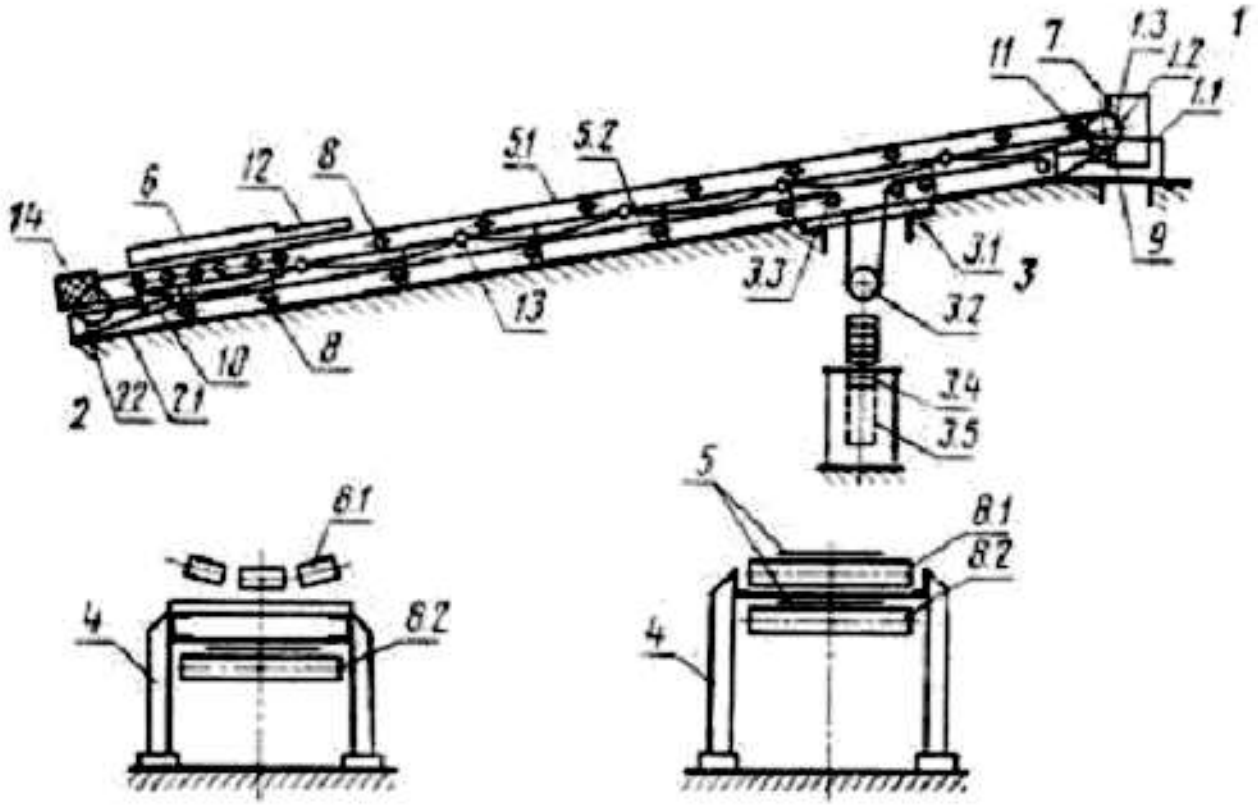


Рис 1.1 - Стрічковий конвеєр [1, 5]

Таблиця 1.1 - Основні вузли стрічкового конвеєру [1, 5]

Позиція	Найменування	Позиція	Найменування
1	Привід	5	Конвеєрна стрічка
1.1	Опорна рама приводу	5.1	Верхня гілка
1.2	Приводний барабан	5.2	Нижня гілка
1.3	Приводний механізм	6	Завантажувальний пристрій
2	Поворотний пристрій	7	Розвантажувальний пристрій
2.1	Опорна конструкція поворотного пристрою	8	Ролікоопора
2.2	Оборотний барабан	8.1	Верхня роликоопора
3	Натягач	8.2	Нижня роликоопора
3.1	Опорна конструкція натягача	9	Очищувач зовнішньої сторони стрічки
3.2	Натяжний барабан	10	Очищувач внутрішньої сторони стрічки
3.3	Відхиляючий барабан	11	Очищувач барабана
3.4	Натяжний вантаж	12	Направляючий лоток
3.5	Огорожа натяжного вантажу	13	Пристрій для аварійного виключення приводу
4	Ставши (опорна конструкція середньої частини конвеєра)	14	Огорожа барабана

Таблиця 1.2 - Виконання головних вузлів стрічкового конвеєру [7]

Позиція	Найменування частини	Виконання
1	Привід	Привід з редуктором і електродвигуном; привід з мотор-барабаном
3	Натягач	Вантажний натягач; гвинтовий натягач; лебідковий натягач
5	Конвеєрна стрічка	Гумовотканинна конвеєрна стрічка; гумовотросова конвеєрна стрічка; цільнопрокатна сталева конвеєрна стрічка; дротяна конвеєрна стрічка
6	Завантажувальний пристрій	Стаціонарна воронка; завантажувальний візок (пересувна воронка); живильник
7	Розвантажувальний пристрій	Лоток; плужковий скудач; барабанний пересувний розвантажувач
8	Ролікоопора	Жолобчаста роликоопора; пласка роликоопора; гірлянда роликоопор (з шарнірним кріпленням роликів)

Несучо-тяговим елементом стрічкового конвеєра загального призначення виступає безперервна гнучка стрічка, яка опирається як на робочу, так і на холосту гілки через систему роликових опор і огинає на кінцевих ділянках приводний та натяжний барабани. У конвеєрах невеликої довжини, що

призначені для транспортування штучних вантажів, робоча гілка стрічки може переміщатися по дерев'яному або металевому настилу.

Передача руху стрічці здійснюється за рахунок сил тертя між нею та приводним барабаном. Початкове натягнення на холостій гілці формується натяжним барабаном у поєднанні з натяжним пристроєм, який найчастіше виконується у вантажному виконанні. Завантаження стрічки сипкими матеріалами виконується через завантажувальну воронку, що зазвичай розміщується в зоні початку конвеєра біля кінцевого барабана.

Розвантаження може здійснюватися як у кінцевій точці з приводного барабана, так і на проміжних ділянках із використанням пересувних розвантажувальних візків або стаціонарних плужкових скидачів. Напрямок потоку матеріалу, який сходить із барабана, формується розвантажувальною коробкою [2, 8].

Для очищення робочої поверхні стрічки від залишків матеріалу застосовують обертові щітки (гумові або капронові) або нерухомі скребкові пристрої. У багатьох випадках використання очисників є обов'язковим, оскільки налиплі частинки, накопичуючись на роликах холостої гілки, утворюють нерівномірні нашарування, що порушують рівномірність обертання і призводять до інтенсивного зношування стрічки. Ефективне очищення також забезпечує барабан із гвинтовими (спіральними) скребками, що обертається.

Для видалення випадкових частинок, які можуть потрапити на внутрішню сторону холостої гілки, перед натяжним барабаном доцільно встановлювати додатковий скребковий елемент. Очищення після приводного барабана є важливим, оскільки частинки, що залишилися, можуть обсипатися при проходженні стрічки через роликоопори та утворювати скупчення, які ускладнюють експлуатацію конвеєра [15, 17].

Для забезпечення стабільного руху стрічки та запобігання її бічному зміщенню застосовують центрувальні роликові опори різних конструкцій. Привідний вузол конвеєра зазвичай включає електродвигун, редуктор і з'єднувальні муфти. На поворотних ділянках траси встановлюють роликові

батареї для плавного перегину стрічки або використовують поворотні барабани [11, 17].

Усі вузли конвеєрної установки монтуються на металевих конструкціях, які закріплюються до фундаментної основи або несучих елементів будівлі. Металоконструктивний вузол, що включає приводний барабан, приводний механізм і розвантажувальну коробку, прийнято називати приводною станцією. Аналогічно, конструкція з натяжним пристроєм утворює натяжну станцію. Інші елементи відносяться до проміжної частини конвеєра, яка складається з однотипних лінійних секцій. З'єднання між секціями, перехідними ділянками, а також приводною і натяжною станціями здійснюється за допомогою болтових з'єднань.

Для транспортування сипких матеріалів найчастіше застосовують багатороликові опорні системи, які формують жолобчасту форму стрічки. Така геометрія стрічки при однаковій ширині та швидкості руху дозволяє суттєво підвищити продуктивність, іноді більш ніж удвічі.

Проміжне розвантаження сипких вантажів здійснюється за допомогою двобарабанних скидаючих візків, які спрямовують матеріал у бічні відвідні патрубки. Стаціонарні плужкові скидачі можуть застосовуватися як для сипких, так і для штучних вантажів, тоді як існують також їх пересувні варіанти, змонтовані на візках. Окрім цього, конвеєрні системи оснащуються стопорними пристроями або нормально закритими двоколодковими гальмами, а на похилих ділянках траси встановлюють уловлювачі стрічки на випадок її обриву, а також елементи захисту і автоматизовані системи керування [15, 17].

Конструктивне виконання конвеєра визначається типом застосованої стрічки. Стрічкові конвеєри зі сталевою стрічкою, при загальній подібності схем із конвеєрами загального призначення, мають відмінності, зумовлені підвищеною жорсткістю матеріалу. У таких системах барабани виконуються збільшеного діаметра, а роликові опори можуть виготовлятися у вигляді дискових елементів на спільній осі, пружинних роликів або конструкцій із бортами чи без них. Для конвеєрів із дротяними стрічками допускається використання опор із одним горизонтальним роликом, а основним видом

вантажу є штучні вироби. Подібні установки можуть працювати при підвищених температурах, що досягають 1100 °С [16].

Прагнення відмовитися від стрічки як тягового елемента привело до створення канатно-стрічкових конвеєрів, у яких тягове зусилля передається через два канати, що переміщуються по блоках і підтримують стрічку з вантажем. Комбінування стрічки з тяговим ланцюгом стало основою для стрічково-ланцюгових конвеєрів, де ланцюг рухається по напрямних блоках, а бокові частини стрічки спираються на похилі роликові опори [12–15].

При транспортуванні вантажів на значну висоту довжина стрічкового конвеєра безпосередньо залежить від кута його нахилу: зі збільшенням крутизни траси довжина установки зменшується. Це дозволяє знизити як капітальні витрати, так і зайняту виробничу площу. У зв’язку з цим застосовують крутонахилені та вертикальні конвеєри з кутами нахилу до 90°. До таких рішень належать системи з притискними елементами, ланцюговими або сітчастими стрічками, прогумованими полотнами та додатковими катками. Підвищення кута нахилу також досягається використанням рифлених стрічок із поперечними уступами або гребенями на робочій поверхні. Для пилоподібних матеріалів застосовують трубчасті стрічки із замковим типом з’єднання та механізмами їх відкривання і закривання. У складних умовах рельєфу ефективними є конвеєри зі стрічкою, підвішеною на ланцюгах або сталевих канатах через опорні кронштейни та блоки, включно з варіантами трубчастих систем підвішеного типу [12–17].

Серед великої номенклатури пересувних і переносних стрічкових конвеєрів виділяють крутопохилі легкі навантажувальні установки зі змінним кутом нахилу та наявністю поперечних планок на полотні стрічки. У більшості мобільних конвеєрних систем використовується мотор-барабан, у конструкцію якого інтегровано привідний механізм, а також гвинтовий натяжний пристрій, розміщений у верхній частині агрегату [2–8].

Стрічкові конвеєри, призначені для підземного транспортування матеріалів, розробляються з урахуванням роботи в умовах обмеженого

простору. Крім того, вони можуть використовуватися для переміщення людей та великогабаритних штучних вантажів [5, 15].

Конвеєрні системи великої потужності та значної протяжності конструктивно подібні до установок загального призначення. Водночас їх окремі вузли мають не лише збільшені геометричні розміри, але й відрізняються конструктивними особливостями. Зокрема, приводна частина може виконуватися з двома приводними барабанами, а натяжний механізм часто оснащується системою регулювання натягу стрічки, яка компенсує зміни навантаження під час пуску та експлуатації [1–5].Для завантаження стрічки застосовують живильники, що забезпечують певну подачу вантажу, відповідну продуктивності конвеєра. На конвеєрах застосовують ловці для стрічки, могутні гальма і пристосування для контролю за роботою і безпекою обслуговування.

Розрахунок конвеєрів великої потужності необхідно проводити по уточнених методиках. Особливо важливим при розрахунку цих конвеєрів є використання обгрунтованих точних значень опорів руху стрічки і опорів в пункті завантаження. Роликові опори відносяться до основного елементу стрічкового конвеєра. Від роботи роликів опор багато в чому залежать довговічність стрічки і споживання енергії приводом конвеєра [1-7].

Останнім часом для більшої зручності управління конвеєром і підвищення його продуктивності на роликових опорах вмонтовують приводні ролики.

Унікальні ролики з внутрішнім приводом розроблені для використання в багатьох конвеєрних системах.

При використанні щіткового або безщіткового двигуна, вбудованого в конвеєрний ролик, сам двигун повністю прихований, а ролик легко вписується в найменший простір. При цьому, відпадає необхідність у використанні громіздких, дорогих в експлуатації механічних частин, таких, як ланцюгові механізми і ланцюгові колеса, приводні паси або проміжні вали. Ролик управляється пультами управління, які відповідають за управління двигуном функцію накопичення при нульовому тиску.

Для автоматизації управління приводним роликом можна управляти за допомогою програмованого контроллера (ПК) через інтерфейс. Що у свою

чергу дає можливість створювати інтелектуальні і складні конвеєрні системи, з великою кількістю режимів накопичення, які відповідають вашим вимогам, а також забезпечують низький рівень шуму і споживання енергії.

Модулі, що складаються з приводних роликів, виготовлені і відрегульовані на нашому заводі і Ви просто повинні будете провести збірку на території клієнта і забезпечити їх підключення до блоку живлення.

Збірка виконується за короткий час і без залучення спеціального персоналу прямо у замовника. Для довгого стрічкового конвеєра весь монтаж повинен бути виконаний на місці із залученням висококваліфікованого персоналу за час, достатній для повної збірки, забезпечити установку стрічки, для якої необхідне потрібне натягнення і паралельність установки барабанів.

Наші приводні ролики можуть довгий час обходитися без мастила в процесі експлуатації. Це відмітна характеристика стрічкових конвеєрів, які зазвичай вимагають постійного техобслуговування, особливо на гумотехнічному виробництві у зв'язку з великою запиленою.

Всі електричні компоненти для захисту і управління приводним роликом входять в комплект HB703 і є ланцюгом серії 89E.

У зв'язку з цим відсутні додаткові температурні реле, вимикачі пуск/останов двигуна, які застосовуються в зовнішніх двигунах змінного струму.

Для підключення Вам потрібний блок живлення з'єднати з ланцюгом HB703. Ця установка не складна і не вимагає великих витрат часу.

Крім того, пристрій ланцюга HB703 дозволяє управляти приводним роликом з наступними функціями:

- вибір напряму обертання динамічного гальма двигуна;

- сигнал «Помилка» у разі перевантаження двигуна за швидкістю, в цей же час спрацьовує регулювання моменту, що обертається.

Приводні ролики чудово підходять для безперервного режиму роботи в течії тривалого терміну експлуатації. У них понижені шумові характеристики і вбудована система блокування, яке використовується на похилих площинах і спіральних ділянках

Також приводні ролики оснащені вбудованим блоком управління безщітковим двигуном, що полегшує збірку і введення в експлуатацію [2, 5-12].

Варіанти приводних роликів. Варіанти приводних роликів поставляються в різного виконання: з неіржавіючої сталі, стали з гальванопокриттям, з алюмінію. Приводні ролики випускаються наступними діаметрами : 76,3; 80; 89 і 115мм.

Ролики оснащуються прецизійними шарикопідшипниками.

Приводний ролик з середньою пропускною спроможністю для переривистого режиму роботи витримує великі навантаження, надійний, рентабельний моторизований варіант з щітковим двигуном і приводом.

Потужні стрічкові конвеєри, що виготовляються вітчизняними заводами, за призначенням підрозділяються на наступні групи: конвеєри загального призначення (нормального і важкого типів), для відкритих робіт і шахтні. Конвеєри загального призначення служать для доставки масових сипких вантажів великою до 400 мм, поставляються заводами по вузлах без опорних конструкцій, мають кут нахилу 0—24°, продуктивність 800—2900 $м^3$/ч при стрічці шириною 1000— 1600 мм, швидкості її руху 1,6—3,15 м/с, максимальній довжині ставу 300—1250 м і потужності приводу 100—630 кВт [2, 14-17].

