

Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра Підйомно-транспортних машин

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних машин
Протокол № 2 від 08 вересня 2020 р.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни
«Машини непереривного транспорту»

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

освітня програма «Галузеве машинобудування»

освітній рівень Бакалавр

Факультет Машинобудування

Розробник: Дорохов М.Ю., зав. кафедри ПТМ, к.т.н., доцент

Краматорськ – 2020 р.

Тема 1 Машини неперервного транспорту. Загальні відомості й класифікація

Машини неперервного транспорту (далі МНТ) є складовою частиною технологічного процесу підприємства і основними засобами комплексної механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних і складських операцій. Висока продуктивність МНТ забезпечується:

- безперервністю процесу переміщення;
- відсутністю зупинок для завантаження або розвантаження;
- суміщенням робочого і зворотного рухів вантажонесучого елемента.

МНТ розрізняють:

- за способом передачі вантажу рушійної сили: діючі за допомогою механічного приводу; самопливні пристрої, в яких вантаж переміщається під дією власної сили тяжіння; пристрої пневматичного та гідравлічного транспорту, в яких рушійною силою є потік повітря або струмінь води;
- за засобом прикладення рушійної сили і конструкції: з тяговим елементом (стрічкою, ланцюгом, канатом); без тягового елемента;
- за характером руху вантажонесучого (робочого) елемента: з безперервним рухом; з періодичним (пульсуючим) рухом (поступальний, зворотно-поступальний, обертальний, коливальний);
- за видом переміщуваних вантажів: для насипних і для штучних вантажів;
- за напрямом і трасою переміщення вантажів: вертикальні (розташовуються у вертикальній площині і переміщують вантажі по трасі, що складається з одного або декількох прямолінійних відрізків); горизонтальні (розташовуються в горизонтальній площині на одному горизонтальному рівні по замкнутій трасі); просторові, (розташовуються в просторі і переміщують вантажі по складній просторовій трасі з горизонтальними, похилими і вертикальними ділянками).

Класифікація МНТ дії представлена на рисунку 1, схеми трас переміщення вантажів - на рисунку 2.

Основні способи переміщення вантажів машинами неперервного транспорту:

- на безперервно рухомому несучому елементі у вигляді суцільної стрічки або настилу (стрічкові, пластинчасті, ланцюгові конвеєри);
- в безперервно рухомих робочих елементах у вигляді ковшів, коробів, підвісок, візків і ін. (ковшові, підвісні, люлькові конвеєри, ескалатори, елеватори);
- волочінням по нерухомому жолобу або трубі шкребками, що безперервно рухаються (скребкові конвеєри);
- волочінням (проштовхуванням) по нерухомому жолобу обертливими гвинтовими лопатями (гвинтові конвеєри);
- ковзанням під дією сил інерції або мікропереміщенням по коливному жолобу (хитні інерційні та вібраційні конвеєри);
- в закритій трубі безперервним потоком в підвішеному стані в струмені рухомого повітря або окремими порціями під дією струменя повітря (установки пневматичного транспорту);
- в жолобі або трубі під дією струменя води (установки гідравлічного транспорту).

Стрічкові конвеєри

Стрічкові конвеєри є найбільш поширеним засобом безперервного транспортування завдяки високій продуктивності, великій довжині транспортування, високій надійності, простоті конструкції та експлуатації. Стрічкові конвеєри широко використовуються для переміщення насипних і штучних вантажів у всіх галузях промисловості і сільського господарства, при видобутку корисних копалин, у металургійному виробництві, на складах і в портах в якості елементів вантажних і перевантажувальних пристроїв і технологічних машин. Стрічкові конвеєри забезпечують високу продуктивність незалежно від довжини установки зі швидкістю транспортування до 6,3 м/с. Наприклад, стрічковий конвеєр на відкритих розробках вугілля може транспортувати до 30000 т/год породи, забезпечуючи завантаження 10 залізничних вагонів на хвилину.



Рисунок 1 - Класифікація транспортуючих машин

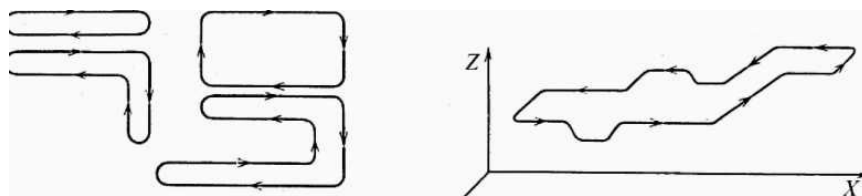


Рисунок 2 - Схеми трас переміщення вантажів

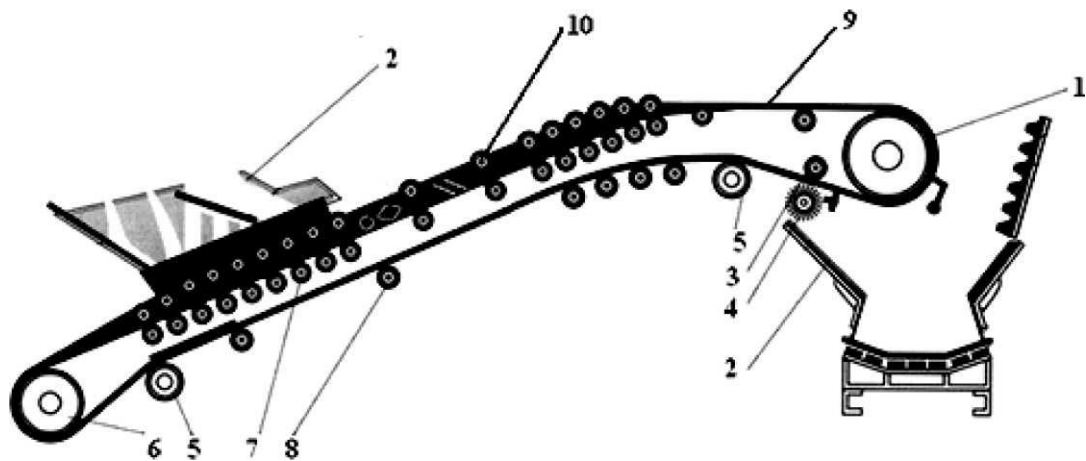
Стрічковими конвеєрами (рис. 3) є машини безперервної дії, основним елементом яких є замкнута стрічка, що огинає кінцеві барабани. Один з барабанів є приводним, інший - натяжним. На верхній гілці стрічки переміщається вантаж, який транспортується. Ця гілка є вантажонесучою (робочою), нижня гілка є холостою (неробочою). На протязі траси стрічка підтримується роликовими

опорами верхньої та нижньої гілок. Залежно від конструкції опор стрічка має плоску або жолобчасту форму.

Поступальний рух конвеєр отримує від фрикційного приводу. Необхідне попереднє натягнення стрічки забезпечується натяжним пристроєм. Вантаж надходить на стрічку через одне або кілька завантажувальних пристроїв, розвантаження проводиться з кінцевого барабана в приймальний бункер або в будь-якому пункті вздовж траси конвеєра за допомогою вивантажувачів. Очищення стрічки від прилиплих часток вантажу здійснюється за допомогою очисних пристроїв.

Перевагами стрічкових конвеєрів є простота конструкції, висока продуктивність при великих швидкостях стрічки, складні траси переміщення, велика протяжність траси, висока надійність. До недоліків відносяться: висока вартість стрічки і роликів, обмеження переміщення при кутах нахилу траси більш 18...20°, обмежене використання при транспортуванні пилоподібних, гарячих і важких штучних вантажів.

За конструкцією і призначенням стрічкові конвеєри виконуються загального призначення та спеціальні (для різних галузей промисловості).



- 1 - приводний барабан; 2 - завантажувальний лоток; 3 - притиснутий ролик;
4 - очисний ролик; 5 - відхиляючий барабан; 6 - кінцевий барабан;
7 - амортизуючі роликкоопори; 8 - нижні роликкоопори; 9 - стрічка;
10 - верхні роликкоопори

Рисунок 3 - Схема стрічкового конвеєра

За типом стрічки стрічкові конвеєри поділяють на конвеєри з прогумованою стрічкою, зі сталеву стрічкою, з дротяною стрічкою. Найбільшого поширення набули конвеєри з прогумованою стрічкою.

Ланцюгові конвеєри

Ланцюговий конвеєр - конвеєр, у якого тягове зусилля створюється одним або двома ланцюгами, переважно пластинчастими і рідше - зварними круглосвітними.

Ланцюгові конвеєри, у порівнянні із стрічковими, здатні транспортувати вантажі з високою температурою, важкі вантажі, і у них більше продуктивність. Однак вони більш громіздкі, важче, дорожче, і у них вища вартість експлуатації.

Конвеєрні ланцюги містять великі кількості пар тертя, що вимагає їх регулярного змащування.

До ланцюгових конвеєрів відносяться пластинчасті, скребкові, ковшові конвеєри (рис. 4) та ін.

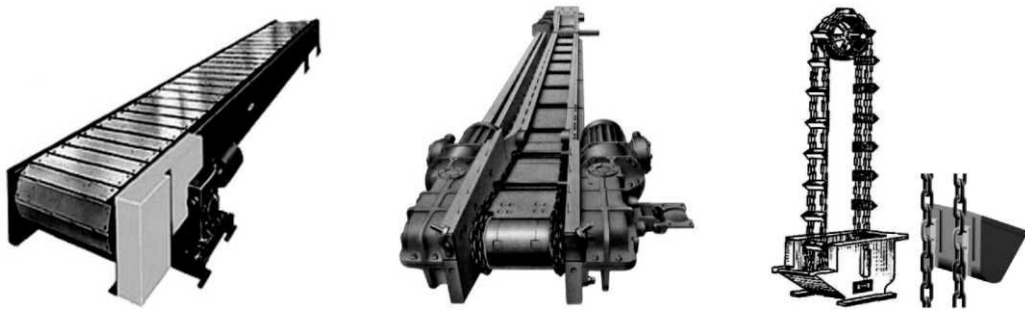


Рисунок 4 - Пластинчастий, скребковий і ковшовий конвеєри

Пластинчасті конвеєри

Пластинчастими називають конвеєри, що переміщують вантажі на настилі з пластин, які нерухомо прикріплені до гнучкого тягового елемента - ланцюга. Ці конвеєри складніше, важче і дорожче, ніж стрічкові конвеєри. Тому їх застосовують, коли з якихось причин неприпустимо або обмежено використання стрічкових конвеєрів.

До переваг пластинчастих конвеєрів порівняно із стрічковими відносяться можливість транспортування важких крупнокускових острокромочних і гарячих вантажів, спокійний і безшумний хід, можливість завантаження без застосування живильників, велика тривалість траси з похилими ділянками і малими радіусами переходів та забезпечення транспортування без перевантажувальних робіт, можливість установки проміжних приводів, висока продуктивність при невеликій швидкості руху, можливість використання конвеєрів в технологічних процесах і потокових лініях при високих і низьких температурах.

Недоліками пластинчастих конвеєрів є велика маса настилу і ланцюгів та їх висока вартість, наявність великої кількості шарнірів ланцюгів, що вимагають додаткового обслуговування, складність заміни зношених тягових ланцюгів, великий опір руху.

Найбільш широке застосування отримали пластинчасті стаціонарні конвеєри з прямолінійними трасами, які є конвеєрами загального призначення. Їх використовують у металургійній промисловості (для подачі руди та гарячого агломерату), на хімічних заводах і при виробництві будівельних матеріалів (для переміщення крупнокускових нерудних матеріалів), на теплових електростанціях (для подачі вугілля), в машинобудуванні (для транспортування гарячих поковок, відливок, опок, відходів штампувального виробництва, на потокових лініях збірки, охолодження та хімічної обробки) та ін.

Пересувні пластинчасті конвеєри використовують на складах, вантажно-розвантажувальних, сортувальних та пакувальних пунктах для переміщення тарно-штучних вантажів.

Пластинчастий конвеєр (рис. 5) має станину, на кінцях якої встановлено дві зірочки - привідна 3 з приводом і натяжна з натяжним пристроєм 4. Нескінченний настил 1, що складається з окремих пластин, закріплюється до ходової частини,

що складається з однієї або двох тягових ланцюгів 2, які огинають кінцеві зірочки і знаходяться в зачепленні з їх зубами. Замкнуті тягові ланцюги рухаються разом з настилом по напрямних станини уздовж поздовжньої осі конвеєра. Конвеєр завантажується через одну або кілька воронок 5 в будь-якому місці траси, а розвантажується через кінцеву зірочку і воронку.

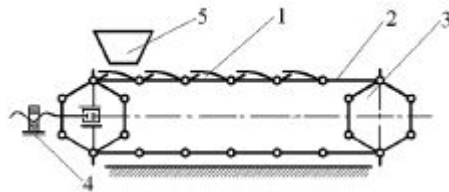


Рисунок 5 - Схема пластинчатого конвеєра

Кут нахилу полотна пластинчатого конвеєра зазвичай становить $35...60^\circ$ і залежить від характеристики вантажу, що транспортується, і типу настилу. При транспортуванні штучних вантажів і наявності на настилі поперечних вантажоутримуючих планок кут нахилу конвеєра може бути збільшений.

Елементи пластинчастих конвеєрів

Ходова частина пластинчатого конвеєра (рис. 6) складається з настилу 1 і кронштейнів 2, за допомогою яких настил жорстко закріплюється на ланках ланцюгів 3.

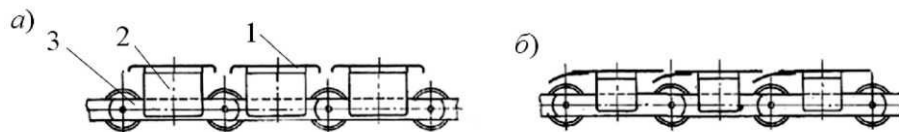


Рисунок 6 - Ходові частини плоских розімкненого (а) і замкнутого (б) конвеєрів

Настили.

Настил виконується з бортами і без бортів і має різну конструкцію залежно від виду та властивостей вантажу, що транспортується, і кута нахилу конвеєра. Найбільш часто використовуються такі настили: безбортові плоскі розімкнені - для транспортування штучних вантажів, безбортові плоскі замкнені, безбортові і бортові хвилясті, коробчасті - для транспортування насипних вантажів, плоскі петльові - для транспортування сталевих листових відходів та металевої стружки. Для штучних вантажів використовують настили всіх видів, але переважно плоскі як більш легкі й дешеві.

Плоский настил виготовляють з дерев'яних планок, сталевих або поліуретанових пластин. Для забезпечення надійного положення вантажу настил постачають фасонними накладками або упорами. Хвилястий настил забезпечує надійне перекриття сусідніх пластин, збільшує жорсткість і міцність полотна, підвищує зчеплення вантажів з поверхнею конвеєра, зменшує їх прокидання між пластинами і забезпечує переміщення вантажів під великими кутами нахилу.



Рисунок 7- Настили: хвилястий, коробчастий, плоский петльовий

Настил виготовляють методом штампування і зварювання сталевих листів товщиною 4...10мм. Пластини настилу кріплять на болтах, заклепках або приварюють до спеціальних куточках, які кріпляться до пластин тягових ланцюгів.

Ланцюги.

В якості тягового елемента застосовують ланцюги різних типів і конструкцій. Ланцюги характеризуються простотою з'єднання кінців і заміни деталей, малим пружним подовженням під навантаженням і повною відсутністю залишкового подовження, надійністю передачі тягового зусилля зачепленням при малому попередньому натягу (5...10% корисного тягового зусилля), простотою і високою надійністю кріплення вантажонесучих і опорних елементів.

Найбільш часто у пластинчастих конвеєрах використовують тягові втулкові, роликові і коткові ланцюги (рис. 8), що за конструкцією аналогічні приводним ланцюгам.

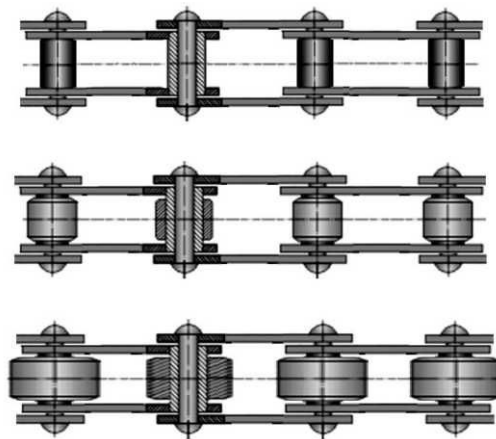


Рисунок 8 - Тягові ланцюги: втулковий, роликовий і котковий

Опорними елементами у конвеєрах з котковими ланцюгами є ходові катки ланцюга, що передають навантаження від настилу з вантажем на напрямні станині конвеєра (на конвеєрах важких типів застосовують котки на підшипниках кочення).

У конвеєрах з втулковими і роликовими ланцюгами і гладким настилом опорними елементами служать стаціонарні роликові опори, що закріплені на станині конвеєра.

Привід пластинчастого конвеєра - кутовий або прямолінійний (гусеничний), складається з приводних зірочок, редуктора та електродвигуна. На конвеєрах, що мають похилу ділянку траси, встановлюють стопорний пристрій або електромагнітне гальмо. Потужні конвеєри великої продуктивності і довжини мають кілька приводів.

Натяжні пристрої. На пластинчастих конвеєрах встановлюються гвинтові (найбільш поширені) або пружинно-гвинтові натяжні пристрої. Пристрої встановлюються на кінцевих зірочках.

Станина пластинчастого конвеєра виготовляється з кутиків або швелерів. Кінцеві пристрої (привод і натяжний пристрій) виконують у вигляді окремих рам, середню частину - у вигляді окремих секцій металоконструкції довжиною 4...6м.

Розрахунок пластинчастих конвеєрів

Вихідними даними для розрахунку є продуктивність; конфігурація траси; характеристика вантажу, що транспортується, швидкість руху, режим роботи.

Розрахунок пластинчастих конвеєрів проводиться в два етапи: попередній і перевірочний розрахунок. У попередньому розрахунку проводиться вибір двигуна, визначення передатного числа і вибір редуктора, визначення фактичної швидкості руху та уточнення продуктивності, визначення статичного гальмівного моменту (для похилих конвеєрів), розрахунок гальмівного моменту, визначення ходу натяжного пристрою.

Перевірочний розрахунок включає уточнений тяговий розрахунок методом обходу по контуру, перевірку вибраної тягового ланцюга, перевірку розрахованої потужності приводу, вибір типу натяжного пристрою.

Скребкові конвеєри

Скребковий конвеєр (рис. 9) складається з відкритого або закритого жолоба 1, уздовж якого рухається тяговий орган (ланцюг) 2 з укріпленими на ньому шкребками 3, що волочать вантаж, який транспортується. Тяговий орган представляє собою зазвичай пластинчастий або зварний ланцюг, що приводиться в рух від приводних зірочок.

Жолоби виготовляють в основному з листової сталі товщиною 4...6мм секціями довжиною до 6м.

Скребки виготовляють з листової сталі товщиною 3...8мм. Зазвичай скребки встановлюють через декілька ланок ланцюга. Довжина конвеєрів цього типу не більше 60м, продуктивність до 300 т/год, кут нахилу конвеєра 30...40°.



Рисунок 9 - Секції скребкового конвеєра

Пневматичний транспорт

Установки пневматичного транспорту застосовуються для переміщення пилоподібних, дрібношматкових вантажів по трубах в суміші з повітрям.

Пневмотранспортні установки мають ряд переваг: герметичність транспортних систем, простота, можливість повної механізації і автоматизації перевантажувального процесу, хороші санітарно-гігієнічні умови та зручне поєднання з іншими технологічними процесами (наприклад, сушкою, пневматичним збагаченням корисних копалин та ін.).

Недоліками пневмотранспортних установок є висока витрата енергії в порівнянні з іншими видами транспорту.

Залежно від способу впливу повітряного потоку на вантаж пневмоустановки діляться на всмоктувальні, нагнітальні, комбіновані.

Всмоктувальні установки (рис. 10) включають всмоктувальний наконечник 1, вакуумний насос 2, трубу 3, вантажовідділювач 4. Розрядження в системі створюється вакуумним насосом. Всмоктувальні установки знаходять широке використання для прибирання у виробничих приміщеннях та пересування стружки та тирси та ін..

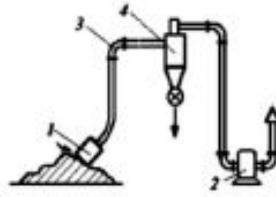


Рисунок 10 - Пневматична всмоктувальна установка

Нагнітальні установки (рис. 11) складаються з завантажувального пристрою 1 (живильника), що забезпечує рівномірну подачу вантажу у трубопровід, компресора 2, труби 3 та вантажовідділювача 4. Компресор встановлюється на початку траси і забезпечує нагнітання повітря в систему.

Пневматичні установки нагнітального типу оптимально використовувати при необхідності переміщення вантажу від єдиного місця навантаження до однієї або декількох точок вивантаження. Стиснене повітря дозволяє досягати значних різниць тисків на початку і в кінці трубопроводу на відміну від використання розрядженого повітря. Тому при застосуванні нагнітальних пневмоустановок досягається набагато більша потужність і продуктивність, створюється можливість передачі вантажу на більші відстані, ніж всмоктувальними установками.

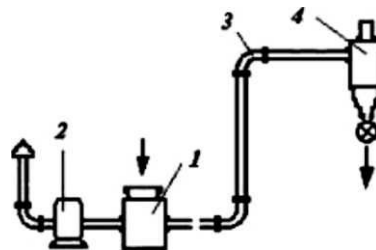


Рисунок 11 - Пневматична нагнітальна установка

Комбіновані пневмотранспортні установки складаються з ділянок всмоктувального і нагнітального принципу дії. У процесі розрахунку необхідно визначити робочу швидкість повітря, діаметр трубопроводу, повний напір у системі, потужність електродвигуна для повітрорудної машини.

