

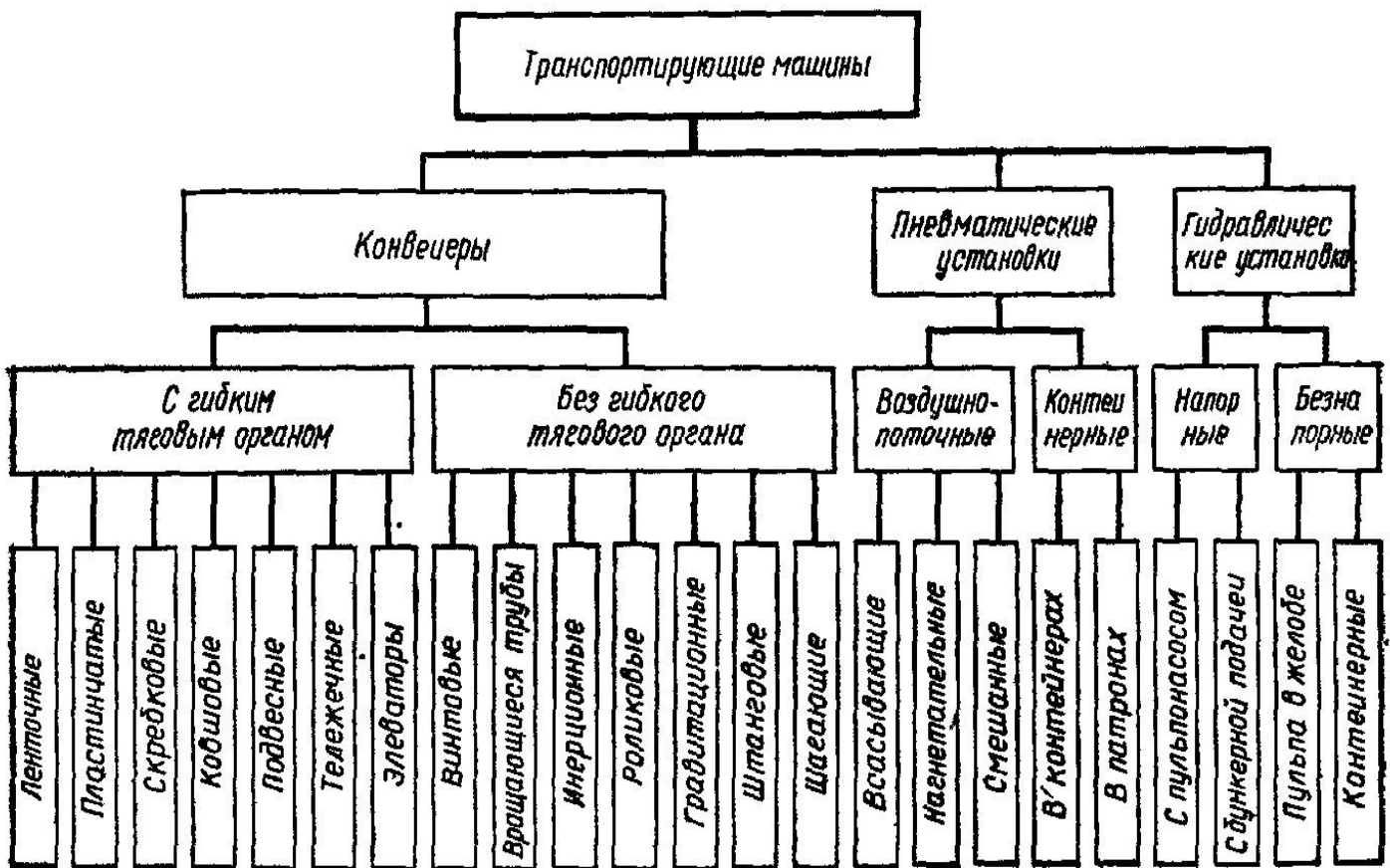
ТРАНСПОРТУЮЧІ МАШИНИ

Глава 12. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ТРАНСПОРТУЮЧІ МАШИНИ

12.1. Призначення й класифікація

Машини й устаткування, призначені для переміщення насипних вантажів безперервним потоком, а штучних вантажів – з певним інтервалом, називають транспортуючими машинами безперервної дії. Вони займають провідне місце серед підйомно-транспортних «засобів різного призначення». Характерною рисою цих машин є те, що їх завантаження й розвантаження відбуваються без зупинки при безперервному русі робочого органа.

Транспортуючі машини застосовують як транспортні засоби на заводах, фабриках, у гірничодобувній промисловості, будівництві, сільськогосподарським виробництві й інших галузях для переміщення різних насипних (вугілля, руда, агломерат, цемент, пісок, щебені, гравій, ґрунт, зерно й т.п.) і штучних (цегла, пиломатеріали, колоди, труби, прокатні балки, злитки, деталі машин і ін.) вантажів.



Малюнок 12.1- Класифікація транспортуючих машин

Машини безперервного транспорту є основою комплексної механізації вантажно-розвантажувальних і виробничих процесів, що підвищують продуктивність праці й ефективність виробництва.

У потоковій виробництві вони є складовою частиною основного технологічного устаткування, від якого багато в чому залежить робота всього підприємства. Вони дозволяють доцільно організувати поточні механізовані й автоматизовані виробничі процеси.

Транспортуючі машини можна розділити на три класи (мал. 12.1): конвеєри, пневматичні установки й гідравлічні установки.

12.2. 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 крупности (мм) насипні вантажі ділять на наступні 8 категорій: пилоподібні (до 0,05), порошкоподібні (0,05...0,5), дрібнозернисті (0,5...2), грубозернисті (2...10), мелкокусковые (11...60), среднекусковые (60...160), крупнокусковые (160...320), особливо великі (понад 320).

Якщо шматок у трьох вимірах має розміри a_1 , a_2 , a_3 , то номінальний розмір

Насипна щільність $a = \sqrt[3]{a_1 a_2 a_3}$ (об'ємна маса γ , т/м³) вільно насипаних вантажів залежить від щільності часток матеріалів, гранулометричного состава, пористості й ступеня заповнення пор водою (вологості).

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 ϕ , який перебуває в межах 45...50° (спокою) і 27...35° (руху).

Абразивність – властивість стирати дотичні поверхні при їхньому відноснім ковзанні. Ця властивість особлива характерно для острокромочных вантажів.

Крихкість – властивість вантажів руйнуватися при падінні, поштовхах.

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

Смерзаемость – властивість насипних вантажів, що містять 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: пошкоджувальність, вибухонебезпечність, самозаймистість, корозійна активність, отруйність і інші, які можуть у ряді випадків вирішальним образом вплинути на вибір способу транспортування.

12.3. Продуктивність машин безперервної дії

Продуктивність транспортуючої машини, що переміщає матеріал рівномірно, безперервним потоком, дорівнює обсягу (кількості) матеріалу, що проходить через даний перетин робочого елемента в одиницю часу. Якщо площа поперечного перерізу потоку матеріалу A (м²), швидкість руху матеріалу v (м/с), а щільність γ (кг/м³), то масова продуктивність машини

(т/ч)

$$P = 3,6FAv\gamma$$

об'ємна (м³/ч)

$$P_0 = 3600Av$$

У силу безперервності потоку масу матеріалу можна виражати у вигляді лінійної величини q (кг/м) :

$$q = A\gamma \quad (12.1)$$

Тоді масова продуктивність (т/ч) машини

$$P = 3,6qv \quad (12.2)$$

У випадку транспортування матеріалу в окремих посудинах, наприклад у ковшах місткістю i (м³), при середньому коефіцієнті наповнення ковшів ψ і розташуванні їх уздовж тягового органа конвеєра із кроком p (м), лінійна місткість ковшів $q = i\psi/p$ (м³/м), а лінійна маса (кг/м) матеріалу

$$q = i\psi\gamma / p \quad (12.3)$$

Отже,

$$\Pi = 3,6vi\psi\gamma / p = 3,6qv / p \quad (12.4)$$

При переміщенні штучних вантажів масою m_0 (кг) кожний, розташованих із кроком p (м), лінійна маса матеріалу

$$q = m_0 / p \quad (12.5)$$

Тоді масова продуктивність (т/ч) машини

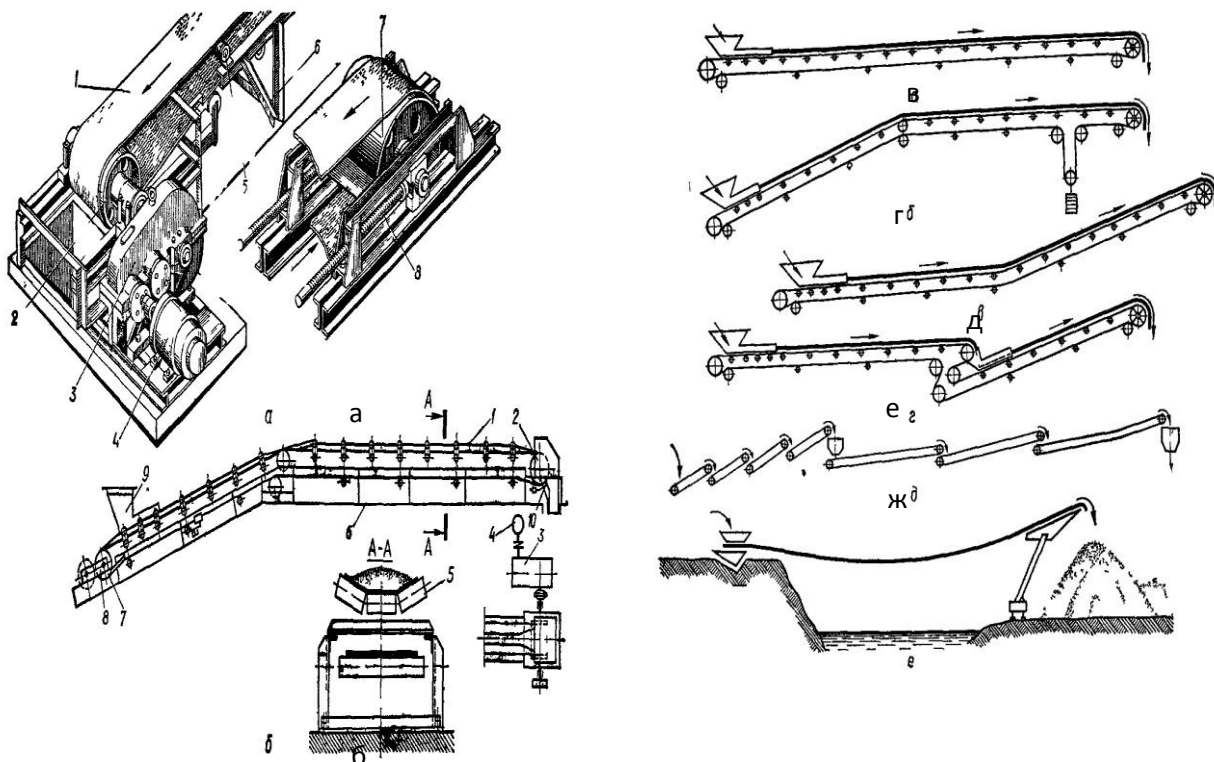
$$\Pi = 3,6vm_0 / p \quad (12.6)$$

Глава 13. СТРІЧКОВІ КОНВЕЄРИ

13.1. Загальні відомості. Конструкція конвеєрів

Стрічкові конвеєри призначені для безперервного переміщення насипних і мелкоштучних вантажів у горизонтальному, похилому й вертикальному напрямках. Вони знайшли широке застосування у всіх галузях народного господарства, промисловості, сільським господарстві, у гірничодобувній, металургійній промисловості та ін. завдяки своїм *відностям*:

- безперервність транспортування, що сприяє підвищенню продуктивності машин, які працюють у комплексі зі стрічковими конвеєрами;
- простота конструкції, надійність у роботі й зручність обслуговування;
- можливість повної автоматизації із застосуванням засобів регулювання й контролю;
- можливість транспортування вантажів при кутах нахилу до 24°, а спеціальними конвеєрами – до 90°, що значно скорочує транспортні комунікації в порівнянні з іншими видами транспорту;
- можливість розвантаження переміщуваного вантажу в будь-якій місці траси конвеєра.



Малюнок 13.1- Траси стрічкових конвеєрів

Недоліки стрічкових конвеєрів: більша вартість і недостатня довговічність стрічки, неможливість транспортування вантажів високої температури, липких, острокрючочних і ін.

Стрічковий конвеєр в одному ставе (мал. 13.1, а, б) складається із гнучкої замкненої, попередньо натягнутої стрічки 1, що є одночасно грузонесущим і тяговим органом, приводного 2 і натяжного 7 барабанів; роликкоопор 5 для підтримки робочої й неробочої галузей, привода, що полягає з одного або декількох приводних барабанів, редуктора 3, двигуна 4 і муфт, натяжного пристрою 8, опорної металоконструкції 6, завантажувального 9 і розвантажувального пристроїв, очисних пристроїв 10.

Стрічкові конвеєри бувають стаціонарні й пересувні.

Конвеєрні установки мають широкий діапазон продуктивності: від декількох тонн до 20 тис. т/ч із шириною стрічки від 300 до 3000 мм і швидкістю до 8 м/с. При застосуванні сучасних високоміцних стрічок і многобарабанных приводів стало можливим створювати конвеєри довжиною до 8...10 км в одному ставе, а конвеєрні магістралі експлуатуються довжиною до декількох десятків кілометрів (і навіть більш 200 км на відкритих гірських розробках).

Конвеєри, установлені горизонтально, похило нагору й похило вниз до 5...8° працюють у руховому режимі, а конвеєри з кутом нахилу вниз більш 5...8° працюють у генераторному режимі.

Траси конвеєрів можуть бути (мал. 13.1): в – горизонтальними; г, д – вигнутими у вертикальній площині; е – горизонтально-похилими зі здвоєним приводом; ж – комбінованими з багатьох конвеєрів (великої довжини); з – спеціальними. Існує група стрічкових конвеєрів, у яких тягові й грузонесущие функції виконуються різними органами: ленточноканатные й стрічково-ланцюгові, у яких стрічка є грузонесущим органом, а канат і ланцюг – тяговим.

Стрічково-канатні конвеєри – це конвеєри, у яких функції грузонесущего елемента виконує стрічка 1, а функції тягового елемента – канати 4 (мал. 13.2, а, б). Два замкнені тягові канати, підтримувані опорними роликами, обгинають приводні й натяжні шківви, утворюють паралельні замкнені й розташованих у вертикальній площині контури. Тонка стрічка зі стовщеними бортами 2 для опори на тяговий канат 4 має сталеві завулканізовані смуги 3, що створюють поперечну стійкість стрічки.

Стрічка й канати мають роздільні натяжні пристрої. Для одержання рівних швидкостей руху канатів шківви приводяться в рух симетричним диференціальним редуктором або роздільними приводами із двигунами з фазовим ротором, що дозволяють зм'якшити робочі характеристики шляхом уведення опору в ланцюг ротора й зробити їх приблизно однакової твердості. Канати по всій довжині опираються на жолобчасті ролики, розташовані друг від друга на відстані 5...8 м.

Кути нахилу таких конвеєрів обмежуються зчепленням канатів зі стрічкою в пусковий період (до 10...12°).

До недоліків конвеєра ставляться: швидке зношування канату (термін служби до 6 місяців), складність і громіздкість конструкції. Однак при більших довжинах транспортування (кілька кілометрів) стрічкові конвеєри конкурентноспособны зі звичайними конвеєрами.

Стрічково-ланцюгові конвеєри мають тяговий орган – штампований розбірний ланцюг 6, а несучий – прогумована стрічка (мал. 13.2, в). Стрічка опирається на провідний черевик 5, прикріплений до тягового ланцюга 6. Ланцюги приводяться в рух гусеничними приводами й при довгих конвеєрах забезпечується многоприводная система. Стрічково-канатні й стрічково-ланцюгові конвеєри застосовують при великій довжині транспортування вантажів – до 1 км і більш.

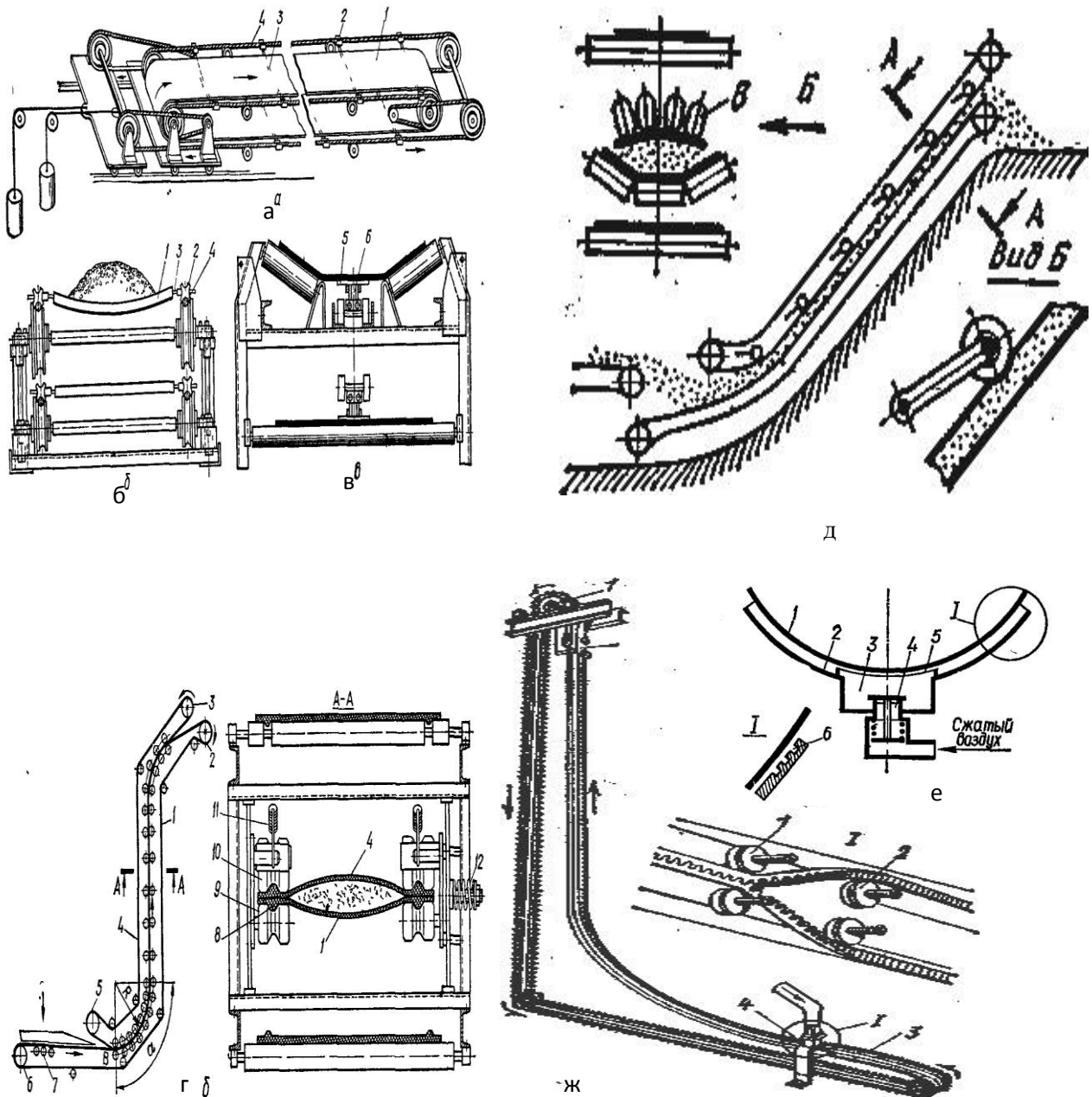
Крутонаклонные й вертикальні конвеєри .