Потужні стрічкові конвеєри для відкритих робіт (забійні, магістральні, відвальні, передавальні) поставляються в основному донецьким машинобудівним заводом ім. Ленінського комсомолу України і призначені для доставки корисних копалини, вскришних порід великою до 400 мм в складних гірничо-геологічних і суворих кліматичних умовах. Продуктивність конвеєрів складає 750— 5000 $м^3$/ч при стрічці шириною 1200—1800 мм і швидкості руху 1,85—4,6 м/с, максимальній довжині ставу 250—800 м, сумарній потужності приводу 250—1500 кВт. У уніфікованого виконання конвеєрів збільшені довжина розвантажувальної консолі приводної станції і висота перевантаження (до 3,5 м), що дозволяє сполучати конвеєрні стави в плані під кутом в межах 90°. Приводна станція пристосована для установки проміжного завантажувального пристрою; для підтримки неодруженої гілки стрічки застосовані підвісні гірлянди роликоопори з гумовими кільцями, поліпшуючими центрування і очищення

стрічки; забезпечена можливість компоновки приводів в правому і лівому, одно- і двохприводному виконань. На 15 % понижена металоємність конвеєрів із-за застосування гнутих профілів і вдосконалення конструкції; є пристрої для перевертання стрічки, що дозволяють зменшити просипи [2]. Окрім могутніх конвеєрів, що виготовляються, для транспортних комплексів безперервної дії продуктивністю до 5000 $м^3$/ч передбачається виробництво конвеєрів продуктивністю до 12 500 $м^3$/ч [1-10].

1.2 Класифікація стрічкових конвеєрів

Стрічкові конвеєрні системи прийнято поділяти насамперед за їх функціональним призначенням. До них належать установки загального застосування, що використовуються на підприємствах металургійної, хімічної, машинобудівної та інших галузей, а також спеціалізовані конвеєри для гірничих виробок (забійні, штрекові, ухильні, бремсбергові) і для кар'єрних робіт (забійні, збірні, передавальні, підйомні, магістральні, відвальні, а також конвеєри відвальних мостів, роторних екскаваторів і відвалоутворювачів). Окремо враховується класифікація за ступенем мобільності та часом роботи на одному місці, де виділяють пересувні, напівстаціонарні та стаціонарні варіанти.

Завдяки відносно простій конструкції, зручності обслуговування, невеликим витратам під час експлуатації та низькому енергоспоживанню стрічкові конвеєри набули широкого поширення в гірничодобувній, металургійній, будівельній та інших промислових сферах. Вони можуть транспортувати насипні матеріали різної дисперсності — від порошкоподібних і зернистих до дрібнокускових, середньокускових і великокускових. Для штучних вантажів розміри та маса обмежуються умовами їх стійкого переміщення на стрічці.

Конвеєри для сипких вантажів характеризуються дуже широким діапазоном продуктивності — від кількох тонн до кількох тисяч тонн за годину. На найбільш потужних установках досягаються значення 15–30 тис. т/год при ширині стрічки до 3000 мм. Довжина одного конвеєрного ставу також суттєво варіюється: від

кількох метрів до декількох кілометрів, а в окремих випадках перевищує 10 000 м [15–17].

1.3. Технічні характеристики

Таблиця 1.3 - Технічні характеристик конвеєрів [15-17]

Конвеєр	Ширина стрічки	Швидкість руху стрічки, м/с	Продуктив-ність $м^3$/год	Потужність привода, кВт	Максимана довжина става, м
10080-100 100100-120 100125-160	1000	2,5-3,15	800—1200	100 125 250	370 560 1000
12080-120 120100-140 120125-160 120160-200	1200	2,5—3,15	1150—1720	125 160 250 400	300 380 830 1000
14080-120 140100-140 140125-160 140160-200	1400	2,5—3,15	1560—2350	100 160 250 400	220 380 640 910
16080-120 16011О-140 160125-160 160160-200	1600	1.6—3,15	1000—2900	320—630	1000-1250

КЛЗ-800-2М КЛЗ-500-2М КЛЗ-400-2М КЛЗ-250-2М	1200	1,85—4,6	1750	2Х250 2Х250 250 250	800 500 400 250
КЛМ-800-2М КЛМ-500-2М КЛМ-400-2М КЛМ-250-2М КЛМ (Н)-400-2М КЛМ (Н)-250-2М	1200	1,85—4,6	1750	2Х250 2Х250 250 250 2Х200 2Х200	800 500 400 250 400 250
КЛО-750-2М КЛО-500-2М КЛО-400-2М КЛО-250-2М	1200	1,85—4,6	1750	2Х250 2Х250 250 250	750 500 400 250
КЛП-250/100-2М КЛЗ-8ОО КЛШ-800	1200 1000 1200	3,1—4,6 2,34 2,58	1750 600 т/год 500 т/год	250 132 150	265 500 800
КМЗ КМП КМО	1600	4,35	4500	1050	600 500 500

РОЗДІЛ 2. ОПИС КОНСТРУКЦІЇ КОНВЕЄРА

2.1 Призначення і область застосування стрічкових конвеєрів

Шихтові матеріали в межах відділень аглофабрики транспортуються стрічковими конвеєрами, ширина яких визначається продуктивністю агломераційної машини. Завдяки високій пропускній здатності, надійності та відносній простоті експлуатації стрічкові конвеєри є одним із найпоширеніших засобів транспортування сипких матеріалів, таких як вапняк, кокс, концентрати та готова шихта.

Конвеєри можуть бути горизонтальними або похилими. Розвантаження матеріалу здійснюється як у кінцевій точці (з приводного барабана), так і в будь-якій точці по довжині стрічки за допомогою спеціальних пристроїв — пересувних розвантажувальних візків або стаціонарних скидачів.

Конструкція стрічкового конвеєра. Основними вузлами стрічкового конвеєра є:

- привід (електродвигун, редуктор, муфти);
- стрічка (тяговий і несучий елемент);
- роликові опори;
- приводний і натяжний барабани;
- рама (металоконструкція);
- натяжні пристрої;
- центруючі роликові опори;
- гальмівні пристрої;
- пристрої очищення стрічки;
- завантажувальні та розвантажувальні елементи (жолоби, воронки).

Робота конвеєра базується на переміщенні нескінченної гнучкої стрічки, яка огинає приводний і натяжний барабани. Передача руху від приводного барабана до стрічки здійснюється за рахунок сил тертя.

У коротких конвеєрах можливе використання настилу (металевого або дерев’яного), по якому ковзає стрічка.

Натяжні пристрої. Найбільш поширеним є вантажний натягач із рухомою стрічкою, на якій встановлено хвостовий барабан. Такий пристрій забезпечує:

- необхідне натягнення стрічки;
- її правильне центрування;
- запобігання пробуксовуванню;
- підвищення довговічності стрічки.

Оскільки стрічка є одним із найдорожчих елементів конвеєра, створення оптимальних умов її роботи має вирішальне значення.

Завантаження та розвантаження. Завантаження сипких матеріалів здійснюється через завантажувальні воронки, зазвичай розташовані біля хвостового барабана.

Розвантаження можливе:

- у кінцевій точці — через приводний барабан;
- проміжним способом — за допомогою розвантажувальних візків або плужкових скидачів.

Очищення стрічки. Під час транспортування сипких матеріалів на роликах холостої гілки накопичуються дрібні частинки, які можуть утворювати нерівномірні нашарування. Це призводить до порушення роботи роликів і зменшення ресурсу стрічки.

Для очищення застосовують:

- нерухомі скребки;
- обертові щітки (з гуми або капрону);
- спіральні очищувачі.

Додатково рекомендується встановлювати внутрішні скребки для очищення холостої гілки стрічки. Накопичення сторонніх частинок може спричинити завали та погіршити роботу транспортної системи.

Центрування стрічки. Для забезпечення стабільної роботи конвеєра застосовують центруючі роликові опори, які запобігають поперечному зміщенню стрічки. На поворотних ділянках встановлюють роликові батареї або відхиляючі барабани, що забезпечують плавну зміну напрямку руху стрічки.

Конструкційні особливості. Усі вузли конвеєра монтуються на металевій рамі, яка кріпиться до фундаменту або несучих конструкцій будівлі. Надійність і довговічність обладнання визначаються міцністю металоконструкції, якістю монтажу та правильністю експлуатації.

Конструктивно стрічковий конвеєр складається з трьох частин – приводної станції, яка включає приводний барабан, привід і розвантажувальну коробку, натяжної станції, що включає натягач, і середньої частини конвеєра. Остання складається з однакових лінійних секцій. Всі елементи конструкції сполучені між собою болтами. Доповнювати набір деталей можуть багатороликові опори, які надають стрічці желобообразную форму при необхідності транспортування сипких матеріалів. Таке удосконалення дозволяє досягти двократного збільшення продуктивності конвеєра в порівнянні з плоскою стрічкою.

Для проміжного відвантаження сипких матеріалів по відвідних патрубках використовуються двохбарабанні скидаючі візки. Стаціонарні плужковые сбрасыватели володіють більшою функціональністю – з їх допомогою можна відвантажувати не тільки сипкі, але і штучні вантажі.

Крім вищеперелічених деталей конвеєри в обов'язковому порядку комплектуються стопорними пристроями або нормально закритими двоколодковими гальмами, пристроями для автоматичного управління, а також пристосуваннями безпеки і ловцями стрічки, які розташовуються на похилих ділянках конвеєра і є страхувальним елементом на випадок обриву стрічки.

Особливості конструкції конвеєра багато в чому обуславливаются типом стрічки транспортування. Наприклад, конвеєри із сталевою стрічкою за рахунок підвищеної жорсткості останньою мають певні конструкційні відмінності від конвеєрів загального призначення. Серед найбільш важливих – великі розміри барабанів і роликові опори, виконані у вигляді дисків на одній осі, пружинних роликів, наздогнала з бортами або без них. Що ж до конвеєрів з дротяною стрічкою, то в них часто застосовуються опори з одним горизонтальним роликом. Такі конвеєри найчастіше використовуються для переміщення штучних вантажів, що обуславливается недостатньою щільністю стрічки. Проте є у дротяної стрічки

і велика гідність – обладнані нею конвеєри можуть успішно експлуатуватися при температурі до +1100°.

Принциповим питанням є довжина конвеєра. Якщо устаткування транспортування використовується для переміщення вантажів на велику висоту, варто враховувати кут нахилу – чим він більший, тим коротше повинен бути конвеєр. У тих випадках, коли найбільш доцільною з погляду економії фінансів і робочого простору є установка устаткування невеликої довжини, на допомогу приходять вертикальні і крутонаклонные конвеєри, здатні працювати під кутом нахилу до 90°. Ще один прийнятний варіант – конвеєри з верхніми притискними елементами, які оснащуються прогумованою тканинною стрічкою, ланцюговою сітчастою стрічкою і катками з додатковою лопатевою стрічкою.

Досить часто для роботи під великим кутом використовуються конвеєри з рифленими стрічками, на робочій поверхні яких є уступи або гребені. Матеріали, які створюють багато пил, транспортуються за допомогою конвеєрів з трубчастою стрічкою, яка відкривається і закривається за допомогою застібки типу «блискавка». На перетнутій місцевості широке застосування знаходять конвеєри, стрічка яких не рухається по настилу, а підвішена на ланцюгах до кронштейнів і сталевих дротяних канатів, лежачих на опорних блоках. У такому варіанті проводяться конвеєри не тільки з плоскою, але і з трубчастою стрічкою. Більшість пересувних конвеєрів працюють за рахунок мотора-барабана з вбудованим приводом і гвинтового натягача, який знаходиться у верхній частині машини.

Окремим класом конвеєрів є устаткування транспортування, призначене для підйому вантажів з шахт, а значить розраховане на експлуатацію в обмежених умовах. За допомогою таких конвеєрів здійснюється підйом як вантажів, так і людей і устаткування.

Ще один вид устаткування транспортування схожого типу – стрічкові конвеєри великої потужності і значної довжини. Їх конструкція в цілому аналогічна конструкції конвеєрів загального призначення із знижкою на габарити, проте деякі елементи все ж таки мають принципові якісні відмінності. Наприклад, привід в них має не один, а два приводні барабани, а для натягача передбачена можливість регулювання натягнення залежно від ступеня завантаженості стрічки.

Для забезпечення безперебійної і ефективної роботи при розрахунку конвеєрів великої потужності необхідно використовувати уточнені методики і керуватися в першу чергу обгрунтованими точними значеннями опорів руху стрічки і опорів в пункті завантаження.

2.2 Технічна характеристика стрічкового конвеєра

1. Продуктивність, т/год	150
2. Довжина конвеєра, м	500
3. Стрічка	
ширина, мм	1200
діаметр троса, мм	6
кількість тросів	130
швидкість стрічки, м/с	1,5
4. Електродвигун	МА-142-2/4
кількість двигунів, шт	3
потужність одного двигуна, кВт	80
кількість обертів, об/хв	1480
5. Привідні барабани	
кількість	2
діаметр, мм	806
кут обхвату,	450
6. Маса конвеєра, т	180

2.3 Опис конструкції і принцип роботи стрічкового конвеєра

Стрічковий конвеєр (рис. 2.1) складається з таких основних елементів: приводу (1), натяжної станції (2), роликового ставу (3), завантажувальної станції (4) та вантажної натяжної станції (5).

У прольоті між приводним і натяжним барабанами стрічка підтримується роликовими опорами, які поділяються на жолобчасті (для робочої гілки) та прямі

(для холостої гілки). Роликоопори холостої гілки, як правило, розташовуються під рамою конвеєра.

Для збільшення кута обхвату стрічкою приводного та натяжного барабанів у безпосередній близькості до них встановлюються відхиляючі барабани. Це сприяє підвищенню сили тертя між стрічкою і барабаном та зменшенню ймовірності пробуксовування.

Натяг стрічки, необхідний для надійної передачі тягового зусилля, здійснюється за допомогою вантажного натяжного пристрою. Він забезпечує:

- створення достатньої сили тертя на приводному барабані;
- компенсацію подовження стрічки в процесі експлуатації;
- стабільність роботи конвеєра.

Конструктивно натяжний пристрій реалізується у вигляді вантажної натяжної станції, що працює за принципом противаги.

Вантажна натяжна станція складається з барабана, встановленого на рамі рухомого візка. Візок пересувається по напрямних (швелерах), закріплених на рамі конвеєра, за допомогою коліс.

До задньої частини рами візка по осі кріпиться канат, який через систему напрямних роликів з’єднується з підвішеним вантажем (противагою). Під дією сили тяжіння вантаж забезпечує автоматичне підтримання необхідного натягу стрічки.

Під час роботи конвеєра, у разі подовження стрічки або зміни навантаження, візок натяжної станції переміщується вздовж рами, підтримуючи постійне натягнення. Це дозволяє:

- уникнути пробуксовування стрічки;
- зменшити знос елементів приводу;
- забезпечити стабільність транспортного процесу.