Гідравлічний транспорт

Установки гідравлічного транспорту застосовуються для транспортування рідких однокомпонентних вантажів або масових навалочних вантажів у потоці води в підвішеному стані. Суміш транспортованого вантажу з водою називається гідросумішю або пульпою. Вода, що використовується в якості несучого потоку, відділяється від вантажу в місцях його розвантаження (складування) і скидається у водойму або повертається для повторного використання. Установки, що

використовуються для переміщення однокомпонентних рідин, таких як нафта, мазут, бензин, гас, дизельне паливо та ін., називаються нафтоперекачувальними станціями.

Гідравлічний транспорт має ряд переваг: високу продуктивність, простоту конструкції, невеликі експлуатаційні витрати, високу експлуатаційну надійність. До недоліків гідравлічного транспорту слід віднести: велику потребу у воді для створення пульпи.

Гідротранспортні установки класифікуються залежно від способу забору матеріалу і бувають трьох типів: з відцентровим (грунтовим) насосом, ежекторного і ерліфтного типів.

На рисунку 12 приведена гідротранспортна установка з відцентровим насосом. Пульпа всмоктується насосом 3 з приймального пристрою 1 і по трубопроводу 4 подається на сито 6, на якому вантаж зневоднюється і потім переміщається в приймальний бункер 7. Вода стікає в відстійник 8. Насосом 5 вода повертається в приймальний пристрій 1.

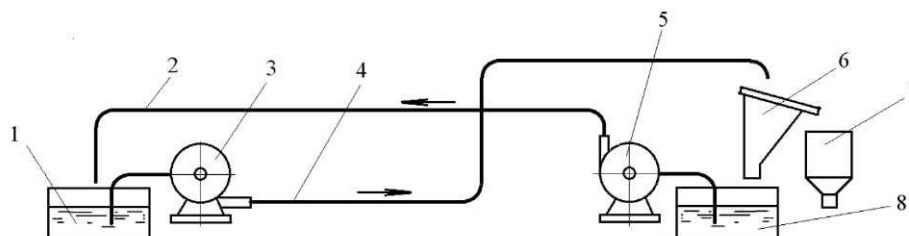


Рисунок 12 - Гідротранспортна установка з відцентровим насосом

Тема 2. Характеристика вантажів, що транспортуються

Вантажі, що транспортуються, розділяють на штучні й насипні. На вибір способу транспортування вантажів і розрахунків машин впливають фізико-механічні властивості вантажів (крупність, об'ємна щільність, рухливість і ін.). Розміри штучних вантажів коливаються від декількох сантиметрів до декількох метрів (лісоматеріал, прокат і ін.), а маса – від часток кілограма до десятків тонн.

По крупності (мм) насипні вантажі ділять на наступні 8 категорій: пилоподібні (0,05), порошкоподібні (0,05...0,5), дрібнозернисті (0,5...2), грубозернисті (2...10), дрібнокускові (11...60), середньокускові (60...160), крупнокускові (160...320), особливо великі (більш 320).

Насипна щільність (об'ємна маса, т/м³) вільно насипаних вантажів залежить від щільності часток матеріалів, гранулометричного складу, пористості й ступеня заповнення пор водою (вологості): антрацит сухий – 0,8...0,95; буре вугілля – 0,65...0,78; гравій – 1,5...1,9; залізна руда – 2,1...3,5; земля – 1,2...1,7; пшениця – 0,7...0,83

Ступінь рухливості матеріалів залежить від значення внутрішніх сил тертя й зчеплення між частками. Добре сипучі матеріали ті, у яких відсутнє зчеплення.

Рухливість сипучих вантажів визначається кутом природнього укосу, який перебуває в межах 45...50° (спокою) і 27...35° (руху); коефіцієнт тертя 0,58...1,2 (спокою) і 0,29...0,7 (руху).

Абразивність – властивість стирати дотичні поверхні при їхнім відносному ковзанні. Ця властивість особлива характерно для вантажів із гострими кромками.

Крихкість – властивість вантажів руйнуватися при падінні, поштовхах.

Злеживаємість – здатність насипних вантажів втрачати сипкість при тривалому зберіганні в штабелях, бункерах та ін. (цемент, вапно, гіпс і ін.)

Змерзаємість – властивість насипних вантажів утримуючих вологу, утворювати моноліт при низьких температурах (вугілля, руда, глина, пісок і ін.).

Липкість – здатність вантажів прилипати до дотичних поверхонь твердого тіла (мокрі й вологі вантажі).

Крім цих основних властивостей, вантажі мають і інші: пошкоджуваність, вибухонебезпечність, самозаймистість, корозійна активність, отруйність і інші, які можуть у ряді випадків вирішальним образом вплинути на вибір способу транспортування.

Тема 3. Основи вибору й порівняльні техніко-економічні показники МНТ

Та сама транспортна операція звичайно може бути виконана різними МНТ. При проектуванні транспортних і технологічних ліній коштує завдання найбільш раціонального вибору машини, що забезпечує максимальний ефект.

Загальними критеріями вибору транспортуючої машини є:

- відповідність комплексу заданих технічних вимог;
- забезпечення надійності роботи в заданих умовах;
- техніко-економічна ефективність його застосування;
- відповідність вимогам охорони праці, ТБ і екології.

Технічними факторами вибору транспортуючої машини є:

- характеристика вантажу, що транспортується, і його фізико-механічні властивості;

- необхідна продуктивність машини;
- довжина й конфігурація траси транспортування вантажу;
- характеристика завантажувального й розвантажувального пристрою;
- виробничі й кліматичні умови навколишнього середовища, у яких повинна працювати машина.

Економічними факторами вибору транспортуючої машини є:

– вартість транспортування одиниці маси вантажу грн/т (Z_0)

$$Z_0 = C_p / Q_{\Gamma},$$

де C_p – річні експлуатаційні витрати (річна заробітна плата персоналу, витрати на електроенергію, витрати на мастильні й обтиральні матеріали, амортизаційні відрахування, відрахування на поточний і середній ремонт, витрати на перевезення, зберігання і т.д.);

Q_{Γ} – річний вантажообіг (маса вантажу переміщеного установкою за рік).

– наведені витрати (СП)

$$СП = C_p + E_H C_K,$$

де C_K – капітальні витрати на створення МНТ;

E_H – нормативний коефіцієнт ефективності вкладень ($E_H = 0,1 \dots 0,15$).

Основні напрямки перспективного розвитку сучасних транспортуючих машин

1 Створення конвеєрів для безперевантажувального транспортування вантажів від початкового до кінцевого пункту по прямолінійній і складній трасам великої протяжності.

2 Підвищення продуктивності конвеєрів за рахунок вибору раціональної форми вантажонесучого елемента й збільшення швидкості транспортування.

3 Підвищення надійності машин і спрощення їх обслуговування в тяжких умовах експлуатації.

4 Автоматизація управління МНТ і їх комплексами.

5 Зниження металоємності, маси й зменшення габаритних розмірів із застосуванням нових матеріалів.

6 Створення нових МНТ, заснованих на перспективних методах транспортування:

- із магнітним і повітряним підвісі вантажонесучого елемента;

- із приводом від лінійних двигунів.

7 Створення спеціалізованих роботів-маніпуляторів для виконання автоматичного завантаження й розвантаження конвеєрів у процесі їх безперервного руху.

8 Стандартизація й уніфікація вузлів МНТ.

9 Поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу.

Тема 4. Загальна теорія транспортуючих машин

Продуктивність машин неперервного транспорту

Продуктивність МНТ визначається кількістю вантажу, переміщеного в одиницю часу (зазвичай в годину).

Вона буває:

а) масова, т/ч; Q ;

б) об'ємна, м³/год; V ;

в) штучна, шт/год; Z .

Розрізняють технічну й експлуатаційну продуктивності МНТ.

Технічної (розрахункової, паспортної) продуктивністю називають кількість вантажу, переміщеного в одиницю часу при повному (раціональному, передбаченого розрахунками) заповненні вантажонесучого елемента машини й при збереженні постійної номінальної паспортної швидкості.

Таким чином, технічна продуктивність визначається технічними параметрами МНТ і властивостями переміщеного вантажу.

Експлуатаційну продуктивність визначають із обліком дійсних місцевих експлуатаційних умов, тобто ступеню заповнення вантажонесучого елемента машини й використання її в часі, а також з урахуванням властивостей переміщеного вантажу.

Таким чином, експлуатаційна продуктивність залежить не тільки від технічних параметрів машини й властивостей вантажу, але й від фактичних умов експлуатації.

Технічна Q і експлуатаційна $Q_{\text{Э}}$ продуктивності зв'язані між собою коефіцієнтом експлуатації

$$K_{\text{Э}} = Q_{\text{Э}} / Q = V_{\text{Э}} / V = Z_{\text{Э}} / Z,$$

де $Q_{\text{Э}}$, $V_{\text{Э}}$, $Z_{\text{Э}}$ – експлуатаційні (масова, об'ємна й штучна) продуктивності.

Коефіцієнт експлуатації являє собою добуток коефіцієнтів нерівномірності завантаження, використання за часом і коефіцієнта готовності

$$K_{\text{Э}} = K_{\text{Н}} K_{\text{В}} K_{\text{Г}},$$

де $K_{\text{Э}} = 1$ при безперервній роботі;

$K_{\text{Э}} < 1$ при неповній роботі й простоях;

$K_{\text{Н}} = 1 \dots 1,5$ коефіцієнт нерівномірності подачі вантажу, що залежить від способу й характеру завантаження конвеєра (менше значення приймають при безперервному завантаженні, більше – при періодичному завантаженні конвеєра);

$K_{\text{В}} = 0,8 \dots 0,95$ коефіцієнт машинного часу, що враховує всі перерви й простой машини протягом року (ремонт, технічне обслуговування, простій і ін.);

$K_{\text{Г}}$ до 1 – коефіцієнт готовності.

Середня експлуатаційна продуктивність визначається (наприклад, за зміну, місяць, рік):

$$Q_{\text{Э}} = Q_{\text{см}} / T, \text{ т/год}; \quad V_{\text{Э}} = V_{\text{см}} / T, \text{ м}^3/\text{год},$$

де T – тривалість роботи машини в зміну, місяць, рік у годину.

Технічна продуктивність:

$$Q = Q_{\text{Э}} / K_{\text{Э}} = Q_{\text{см}} / K_{\text{Э}} T;$$

$$V = V_{\text{Э}} / K_{\text{Э}} = V_{\text{см}} / K_{\text{Э}} T.$$

У всіх випадках основними параметрами, що визначають продуктивність МНТ є середня кількість вантажу на одиниці довжини вантажонесучого елемента конвеєра q , що виражається:

- в одиницях маси – масова продуктивність Q , т/ч;

- в одиниці об'єму – об'ємна продуктивність V , м³/год;

- у штуках – штучна продуктивність Z , шт/ч.

При рівномірному розподілі вантажу (q кг/м – рівномірному погонному навантаженню) на 1 м довжини вантажонесучого елемента й постійної його швидкості V м/с, масова продуктивність визначається по формулі:

$$Q_{\text{М}} = 3600 q v / 1000 = 3,6 q v, \text{ т/ч}.$$

Якщо насипний вантаж із щільністю ρ (т/м³) розташовується рівномірним шаром на несучому елементі машини у формі ринви з поперечним перерізом F (м²), то масова продуктивність визначається по формулі:

$$Q_{\text{М}} = 3600 F v \rho \psi, \text{ т/ч},$$

де ψ – коефіцієнт заповнення, може бути $\psi \leq 1$; $\psi > 1$.

v – швидкість руху вантажу, м/с;

ρ – насипна щільність вантажу, т/м³.

Об'ємна продуктивність:

$$V = 3600 F v \cdot \psi, \text{ м}^3/\text{ч}.$$

При переміщенні штучних вантажів масою m (т) або партіями по z штук погонне навантаження

$$q = \frac{m}{a}, \quad q = \frac{m z}{a}.$$

де a – шаг розташування штучних вантажів або партії вантажів, м;

z – число штучних вантажів у партії або на одному несучому елементі.

Масова продуктивність

$$Q_M = 3600 q v = 3600 \frac{m}{a} v; \quad \text{або} \quad Q_M = 3600 \frac{m z}{a} v, \text{ т/год.}$$

Штучна продуктивність

$$Z = 3600 \frac{m}{m a} v = 3600 \frac{v}{a}; \quad \text{або} \quad Z = 3600 \frac{v z}{a}, \text{ шт/год,}$$

або

$$Z = 3600 / t \text{ або } Z = 3600 z / t, \text{ шт/год,}$$

де $t = a / v$ – інтервал часу між вантажами, с.

Тема 5. Узагальнений коефіцієнт опору й потужність привода

Потужність на приводному валу:

$$P_0 = W v 10^{-3}, \text{ кВт,}$$

де W – тягове зусилля, Н;

v – швидкість руху вантажу, м/с.

Загальне тягове зусилля W складається із сум сил шкідливих опорів на всіх ділянках конвеєра й зусилля підйому вантажу на загальну задану висоту H .

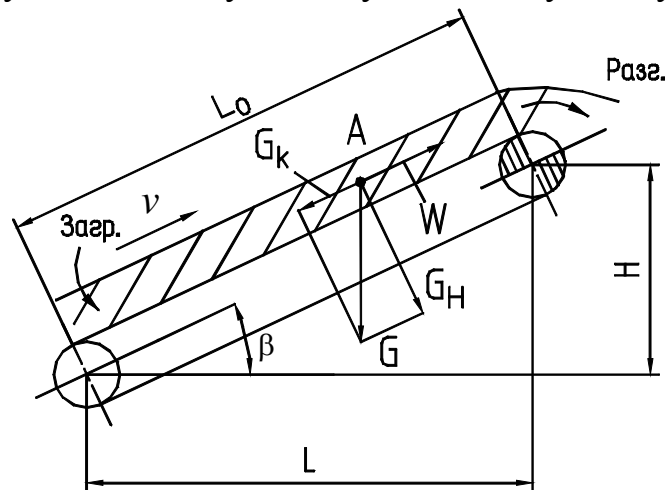


Рисунок 13 - Схема переміщення вантажу на похилому конвеєрі

Зосереджене навантаження від ваги вантажу G у точці A

$$G_H = G \cdot \cos\beta; \quad G_k = G \sin\beta; \quad G = q \cdot L_0.$$

Тоді

$$W = G_H \cdot w_0 + G_k = q \cdot l \cdot w_0 + q \cdot h,$$

$$L = L_0 \cdot \cos\beta; \quad H = L_0 \sin\beta,$$

де q – лінійна сила ваги переміщуваного вантажу, Н/м;

w_0 – узагальнений коефіцієнт опору горизонтальному переміщенню вантажу, дорівнює відношенню суми всіх сил шкідливих опорів, що виникають при переміщенні вантажу, до його сили ваги:

$$w_0 = \frac{\sum W}{G}.$$

Узагальнений коефіцієнт опору характеризує роботу всієї машини в цілому й показує, яка частка шкідливих опорів і зусилля на переміщення ходової частини конвеєра припадає на переміщення одиниці ваги корисного вантажу.

Лінійна сила ваги вантажу (Q (т/год) = q (Н/м) V (м/с) / $g / 1000 * 3600$), Н/м

$$q = \frac{Qg}{3,6v}.$$

де Q – розрахункова номінальна продуктивність конвеєра, т/ч;

Тоді загальне тягове зусилля:

$$W = \frac{g \cdot Q}{3,6 \cdot v} (Lw_0 + H), \text{ Н.}$$

Потужність на приводному валу

$$P_0 = \frac{g \cdot Q}{3600} (L \cdot w_0 + H), \text{ кВт.}$$

У вираженні потужності перший член являє собою складову потужності, що витрачається на подолання шкідливих опорів при переміщенні вантажу, а другий – потужність підйому вантажу на висоту H .

Для машин з підйомами й спусками, величина H буде дорівнює різниці висот усіх завантажених підйомів і спусків. Для горизонтальних $H = 0$.

Настановна потужність двигуна привода конвеєра:

$$P = K \frac{P_0}{\eta}, \text{ кВт,}$$

де $K = 1,1 \dots 1,2$ – коефіцієнт обліку інерційних зусиль і додаткових опорів;

η – загальний ККД привода.

Питання для контролю й самоконтролю

Технічна (розрахункова, паспортна) продуктивність машин безперервного транспорту – визначення.

Експлуатаційна (фактичний виробіток) продуктивність машин безперервного транспорту – визначення.

Узагальнений коефіцієнт опору – визначення й характеристика.

Тема 6. Стрічкові конвеєри

Конвеєри із гнучким тяговим елементом. Конструкція конвеєрів із гнучким тяговим елементом

Конвеєри із гнучким тяговим елементом мають кілька складених частин:

- гнучкий тяговий елемент, що передає рух вантажонесучому (стрічки, ланцюги різних типів і рідко сталеві канати);
- вантажонесучий або робочий елемент, який безпосередньо несе на собі вантаж, що транспортується;
- ходові опорні пристрої у вигляді котків, роликів, кареток, на яких (або по яких) рухаються вантажонесучий і тяговий елементи;
- натяжний пристрій, що створює необхідний первісний натяг тягового елемента;
- привод, що передає рух тяговому елементу;

- підтримуюча металоконструкція (станина) конвеєра.

Конструкція конвеєра визначається типом і конструкцією складових частин, особливо тягового елемента. У деяких МНТ (стрічковий конвеєр і ін.) тяговий і вантажонесучий елементи співпадають (вантаж лежить на тяговому елементі).

Характерною рисою конвеєрів із гнучким тяговим елементом є рух вантажу разом з тяговим елементом на робочій галузях. Їхнім ще називають конвеєрами з нескінченним (або, що безупинно рухаються по замкненому шляхові) тяговим елементом.

Тяговими елементами МНТ називаються частини конвеєра, що сприймають тягове зусилля, необхідне для переміщення вантажу, що транспортується.

Окремі ділянки нескінченного тягового елемента конвеєра прийнято називати галузями.

Розрізняють наступні галузі:

- робочу (на якій розташований вантаж, що транспортується);
- холосту (порожнякову), що не несе вантаж;
- дуги обхвату тяговим елементом приводних і натяжних барабанів або зірочок.

Несучими елементами МНТ називаються ті частини конвеєра, на яких лежить переміщуваний вантаж. Несучими елементами є:

- стрічки, пластинчастий настил, ланки ескалатора, ковші, полки, підвіски, візки.

До несучих тягових елементів усіх видів пред'являється наступні вимоги:

- мала метало- і матеріалоємність;
- стійкість проти абразивного зношування;
- гарна спорожняємість;
- відсутність просипання вантажу;
- висока надійність і довговічність;
- мале подовження в процесі роботи.

Стрічкові конвеєри. Загальні відомості

Стрічковими конвеєрами називаються машини безперервного транспорту тяговими елементами, вантажонесучими елементами яких є гнучка стрічка.

Стрічкові конвеєри є одним з найпоширеніших транспортуючих машин для переміщення всіляких вантажів, у всіх областях промислового й с/г виробництва, при видобутку корисних копалин, у металургії, на складах і портах.

Істотною перевагою стрічкових конвеєрів є значна продуктивність, яка при більших швидкостях руху (6...8 м/с) і ширині стрічки (2...3 м) досягає 30000 т/год, що в багато разів перевищує продуктивність інших конвеєрів.

Можна назвати й ряд інших переваг:

- простота конструкції;
- безшумність у роботі;
- висока надійність навіть при роботі в тяжких умовах;
- можливість транспортування вантажів у похилому напрямку нагору й униз на більші відстані (3-5 км);
- можливість повної автоматизації;
- легкість обслуговування й малі експлуатаційні витрати.

До недоліків стрічкових конвеєрів відносяться:

- висока вартість стрічки й роликів, що складає відповідно 50% і 30% загальної вартості конвеєра;

- швидке зношування стрічки;
- необхідність центрування стрічки;
- неможливість застосування на криволінійних ділянках у плані;
- складність застосування простих приводів.

Зростаюче використання стрічкових конвеєрів вимагає підвищення їх якості й техніко-економічних показників, ставить перед конструкторами й дослідниками важливі завдання: створення високоміцних і теплостійких стрічок, розробка конвеєрів великої потужності, зниження матеріалоемності конструкцій і ін.

Стрічкові конвеєри. Класифікація

Існує багато типів стрічкових конвеєрів, які можна класифікувати:

По області застосування:

- загального призначення;
- спеціальні;
- піднімальні.

По характеру установки:

- стаціонарні;
- пересувні;
- переставні.

По виду вантажу, що транспортується:

- насипних вантажів;
- штучних вантажів.

По типу стрічки:

- с прогумованою стрічкою;
- с металеві суцільною стрічкою;
- с металеві сітчастою стрічкою.

За формою стрічки:

- плоскі;
- жолобчасті ($B_{л} = 400+2000$ мм).

По типу й місцю установки привода:

- с однобарабанним приводом;
- с двохбарабанним приводом;
- с однобарабанним приводом і притискним роликом;
- с однобарабанним приводом і притискною стрічкою.

Привод може бути розташований на кінцях і середньої частини стрічкового конвеєра.

По геометрії траси (рис. 14):

- горизонтальні;
- похилі;
- горизонтально-похилі.

По розташуванню робочої галузі:

- с нижньому розташуванням робочої галузі;

– с верхньому розташуванням робочої галузі.

По способу розвантаження:

- с проміжним розвантаженням за допомогою барабаних скидальних візків;
- с проміжним розвантаженням за допомогою ножових скидачів.