Чим більше кут нахилу конвеєра, тем менше його довжина при тій же висоті подачі вантажу.

Застосування таких конвеєрів дає значний економічний ефект у результаті зменшення довжини займаних виробничих площ, капітальних витрат і ін. Крутонаклонные конвеєри знаходять широке застосування в гірничорудній і металургійній промисловості, для подачі палива в котельні теплових електростанцій і ін.

Застосування стрічкових конвеєрів з виступами на робочій поверхні

стрічки дозволяє транспортувати вантаж під кутом до $50...60^\circ$. Однак вони мають істотний недолік: непридатні для подачі вологих і липких вантажів і тому знаходять обмежене застосування.



Малюнок 13.2- Спеціальні стрічкові конвеєри.

Крутонаклонный двухленточный конвеєр (мал. 13.2, д) містить грузонесущую й притискну приводні стрічки, важелі (вид в), із притискними колесами. вантаж, що транспортується, завантажується на горизонтальній ділянці грузонесущей стрічки, а потім при переході на похилу ділянку накривається стрічкою, краю якої притискаються за допомогою важелів колесами, щоб виключити просыпание вантажу.

До крутонаклонным ставляться й скоробково-стрічкові конвеєри. Сипучий вантаж перебуває між робочою стрічкою основного конвеєра й тяговою стрічкою із прикріпленими шкребками допоміжного конвеєра. Швидкості тягової й робочої стрічок однакові.

Вертикальний двухленточний конвеєр (мал. 13.2, г) переміщає вантаж у замкненій ринві, утвореному двома стрічками, які притискаються роликками. Дві грузонесущі стрічки 4 обгинають приводні 2, 3 і натяжні 5, 6 барабани.

На завантажувальній горизонтальній ділянці стрічка 1 грузонесущого конвеєра переміщається по роликах 7, а потім накривається стрічкою 4 другого конвеєра. На вертикальній трасі конвеєра виникає підпір вантажу силами тертя перехідної ділянки, що виключає зсипання вантажу вниз.

Для центрування стрічок на вертикальній ділянці й попередження бічного сходу до неробочих обкладкам по краях обох стрічок привулканизовані напрямні елементи 8, які стискаються притискними колесами 9, 10 за допомогою пружин 11. Крім того, притискні котки з однієї сторони постачені пружинами 12, що забезпечує додатковий притиск вантажу між стрічками.

Для переміщення матеріалів у різко похилому й вертикальному напрямках застосовують конвеєри зі шлангової стрічкою, що замикається в трубу (мал.13.2, ж). Такі конвеєри можуть бути вигнуті й у плані при радіусах кривизни, приблизно рівних 20 діаметрам труби. Продуктивність їх невелика, внаслідок малої швидкості переміщення (близько 0,5 м/с).

Конвеєри на повітряному підвісі. Повітряний підвіс конвеєрної стрічки дозволяє застосовувати стандартні стрічки, але вимагає установки спеціального устаткування. Можна одержати стійку повітряну подушку при різних умовах експлуатації, незначна витрата повітря й енергії.

Гідності – автоматичне самоцентрування стрічки; безшумність роботи; значно менше коефіцієнт опору ($w = 0,01$) переміщенню стрічки, що забезпечує зниження металло- і енергоємності конструкції й економію капіталовкладення; автоматичне самоцентрування стрічки; незначна витрата повітря.

Принципова схема стрічкового конвеєра на повітряній подушці показана на мал. 13.2, е. Стрічка 1 підтримується повітрям, що подається через дросель 4 у камеру 3, з якої він надходить у зазор між стрічкою й ринвою 2. Дросель призначений для зм'якшення коливань тиску при зміні опорів руху повітря під стрічкою. Для запобігання витоків повітря передбачене лабіринтове ущільнення 6. Уздовж камери 8 через кілька метрів установлені поперечні перегородки 5. Такий поділ подленточного простору на окремі камери викликане нерівномірністю завантаження стрічки по довжині; тиск у кожній камері визначається лежачим на стрічці вантажем.

При **магнітному підвісі** стрічки конструкція конвеєра спрощується в результаті застосування постійних магнітів.

Стрічкові конвеєри застосовують і для пасажирських перевезень на невеликі відстані (до 500 м). Тяговим і грузонесущим елементом служить сталеві обрешетковані стрічка з рифленою поверхнею шириною до 1 м, що рухається по плоским роликоопорам зі швидкістю 1...1,2 м/с. Привод звичайний, що допускається кут до обрешетки нахилу до 6° . Такі конвеєри використовують, наприклад, в аеропортах для підвозу пасажирів до літаків.

13.2. Конвеєрні стрічки

Стрічка є найбільш відповідальним і дорогим елементом конвеєра (до 50% загальної вартості конвеєра). Як правило, з підвищенням терміну служби стрічки знижується вартість транспортування конвеєром одиниці вантажу.

Гумовотканинна стрічка є найпоширенішою й складається з тягового 1 каркаса (мал. 13.3, а), захищеного з усіх боків привулканизованими до нього еластичними обкладками 2, 3. Тягової каркас виготовляють із тканевих прокладок, з'єднаних між собою тонкими гумовими прошарками, шари гуми також надають стрічці більшу гнучкість. Тканина складається з ниток основи (бавовняної, синтетичної, віскозного шовку й ін.), що сприймають поздовжнє навантаження, і ниток утоку 4, що забезпечують поперечну твердість стрічці.

У **резиноотросових** стрічках (мал. 13.3, б) поздовжнє тягове зусилля сприймається металевими тросами 5.

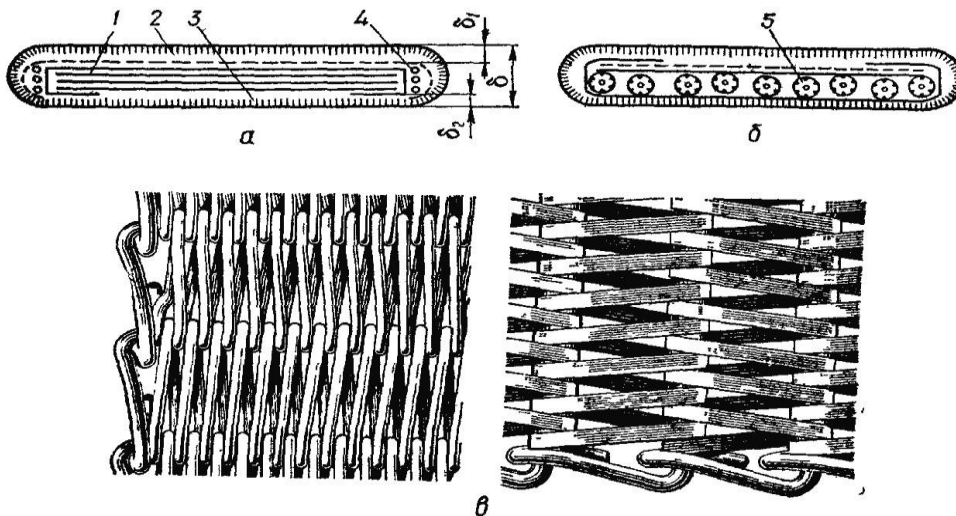
Обкладки стрічок виготовляють із гумової суміші, що включає натуральний або синтетичний каучук, а також із пластмас – полівінілхлориду й поліетилену. Вони захищають каркас стрічки від механічних ушкоджень, впливу газів, проникнення вологи й стирання.

Для транспортування вологих і слизьких вантажів застосовують стрічку із шевронною поверхнею, яка дозволяє працювати на більших кутах підйому конвеєра: для сипучих до 28°; для одиничних вантажів (цегла, ящики й ін.) до 40°.

Усе більше впроваджуються стрічки з комбінованих і синтетичних волокон (лавсан, віскоза, капрон і ін.), що володіють значно більшою міцністю, що приводить до зменшення маси й габаритів конвеєра за рахунок зменшення числа прокладок стрічок.

Синтетичні стрічки мають більшу довговічність, вологостійкість, стійкість до ударів, легко піддаються очищенню, не розшаровуються. Однак вартість їх поки залишається високою.

Відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 20–76 випускають п'ять типів (1, 2Р, 2, 3, 4) гладких гумовотканинних стрічок для транспортування сипучих, кускових і штучних вантажів: загального призначення; морозостійкі (1М, 2РМ) до мінус 60° С; негорючі (2РШ, 2Ш, для шахт); термостійкі (2П), що допускають температуру 100...200°С.



Малюнок 13.3- Конвеєрні стрічки

Ширина стрічок 300...3000 мм.

Одним із прогресивних напрямків у виробництві стрічок є більш широке впровадження цельнотканних стрічок з каркасом з однієї багатоосновной тканини, що володіють великою міцністю, гнучкістю, довговічністю. Прагнення розвантажити стрічку від тягових зусиль, особливо в конвеєрах великої довжини, привело до створення канатно-стрічкових і стрічково-ланцюгових конвеєрів, де стрічка є, в основн органом, що несе.

Резинотросовые стрічки мають рядом **переваг**: висока міцність (в 15...25 раз міцніше гумовотканинної тієї ж товщини), мале відносне подовження (не понад 0,5%), висока довговічність, гарна позовжня й поперечна гнучкість, що дозволяє застосовувати барабани менших діаметрів і роликоопору зі збільшеним кутом нахилу бічних роликів. Для виготовлення резинотросовых стрічок (ширина яких доходить до 3000 мм) застосовують троси діаметром від 2,1 до 11,6 мм, завулканізовані між шарами тканини уздовж стрічки. Резинотросовые стрічки (РТЛ) використовуються на конвеєрах довжиною до 5000 м і більш.

Стрічки в морозостійкім виконанні (до мінус 45° С) виготовляють із морозостійкої гуми, отриманої шляхом добавок різних антифризів у гумові суміші.

Термостійкі стрічки виготовляють зі скловолокна, поверхня яких покрита кремнійорганіческим каучуком (до 6 мм), а також шляхом покриття прогумованої тканини скловолокном.

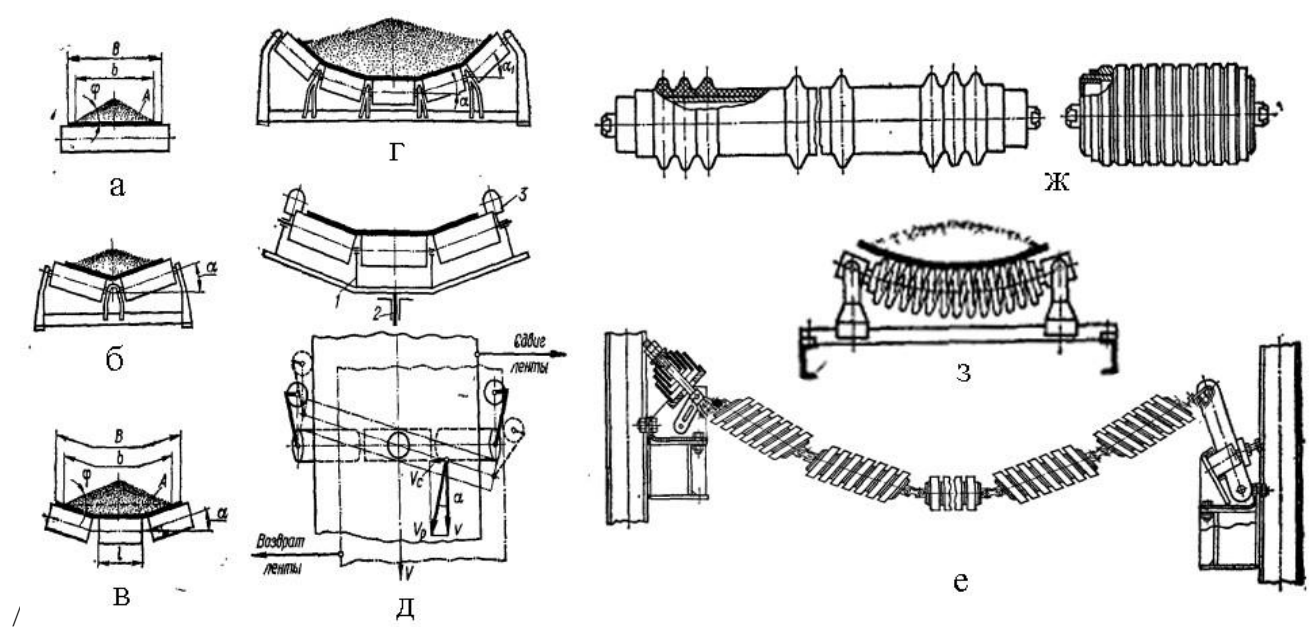
Для транспортування вантажів високої (до 300° С) і низкою температур застосовують стрічку, яка виготовляється з **углеродистої або нержавіючої** сталі товщиною 0,6...1,2 мм, шириною 350...800 мм. Швидкість руху стрічки звичайно не перевищує 1,6 м/с.

Застосування обрешинених із двох сторін суцільнометалевих стрічок дозволило поліпшити техніко-економічні показники конвеєрів і застосовувати їх при невеликих кутах нахилу.

Обрешиненные стрічки рухаються плавно й безшумно, що дозволяє підвищити швидкість (до 4 м/с), а отже, і продуктивність. Недоліки сталеві стрічки: застосування барабанів великого діаметра, невелика продуктивність конвеєрів, малий термін служби стрічки й ін. Велика перевага перед холоднокатаною сталеві стрічкою має сталеві дротова стрічка, виготовлена з жароміцного дроту. Сітчаста стрічка (мал. 13.2, в) допускає транспортування вантажів при температурі 350 і навіть 1000° С. Тому її застосовують там, де одночасно із транспортуванням потрібне виконання технологічних операцій (термообробка, випал кераміки, сортування, зневоднювання матеріалів і ін.). **Сіткові дротові** стрічки мають тем позитивною якістю, що вони працюють на барабанах того ж діаметра, що й гумовотканинні.

13.3. Роликові опори

Роликові опори є основним елементом стрічкового конвеєра. Від їхньої роботи залежить довговічність стрічки й споживання енергії приводом. Роликові опори повинні бути довговічними, недорогими, мати малий опір обертанню, зручні в експлуатації й монтажі. По призначенню діляться на рядові, установлені протягом усєї траси, і спеціальні, розташовані в окремих місцях конвеєра., що центрують, перехідні (у приводних барабанів), що амортизують (у пункті завантаження) і ролики для очищення стрічки.



Малюнок 13.4 – Роликоопоры

Як правило, неробоча галузі стрічки має одноролікові опори й тільки для стрічки великої ширини встановлюють двухролікові. Крок роликів робочої галузей залежить від ширини стрічки, насипної щільності вантажу й перебуває в межах 0,9...1,5 м. Для конвеєрів з високоміцними стрічками крок доходить до 3...4 м. Крок роликів неробочої галузей ухвалюють в 2 рази більше. На неробочій галузях конвеєра частина роликів може бути виконана гвинтов, що очищають робочу поверхню стрічки від налиплої маси. Для можливості регулювання ходу стрічки кріплення ролика допускає пересувку (перестановку) у плані на кут 3...6° від положення, перпендикулярного стрічці, у бік руху стрічки.

Запобігання збігання стрічки із трехроликowych опор досягається нахилом бічних роликів уперед по ходу стрічки на $2, \dots 4^\circ$ (їх установлюють через кожні 5–6 звичайних роликів), а також застосуванням опор, що центрують.

Найбільше застосування одержали трехроликowe опори; двухроликowe використовують на пересувних конвеєрах легкого типу; пятироликowe – для конвеєрів зі стрічкою великої ширини, де потрібно збільшити глибину ринви з метою підвищення продуктивності. Однороликові опори застосовують у конвеєрів, призначених для переміщення штучних або насипних вантажів з виконанням певної технологічної операції (породоотборка, зневоднювання й т.п.).

По числу роликів і кутам їх нахилу розрізняють наступні типи роликoопор (мал. 13.4): а – однороликова; б – двухроликовая ($\alpha = 15$ і 20°); в – трехроликовая ($\alpha = 20, 30, 36$ і 45°); г – пятироликовая ($\alpha = 45^\circ$ і $\alpha = 22,5^\circ$).

Що центрує роликoопора (мал. 13.4, д) може повертатися близько вертикального шворня 2, укріпленого на рамі 1. При збіганні стрічки убік (вправо) вона натискає на вертикальний (дефлекторний) ролик 3 і тягне його за собою, повертаючи опору на кут α . Основні ролики, обертаючись під кутом щодо стрічки, прагнуть повернути стрічку в центральне положення складової вектора швидкості.

Схід стрічки контролюється спеціальними реле, установлюваними на рамах роликoопор із кроком 50 м.

Є, що центрують роликoопоры, що діють автоматично при натисканні краю стрічки на дефлекторний ролик, що включає силову систему, яка примусово повертає роликoопору на потрібний кут, забезпечуючи тим самим прямолінійний рух стрічки. Що центрують роликoопоры встановлюють звичайно через 10-12 роликoопор і близько місць завантаження.

Що амортизують роликoопоры застосовують для зниження динамічних навантажень і захисту стрічки від руйнування падаючими великими шматками вантажу в місцях завантаження. На мал. 13.4, е, з показані конструкції роликoопор на пружинах. Для конвеєрів зі сталеву стрічкою застосовують пружинні роликoопоры (з), що утворюють жолобчастий перетин стрічки із прогином, пропорційним масі вантажу. Зниження ударів при завантаженні й поштовхах під час руху стрічки досягають також застосуванням, що амортизують резинопневматических роликів (мал. 13.4, ж); обрeзиненных, з ребристими гумовими бандажами й металлорезиновых роликів.

13.4. Приводи конвеєрів

Привод конвеєра складається з барабана, редуктора, двигуна, муфт і гальмового пристрою (гальмо або останов). Останні необхідні для обмеження вибігу при вимиканні двигуна й виключення зворотного ходу похилого навантаженого конвеєра.

Залежно від необхідної величини тягового зусилля застосовують конвеєрні приводи одне-, двох- і многобарабанные. По числу двигунів розрізняють одне- і многодвигательные приводи.

Найпоширенішим і простим по конструкції є однобарабанный привод. Стрічка обгинає приводний барабан неробочою (чистою) стороною, що забезпечує більш стабільний коефіцієнт зчеплення з барабаном. Кут обхвату барабана стрічкою 210...230. Для конвеєрів, що транспортують важкі вантажі на більші відстані, застосовують двухбарабанный привод, що полягає із двох приводних і неприводного барабанів. Цей привод має більше тягове зусилля, тому що сумарний кут обхвату стрічкою двох барабанів збільшується до 480° .

