

## ЛЕКЦІЯ № 6

# ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИРОВИНИ І НАПІВФАБРИКАТІВ

### ПЛАН

4.1 Класифікація транспортного устаткування

4.2 Основи конструктивного розрахунку транспортуючих органів

На харчових підприємствах транспортні пристрої забезпечують переміщення штучних, насипних (сипких), наливних (рідких і в'язких) вантажів.

Застосування тих або інших засобів для пересування сировини і напівфабрикатів залежить від характеру і стану вантажу, що транспортується, продуктивності транспортних і навантажувально-розвантажувальних операцій, відстані між пунктами передачі і їх взаємного розташування, конструктивних особливостей виробничих приміщень і ін.

#### 4.1 Класифікація транспортного устаткування

Транспортне устаткування для пересування сировини і напівфабрикатів розділяється на устаткування безперервної і періодичної дії. У першому випадку здійснюється безперервне переміщення вантажу, а в другому – періодична подача вантажу із зупинками для його завантаження і розвантаження.

**До транспортного устаткування безперервної дії відносяться:**

1. стрічкові конвеєри – горизонтальні, похилі і комбіновані, з прогумованою, сталевий суцільнопрокатної або дротяною стрічкою;
2. ланцюгові конвеєри – стаціонарні і висувні;
3. стрічково-ланцюгові конвеєри – з однією і двома пластинчастими ланцюгами;
4. пластинчасті, лоткові, чашкові і лозини конвеєри;
5. скребкові конвеєри – з однією і двома ланцюгами;
6. гвинтові (шнекові) конвеєри – горизонтальні, похилі і вертикальні, з одно- і багатоходовим гвинтом, з суцільним, стрічковим і лопатевим гвинтом;
7. роликові конвеєри – приводні і не приводні, однорядні і багаторядні, прямі і спіральні;

8. тросові конвеєри;
9. гідравлічні конвеєри;
10. елеватори – люлечні, ковшові, фрикційні, спіральні, поличні;
11. пневматичний і аерозольний транспорт, аерожолоби;
12. самопливні транспортні пристрої – спускові жолоба, каскадні і гвинтові спуски, самопливні труби;
13. склизи – гладкі і роликові;
14. насоси і насосні установки – відцентрові, плунжерні, поршневі, шестерінчасті, мембранні, шлангові, струменеві, пластинчасті, самоусмоктуючі.

#### **До транспортного устаткування періодичної дії відносяться:**

1. ручні візки – двох-, трьох- і чотириколісні;
2. вагонетки;
3. електрокари;
4. штабелеукладальники;
5. фрикційні лебідки – одинарні і подвійні;
6. вантажні ліфти – з верхньою і нижньою приводною станцією;
7. крани – консольні і повноповоротні;
8. електросталь.

#### **Устаткування для переміщення рідких і в'язких продуктів**

Для переміщення рідких і в'язких продуктів використовуються насоси різних конструкцій з урахуванням властивостей перекачуваного продукту. Механізація виробничих процесів зв'язана з використанням насосів в межах виробничого приміщення і на завантажувально-розвантажувальних майданчиках, для перекачування продуктів з однієї ємкості в іншу, для пересування продуктів через апарати в технологічних лініях їх обробки.

До основних параметрів насоса відносяться: подача, натиск, потужність і ККД.

У харчовій промисловості широко застосовуються об'ємні і відцентрові насоси, до об'ємних насосів відносяться поршневі і роторні. Поршневі насоси бувають прості (одинарного) і подвійної дії. У тих випадках, коли у поршневих насосів поршень замінений плунжером, їх називають плунжерними насосами. До поршневих насосів простої дії відносяться також діафрагмові насоси. До роторних насосів відносяться шестерінчасті, з поршнями, що обертаються, пластинчасті і гвинтові. Шестерінчасті насоси бувають із зовнішнім і внутрішнім зачепленням. Гвинтові насоси підрозділяються на одногвинтові, двогвинтові і тригвинтові.

Відцентрові насоси по конструкції робочого колеса ділять на лопатевих (бездискові) і дискових, а по числу робочих коліс – на одноступінчатих і багатоступінчатих.

**Об'ємні насоси.** У насосах об'ємної дії подача рідини здійснюється за рахунок витіснення її робочим органом.

**Плунжерні насоси.** У тих випадках, коли необхідно створити дуже високий тиск, наприклад, в гомогенізаторах, розпилювальних сушарках застосовуються плунжерні насоси.