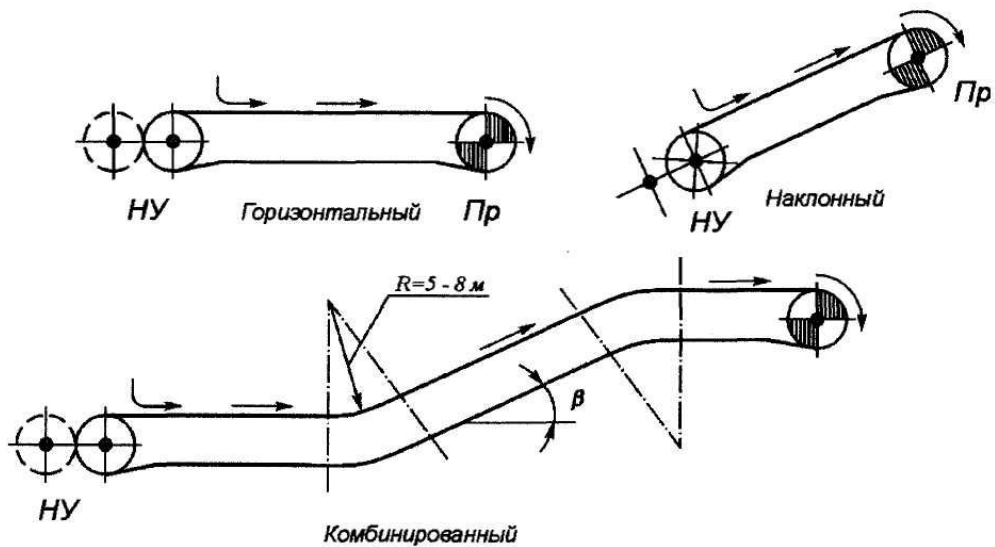


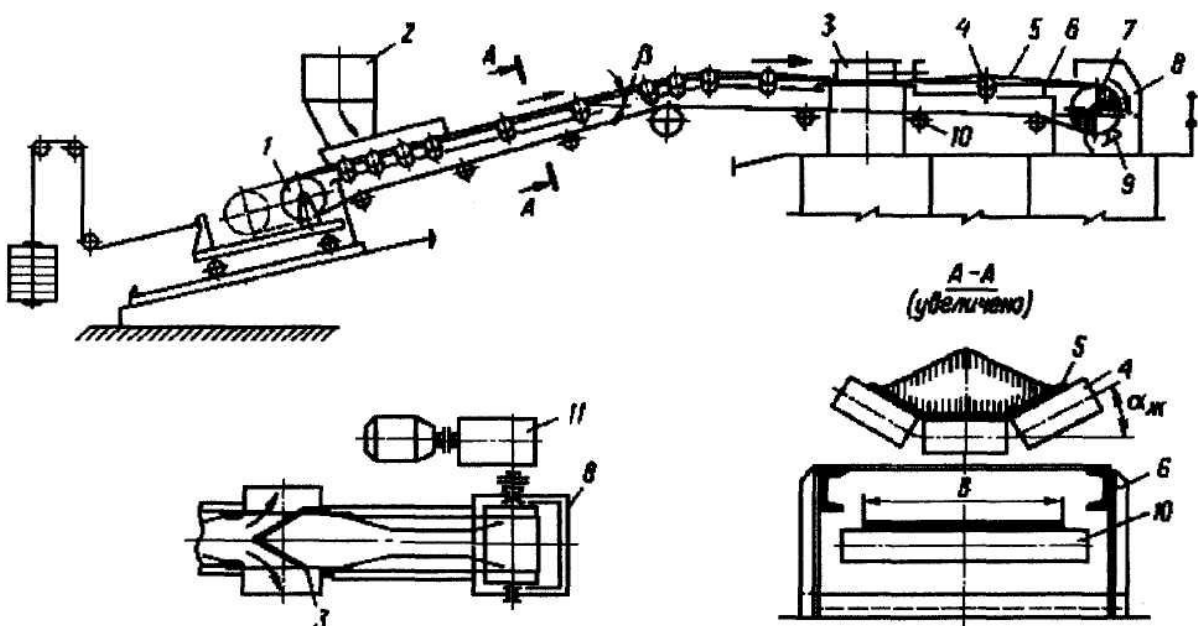
Рисунок 14 - Типи стрічкових конвеєрів по геометрії траси

По типу натяжного пристрою:

- вантажні;
- гвинтові;
- із механічним приводом, розташованим в кінцевій й у середній частині конвеєра.

По куту нахилу:

- пологі $\beta \leq 20^\circ$;
- крутопохилі $\beta > 20^\circ$;
- вертикальні.



1 - задній натяжний барабан; 2 - завантажувальна воронка;

- 3 - плужковий (барабанний) перевантажувач; 4 - верхні ролюкоопори;
 5 - стрічка; 6 - станина; 7 - передній приводний барабан;
 8 - розвантажувальна воронка; 9 - очисний пристрій;
 10 - нижні ролюкоопори; 11 - привод

Рисунок 15 - Основні складені елементи стрічкових конвеєрів

До складу стрічкового конвеєра можуть входити центручий пристрій, регулюючий пристрій, пристрій для зважування вантажу на стрічці.

Як правило, верхня гілка робоча, нижня - холоста. Кут нахилу β повинен бути приблизно на 10° менше кута тертя вантажу про стрічку. Для його збільшення застосовують спеціальну стрічку.

Основні напрямки розвитку стрічкових конвеєрів

- збільшення довжини траси;
- підвищення продуктивності;
- збільшення кута нахилу;
- зменшення ваги конструкції й вартості;
- підвищення терміну служби й надійності;
- збільшення потужності привода до 1500-2000 кВт;
- автоматизація;
- стандартизація й уніфікація;
- принцип агрегатного комплектування вузлів.

Тема 7. Елементи стрічкових конвеєрів. Конвеєрні стрічки

Вантажонесучим і тяговим елементом на стрічковому конвеєрі служить стрічка. Стрічки бувають прогумовані тканеві, гумовотросові, сталеві, синтетичні.

Нормальний ряд ширини стрічки за ГОСТ 22644-77: 300мм, 400мм, 500мм, 650мм, 800мм, 1000мм, 1200мм, 1400мм, 1600мм, 2000мм, 2500мм, 3000мм.

Основні вимоги до стрічки:

- висока міцність і зносостійкість;
- мала матеріалоемність і маса;
- невелике відносне подовження;
- високу еластичність (гнучкість) у поздовжньому й поперечному напрямках;
- мала гігроскопічність;
- значна опірність знакозмінним навантаженням.

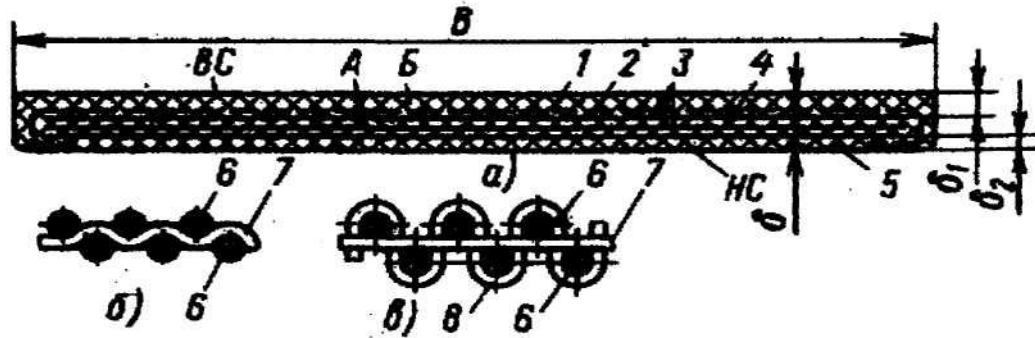
Прогумована стрічка має тяговий каркас – А (рис.16.1), покритий з усіх боків еластичним захисним заповнювачем – Б.

По типу тягового каркаса стрічки розрізняють: гумовотканинні й гумовотросові.

Гумовотканинна стрічка складається з декількох просочених гумою тканевих прокладок. Зверху й знизу стрічка покрита гумою різної товщини. Сталеві стрічки звичайно $\delta = 1$ мм і шириною до 800мм.

Гумовотканинні стрічки (за ГОСТ 20-85).

Тяговим каркасом стрічки служать прокладки з різних тканин, розташовані пошарово з гумовими прокладками.



а, б, в – гумовотканинна з одноосновними (б)
і двохосновними (в) прокладками;

1 – верхня обкладка (вантажна); 2 – захисна брекерна тканина;
3 – прокладки; 4 – гумові прошарки; 5- нижня обкладка (підтримуюча); 6-
основа (поздовжні нитки); 7, 8 - качок (поперечні нитки)

Рисунок 16 - Гумовотканинна стрічка

Тканеві прокладки сучасних стрічок виготовляють з синтетичного або комбінованого волокна (капрону, нейлону, лавсану, і ін.), що має високу міцність, а також бавовняних тканин (з одинарними - бельтинговими шнуровими прокладками).

Виготовляють стрічки із прокладками із тканин типу МК-600 і МК-800 з міцністю 600 і 800 Н/мм однієї прокладки.

Тканинна прокладка складається з поздовжніх ниток (основи) і поперечних ниток. Прокладки бувають: одноосновні - з одним рядом ниток основи (найбільше розповсюджений тип); двохосновні - для стрічок підвищеної надійності при транспортуванні крупнокускових вантажів і багатоосновні (суцільноткані).

Зверху над першою прокладкою укладають захисну (брекерну) тканину, що зберігає прокладку від ушкоджень.

У якості заповнювача застосовують гумові суміші з натуральним або синтетичним каучуком, з додаванням сажі або залізного сурику, крейди, пластмаси.

По рецептурі заповнювача й призначенню виконують стрічки:

- загального призначення $t^{\circ}(+60 \dots -45)^{\circ}\text{C}$;
- морозостійкі, вид М $t^{\circ}(+60^{\circ}\dots -60^{\circ})^{\circ}\text{C}$;
- теплостійкі, вид Т t° до $+100^{\circ}\text{C}$;
- підвищеної теплостійкості ПТ t° до $+200^{\circ}\text{C}$;
- харчові П;
- негорючі Ш;
- маслостійкі МС;
- такі, що мають властивість намагнічування.

Гумовотросові стрічки.

Знаходять усе більше застосування в потужних конвеєрах. Мають невелике подовження (не більш 0,5%), значно більшу довговічність і гнучкість. Ширина стрічок досягає 3500мм, діаметр троса від 2,1мм до 11,6мм, шаг 20...25мм, діаметр дроту 0,3...1мм.

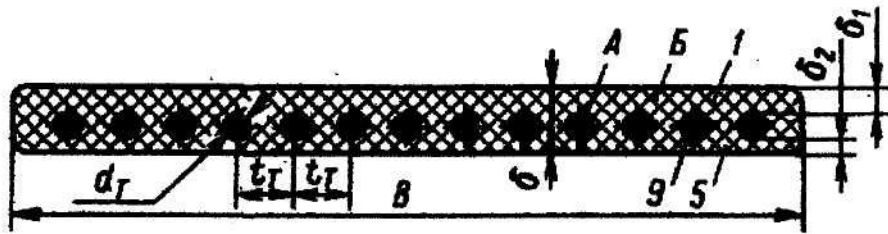


Рисунок 17 - Гумовотросова стрічка

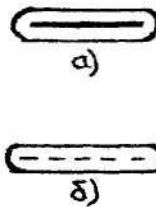
Переваги гумовотканинних стрічок: можливість комбінації функцій тягового й несучого елементів (за винятком стрічок ковшового елеватора), висока здатність до амортизації, універсальність виконання стикового з'єднання, мала маса, простота конструкції й експлуатації, швидкість пересування стрічки до 6...8м/с.

Недоліки: велике подовження в процесі роботи (до 5%), фрикційний спосіб передачі тягового зусилля, що вимагає великого первісного натягу.

Переваги гумовотросових стрічок: більша міцність, малі подовження, високий термін служби.

Недолік: більша маса, складність виготовлення.

Сталева гумована стрічка.



а – із вбудованою металевією плосою;

б- із вбудованою металевією сіткою

Рисунок 18 - Сталева гумована стрічка

Недоліком цих стрічок є велика поперечна жорсткість, тобто неможливість застосування на конвеєрах з жолобчастим профілем.

Способи з'єднання кінців стрічки.

Кінці гумовотканинної стрічки при стикуванні з'єднуються:

- гарячої або холодному клеєнню (клей - СВ-5);
- металевими з'єднувачами (скобами, шарнірами);
- внахлестку заклепками;
- зшивають сирицевими ременями;
- вулканізацією.

При склейці кінці стрічки обробляють східчасто під кутом 18...26°.

Гумовотросову стрічку з'єднують тільки методом вулканізації.

Шляхи підвищення терміну служби стрічок

Конвеєрна стрічка є дорогим елементом. Тому, у процесі роботи, треба звертати увагу на підвищення строку її служби, який залежить від якості стрічки, довжини конвеєра, висоти падіння вантажу і його розміру. Із цією метою на заводах підвищують поздовжню й поперечну міцність каркасів, поліпшують якість гуми, збільшують товщини робочої обкладки стрічки.

На місці експлуатації знижують висоту падіння вантажу, застосовують криволінійні лотки, встановлюють живильники для створення запобіжних пристроїв, знижують крупність вантажів.

Однак у кожному випадку необхідні попередні економічні розрахунки для оцінки ефективності одного із обраних способів.

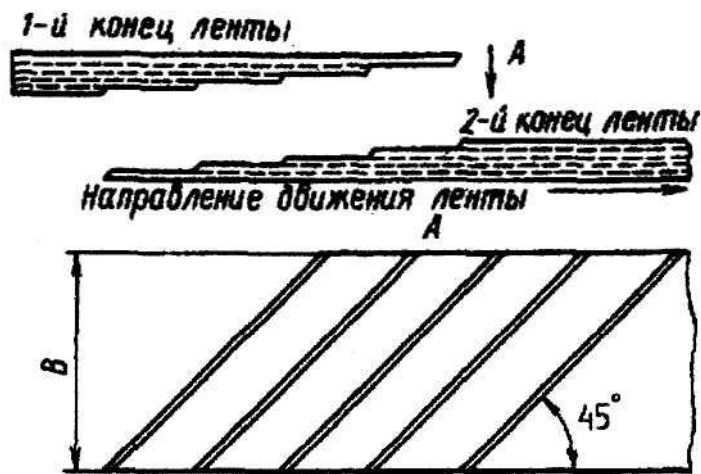


Рисунок 19 - Схема оброблення кінців гумовотканинної стрічки для вулканізованого стику

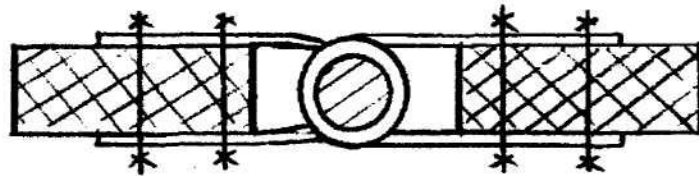


Рисунок 20 - Схема з'єднання кінців стрічки металевими з'єднувачами

Розрахунки конвеєрних стрічок

Розрахунковими параметрами стрічок є: ширина B , товщина δ , число прокладок i , маса одного метра (погонна маса), міцність тканини прокладки на поздовжній розрив $S_{рп}$.

Точні значення маси одного метра стрічки дані в каталогах або в ГОСТ на стрічки.

Необхідне число прокладок по розрахунковому натягові:

$$i > k S_{\max} / (S_{р1} B),$$

де k - коефіцієнт запасу міцності стрічки ($k = 10 \dots 15$);

S_{\max} - максимальний розрахунковий натяг стрічки, Н;

$S_{р1}$ - міцність тканини прокладки, Н/мм;

B - ширина стрічки, м.

$$k = K_0 / (K_{нр} K_{ст} K_T K_p),$$

де K_0 - номінальний запас міцності ($K_0 = 5 \dots 10$ для теплостійких стрічок, $K_0 = 15$ при $t = 150^\circ$ і $K_0 = 20$ при t до 200°);

$K_{нр}$ - коефіцієнт нерівномірності роботи прокладок:

Число прокладок, i	3	4	5	6	7	8
$K_{нр}$	0,95	0,9	0,88	0,85	0,82	0,8

$K_{ст}$ - коефіцієнт міцності стикового з'єднання, $K_{ст} = 0,95-0,8$ (для вулканізованого стику), $K_{ст} = 0,5$ (стик виконаний за допомогою скоб і шарнірів), $K_{ст} = 0,4-0,3$ (стик внахлестку заклепками);

K_T - коефіцієнт конфігурації траси, $K_T = 1$ - для прямолінійного горизонтального конвеєра, $K_T = 0,9$ - для прямолінійного похилого конвеєра, $K_T = 0,85$ - для похилого конвеєра зі складним профілем;

K_p - коефіцієнт режиму роботи:

Режим роботи	ВЛ	Л	С	Т	ВТ
K_p	1,2	1,1	1,0	0,95	0,85

Сорт гуми й товщини зовнішніх обкладок на верхній δ_1 і нижньої δ_2 сторонах стрічки вибираються залежно від властивостей і розмірів шматків вантажу, що транспортується, режиму роботи й частоти проходження стрічки через пункт завантаження.

Для малоабразивних насипних вантажів $\delta_1 = 3$ мм, $\delta_2 = 1$ мм.

Для середньоабразивних: дрібнокускових $\delta_1 = 3,0 \dots 4,5$ мм, $\delta_2 = 1$ мм;

середньокускових $\delta_1 = 4,5 \dots 8$ мм, $\delta_2 = 2$ мм.

Для сильноабразивних середньо- і крупнокускових вантажів $\delta_1 = 4,5 \dots 10$ мм, $\delta_2 = 2 \dots 3$ мм.

Для штучних вантажів $\delta_1 = 2 \dots 3$ мм, $\delta_2 = 1 \dots 2$ мм.

Тема 8. Елементи стрічкових конвеєрів. Опорні й відхиляючі пристрої

Опорні пристрої.

Одним з основних елементів стрічкових конвеєрів є опорні пристрої.

Роликоопори або настил (дерево, сталь, пластмаса - застосовується дуже рідко на конвеєрах малої довжини).

Роликові опори

Від роботи роликів залежать наступні показники:

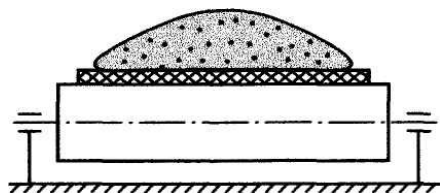
- довговічність стрічки;
- споживання електроенергії приводом.

Для транспортування вантажів застосовують багатороликові опори.

Основні параметри роликів опор установлені ГОСТ 22645-77 і 22646-77.

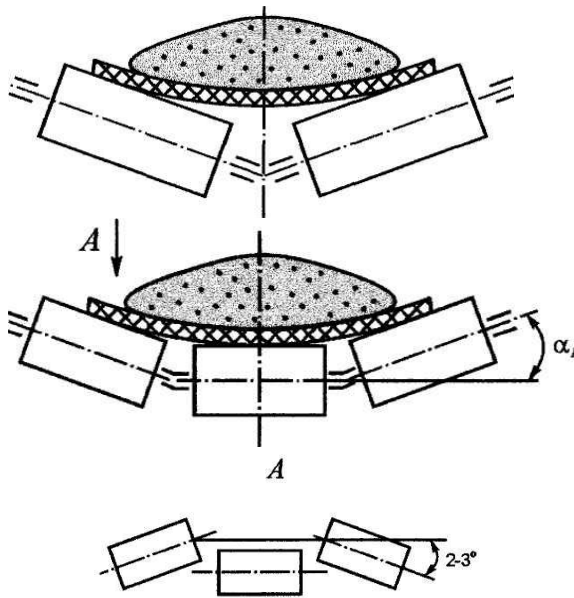
Відповідно до призначення роликоопори діляться на дві групи: для робочої (верхньої) і неробочої (нижньої) гілки.

Верхні роликоопори бувають прямими й жолобчастими на 2-х, 3-х і 5-ти роликах, амортизуючих, centruючих, регулюючих.



Однороликові - застосовують для плоскої стрічки малої продуктивності й для неробочої гілки.

Пряма однороликова опора



Двохроликові при $V_{дл} = 300...650$ мм

Роликоопора жолобчаста на 2-х роликах

Трьохроликові ($\alpha_1 = 20^\circ - 30^\circ$) для тросової стрічки $\alpha_1 = 35$, при $V_{дл} = 800...1600$ мм

Роликоопора жолобчаста на 3-х роликах

П'ятироликові при $V_{дл} = 1600...3500$ мм

Розрізняють три типи роликоопор:

- жорсткої конструкції - стаціонарне навішення роликів;
- жорсткої конструкції - навішення роликів із амортизуючи ми елементами;
- канатної конструкції - гірляндове навішення роликів.

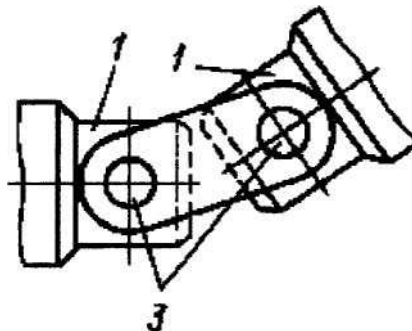


Рисунок 21 - Вузол шарнірного з'єднання роликів

Роликоопора повинна бути податливою у вертикальній площині й не зачіплятися стрічкою по ходу її руху.

Крім жорсткого з'єднання роликів є шарнірне з'єднання роликів.

При транспортуванні вологих і хімічно агресивних вантажів застосовуються підвісні роликоопори із гнучкою віссю зі сталевого канату (канатний підвіс), на якому закріплений комплект гумових або пластмасових дисків-роликів. Гнучкі роликоопори мають тільки два підшипники, що підвішуються до станини конвеєра. Канатний підвіс забезпечує більш плавне прилягання стрічки до роликів.

У загальному випадку роликоопора складається зі стійок 1, роликів 2, підстави 3.

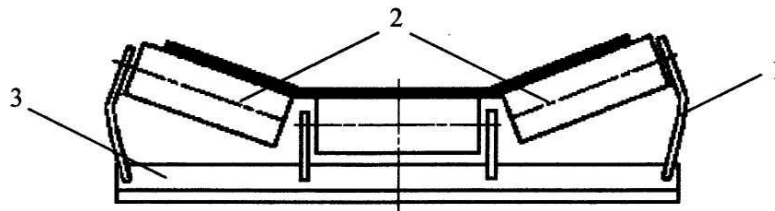


Рисунок 22 - Роликоопора жолобчаста на 3-х роликах

Ролик містить обичайку 4, у яку завальцьовані вкладиші 5, з'єднані з розпірною трубою 6. Підшипник 8 встановлено на вісь 7, 9 - ущільнення.