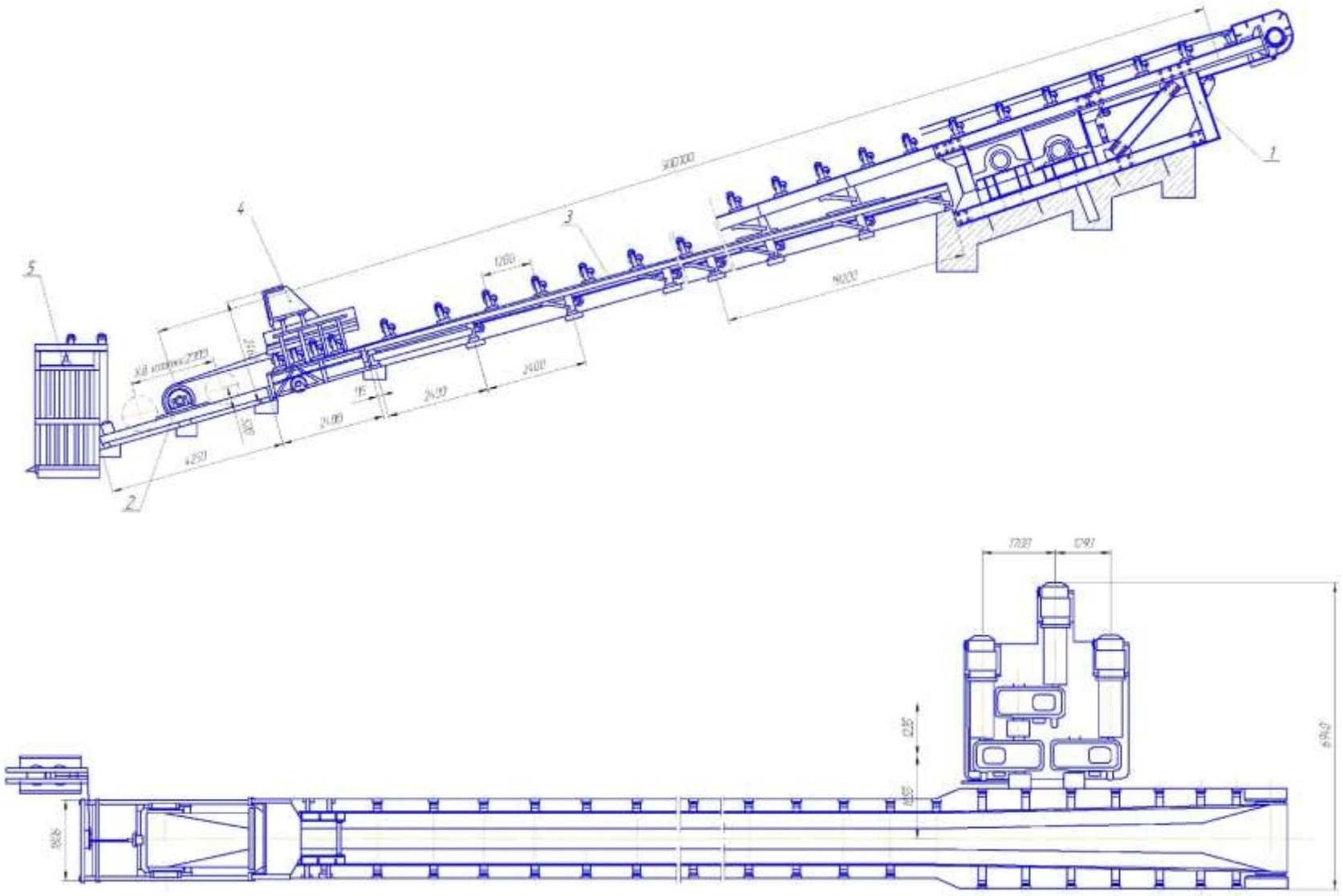


Рис 2.1 - Стрічковий конвеєр. Загальний вигляд

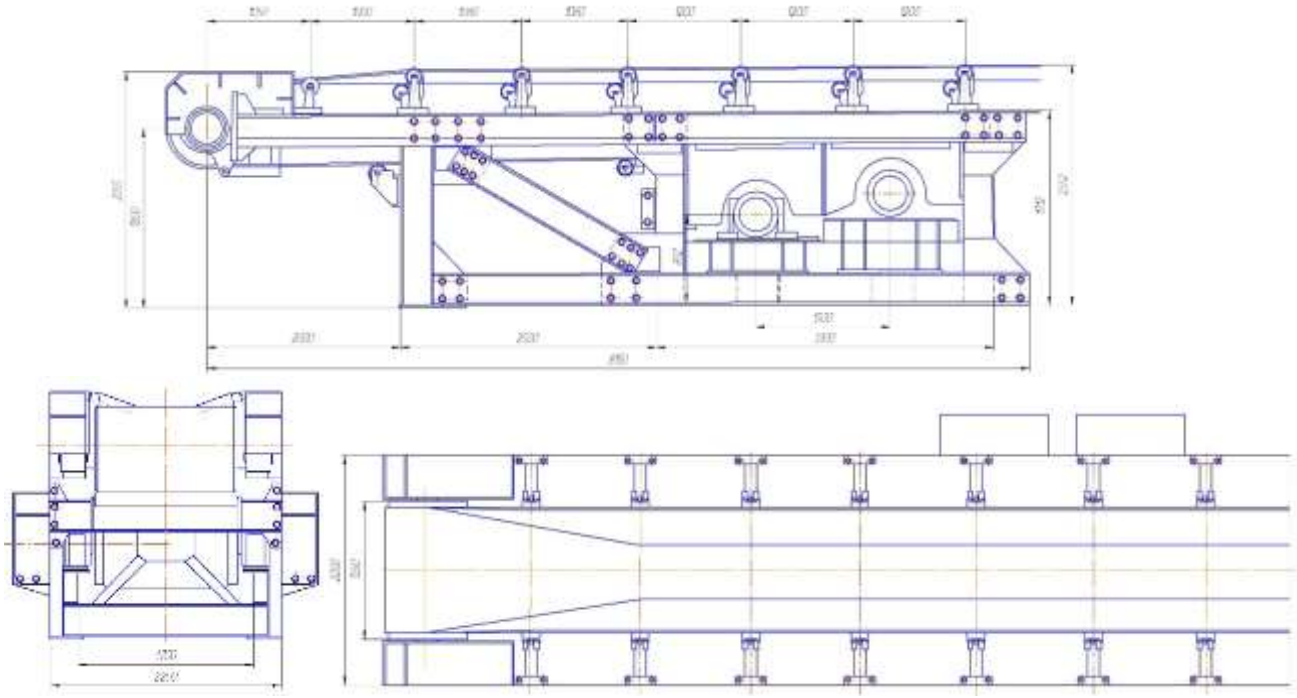


Рис. 2.2 - Приводна станція конвеєра.

Допоміжні пристрої та системи стрічкового конвеєра. Для запобігання сходу стрічки з траси під час руху по рамі конвеєра в окремих зонах встановлюють вертикальні напрямні ролики. Вони забезпечують стабільне положення стрічки та зменшують її поперечне зміщення.

Очищення стрічки від налиплого матеріалу здійснюється за допомогою скребка, встановленого під збіжною (холостою) гілкою стрічки біля приводного барабана. Видалений матеріал спрямовується у приймальну воронку, закріплену на рамі конвеєра в зоні приводного барабана.

Ролики роликоопор і барабани конвеєра встановлюються на підшипниках кочення, що забезпечує зниження втрат на тертя та підвищення ефективності роботи обладнання.

Приводна станція. Приводна станція стрічкового конвеєра (рис. 2.2) включає електродвигуни, редуктори та з’єднувальні муфти. Обертання приводного барабана здійснюється від електродвигунів через циліндричні редуктори. Передача крутного моменту відбувається за допомогою муфт, які одночасно можуть виконувати функцію гальмівного шківа для колодкових гальм.

Системи безпеки. Для забезпечення безпечної експлуатації конвеєра передбачено низку захисних пристроїв:

Важільні кінцеві вимикачі, встановлені з обох боків конвеєра, автоматично відключають привід у разі сходу стрічки або її обриву.

Аварійні вимикачі тросового типу, розташовані вздовж конвеєра (з інтервалом не більше 30 м), дозволяють оперативно зупинити обладнання з будь-якої точки.

Гальмівні пристрої, які встановлюються на похилих конвеєрах, запобігають самовільному руху навантаженої стрічки вниз у разі аварійного відключення електродвигуна.

Захист від пилу та шкідливих виділень. При транспортуванні запорошених матеріалів у закритих приміщеннях конвеєри оснащуються захисними кожухами та вентиляційними системами. Вони забезпечують видалення пилу та шкідливих випарів, покращують санітарно-гігієнічні умови праці та зменшують негативний вплив на навколишнє середовище.

2.4. Аналіз основних недоліків у роботі конвеєру.

З досвіду експлуатації стрічкових конвеєрів можливо відзначити наступні недоліки роботи конвеєра:

- Наліпання на барабани та ролики матеріалу та бруду, що спричиняє підвищення зношення стрічки;
- В наслідок нерівномірного зношення та наліпання бруду на барабани втрачається циліндрична форма барабану і підвищується можливість сходу стрічки;
- Прослизання між стрічкою і барабанами або роликами , зменьшення коєфіцієнту тертя;
- Зношення і корозія барабанів та роликів;

2.5. Пропозиції щодо модернізації

Для усунення вище перерахованих недоліків пропонується внести наступні зміни у конструкції:

1. Замінити металеві приводні барабани на набірні барабани виготовлені з полімерів;
2. Замінити металевий натягуючий барабан на набірний барабан виготовлений з полімерів;
3. Замінити металевий розвантажувальний барабан на набірний барабан виготовлений з полімерів.
4. Замінити металеві ролики на набірні виготовлені з полімерів.

.

РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕНА КОНСТРУКЦІЯ КОНВЕЄРУ

3.1. Опис модернізованої конструкції

Модернізований конвеєр відрізняється від базового конструкцією барабанів та роликів. Інша частина конструкція конвеєру залишається без змін.

Модернізований барабан (див рис 3.1) має збірну вісь, що складається з двох напіввісей 4-для натягуючого та розвантажувального барабанів та 4 і 6 – для приводних барабанів. На збірну вісь напресовано полімерні диски – по краях барабану кінцеві 1, а між ними середині полімерні диски 2. Барабан спирається на підшипникові опори 5 та 7.

При необхідності полімерні диски на барабані можна замінювати як окремі так і усі разом.

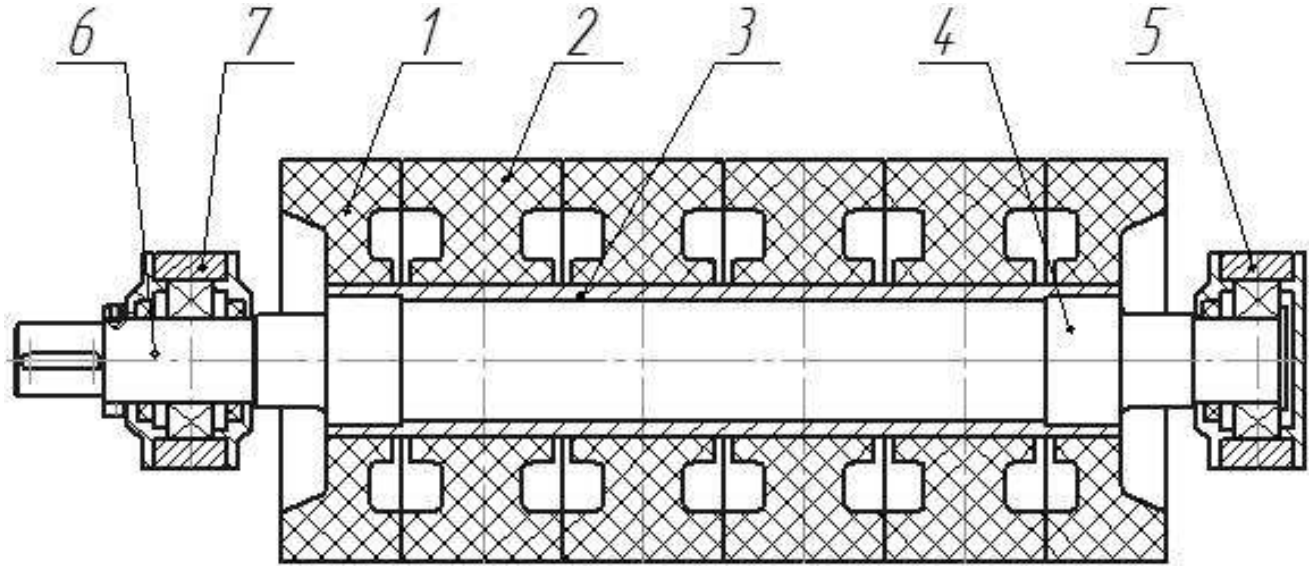
Удосконалена конструкція ролика наведена на рис 3.2. від базової моделі ролик відрізняється тим, що складається з полімерних дисків і має полімерні підшипники, які не потребують змащення.

Загальна будова ролика схожа на будову барабанів. Ролик має вісь 4. На вісі є лиски для того щоб вставлятися у кріплення роликової опори. На трубу 3 напресовано полімерні диски – по краях ролику кінцеві 1, а між ними середині полімерні диски 2. Ролик спирається на підшипникові опори 5.

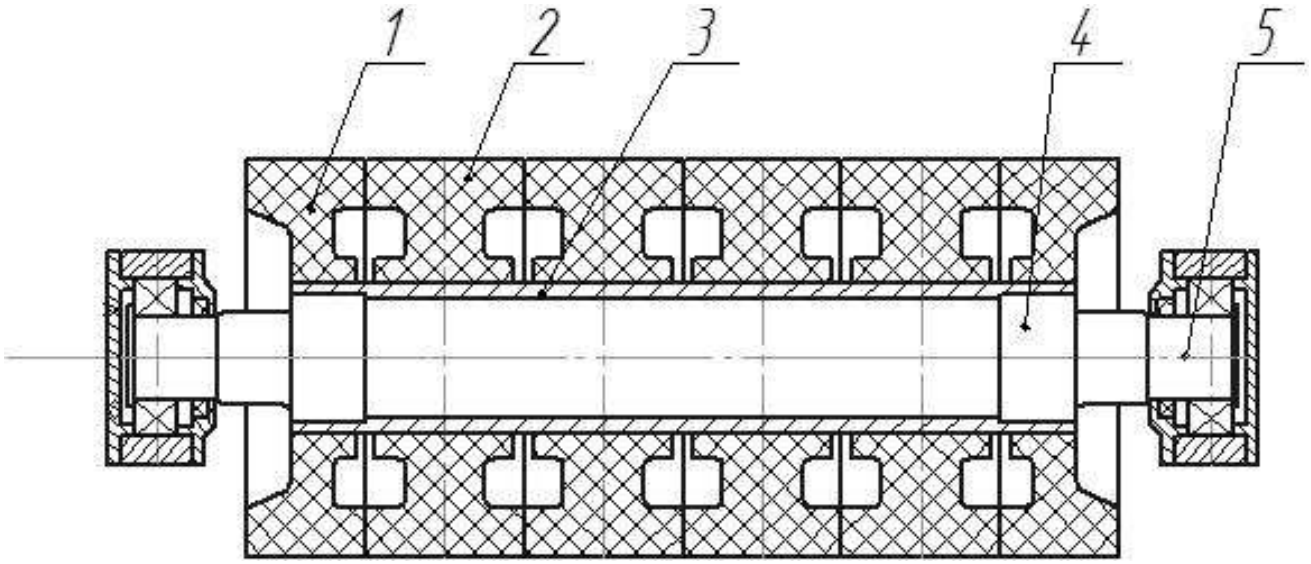
При необхідності полімерні диски та підшипники на роликах можна замінювати як окремі так і усі разом.

Розглянемо основні види полімерних матеріалів, що використовуються у промисловості.

Металлофторолластові підшипники. Основне застосування металлофторопластовых підшипників у вузлах сухого тертя. У вузлах тертя багатьох видів устаткування неприпустимо, незручно або украй небажане застосування мастила. Наприклад, підшипникові вузли роликоопор змащувати важко, оскільки довжина конвеєра може досягати 1-2 кілометрів і є велика кількість роликів як на вантажній так і на неодруженій гілці.



а



б

Рис 3.1 - Барабани виготовлені з полімерів: а – приводний барабан; б – натяжний та розвантажувальний барабани: 1 – кінцевий полімерний диск; 2 – середній полімерний диск; 3 – несуча труба; 4 – опірна напіввісь; 5 – глуха підшипникова опора; 6 – приводна напіввісь; 7 – наскрізна підшипникова опора.

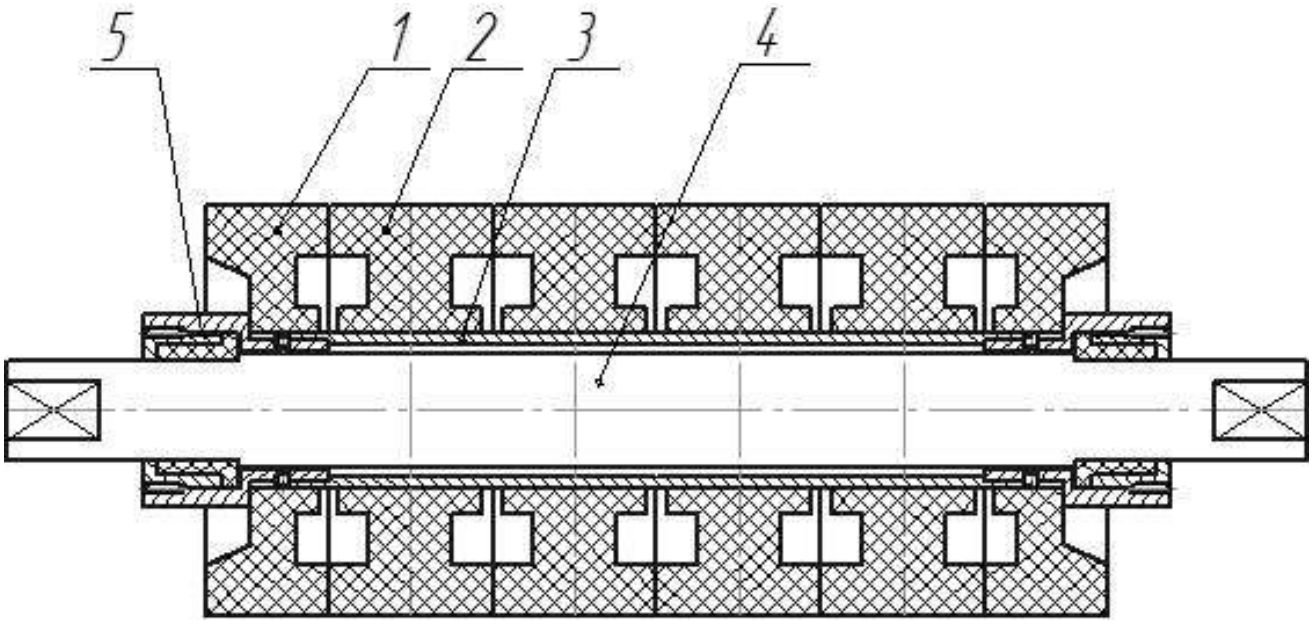


Рис. 3.2 - Удосконалена конструкція ролика: 1 – кінцевий полімерний диск; 2 – середній полімерний диск; 3 – несуча труба; 4 – опірна вісь; 5 – підшипникова опора.