Тягове зусилля підвищується від притиснення стрічки до барабана обрeзиненным роликoм або використанням атмосферного тиску, створюючи вакуум усередині барабана.

Для стрічкових конвеєрів досить перспективне застосування гідравлічного приводу, особливо при використанні високомоментних гідродвигунів, що відкривають можливість створення приводів, які виключають механічні передачі між двигуном і барабаном.

13.5. Натяжні пристрої

Натяжні пристрої призначені для компенсації подовження стрічки при роботі, створення й підтримки в заданих межах натягу, що забезпечує стійке зчеплення стрічки із приводним барабаном і обмеження

провисання стрічки між роликоопорами. Стрічка натягається переміщенням натяжного барабана на візку або спеціальних напрямних.

За принципом дії вони діляться на пристрої, що працюють періодично в міру витягування стрічки (гвинтові, рейкові й ін.), і автоматичні (вантажні, гідравлічні, пневматичні).

Автоматичні пристрої бувають із регульованим (залежно від величини крутного моменту привода) і нерегульованим натягом.

Натяжний пристрій розміщують у конвеєрі, як правило, там, де натяг стрічки мінімальний. У похилих конвеєрах пристрій установлюють унизу, і хвостовий барабан використовують у якості натяжного. У важких конвеєрах великої довжини натяжний пристрій конструюють в одному вузлі із приводом для спрощення обслуговування й керування конвеєром.

Гвинтові натяжні пристрої застосовують для конвеєрів невеликої довжини (до 60 м) в умовах малої зміни температури навколишнього середовища. Обоє гвинта працюють незалежно. Пристрою мають малі габарити, але їм властивий недолік – необхідно робити періодичне підтягування в міру витягування стрічки щоб уникнути пробуксовки приводного барабана. Для поліпшення роботи конвеєра пристрій виконують подпружиненим.

У вантажному пристрої натяжний барабан переміщається під час роботи конвеєра автоматично, підтримуючи постійний натяг стрічки. По розташуванню їх ділять на хвостові й проміжні. Застосовують їх у конвеєрах будь-якої довжини, за винятком досить коротких. У конвеєрах великої довжини для зменшення натяжного вантажу застосовують полиспастьні пристрою.

У сучасних конструкціях конвеєрів широко застосовують автоматичні лебедочные натяжні пристрої з поліспастьом, що приводяться в дію електро- або гідроприводами.

13.6. Завантажувальні пристрої.

Завантаження стрічки, що рухається, конвеєра здійснюється за допомогою лотка, ширина вихідного отвору якого повинна бути 0,6...0,7 ширини стрічки; кут нахилу стінок 10...15°. Місце завантаження є одним з основних місць ушкодження й зношування стрічки. Для збереження стрічки потік вантажу направляють спочатку на похилий лоток (на колосники), через які прокидаються дрібні фракції вантажу на стрічку, створюючи постіль для великих шматків. Для зниження енергії падаючих шматків застосовують гумові амортизатори. З метою зменшення провисання стрічки в місці завантаження роликоопору встановлюють із меншим кроком. Для рівномірної подачі й додання вантажу швидкості, рівної швидкості стрічки, застосовують живильники різних типів.

13.7. Розвантажувальні пристрої

При проектуванні перевантажувальних вузлів стрічкових конвеєрів необхідно знати траєкторію руху окремих шматків і струменя вантажу після розвантаження з барабана, що дозволить визначити місце розташування живильника, відбійної стінки, що й амортизують роликоопор у прийомному конвеєрі. Відрив вантажу від стрічки відбудеться в той момент, коли відцентрова сила від руху часток вантажу на стрічці барабана стане рівною радіальній складовій ваги часток, тобто коли (рис 13.5, а)

$$mv^2 / R = mg \cos \alpha \quad (13.1)$$

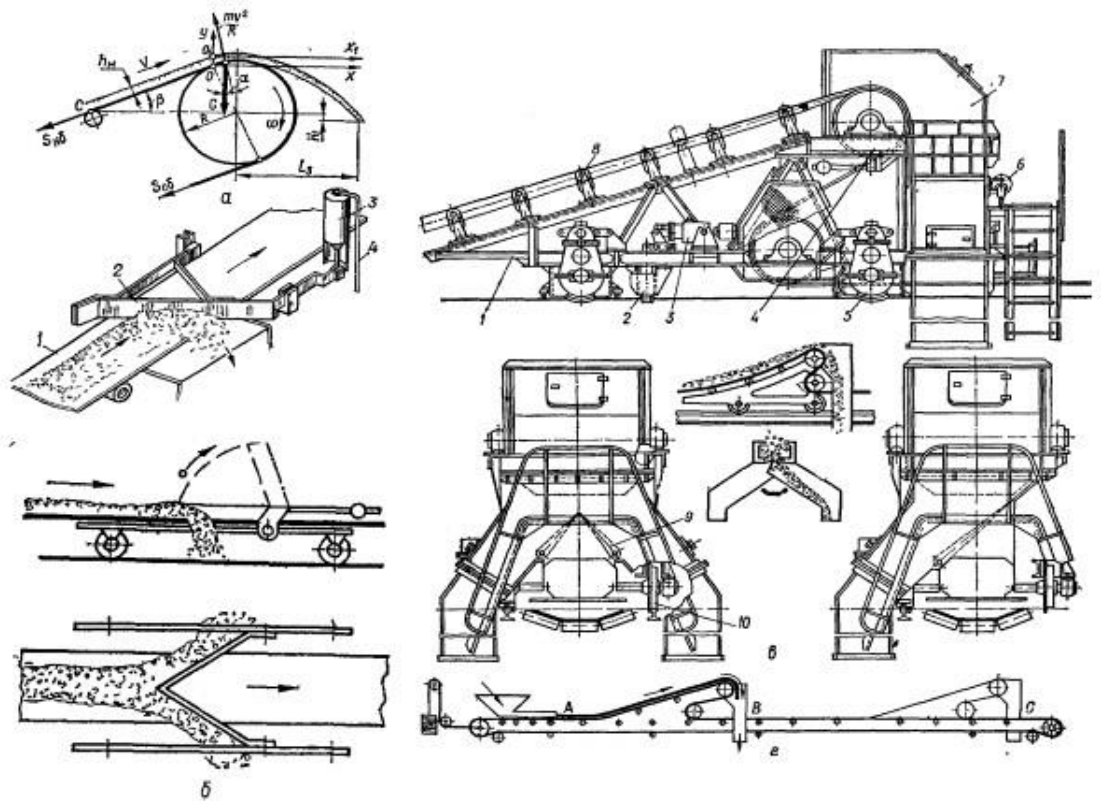
де **m** – маса часток вантажу; **R** – радіус барабана (з товщиною стрічки); **α** – кут, що характеризує початок відриву частки вантажу від стрічки.

Якщо $v^2/(gr) > 1$, то відрив вантажу від стрічки відбувається в крапці ПРО. З рівняння (13.1) знаходимо

Рух часток вантажу при вільнім падінні відбувається по параболі, рівняння якої в прямокутній системі координат **хоу** має вигляд:

$$y = xtg\beta - x^2 g / (2v^2 \cos \beta)$$

де **x** и **v** – поточні координати.



Малюнок 13.5- Розвантажувальні пристрої .

Спочатку будемо в системі координат xoy траєкторію польоту часток, розташованих на стрічці, а потім у системі координат x_1oy_1 – траєкторію польоту часток верхнього шару потоку. Задавшись величиною H_1 визначають відстань L_3 від центру розвантажувального барабана до місця падіння потоку вантажу. У випадку вільного розвантаження конвеєра можна визначити:

дальність

$$L = v^2 \sin \beta / g \quad (13.3)$$

висоту

$$h_0 = v^2 \sin \beta / g \quad (13.4)$$

тривалість польоту

$$t = 2v \sin \beta / g \quad (13.5)$$

Проміжне розвантаження насипних і кускових вантажів зі стрічки 1 проводиться плужковими одне- і двосторонніми скидачами 2 (мал. 13.5, б). По конструктивним виконанням вони бувають знімні, відкидні й пересувні. На сучасних конвеєрах скидачі управляються автоматично від електромагнітного або пневматичного 3 приводів, куди повітря подається з повітропроводу 4. Поряд з недоліками (підвищене зношування стрічки, значні місцеві опори обмежують швидкість стрічки до 2 м/с і ін.) плужковий скидачі є єдиним пристроєм для проміжного знімання з конвеєра штучних вантажів.

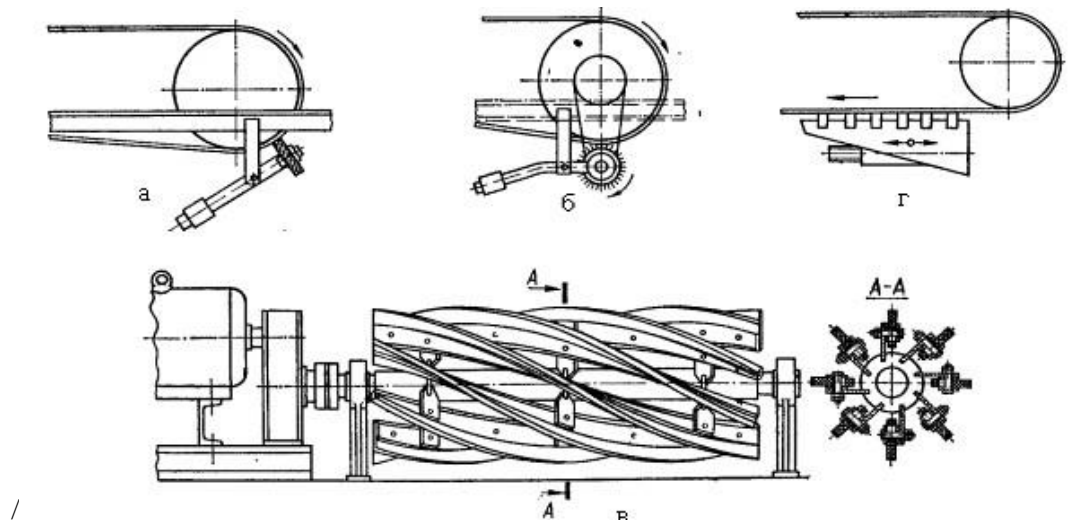
Основним пристроєм для проміжного розвантаження сипучих вантажів із крутих конвеєрів є самохідні двухбарабанні розвантажувальні візки (мал. 13.5, в). Вони бувають із одне- і двостороннім розвантаженням. На рамі 1 змонтовано два несприводні барабани 4 і роликоопори 8, по яких проходить навантажена конвеєрна стрічка. При сході стрічки з верхнього барабана вантаж висипає у вирву 7, а порожня стрічка, обігнувши нижній барабан, виходить із візка на свою трасу. Візок переміщається на ходових колесах 10 по рейковому шляхові за допомогою редукторного привода 5. Для забезпечення стійкості візка передбачений рейковий захват 2 із приводом 3. Шибера 9 із приводом 6 управляють випуском сипучих вантажів з вирви.

Загальний вид конвеєра з розвантажувальним візком наведений на мал. 13.5, г. Візок переміщається по рейках уздовж траси в міру потреби розвантаження матеріалу в необхіднім місці (бункері). Показані крайнє С і проміжне В положення візка на трасі.

13.8. Очисні пристрої

На поверхні стрічки після розвантаження можуть залишатися прилиплі частки вантажу. Для створення нормальних умов роботи й підвищення терміну служби стрічки передбачене очищення. При поганім очищенні порушується стабільність руху стрічки, підвищується її зношування, зменшується коефіцієнт тертя між стрічкою й барабаном. У зведеному приводі при огибанні стрічкою одного з барабанів робочою стороною відбувається перерозподіл тягових зусиль між барабанами. При роботі конвеєра в зимових умовах прилиплий до стрічки й барабану матеріал примерзає, у результаті чого утрудняється робота конвеєра або взагалі стає неможливою.

Очисні пристрої (мал. 13.6) можна розділити на наступні типи: а – скребкові з різним способом притиснення шкребка до стрічки; б – щіткові; в – винто-лопатеві; г – вібраційні, гідравлічні й пневматичні.



Малюнок 13.6- Пристрою для очищення стрічки

13.9. Розрахунки стрічкових конвеєрів

Розрахунки ширини стрічки. При заданій продуктивності:

$$P = 3,6Av\varphi \quad (13.6)$$

площа поперечного переріза A насипного вантажу на стрічці залежить від ширини B и кута природнього укосу φ (рис 13.7, а).

Попередньо ширину стрічки вибирають по гранулометрическому составу вантажів:

для рядових вантажів

$$B > (2,7...3,2) a_{\max}, \quad (13.7)$$

де a_{\max} – максимальний розмір пуску; для сортованих вантажів

$$B > (3,3...4) a_{\max}, \quad (13.8)$$

для штучних вантажів

$$B > a_{\max} + (100...200). \quad (13.9)$$

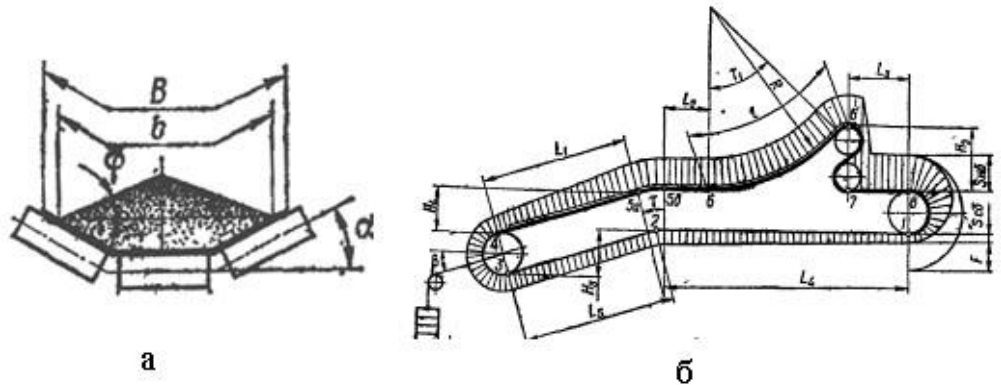
Для визначення ширини стрічки з умов забезпечення заданої продуктивності спочатку знаходять площу поперечного переріза насипного вантажу:

для масової продуктивності

$$A = \Pi / (3,6v\gamma)$$

для об'ємної продуктивності

$$A_0 = \Pi_0 / (3,6v)$$



Малюнок 13.7- Розрахункові схеми конвеєра

З умов запобігання просипання вантажів зі стрічки при її русі використовується не вся ширина стрічки (м):

$$b = 0,9B - 0,05$$

Тоді площа поперечного перерізу вантажу A для плоскої стрічки може бути виражена у вигляді трикутника, а для жолобчастої – сумою трикутника й трапеції (мал. 13.7, а).

Запишемо в загальному виді вираження для площі поперечного перерізу матеріалу:

$$A = K_n (0,9B - 0,05)^2 \quad (13.10)$$

де K_n – коефіцієнт пропорційності. Підставивши значення (13.10) у формулу (13.6), знаходимо ширину стрічки

$$B = 1,1(\sqrt{\Pi / (K_n v \gamma)} + 0,05) \quad (13.11)$$

для об'ємної продуктивності

$$B = 1,1(\sqrt{\Pi_0 / (K_n v)} + 0,05) \quad (13.12)$$

Значення коефіцієнта K_n залежить від кута укусу й форми стрічки й становить 240...710.

Для похилих конвеєрів слід урахувати зменшення продуктивності внаслідок часткового зсипання матеріалу

$$B = 1,1 \left(\sqrt{\frac{\Pi}{K_n K_\beta v \gamma}} + 0,05 \right)$$

де $K_\beta = 0,8...1,0$ – коефіцієнт, що залежить від кута нахилу конвеєра.

Із двох отриманих значень ширини стрічки (формули 13.7, 13.8, 13.11, 13.12) ухвалюють більше й округляють (звичайно в більшу сторону) до ширини, що відповідає ДЕРЖСТАНДАРТ 20-76 і міжнародним стандартам ІСО: $B=300...3000$ мм.

Тяговий розрахунки конвеєра. Для розрахунків натягів у конвеєрах із гнучким органом незалежно від складності їх траси застосовують універсальний метод обходу контуру. Сутність його полягає в тому, що всю довжину траси конвеєра розбивають на характерні ділянки й послідовно знаходять натяг S_i стрічки в будь-якій крапці траси:

$$S_i = S_{i-1} + W_i$$

де S_{i-1} – натяг у попередній крапці ($i - 1$); W_i – опір на ділянці між крапками ($i - 1$) і i .

Розрахунки слід починати із крапки мінімального натягу, що збігає ненавантаженої галузей S_1 (крапка 1, мал.13.7, б).

В остаточному підсумку знаходять натяг у двох характерних крапках конвеєра, що набігає ($S_{нб}$), що й збігає ($S_{сб}$) галузях приводного барабана.

Тоді окружне зусилля на приводному барабані

$$F_t = S_{нб} - S_{сб} \quad (13.13)$$

Розрахункова потужність двигуна

$$P = F_t V / \eta \quad (13.14)$$

де η – КПД привода.

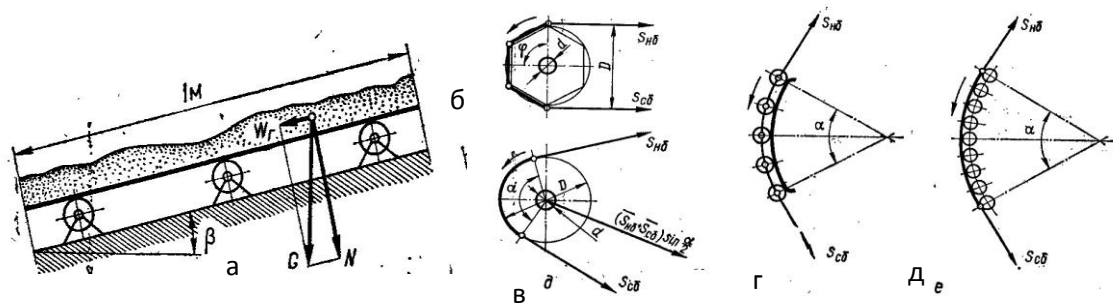


Рис. 13.8 - Схеми для визначення опорів руху вантажу

Опір руху тягового органа на прямолінійній ділянці траси розглянемо (мал. 13.8, а) з урахуванням вагових навантажень, що доводяться на 1 м довжини вантажів, що рухаються, і частин (Н/м); q – погонне навантаження переміщуваного вантажу; q_0 – погонне навантаження частин, що рухаються, конвеєра (стрічка, пластини з ланцюгами, ланцюг зі шкребками й т.

п.); β – кут нахилу прямолінійної ділянки до обрїу, гради; L – довжина прямолінійної ділянки траси; q_p – погонне навантаження обертових частин стаціонарних опорних роликів робочої галузей; q_p' – погонне навантаження обертових частин роликів неробочої галузей

$$q_p = G_p / p_p \quad q_p' = G_p' / p_p' \quad (13.15)$$

де G_p і G_p' – вага обертових частин однієї роликкоопори відповідно до робочої й неробочої галузей; p_p і p_p' – крок роликкоопор робочої й неробочої галузей, м; w – коефіцієнт опору руху тягового органа (стрічки) по стаціонарним роликкоопорам, що враховує опору в підшипникових вузлах роликів, перекочуванню стрічки по роликах і від ворошіння насипного вантажу; w_1 – коефіцієнт опору руху ходових котків по напрямних:

$$w_1 = (fd + 2k)K_p / D$$

де f – коефіцієнт тертя в підшипнику; do – коефіцієнт тертя катання котка по напрямних; d – діаметр цапфи ролика (котка); D – зовнішній діаметр ролика (котка); K_p – коефіцієнт опору в ребордах.