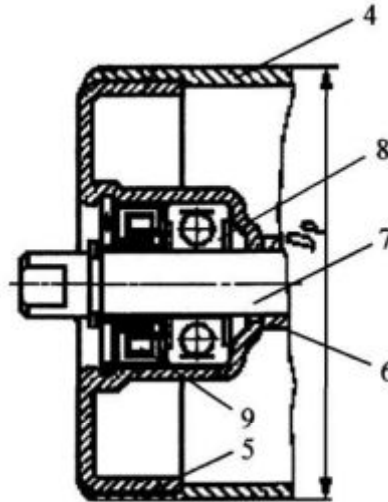


Рисунок 23 - Основні складені елементи ролика стрічкового конвеєра

Для захисту підшипника із зовнішньої сторони від пилу застосовуються складні лабіринти ущільнення з додатковими контактними шайбами або без них, у деяких випадках застосовується манжетне ущільнення. Із внутрішньої сторони підшипник захищений шайбою, жировими канавками у вкладиші або внутрішній трубі.

Змащення роликоопор може бути: індивідуальним, централізованим й закладним.

Вибір діаметра ролика проводиться за умови:

- момент тертя стрічки без вантажу о ролик більше моменту тертя в підшипниках і ущільненнях, інакше стрічка буде сковзати по роликах;
- відцентрова сила обертового ролика не повинна відривати вантаж від стрічки при огинанні ролика.

Діаметр ролика підвищується зі збільшенням щільності й кусковатості вантажу, ширини та швидкості руху стрічки, однак надмірне збільшення небажане, тому що зростає його маса й вартість.

ГОСТом передбачаються

Д _р	89	108	135	159	194, 219, 245
В	400...800	400... 1200	800... 1200	800... 1400	800... 3500

Амортизуючі ролики

Установлюються в зоні завантаження стрічки, служать для зм'якшення ударів падаючого вантажу й запобігання стрічки від ушкоджень. На корпус ролика одягаються пружні гумові шайби (роздільні – а' або суцільні - а).

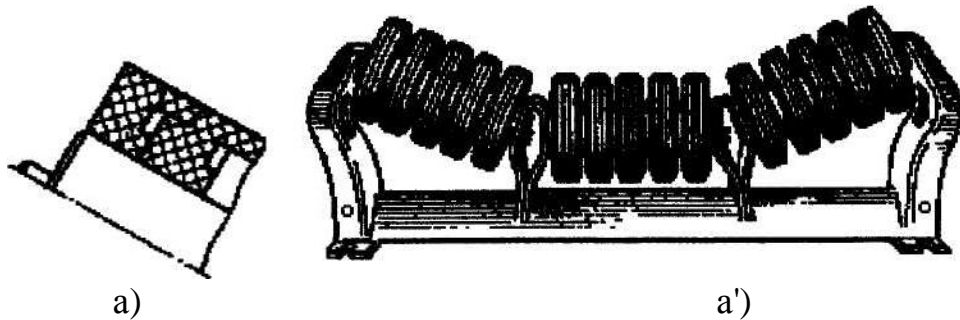


Рисунок 24 - Амортизуючі ролики стрічкових конвеєрів

Конструктивно виконують плоскими або жолобчастими. Замість них іноді застосовують ролики на пружних опорах. Вони застосовуються в конвеєрах, що транспортують важкі насипні вантажі (руда, камінь).

Центруючі роликоопори

У процесі роботи конвеєра по різних причинах можливе поперечне зміщення стрічки з роликів (причини: одностороннє завантаження стрічки, налипання вантажу на барабанах і роликах, неправильне стикування стрічки й ін.).

Для автоматичного вирівнювання ходу стрічки служать центруючі роликоопори.

Центруюча жолобчаста роликоопора (а) має трьохроликову опору 1, установлену на поворотній рамі 3, яка встановлюється на вертикальній осі 4. До рами прикріплені важелі 5 з дефлекторними роликами 2. Стрічка при зсуві убік давить на дефлекторні ролики й поворотна рама розвертається навколо вертикальної осі. У результаті утворюється момент від дії стрічки, який змушує стрічку йти до центру роликоопори. Після повернення стрічки в центральне положення, роликоопора рухом самої стрічки автоматично встановлюється в нормальне положення. Ці опори застосовуються при $l_{\text{конв}} > 40$ м.

Центруюча роликоопора з гальмовими колодками (в) застосовується для реверсивних конвеєрів; має підтримувальний ролик 1, дефлекторні ролики 2, важелі 6 з гальмовими колодками 7.

У конвеєрів великої потужності застосовуються батареї центруючих роликів (2-3 шт.). Їхнім недоліком є більша висота дефлекторних роликів, що утрудняє розвантаження конвеєра пересувними розвантажувальними станціями.

Існують центруючі роликоопори з дебалансними кільцями. Для холостої гілки використовуються роликіві батареї (3 шт.) або прямі ролики, рухливі у вертикальній і горизонтальній площинах на $2...3^\circ$.

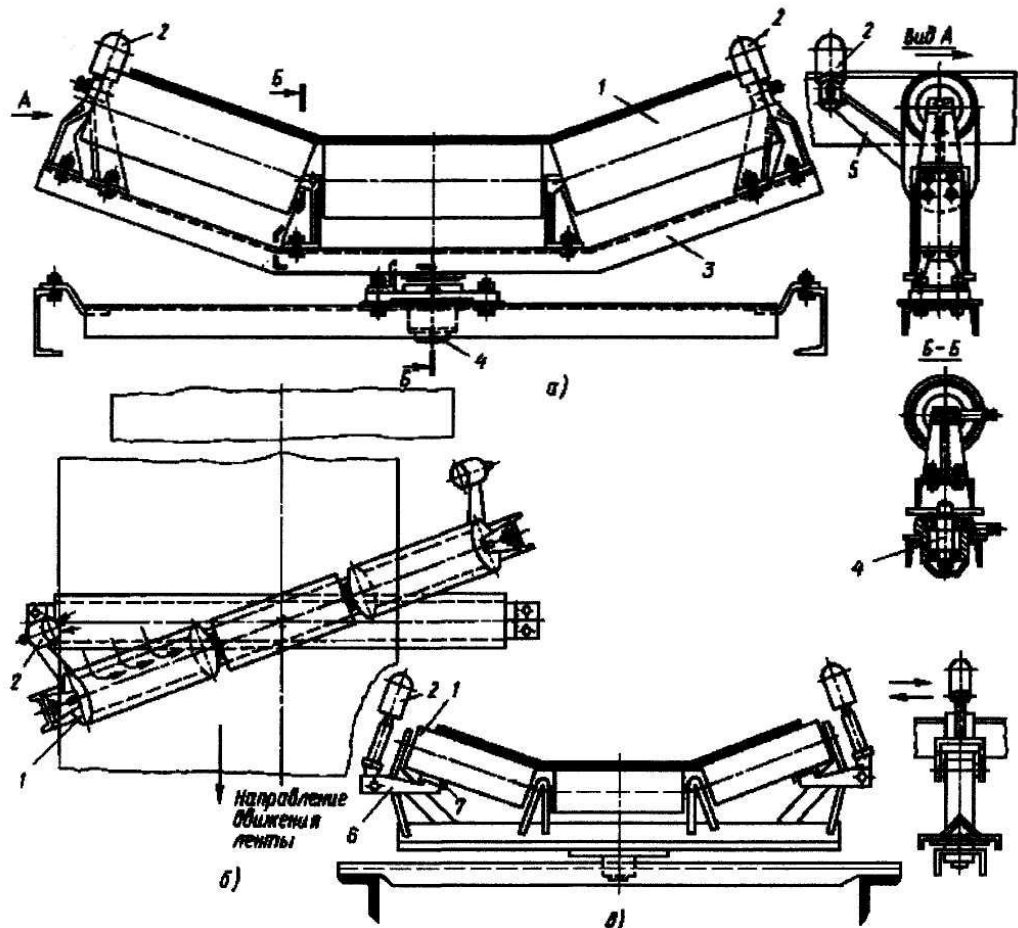


Рисунок 25 – Жолобчата центруюча ролюкоопора

Регулюючі ролюкоопори

Призначені для усунення зсуву стрічки убік, викликаного постійними причинами: нерівномірним завантаженням, ребровою кривизною стрічки, дією вітру. Коригувальний поворот рами встановлюють за допомогою гвинтового механізму.

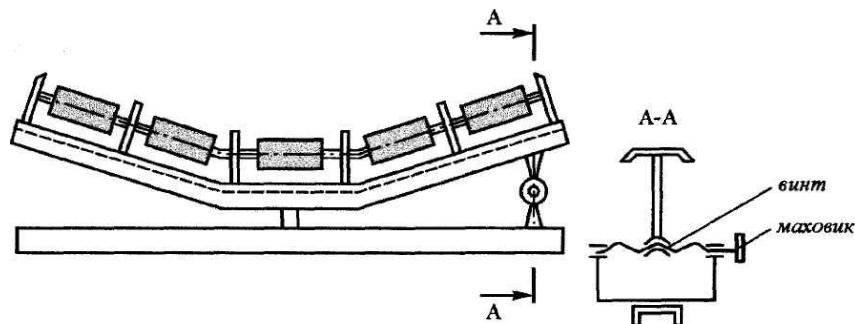
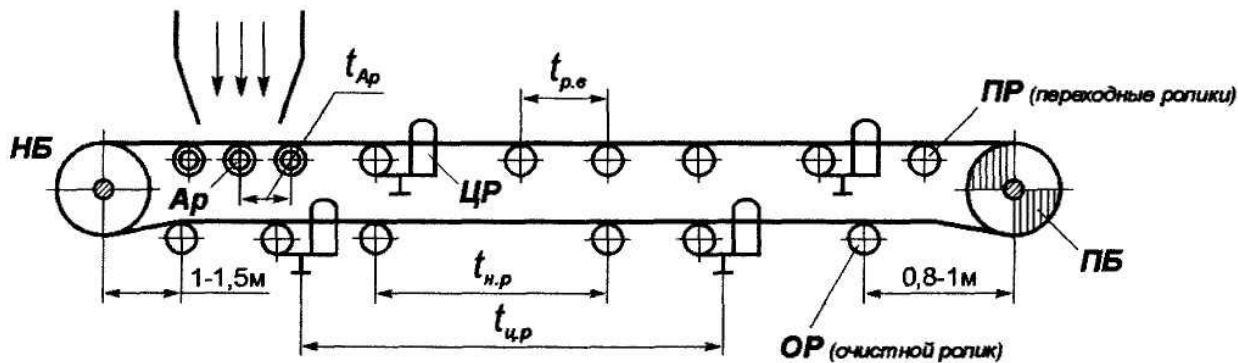


Рисунок 26 - Регулююча ролюкоопора

Очисні ролюкоопори

Очисні ролюкоопори можуть бути дисковими або спіральними, вібраційні майже не застосовуються.



$$t_{AP} = 0,5t_{pB}, \quad t_{pB} = 1,2 - 1,6\text{м}, \quad t_{н.р} = 2 t_{pB}, \quad t_{ц.р} = (10-14) / t_{pB}, (20...25\text{м})$$

Ap – амортизуючі ролики; Pв – ролики верхні; Pн – ролики нижні;
 Цр – центруючі ролики; Пр – перехідні ролики. Ор – очисний ролик;

ПБ – приводний барабан; НБ – натяжний барабан

Рисунок 27 - Схема розміщення роликоопор

Відхиляючі пристрої

Напрямок руху стрічки змінюється за допомогою кінцевих оборотних та відхиляючих барабанів, роликів батареї, а також по кривій вільного провисання стрічки.

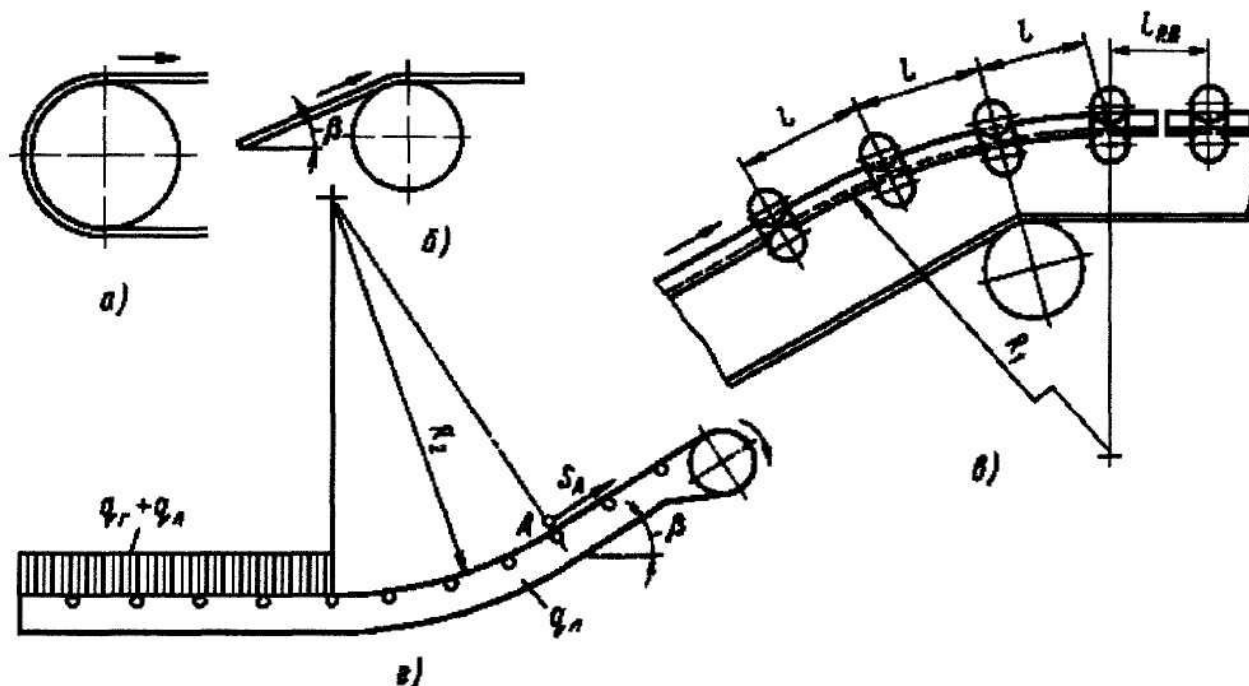


Рисунок 28 - Відхиляючі пристрої стрічкових конвеєрів

Перехід стрічки від похилого положення до горизонтального потрібен для створення напрямку зворотної гілки конвеєра, а також для вантажонесучої гілки із прямими роликоопорами. Діаметр відхиляючого барабана визначається по формулі

$$- D = k_a k_b i \quad (\text{для гумовотканинної стрічки});$$

$$- D = k_b D_6 \quad (\text{для гумовотросової стрічки}),$$

де k_a - коефіцієнт, що залежить від типу прокладок;

k_b - коефіцієнт, що залежить від призначення барабана;

D_6 - діаметр приводного барабана.

На конвеєрах з жолобчастими роликоопорами перехід виконується на роликовій батареї із трьох-п'яти роликоопор для збереження жолобчастості стрічки й виключення можливості просипу вантажу. Роликоопори встановлюють на відстані l в 2...2,5 рази менше, чим на прямій ділянці.

Теоретичний радіус опуклої ділянки стрічки на відхиляючій роликовій батареї залежить від ширини й типу стрічки, кута нахилу бічних роликів, установлюваних на криволінійній ділянці, і натягу стрічки у верхній точці ділянки

$$R_{1\min} \geq 0,3 B \sin \alpha_p / (\varepsilon - \varepsilon_s),$$

де B - ширина стрічки;

α_p - кут нахилу бічного ролика.

$\varepsilon_s = \varepsilon S / S_d$ - відносне подовження стрічки від натягу наприкінці опуклої ділянки траси;

ε - відносне подовження стрічки при навантаженні;

S - натяг стрічки у верхній крапці кривої при усталеному русі.

Тема 9. Елементи стрічкових конвеєрів.

Завантажувальні, розвантажувальні й натяжні пристрої

Завантажувальні пристрої стрічкових конвеєрів

Конструкція завантажувальних пристроїв залежить від характеристики вантажу, що транспортується, і способу подачі його на конвеєр.

Штучні вантажі подаються на конвеєр за допомогою напрямних лотків або укладаються.

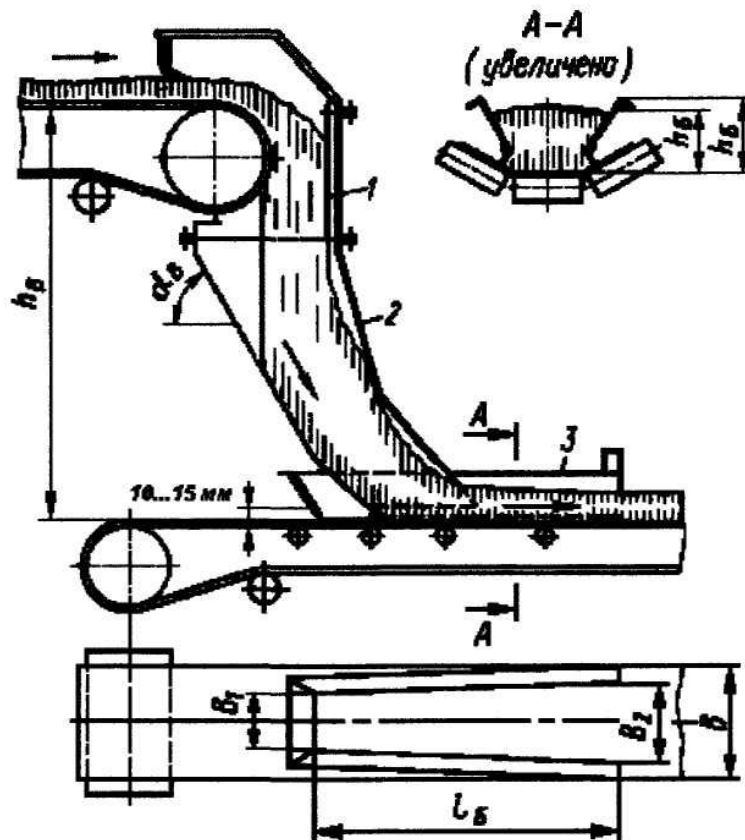


Рисунок 29 - Завантажувальний пристрій стрічкового конвеєра

Насипні вантажі подаються на конвеєр за допомогою стрічкового живильника, завантажувальної воронки 2 і прямого лотка 3 (рис. 29), які формують потік вантажу й направляють його в середину стрічки. Для забезпечення високого терміну служби стрічки й роликкоопор висота падіння вантажу на стрічку повинна бути мінімально можливою, а швидкість і напрямок подачі вантажу повинні бути близькі до швидкості й напрямку руху завантаженої стрічки.

Для запобігання передньої стінки від зношування:

- установлюють броньовий щит 1 із загартованої сталі;
- улаштовують окремі відсіки (кишені);
- установлюють лист зносостійкої гуми.

Найкращий результат – при футеровці стінки гребінчастою зносостійкою гумою.

Після виходу вантажу зі створу напрямних бортів він повинен перебувати в стані спокою. Дотримання цієї вимоги є основним для визначення довжини бортів.

Довжина напрямних бортів l_6 дорівнює шляхові ковзання вантажу по стрічці й визначається залежно від початкової швидкості вантажу v_0 , швидкості стрічки $v_{л}$, і сили тиску вантажу Q .

При розгоні маси сипучого вантажу (рис. 30), діють наступні сили:

- ваги mg ;
- тертя про стінки бортів $F_6 = k_6 f_6 m g \cos\beta$;
- інерції $F_{ин} = m j = m dv / dt$,
- j – прискорення вантажу при розгоні;
- тертя про стрічку $F_{л} = N f_{л} = m g \cos\beta f_{л}$.

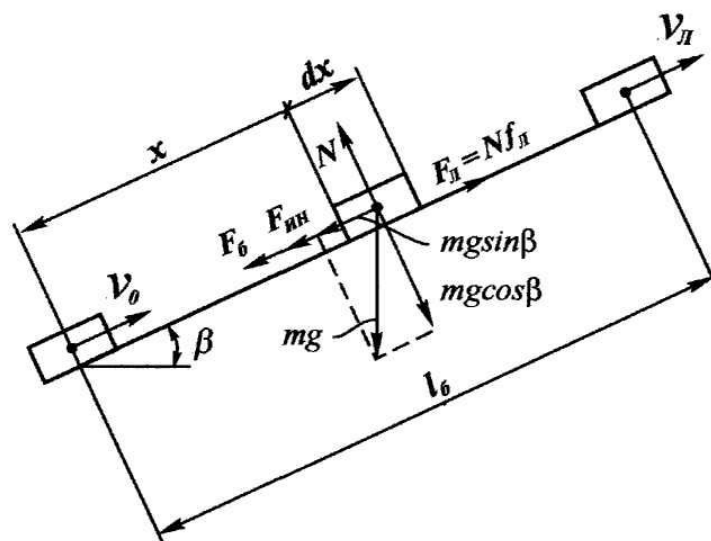


Рисунок 30 - Схема сил, що діють на вантаж, який перебуває на ділянці завантажувального пристрою

Відповідно до розрахункової схеми та за принципом Д'Аламбера сума проєкцій цих сил на напрямку руху стрічки дорівнює нулю:

$$F_{л} - m g \sin\beta - F_6 - F_{ин} = 0,$$

$$m g \cos\beta f_{л} - m g \sin\beta - k_6 f_6 m g \cos\beta - m dv / dt = 0,$$

Тоді прискорення вантажу при розгоні

$$dv / dt = g (f_{л} \cos\beta - \sin\beta - k_6 f_6 \cos\beta).$$

Враховуючи, що $dt = dx / v$

$$v dv = g (f_l \cos\beta - \sin\beta - k_\delta f_\delta g \cos\beta) dx,$$

$$\int_{v_0}^{v_l} v \cdot dv = g (f_l \cos\beta - \sin\beta - k_\delta f_\delta g \cos\beta) \int_0^{l_\delta} dx,$$

$$\frac{v_l^2 - v_0^2}{2} = g (f_l \cos\beta - \sin\beta - k_\delta f_\delta g \cos\beta) l_\delta,$$

Тоді мінімальна довжина бортів

$$l_\delta = \frac{v_l^2 - v_0^2}{2g(f_l - tg \beta - k_\delta f_\delta) \cos \beta}$$

де k_δ - коефіцієнт бічного тиску вантажу на напрямні борти;

f_l - коефіцієнт тертя вантажу про стрічку;

f_δ - коефіцієнт тертя вантажу про напрямні борти;

l_δ - мінімальна довжина бортів, м. Зазвичай приймають: $l_\delta = (1,25...2) B$;

$h_\delta = (0,3...0,5) B$; $B_1 \approx 0,5B$; $B_2 \approx 0,6 B$;

v_0 - початкова швидкість вантажу в напрямку руху стрічки, м/с;

B - ширина стрічки.