Принциповий пристрій плунжерного насоса простої дії показаний на рис. 1. Насос складається з циліндра 4, плунжера 7, штока 5, всмоктуючого 2 і нагнітального клапана 1, шатуна 6 і кривошипа 7. Шток здійснює зворотно-поступальний рух. При ході плунжера управо в робочій камері створюється розрідження і рідина під дією атмосферного тиску проходить через всмоктуючий клапан 2 і заповнює робочу камеру. При русі плунжера наліво всмоктуючий клапан закривається, плунжер тисне на рідину, що знаходиться в робочій камері, і вона через клапан 3 витісняється в нагнітальний трубопровід. Для більш рівномірної подачі рідини застосовують двох- і трьохциліндрові насоси.

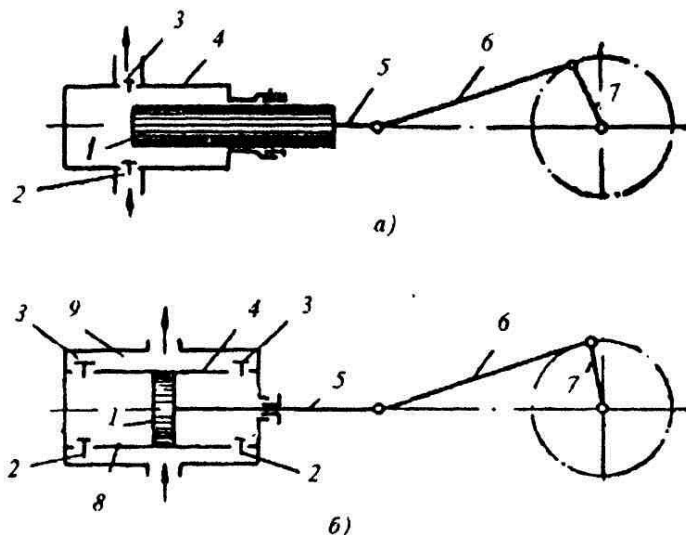


Рисунок 1 – Схема плунжерного та поршневого насосів:  
а – насос простої дії; б –насос подвійної дії

Плунжерні насоси застосовують для перекачування цукрових і карамелевих сиропів, крохмального молока, молока, що згущує, високожирних сливок і інших в'язких продуктів.

**Поршневі насоси.** Принцип роботи поршневих насосів такий же, як і плунжерних. У насосах простої дії для подачі рідини використовується тільки один хід поршня, оскільки під час другого ходу здійснюється всмоктування.

**Діафрагмові насоси (мембранні).** Діафрагмові насоси застосовують для перекачування високов'язких продуктів ніжної консистенції, наприклад кисломолочних продуктів.

Принцип роботи цих насосів заснований на витісненні рідини з робочої камери при одночасній дії на неї статора, ротора і замикача.

### Пневматичний трубопровідний і аерозольний транспорт

**Застосування пневматичного транспорту для переміщення сипких вантажів і волокнистих матеріалів по складних трасах.** Транспортування здійснюється по трубах невеликого діаметру, які неважко розмістити в обмежених умовах виробничого підприємства, крім того, процес переміщення сипких вантажів можна сумістити з деякими технологічними процесами виробництва.

Основою роботи пневмотранспортної установки є наявність різниці тиску на початку і кінці матеріалопровода. Залежно від способу створення тиску і його призначення пневмотранспортні установки розділяють на всмоктуючих,

нагнітальних і змішаних; на установки низького (до  $5 \cdot 10^3$  Па), середнього (від  $5 \cdot 10^3$  до  $10^4$  Па) і високого тиску.

Елементами пневмотранспортних установок є (рис. 2): завантажувальний пристрій 1; матеріалопровід 2; розвантажувач 3, пиловідокремлювач 4; повітрявід 5; повітродувна машина 6; шлюзовий затвор 7.

За допомогою всмоктуючих установок можна переміщати сипкі вантажі з декількох крапок в одну, а за допомогою нагнітальних ~ з однієї крапки в декілька. Комбінація установок цих типів дозволяє отримати змішану установку, що поєднує в собі вказані достоїнства. Матеріалопроводи можуть мати різну конфігурацію траси залежно від умов виробництва. Ділянки матеріалопровода можуть бути прямолінійними (вертикальними, горизонтальними, похилими) і криволінійними (відведення, коліна).