Сила опору руху тягового органа по прямолінійній похилій ділянці траси конвеєра:

робочої галузей

$$W_p = (q + q_0)L(w \cos \beta \pm \sin \beta) + q_p L w_1 \quad (13.16)$$

неробочої галузей

$$W_x = qL(w \cos \beta \pm \sin \beta) + q'_p L w_1 \quad (13.17)$$

Знак «плюс» ставиться до руху вантажу нагору, знак «мінус» – до руху вниз, що видно з мал. 13.8, а.

Опору на криволінійних ділянках траси утворюються при огибании тяговим органом зірочок, барабанів, блоків, нерухливого криволінійного напрямного провідника й батарей напрямних роликів. Вони складаються з опорів тертя W_v у підшипникових вузлах і твердості $W_{ж}$ тягового органа (стрічки, ланцюги, канату).

Опір у підшипниках вала барабана, зірочки або блоку визначають, виходячи з геометричної суми діючих сил (мал. 13.8, б, в, д):

$$W_B = [(S_{нб} + S_{сб})fd / D] \sin(\alpha / 2) \quad (13.18)$$

де D – діаметр барабана, блоку, зірочки; $S_{сб}$ і $S_{нб}$ – натяг в, що збігає, що й набігає галузях тягового органа; f – коефіцієнт тертя в підшипниках; d – діаметр цапфи вала, α – кут обхвату барабана, блоку або зірочки тяговим органом.

Якщо для неприводних барабанів, блоків, зірочок приблизно прийняти $S_{нб} = S_{сб}$ і зневажити їх вагою, то одержимо

$$W_B = [2S_{нб}fd / D] \sin(\alpha / 2) \quad (13.19)$$

Опір від твердості стрічки й канату при огибании барабанів і блоків

$$(13.20)$$

де ψ – коефіцієнт твердості тягового органа. $W = (S_{нб} + S_{сб})\psi$

Опір від твердості ланцюга при огибании зірочки виникає через тертя в шарнірах ланцюга внаслідок кутового зсуву сусідніх ланок

$$W_{жс} = (S_{нб} + S_{сб})df / D \quad (13.21)$$

де d – діаметр валика ланцюга; f – коефіцієнт тертя в шарнірі ланцюга.

Опір при русі тягового органа **по нерухливому провідникові або по батареї напрямних роликів** (мал. 13.8, г, д) визначають у припущенні, що тяговий орган можна розглядати як гнучку нитку:

$$(13.22)$$

де w' – коефіцієнт опору руху в кінці конвеєра (де починається перегин); α – кут обхвату стрічкою криволінійної ділянки, радіус.

На криволінійних ділянках опуклістю вниз без контршин ці опори відсутні.

Натяг стрічки на галузях, що збігає, відхиляє барабана більше, чим на, що набігає:

$$S_{сб} = K_6 S_{нб} \quad (13.23)$$

де K_6 - коефіцієнт, що залежить від кута обхвату.

Глава 14. ЛАНЦЮГОВІ КОНВЕЄРИ

Тяговим органом цієї групи конвеєрів є ланцюги, що приводяться в рух зірочками або рідше гусеничним приводом.

Залежно від конструкції робочих органів, прикріплених до ланцюгів, конвеєри діляться на пластинчасті, скребкові, ковшові, візкові й підвісні. Траси ланцюгових конвеєрів більш різноманітні, чому стрічкових, і дозволяють транспортувати вантажі на більші відстані без перевантаження.

14.1. Пластинчасті конвеєри

Пластинчасті конвеєри призначені для переміщення насипних, штучних і волокнистих вантажів. З їхньою допомогою транспортують також важкі одиничні вантажі, для яких неможливо використовувати стрічкові конвеєри: крупнокускову руду, гарячий агломерат, вапняк, гарячі кування, виливки, острокромочные відходи штампувального виробництва. Вбудовані конвеєри також широко застосовують у сільськогосподарських машинах.

Ланцюгові конвеєри знаходять широке застосування в якості технологічних у потокових лініях складання машин, охолодження, сортування, термічного обробки й інших операцій, а також в автоматичних цехах і заводах, де вони органічно пов'язані з технологічними процесами виробництва.

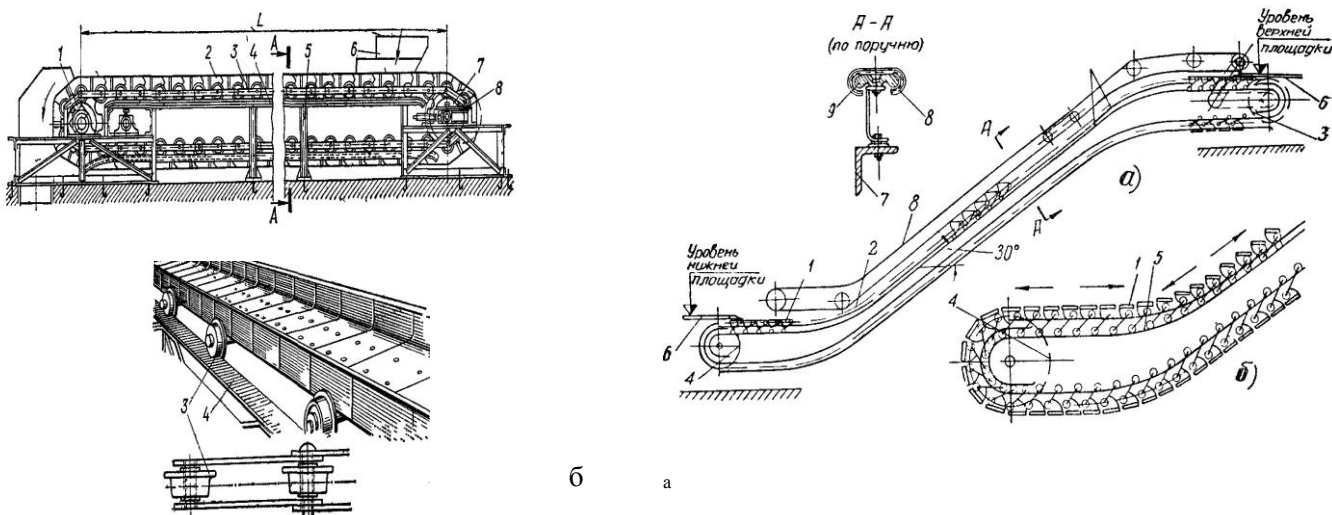
Велика перевага пластинчастих конвеєрів – можливість руху по складній просторовій трасі. Довжина конвеєрів до 2 км, продуктивність – до 2000 т/ч. Більша міцність ланцюгів і мала витяжка дозволяють виготовляти пластинчасті конвеєри практично будь-якої довжини в одному ставе, застосовуючи проміжні приводи, розставлені на певній відстані друг від друга. Конвеєри виготовляють в основному двухцепные; згинаючі – одноланцюгові, а конвеєри великої ширини настилу – трьох- і четырехцепные. По кількості приводів – одноприводні (основний тип) і рідше многоприводные.

По напрямкові транспортування вантажів пластинчасті конвеєри

бувають горизонтальними, похилими й комбінованими. Пластинчасті конвеєри можуть транспортувати насипний вантаж під кутом $35...45^\circ$, а з ковшеобразним настилу до $65...70^\circ$. Короткі пластинчасті конвеєри, виготовлені з міцними несучими пластинами, застосовують у якості живильників дробарок.

Гідності: висока надійність, можливість транспортування більш широкого (у порівнянні зі стрічковими) асортиментів вантажів по трасі з більш крутими підйомами, забезпечуючи бесперегрузочное транспортування на будь-які відстані й ін.

Недоліки: більша погонна маса конвеєра; висока вартість; обмежена швидкість руху ланцюгів (до 1,25 м/с); більш складна експлуатація в порівнянні зі стрічковим конвеєром через наявність великої кількості шарнірних зчленувань у ланцюгах, що вимагають регулярного змащення й нагляду; більша витрата енергії.



Малюнок 14.1- Пластинчастий конвеєр:
а – основна схема, б – різновид (ескалатор).

Пластинчастий конвеєр (мал. 14.1, а) складається із двох замкнених ланцюгів 3 з опорними котками, що обгинають приводні й натяжні 7 зірочки. Пластины 2, що утворюють замкнений настил, прикріплені до ланцюгів, що рухаються по твердим напрямним 4 станини 5. Конвеєр постачений гвинтовим натяжним

пристроєм 8. Завантаження конвеєра проводиться через одну або кілька вирв б, а розвантаження – через кінцеві зірочки в бункер або інший прийомний пристрій.

У конвеєрах застосовують наступні типи пластинчастих ланцюгів: прості шарнірні, втулочно-роликові для легких режимів роботи; втулочнокатковий із гладкими котками й з ребордними котками на підшипниках ковзання й кочення. Крок ланцюгів 100...630 мм. Круглозвенні ланцюги (зварені й литі) застосовують рідко. Для конвеєрів зі складною трасою застосовують двухшарнірні ланцюги. Настил конвеєра складається з окремих пластин листової сталі, рідше з дерева й пластмас. Розрізняють три види настилу: без бортів, з рухливими бортами й з нерухливими бортами, закріпленими на рамі конвеєра.

Пластинчасті конвеєри з настилом у формі лотка називають лотковими.

Конструкція й форма настилів визначаються властивостями вантажів, що транспортуються. На мал. 14.2 показані поперечні перерізи основних типів настилів: а – бортовий або лотковий; б – плоский (без бортів); в – плоский з нерухливими бортами; г – коритоподібний.

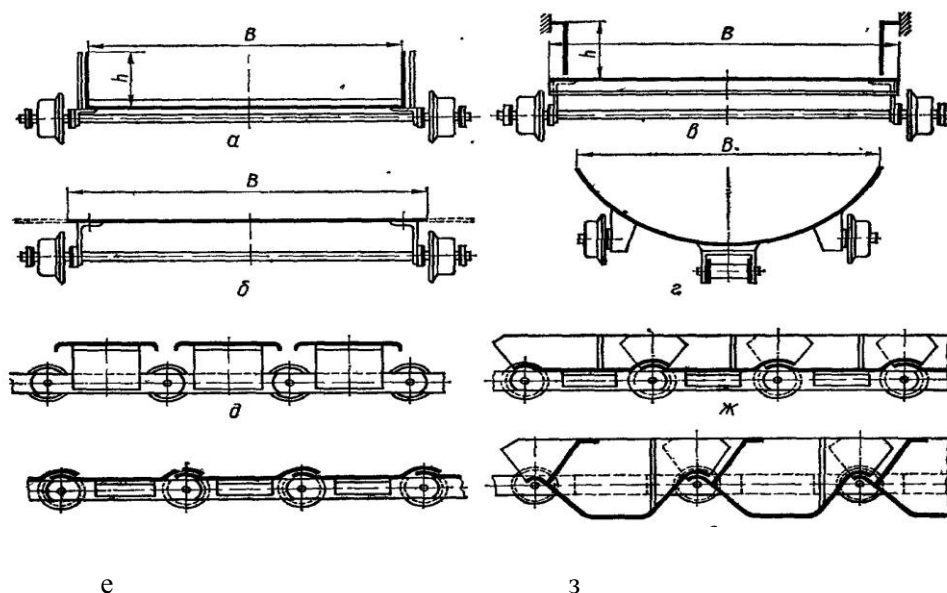
Залежно від форми пластин і конструкції настилів можна виділити наступні модифікації пластинчастих конвеєрів: д – безбортовий плоский розімкнутий; е – безбортовий із хвилястим настилом; ж – з бортовим хвилястим настилом; з – коробчатий.

Конвеєри із плоским розімкнутим настилом застосовують для транспортування штучних і волокнистих вантажів. Щоб уникнути просипання вантажу настил виконують зімкнутим (з перекриттям) як по дну (е), так і з боків (ж).

Конвеєри із хвилястими й поперечними ребрами допускають кут нахилу конвеєра до 40°, а коробчаті до 65...70°.

При необхідності проміжного розвантаження насипних вантажів плужковим скидачем застосовують конвеєри із плоским зімкнутим настилом.

Привод пластинчастих конвеєрів складається із двигуна, редуктора й зірочок. Зірочки для тягових ланцюгів підрозділяються на приводні, натяжні й відхиляючі.



Малюнок 14.2 – Типи настилів.

Виготовляють їх з малим числом зубів ($Z = 5...8$); підвищення зносостійкості зубів досягається термічною обробкою. Приводні зірочки встановлюють у головній частині. У довгих конвеєрах для зменшення натягу в ланцюгах установлюють проміжні приводи. Іноді проміжні приводи повідомляють рух одночасний робочої й холостий галузям. Приводи похилих конвеєрів постачають остановами або гальмами. У якості проміжного привода використовують гусеничний привод із провідним ланцюгом. По

конструкції гусеничні приводи бувають із жорстко й шарнірно закріпленими кулаками, що приводять у рух тяговий ланцюг конвеєра (круглозвенну або пластинчасту).

Натяжні пристрої в ланцюгових конвеєрах установлюють гвинтові – для легких конвеєрів і пружинно-гвинтові – у конвеєрах великої довжини.

Гвинтовий пружинний пристрій забезпечує амортизацію пікових навантажень при влученні шматка вантажу між зіркою й ланцюгом і виключає обрив ланцюга. Хід натяжного пристрою становить 1,6...2 кроку ланцюга.

Ескалатор (мал. 14.1,б) є різновидом пластинчастого конвеєра спеціального типу й призначений для переміщення людей з одного рівня на інший (метро, торговельні й суспільні будинки).

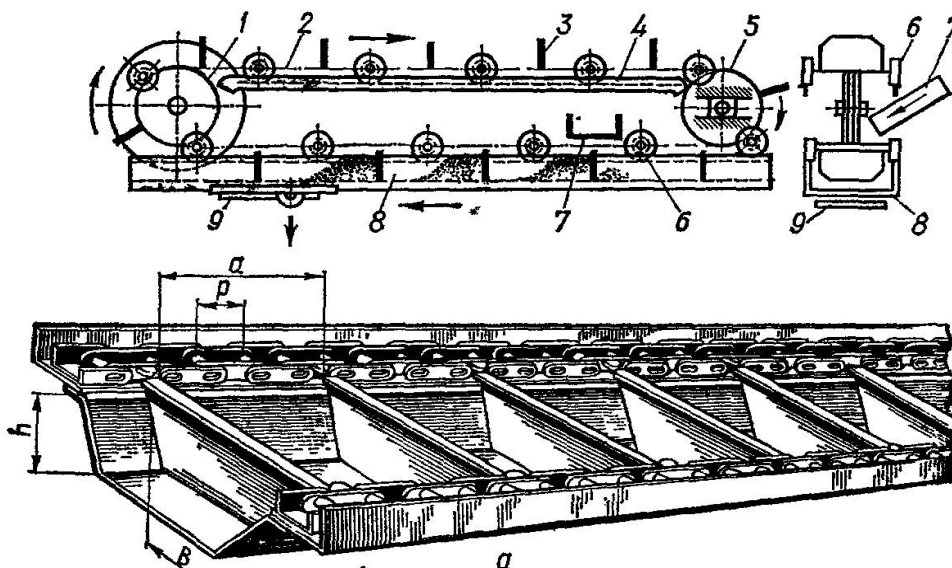
Швидкість руху сходового полотна – 0,4...1 м/с, прискорення – 0,6...1,0 м/с²; ширина – 1 м; кут нахилу ескалатора – 30...35.

Ще однієї з різновидів є **разливочная машина**, застосовувана в доменних і феросплавних цехах, а також для розливання кольорових металів (алюмінію, міді, олова, свинцю). У цьому конвеєрі замість пластин застосовуються чавунні мульди (ковшики). Своїми нижніми краями вони перекривають один одного. Внаслідок цього, при заливанні їх рідким металом з ковша, зайвий метал переливається в нижню мульду. Рух конвеєра розрахований так, що до моменту розвантаження метал у мульдах устигає охолонути й затвердіти. Для прискорення охолодження залиті мульди поливають струмками води через спеціальні обприскувачі. При переході ланцюгів через приводні зірочки паці випадають із мульд і надходять на залізничні платформи.

Розрахунки пластинчастих конвеєрів проводиться по викладеній вище методиці (гл. 13) з урахуванням особливостей конструкції елементів конвеєра.

14.2. Скребкові конвеєри

Принцип дії скребкових конвеєрів – волочіння вантажу, що транспортується, по ринві. Вони бувають стаціонарні, пересувні, підвісні, розбірні. По конструктивним виконанням скребкові конвеєри можна розділити на конвеєри з однієї (верхньої або нижньої) робочою галузями (мал. 14.3) і із двома робочими галузями, у яких вантаж переміщається в протилежні сторони. Найпоширеніша форма шкребків трапецієподібна й кругла. По напрямкові транспортування вантажу конвеєри бувають горизонтальні, похилі, вертикальні й комбіновані. По способу переміщення вантажу конвеєри порціонного волочіння й суцільного волочіння. Число ланцюгів у конвеєрі залежить від розмірів вантажу й продуктивності: одностанцюгові для малої ширини ринви; двухцепные для крупнокускових вантажів. Шкребки бувають низькі й високі. Скребкові конвеєри звичайно виготовляють із ланцюгом, замкненою у вертикальній площині, рідше – у горизонтальній.



Малюнок 14.3 – Скребковий конвеєр.

Скребкові конвеєри складаються з нерухливого відкритої або закритої ринви 8, по яким рухається замкнений ланцюг 2 зі шкребками 3, обгинаючи приводні 1 і натяжні 5 зірочки. Ролики 6 ланцюга котяться по напрямним 4, закріпленим на станині конвеєра. Приводним зірочкам повідомляється рух від привода, що полягає із двигуна, редуктора й сполучних муфт. Вал натяжних зірочок монтується на опорах і за допомогою гвинтового пристрою переміщається по напрямних. Завантажувальним пристроєм 7 матеріал засипається в будь-якім місці по довжині конвеєра й шкребками переміщається по ринві. Розвантаження проводиться наприкінці конвеєра або в іншому місці через випускні отвори в днище ринви, які відкриваються й закриваються шибєрними затворами 9.

Конвеєри суцільного волочіння із зануреними шкребками переміщують сипучий вантаж на тому принципі, що сила зчеплення вантажу зі шкребками перевищує силу опору від тертя вантажу про ринву. Тут вантаж менше підданий крошенню. Якщо шкребки виконати за формою ринви, то опір руху зменшується, і конвеєри можна виконувати крутонаклонними. Вони знаходять більш широке застосування, чому конвеєри порціонного волочіння.

Для транспортування гарячих насипних вантажів щоб уникнути жолоблення й прогорання ринви в конвеєрах передбачають водяну сорочку. Інші типи спеціальних конвеєрів випускають у герметичним і вибухобезпечним виконанні.