Середня маса вантажу, що доводиться на 1 м довжини борту

$$q_{cp} = Q / (3,6 v_{cp})$$

Розрахункова продуктивність конвеєра (т/год)

$$Q = 3600 F v_{cp} \rho = 3600 b_{cp} h_{cp} v_{cp} \rho,$$

де v_{cp} - середня швидкість руху вантажу;

b_{cp} - відстань між бортами, м;

ρ - об'ємна маса вантажу, т/м³.

$$q_{cp} = 1000 b_{cp} h_{cp} \rho .$$

Середня висота вантажу (м) по довжині бортів

$$h_{cp} = Q / (3600 b_{cp} v_{cp} \rho)$$

Використовуючи гідростатичний закон розподілу тиску вантажу (рис. 31) по середній висоті борту h_{cp} , можна прийняти, що сила впливу вантажу на борт дорівнює середньому тиску, помноженому на площу борту

$$N_\delta = \frac{1000 h_{cp} \rho}{2} h_{cp} l_\delta g .$$

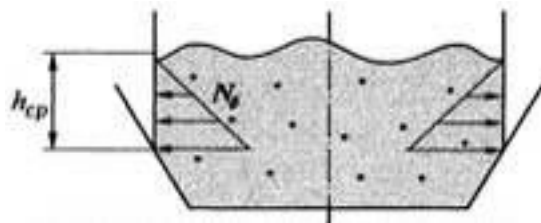


Рисунок 31 - Розподіл тиску вантажу по висоті борту

Повна сила тертя вантажу по двох бортах

$$F_\delta = 2 N_\delta f_\delta = \frac{h_{cp}}{b_{cp}} q_{cp} l_\delta f_\delta g .$$

При використанні коефіцієнта $k_\delta = h_{cp} / b_{cp}$ силу тертя вантажу по борту можна представити у вигляді

$$F_\delta = k_\delta q_{cp} l_\delta f_\delta g ,$$

де $q_{cp} l_6$ – маса вантажу, який розганяється до швидкості стрічки.

У пункті завантаження виникає значний місцевий опір руху стрічки. Цей опір особливо великий для конвеєрів великої продуктивності й високої швидкості стрічки.

Повна сила опору руху стрічки під вантажем на довжині l_6 , тобто на довжині вирівнювання швидкостей.

$$W_{з.в} = F_{л} = m g \cos\beta f_{л} = q_{cp} l_6 \cos\beta f_{л} g .$$

Підставляючи в це вираження l_6 , одержуємо

$$W_{з.в.} = \frac{q_{cp} f_{л} (v_{л}^2 - v_0^2) \cos\beta}{2(f_{л} - tg\beta - k_{\delta} f_{\delta}) \cos\beta} = \frac{q_{cp} f_{л} (v_{л}^2 - v_0^2)}{2(f_{л} - tg\beta - k_{\delta} f_{\delta})}$$

або

$$W_{з.в.} = \frac{2Q f_{л} (v_{л} + v_0)(v_{л} - v_0)}{3.6(v_{л} + v_0) 2(f_{л} - tg\beta - k_{\delta} f_{\delta})} = \frac{Q f_{л} (v_{л} - v_0)}{3.6(f_{л} - tg\beta - k_{\delta} f_{\delta})}$$

Тема 10. Розвантажувальні пристрої стрічкових конвеєрів

На стрічкових конвеєрах застосовують кінцеве й проміжне розвантаження. Кінцеве розвантаження проводиться з барабана за допомогою розвантажувальної wirви, проміжна - за допомогою плужкових або барабаних скидачів.

Полюсна відстань

На кожному частку вантажу, що перебуває на барабані радіуса r , діє сила ваги (вага) і відцентрова сила. Сумарний вектор цих сил перетинається з вертикальною віссю в крапці M , називаної полюсом (рис. 32). З подоби геометричного й силового трикутників можна записати:

$$\frac{mg}{h_n} = \frac{mv^2}{r^2} \text{ звідси } h_n = g r^2 / v^2, v = n 2 \pi r / 60 \text{ тоді } h_n = 895 / n^2,$$

де n - частота обертання барабана, $хв^{-1}$.

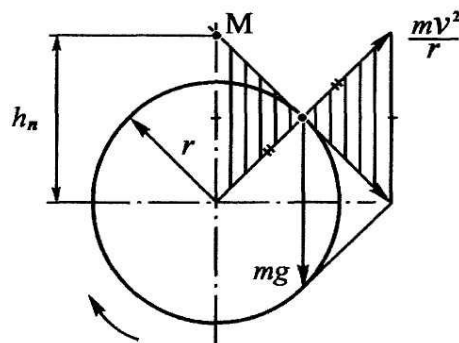


Рисунок 32 - Схема сил, що діють на вантаж при розвантаженні

При розвантаженні з барабана частинки вантажу, відриваючись від стрічки, рухаються по параболі, траєкторія якої визначаються координатами:

$$x = v_i t; \quad y = g t^2 / 2 ,$$

де v_i - швидкість руху частки вантажу, м/с;

t - час руху частки, с;

Спільний розв'язок цих рівнянь дає рівняння траєкторії польоту часток у нижній частині потоку

$$y = g x^2 / (2 v^2),$$

Для внутрішнього обрису шару вантажу

$$v_i = v;$$

для зовнішнього

$$v_i = v (r + h_{гр}) / r;$$

для руху окремих шматків вантажу

$$v_i = v r_k / r,$$

де v - швидкість руху стрічки, м/с;

$r = r_6 + \delta$ - радіус повороту зовнішньої сторони стрічки на барабані, м;

δ - товщина стрічки;

$h_{гр}$ - висота шару вантажу на стрічці, м;

r_k - відстань від центру ваги куска вантажу до центру барабана, обмірюване перпендикулярно стрічці, м.

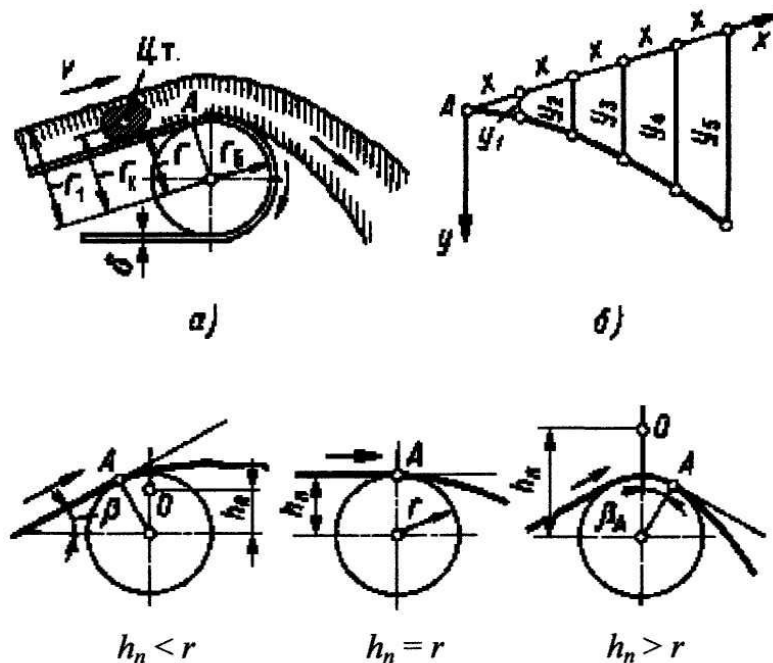


Рисунок 33 - Схема руху вантажу при розвантаженні

Траєкторію руху часток вантажу будують у такий спосіб: у точці А відриву частки від барабана проводять дотичну до окружності барабана (вісь X), на ній відкладають рівні відрізки x , відповідні до часу руху $t=1с$, і від них відкладають вертикально відрізки $y_1; y_2; y_3..y_n$ відповідної довжини, розраховані по наведеній формулі, потім з'єднують отримані точки й визначають траєкторію руху часток вантажу. Таку побудову роблять для внутрішнього й зовнішнього обрису шару вантажу на стрічці.

Точка відриву часток вантажу від стрічки на барабані визначається співвідношенням між полюсною відстанню h_n і радіусом r .

При $h_n < r$ точка А перебуває в другому квадранті,

при $h_n = r$ точка А перебуває на вертикальній осі,

при $h_n > r$ точка А перебуває в першому квадранті.

Положення точки А в другому квадранті визначається кутом нахилу конвеєра β , а в першому квадранті - кутом β_A .

Для нижнього шару й окремого куска

$$\beta_{An} = \rho_m - \arcsin\left(v^2 \sin \frac{\rho_m}{g \cdot r}\right)$$

для верхнього шару вантажу

$$\beta_{AB} = \varphi_1 - \arcsin\left[v^2 (r + h_{TP}) \sin \frac{\varphi_1}{g \cdot r}\right],$$

де $\rho_T = \arctg f_1$ - кут тертя частки вантажу о поверхню стрічки (f_1 - коефіцієнт тертя частки вантажу о поверхню стрічки);

φ_1 - кут вільного розташування вантажу на стрічці.

Барабанний розвантажувач

Складається з візка 4, установлених на ній оборотних барабанів 1 і 2 і розвантажувальної воронки 3 (рис. 34).

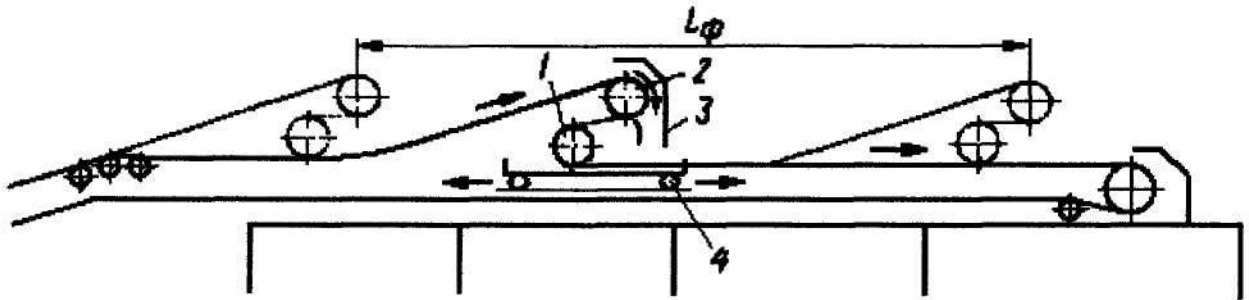


Рисунок 34 - Схема барабанного розвантажувача конвеєра

Вантаж скидається з верхнього барабана 2 у воронку й направляється нею вправо або вліво, або одночасно в обидва боки від конвеєра. Візок рухається по рейках уздовж горизонтальної ділянки конвеєра по всьому фронту розвантаження (L_ϕ - довжина фронту розвантаження). Приводиться до руху від стрічки конвеєра або від власного двигуна.

Барабанні розвантажувачі дуже широко застосовуються при розвантаженні довгих естакад і відкритих складів.

Переваги барабанних розвантажувачів:

- повна автоматизація;
- можливість розвантаження на ділянці великої довжини різноманітного асортиментів вантажів.

Недоліки:

- складність конструкції;
- більша маса, значні габаритні розміри;
- дворазовий перегин стрічки, що знижує її термін служби.

Плужковий розвантажувач

Складається зі скидального й зачисного щитів, установлених паралельно один одному під кутом $30...45^\circ$ до поздовжньої осі стрічки, опорного стола, прийомної воронки й піднімального механізму.

Принцип роботи плужкового розвантажувача дуже простий.

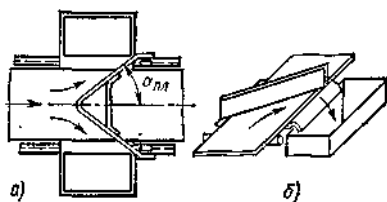
По напрямкові розвантаження розвантажувачі бувають двосторонні й однобічні (рис. 35), перші переважніше, тому що сили бічного зрушення зрівноважені.

По інтенсивності розвантаження розвантажувачі бувають із повним і частковим розвантаженням, останні бувають однобічні з поворотним щитком і двосторонні з розсувним щитком.

Плужкові розвантажувачі застосовують на горизонтальних конвеєрах зі стрічкою $B=400...2000$ мм для розвантаження пилоподібних, зернистих і дробнокускових вантажів невеликої вологості при швидкості стрічки не більш 2 м/с.

Для розвантаження штучних вантажів застосовують плужкові розвантажувачі з нерухливими й рухливими щитами.

Основним параметром плужкового розвантажувача є кут установки плужка щодо поздовжньої осі стрічки (рис. 36). У момент розвантаження на частку сипучого або на одиничного штучного вантажу масою m діє сила тертя його об стрічку $m g f_{\text{л}}$, нормальна реакція з боку плужка N_c і сила тертя о плужок $N_c f_{\text{пл}}$ (де $f_{\text{пл}}$ – коефіцієнт тертя вантажу про плужок, $f_{\text{л}}$ - коефіцієнт тертя вантажу о стрічку). Якщо прийняти, що швидкість руху одиничного вантажу або частки уздовж плужка постійна й рівна v_a , а для сипучого вантажу представляє середню швидкість руху, то зазначені сили будуть перебувати в рівновазі.



а – двосторонньої дії;

б – однобічної дії

Рисунок 35 - Стационарні плужкові розвантажувачі

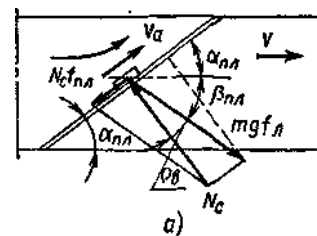


Рисунок 36 - Розрахункова схема скидального пристрою

Для цього допущення очевидна рівність

$$\alpha_{\text{плл}} + \beta_{\text{плл}} + \rho_{\text{в}} = 90,$$

де $\alpha_{\text{плл}}$ – кут установки плужка;

$\beta_{\text{плл}}$ – кут напрямку відносної швидкості руху вантажу по стрічці в момент скидання;

$\rho_{\text{в}}$ - кут зовнішнього тертя вантажу о щит плужка при насипних вантажах.

При русі вантажу уздовж щита $\beta_{\text{плл}} > 0$ і $\alpha_{\text{плл}} + \rho_{\text{в}} < 90^\circ$.

Рекомендоване значення кута установки плужка для більшості вантажів становить $\alpha_{\text{плл}} = 35...40^\circ$.

Реакцію з боку плужка визначають із рівняння

$$N_c \sqrt{1 + f_{\text{пл}}^2} = m g f_{\text{л}},$$

звідки

$$N_c = m g f_{\text{л}} / \sqrt{1 + f_{\text{пл}}^2},$$

Сила опору руху стрічки від дії плужкового розвантажувача:

– при штучних вантажах масою m

$$W_{\text{плл}} = m g f_{\text{л}} \sin(\alpha_{\text{плл}} + \rho_{\text{в}}),$$

– при насипних вантажах

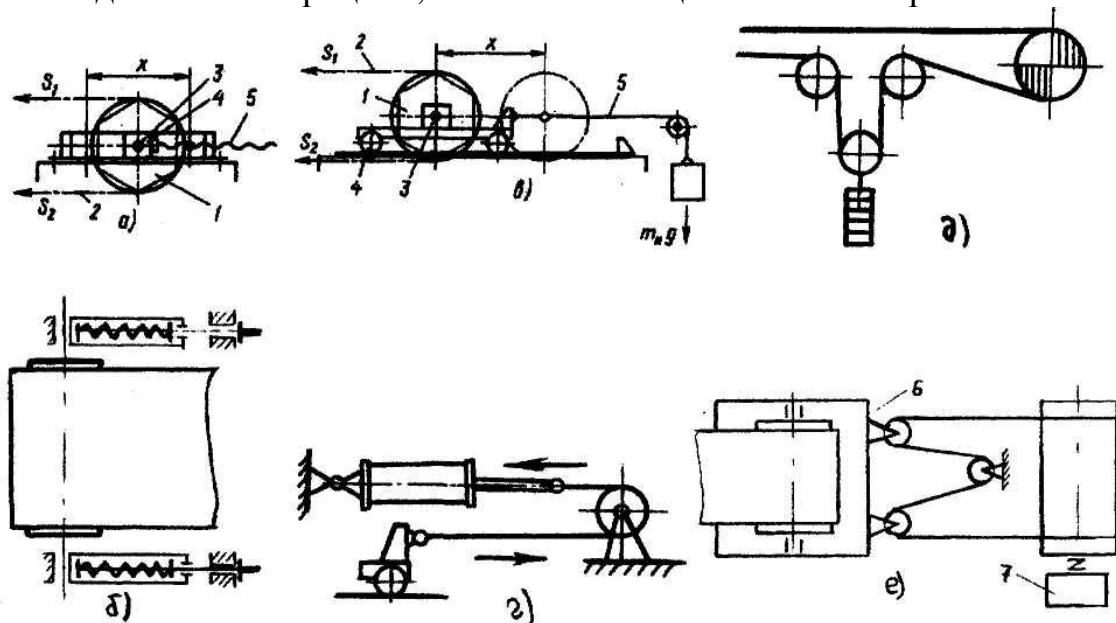
$$W_{\text{плл}} = K_c q g B; \text{ або } W_{\text{плл}} = K_c q_{\text{гр}} B,$$

де $K_c = 2,7..3,6$ - емпіричний коефіцієнт;
 q - розподілена маса вантажу;
 $q_{гр}$ - лінійна сила ваги вантажу.

Тема 11. Натяжні пристрої

Натяжний пристрій будь-якого типу складається з поворотного пристрою 1, що обгинає тяговий елемент 2, рухливих елементів або візка 4, на яких закріплюється вісь 3 поворотного пристрою, і натяжного механізму 5. Поворотний пристрій може складатися з барабана (для стрічки), одного або двох блоків (для каната) або зірочок (для ланцюгів). У конвеєрах з тяговим елементом установка натяжного пристрою обов'язкова.

Натяжні пристрої (рис. 37) служать для створення первісного (мінімального) натягу тягового елемента, необхідного для забезпечення тягової здатності фрикційного приводу, обмеження стріли провисання стрічки між роликотопорами й компенсації її витяжки під навантаженням у процесі її експлуатації, а також зменшення динамічних процесів, особливо в ланцюгових конвеєрів.



а – гвинтовий; б – пружинно-гвинтовий; в – вантажний візковий;
 г – пневматичний (гідралічний); д – вантажний вертикальний; е – лебідковий
 Рисунок 37 - Схеми натяжних пристроїв

Первісний натяг повинний забезпечувати певний мінімальний натяг тягового органа, необхідне для нормальної роботи конвеєра. Мінімальний натяг залежить від типу конвеєра і його приводу. Наприклад, для скребкових і підвісних конвеєрів, натяг повинний забезпечувати стійке положення скребка або штовхача; у конвеєрів із фрикційним приводом первісний натяг гілок повинний бути достатнім для створення сили тертя між барабаном і стрічкою для передачі тягового зусилля; у конвеєрів з передачею тягового зусилля зачепленням, первісний натяг ланцюга потрібен для забезпечення правильного сходу ланцюга із приводної зірочки. В середньому первісний натяг становить 5...10% від S_{max} .

По конструкції й способу дії натяжна пристрої діляться на механічні, вантажні, гідралічні, пневматичні й комбіновані.

До механічних натяжних пристроїв належать гвинтові, пружинно-гвинтові й лебідкові. У механічних пристроях натяг проводиться вручну або за допомогою лебідки, що приводиться електро- або гідроприводом. Тут натяг не залишається постійним, він зменшується в процесі роботи через витяжку тягового елемента, потрібна періодична підтяжка - це недоліки механічних натяжних пристроїв.

Переваги – простота конструкції, малі габаритні розміри, компактність, невелика вага й більша сила натягу. Застосовуються на горизонтальних і похилих ланцюгових та у стрічкових (довжиною до 60м) конвеєрах із простою конфігурацією траси.

На важких і довгих ланцюгових конвеєрах установлюються, як правило, пружинно-гвинтові натяжні пристрої.

Лебідкові натяжні пристрої приводяться в дію електро- або гідродвигуном, забезпечуючи більшу силу натягу й великий хід.

На потужних стрічкових конвеєрах великої довжини (500 і більш метрів) установлюють комбіновані (вантажолебідкові й лебідково-пружинні) натяжні пристрої. Натяжне зусилля 100...150 кН.

Гідравлічні й пневматичні натяжні пристрої мають малі габаритні розміри, але вимагають спеціального устаткування, що забезпечує тиск повітря або масла.