Металлофторопластові матеріали, що працюють без подавання мастила, при невеликих швидкостях ковзання здатні витримувати значні питомі навантаження — до 350 МПа. Вони зберігають працездатність у широкому температурному діапазоні від –200 до +280 °С. При підвищенні температури понад +120 °С несуча здатність поступово зменшується, а при досягненні +280 °С становить приблизно половину від початкового значення.

За малих швидкостей ковзання (приблизно 0,05–0,1 м/с) і значних навантажень спостерігається мінімальний коефіцієнт тертя для даного матеріалу. У діапазоні питомих навантажень 0,1–10 МПа та швидкостей ковзання 0,2–5 м/с коефіцієнт тертя змінюється в межах 0,1–0,2, що відповідає рівню, характерному для звичайних підшипникових матеріалів при режимі граничного змащування.

Підвищення швидкості ковзання при збереженні температури збільшує коефіцієнт тертя. Залежно від режимів роботи коефіцієнт тертя підшипників в період нормальної роботи без мастила може бути в межах 0,04—0,23.

Найбільш раціональними і ефективними матеріалами є стрічкові. Основою їх є сталева стрічка, на яку нанесений тонкий пористий металевий шар антифрикційного сплаву, пори якого заповнюються фторопластом.

З металлофторопластовой стрічки (МФЛ) штампуванням і калібруванням виготовляють нероз'ємні, роз'ємні і відкриті підшипники. До нероз'ємних відносяться свертные втулки.

Металлофторопластова стрічка складається з трьох шарів:

1. основи у вигляді смуг із сталей 08кп, 10кп, покритих шаром червоної міді Ml або латунь Л90;
2. порошкового пористого шару з сферичних гранул бронзи, напечених на сталеву стрічку;
3. фторопластового шару з наповнювачем, що покриває тонкою плівкою гранули бронзи і що заповнює порожнечі пористого шару бронзи.

Робочий шар складається з суспензії фторопласту 4ДВ - 75 % і MoS2 - 25 % (об'ємні долі).

Запрессовка готових втулок в корпус з посадкою забезпечує фіксацію втулки і її пружну стійкість.

Відношення радіусу вигину до товщини матеріалу при згортанні втулок повинне бути не менше 6.

Згортання втулок антифрикційним шаром назовні не допускається із-за утворення розривів в зовнішньому бронзовому шарі.

При недостатній величині зазору і нагріві підшипника унаслідок тертя може вийти заклинювання (заїдання) валу; при надмірно великих зазорах зменшується площа зіткнення, унаслідок чого зростає фактичний тиск і прискорюють знос поверхневого шару фторопласту.

Дослідження працездатності підшипників з МФЛ підтвердили порівняно високу стабільність їх антифрикційних властивостей при підвищенні температури. Проте триваліші їх випробування приводили до зносу верхнього приработочного шару стрічки і оголення бронзи. З часом (особливо швидко при терті без мастила і великих навантаженнях) був помітний подальший знос стрічки. При введенні рідкого масла або пластичного змащувального матеріалу швидкість зношування матеріалу помітно зменшилася.

Термін служби підшипників залежить від їх габаритів, твердості і шорсткості робочої поверхні сталевого валу. Із зменшенням робочого діаметру і

збільшенням шорсткості валу більш Ra 0,32 мкм швидкість зношування підшипників помітно підвищувалася.

Вплив твердості сталевого валу на швидкість зношування менш помітно. Так, за інших однакових умов термін служби підшипників при терті по незагартованому валу всього на 14 % менше, ніж при терті по загартованому валу з HRC > 45.

Оскільки шар ПТФЕ (політетрафторетилен) на стрічці має незначну товщину, то теплопровідність цього комбінованого матеріалу близька теплопровідності металу стрічки. В процесі зношування теплопровідність стрічки змінювалася від 14,7 до 33,8 Вт/(м°С) при рекомендованому розрахунковому його значенні 28 Вт/(м°С). Такі високі значення теплопровідності стрічки зумовлюють (разом з низьким коефіцієнтом тертя) низьку температурну напруженість експлуатації цих підшипників.

Підшипники з МФЛ в основному застосовують у вузлах, де змазування неприпустимо або утруднено, що дозволяє спростити обслуговування і підвищити надійність експлуатації машин.

Стрічковий матеріал, де як антифрикційний шар використаний ПТФЕ (37 %) зі свинцем (50 %) і фенолформальдегідною смолою (13 %), випускають в Германії під маркою Спрелафлої (SF). Перевагою підшипників з цього матеріалу є можливість механічної обробки робочої поверхні. Стрічковий матеріал SFa, SFb, і SFc розрізняється товщиною антифрикційного шару. Випускають також втулки з композиційного матеріалу SFm, який не спекається із сталевою стрічкою і поступається стрічковому матеріалу по зносостійкості, допустимим навантаженням і температурі експлуатації.

Матеріал SF рекомендується застосовувати для підшипників, в яких змазування не може здійснюватися або виключається по технологічних міркуваннях, або коли унаслідок малої швидкості ковзання або руху валу, що гойдає, не може утворюватися змащувальна плівка. Ці матеріали найчастіше використовують для виготовлення вузлів рульового і педального управління автомобілями, текстильного, харчового і медичного устаткування, а також для

накладних тих, що направляють. Втулки з композиційного матеріалу рекомендується застосовувати в агресивних середовищах.

Працездатність стрічкового матюкала SF в тяжелонагруженных шарнірах при тиску 70 Мпа і швидкості ковзання 0,02 м/с: амплітуда коливань ±2° при частоті 1,9 Гц; коефіцієнт тертя стабільний і не перевищує 0,041, температура 27 °С. (Коефіцієнт тертя для МФЛ декілька вище — 0,05, температура — близько 35 °С) Після 60 000 подвійних ходів знос підшипників з SF склав всього 4 мкм.

Про доцільність використання матеріалу SF для підшипників свідчить їх багаторічна експлуатація у вузлах різних металоріжучих верстатів.

Підшипники з деревних пластиків. Підшипники ковзання з деревних шаруватих пластиків відрізняються хорошою зносостійкістю, що наближається до стійкості текстоліту і кольорових металів. Найбільшою зносостійкістю володіють торцеві поверхні деревного шаруватого пластика, найменшою — поверхні, паралельні клейовим шарам, що слід враховувати при конструюванні втулок і вкладишів підшипників. Знос шийок валів, що працюють в парі з вкладишами з деревного шаруватого пластика, менше, ніж при роботі з вкладишами з бронзи або антифрикційного чавуну.

Здатність деревних пластиків поглинати воду і розбухати є негативною властивістю; в той же час змочуваність матеріалу дозволяє застосовувати воду як змащуючу речовину.

Деревні пластики мають відносно невисокий модуль пружності, унаслідок чого підшипники надмірно пружинять. Для зменшення цього недоліку застосовують вкладиші невеликої товщини з щільним набором в касету. Інший недолік пластика — низька теплопровідність; тому потрібно приділяти велику увагу вибору мастила і способу її подачі, що впливає на інтенсивність відведення тепла.

При конструюванні підшипників з деревних шаруватих пластиків рекомендується дотримувати наступні умови.

Товщину стінок вкладиша приймати:

- близько 5 мм при діаметрі валу до 50 мм;
- 8 - 10 мм при діаметрі 60-100 мм;

– 10 - 12 мм при діаметрі більше 100 мм.

Для полегшення відведення тепла при великому питомому тиску і окружних швидкостях товщина вкладиша повинна бути невеликою, довжина — приблизно рівна його внутрішньому діаметру (менша довжина при мастилі маслом).

При визначенні зазору між валом і підшипником враховують теплове розширення валу і підшипника, шорсткість поверхні, умови мастила і охолоджування.

Якщо деревний пластик працює не по торцевій поверхні, беруть до уваги можливу зміну розмірів від розбухання вкладиша. Якщо ж він працює торцем до поверхні шийки валу, то при мастилі і малому навантаженні приймають посадку H9/fS, а при великому навантаженні посадку Hll/dlL

При діаметрі d шийки валу більше 25 мм Рекомендуються зазори 0,04 мм +0,0024 для малого навантаження і 0,04 мм + 0,0034 для великого навантаження.

Для вкладишів з деревних пластиків слід приймати великі зазори, чим Для металевих, щоб усунути затиск вал при тепловому розширенні. При роботі середньої інтенсивності для діаметру валу т 25 до 100 мм зазор слід приймати '10-0,15 мм, для інтенсивнішої роботи зазори збільшують.

Втулки рекомендується запресовувати в касети з натягом головним чином при мастилі маслом. При мастилі водою вкладиші розбухають, тому натяг допускається невеликою.

Зазвичай величину натягу під запрессовку втулок при мастилі маслом приймають 0,5-1,5 % від внутрішнього діаметру втулок.

Як мастило використовують рідкі мінеральні масла, воду, емульсії і пластичні мастила. Циркуляційне мастило машинним маслом застосовне при навантаженнях до 2 МПа і швидкості v до 4 м/с. Для подальшого підвищення навантажень p до 20 МПа і швидкості v до 7-10 м/с потрібно водяне мастило. За жорсткіших умов роботи підшипників рекомендується використовувати емульсії.

Текстолітові підшипники. Підшипники з текстоліту працюють при температурі не вище 80 °С. При мастилі водою вони допускають навантаження *p*

= 30 - 35 МПа, p = 20 - 25 МПа-м/с; при мастилі маслом допускають p =7,5 - 10 МПа, p = 20 + 25 МПа м/с.

Коефіцієнт тертя текстоліту: 0,07-0,08 при мастилі мінеральним маслом, 0,01-0,005 при мастилі водою.

Поліамідні підшипники. З поліаміду виготовляють втулки і вкладиші способом литва під тиском. Поліамідниє підшипники володіють малим коефіцієнтом тертя і стійкістю до стирання. Вони допускають навантаження p = 5 + 7 МПа, pv = 15 + 20 МПа м/с, робочу температуру не вище 100 °С; мастило мінеральним маслом.

Капронові підшипники. Капронові підшипники допускають навантаження p < 2,5 МПа, окружну швидкість v < 5 м/с і температуру нагріву t < 100 °С

Капронові підшипники змащують мінеральними маслами невеликої в'язкості. При мастилі водою вантажопідйомність підшипників зменшується. При p < 0,5 МПа і v < 1 м/с підшипники можуть працювати без мастила.

У капронових підшипниках унаслідок їх малої теплопровідності різкіше, ніж в металевих, позначається вплив швидкості ковзання на температуру і вантажопідйомність. Наприклад, при зменшенні швидкості з 1 до 0,4 м/с навантаження при роботі насухо можна збільшити на нетривалий час з 0,2 - 0,5 до 2,0 - 2,5 МПа.

Додаванням невеликої кількості (1 - 5 %) двосірчистого молібдену або колоїдного графіту збільшується антифрикційна властивість підшипників.

До недоліків капронових (як і інших пластмасових) підшипників відносяться розбухання у воді, мала теплопровідність, велика пружна деформація. Для зменшення цих недоліків застосовують металеві вкладиші, фанеровані тонким шаром капрону (а також і інших пластмас). Облицювання здійснюється вихровим розпилюванням. При зношуванні капроновий шар відновлюється повторним облицюванням. Недоліком плівкових капронових облицювань є оплавлення навіть при невеликому перегріві і старіння з подальшим руйнуванням.

Підшипники з пластифікованої деревини (лигностон). Виготовляються з пресованих брусків берези або буку з просоченням. Застосовують, наприклад, для

підшипників легких прокатних станів, транспортерів при невеликому навантаженні p< 10 МПа і v < 1 м/с.

Підшипники з углепластиков. Загальним для углепластиков є високий вміст порошкових вуглецевих наповнювачів і смол гарячого затвердіння. Високу зносостійкість углепластикам додає порошок нафтового коксу, що є основним наповнювачем.

Результати дослідження і експлуатації показали, що найбільш перспективна підшипники з углепластиков для роботи без мастила, в повітрі, запиленому цементом, вугільною і іншим пилом, в стічних водах промислових підприємств, в морській воді.]

Технологія виготовлення підшипником з углепластиков аналогічна технології виготовлення реактопластов. Підшипники з матеріалу АФ-ЗТ пресують при температурі 170 °С і тиску 80-150 Мпа, а з матеріалів АМС-1 і АМС-З - при 200 °Cj і 40—60 Мпа. Після пресування підшипники термообрабатывают для зняття внутрішньої напруги і виявлення дефектів (викривлень, здуття).

. Залежно від умов роботи підшипникового вузла вибирають марку матеріалу для полімерної втулки. При підборі матеріалу втулки необхідно враховувати вимоги по довговічності підшипникового вузла з урахуванням граничної величини зносу, втулки, умов роботи (наявність абразиву, вологи, характеру навантаження і т. д.).

Внутрішній діаметр втулок перевіряють після запрессовки їх послідовно в обидва гнізда калібру, виготовленого з одного боку по верхньому, а з іншого боку по нижньому граничному відхиленню Н8 для відповідного діаметру посадочного місця у виробі.

Діаметр d повинен задовольняти вимогам посадки Н7 і Н8 залежно від типу втулки.

Зовнішній діаметр втулок гарантується розмірами оснащення.

Товщину і структуру антифрикційного шару втулок перевіряють на мікрошліфах під мікроскопом із збільшенням в 30— 50 разів.

Термін служби втулок 3 року.

Внутрішній діаметр посадочного місця у виробі виконують по Н7 з параметром шорсткості поверхні Ra = 0,63 мкм.

Відхилення від співісної отвору А щодо отвору Б - не більше 0,03 мм

Запрессовку втулок виконують за допомогою запрессовочных пуансонів із заплечиками для упору в торець або буртик втулки. Діаметр запрессовочных пуансонів виконують по посадці f7, а параметри шорсткості робочої поверхні в межах Ra 0,63 і Ra 0,32 мкм. Перед додатком зусилля для запрессовки втулки необхідно встановити щодо отвору у виробі так, щоб виключити можливість руху втулки з перекосом.

Для втулок, що працюють при підвищених температурах, передбачити кріплення у виробі, що запобігає від осьового зсуву і провертання (завальцовка, керніння, посадка на клею і ін.).

Після установки втулок у виріб внутрішній діаметр їх повинен відповідати призначеному типу втулки» його необхідно перевіряти гладким калібром.

Покриття валу — гладке хромування з параметрами шорсткості поверхні Ra 0,63 мкм для втулок, виготовлених по Н8, і Ra 0,32 мкм — для втулок, виготовлених по Н7. Допускаються інші види покриттів, які забезпечують надійний захист валу від корозії і не збільшують шорсткості поверхні.

Перед монтажем втулки, вали, осі ретельно промивають до повного видалення з їх поверхні консервуючого мастила, пил і досуха протирають паперовими або М'якими матерчатими серветками. Застосування для протирання забруднена абразивними частинками дрантя або грубих тканин не допускається. Не допускається застосування для очищення від грязі металевих щіток, йоржів.

Промиті і досуха протерті робочі поверхні валів, осей і втулок змащують рівним шаром консистентного мастила типу ЦИАТІМ-201. Надалі при роботі мастило не потрібне. Мастило вузлів тертя, що працюють при підвищених температурах (від +100 до +260 °С), при установці не проводиться.

Обертання валів, осей і інших деталей у втулках повинно бути легеням, без заїдань.

Навантаження, що рекомендуються, на втулки і долговечность* довговічність втулок, що Рекомендується, по кількості циклів при возвратно-

врашательном русі валу з кутом відхилення ±30°, змінному циклічному навантаженню від нуля до максимальної і робочої температури в межах ±60 °С повинна відповідати вказаною в табл. 29. Швидкість ковзання не боржку перевищувати 0,01 м/с.

При підвищенні температури до 260 °С навантаження відповідно повинні знижуватися в 2 рази.

Втулки, що працюють при навантаженнях не вище 50 Мпа, слід застосовувати з урахуванням значень pvy, що Допускаються, приведених в табл. 30. Робоча температура при цьому Повинна бути від —60 до +60 °С.

З підвищенням температури більш +60 °С допустимі навантаження і значення pv повинні плавно знижуватися.

Осьове навантаження на буртик втулок повинне бути не більше половини радіального навантаження, що рекомендується, на втулку і повинна розраховуватися на площу поверхні буртика без закруглень радіусів.

У втулок із знятим приробленим шаром після установки у виріб допускається для виправлення форми отвору (завищена овальність, конусність і ін.) калібрування простяганням разглаживаю-щих протяжок з натягом, що не перевищує 0,06 мм. При цьому протяжка і втулка повинні бути змащені мастилом ЦИАТІМ-201 або іншим консистентним мастилом.