Область застосування скребкових конвеєрів досить різноманітна: для транспортування пилоподібних, зернистих і кускових, насипних і гарячих вантажів (золи, шлаків і ін.), різних вантажів хімічної, харчової, металургійної промисловості, для механізації сільськогосподарського виробництва. Особливо широке застосування знайшли скребкові конвеєри в гірській промисловості для транспортування корисних копалин у лавах і вибоях, на збагачувальних фабриках і т. п.

Гідності конвеєрів: простота конструкції; можливість переміщення практично будь-яких сипучих вантажів, у тому числі хімічно активних, гарячих і т.д.; допускають великий кут нахилу (30...40° для звичайних і 50° для ящечних шкребків); простота завантаження й розвантаження; можливість герметизації при переміщенні, що порожать, газують вантажів.

Недоліки: здрібнювання вантажу (тому їх не застосовують для транспортування, наприклад, коксу), значне зношування шкребків і ринви, велика витрата енергії.

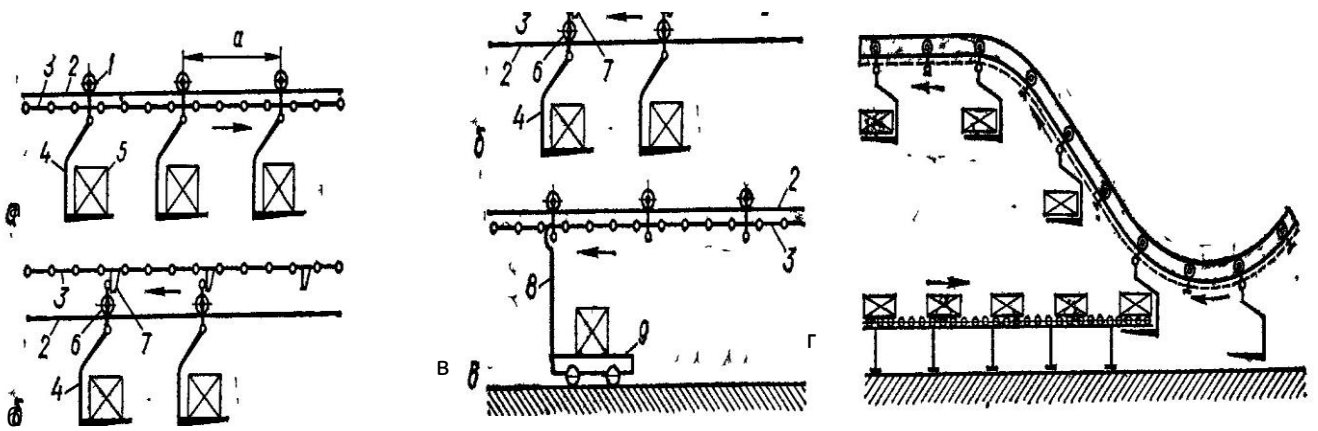
Конструкція тягово-ходової частини конвеєра така ж, як і в пластинчастому конвеєрі. Основним тяговим елементом служать пластинчасті втулочно-катковий ланцюги з ребордними котками. Ринви виготовляють зварюванням або штампуванням з листової сталі. Для підвищення довговічності днище наплавляють зносостійкими матеріалами або роблять дерев'яний або кам'яний настил.

Привод аналогічний іншим типам ланцюгових конвеєрів. Для запобігання механізму від поломок при заклинюванні шматків вантажу в зазорі передбачають запобіжні муфти.

Натяжний пристрій буває гвинтове (для мелкокусковых) і пружинновинтовое (для крупнокусковых вантажів).

14.3. Підвісні конвеєри

Сучасні підприємства серійного й масового виробництв обладнають просторовими підвісними конвеєрами складної траси для бесперегрузочної транспортування вантажів протягом усього технологічного процесу. Вони практично не займають виробничих площ, тому що їх розташовують звичайно вгорі будинку, у вільному просторі. Траси підвісних конвеєрів можуть бути будь-якої складності й практично необмеженої довжини при установці необхідної кількості приводів. Ланцюговий привод буває із зірочками або гусеничний.



Малюнок 14.4 – Схеми підвісних конвеєрів.

Підвісні конвеєри (мал. 14.4) залежно від способу руху ділять на грузонесущие (а), що штовхають (б) і грузотягущие (в). По виду траси вони бувають горизонтальні й просторові. Тяговим органом є пластинчаста або розбірний ланцюг 3 (рідше канат). До ланцюга приєднані каретки (візка) на ходових котках, які пересуваються по підвісних шляхах 2. У грузонесущих конвеєрах вантаж 5 транспортують на підвісках 4 кареток, у конвеєрів, що штовхають, на ланцюзі передбачені кулачки 7, що переміщують візки 6. У грузотягущих конвеєрів каретки з'єднані разъемно зі штангами 8. У сучасних підвісних конвеєрах вага вантажів, що транспортуються, від частки кілограма до 2,5 т; довжина – до 4,5 км. Швидкість руху конвеєрів 0,05...0,75 м/с; застосовують автоматичне адресування вантажу; завантаження й розвантаження проводяться на ходу, часто автоматично.

Можливість роботи підвісного конвеєра на складній трасі (у багатоповерхових цехах і між ними), мала витрата енергії, легкість налаштування конвеєра до змін технології виробництва, нескладність автоматизації по розподілі вантажів зробили ці конвеєри основним транспортом на сучасних підприємствах різних галузей промисловості. На мал. 14.4, г показаний підвісний конвеєр з автоматичним завантаженням.

Глава 15. ЕЛЕВАТОРИ

Елеваторами називають машини безперервної дії, призначені для переміщення насипних вантажів (рідше штучних) у вертикальному або крутонаклонном (більш 60° до обр'ю) напрямках. Елеватори можна класифікувати по наступних ознаках:

- по типу грузонесущого органа (мал. 15.1): ковшові (а, б, в), полочные (г) і колискові (д). Ковшові – для транспортування насипних вантажів: пилоподібних, зернистих і кускових (цемент, борошно, зерно, пісок, торф, вугілля, різні хімікати й т.п.), рідше наливних рідин. Колиски підвішені до ланцюга й можуть розвантажуватися в будь-якій місці спадної галузей, що неможливо в полочном, де вони прикріплені до ланцюга нерухомо; полочные й колискові – для підйому штучних вантажів (ящиків, бочок, рулонів і ін.);
- по типу тягового органа: стрічкові (а) і ланцюгові (б) з однієї або двома ланцюгами;
- по куту установки: вертикальні й крутонаклонные (в);
- по швидкості руху ковшів: тихохідні (до 1,25 м/с), швидкохідні (до 3,5...4 м/с і більш). У тихохідних елеваторах розвантаження ковшів гравітаційне, у швидкохідних – відцентрова;
- по розташуванню ковшів на тяговому органі: з розставленими (а, б) і зімкнутими ковшами (в). Перші застосовують для мелкофракционных вантажів і часто виконують швидкохідними. Елеватори із зімкнутими ковшами – тихохідні із самопливним розвантаженням. Їх застосовують

для підйому крупнокускових і абразивних вантажів; завантаження ковшів проводиться насипанням.

Ковшові елеватори мають наступні технічні показники:

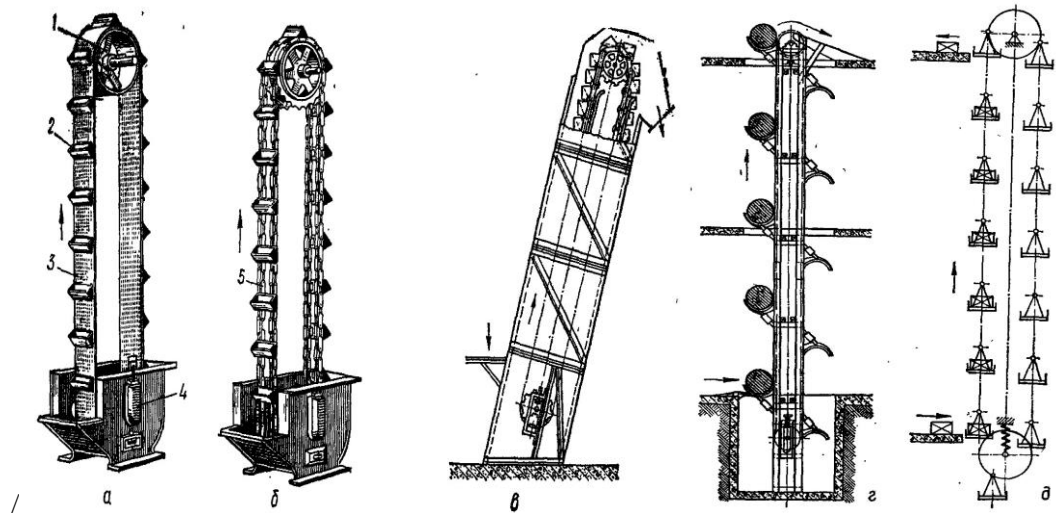
- продуктивність до 600 м/ч;
- висота підйому до 50...60 м;
- швидкість руху до 4 м/с і більш для добре сыпучих вантажів із застосуванням спеціальних ковшів.

Елеватор (мал. 15.1, а, б) складається із замкненого тягового органа – стрічки 3 або ланцюги 5, що обгинає приводний 1 і натяжний 4 барабани (або зірочки). До стрічки або ланцюга прикріплюють ковші 2, які завантажуються насипним вантажем у нижній частині елеватора, а розвантажуються через вікно у верхній частині елеватора. На нижньому барабані (зірочках) установлений натяжний пристрій 4.

Привод елеватора містить у собі двигун, редуктор муфти, останов, барабан (зірочки). Робоча галузі похилих стрічкових елеваторів підтримується роликоопорами, а ланцюгових – опорними роликами або напрямними шинами.

Гідності ковшових елеваторів: малі габаритні розміри по перетину й у плані, підйом вантажу на значну висоту, простота й надійність конструкції, схоронність вантажу, що транспортується, можливість забезпечення герметичності. Їх раціонально використовувати, головним чином, для підйому легень, не липких, добре сыпучих, не кускових вантажів. Крім того, їх застосовують для сполучення операцій транспортування з технологічними процесами, наприклад сушіння в зернових елеваторах.

Умовою нормальної роботи елеватора є правильний вибір форми й розмірів ковшів, швидкості їх руху, розмірів барабана й зірочок, форми й розмірів головки й черевика.



Малюнок 15.1- Типи елеваторів.

Ковші вибирають залежно від продуктивності елеватора й типу переміщуваного насипного вантажу. Форма ковшів визначається способом розвантаження й характеристикою вантажу, що транспортується.

Геометрична місткість ковшів $i = 0,2...45$ л, рідше до 130 л; ширина ковшів 100...1000 мм; крок 200...800 мм.

Для запобігання від зворотного ходу при зупинці навантаженого елеватора привод постачають остановами або гальмами (для важких елеваторів).

Натяжний пристрій пружинно-гвинтового типу, рідше вантажне. На елеваторах установлюють ловители у випадку обриву ланцюга.

Глава 16. ТРАНСПОРТУЮЧІ МАШИНИ БЕЗ ГНУЧКОГО ТЯГОВОГО ОРГАНА

16.1. Гвинтові конвеєри й транспортуючі труби

Гвинтові конвеєри призначені для транспортування на невеликі відстані пилоподібних і зернистих насипних вантажів (цемент, вапно, мелене глина, вугільний штыб, гіпс і т.п.), а також грузлих і тістоподібних (бетон, мокра глина й ін.) у горизонтальному (рідше в похилому й вертикальному) напрямку. Гвинтові конвеєри в таких машинах, як растворо- і бетонозмішувачі безперервної дії виконують одночасно технологічну (перемішування) і транспортну функції. Іноді їх використовують як живильники, наприклад, у навантажувальні й інших машинах. По напрямкові транспортування вантажів гвинтові конвеєри бувають горизонтальні й вертикальні.

Якщо одночасно з переміщенням вантажу необхідно створити його ущільнення, застосовують гвинти зі змінним кроком. Такі гвинти іноді мають, крім того, змінний діаметр. Прикладами є: литьевые гвинтові машини для одержання лиття під тиском із пластмас, шнекові преси на аглофабриках (для одержання рудних окатишів), звичайна м'ясорубка, механічна соковичавниця.

Якщо потрібно одержати велике осьове зусилля, застосовують двогвинтовий конвеєр (твинвейр). Його гвинти мають нарізку протилежних напрямків: один – праву, інший – ліву. Обое гвинта поміщені в загальному кожусі. Гвинти обертаються в різні сторони, повідомляючи вантажу рух одного напрямку.

Видозміною двогвинтового конвеєра є дві сталеві, покладені поруч, труби, на поверхні яких навита по гвинтовій лінії дрiт із правим і лівим напрямками витків. Застосовуються вони для транспортування сипучих вантажів у мішках із тканини. При зустрічному напрямку обертанні труб вантаж, покладений на труби, переміщається під тиском гвинтових витків уздовж труб. Дослідження показали, що мішок без ушкодження може пройти по конвеєру близько 3 км. Довжина твинвейра може досягати 100 м при різних напрямках його траси як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах, що досягається за допомогою відповідних муфтових з'єднань окремих ланок.

Для транспортування деяких сипучих вантажів (наприклад, цемент) можуть застосовувати також вертикальні гвинтові конвеєри (мал. 16.1, д) висотою до 15 м. Рух відбувається за рахунок сил тертя між вантажем і кожухом, що виникають під дією відцентрової сили. Для живлення й підпору матеріалу вертикального конвеєра внизу встановлюють гвинтовий горизонтальний конвеєр.

Переваги гвинтових конвеєрів: простота конструкції; нескладне обслуговування; надійність в експлуатації; герметичність – транспортування вантажів відбувається в закритій ринві, що забезпечує захист цехів від, що порохать, газують і гарячих матеріалів; невеликі габаритні розміри; розвантаження може здійснюватися в будь-якій місці конвеєра.

Недоліки: додаткове дроблення тендітного вантажу; підвищена витрата енергії внаслідок тертя вантажу, що транспортується, про ринву й лопати гвинта; порівняно невелика продуктивність (до 200 м/ч); мала довжина транспортування на один привод 30–40 м (до 75 м).

Гвинтовий конвеєр (мал. 16.1, а) складається з нерухливої ринви 7 з підлоги циліндричним днищем, вала 8 з укріпленим на ньому гвинтом 9 і привода 1. Вал установлено в кінцевих підшипниках 2, 6. Тому що вал великої довжини, то його виконують складовим, і в місцях з'єднання він підтримується проміжними підшипниками 4, підвішеними до поперечних планок ринви. В одній з кінцевих опор гвинта встановлений упорний підшипник, що сприймає поздовжні зусилля у гвинті. Ринва закрыта кришкою 3; у деяких конструкціях передбачений пісковий затвор. Насипний вантаж подається через люк у кришці 5 і переміщається гвинтом по ринві до розвантажувальних вирв – проміжної 10 або кінцевий 11, перекритих шибєрними затворами.

Ринва складається з окремих секцій довжиною 2 і 4 м, виготовлених з листової сталі товщиною 3...6 мм.

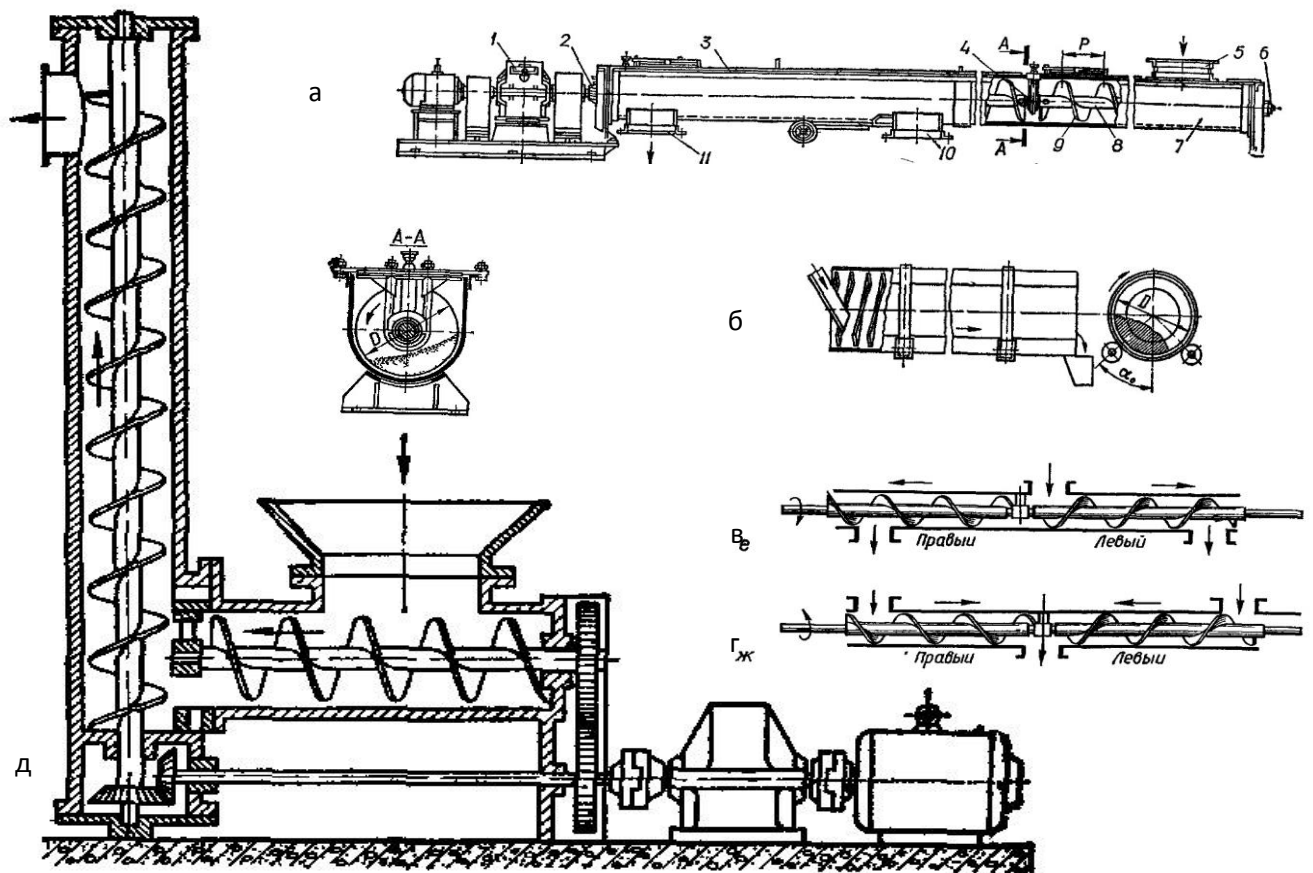
По числу спіралей гвинти бувають одне-, двох- і трєхзаходные із правим і лівим напрямком навивки. Продуктивність багатозаходних гвинтів більше, ніж однозаходних. Гвинти підрозділяють (мал. 16.2) на суцільні (а), стрічкові (б), фасонні (в) і лопатеві (г), і застосовуються вони залежно від виду, що транспортується насипного вантажу.

Напрямок руху вантажу в конвеєрі залежить від напрямку обертання гвинта й напрямку витків гвинта (Рис.16.1, в, г).