Вантажні натяжні пристрої бувають вертикального й горизонтального виконання на візках і рамні, приводяться в дію вільно висячим вантажем, автоматично забезпечуючи постійний натяг тягового елемента, компенсують його подовження в тому числі й від температури й зменшують пікові навантаження при випадкових перевантаженнях, що є їхньою більшою перевагою. До недоліків вантажних натяжних пристроїв відносяться більші габаритні розміри, незручність застосування в пересувних машинах через велику масу вантажу, особливо в потужних і довгих стрічкових конвеєрах. Для зменшення маси вантажу застосовують передачу зусилля натяг через поліспасти й важелі, використовують приводні лебідки. Істотним недоліком таких натяжних пристроїв є більші опори в поліспастих, які перешкоджають автоматичності дії вантажних натяжних пристроїв. Вантажні натяжні пристрої встановлюють на стрічкових (довжиною 60...500м), канатних і просторових підвісних і ланцюгово-несціх конвеєрах.

По розташуванню на трас конвеєра, вантажні натяжні пристрої бувають розміщені у хвостовій його частині й проміжні. При розташуванні вантажного натяжного пристрою у хвостовій частині, через динамічні навантаження, натяг холостої гілки може бути нижче припустимого S_{min} .

При розміщенні вантажного натяжного пристрою близько приводної зірочки динамічні навантаження, що виникають у тяговому елементі при пуску конвеєра, не знижують натягу в холостій гілці нижче S_{min} , тому що в цьому випадку S_{min} визначається масою натяжного вантажу, розташованого безпосередньо в зоні дії S_{min} . Тому вантажний натяжний пристрій ланцюгових конвеєрів доцільно розташовувати поблизу привода. Крім того, таке розміщення забезпечує сталість натягу тягового елемента.

Хід натяжного пристрою

Хід натяжного пристрою X , що дорівнює сумі монтажного X_0 і робочого X_p ходів, вибирають залежно від довжини й конфігурації траси конвеєра, а також від типу тягового елемента. Хід повинен забезпечити компенсацію подовження тягового

елемента X_p (від навантаження, зношування й температурних умов) і виконання монтажних і ремонтних робіт – X_0 (стикування, заміну окремих ланок й ін.). Довжина ходу натяжного пристрою залежить від пружного й залишкового подовження стрічки. Довжина ходу вибирається з урахуванням матеріалу прокладок каркаса стрічки:

- для гумовотканинних стрічок

$$X_{рт} = (1..2)V + 0,015L_k,$$

- для гумоворосових стрічок

$$X_{ртр} = (1..2)V + 0,002 L_k$$

де L_k - довжина конвеєра (відстань по контуру траси між кінцевими барабанами).

(1...2) V – довжина монтажного ходу натяжного пристрою, необхідна для забезпечення ослаблення стрічки при її стикуванні й ремонтних роботах на приводі. Максимальна величина для вулканізаційного стику внахлестку, мінімальна - для стику з металевими петлями й скріпами;

V – ширина стрічки;

(0,015...0,002) L_k – робочий хід натяжного пристрою, що залежить від типу стрічки й довжини конвеєра.

Натяжні пристрої розміщують звичайно на одному з поворотних пристроїв (барабані, блоці, зірочки), розташованим на ділянці малого натягу тягового елемента.

Натяжне зусилля P_n , необхідне для переміщення рухливого поворотного пристрою з тяговим елементом, залежить від розташування натяжного пристрою й привода на трасі конвеєра. У загальному випадку воно становить суму натягів гілок, що набігає на поворотний пристрій $S_{наб}$ й збігає $S_{сб}$, й зусилля T переміщення повзунів або натяжного візка:

$$P_n = S_{наб} + S_{сб} + T$$

Визначення мінімального натягу стрічки

При визначенні зусилля, створюваного натяжним пристроєм, уводять обмеження стріли прогину стрічки в місцях з найменшим натягом у робочій і холостий гілках стрічки (рис. 38). Сильно провисаюча стрічка втрачає жолобчастість між опорами й стає менш стійкою проти поперечного зсуву.

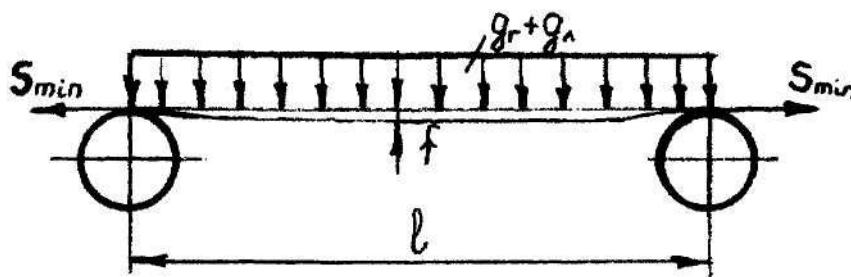


Рисунок 38 - Розрахункова схема для прогину стрічки.

Максимальний прогин стрічки залежить від відстані між ролюкоопорами.

$$f_{max} = \frac{(q_r + q_n)l^2}{8S_{min}},$$

де $f = (0,0125..0,025) l$ - припустима стріла прогину;

q_r - лінійна сила ваги вантажу, або розподілена маса вантажу на стрічці;
 q_l - лінійна сила ваги 1м стрічки, або маса одного погонного метра стрічки;
 S_{min} - натяг стрічки у хвостовій частині конвеєра.

$$(q_r + q_l) l^2 = 8 S_{min} (0,0125..0,025) l,$$

звідки мінімальний натяг стрічки:

$$S_{min} = \frac{(q_r + q_l)l}{0,1..0,2},$$

$$S_{min} = (5..10)(q_r + q_l)l.$$

При більших швидкостях стрічки із крупнокусковими вантажами рекомендується призначати більше S_{min} .

Питання для контролю й самоконтролю

Завантажувальні пристрої стрічкових конвеєрів – призначення й конструкція.

Опору й навантаження, що враховуються при розрахунках завантажувальних пристроїв стрічкових конвеєрів.

Розвантажувальні пристрої стрічкових конвеєрів – призначення й конструкція.

Розвантажувальні пристрої стрічкових конвеєрів. Полісна відстань – визначення й зв'язок із крапкою відриву часток вантажу від стрічки на барабані.

Барабанний розвантажувач – призначення й конструкція.

Барабанний розвантажувач – гідності й недоліки.

Плужковий розвантажувач – призначення й конструкція.

Натяжні пристрої – призначення й конструкція.

Вантажні натяжні пристрої – гідності й недоліки.

Від чого залежить довжина ходу натяжного пристрою.

Від чого залежить натяжне зусилля натяжного пристрою.

По якій умові визначають мінімальний натяг стрічки.

Тема 12. Елементи стрічкових конвеєрів. Приводи стрічкових конвеєрів

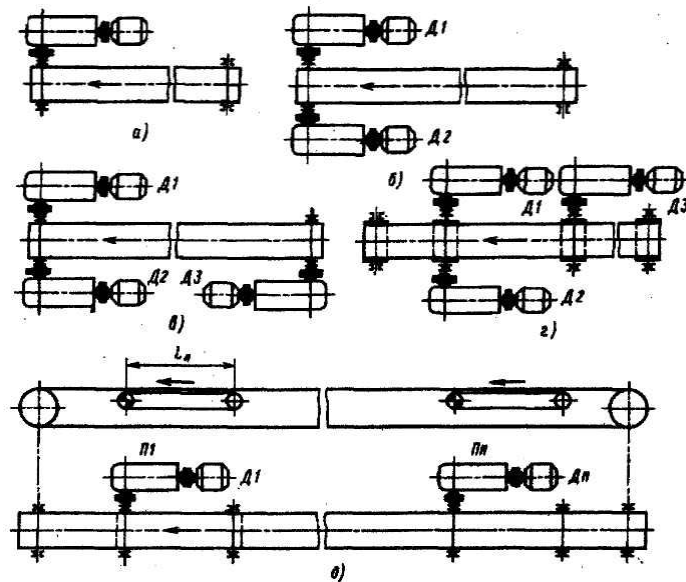
Стрічкові конвеєри. Приводні пристрої стрічкових конвеєрів

Загальна підхід до розрахунків і компоновання приводів зберігається, але відмінність у тому, що конвеєри оснащені фрикційним приводом. Передача тягового зусилля й рух стрічки здійснюється за рахунок сил тертя від приводного барабана.

Фрикційні приводи застосовуються для стрічок, канатів і ланцюгів; їх розділяють на однобарабанні, дво- і трибарабанні, й спеціальні проміжні. Існують фрикційні прямолінійні (проміжні) приводи, що передають рух тяговому елементу за допомогою сил тертя, створюваних притиском тягового елемента до приводного.

Приводи конвеєрів забезпечують постійну або змінну швидкість руху тягового елемента. Зміна її може бути плавним або ступінчастим. Плавне - здійснюється за допомогою варіатора, установлюваного в приводному механізмі, або спеціальних муфт, що з'єднують електродвигун привода з редуктором, а також при застосуванні гідропроводу або електродвигунів постійного струму. Ступінчасте - забезпечується коробкою швидкостей або електродвигуном.

По числу приводів, розташованих на трасі, розрізняють конвеєри одноприводні й багатоприводні.



а - одноприводний; б – двохранводний;
 в, г - трьохприводний; д - багатоприводний із прямолінійними проміжними
 приводами; П - привод; Д - двигун
 Рисунок 39 - Схеми розташування приводів

У багатоприводного конвеєра на трасі розміщають до 12 проміжних приводів з окремими електродвигунами. Застосування проміжних приводів дозволяє значно зменшити натяг і використовувати тягові елементи невеликої міцності на конвеєрах великої довжини. Привод конвеєра може мати один, два або три окремі електродвигуни. По виду рушійної енергії й роду двигунів у конвеєрах застосовують електричний і рідше гідравлічний приводи (пневматичний - дуже рідко). В електроприводах використовують асинхронні електродвигуни з короткозамкненим і фазним роторами загального виконання. Електродвигуни постійного струму використовують дуже рідко.

Гідропривід у конвеєрах використовується в основному у вугільних шахтах. Переваги: компактність, можливість плавного регулювання швидкості, вибухобезпечність.

Недоліки: менший ККД, невисокий термін експлуатації, висока частота обертання вихідного вала (не менш 100об/хв), що обмежує його використання для ланцюгових конвеєрів важкого типу, які мають швидкість до 0,5м/с.

По конструкції електроприводи бувають:

- складальні з відкритих передач (застаріла конструкція);
- повністю редукторні (найкраща конструкція);
- комбіновані, з редуктором і відкритою клиноремінною, зубчастою або ланцюговою передачами;
- спеціальні, вбудовані.

Вихідний вал редуктора з'єднується із виконавчим приводом за допомогою зубчастої муфти.

Вхідний вал редуктора з'єднується з валом електродвигуна пружною муфтою.

У конвеєрах важкого типу з більшими пусковими навантаженнями широко застосовуються гідравлічні муфти для плавного розгону й рівномірного розподілу навантаження між окремими двигунами багатоприводного конвеєра.

Приводи конвеєрів забезпечуються остановами або гальмами й блокуються із запобіжними пристроями.

Перш, ніж приступитися до розрахунків основних параметрів привода W , P , D_6 , потрібно з'ясувати:

- 1) як забезпечити тягову здатність привода, щоб не було проковзування стрічки по барабану;
- 2) визначити шляхи підвищення тягової здатності привода.

Тема 13. Передача рушійної сили тертям. Рівняння Ейлера

Завдання вирішується при наступних припущеннях:

- 1) нитка ідеальна, нерозтяжна, не рветься й не має вагу;
- 2) попередній натяг нитки S ;
- 3) передача руху нитки від приводного блоку здійснюється тільки за рахунок сил тертя.

Для розв'язку завдання розглянемо рівновагу елементарної ділянки $d\varphi$ (рис. 40). Натяг нитки в точці збігання – S , у точці набігання – $S+dS$ (dS - збільшення натягу на ділянці $d\varphi$). На блок діє елементарна сила нормального тиску dN по осі Y і сила тертя μdN .

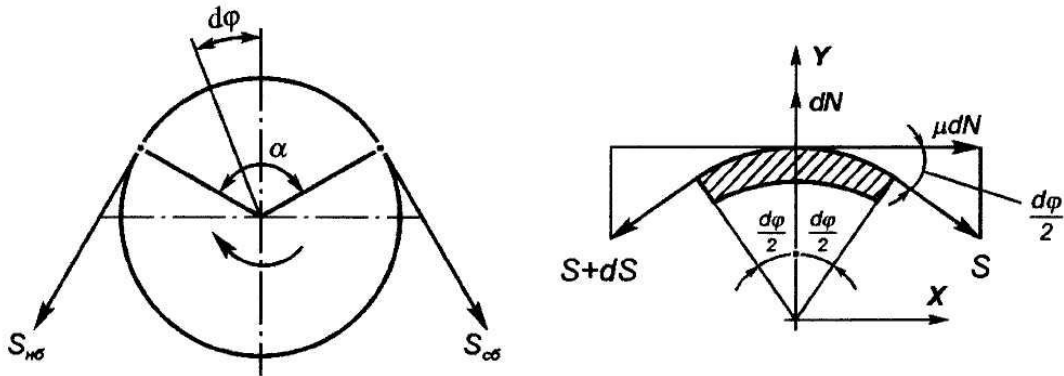


Рисунок 40 - Схема для виводу рівняння Ейлера

Розглянемо випадок критичного стану стійкості й рівноваги елемента. Становимо рівняння:

$$A) \sum x = 0, \mu dN + S \cos \frac{d\varphi}{2} - (S + dS) \cos \frac{d\varphi}{2} = 0;$$

$$B) \sum y = 0, dN - S \sin \frac{d\varphi}{2} - (S + dS) \sin \frac{d\varphi}{2} = 0;$$

$$\mu dN - dS \cos \frac{d\varphi}{2} = 0,$$

$$dN - 2S \sin \frac{d\varphi}{2} - dS \sin \frac{d\varphi}{2} = 0.$$

Позначивши $\cos \frac{d\varphi}{2} = 1, \sin \frac{d\varphi}{2} = \frac{d\varphi}{2}$, м.к. $d\varphi \rightarrow 0$, $dS \sin \frac{d\varphi}{2} = 0$.

$$\begin{cases} \mu dN - dS = 0, & \mu dN = dS; \\ dN - S d\varphi = 0, & dN = S d\varphi, \end{cases} \quad \text{звідки} \quad \frac{dS}{S d\varphi} = \frac{\mu dN}{dN}.$$

Інтегруємо обидві частини $\int \frac{dS}{S} = \int \mu d\varphi$.

$$\ln S = \mu \varphi + C$$

φ змінюється від 0 до α , при $\varphi = 0$, $S = S_{сб}$, $\ln S_{сб} = C$.

$$\ln S = \mu \varphi + \ln S_{сб}; \quad \ln S - \ln S_{сб} = \mu \varphi; \quad \ln \frac{S}{S_{сб}} = \mu \varphi;$$

$$\frac{S}{S_{сб}} = e^{\mu \varphi} - \text{рівняння рівноваги,}$$

де e - основа натурального логарифма.

$S = S_{сб} e^{\mu \varphi}$ – при віддаленні від точки збігання нитки до точки набігання, кут φ збільшується, отже збільшується S .

При $\varphi = \alpha$, $S_{нб} = S_{сб} e^{\mu \alpha}$ – рівняння Ейлера для критичного стану рівноваги.

Необхідна умова роботи

$$S_{нб} \leq S_{сб} e^{\mu \alpha}$$

Величину $e^{\mu \alpha}$, що визначає тягову здатність приводного барабана, називають тяговим фактором.

Окружне або тягове зусилля, передане гнучкою ниткою

$$W = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб} e^{\mu \alpha} - S_{сб} = S_{сб} (e^{\mu \alpha} - 1)$$

$$\text{звідки } S_{сб} = \frac{W}{e^{\mu \alpha} - 1}; \quad S_{нб} = \frac{W e^{\mu \alpha}}{e^{\mu \alpha} - 1}$$

Таким чином, тягова здатність привода залежить:

- від первісного натягу стрічки $S_{сб}$;
- від коефіцієнта зчеплення μ , який залежить від матеріалів поверхонь, умов роботи ($\mu = 0,1 \dots 0,5$). Для підвищення μ приводні барабани футеруються фрикційними матеріалами або насічками;
- від кута обхвату α .

Підвищення величини тягового зусилля можливо також шляхом додання зовнішньої сили, для цього застосовуються притискної ролик або притискна стрічка

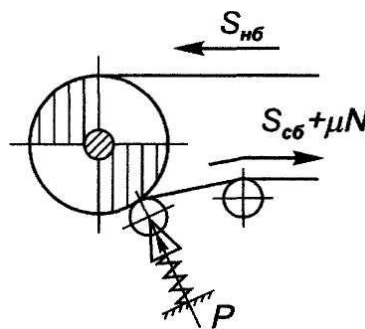


Рисунок 41 - Схема однобарабанного привода із притискним роликом

$$W = S_{сб} (e^{\mu \alpha} - 1) + P \mu e^{\mu \alpha} = (S_{сб} + \mu P) e^{\mu \alpha} - S_{сб},$$

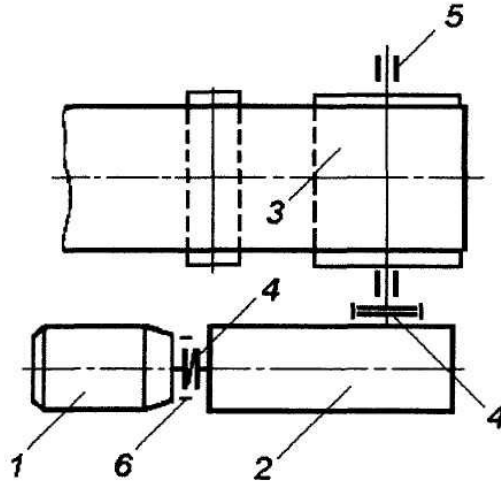
$$S_{нб} = (S_{сб} + \mu N) e^{\mu \alpha}.$$

де μN - зосереджена сила тертя стрічки про барабан у місці тиску ролика

Тема 14. Конструкція барабанного привода стрічкових конвеєрів

Звичайно барабанний привод складається з барабана, передавальних механізмів (муфт редукторів) і двигуна.

У приводах похилих конвеєрів установлюють також стопорні пристрої (зупинники) або гальма, що перешкоджають у випадку вимкнення двигуна, мимовільному руху стрічки вниз під дією сили ваги вантажу, що перебуває на ній. По числу приводів розрізняють однобарабанні приводи з одним або двома двигунами, двохбарабанні й трибарабанні. Найбільш простими є однобарабанні приводи.



1 - електродвигун; 2 - редуктор; 3 - приводний барабан;
4 - сполучні муфти; 5 - опори; 6 - гальмо

Рисунок 42 - Схема однобарабанного привода

Однобарабанні приводи бувають: а - без відхиляючого барабана; б - з відхиляючим барабаном.

Така схема, як і схема без відхиляючого барабана застосовується в невеликих стрічкових конвеєрах. Розвантаження таких конвеєрів звичайно з кінцевого барабана (приводного). Недолік - привод перебуває в місці розвантаження.

Для віддалення привода від місця розвантаження й збільшення α застосовується схема з відхиляючим регулюючим пристроєм. Ця схема дозволяє збільшити кут обхвату до 240° . Недолік схем а, б, в - тягова здатність привода залежить тільки від натягу стрічки, μ і α .

Максимальне тягове (окружне) зусилля, яке може передати приводний барабан, без врахування втрат на барабані через жорсткість стрічки

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб} = S_{сб} e^{\mu\alpha} - S_{сб} = S_{сб} (e^{\mu\alpha} - 1), \alpha \leq 240^\circ.$$

$$W = S_{сб} (e^{\mu\alpha} - 1) + P \mu e^{\mu\alpha}, \alpha \leq 270^\circ. \quad W = (S_{сб} + Sa) (e^{\mu\alpha} - 1), \alpha \leq 270^\circ.$$

Підвищення величини тягового зусилля без збільшення натягу стрічки можливо шляхом додання зовнішньої сили, що притискає стрічку до барабана. Небагато збільшується й α . Існують дві схеми: а) із притискним роликом; б) із притискною стрічкою. Недоліком схеми а є прискорене зношування як стрічки, так і футеровки притискного ролика, схеми б - складна й громіздка по конструкції.

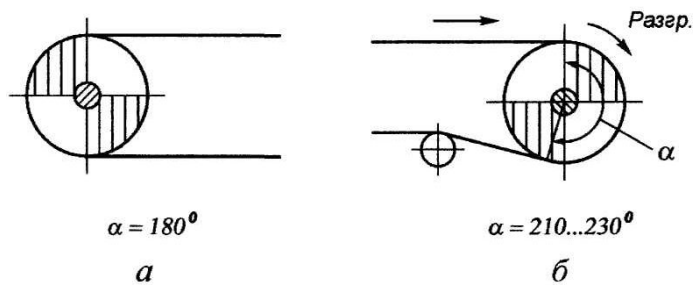


Рисунок 43 - Схема обведеного стрічки на однобарабанному приводі

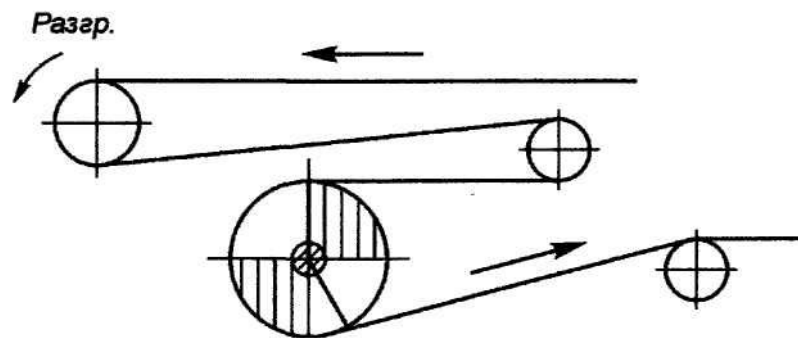


Рисунок 44 - Схема однобарабанного привода з відхиляючим регулюючим пристроєм

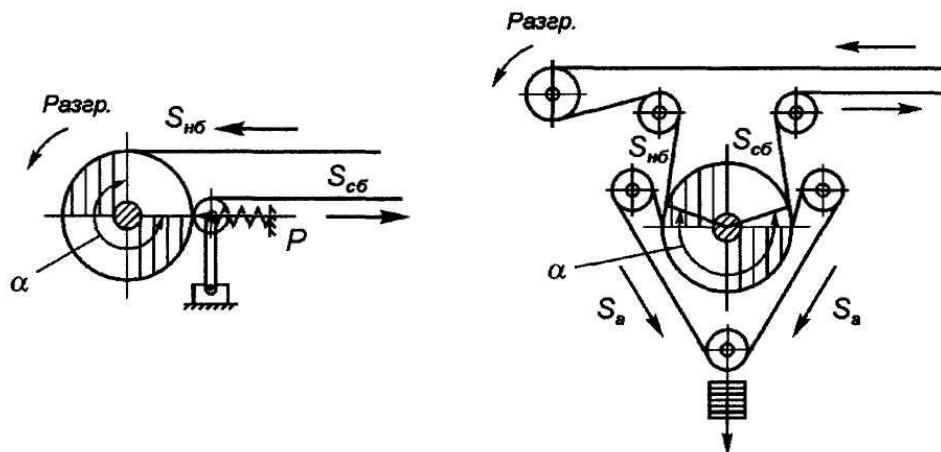


Рисунок 45 - Схема однобарабанного привода із:
а) притискним роликом; б) притискною стрічкою

Однобарабанный привод

Однобарабанный привод невеликої потужності до 30...50кВт може бути оснащений мотор-редуктором.