Коефіцієнти тертя за відсутності мастила у міру зносу антифрикційного шару можуть збільшуватися:

- кінетичний — від 0,07 спочатку до 0,2 до кінця роботи;
- статичний - 0,10 спочатку до 0,22 до кінця роботи.

Для підвищення довговічності рекомендується виготовлення втулок з повністю знятим приработочным шаром на металлофторопластовой стрічці і зміцнення поверхні антифрикційного шару розгладжуючими протяжками з натягом, що не перевищує 0,1 мм.

Аналіз існуючих конструкцій полімерних підшипників ковзання показав, що найбільшого поширення набув підшипник, в якому виготовлена методом литва під тиском циліндрова втулка запресована з певним натягом в металеву

деталь або проміжну обойму. Така конструкції перевірена у виробничих умовах зручна при монтажі, експлуатації і ремонті.

Змащувальні канавки і отвори виконуються по розсуду конструктора. У підшипнику з АТМ-2 виконання змащувальних канавок і отворів недоцільно. Конструкцією передбачена запрессовка робочої термопластичної втулки в сталеву обойму. Якщо це конструктивно доцільно і технологічно здійснимо, слід запресувати втулку безпосередньо в деталь, в якій підшипник експлуатуватиметься.

Недоліками підшипників з углепластиков є крихкість, що може привести до їх розтріскування і сколювання. Унаслідок відхилення від співісної валу навантаження по ширині підшипника розподілене нерівномірно. Тому максимальна напруга в циліндрових підшипниках ковзання виникає у країв втулки.

Таблиця 3.1 - Рекомендовані полімерні матеріали

p МПа, не більше	v, м/с, не більше	p v МПам/с, не більше	Змащення	Материал
5,0	0,3	0,25	Без змащення	Термопласти: поліамідна смола, полікапролактам, капрон вторинний
5,0	5,0	20	Періодичне	
5,0	0,7	0,80	Без змащення	Композиції на основі термопластів з додаванням 5—10% антифрикційних наповнювачів (графіт сріблястий, дисульфід молібдену, тальк)
5,0	0,7	0,80	Періодичне	
7,5	10	20		Реактопласти: фенопласти, волокніти, текстолит, древесні пластики
7,5	10	25		Реактопласти, наповнені графітом

Підвищити здатність навантаження підшипників з углепластиков і збільшити міцність можна скругленням їх кромок. Необхідні зазори і натяг забезпечуються без механічної обробки.

Зовнішній діаметр підшипника визначається товщиною стінки втулки, а радіус скруглення приймають залежно від внутрішнього діаметру втулки.

Зовнішній діаметр втулки відповідає розмірному ряду шарикопідшипників легкої серії 2 ГОСТ 8338-75.

3.2. Розрахунки щодо модернізації

3.2.1. Початкові дані для розрахунку

Тип конвеєра стаціонарний, стрічковий;

Довжина конвеєра L = 116 м;

Продуктивність Q = 150, т/год; Qmax = 200, т/год;

Матеріал, що транспортується руда (кусковатість до 50 мм);

Щільність матеріалу, що транспортується $\rho \frac{кг}{м^3}$ = 1,5;

Швидкість руху стрічки v = 1,5, м/с;

Число годин роботи конвеєра в добу, годину 21;

Температурні межі того, що транспортується

матеріалу, градус +15 +16°С;

Кут нахилу конвеєра y = 10°

Довжина похилої частини UH = 2390, мм;

Кут природного укосу φ = 30°;

Середнє значення коефіцієнта тертя

в стані спокою f0 = 0,6.

Вибираємо необхідну ширину стрічки, що працюють в даних умовах.

$$B_{Л} = \sqrt{\frac{Q}{160 \times u \times \left[3.6 \times k_b \times tg\left(j \times 0.35\right)\right] + 1}} =$$

$$= \sqrt{\frac{600}{160 \times 1.66 \times 0.5\left[3.6 \times 0.95 \times tg\left(30 \times 0.35\right)\right] + 1}} = 0.923м, \quad (3.1)$$

де k_β = 0,95 – коефіцієнт, що враховує можливий розсип матеріалу із стрічки [22].

Вибираємо гумовотканинну стрічку з бельтинга В = 1000 мм із запасом міцності kР.П. = 9.5, число прокладок z = 5 10 відповідно до ГОСТ 20-62 [22].

Стрічки вибирають каталогом заводів залежно від навантаження, що допускається, на 1 м, ширину однієї прокладки, якості бавовняної тканини і числа прокладок стрічки.

При експлуатації стрічок необхідно стежити за з'єднанням «кінців». Надійним способом з'єднання є клейову з'єднання з подальшою вулканізацією.

Від якості і типу з'єднання кінців стрічки залежить межа міцності на розрив, коефіцієнт якого складає kСТ = 9 9.85 [22].

За типом тканини, використовуваної для прокладок стрічки, що транспортується, визначаємо номінальну міцність. Розрахунок номінальної міцності [22]

$$T_{MAX} = B[k]Z = 1.0 \times 100 \times 10^3 \times 7 = 7 \times 10^5 H, \qquad (3.2)$$

де В = 1.0 м – ширина стрічки; к = 100•103 Н/м – коефіцієнт міцності тканини, однієї прокладки. Для вибраного типу: матеріал – бельтинг – Б-680, ГОСТ 20-62 [22]; z – кількість прокладок стрічки.

Робота машини безперервного транспорту залежить від властивостей переміщуваних вантажів: кусковатості, кута природного укосу, коефіцієнта тертя по різних поверхнях і насипної маси.

Важливе значення для роботи машини мають також наступні властивості матеріалів: злежуваність, від якої залежить їх рухливість; крихкість – обумовлює подрібнення матеріалів при перевантаженнях і падіннях з великої висоти; абразивність і гострокромочність, яка приводить до швидкого зносу стрічки і інших елементів машини і клейкість, що вимагає примусового розвантаження матеріалу.

Вибір типу і конструкції транспортуючих пристроїв визначається як характеристикою матеріалу, що транспортується, так і місцевими умовами і можливостями, а також економічною доцільністю.

Головним визначником якості транспортуючої машини є її продуктивність, вимірювана кількістю вантажу переміщеного за 1 годину

Розраховуємо годинну продуктивність у разі переміщення матеріалу безперервним шаром, який має поперечний перетин. Розрахунок годинної продуктивності [18]

$$Q = 3600 \cdot F \cdot v \cdot \rho = 3600 \cdot 0.09 \cdot 1.66 \cdot 1.5 = 806.76 т / год, \quad (3.3)$$

де F – поперечний перетин матеріалу.

Розрахунок поперечного перетину матеріалу [18]

$$F = F_1 + F_2 = 0,045 + 0,045 = 0,09 м^2; \quad (3.4)$$

де F1 – площа перетину матеріалу на горизонтальній ділянці. Розрахунок пощади поперечного перетину матеріалу [18]

$$F_1 = \frac{b \cdot h}{2} C = 0.045 B \cdot C, \quad (3.5)$$

$$F_1 = 0.045 \cdot 1.0^2 \cdot 1 \ ,$$

де С– поправочний коефіцієнт, залежний від кута нахилу транспортера при в = 0 10° С = 1[18]; F2 – площа перетину частини жолоба.

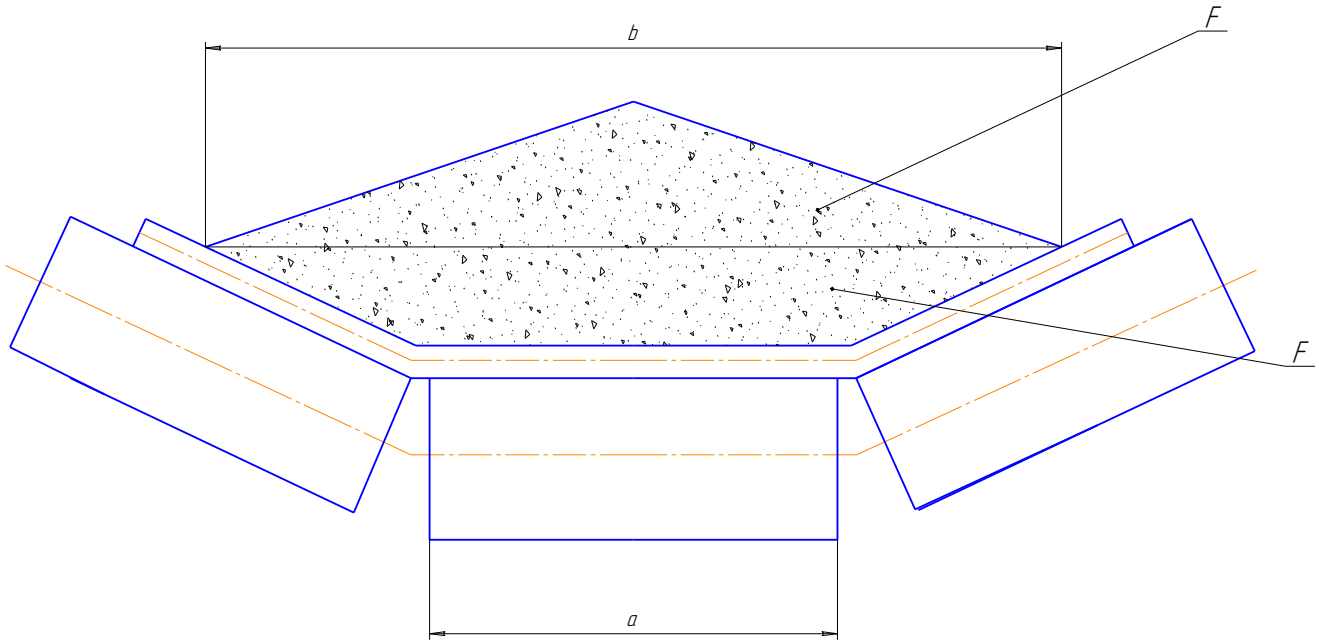


Рис.3.3 - Схема розрахунку площі поперечного перетину.

Розрахунок площі перетину стрічки жолоба [18]

$$F_2 = \frac{b + a}{2} h = 0.045 B^2 \ , \quad (3.6)$$

$$F_2 = 0.045 \cdot 1^2 = 0.045 м^2.$$

Граничне допустиме значення продуктивності конвеєра складає 806,76 т/год.

Робочий час транспортера 21 година в добу відповідно продуктивність матиме наступні значення. Розрахунок продуктивності [18]

$$Q_C = 21 \cdot Q = 21 \cdot 806,67 = 16941,96 т / добу. \quad (3.7)$$

Визначаємо попереднє тягове зусилля. Розрахунок попереднього тягового зусилля [18]

$$F_H = \frac{P}{v} = \frac{22.81 \cdot 10^3}{1.66} = 13742 H, \quad (3.8)$$

де P – попередня потужність приводу. Розрахунок попередньої потужності приводу [2]

$$P = \left(0.00015 \cdot Q \cdot L + k_1 L_V + 0.0027 \cdot Q \cdot H\right) \cdot k_2 =$$
$$= \left(0.00015 \cdot 600 \cdot 116 + 0.03 \cdot 116 \cdot 1.66 + 0.0027 \cdot 600 \cdot 4.2\right) \cdot 1 = 22.81, \quad (3.9)$$

де L = 116 м – довжина транспортера; H = 4.2 м – висота підйому стрічки; k_1 = 0,03 – коефіцієнт залежний від довжини стрічки [2]; k_2 = 1,0 – коефіцієнт залежний від ширини стрічки [2].

Для поліпшення зачеплення з поверхнею приводного барабана його футерують гумовою стрічкою φ = 0,4; кут обхвату барабана стрічкою складає α = π.

Визначаємо максимальне натягнення стрічки. Розрахунок максимального натягнення стрічки [2]

$$F_{\max} = \frac{F_H \cdot \exp\left(\alpha\varphi\right)}{\exp\left(\alpha\varphi\right)}, \quad (3.10)$$

$$F_{\max} = \pi \cdot 0.4 = \frac{13742 \cdot \exp^{\pi \cdot 0.4}}{\exp^{\pi \cdot 0.4} - 1} = 19313.47 H,$$

де: $\exp^{\pi.0,4}$ – коефіцієнт, що характеризує тягову здатність приводного барабана [2].

Уточнимо число прокладок в стрічці [7] .

$$Z = \frac{F_{MAX} \cdot k_{PЛ}}{B \cdot \sigma_{CЖ}} = \frac{19313.47 \cdot 9.5}{1000 \cdot 61} = 4.5, \qquad (3.11)$$

де $k_{РЛ}$ = 9,5 – коефіцієнт запасу міцності [7]; $\sigma_{СЖ}$ – межа міцності гумовотканинної стрічки.

Приймаємо z = 7: товщина гумових прокладок на робочій стороні ∂_1 = 3 мм, на неробочій ∂_2 = 1 мм, товщина текстильної прокладки ∂ = 1,25.

Визначаємо лінійну щільність стрічки. Розрахунок лінійної щільності стрічки [7]

$$\rho = 1.1 \cdot B\left(\delta \cdot z + \delta_1 + \delta_2\right) = 1.1 \cdot 1000\left(1.25 \cdot 7 + 3 + 1\right) = 14025 кг / м, \quad (3.12)$$

Середня стрічкова щільність вантажу, що транспортується. Розрахунок стрічкової щільності вантажу, що транспортується [7]

$$\rho_{ГР} = \frac{Q}{3.6 \cdot v} = \frac{600}{3.6 \cdot 1.66} = 100.4 кг, \qquad (3.13)$$

При ширині стрічки В = 1000 мм зовнішній діаметр ролика dР = 159 мм і коефіцієнт опору kЛС = 0,022 для конвеєрів завдовжки більше 100 м [7]

Визначуваний крок установки роликів від щільності вантажу. Розрахунок кроку установки роликів [2]

$$\ell_{РР} = A - 0.625 \cdot B = 1.5 - 0.625 \cdot 1.0 = 0.875 м, \; , \qquad (3.14)$$

де А – коефіцієнт залежності роликоопор від щільності вантажу [2] $A = 1.1 - 1.5 м.$

Маса роликів робочої гілки

$$m_{РР} = 10 \cdot B_Л + 7 = 10 \cdot 923 + 7 = 16.23 кг, \qquad (3.15)$$

де 10 – коефіцієнт залежності від матеріалу ролика і його діаметру, кг/м; 7 – додаткова вага для робочої гілки, кг

Розрахунок кроку роликів на порожній гілці стрічки [18].

$$\ell_X = 2\ell_Р = 2 \cdot 875 = 1750 мм, \qquad (3.16)$$

Маса роликів холостої гілки транспортера. Розрахунок маси роликів порожній гілці [18]

$$m_X = 10 \cdot B_Л + 3 = 10 \cdot 923 + 3 = 12.23кг, \qquad (3.17)$$

де 10 – коефіцієнт, залежний від матеріалу ролика і діаметру [18]; 3 – додаткова вага для роликів порожній гілці.

Стрічкова маса одного погонного метра роликів порожній гілці. Розрахунок стрічкової маси одного погонного метра роликів порожній гілці [18]

$$\rho_{XP} = \frac{m_X}{\ell_X} = \frac{12.23}{1.75} = 6.98кг / м, \qquad (3.18)$$

Стрічкова маса одного погонного метра роликів несучої гілки транспортера. Розрахунок стрічкової маси одного погонного метра роликів несучої гілки [18]

$$\rho_{PP} = \frac{m_{PP}}{\ell_P} = \frac{16.23}{0.875} = 18.54кг / м, \qquad (3.19)$$

3.2.2. Визначаємо розміри барабанів

Приводний, натяжний і відхиляючий барабани призначені для передачі тягового зусилля стрічці та забезпечення необхідного напрямку її руху. Їх підбір виконують насамперед з урахуванням матеріалу стрічки, при цьому важливо враховувати, що зі збільшенням діаметра барабана зменшується напруження вигину стрічки, що позитивно впливає на її довговічність.

У процесі експлуатації стрічкових конвеєрів встановлено, що основною причиною виходу з ладу гумотканинних стрічок є їх розшарування, яке виникає внаслідок багаторазових циклів згинання під час проходження через барабани. Найбільші значення натягу стрічка має на приводному барабані, тому для зменшення згинальних напружень його діаметр, як правило, приймають максимальним серед елементів приводу.

Діаметр приводного барабана. Розрахунок діаметру приводного барабана [2]

$$Д_{П.Б} = z \times kz = 6 \cdot 80 = 480мм, \qquad (3.20)$$

де k_Z = 80 – коефіцієнт залежності міцності прокладки при |д| = 61Н/м [2].

По ГОСТ 22644-77 приймаємо Дн.Б = 500 мм.