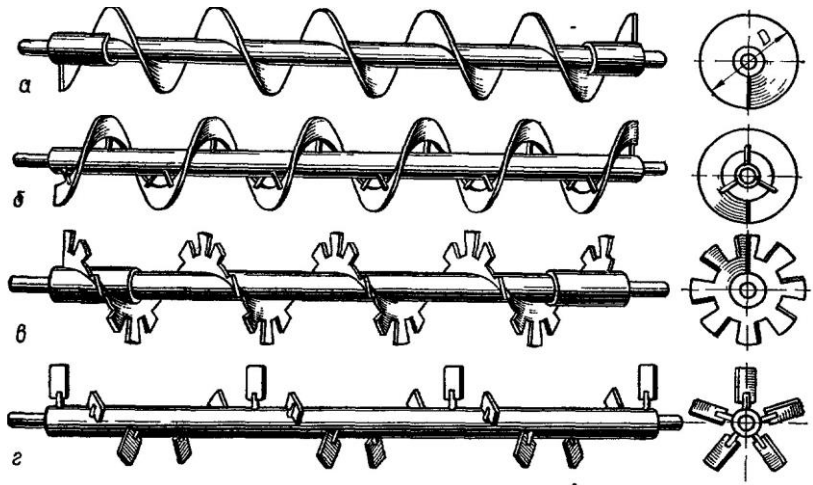
Суцільним гвинтом транспортують сипучі вантажі (цемент, крейда, сухий пісок, гранульований шлаки), а стрічковим гвинтом – мелкокусковые вантажі (гравій, шлаки негранульований). Продуктивність тут на 20...30% менше, чим із суцільним гвинтом. Тістоподібні й мокрі вантажі транспортують фасонним або лопатевим гвинтом. Гвинт складається з окремих секцій довжиною 1,5...3,0 м встановлюється з однієї сторони в упорний підшипник, а для реверсиреуемых конвеєрів – із двох сторін. Стики секцій і гвинтів не повинні збігатися. Діаметр конвеєрного гвинта перебуває в межах 100...800 мм. Привод редукторний і складається із двигуна, редуктора, муфт.

Завантаження здійснюється через люк у кришці ринви. Розвантаження може проводитися в різних крапках по довжині конвеєра через шибєрні затвори.

Редуктор привода з'єднаний з валом гвинта зрівняльною муфтою, а вал двигуна з редуктором – пружною муфтою. Ринва конвеєра виготовлена з листової сталі товщиною 3...6 мм; для транспортування абразивних і гарячих (до 200° С) вантажів застосовують чавунні ринви.



Малюнок 16.1- Схеми гвинтових конвеєрів



Малюнок 16.2- Типи гвинтів

Продуктивність конвеєра

$$P = 3,6 \frac{\pi D^2}{4} V \gamma \psi C_{\beta} \quad (16.1)$$

де D – діаметр гвинта; V – швидкість переміщення вантажу по ринві; ψ – коефіцієнт наповнення ринви; C_{β} – коефіцієнт зниження продуктивності похилого конвеєра.

Гвинтові труби за принципом дії аналогічні гвинтовим конвеєрам. Вони застосовуються, в основному, як технологічне встаткування для випалу, сушіння й охолодження матеріалів (мал. 16.2, б).

Гвинтова транспортуюча труба являє собою порожній циліндр, усередині якого на стінках укріплені гвинтові витки зі смугової сталі. Труба встановлена на парних роликах, розташованих по довжині на деякій відстані друг від друга, і приводиться в рух через зубчастий вінець від привода. Насипний вантаж, що надходить в обертову трубу з одного кінця, поступово пересипаючись по гвинтовій ринві, просувається уздовж труби. Гвинтові труби встановлюють горизонтально або злегка похило нагору або вниз; їх виготовляють довжиною до 250 м.

Різновидом транспортуючих труб є труби без спіралі, установлювані з нахилом униз по напрямкові руху вантажу й використовувані в якості технологічних агрегатів для випалу, сушіння, змішування різних вантажів.

Гідності: простота й надійність конструкції, більша продуктивність і довжина транспортування, герметичність вантажів, що транспортуються.

Недоліки: більша металоємність і габаритні розміри, підвищена витрата енергії, невеликий термін служби транспортуючої труби при переміщенні абразивних вантажів.

Частота обертання труби

$$n = (30 \dots 60) \sqrt{D_1} \quad (16.2)$$

де D_1 – зовнішній діаметр труби. Швидкість руху вантажу

$$(16.3)$$

де p – крок гвинтової лінії, ω – кутова швидкість. $V = p\omega / 2\pi$

Крутний момент, необхідний для визначення опору опорних роликів

$$T_1 = RZD_2\omega \quad (16.4)$$

де R – реакція на ролик; D_2 – діаметр опорного бандажа; Z – число двухроликових опор; w – коефіцієнт опору.

Момент сил тертя

$$T_2 = FD_1/2 \quad (16.5)$$

де F – сила тертя вантажу про стінки труби.

Потужність привода горизонтальної труби

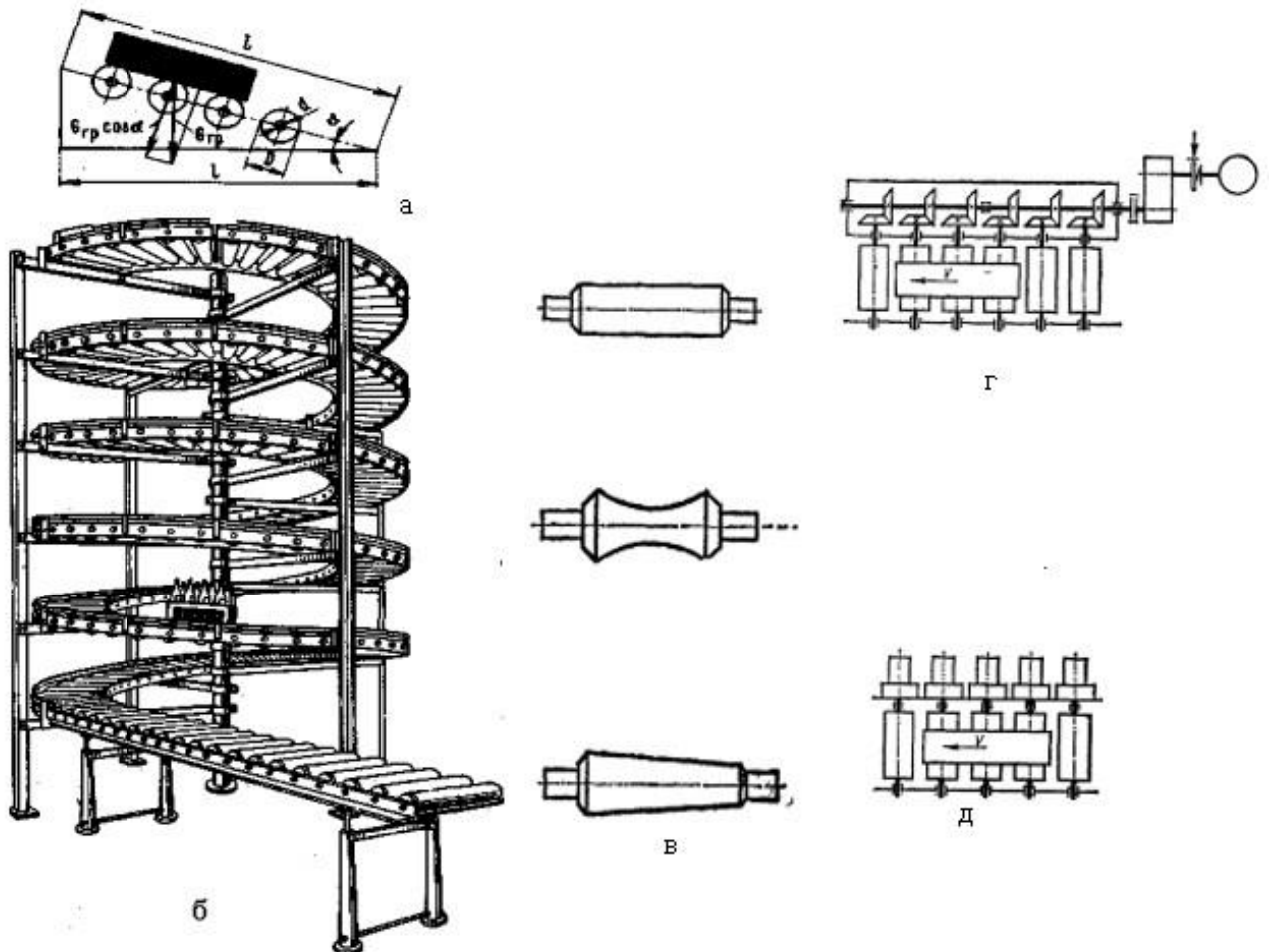
$$P' = (T_1 + T_2)\omega \quad (16.6)$$

16.2. Роликові конвеєри

Роликові конвеєри застосовують для переміщення штучних вантажів (труби, колоди, піддони, контейнери, ящики, прокат, злитки, плити, окремі деталі й т.п.) у горизонтальному або похилому (під невеликим кутом) напрямках. Такі конвеєри часто застосовують у виробничих цехах для транспортування деталей від одного робочого місця до іншого відповідно до технології виробництва. Роликові конвеєри в прокатнім виробництві є основним типом конвеєрів для транспортування гарячого прокату й називаються ролюгангами.

Роликові конвеєри складаються з роликів, змонтованих на твердій рамі. Ролики виготовляють із труб і встановлюють на підшипниках кочення.

Роликові конвеєри підрозділяють на гравітаційні, неприводні й приводні.



Малюнок 16.3- Роликові конвеєри

Для забезпечення руху вантажу під дією власної ваги по неприводних роликах (мал. 16.3, а) гравітаційні конвеєри встановлюють під кутом $2...7^\circ$; при транспортуванні м'яких матеріалів кут досягає 12° .

Швидкість руху вантажу наприкінці конвеєра завитий від кута нахилу, характеру вантажу, коефіцієнта тертя й не повинна перевищувати припустимих меж з погляду схоронності вантажів і безпеки роботи. З

метою економії виробничих площ при великій висоті спуска вантажу застосовують роликові гвинтові спуски (мал. 16.3, б).

Крок роликів вибирають із умови щоб вантаж опирався не менш, чим на три ролики, звичайно $p = l / 3$, де l – довжина вантажу.

По конструкції ролики бувають (мал. 16.3, в): циліндричні, двухконусные (для циліндричних вантажів) і конусні (для поворотних ділянок конвеєра). Виготовляють ролики з товстостінних труб, а ролики важкого типу виконують кутими.

Приводи конвеєрів ділять на груповий (г) і індивідуальний на кожний ролик (д). У першому випадку обертання роликів від привода повідомляється конічними передачами, установленими на трансмісійному валу. Більш досконалим є індивідуальний привод, що полягає із фланцевого двигуна з компактним редуктором (більша надійність, менша металоемність). Траєкторія роликів конвеєрів у плані має прямолінійні й криволінійні ділянки.

Продуктивність роликів конвеєрів визначається по формулах (12.5, 12.6).

Момент обертання роликів при усталеному русі групового привода

$$(16.7)$$

де G_p – вага одного ролика; G_v – вага вантажу; Z – кількість роликів; f – коефіцієнт тертя в підшипниках; d – діаметр цапфи ролика; D_0 – діаметр вантажу по роликів; α – кут нахилу конвеєра; D – діаметр ролика.

У практиці нерідко бувають випадки раптової затримки переміщуваного вантажу в результаті упору про бічні напрямні або про вантаж, що перебуває спереду. При цьому відбувається буксування роликів, що викликає додаткові навантаження, які повинен подолати привод.

Динамічні навантаження привода визначаються величиною прискорення при розгоні навантаженого конвеєра:

$$T_{II} = I_{np} \omega / t_n \quad (16.8)$$

де I_{np} – наведений до вала двигуна момент інерції обертючих деталей конвеєра, що й поступально рухаються вантажів; ω – кутова швидкість двигуна; t_n – час пуску.

$$(16.9)$$

де I_0 – момент інерції ротора, гальмового і кінцевого муфти; I_p – момент інерції ролика; δ – коефіцієнт, що враховує момент інерції обертючих мас передавального механізму; m – маса вантажу; R – радіус ролика; U – передаточне число редуктора; η – КПД механізму.

Потужність двигуна

$$P = (T_c + T_d) \omega / (\psi_{cp} \eta) \quad (16.10)$$

де ψ_{cp} – середнепусковая перевантаження двигуна.

Рух вантажу без пробуксовки буде в тому випадку, коли сила інерції менше сили зчеплення вантажу з роликами:

$$F_u \leq F_{cy}$$

Для цього необхідно, щоб величина максимального прискорення вантажу задовольняла нерівності

$$a_{max} \leq g f_1 \quad (16.11)$$

де f_1 – коефіцієнт тертя ковзання вантажу по роликах при буксуванні.

16.3. Крокуючі конвеєри

Крокуючі конвеєри, створені вперше в нашій країні, ставляться до числа найбільш ефективних транспортних пристроїв циклічної дії. Конвеєр переміщає штучні великі вантажі на один крок уперед через рівні проміжки часу уздовж лінії технологічного процесу виробництва.

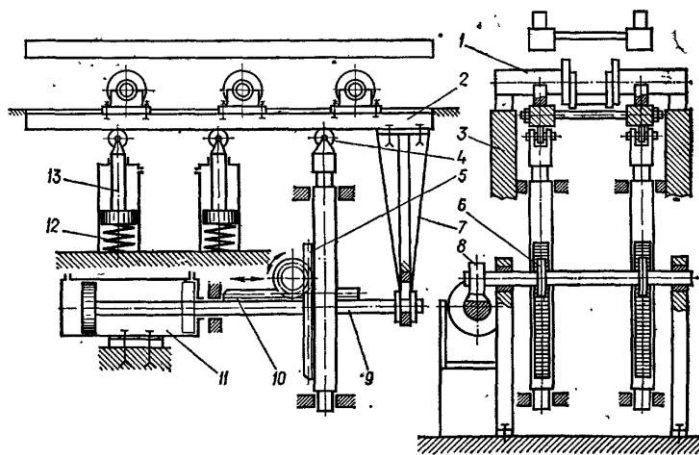
Вони обслуговують ливарні, складальні, механічні й термічні цехи машинобудівної, суднобудівної, авіаційної й інших галузей промисловості. Крокуючі конвеєри встановлюють на рівні підлоги цеху й легко вбудовують їх в автоматичні лінії в умовах дрібносерійного й одиничного виробництва.

У крокуючих конвеєрах вантаж пересувається у двох площинах: горизонтальної – зворотно-поступальний рух робочого органа й вертикальної – підйом і опускання. Цикл руху складається із чотирьох етапів: підйом рами з вантажем, робочий хід, опускання рами з вантажем і зворотний хід рами без вантажу.

Крокуючий конвеєр звичайно виконують із гідравлічним підйомом і електромеханічним приводом переміщення або повністю гідравлічним. На мал. 16.4 показаний конвеєр з гідравлічними механізмами підйому 18 і переміщення рами 2 за допомогою важеля 7. При русі поршня циліндра 11 рейка 10, прикріплена до штока 9, приводить в обертання шестірню 8, на валу якої насаджені шестірні 6, що входять у зачеплення з рейками 5 і піднімають раму 2 одночасно з горизонтальним переміщенням по опорних роликах 4. При цьому виріб 1 знімається з нерухливої рами 3 і переміщається на один крок уперед. Від кінцевих вимикачів ходу поршня циліндра штокова порожнина піднімальних циліндрів 18 перемикається зі зливу на нагнітання рідини й поршні, стискаючи пружини 12, опускають раму 2 з виробом на нерухливу раму 3. У кінцевім нижньому положенні рама 2 включає кінцевий вимикач механізму переміщення й робоча рідина знову надходить у бесштокову порожнина циліндра 11. Цикл повторюється. Пружини 12 служать для підйому рами при знятті тиску в циліндрі.

Завантаження й розвантаження крокуючих конвеєрів здійснюються кранами, навантажувачами або роликівими конвеєрами. Довжина конвеєрів доходить до 100 м, маса одиничного вантажу до 8 т, швидкість переміщуваного вантажу до 0,1 м/с.

Крокуючі конвеєри мають ряд переваг перед іншими типами конвеєрів. Наприклад, використання їх у ливарному й складальному цехах замість візкових сприяє підвищенню продуктивності на 15...20% при меншій (в 1, 6...2 рази) металоємності, різкому скороченню виробничих площ.



Малюнок 16.4- Крокуючий конвеєр:

1-ролики, 2-рама, 3-підстава, 4-опорні ролики, 5-рейки, 6-шестірні, 7-важіль, 8-шестірня, 9-шток, 10-рейка, 11-циліндр, 12-пружини, 13-циліндри.

Приводи механізмів крокуючого конвеєра працюють у важких динамічних режимах пуску й гальмування. Тому, крім силових розрахунків, необхідно перевіряти його на швидкодію, тому що тривалість кожного етапу роботи впливає на продуктивність конвеєра.

16.4. Інерційні конвеєри

За принципом дії інерційні конвеєри діляться на хитні, вібраційні й металеві машини. Переміщення вантажу в них відбувається під дією сил інерції.

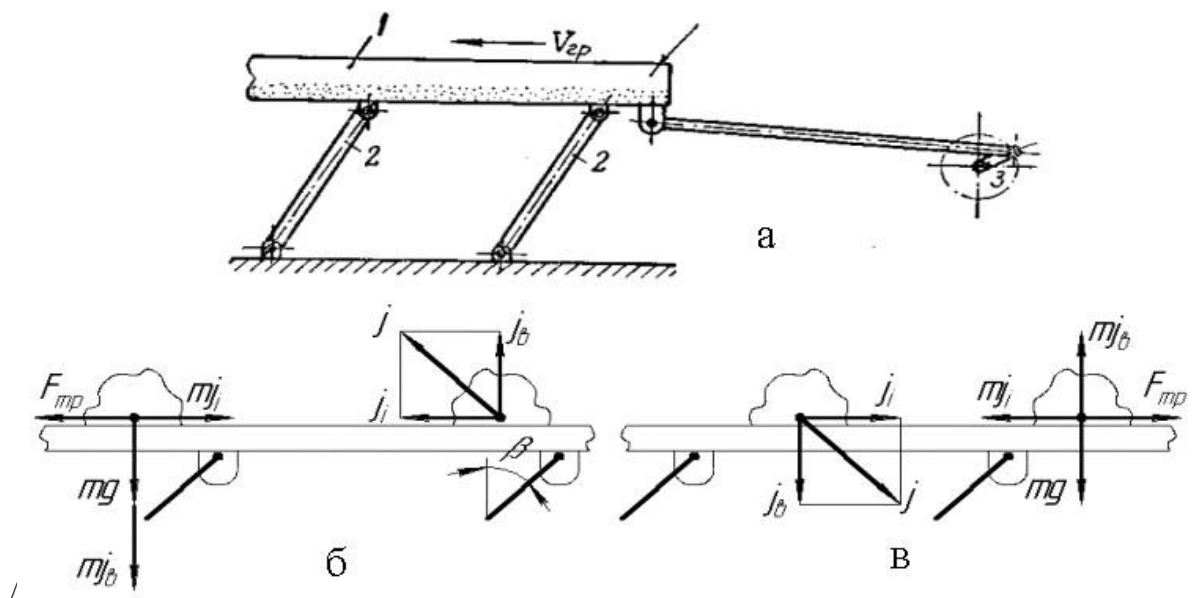
У вібраційному конвеєрі ринва робить коливання з високою частотою (450...3000 кіл/хв), і вантаж переміщається мікрострибками з малою амплітудою (0,5...15 мм). У хитному конвеєрі амплітуда значно більше (10...150 мм), а частота менше (40...400 кіл/хв). Відмінність між вібраційним і хитним конвеєрами полягає в характері переміщення вантажу: у першому вантаж відривається від дна ринви й робить мікрополіт, у другому – сковзає по ринві. Хитні конвеєри мають істотні **недоліки**: швидке зношування ринви й інших деталей через тертя вантажу; недостатня надійність, тому що виникають більші невірноважені динамічні навантаження; більша металло- і енергоємність. У багатьох випадках їх заміняють іншими типами конвеєрів.