Переваги однобарабанного привода - простота конструкції, надійність, невеликі габаритні розміри, одиничний перегин стрічки.

Недоліки – обмежений кут обхвату стрічкою приводного барабана (до 240°) і через це недостатня тягова здатності для довгих і важких конвеєрів.

Двохбарабанний привід.

Двохбарабанні приводи застосовуються тільки на досить довгих і великовантажних конвеєрах. Вони складніше по конструкції, але вимагають меншого попереднього натягу стрічки. Недолік - менший термін служби стрічки за рахунок перегинів, необхідний привід з диференціальним механізмом або гідромуфтою.

Застосовують у трьох конструктивних виконаннях:

- а) із жорстким кінематичним зв'язком між барабанами (зубчаста передача);
- б) з'єднання барабанів диференціальним редуктором із загальним приводом;
- в) індивідуальний привід на кожен барабан (широко використовується).

Виконання а й б не одержали поширення.

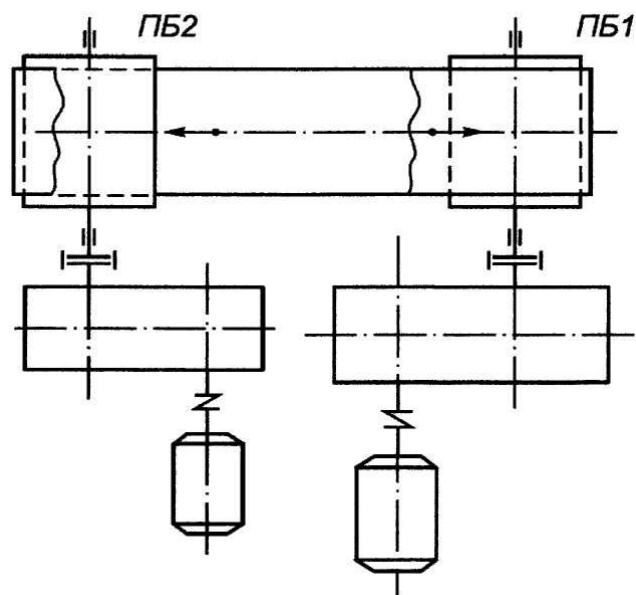


Рисунок 46 - Схема двухбарабанного привода із двома електродвигунами

Двохбарабанний привід з відхиляючим роликом

Двохбарабанні привода з відхиляючими роликами дозволяють збільшувати загальний кут обхвату $\alpha_1 + \alpha_2$ до 350° .

Розвантаження проводиться з кінцевого приводного барабана.

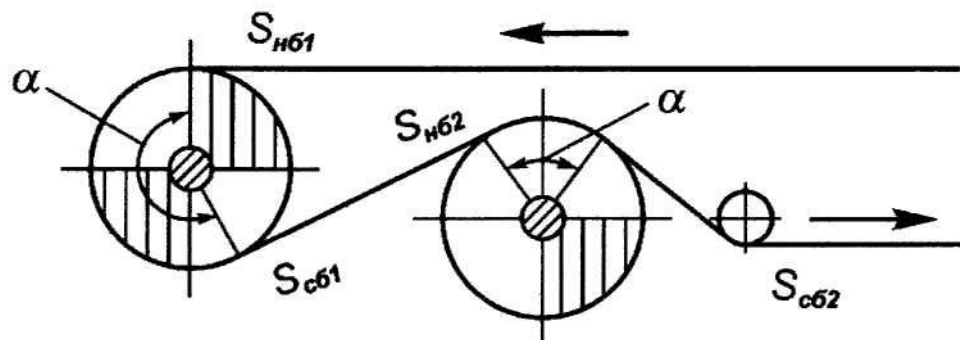


Рисунок 47 - Схема двухбарабанного привода з відхиляючим роликом

$$W = S_{c6} (e^{(\alpha_1 + \alpha_2)\mu} - 1), \alpha \leq 350^\circ.$$

Для збільшення кута обхвату стрічкою барабанів (до 420°) їх розташовують у різних площинах. Недолік - розвантаження в місці установки привода.

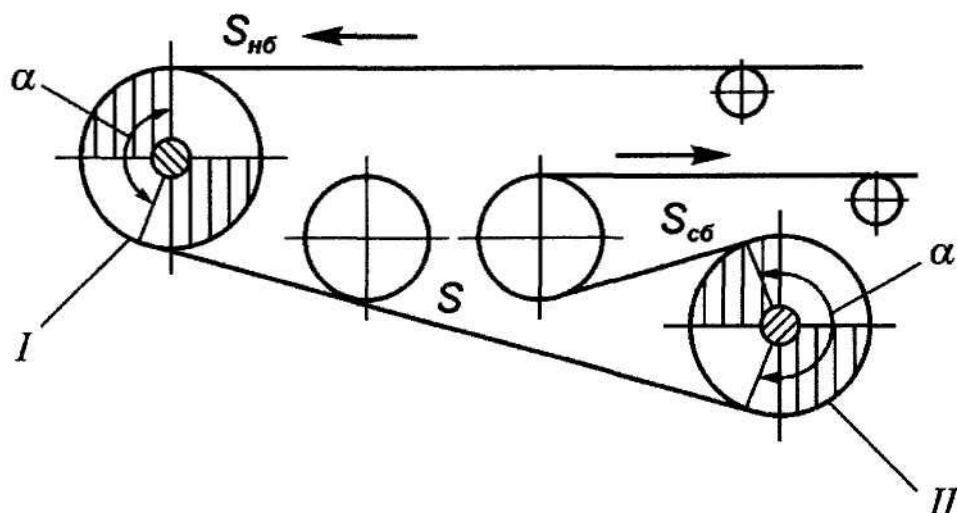


Рисунок 48 - Схема двохбарабанного привода з відхиляючим роликом

$$\alpha_1 + \alpha_2 \leq 420^\circ.$$

Більш кращою є схема привода із винесеним розвантажувальним барабаном, що дозволяє пересунути місце розвантаження від привода, і збільшити загальний кут α до 480° .

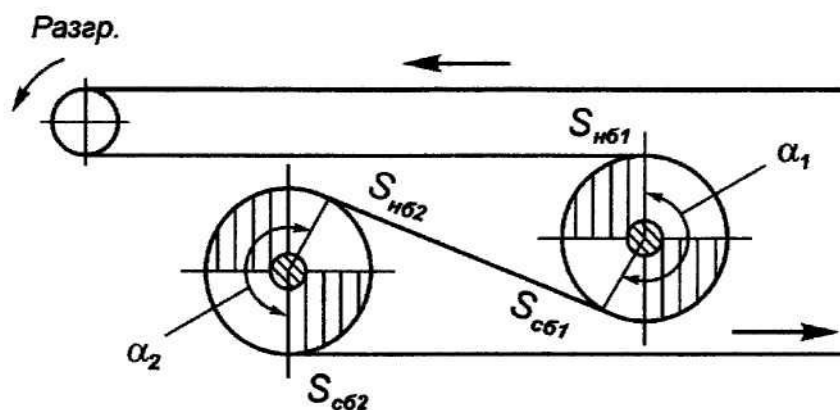


Рисунок 49 - Схема бвохбарабанного привода із винесеним розвантажувальним барабаном

$$W = S_{сб} (e^{(\alpha_1 + \alpha_2)\mu} - 1), \alpha \leq 480^\circ.$$

Існує схема двохбарабанного привода з однобічним огинанням стрічки й винесеним розвантажувальним пристроєм.

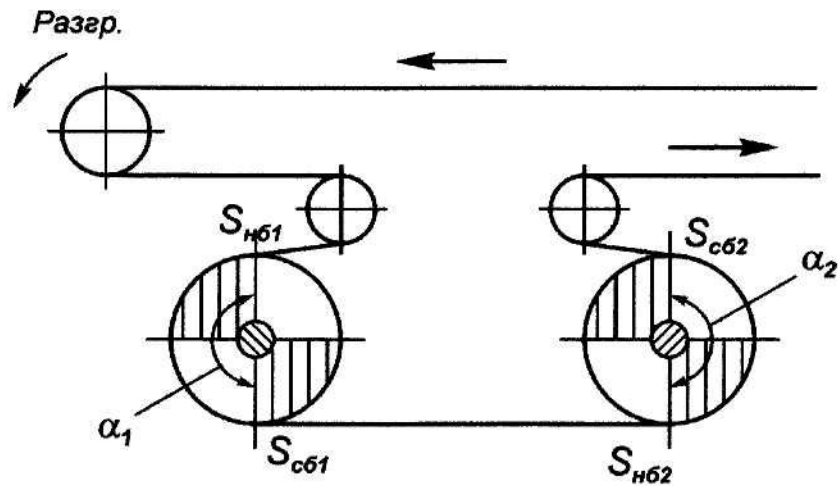


Рисунок 50 - Схема двубарабанного привода з однобічним огинанням стрічки і винесеним розвантажувальним пристроєм

$$W = S c_6 (e^{(\alpha_1 + \alpha_2)\mu} - 1), \quad \alpha \leq 360^\circ \dots 420^\circ.$$

Двухбарабанный привод із роздільним розташуванням приводів на передній і задній станціях.

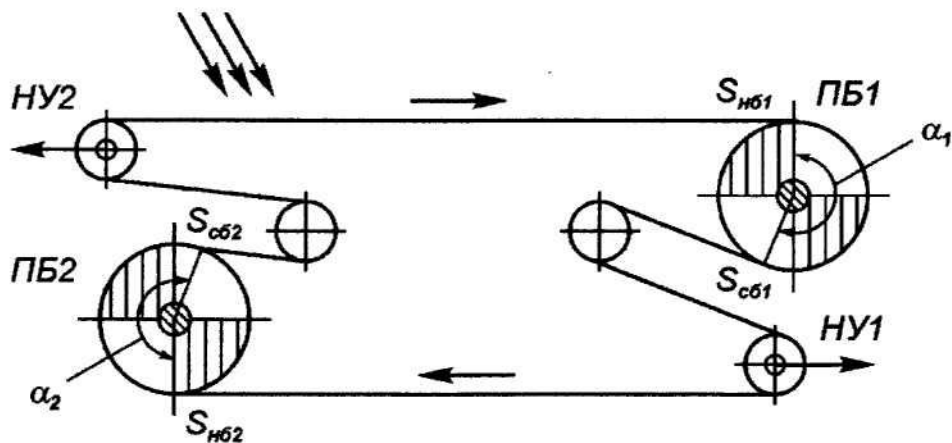


Рисунок 51 - Схема двубарабанного привода з роздільним розташуванням приводів на передній і задній станціях

Переваги двухбарабанного привода - збільшений загальний кут обхвату (до 480°).

Недоліки - збільшення габаритних розмірів, багаторазовий перегин стрічки, що обумовлює зниження строку її служби.

Трибарабанный привод

Трибарабанный приводи бувають із близько розташованими барабанами й з роздільним розташуванням двох приводних барабанів на передній і задній станціях конвеєра. Трибарабанный приводи через складність, багаторазовий перегин стрічки й недостатньої надійності застосовуються вкрай рідко.

Остаточний вибір схеми привода визначається порівняльним техніко-економічним розрахунками можливих варіантів.

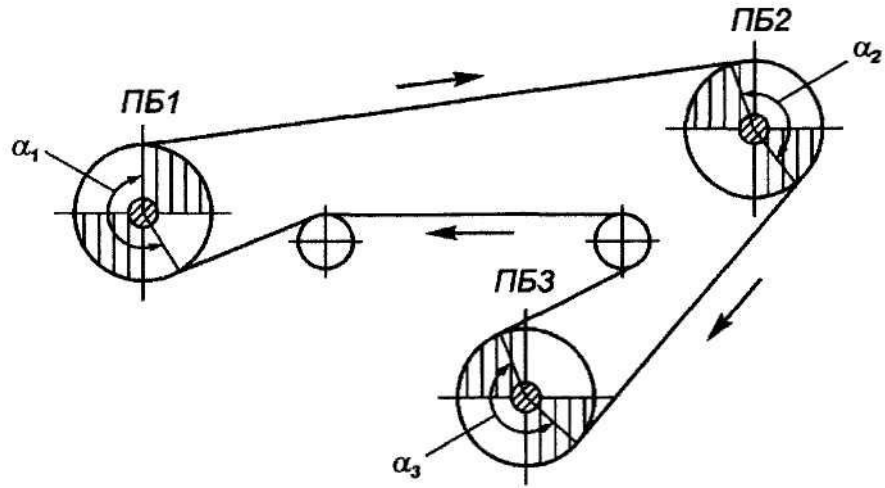


Рисунок 52 - Схема трибаранного привода

Тема 15. Визначення запасу зчеплення

Наступним завданням, яке потрібно розв'язати, є визначення запасу зчеплення й потужності привода.

Рівняння Ейлера було виведено для ідеальної нерозтяжної нитки. У дійсності стрічка має пружність.

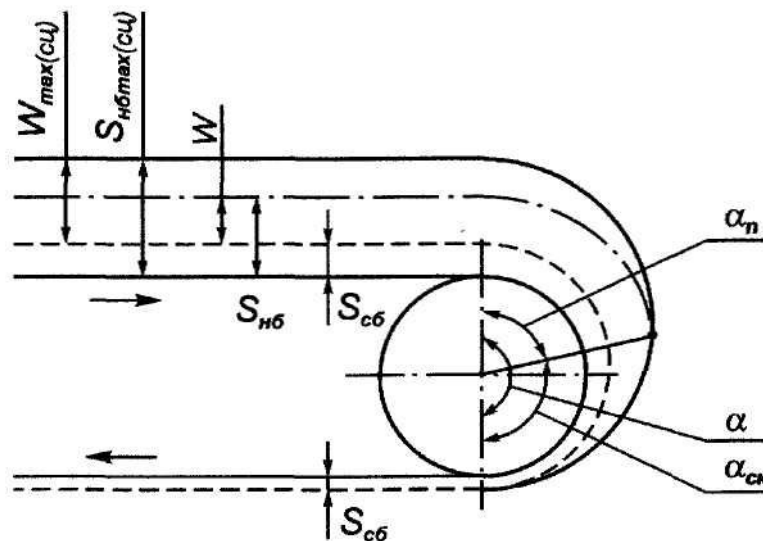


Рисунок 53 - Діаграма натягу стрічки на приводному барабані

Теоретично й експериментально встановлено, що при передачі тягового зусилля гнучкому тяговому елементу з боку набігаючої гілки, утворюється дуга відносного спокою $\alpha_{п}$, у межах якої $S_{нб}$ залишається постійним, а з боку гілки, що збігає - дуга ковзання $\alpha_{ск}$.

Повна дуга обхвату стрічкою приводного барабана складається із двох цих ділянок $\alpha = \alpha_{п} + \alpha_{ск}$. На дузі ковзання натяг у стрічці зменшується, що викликає скорочення довжини стрічки на цій ділянці. За рахунок цього виникає так зване пружне ковзання стрічки по барабану, що діє у бік більшого натягу.

На дузі спокою натяг стрічки і її деформація не змінюються. Наявність дуги спокою свідчить про необхідний для нормальної роботи привода запас сил зчеплення

між стрічкою й барабаном. Для фрикційного приводу співвідношення між дугами спокою й пружного ковзання повинне бути таким, щоб при пуску конвеєра не виникало пробуксовки стрічки.

Максимальне тягове зусилля, яке здатний передати приводний барабан без пробуксовки при відомому натягу у гілці, що збігає

$$W_{\max} = S_{cб} (e^{\mu\alpha} - 1).$$

Тягове зусилля, передане на дузі ковзання

$$W_0 = S_{cб} (e^{\mu\alpha_{ск}} - 1).$$

Запас сили тертя

$$\frac{W_{\max}}{W_0} = \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha_{ск}} - 1} = K.$$

Коефіцієнт запасу зчеплення в розрахунках звичайно беруть $K = 1,3 \dots 1,5$. Для забезпечення необхідного запасу сили тертя на приводному барабані розрахунковий натяг гілки, що збігає, приймають трохи збільшеним

$$S_{cб} = K_3 W / (e^{\mu\alpha} - 1),$$

розрахунковий натяг гілки, що набігає

$$S_{нб} = S_{cб} e^{\mu\alpha} = K_3 W e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1).$$

Визначення потужності приводу.

Потужність приводу із врахуванням коефіцієнта запасу, кВт

$$N = K_3 W v / (1000 \eta),$$

де v - швидкість руху стрічки конвеєра, м/с;

η - загальний ККД механізмів приводу (0,8...0,9).

У двобарабанному приводі

$$S_{нб1} \leq S_{cб2} \cdot e^{(\mu_1\alpha_1 + \mu_2\alpha_2)},$$

де $S_{нб1}$ - натяг гілки стрічки, що набігає на перший приводний барабан, Н;

$S_{cб2}$ - натяг гілки стрічки, що збігає із другого приводного барабана, Н;

μ_1 і μ_2 - коефіцієнти тертя стрічки о поверхню першого й другого барабанів;

α_1 і α_2 - кути обхвату стрічкою 1-го й 2-го барабанів, рад.

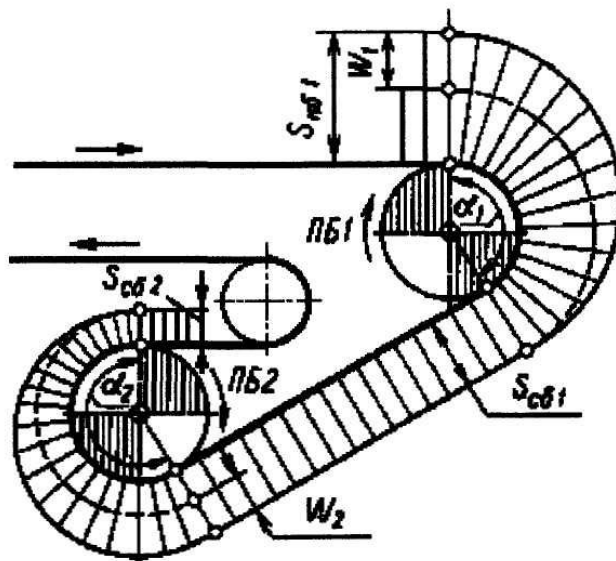


Рисунок 54 - Схема навантажень стрічки на двохбарабанному приводі

Загальна потужність двигунів двобарабанного привода розподіляється між барабанами відповідно до прийнятого коефіцієнта співвідношення потужностей

$$N = N_1 + N_2,$$

$$N_1 = \frac{N \cdot K_\phi}{K_\phi + 1} \approx N_{1Д}, \quad N_2 = \frac{N}{K_\phi + 1} \approx N_{2Д},$$

де $K_\phi = N_{1Д} / N_{2Д}$ - коефіцієнт співвідношення потужностей електродвигуна на 1-му і 2-му барабанах.

Звичайно приймається $K_\phi = 1 \dots 3$ залежно від коефіцієнта корисного використання стрічки Φ .

Загальне сумарне тягове зусилля W , необхідне для подолання всіх опорів руху стрічки на трасі конвеєра розподіляється на два окружні зусилля W_1 і W_2 створюваних першим і другим барабанами.

$$W = W_1 + W_2,$$

$$W_1 = \frac{WK_\phi}{K_\phi + 1}, \quad W_2 = \frac{W}{K_\phi + 1}$$

Розрахунковий натяг гілок стрічки, що збігає із другого барабана

$$S_{сб2} = \frac{K_3 W_2}{e^{\mu_2 \alpha_2} - 1}.$$

Натяг стрічки, що набігає на другий барабан, та збігає з першого

$$S_{нб2} = S_{сб1} = S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \alpha_2}.$$

Натяг стрічки, що набігає на перший барабан

$$S_{нб1} = S_{сб1} + K_3 W_1 = S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \alpha_2} + K_3 W_1.$$

Тому що $\frac{S_{нб1}}{S_{сб2}} \leq e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2)} \leq e^{\mu_1 \alpha_1} \cdot e^{\mu_2 \alpha_2}$, тяговий фактор для першого приводного барабана

$$e^{\mu_1 \alpha_1} = \frac{S_{нб1}}{S_{сб2} \cdot e^{\mu_2 \alpha_2}}.$$

По натягові $S_{нб1}$ розраховують стрічку на міцність.

$$\Phi = W / S_{нб} = W / (W + S_{сб}) = (S_{нб} - S_{сб}) / (S_{нб} - S_{сб} + S_{сб}) = (S_{нб} - S_{сб}) / S_{нб} =$$

$$= (S_{сб} e^{\sum \mu \alpha} - S_{сб}) / S_{сб} e^{\sum \mu \alpha} = (e^{\sum \mu \alpha} - 1) / e^{\sum \mu \alpha}.$$

Для однобарабанного привода

$$\Phi_1 = (e^{\mu \alpha} - 1) / e^{\mu \alpha}.$$

Для двохбарабанного привода

$$\Phi_2 = (e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2)} - 1) / e^{(\mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2)}.$$

Вибір діаметрів барабанів

Діаметр барабана визначається його призначенням, натягом, що діє на барабан, шириною й типом тягового каркаса стрічки.