Довжина приводного барабана [2]

$$B_{Lб} = B + 100 = 1000 + 100 = 1100 мм \ . \qquad (3.21)$$

Діаметр натяжного барабана [2]

$$Д_H = \frac{2}{3} Д_б = \frac{2}{3} 600 = 400 мм, \qquad (3.22)$$

Визначаємо швидкість руху стрічки по характеру переміщуваного вантажу. Швидкість стрічки обмежується щоб уникнути здування частинок вантажу з полотна, крихкості матеріалів, крошение, якого може викликати зниження якості сировини. Відповідно цих критеріїв і вибраної ширини стрічки В = 1000 мм швидкість, що рекомендується, при транспортуванні шихти кусковатістю не більше 50 мм складає 1,66 м/с.

3.2.3 Тяговий розрахунок конвеєра

Завданням тягового розрахунку конвеєра є визначення опору руху стрічки на всій трасі конвеєра. Опори на ділянках траси стрічкового конвеєра розділяють на опори, розподілені по довжині ділянки і опору зосереджені в певних пунктах траси на барабанах в місцях вантаження і розвантаження, на очисних пристроях.

Опір руху стрічки на роликоопорах на горизонтальній ділянці конвеєра визначається шляхом розкладання навантаження для порожній гілці. Розрахунок опору руху стрічки на роликоопорах [2]

$$G_X = q_0 \cdot q \cdot t 100 \cdot 9.8 \cdot 1.7 = 1715 H, \qquad (3.23)$$

для робочої гілки [2]

$$G_P = \left(q + q_0\right) g \cdot t = \left(100 + 104.16\right) 9.8 \cdot 0.875 = 1750 H, \qquad (3.24)$$

де q – маса вантажу що доводиться на 1 метр довжини [18]

$$q = \frac{Q}{3.6} \cdot v = \frac{600}{3,6} \cdot 1,66 = 104,16 кг / м, \qquad (3.25)$$

де q_0 = 100 кг/м – розподілена маса стрічки [18]

Наближена значення маси гумовотканинної стрічки по ГОСТ 20-76.

Крім того, на опору ролика діє вага частин ролика GP, що обертаються. Тоді на кожен ролик діє загальне навантаження [2]

$$G_{iP} = G_{Л} \cdot G_{P} = 1715 \cdot 12.23 = 20974H, \qquad (3.26)$$

$$G_{PP} = 1750 \times 16.23 = 28402.5H.$$

Зусилля опору групи роликів на горизонтальній робочій ділянці конвеєра [2]

$$F_{P} = \left[\sum G_{P} + \left(q + q_{0}\right) \cdot q \cdot \ell \cdot C\right] = \\ = \left[1715 + \left(104 + 100\right) \cdot 9.8 \cdot 92.05\right] \cdot 0.0022 = 442.58H, \qquad (3.27)$$

на порожній гілці [2]

$$F_{X} = \left[\sum G_{P} + \left(q_{0} \cdot q_{\ell}\right)\right] \cdot C = \\ = \left[643 + \left(100 \cdot 9.8 \cdot 92.05\right)\right] \cdot 0.0022 = 212.6H, \qquad (3.28)$$

де G_{gp} – загальна вага, частин роликоопор, що обертаються [2]

$$\sum G_{P} = m_{1} \cdot \ell_{P} = 106 \cdot 16.23 = 1715; \qquad (3.29)$$

$$\sum G_{X} = m_{2} \times \ell_{X} = 53 \times 12.23 = 6433, \qquad (3.30)$$

де m_1, m_2 – кількість роликів на ділянках гілок.

Опір руху стрічки по роликоопорам на нахилом ділянці конвеєра.

На нахилом ділянці конвеєра зусилля що діють на ролик, залежать від кута нахилу. На конвеєрі з довжиною стрічки U і висотою підйому H загальне навантаження ділянки стрічки з вантажем [2]

$$\sum G_{H} = \left(q + q_{0}\right) q\ell = \left(100 + 104\right) \cdot 9.8 \cdot 24.31 = 48600H, \qquad (3.31)$$

де U - довжина похилої ділянки [2]

$$\ell_{0} = \sqrt{\ell_{H}^{2}} + H^{2} = \sqrt{23.95^{2} + 4.22^{2}} = 24.31м \qquad (3.32)$$

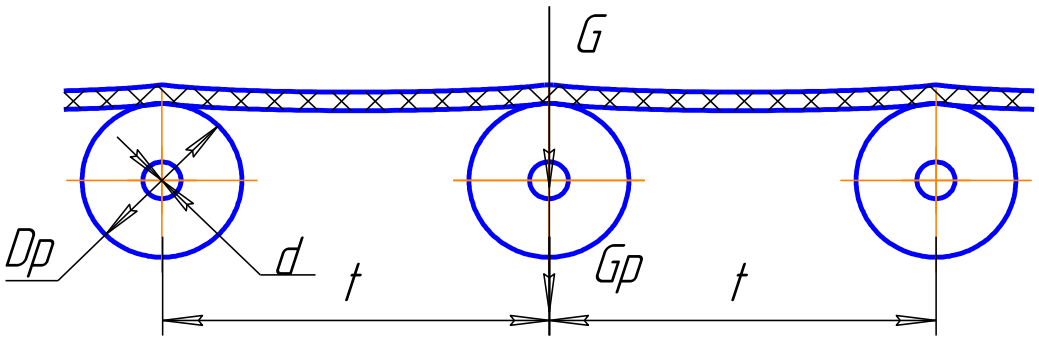


Рис.3.4 - Схема опору роликів на горизонтальній ділянці.

На ролики діє тільки одна сила навантаження, що становить [2]

$$\sum G_P{}' = \sum G\sin\varphi = \left(q+q_0\right)\times q\ell_0\times\sin\varphi =$$

$$= \left(100+104\right)\cdot 9.8\cdot 24.31\cdot\sin 10^\circ = 47862.2H \qquad (3.33)$$

Інше навантаження, що становить, сприймається напрямом стрічки [2]

$$\sum G_P{}'' = \sum G\cos\varphi = \left(q+q_0\right)\times q\ell_0\times\cos\varphi =$$

$$= \left(100+104\right)\cdot 9.8\cdot 24.31\cdot\cos 10^\circ = 8439.39H. \qquad (3.34)$$

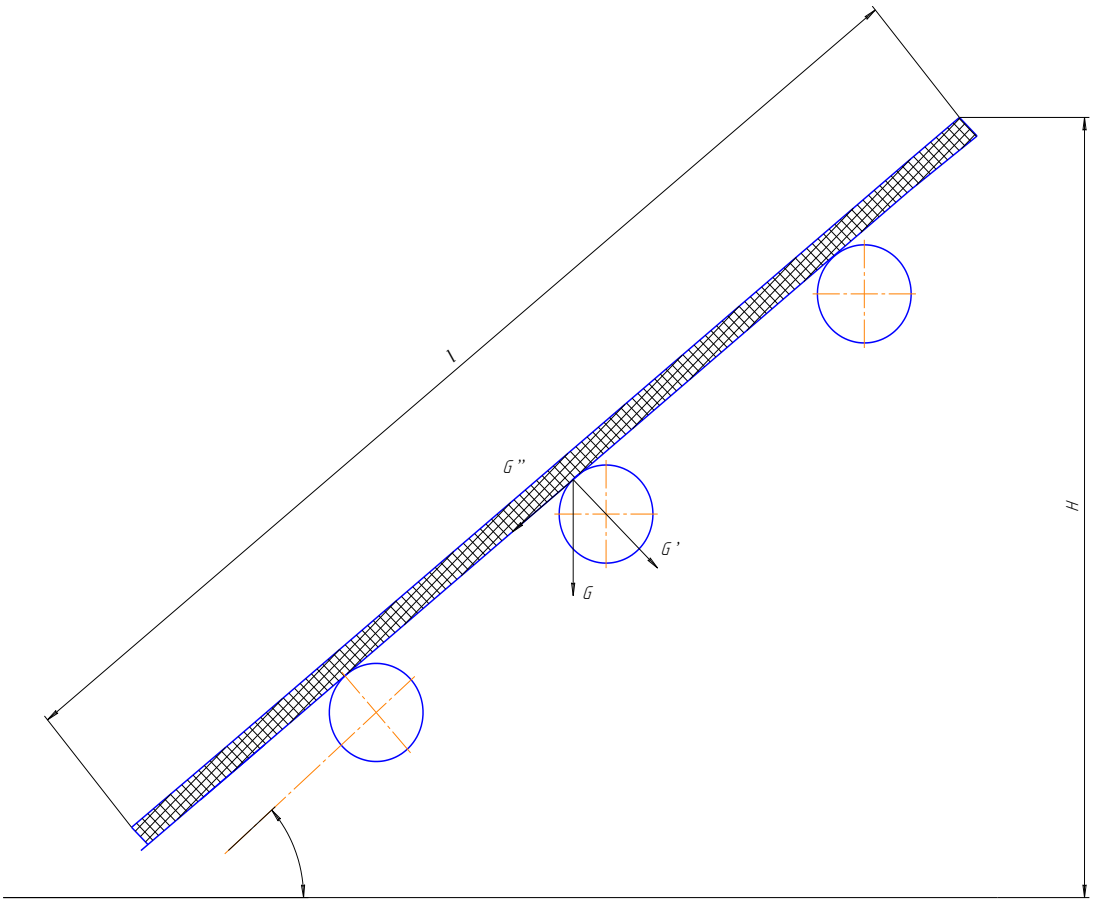


Рис.3.5 - Схема опору роликів на похилій ділянці.

Таким чином, незалежно від роботи на горизонтальній ділянці або похилій ділянці конвеєра при визначенні навантаження на них необхідно розподілене навантаження помножити на довжину горизонтальної поверхні.

3.2.4. Визначаємо опір на барабан

Складається з опору в опорах барабана і жорсткості стрічки. При натягненні стрічки на барабан T_1 і T_2 і ваги барабана $G_д$. Тоді опору від сили тертя в опорах барабана [2]

$$F\delta = \frac{R \cdot f \cdot d_0}{Д_Б} = \frac{8150 \cdot 0.1 \cdot 0.9}{0.6} = 135H, \quad (3.35)$$

де d_0 – діаметр цапфи осі барабана [2]

$$d_0 = Д_Б \cdot 0{,}15 = 0{,}6 \cdot 0{,}15 = 0{,}9м, \quad (3.36)$$

де f = 0.1 – коефіцієнт тертя кочення опорах барабана [2]; R = 8150 Н сила опору опор барабана.

Опір жорсткості стрічки ГЖЛ залежить від натягнення, швидкості, физико-механических властивостей, розміру стрічки, барабана, кута обхвату [2]

$$F_{ЖЛ} = k_a \times B \times Z = 20 \cdot 1.0 \cdot 7 = 140H, \quad (3.37)$$

де $к_б$ = 20Н - коефіцієнт, залежний від барабана[2].

3.2.5. Опір в пункті завантаження конвеєра

При завантаженні виникають додаткові опори руху стрічки, що обумовлюються динамічними діями завантажуваного вантажу, а також тертям вантажу об стінки завантажувальної воронки.

Загальний опір в пункті завантаження в повзунах натяжної станції [2]

$$F_{ЗАЧЕР.Н} = \varphi_T \frac{Q}{3.6}(V_2 - V_1) = 1.3 \cdot \frac{600}{3.6} \cdot (1.84 - 1.54) = 217.05H, \quad (3.38)$$

де φ_T = 1.3 – коефіцієнт, що враховує тертя вантажу об борти [2].; v_1, v_2 – швидкість до і після швидкості завантаження стрічки, м/с

$$v_1 = \frac{v}{1.05}; \qquad (3.39)$$

$$v_2 = \frac{v}{0.9}; \qquad (3.40)$$

Визначаємо натягнення стрічки машини конвеєра методом обходу по точках, розбиваючи його на декілька частин згідно виконаної схеми.

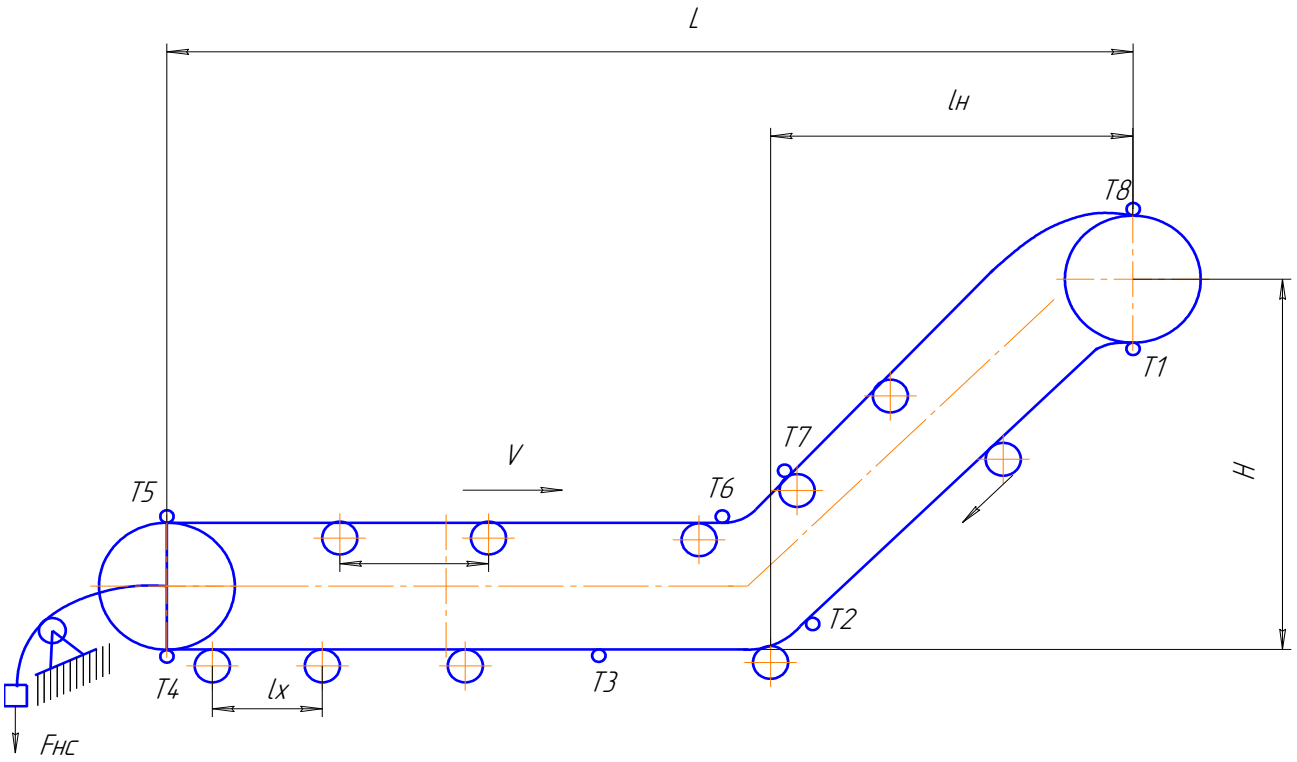


Рис.3.6. Схема розташування конвеєра по точках для визначення напружень.

Повний опір в конвеєрі і напруга тягового органу в різних точках по контуру можна визначити методом обходу точок по контуру. Для цього всю трасу конвеєра розбивають на окремі ділянки і проводять послідовне визначення натяжного тягового органу, переходячи від точки до точки. При цьому враховують, що попередній по його ходу точці контура траси, рівно натягненню в попередній точці і сумі опорів на ділянці між даними точками.

Обхід по контуру починають з гілки що огинає з приводного барабана. Позначимо натягнення огинаючої гілки через Тщ ~ Fmax = 13742 Н, тоді Т1, по іншу сторону відхиляючого барабана перевищуватиме ТСБ на опір тертю в опорах барабана і опір жорсткості тягового органу [2]

$$T_1 = T_{СБ} + F_б = 13742 + 135 = 13877H \qquad (3.41)$$

Натягнення Т2 залежить від натягнення стрічки, від опору групи роликів на похилій ділянці неодруженої гілки конвеєра довжиною UH і зменшується на складову ваги стрічки [2]

$$T_2 = T_1 + F_X - qgh = 13877 + 212.6 - 104 \cdot 9.8 \cdot 4.2H \qquad (3.42)$$

Натягнення Т3 в буде більше Т2 на значень опорів відхиляючого барабана [2].

$$T_3 = 9598.48 + 135 = 9733.48H.$$

Натягнення Т4, більше Т3 на значення опору групи роликів на горизонтальній частині неодруженої гілки [2]

$$T_4 = T_3 + F_X = 9733.48 + 212.6 = 9946.08H. \qquad (3.43)$$

Натягнення в точці Т5 після натяжного барабана [2]

$$T_5 = T_4 + F_v = 9546.08 + 135 = 10081.08H \qquad (3.44)$$

Натягнення Т6 в пункті завантаження конвеєра більше Т5 на значення опору FЗАГР з урахуванням натягнення завантажувальної станції [2]

$$\begin{aligned} F_{ЗАГР} &= (2,7 \div 3,6) qgB - F_{ЗАГР.Н} = \\ &= 3.2 \cdot 100 \cdot 9.8 \cdot 1.0 - 217.05 = 2918.95H; \end{aligned} \qquad (3.45)$$

$$T_6 = T_5 + F_{ЗАГ} = 10081.08 + 2918.95 = 12999.95H. \qquad (3.46)$$

Натягнення Т7 більше натягнення Т6 на опір FP групи роликів на горизонтальній ділянці [2]

$$T_7 = T_6 + F_P = 13161.08 + 442.58 = 13442.53H. \qquad (3.47)$$

Натягнення Т8 більше Т7 на опір FP групи роликів на похилій ділянці робочої вітки, а також складовій ваги стрічки і вантажу при різниці висот [2]

$$T_8 = T_7 + F_P + (q + q_0)gh = \\ = 13603.66 + 442.58 + (100 + 104.6) \cdot 9.8 \cdot 4.2 = 21281.75H. \quad (3.48)$$

Знайдене натягнення стрічки є найбільшим в точці Т8 яку використовуємо для вибору необхідної потужності приводного пристрою на валу барабана [2]

$$P_{ПР} = \frac{T_{НОМ.} \cdot v}{1000} = \frac{21281.75 \cdot 1.66}{1000} = 35.32кВт, \quad (3.49)$$

де $T_{НОМ.}$ = Т8 – найбільше значення расчитаних опорів.