Вібраційні конвеєри знаходять усе більше застосування в багатьох галузях виробництва внаслідок малого зношування, невеликої витрати енергії, можливості створення врівноважених конвеєрів, що не передають коливань на фундамент. Вони застосовуються в хімічній, металургійній, гірничорудній промисловості, у машинобудуванні, у промисловості будівельних матеріалів. У герметично закритих ринвах можна транспортувати вантажі з високою температурою (500...700° С і до 1000° С), а також хімічно агресивні вантажі. По напрямкові транспортування конвеєри бувають горизонтальні, похилі й вертикальні.

Продуктивність до 400 м³/год (для живильників до 3000 т/ч). Максимальна довжина конвеєра до 100 м. Максимальна швидкість транспортування 0,6 м/с – для кускових, 0,2 м/с – для пилоподібних вантажів.

Хитні конвеєри виконуються у вигляді ринви, що робить перемінно-зворотний рух. Конвеєри бувають із постійним і змінним тиском вантажу на ринву. Зворотно-поступальний коливальний рух ринви, одержуване від кривошипного механізму, передається за рахунок тертя вантажу. Під дією придбанної кінетичної енергії вантаж просувається по ринві на деяка відстань в одному напрямку (уперед), внаслідок відмінності параметрів руху ринви при прямому й зворотному ході.

У конвеєрах зі змінним тиском вантажу на ринву (мал. 16.5, а) ринва 1 одержує коливальні рухи від простого кривошипно-шатунного механізму 3, 4. Завдяки нахилу опорних стрижнів 2, ринва з вантажем при русі вперед трохи піднімає, а при зворотному ході – опускається. У силу інерції, частки матеріалу в перший період більше притискаються до ринви й, збільшуючи тертя, разом з ринвою рухаються вперед. При ході ринви назад і його опусканні тиск матеріалу на ринву й сила тертя зменшуються, що приводить до роздільного руху матеріалу й ринви.



Малюнок 16.5- Конвеєр зі змінним тиском вантажу на ринву

Вибравши радіус кривошипа малим у порівнянні з довжиною шатуна й довжиною опорних стрижнів, можна вважати закон зміни швидкості ринви близьким до синусоїдального, а сам рух ринви розглядати

як прямолінійне, спрямоване по нормалі до опорних стрижнів. Прискорення ринви міняється по косинусоїдальному закону.

При русі ринви вперед (мал. 16.5, б) $F_{mp} = F_n f$

де $F_n = m(g + jb)$ – тиск вантажу на ринву.

Умова спільного руху вантажу й ринви

$$F_{ин} < F_{тр}, \quad m j_r < m(g + jb)f \quad \text{або} \quad j_r < (g + jb)f, \quad (16.12)$$

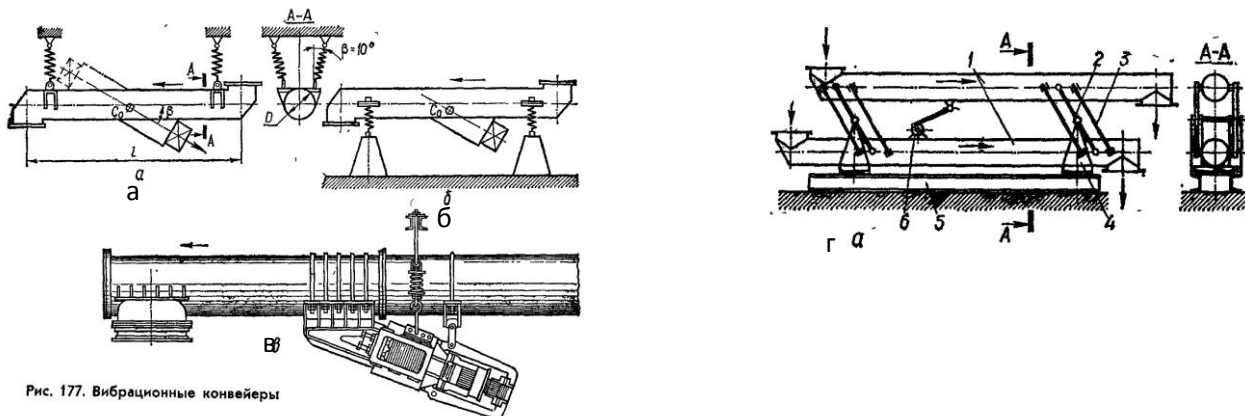
де $F_{ин}$ - горизонтальна сила інерції.

При зворотному ході вантаж (мал. 16.5, в) рухається без відриву від ринви убік транспортування

$$F_n = m(g - jb) > 0 \quad F_{тр} < m j_r \quad \text{або} \quad (g - jb)f < j_r, \quad (16.13)$$

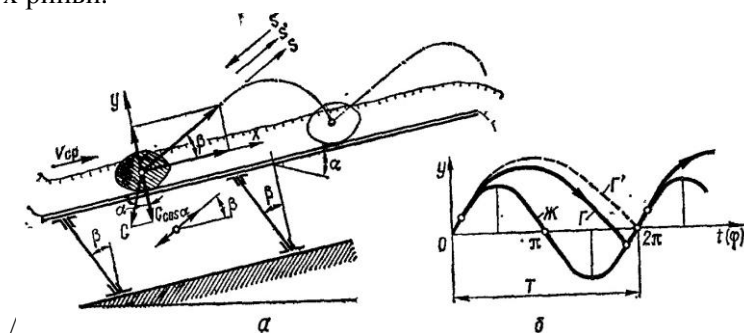
де m – маса часток вантажу; jb, j_r – складові прискорення ринви.

Схеми **вібраційних конвеєрів** показані на мал. 16.6: з електромеханічним приводом на підвісках (а), на опорах (б), з електромагнітним вібратором (в).



Малюнок 16.6- Вібраційні конвеєри

Особливістю вібраційного конвеєра є наявність пружних елементів (ресор, пружин, гумових амортизаторів), що здійснюють спрямоване рух ринви.



Малюнок 16.7- Схеми руху вантажів

Виброконвейери стійко працюють при завантаженні їх рівномірним потоком вантажу. Особливу групу конвеєрів становлять вібраційні живильники (довжина до 6...8 м).

У якості приводів вібраційних конвеєрів застосовують інерційні, ексцентриккові, електромагнітні, поршневі (гідравлічні й пневматичні) вібратори.

У вібраційному конвеєрі закон руху ринви повинен бути таким, щоб вантаж переміщався вперед не тільки при прямому, але й при зворотному ході ринви. Ринва починає прямий хід зі зростаючою

затримкою. Швидкість частки вантажу росте, тиск на ринву зменшується, і в певний момент тиск стає рівним нулю, частка відривається від ринви й робить послідовні мікроперегони без ковзання по ринві (мал. 16.7, а).

Коливання ринви гармонійне й можна записати формули для переміщення

$$\text{швидкості} \quad S = a \cdot \sin \omega t$$

$$\frac{dS}{dt} = a\omega \cdot \cos \omega t$$

і прискорення

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = -a\omega^2 \cdot \sin \omega t \quad (16.14)$$

де a , $a\omega$, $a\omega^2$ – амплітуди переміщень, швидкості й прискорення; ω – кутова частота коливань або кутова швидкість обертання кривошипа. У період відриву частки вантажу можна написати рівновага сил:

$$m \frac{d^2 S}{dt^2} \sin(\beta - \alpha) = mg \cdot \cos \alpha \quad (16.15)$$

Підставивши значення (16.14) в (16.15), одержимо вираження для безрозмірного коефіцієнта режиму роботи конвеєра

$$K_0 = a\omega^2 \sin(\beta - \alpha) / (g \cdot \cos \alpha)$$

де α – кут нахилу ринви; β – кут напрямку коливань.

Характер переміщення вантажу в коливному за гармонійним законом ринві показаний на мал. 16.7, б. Він залежить від прискорення, обумовленого величиною коефіцієнта K_0 . Ідеальним був би такий режим коливань, при яким рух часток вантажу полягав би з безперервних мікрострибків, т.

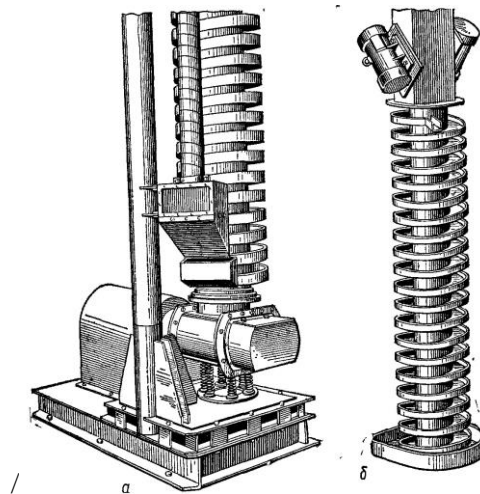
е. час одного мікрострибка повинне рівнятися півперіоду коливань ринви, коли наприкінці мікропольоту частка падає на ринву на початку наступного періоду коливань (пунктирна крива). Тоді переміщення вантажу відбувалося б без ковзання по ринві (без його зношування). Практично коефіцієнти режимів K_0 правильно розрахованого конвеєра перебувають близько до теоретичного: для однотрубних конвеєрів $K_0 = 1,8 \dots 3,3$; для двотрубних $1,2 \dots 2,5$ (менші значення для кускових вантажів). При $K_0 < 1$ вібраційний конвеєр працює без підкидання вантажу, що як гойдається.

Продуктивність двотрубного конвеєра

$$P = 2 \cdot 3600 A v \gamma \psi \quad (16.16)$$

де A – площа поперечного переріза однієї труби; $\psi = 0,6 \dots 0,9$ – коефіцієнт заповнення, що залежить від форми й поперечного переріза труби.

У вертикальному вібраційному конвеєрі (мал. 16.9) транспортування вантажу відбувається по коливній гвинтовій поверхні нагору. Вібраційний конвеєр-елеватор складається із циліндричного каркаса, зовні (або на внутрішній стороні) якого прикріплена спіральна ринва; привод повідомляє конвеєр поздовжній й крутильній коливання, що забезпечують підйом вантажу нагору по ринві. Вертикальні конвеєри виконують опорної (а) і підвісний (б) конструкції. Висота підйому вантажу до 12 м, продуктивність до 20 м/ч, кут підйому спіралі $\alpha = 4 \dots 10$.



Малюнок 16.9- Вібраційний конвеєр-елеватор

Глава 17. ПНЕВМАТИЧНИЙ І ГІДРАВЛІЧНИЙ ТРАНСПОРТ

17.1. Пневматичні транспортуючі установки.

Пневматичне транспортування матеріалів здійснюється: у потоці повітря; механічним переміщенням аэрированного, тобто насиченої властивості, що й має, жидкотекучести, матеріалу; в окремих посудинах, переміщуваних у трубопроводі під дією тиску повітряного середовища.

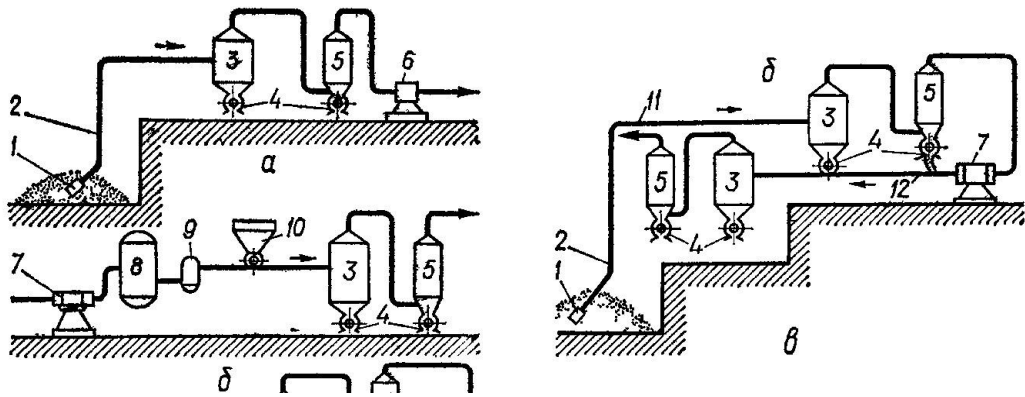
Основним способом пневматичного транспортування сипучих матеріалів є перший, широко використовуваний при переміщенні пилоподібних і порошкоподібних матеріалів на середні й далекі відстані по трубопроводах малих діаметрів. Другий спосіб застосовують для транспортування тих же матеріалів на короткі відстані й при невеликому перепаді висоти (до 25 м). Третій спосіб розповсюджений для переміщення кускових будівельних матеріалів, розташовуваних у спеціальних контейнерах, постачених опорними колесами й переміщуваних по трубопроводах великого діаметра (0,8 ... 1,6 м).

Пневмотранспортные установки знаходять застосування для завантаження бункерів

і силосов сипучими вантажами, подачі сипучих вантажів зі складів у виробництво, завантаження й розвантаження залізничних вагонів, судів і автомобілів, видалення відходів виробництва (стружка, зола), транспортування напівфабрикатів і готової продукції, штучних вантажів (пневмопошта), доставки проб із цеху в експрес-лабораторії і т.д. За принципом дії ділять на установки, що транспортують вантажі в повітряному потоці (сипучі), у трубопровідних контейнерах і патронах.

У потоці повітря транспортуються цемент, вугілля, тирса, зерно, борошно, бавовна, солома, гранульовані матеріали й інші сипучі, пилоподібні, волокнисті й кускові матеріали. Дрібні частки звичайно переміщаються, кручена в повітрі, а більші, падаючи на дно трубопроводу, знову підхоплюються струменем повітря й переносяться вперед.

Продуктивність пневмоустановок може бути від декількох десятків до 300 т/ч, а довжина транспортування від декількох метрів до 1,6...2 км і більш.



Малюнок 17.1- Схеми пневматичних транспортуючих установок

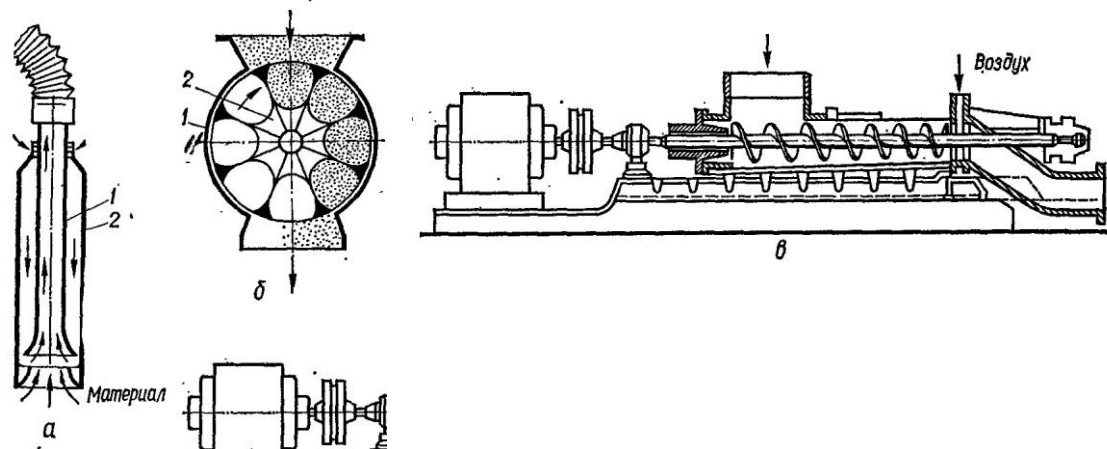
Гідності: повна герметизація при транспортуванні пилоподібних і шкідливих для здоров'я людей вантажів; можливість транспортування вантажу по трасі будь-якої складності з необхідними відгалуженнями трубопроводів; повна механізація завантаження й розвантаження насипного вантажу; можливість забору вантажів з важкодоступних місць (одночасно з декількох крапок).

Недоліки: висока питома витрата енергії (в 10...15 раз більше, чим у конвеєрах); інтенсивне зношування трубопроводу, особливо на вигинах; необхідність ретельного очищення повітря від пилу; неможливо переміщати вологі й липкі вантажі.

17.2. Пневматичні установки (мал. 17.1), ділять на усмоктувальні, нагнітальні й змішані.

Усмоктувальна пневмотранспортная установка (мал. 17.1, а) складається з повітродувної машини 6, що створює розрядження в пневматичній системі. Під дією атмосферного тиску повітря разом з насипним вантажем засмоктуються через сопло 1 у трубопровід 2, по яким транспортується до місця вивантаження у віддільник 3. Площа перетину його набагато більше площі перетину трубопроводу. У результаті різкого зменшення швидкості потоку вантаж падає на дно, звідки вивантажується за допомогою шлюзового затвора 4. З віддільника 3 повітря із дрібними фракціями вантажу надходить у резервуар меншого обсягу 5, обладнаний фільтром. вантаж, що виділився в результаті очищення, віддаляється через шлюзовий затвор 4. Очищене повітря відсмоктуються повітродувною машиною 6 і викидається в атмосферу. Усмоктувальні пневмоустановки працюють при тиску до 0,05 Мпа.

У нагнітальній пневмотранспортной установці (мал. 17.1, б) стиснене повітря від компресора 7 надходить у повітрозбірник 8, потім у водомасляний очисник 9 і трубопровід, який завантажується за допомогою спеціального живильника 10. У нагнітальних пневмоустановках перепад тиску досягає 0,4...0,6 Мпа, тому вони можуть транспортувати вантаж на більші відстані. Відмінність цих установок: усмоктувальна дозволяє робити забір матеріалів з різних місць; нагнітальна транспортує з одного місця в різні.



Малюнок 17.2 – Елементи пневмоустановок

Пневматична установка змішаного типу (мал. 17.1, в) включає дві послідовно розташовані ділянки – усмоктувальний 11 і нагнітальний 12. Усмоктувальна частина установки подібна вище розглянутій: вантаж засмоктується в трубопровід і надходить послідовно у віддільник 3 і фільтр 5, з яких вантаж подається в напірний трубопровід 12 нагнітальної частини установки. Очищене повітря не викидається в атмосферу, а компресором 7 нагнітається в трубопровід 12 і транспортує вантаж до місця розвантаження у віддільник 3 і фільтр 5. Перевага цієї схеми полягає в тому, що вантаж забирають із декількох завантажувальних місць, збирають в одному місці (ємності) і транспортують одночасно в кілька пунктів розвантаження.