Для конвеєрів з гумовотканинними стрічками

$$D = K_a K_6 i,$$

де K_a - коефіцієнт, що залежить від типу прокладок, $K_a = 125 \dots 200$ м/шт, залежно від міцності тканини.

K_6 - коефіцієнт, що залежить від призначення барабана:

- для барабана однобарабанного привода $K_6 = 1$;
- для барабана двохбарабанного привода $K_6 = 1,1$;
- для кінцевого, оборотного й натяжного барабана $K_6 = 0,8 - 0,85$;
- для відхиляючого барабана $K_6 = 0,5$.

i - число прокладок основи тягового каркаса стрічки.

Для конвеєрів з гумовотросовими стрічками

$$D = D_6 K_6,$$

де D_6 - рекомендований діаметр приводного барабана для різного типорозміру гумовотросових стрічок: 0,8м; 1м; 1,25м; 1,6м; 2м; 2,5м.

Отриманий діаметр барабана треба округлити до найближчого більшого або меншого розміру з нормального ряду розмірів барабанів за ГОСТ 44644-77.

Обраний діаметр приводного барабана D_6 перевіряють по діючому тискові стрічки на поверхню барабана, яке не може перевищувати допустиму

$$p_{л} = \frac{360}{\alpha \pi V_{л} D_6} (S_{нб} + S_{сб}) = \frac{360 S_{нб}}{\alpha \pi V_{л} D_6} \left(\frac{e^{\mu \alpha} + 1}{e^{\mu \alpha}} \right) \leq [p_{л.д}],$$

де $V_{л}$ - ширина стрічки, мм;

α - кут обхвату стрічкою барабана, гради;

$[p_{л.д}] = 0,2 \dots 0,3$ МПа - для гумовотканинної стрічки;

$[p_{л.д}] = 0,35 \dots 0,55$ МПа - для ре гумовотросової стрічки.

Довжина барабана $L_6 = V_{л} + (100 \dots 200)$ мм.

Розрахунковий крутний момент на валу приводного барабана

Розрахунковий крутний момент на валу приводного барабана, по якому вибирають типорозмір барабана й редуктора

$$M_{кр} = K_3 W \frac{D_6}{2},$$

де K_3 - коефіцієнт запасу й неврахованих втрат, $K_3 = 1,1 \dots 1,2$;

W – окружне зусилля на приводному барабані.

Тема 16. Стрічкові конвеєри. Розрахунок стрічкового конвеєра

Вихідні дані

Для розрахунків основних складових частин повинні бути задані або обрані наступні параметри:

- характеристика вантажу, що транспортується;
- середня й максимальна продуктивність (об'ємна або масова);
- схема траси конвеєра з основними розмірами;
- умови розміщення й експлуатації;
- характер завантаження й розвантаження;

Можуть бути задані й інші додаткові вимоги.

Визначення ширини стрічки

Проводиться по максимальній розрахунковій продуктивності й крупності шматків вантажу, для штучних вантажів по кількості й розмірам.

Розташування насипного вантажу на стрічці визначається профілем перетину робочої галузей стрічки. На стрічці із прямими роликоопорами вантаж розташовується по рівнобедреному трикутнику (рис. 55, а), площа якого

$$F = b h K_{\beta} / 2 = 0,25 b^2 K_{\beta} \operatorname{tg} \varphi_1,$$

де $b = 0,95 B - 0,05$ - вантажонесуча ширина стрічки, на якій розташований вантаж, м;

$h = 0,5 b \operatorname{tg} \varphi_1$ - висота шару вантажу, м;

K_{β} - коефіцієнт зменшення перетину вантажу на похилому конвеєрі, залежить від рухливості часток вантажу й кута нахилу конвеєра;

φ_1 - кут вільного розташування вантажу в поперечному перерізі стрічки, що рухається (кут природнього укосу в русі);

φ - кут природнього укосу в спокої.

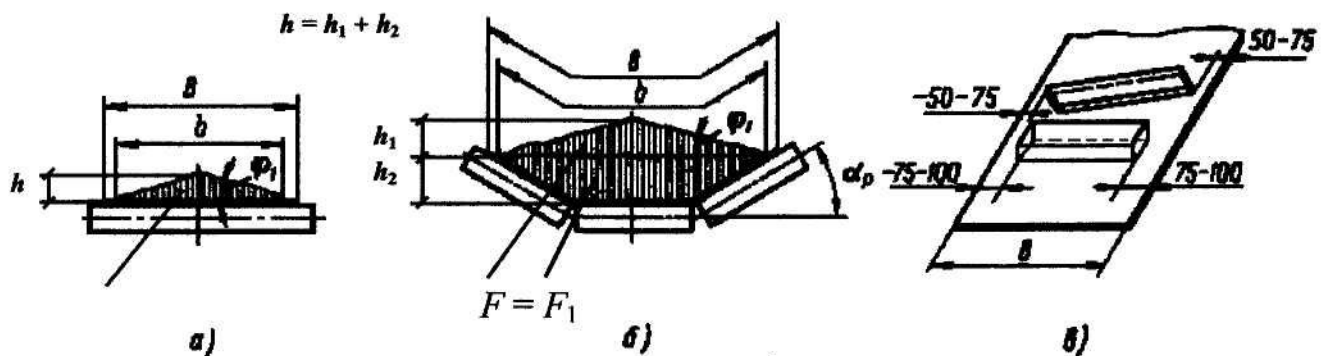


Рисунок 55 - Розташування насипного вантажу на стрічці

На стрічці, притримуваній жолобчастими роликоопорами, загальна площа перетину насипного вантажу складається із суми площ трикутника й трапеції.

Для трьохроликової опори

$$F = (0,16 \operatorname{tg} \varphi_1 + 0,12 \operatorname{tg} \alpha_p) B^2.$$

де α_p - кут нахилу бічних роликів.

Розрахункова максимальна продуктивність конвеєра з урахуванням коефіцієнта нерівномірного завантаження й використання конвеєра в часі.

$$Q_{p.m.} = 3600 F V \rho = K_n V \rho K_{\beta} b^2,$$

де V - швидкість руху стрічки, м/с;

ρ - щільність вантажу, т/м³;

$K_n = 3600 F / b^2$ - коефіцієнт площі поперечного перетину вантажу на стрічці, залежить від типу роликоопор, кута нахилу бічних роликів α_p і рухливості вантажу.

$$K_{n \text{ пряма}} \approx 158 \dots 328; \quad K_{n \text{ крива}} \approx 390 \dots 550.$$

Необхідна ширина стрічки:

$$B = 1,1 b + 0,056 = 1,1 \left(\sqrt{\frac{Q_{p.m.}}{K_n v \rho K_{\beta}}} + 0,05 \right).$$

Обрана ширина стрічки (при транспортуванні кускових вантажів) перевіряється по кусковатості вантажу по формулі

$$B_k = X \cdot a + 200,$$

де B_k - ширина стрічки з обліком кусковатості вантажу, мм;

X - коефіцієнт крупності вантажу (для сортованого X = 3,5, для несортваного X=2,5);

a - максимальний лінійний розмір типових кусків вантажу, мм.

Якщо $B_K > B$, то ширину стрічки приймають $B = B_K$ і потім вибирають із нормального ряду за ГОСТ 22644-77 найближчу більшу ширину стрічки.

Швидкість стрічки вибирається залежно від виду транспортного вантажу, ширини стрічки. Згідно ГОСТ 22644-77 рекомендується нормальний ряд швидкостей.

Для конвеєрів, що мають проміжне розвантаження за допомогою барабанних розвантажувачів, швидкість стрічки приймають не більш 2 м/с, плужкових - не більш 1...1,6 м/с.

Визначення натягу стрічки

Загальний опір при усталеному русі стрічки по всій трасі завантаженого конвеєра, рівне тяговому зусиллю привода визначається по формулі:

$$W \approx K_D L_T ((q_r + q_{p.v.} + q_l) w_v + (q_l + q_{p.h.}) w_h) \pm q_r,$$

де K_D - узагальнений коефіцієнт місцевих опорів на оборотних барабанах, у місцях завантаження й розвантаження; залежить від довжини конвеєра, наприклад при $L_{конв} = 50$ м, $K_D = 2,4$; $L_{конв} = 100$ м, $K_D = 1,7$; $L_{конв} \geq 1000$, $K_D = 1,1$.

L_T - довжина горизонтальної проекції між осями кінцевих барабанів конвеєра;

q_r , q_l , $q_{p.v.}$, $q_{p.h.}$ - лінійні сили ваги вантажу, стрічки, частин, що обертаються, роликкоопор на верхній і нижньої гілках стрічки, Н/м;

w_v , w_h - коефіцієнт опору руху верхньої й нижньої гілок стрічки; при її русі по плоскому настилу зі сталі або дерева $w_v = 0,35 \dots 0,6$.

При русі стрічки на жолобчастих трьохроликкових опорах залежно від умов роботи й довжини конвеєра:

$$w_v = w_h = 0,018 \text{ для гарних умов;}$$

$$w_v = w_h = 0,022 \text{ для середніх умов;}$$

$$w_v = w_h = 0,032 \text{ для важких (влітку);}$$

$$w_v = w_h = 0,042 \text{ для важких (взимку).}$$

Знак «+» при підйомі вантажу, а «-» - при спуску;

H - висота підйому вантажу, м.

Лінійні сили ваги

Лінійні сили ваги стрічки й роликкоопор спочатку ухвалюють приблизно, а потім уточнюють після остаточного вибору типорозміру стрічки й устаткування. При більших розбіжностях розрахунки коректують.

Лінійна сила ваги насипного вантажу

$$q_r = g Q_{p.c.} / (3,6 v),$$

де $Q_{p.c.}$ - розрахункова середня продуктивність конвеєра, т/год;

Для штучних вантажів $q_{r.ш.} = g m_r / l_0$,

де m_r - маса одного найбільш важкого вантажу;

l_0 - відстань між окремими вантажами.

Лінійна сила ваги для обертових роликкоопор

На верхній (робочій) гілці - $q_{p.v.} = g m_{p.v.} / l_{p.v.}$,

На нижній (холостий) гілці - $q_{p.h.} = g m_{p.h.} / l_{p.h.}$,

де $m_{p.v.}$, $m_{p.n.}$ - маси обертових частин верхньої й нижньої роликоопор;
 $l_{p.v.}$, $l_{p.n.}$ - відстані між роликоопорами верхньої й нижньої галузях стрічки, м.
 Лінійна сила ваги стрічки

$$q_l = g m_l B,$$

де m_l - маса 1 м² стрічки, кг (приймається за ГОГСТ 20-85 або ТУ заводу-виготовлювача);

B - ширина стрічки, м.

По розрахованому опору руху стрічки й обраному типу привода визначають:

Натяг стрічки

$$S_{сб} = K_3 W / (e^{\mu\alpha} - 1); \quad S_{нб} = S_{сб} e^{\mu\alpha} = K_3 W e^{\mu\alpha} / (e^{\mu\alpha} - 1),$$

де K_3 - коефіцієнт запасу зчеплення стрічки з барабаном.

Потужність привода

$$N = W V / 1000 \eta$$

де V - швидкість стрічки, м/с.

Крутний момент на валу приводного барабана

$$M_{кр} = K_3 W D_б / 2.$$

Тяговий розрахунок конвеєра

Повний тяговий розрахунок передбачає визначення навантаження тягового елемента у всіх критичних точках траси конвеєра. Для його виконання, контур усієї траси конвеєра по ходу руху стрічки розділяють на окремі ділянки по виду опорів: прямолінійні, підйоми, спуски, повороти, вузли завантаження й розвантаження й ін. Кожна точка, що обмежує ці ділянки, нумерується. Нумерація (як і розрахунок) начитається із точки найменшого натягу (або із точки збігання тягового елемента із приводного барабана) і триває по всьому контуру траси конвеєра до кінцевої точки набігання стрічки на приводний барабан.

У початковій точці приймають певний первісний натяг $S_{сб}$, величина якого залежить від типу конвеєра.

Тяговий розрахунок проводиться методом послідовного підсумовування опорів на окремих ділянках контуру траси конвеєра від першого до останнього. Натяг наприкінці кожної ділянки S_{n+1} визначається як сума натягу на початку ділянки S_n і опору руху на цій ділянці.

Опір руху стрічки на прямолінійних ділянках

а) на нижній (холості) гілці

$$W_H = wh (q_l + q_{p.n}) l \pm q h,$$

б) на верхній (робочій) гілці

$$W_B = wb (q_l + q_r + q_{p.v}) l \pm (q_l + q_r) h,$$

де l і h - горизонтальна й вертикальна проекції довжини розглянутої прямолінійної ділянки;

$h = 0$ - для горизонтальної ділянки;

$q_r = 0$ - для ненавантаженої гілки;

- знак «+» приймається для ділянок підйому стрічки й вантажу;

- знак «-» приймається для ділянок спуска стрічки й вантажу.

Натяг стрічки, що збігає з відхиляючого або оборотного барабана

$$S_2 = K_6 S_1,$$

де S_2 і S_1 - натяг стрічки, що збігає та набігає на відхиляючий або оборотний барабан;

$K_6 = 1,02-1,06$ - коефіцієнт опору руху стрічки на барабані (залежить від кута обхвату й умов роботи).

Натяг стрічки, що збігає з роликової батареї

$$S_2 = \lambda S_1,$$

де λ - коефіцієнт опору руху стрічки на роликовій батареї.

$\lambda = 1,02-1,06$ (залежить від кута відхилення стрічки й умов роботи конвеєра).

Опір руху стрічки в місці завантаження

$$W_3 = W_{3,в} + W_{3,б} + W_{3,п}.$$

а) $W_{3,в}$ - опір, що виникає від дії додаткової сили на вантаж, необхідної для утворення прискорення при подачі його на стрічку, а також від тертя часток вантажу о стрічку

$$W_{3,в} \approx 0,1 q_r (v_{л}^2 - v_{02}) \approx 0,1 q_r \Delta v^2,$$

де q_r - Н/м, v - м/с;

v_0 - проекція швидкості руху частки вантажу при касанні його зі стрічкою.

Звичайно $\Delta v^2 = v_{л}^2 - v_{02}$ змінюється від $2 \text{ м}^2/\text{с}^2$ при висоті похилої стінки лотка $h_b = 1 \text{ м}$ до $10 \text{ м}^2/\text{с}^2$ при $h_b = 6 \text{ м}$.

Для зменшення $W_{3,у}$ необхідно проектувати лоток так, щоб швидкість касання вантажу була близька до швидкості руху стрічки;

б) опір тертю часток вантажу о нерухливі борти напрямного лотка

$$W_{3,б} \approx f_1 h_{гб}^2 \rho g l_б n_б,$$

де f_1 - коефіцієнт тертя часток вантажу о стінку борту лотка;

$f_1 = 0,8 \dots 0,9$ для каменю й руди;

$f_1 = 0,7$ для піску, щебенів, цементу;

$f_1 = 0,4$ для вугілля;

$h_{гб}$ - висота вантажу в бортів лотка, м;

$l_б$ - довжина бортів лотка, м;

$n_б$ - коефіцієнт бічного тиску, $n_б \sim 0,6 \dots 0,9$.

в) опір тертю ущільнювальних смуг завантажувального лотка о стрічку

$$W_{3,п} = K_{пл} l_п$$

де $K_{пл}$ - питомий опір тертю (для конвеєрів зі стрічкою $B \leq 1000 \text{ мм}$, $K_{пл} = 30 \dots 50 \text{ Н/м}$, а якщо $B > 1000 \text{ мм}$, то $K_{пл} = 60 \dots 100 \text{ Н/м}$).

Опір руху стрічки в місці розвантаження

$$W_{п,р} \approx K_{с,п} q_r B,$$

де $K_{с,п}$ - коефіцієнт питомого опору ($K_{с,п} = 2,7$ - для пилоподібних і зернистих; $K_{с,п} = 3,6$ - для дробнокускових вантажів).

Визначення окружного (тягового) зусилля й потужності привода

У фрикційному барабанному приводі натяг галузі стрічки, що збігає із приводного барабана $S_{сб}$ залежить від необхідного тягового зусилля, що дорівнює сумі всіх опорів руху стрічки на трасі конвеєра й тягового фактора привода, обумовленого кутом обхвату й коефіцієнтом тертя стрічки о поверхню барабана.

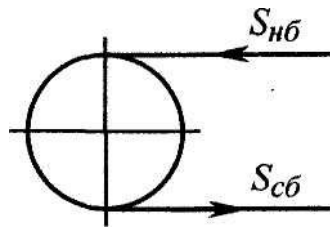


Рисунок 56 – До розрахунків тягового зусилля

Рівняння, отримане з тягового розрахунку конвеєра

$$S_{нб} = \sum \xi_i S_i + \sum \lambda_i S_i + \sum W_{лi} = K_M S_{сб} + \sum W_{лi},$$

де S_i - натяг стрічки на окремих ділянках, Н;

$W_{лi}$ - опір руху стрічки на горизонтальній похилій ділянках, Н

ξ_i і λ_i - коефіцієнти опорів руху стрічки на барабанах і батареях, що залежать від її натягу на окремих ділянках траси конвеєра (місцеві опори);

$K_M = \sum \xi_i \lambda_i > 1$ - загальний коефіцієнт місцевих опорів.

Рівняння - з теорії фрикційного барабанного привода

$$S_{нб} \leq S_{сб} e^{\sum \mu \alpha},$$

де $\sum \mu \alpha = \mu \alpha$ - для однобарабанного привода;

$\sum \mu \alpha = \mu_1 \alpha_1 + \mu_2 \alpha_2$ - для двобарабанного привода.

Задавшись типом привода й вибравши μ і α , визначаємо $e^{\sum \mu \alpha}$.

Формула для знаходження $S_{нб}$ і $S_{сб}$ із урахуванням коефіцієнта запасу K_3

$$S_{сб} e^{\sum \mu \alpha} = (K_M S_{сб} + \sum W_{лi}) K_3,$$

звідки

$$S_{сб} = K_3 \sum W_{лi} / (e^{\sum \mu \alpha} - K_M K_3),$$

Звичайно ухвалюють $K_3 = 1,1 \dots 1,2$.

Натяг стрічки, що набігає на барабан $S_{нб} = S_{сб} e^{\sum \mu \alpha}$. По величині $S_{нб}$ визначають міцність стрічки конвеєра.

Окружне зусилля на тяговому барабані

$$W_0 = S_{нб} - S_{сб}.$$

Потужність електродвигуна привода

$$N = W_0 v / 1000 \eta.$$

Для верхньої завантаженої гілки стрічки при транспортуванні насипних вантажів

$$S_{в.min} \geq K_e (q_{\Gamma} + q_{л}) l_{р.в} \cos \beta,$$

де K_e - коефіцієнт (для конвеєрів довжиною до 100м із простою трасою $K_e = 5$; для конвеєрів довжиною більш 100м і складною трасою $K_e = 8 \dots 10$);

β - кут нахилу траси;

При транспортуванні штучних вантажів масою t_{Γ} у прольоті між роликооперами

$$S'_{в.min} \geq 10 (q_{л} l_{р.в} \cos \beta + 2gm_{\Gamma}),$$

Для нижньої (звотної) гілки

$$S_{н.min} \geq 8 q_{л} l_{р.н} \cos \beta.$$

Якщо отримані в тяговому розрахунку значення мінімальних натягів менше (у межах 10%) значень, обчислених по останніх формулах, то необхідно в точках мінімальних натягів на трасі конвеєра прийняти значення $S_{в.min}$ і $S_{н.min}$ і зробити перерахунок натягу стрічки по всьому контуру траси. Можна також зменшити відстані між роликооперами в зоні мінімальних натягів.

Визначення додаткових зусиль при пуску конвеєра Визначення гальмового моменту

Для конвеєра з похилими ділянками в приводному механізмі встановлюють гальмо за умови

$$q_{г.маx} \sum h \geq \sum W,$$

де $q_{г.маx} \sum h$ - складова сили ваги похилих ділянок при найбільшому навантаженні, Н;

$\sum W$ - опір руху стрічки на всіх ділянках.

Розрахунковий гальмовий момент на валу приводного барабана

$$M_T = 0,5 (q_{г.маx} \sum h - K_{тр} \sum W) D_б \eta = 0,5 (q_{г.маx} \sum h - K_{тр} (W_0 - q_{г.} \sum h)) D_б \eta,$$

де $q_{г.маx}$ і $q_{г.}$ - лінійні сили ваги вантажу, що транспортується, при максимальному й номінальному завантаженнях стрічки конвеєра, Н/м;

$\sum h$ - сумарна висота підйому вантажу на конвеєрі, м;

$K_{тр} = 0,5 \dots 0,6$ - коефіцієнт можливого зменшення опору на трасі;

η - загальний ККД механізмів привода;

$D_б$ - діаметр приводного барабана, м;

W_0 - окружне зусилля на приводному барабані.

Час гальмування (с) до повної зупинки конвеєра

$$t_m \approx \frac{(GD^2)_к n_H g}{375(M_m + M_{cm})} = \frac{J_{np.m} \cdot \omega}{M_m + M_{cm}},$$

де $J_{np.t.}$ - момент інерції всіх частин, що рухаються;

$(GD^2)_к$ - момент інерції всіх частин конвеєра, що рухаються, приведений до вала двигуна, кгм²;

n_H - номінальна частота обертання двигуна, об/хв;

M_T - гальмовий момент устанавленого гальма, Нм;

$M_{ст}$ - момент статичних сил опору при усталеному русі конвеєра, приведений до вала електродвигуна, Нм.