Необхідна потужність електродвигуна приводу. Розрахунок необхідної потужності електродвигуна [2]

$$N_{ДВ} = \frac{T_{НОМ} \cdot v}{1000 \cdot \eta} \cdot k_{ПОТЕРЬ} = \frac{212.81 \cdot 1.66}{1000 \cdot .09} \cdot 1.02 = 39.05кВт, \quad (3.50)$$

де к = 1.02 коефіцієнт втрат [2]; з = 0.9 – ККД механізму [7].

Приймаємо електродвигун типу 4А250S8У3 потужністю 40 кВт з частотою обертання 945 об/хв.

Тоді передавальний момент електродвигуна складає[2]:

$$T_{ДВ} = \frac{N_{ДВ}}{\omega} = \frac{40 \cdot 10^3}{98.48} = 406H \cdot м, \quad (3.51)$$

де $\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$ - кутова швидкість на валу електродвигуна [2](3.52)

$$\omega = \frac{\pi \times 945}{30} = 98.48 рад/сек.$$

Момент, що обертає, на валу приводного барабана [2]

$$T_Б = T_{ДВ} \cdot i = 406 \cdot 17.88 = 72.38H \cdot м, \quad (3.53)$$

де *i* – передавальне число приводу [2]

$$i = \frac{n_{ДВ}}{n_Б} = \frac{945}{52,83} = 17.88, \quad (3.54)$$

де $n_Б$ – необхідна частота обертання барабана [2]

$$n_Б = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot Д_Б} = \frac{60 \cdot 1.66}{\pi \cdot 0,6} = 52.83, \quad (3.55)$$

Згідно певного передавального числа 17,88 підбираємо редуктор Цд2-60б-2 із загальним передавальним числом U = 17,8 z1=36; z2=124 з модулем зчеплення 4 z3=32 і z4=166 з модулем зачеплення 6 з критичною частотою обертання 1500 об/хв.

3.2.6. Розрахунок барабанів на міцність

Проведемо розрахунок приводного барабану на міцність як найбільш навантаженого. Натяжний та розвантажувальний барабани і ролики навантажені значно менше. Тому їх розраховувати на міцність недоцільно. Розрахункові схемі навантажень приводного барабану наведено на рис 3.6. Розраховуємо напруження у барабані від дії натягуючої сили, що дорівнює 20000Н та обертального моменту від приводу, який дорівнює 73Нм згідно проведеному вище розрахунку.

Результати розрахунку наведено на рис 3.7, 3.8.

Згідно з результатами розрахунку запропонована конструкція приводного барабану достатньо міцна. Коєфіцієн запасу міцності складає 3,5. Тому можливо зробити висновок про доцільність запропонованої модернізації.

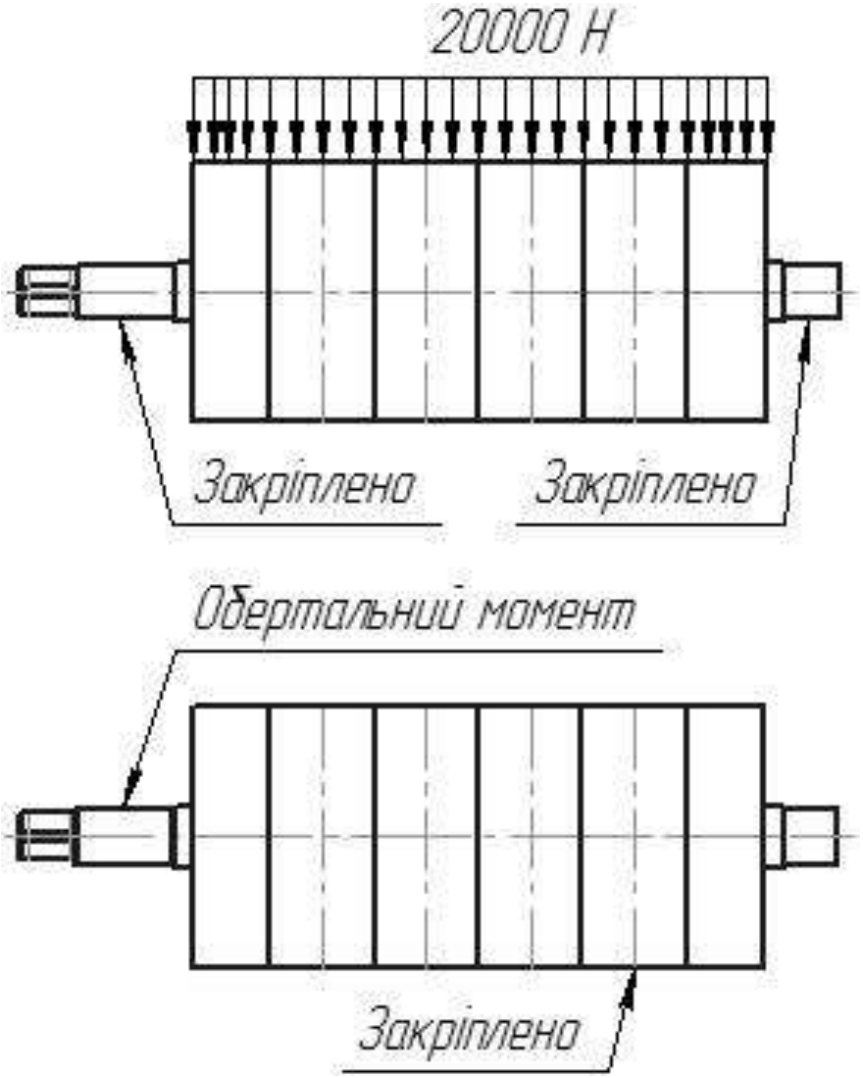


Рис. 3.6 - Схеми навантажень.

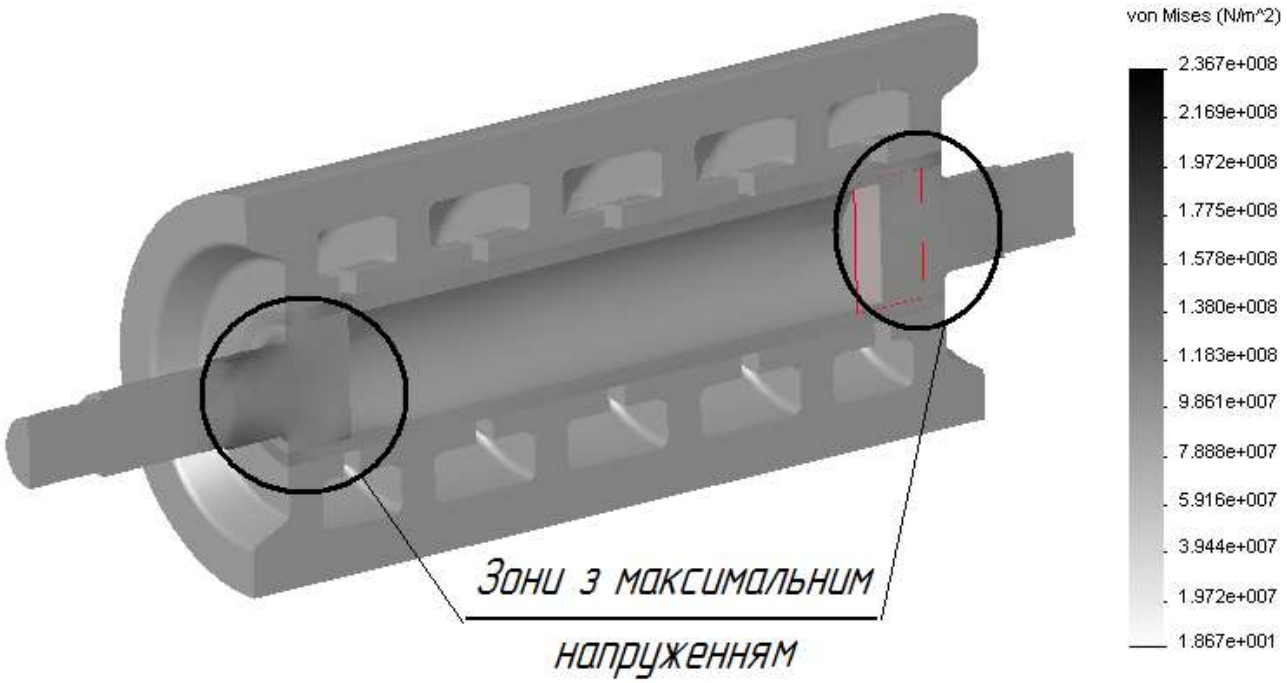


Рис. 3.7 - Результати розрахунку на міцність від дії натягнення стрічки.

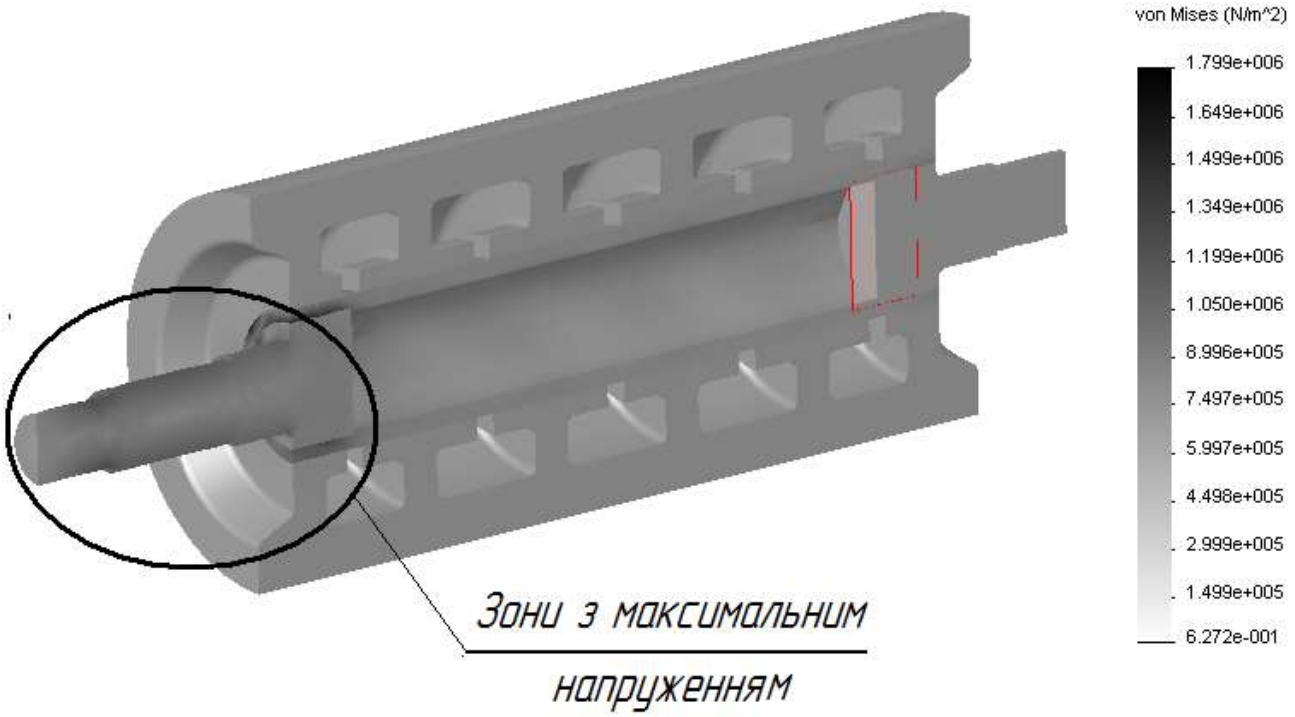


Рис. 3.8 - Результати розрахунку на міцність від дії обертального моменту.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЛУАТАЦІЯ КОНВЕЄРА

4.1. Транспортування і монтаж

Для транспортування обладнання до місця виконання монтажних робіт застосовують вантажопідіймальні та транспортні засоби, які забезпечують безперешкодний доступ до елементів, що встановлюються.

Монтажні установки постачаються в розібраному вигляді. Незалежно від конструктивного виконання та типу, всі необроблені поверхні деталей на заводі покривають антикорозійним захистом, який перед початком монтажу обов'язково повністю видаляється з усіх елементів. Зберігання обладнання у стані постачання здійснюється під навісами, тоді як електротехнічні компоненти розміщуються у закритих та утеплених приміщеннях.

Усі вузли, що надходять на склад, мають бути підготовлені до тривалого зберігання. Захисне мастило на деталях, які зберігаються тривалий час, необхідно періодично оновлювати для запобігання корозії.

Рами, каркасні конструкції та інші великогабаритні елементи постачаються у розібраному стані для зручності транспортування та монтажу.

Монтаж стрічкових конвеєрів здійснюється із застосуванням стаціонарних вантажопідіймальних механізмів або стрілових кранів, при цьому секції довжиною 6–12 м встановлюються окремо. До металоконструкцій секцій тимчасово приварюють монтажні стійки 1 методом електрозварювання. Підйом секцій виконується за допомогою стропів 2, закріплених на гаку крана.

Натяжна та приводна станції стрічкового конвеєра попередньо збираються на монтажній рамі у великі вузли масою 3,0–3,5 т.

Після встановлення секцій приводної та натяжної станцій виконується їх вивіряння по співвісності та фіксація у проєктному положенні.

Після завершення регулювання металоконструкцій здійснюється монтаж конвеєрної стрічки. Вона перемотується із заводського рулону на барабан монтажної лебідки. З'єднання кінців стрічки виконується методом гарячої вулканізації за допомогою пересувного преса.

Монтаж приводної та кінцевої натяжної станції виконується з установленням їх на бетонні фундаменти або інші будівельні конструкції, що мають достатню міцність і жорсткість.

Редуктори приводу встановлюються строго горизонтально (допуск ±2±).

Барабани приводні, головні, натяжні та кінцеві встановлюються перпендикулярно до осі конвеєра та вирівнюються по горизонту. Допустиме відхилення осей барабанів не перевищує 10', а зміщення їх середини відносно осі конвеєра — до 5 мм.

Рама головної та натяжної станції повинна бути достатньо жорсткою і стійкою. Відхилення від проєктних розмірів допускаються не більше 5 мм по ширині та висоті, 2 мм на 1 м довжини по прямолінійності, але не більше 10 мм на всю довжину.

Регулювання валів при з’єднанні редуктора з електродвигуном і барабаном виконується шляхом встановлення компенсувальних підкладок.

Допустиме радіальне зміщення валів становить: між редуктором і барабаном — до 0,5 мм, між електродвигуном і редуктором — до 0,25 мм. Перекіс валів у з’єднанні не перевищує 1±.

Напрямні рейки для переміщення візків натяжних пристроїв та автостелажів монтуються паралельно осі конвеєра, з дотриманням прямолінійності та єдиного рівня.

Допустимі відхилення включають:

– відхилення від прямої — до 5 мм на 10 м, не більше 10 мм на всю довжину;

– поздовжній ухил — до 5/1000;

– різниця відміток рейок по колії — до 1/1000;

– вертикальні коливання — ±3 мм;

– зміщення стиків рейок у плані та по висоті — 1 мм;

– зазор у стиках — до 3 мм.

Монтаж ставу конвеєра виконується з контролем геометрії: відхилення від прямолінійності не перевищує 10 мм на 100 м довжини, а перекіс секцій у поперечній площині — не більше 2± відносно горизонту.

Зміщення сусідніх роликоопор відносно осі конвеєра не повинно перевищувати 5 мм, перекіс у перерізі — 2±, а перепад висот між суміжними роликоопорами — ±1 мм.

Горизонтальність осей барабанів і роликоопор контролюється будівельним рівнем або гідростатичними приладами.