У якості повітродувних машин застосовують вентилятори, турбомашини різних типів, ротаційні вакуум-насоси, компресори різних типів.

Повітропроводи виконують із тонких сталевих труб. Після 1,0...1,5 років роботи робочі трубопроводи повертають навколо своєї осі на 180° з метою більш рівномірного зношування труб і продовження їх терміну служби. Трубопроводи виконують із труб діаметром 50...250 мм.

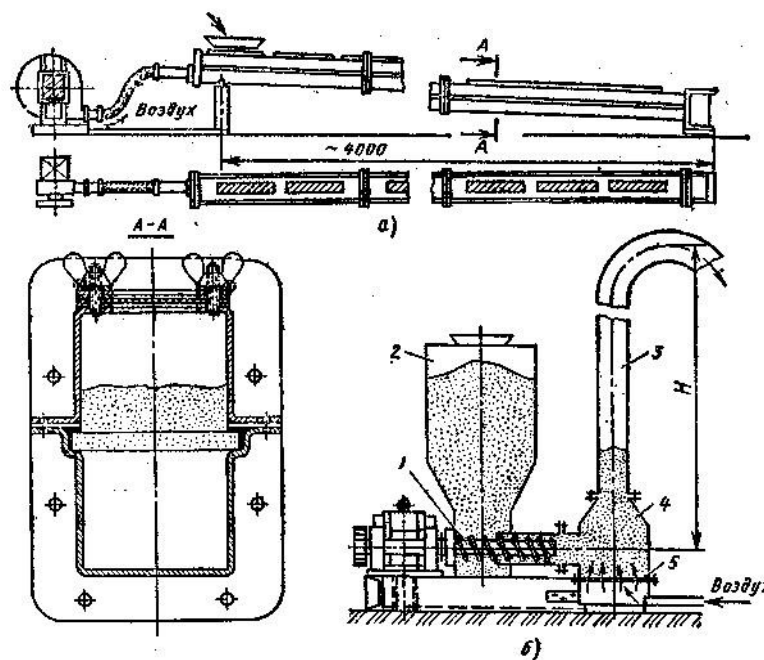
На мал. 17.2 наведені основні елементи установок: сопло (а), шлюзовий затвор (б), гвинтовий живильник (в). В усмоктувальних установках завантажувальним органом є сопло, прикріплене до гнучкого шланга. Воно складається із труби 1, охопленої кожухом 2. Під дією атмосферного тиску повітря з насипним вантажем засмоктується в прийомну частину сопла, у яку також надходить повітря з атмосфери у верхній частині сопла. Насипний вантаж потоками повітря захоплюється в трубопровід.

Шлюзовий затвор складається з барабана 2, що має кілька відсіків, що повертається в корпусі 1, один отвір якого є завантажувальним, а друге розвантажувальним. Лопати барабана щільно пригнані до корпусу. У якості завантажувального пристрою шлюзовий затвор застосовують при тиску повітря в системі до 0,14 Мпа. Порції вантажу, що перебувають у відсіках барабана, подаються по черзі в нагнітальний або усмоктувальний трубопровід. Гвинтовий живильник складається із гвинта зі змінним кроком, який зменшується до місця розвантаження. Завдяки цьому вантаж ущільнюється до виходу, що перешкоджає втратам стисненого повітря через завантажувальний пристрій. У нижній частині змішувальної камери є форсунки, по яких подається стиснене повітря.

Розрахунки пневматичної установки зводиться в основному до визначення витрати повітря Q_v (кг/с), діаметра трубопроводу D , перепаду тиску на кінцях траси й потужності повітродувної машини.

17.3. Транспортування аэрированных матеріалів.

Аэрированные матеріали транспортуються пневматичними транспортними ринвами (аерожолобами) і пневмомеханічними підіймниками.



Малюнок 17.3 – Установки для транспортування аэрированных матеріалів

Ринви (мал. 17.3, а) застосовують для переміщення вниз по невеликому ухилу пилоподібних і порошкоподібних матеріалів (цементу й ін.). Використовують їх у силосах і в автоцистернах 1 для перевезення цементу; у відповідних умовах ринви застосовують замість гвинтових і стрічкових конвеєрів, тому що вони мають більш просту конструкцію й дешевше в експлуатації. Пневматична ринва закрита зверху кришкою й розділений на дві частини горизонтальними пористими керамічними плитками (частіше звичайною тканиною стрічкою або спеціальною синтетичною тканиною, що пропускають повітря). У верхню частину подається матеріал, а в нижню – стиснене повітря під тиском до 4 кпа. Матеріал насипається на плитки або тканину стрічку шаром 50 ... 100 мм. Витрата повітря в таких установках до 2 м³/хв на 1 м² площі ринви. Середній кут ухилу ринви $\alpha = 2,5^\circ$. Швидкість (м/с) руху матеріалу орієнтовно можна визначити по формулі

(17.1)

$$\text{Де } b \text{ – ширина ринви, м.} \quad V = 10\sqrt{b \cdot \operatorname{tg} \alpha}$$

При однакових умовах (продуктивність, довжина) потужність, необхідна для транспортування вантажу пневможелобом, в 5 - 8 раз менше, чим при транспортуванні гвинтовим або іншим конвеєром. Існуючі конструкції пневможелобов мають продуктивність до 200 т/ч і більш із дальністю транспортування до 40 м і більш. Витрата повітря при транспортуванні становить приблизно 100 – 130 м³/год на 1 м² поверхні пористої перегородки. Транспортування вантажів насиченим повітрям дозволяє створити досить прості й недорогі установки, що володіють герметичністю, відсутністю, що рухаються частин, що й зношуються, малою витратою енергії, великою продуктивністю, малими розмірами. Недоліком є необхідність для транспортування вантажу ухилу ринви вниз, що обмежує можливу довжину транспортування. Пневматичні гвинтові підйомники (ДЕРЖСТАНДАРТ 15016-84) використовують для переміщення порошкоподібних і пилоподібних матеріалів по вертикальному трубопроводу. З бункера 2 (мал. 17.3, б) матеріал гвинтовим живильником 1 зі змінним кроком подається в змішувальну камеру 4 на пористе дно 5. З камерою зв'язаний вертикальний трубопровід 3. У камері матеріал зазнає аэрированию повітрям, що подається під тиском 50 ... 120 кпа через пористе дно 5, здобуває підвищену рухливість і у вигляді пульпи суцільним потоком переміщається по вертикальному трубопроводу. Виготовляють підйомники трьох типорозмірів продуктивністю 30, 60 і 100 т/ч при висоті підйому $H = 35$ м.

Витрата Q_v (м³/ч) повітря незначний і залежить від продуктивності P и висоти підйому H , у середньому $Q_v \approx 0,2 \dots 0,3PH$. Тиск у змішувальній камері повинне бути достатнім для розпушування й підйому матеріалу. Тиск, необхідне для підйому матеріалу, повинне перевищувати тиск стовпа матеріалу у вертикальній трубі.

З урахуванням втрат тиску на розпушування, тиск у змішувальній камері звичайно становить 0,12 Мпа.

Потужність (кВт) гвинтового живильника $N \approx (0,004 \dots 0,006) PH$ (де P – у т/ч, H – у м).

17.4. Контейнерний трубопровідний пневмотранспорт.

Під тиском повітря по трубах транспортуються штучні вантажі, поміщені в спеціальні калібровані патрони діаметром 60-200 мм, постачені ущільненнями, що зменшують витік повітря між ними й стінкою труби. Такі транспортуючі пристрої призначені для переміщення поштових і телеграфних матеріалів. Листа й документи транспортуються в патронах зі швидкістю 32-48 км/ч.

Контейнери з вантажем на опорах кочення (колесах) зі спеціальним ущільненням переміщаються усередині труби в потоці повітря, створюваному повітродувними станціями (мал. 17.4, а).

У контейнерах транспортують наступні вантажі: сипучі (пісок, щебені, вугілля, руда), рідкі й великі штучні. Состав контейнерів 1 пересувається пневмовозом 2, на якому установлюють манжетні ущільнення. З'єднують контейнери зчіпками, що амортизують. Контейнер для сипучих вантажів (мал. 17.б) складається з кузова 1, ходової частини 2, ходових коліс 3 на осях 5 з амортизаторами 6, вмонтованими в маточини 4. У кузові передбачені поздовжні перегородки 7. На мал. 17.4, в, г показані контейнери для транспортування рідких і великих штучних вантажів.

Швидкість контейнерів становить 15...30 км/год з подальшим підвищенням до 40...45 км/ч.

Перепади тиску в трубопроводі невеликі: для пересування состава контейнерів масою 65 т по горизонтальному трубопроводу діаметром 1220 мм перепад тиску становить усього 0,015 МПа; по похилій ділянці (3)° – 0,045 МПа.

Практично в діючих системах надлишковий тиск не перевищує 0,1...0,2 Мпа, що дозволяє застосовувати труби з малоуглеродистий сталі, а для внутрішньозаводського транспорту при переміщенні легких вантажів – скляні, пластмасові, склопластикові труби. Надалі замість сталевих магістральних труб передбачається застосовувати залізобетонні, асбоцементні й пластмасові труби.

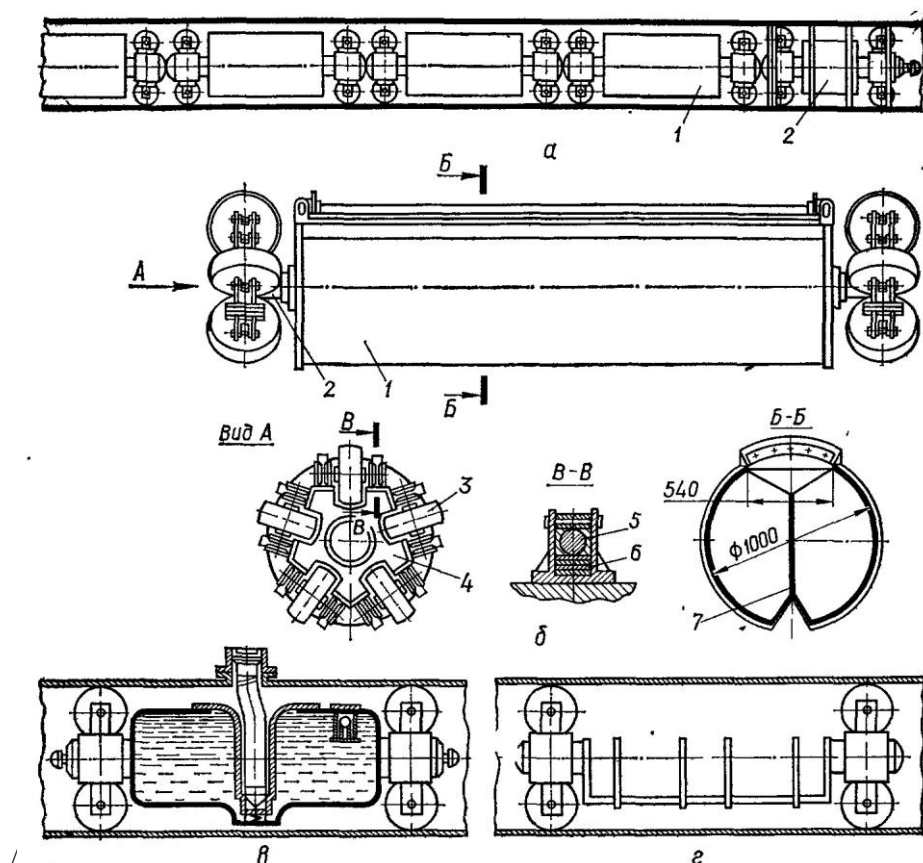
Внаслідок малих тисків у трубопроводах нескладно вирішується питання ущільнення між контейнерами й внутрішньою поверхнею труби.

Повітродувні станції встановлюють на кінцевих ділянках магістралі й уздовж траси. Залежно від профілю траси, діаметра труб, маси состава відстань між станціями перебуває в межах 5...15 км.

Завантаження й розвантаження на станціях можна здійснювати як із зупинкою контейнерів, так і на ходу. Вантажно-розвантажувальні й транспортні операції повністю автоматизовані.

Для огляду й обслуговування контейнерів на трасі встановлені люки. Контроль над положенням контейнерів на трасі й визначення їх швидкості здійснюється спеціальними датчиками. Диспетчер за допомогою регуляторів витрати повітря може змінити швидкість контейнерів. Режими руху составів розраховують на ЕОМ.

Автоматизовані системи контейнерного пневмотранспорту економічно застосовувати при відстані 3...150 км; зі збільшенням продуктивності до 10 млн. т/рік відстань знижується до 3...95 км.



Малюнок 17.4- Контейнерний трубопровідний пневмотранспорт

Розрахунки установки ведеться на основі рівняння руху состава в трубопроводі. Для усталеного руху состава контейнерів (без інерційних сил) це рівняння можна записати:

$$\Delta p = mg(f \cos \beta + \sin \beta) / A$$

де Δp – перепад тиску; β – кут нахилу трубопроводу; m – маса состава контейнерів; A – площа поперечного переріза труби; f – наведений коефіцієнт тертя.

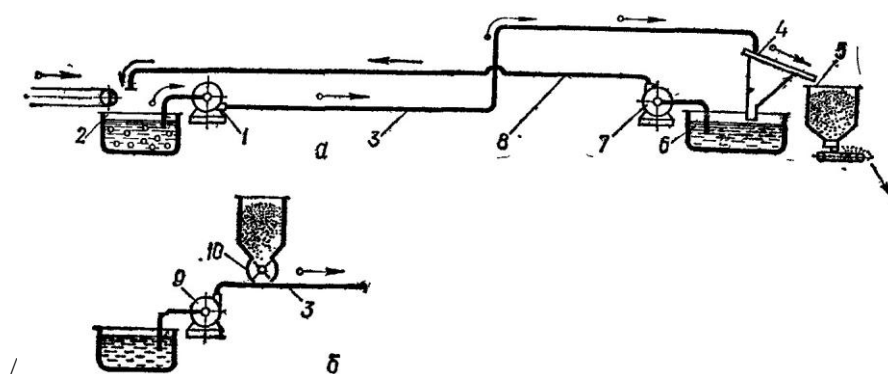
Рух контейнерного состава в різних режимах описують диференціальними рівняннями другого порядку, де відбиті всі сили, що діють на состав. Тиск газу по різних сторонах состава визначають на підставі розв'язку рівнянь руху газу між складами, згідно з положеннями газової динаміки.

17.5. Гідралічні транспортуючі установки.

Гідралічні транспортуючі установки призначені для переміщення насипного вантажу в струмені рідини (воді) по трубах або ринвах. Суміш насипного вантажу з водою називають гідросумішшю або пульпою, яка характеризується відношенням маси твердого компонента до маси рідкого компонента. Установки ділять на напірні й безнапірні. У напірних пульпа переміщується насосами; у безнапірних – під дією складової від ваги вантажу на похилій площині.

Напірні гідралічні установки по способу введення насипного вантажу в трубопровід підрозділяють на установки з пульпонасосом і з бункерною подачею (живильниками). Гідроустановки застосовують для транспортування піску, вугілля, руд, гірських порід, шлаків, золи, ґрунтів і т.п. Крім того, гідралічним способом за допомогою моніторів роблять відділення корисної копалини від породи у вибої з наступним транспортуванням пульпи гідроустановками. **Гідності** гідралічного транспорту: більша продуктивність і довжина транспортування по складній просторовій трасі; простота конструкції, зручність обслуговування й експлуатації; можливість повної автоматизації роботи гідроустановки; невелика вартість транспортування насипних вантажів. До **недоліків** ставляться: обмеження крупності шматків, що транспортуються; значне зношування трубопроводів при переміщенні абразивних вантажів; велика витрата води й енергії, можливість замерзання пульпи взимку. Однак незважаючи на ці недоліки гідроустановки знаходять широке застосування, і в цей час область застосування розширюється.

На ряді гідрошахт застосований перспективний варіант гідротранспортування вугілля безпосередньо споживачам. Спеціально приготовлена пульпа, де дрібні частки вугілля утворюють суспензію, транспортується під тиском, створюваному насосними станціями. Продуктивність діючих установок 3,5...4 млн. тонн вугілля в рік. У майбутньому будуть створені великі магістралі довжиною кілька сот кілометрів, які будуть транспортувати 30...50 млн. тонн вугілля в рік.



Малюнок 17.5- Схеми гідротранспортних установок

В установці з пульпонасосом (мал. 17.5, а) насипний вантаж і вода утворюють пульпу, яка із прийомного пристрою 2 засмоктується пульпонасосом 1 (землесосом) і по трубопроводу 3 транспортується до заданого місця розвантаження. Вантаж проходить через сито 4 і попадає в бункер 5, а вода – у відстійник 6 і насосом 7 по трубопроводу 8 подається назад у прийомний пристрій.

В установці з бункерною подачею й живильником (мал. 17.5, б) вода з ємності засмоктується насосом 9, у нагнітальний трубопровід 8 якого за допомогою спеціального живильника 10 (гвинтового, камерного й ін.) уводиться насипний вантаж. Утворена пульпа транспортується далі по трубопроводу до наміченого пункту, де вантаж відділяється від води, що звичайно вертається до насоса для подальшого використання. За допомогою такої установки можна транспортувати насипні вантажі з відносно великими шматками.

Важливою перевагою є робота насоса на воді, що дозволяє використовувати звичайні насоси. Концентрація суміші при роботі із цієї схеми може бути досить високої. Тиск рідини близько 10 Мпа. Рух вантажу в потоці води в загальному випадку можна представити, як стрибкоподібний рух окремих часток. Для зменшення зношування внутрішньої поверхні труб їх армують на спеціальних верстатах відцентрового заливання різними твердими матеріалами (плавленням базальтом). Закруглення армують обтесаними брусками граніту.

Швидкість пульпи повинна бути більше критичної швидкості. Для пилоподібних і порошкоподібних вантажів

$$V_{кр} = n_k \sqrt{\alpha \cdot gD} \quad (17.3)$$

де $n_k = 1 \dots 1,5$ – емпіричний коефіцієнт;

– співвідношення плотностей; ρ_0 – щільність води; ρ – щільність часток вантажу.

Критична швидкість для різних вантажів становить 1,6...5 м/с (менші значення для глинистих фракцій, більші для гравію й щебенів).

Потужність пульпонасоса

$$P = \frac{PH}{3600\eta} \quad (17.4)$$

де $\eta = 0,38 \dots 0,6$ – КПД насосної установки.

У безнапірній (самопливної) гідравлічній установці насипний вантаж подається живильниками у відкриту ринву з ухилом 0,02...0,06 і змішується з водою, утворюючи пульпу. Застосовують у гірській промисловості, на збагачувальних фабриках і хімічних заводах.

У безнапірних трубопровідних гідроустановках насипні вантажі переміщуються в герметичних контейнерах, установлених на стрічковому конвеєрі. Контейнери перебувають у напівзв'язаному стані, що знижує навантаження на конвеєр і витрата потужності.