Монтаж завантажувальних і перевантажувальних пристроїв. Завантажувальний вузол забезпечує рівномірну подачу матеріалу на стрічку конвеєра. У зонах завантаження та розвантаження для зменшення ударних навантажень передбачаються спеціальні полиці.

Швидкість руху матеріального потоку за величиною та напрямком максимально наближена до швидкості руху стрічки.

Крок розташування роликоопор у зоні завантаження становить 0,4–0,6 м, а подача матеріалу здійснюється між сусідніми роликоопорами.

Для стабілізації матеріалу на стрічці завантажувальні та перевантажувальні пристрої оснащуються захисними бортами. Нижня частина бортів виконується з зносостійких гумотехнічних матеріалів.

Конструкція передбачає можливість регулювання та поступового висування отбортовки в міру її зношування. Положення отбортовки встановлюється перпендикулярно до поверхні стрічки в зоні контакту.Відстань між бортами не менше 2/3 ширини стрічки. Довжину бортів приймають в 1.2-1.5 разу більше ширини стрічки.

Сформований вантажним пристроєм потік матеріалу на стрічці конвеєра симетричний, розташовується посередині стрічки.

Навішування нової стрічки з використанням лебідки і приводу конвеєра. Встановлюють дві монтажні лебідки: одна – в головній частині, інша – в хвостовій частині конвеєра. Бухта із стрічкою встановлюється за приводною станцією по осі конвеєра (рис. 4.1.).

Натяжну станцію переміщають в крайнє переднє положення. До кінця стрічки через накладки (або затиск) 2 кріпиться трос монтажної лебідки 4. За допомогою лебідки 4 і включених приводів протягують стрічку до натяжного барабана із запасом, огинають стрічкою натяжний барабан, сполучають стрічку з

тросом монтажної лебідки 5. Після установки затисків 7, лебідкою 5 затягують стрічку на верхню гілку конвеєра.

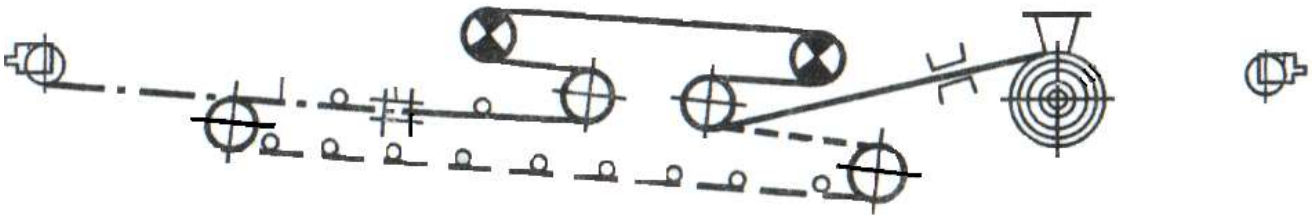


Рис. 4.1 - Навішування нової стрічки з використанням лебідки і приводу конвеєра.

Стиковка гумових стрічок. Якнайкращий спосіб транспортерних стрічок – гаряча вулканізація. Стикованіє кінців транспортерної стрічки цим способом забезпечує не тільки її довговічність, але і створює міцність стику (рис. 4.2).

Стик, що добре вулканізується, гарантує тривалу роботу стрічки за умови, що всі вузли конвеєра будуть знаходиться в задовільному стані і не сприятимуть передчасному її руйнуванню.

Основні стадії процесу стикования транспортерних стрічок при гарячій вулканізації: оброблення кінців під вулканізацію; нанесення клеївши на склеювані поверхні; з'єднання поверхонь, покритих клеєм; вулканізація стику під плитами вулканізації.

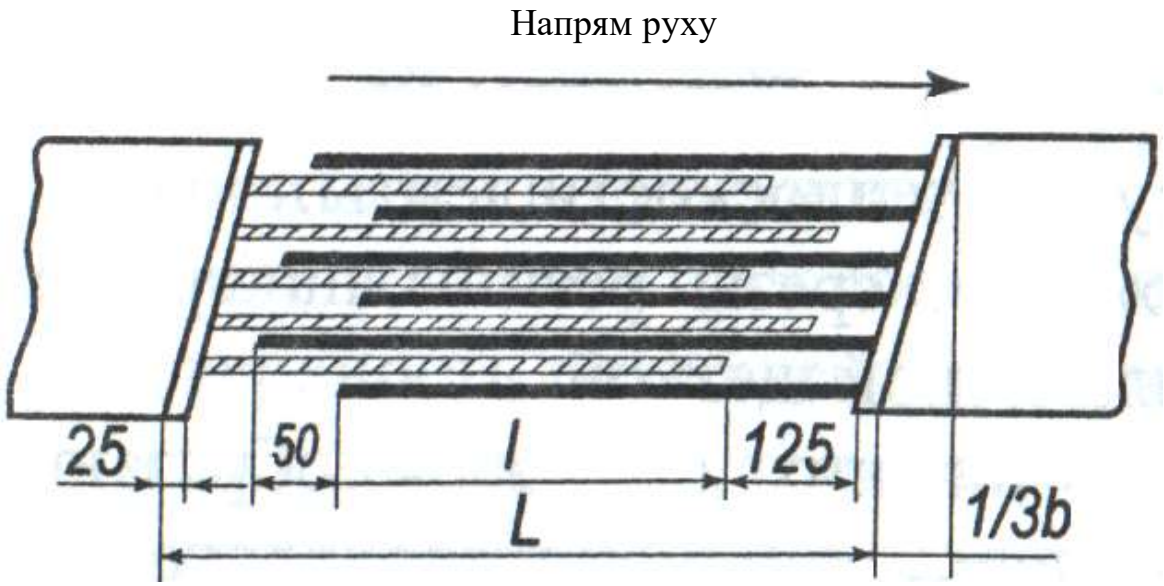


Рис. 4.2 - Стикування кінців транспортерної стрічки.

4.2. Використання конвеєру за призначенням

Умови роботи стрічкового конвеєра

- режим роботи – цілодобово, перерва на профілактичне обслуговування 3 рази по 60 хвилин в добу;
- навантаження на найбільш відповідальні деталі (вузли) - постійні, рівномірні;
- температура навколишнього середовища – коливання температури пов'язані з технологічним процесом від min +50С до max +300С;
- запилена навколишнього середовища – 20.2 г/м3.

Умови правильної експлуатації стрічкового конвеєра

Обслуговувати стрічковий конвеєр можуть робочі, що пройшли навчання, перевірку знань за спеціальною програмою, і що отримали допуск до обслуговування конвеєрного транспорту агломерационного комплексу.

Вимоги охорони праці перед пуском стрічкового конвеєра.

Перед початком роботи машиніст стрічкового конвеєра зобов'язаний:

- Перевірити справність заземлення стрічкового конвеєра;
- Перед початком роботи машиніст стрічкового конвеєра зобов'язаний перевірити цілісність заземляючих проводів і шин;

Перед пуском стрічкового конвеєра машиніст повинен обов’язково виконати ряд перевірочних операцій:

– переконатися у відсутності персоналу в небезпечній зоні поблизу конвеєра;

– оглянути барабани та ролики, переконатися у їх чистоті та відсутності налипань глини;

– перевірити стан конвеєрної стрічки, її цілісність, правильність центрування та достатній рівень натягу;

– оцінити стан і працездатність очисних пристроїв стрічки.

Належне змащування вузлів обладнання є одним із ключових факторів, що визначають стабільність, ресурс і безвідмовність роботи конвеєрної системи. У зв'язку з цим необхідно перевірити рівень мастила в редукторі приводу конвеєра.

Перед початком експлуатації виконується короткочасний пробний запуск конвеєра тривалістю 2–3 хвилини. Під час роботи слід контролювати стан стрічки на відсутність пошкоджень, а також прислухатися до роботи механізмів для виявлення сторонніх шумів, які можуть свідчити про несправності редуктора, роликів або електродвигуна. Окремо перевіряється функціонування системи аварійної зупинки шляхом її тестового спрацювання. Експлуатація конвеєра за наявності підвищених вібрацій не допускається.

Вимоги з охорони праці під час роботи стрічкового конвеєра.

У процесі роботи необхідно постійно контролювати:

– вільне обертання всіх роликів конвеєра;

– правильну подачу матеріалу без пошкодження стрічки та його рівномірний розподіл;

– відсутність бокового сходження стрічки;

– справність очисних пристроїв;

– температуру підшипникових вузлів редуктора;

– своєчасність передачі матеріалу на наступні конвеєри в технологічному ланцюгу.

Під час роботи конвеєра категорично забороняється виконувати будь-які ремонтні, мастильні або очисні операції. Також забороняється переходити через працюючий конвеєр, ставати на його конструкцію або торкатися рухомих елементів руками.

Експлуатація конвеєра не допускається у випадках перекосу або прослизання стрічки. Заборонено підкладати сторонні предмети під стрічку на барабані для усунення пробуксовки, очищати стрічку вручну під час руху, а також виконувати прибирання під стрічкою і барабанами під час роботи штабелеукладача.

Вимоги охорони праці після завершення роботи стрічкового конвеєра.

Після закінчення змінної роботи машиніст зобов'язаний:

– зупинити конвеєр після повного сходження матеріалу зі стрічки, відключити електроживлення, виконати огляд стрічки та всіх основних вузлів обладнання.

4.3. Технічне обслуговування конвеєру

Працездатність забезпечується при дотриманні наступних умов:

- стрічковий конвеєр обслуговує навчений персонал (черговий) цеху;
- ремонтний персонал слюсарів-ремонтників, електромонтерів, за якими закріплено устаткування;
- виконання графіка, в якому передбачений час на технічне обслуговування;
- виявлення несправностей, які можуть привести до відмови або аварійного виходу устаткування з ладу;
- проводити ревізію всіх складових частин устаткування конвеєра з усуненням несправностей і заміною швидкозношуваних деталей;
- випробування конвеєра після збірки на неодруженому ходу і під вантажем поступово збільшуючи навантаження до робочої.

Вибір форми і методу проведення ремонтів стрічкового конвеєра

Структура ремонтного циклу являє собою впорядкований перелік і чергування планових ремонтних заходів, які виконуються періодично та повторюються протягом усього періоду експлуатації обладнання.

Нижче наведено склад робіт, що виконуються під час поточних ремонтів (Т1 і Т2) та капітального ремонту (К).

Поточний ремонт Т1.

– Проведення огляду приводної та натяжної станцій, приймального бункера і вузлів перевантаження, заміна роликів, що втратили працездатність.

– Виправлення (рихтування) деформованих елементів опор секцій, кронштейнів роликоопор і поздовжніх балок секцій конвеєра.

– Відновлення або заміна футерівки відбійного щита, ремонт оббортовки тічки приймального бункера, заміна ущільнювальних елементів, що зносилися.

– Перевірка стану приводних редукторів, з’єднувальних муфт і гальмівних механізмів.

– Часткова заміна зношених ділянок конвеєрної стрічки з виконанням вулканізації стиків.

– Регулювання та ремонт очищувачів стрічки і барабанів, корекція траєкторії руху стрічки у приводній та хвостовій частинах конвеєра.

– Огляд і змащування обгінних муфт (механізмів вільного ходу).

– Відновлення поручнів, сходових елементів, а також налаштування систем змащування.

Поточний ремонт Т2.

– Виконання всього комплексу операцій, передбачених Т1, із додатковими роботами:

– Заміна приводного барабана, ревізія натяжного та хвостового барабанів, перевірка поліспастного натяжного механізму приводної станції.

– Контроль стану заклепкових і болтових з’єднань несучих конструкцій, підтягування анкерних кріплень.

– Відновлення несучих металоконструкцій приводних і натяжних станцій.

Капітальний ремонт.

– Відновлення або повна заміна конвеєрної системи для прибирання просипу, ремонт металоконструкцій приймального бункера.

– Заміна редукторів верхнього та нижнього приводів, роликів верхньої і нижньої гілок, а також каната натяжного пристрою.

– Повна заміна натяжного і відхиляючого барабанів.

– Ремонт або відновлення секцій роликоопор.

– Змащування підшипників кочення, блоків і барабанів густими мастилами за допомогою прес-маслянок і ручного нанесення.

– Змащування зубчастих передач і підшипників редуктора рідкими мастилами шляхом заливання в картер.

Для зниження втрат енергії на тертя, зменшення інтенсивності зношування робочих поверхонь, запобігання заїданням, задиркам і корозійним процесам, а

також для ефективного відведення теплоти всі поверхні тертя повинні бути забезпечені надійною системою змащування.

Таблиця 4.1 - Методи відновлення найбільш деталей, що часто зношуються

Найменування деталі (вузла)	Найменування несправності	Можливі причини	Способи усунення
1	2	3	4
Ролик	Утруднено обертання ролика.	1. Не захищений підшипник від проникнення пилу. 2. Помилки при збірці. 3. Наявність абразивних частинок в мастилі.	1. Мастило підшипників за допомогою пресс-масленки.
Вали	Вигин, скручування, знос шийок валу (знос діаметру, овальність, конусность, поява подряпин, задираки). Знос канавок шпон, злам.	1. Помилки при виготовлення. 2. Помилки при збірці.	1. Правка валів. 2. Наплавлення шийки валу, після провести хутро. обробку або введення додаткової деталі (втулки). 3. Восстановле- ние під ремонтний розмір.
З'єднання шпони	Знос паза шпони (знос країв, задир).	1. Помилки при збірці. 2. Паз шпони вибраний не у відповідності розмірів.	1. Заварити старий паз і під кутом 1200-1800 виконати новий паз шпони. 2. Виконати паз більшої ширени і поставити шпонку. 3. Прибирають задири за допомогою напилка.
Стрічка транспортера	Передчасний знос стрічки.	1. При сході стрічки (особливо на барабанах, на нижній гілці, внаслідок чого кромки стрічки стираються і рвуться об нижні кронштейни роликів і раму). 2. При попаданні матеріалів, що транспортуються, між нижньою гілкою і хвостовим барабаном. 3. При заклинюванні між завантажувальним жолобом і стрічкою металевих предметів, обрізання броні, футеровки, що відірвалася, і інших предметів.	1. Стрічку замінюють.

		4. При тій, що пробуксувала стрічок із-за недостатнього натягнення.	
Зубчата муфта	Знос профілю зубів (зім'яло, викришевание, стирання).	1. Помилки при збірці. 2. Тривалий термін роботи. 3. Наявність абразивних частинок в мастилі.	1. Заміна муфти.
Підшипники кочення	Утруднення обертання підшипника.	1. Тріщини або облом. 2. Поломка сепараторів. 3. Колір побежалости на бігових доріжках кілець, кульках або роликах. 4. Відривши головки заклепки сепаратора, ослаблення заклепок, вм'ятини на сепараторові утрудняють обертання кульок або роликів.	1. Заміна підшипників.

У корпус редуктора масло подається таким чином, щоб зубчасті вінці коліс частково занурювалися у мастильне середовище. Під час обертання відбувається розбризкування оливи: вона осідає на внутрішніх поверхнях корпуса і поступово стікає вниз, утворюючи масляний резерв у нижній частині. Усередині корпусу формується аерозольна суміш краплин масла з повітрям, яка забезпечує покриття елементів, розташованих у просторі редуктора.

Картерне змащування застосовується для зубчастих передач і черв’ячних пар, коли колова швидкість знаходиться приблизно в межах 0,3–12,5 м/с. За перевищення цих значень масло під дією відцентрових сил може інтенсивно скидатися із зубців, у результаті чого зона зачеплення працює в умовах недостатнього змащення.

Підбір мастильного матеріалу здійснюється на основі експлуатаційного досвіду та умов роботи передачі. Загальне правило вибору полягає в тому, що зі зростанням колової швидкості слід застосовувати менш в’язкі оливи, тоді як при

підвищених контактних навантаженнях у зоні зубчастого зачеплення доцільно використовувати мастила з більшою в’язкістю.

Також слід враховувати, що зі зменшенням швидкості обертання зубчастого колеса допускається більша глибина його занурення в масляну ванну.

ВИСНОВКИ

1. З досвіду експлуатації стрічкових конвеєрів можливо відзначити наступні недоліки роботи конвеєра:
   - Наліпання на барабани та ролики матеріалу та бруду, що спричиняє підвищення зношення стрічки;
   - В наслідок нерівномірного зношення та наліпання бруду на барабани втрачається циліндрична форма барабану і підвищується можливість сходу стрічки;
   - Прослизання між стрічкою і барабанами або роликами , зменьшення коєфіцієнту тертя;
   - Зношення і корозія барабанів та роликів;
2. Для усунення вище перерахованих недоліків пропонується внести наступні зміни у конструкції:
   - Замінити металеві приводні барабани на набірні барабани виготовлені з полімерів;
   - Замінити металевий натягуючий барабан на набірний барабан виготовлений з полімерів;
   - Замінити металевий розвантажувальний барабан на набірний барабан виготовлений з полімерів.
   - Замінити металеві ролики на набірні виготовлені з полімерів.