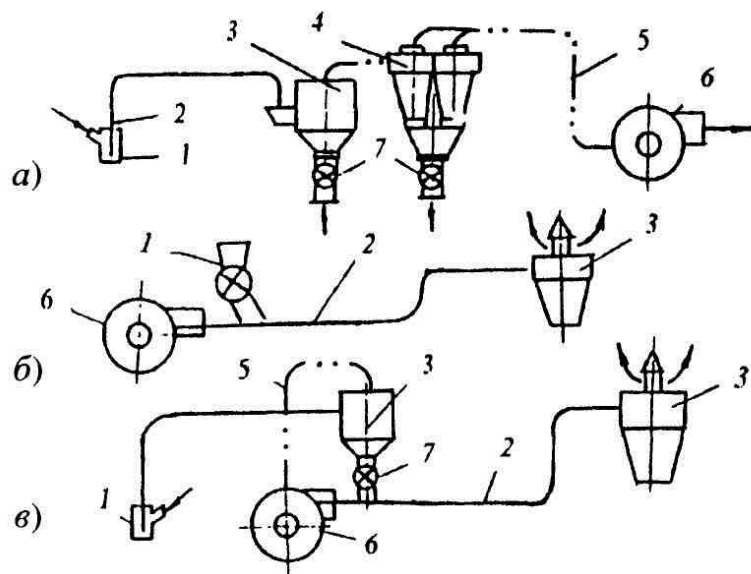


Рисунок 2 – Пневмотранспортні установки:  
а – всмоктуючі; б – нагнітальні; у – змішані

**Аерогравітаційний транспорт.** Аерогравітаційний транспорт застосовується для переміщення сипких тонкодисперсних вантажів по горизонтальних трасах. Установки гравітаційного транспорту аерованих матеріалів – аерожолоби складаються з двох каналів 2 і 3, розділених пористою перегородкою 4 (рис. 3). Верхній канал призначений для транспортування матеріалу, в ньому передбачені патрубки 5 для завантаження і 7 для вивантаження матеріалу, а також отвору У для видалення повітря, використовуваного при зрідженні матеріалу. Нижній канал – це розподільна камера, в яку через патрубок 6 подається повітря для зрідження матеріалу.

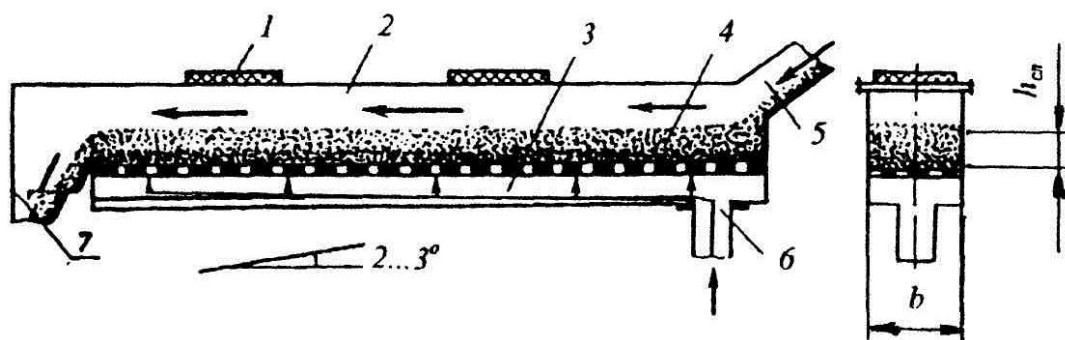


Рисунок 3 – Установка гравітаційного транспорту аерованих матеріалів

Повітря проходить через всі пори перегородки, поступає в масу матеріалу, аерує його, приводячи в псевдозріджений стан, і достатньо незначного ухилу ( $1...3^\circ$ ) у бік отвору, що випускається, для переміщення матеріалу.

### **ПІДЙОМНО-ТРАНСПОРТНІ ПРИСТРОЇ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ**

Для комплексної механізації і автоматизації транспортних, складських і завантажувально-розвантажувальних робіт з тарно-штучними вантажами в харчовій і переробній промисловості застосовують різну універсальну піднімально-транспортувальну техніку періодичної дії:

1. підвісні і опорні крани-штабелери;
2. кран-балки;
3. електротельфери і електротягачі на монорельсі;
4. авто- і електронавантажувачі;
5. електрокари і електротягачі;
6. підлогові штабелери і електровізки;
7. вантажні ліфти і підйомники;
8. пакетоформувальні і пакеторозбірні машини;
9. гравітаційні і збірно-розбірні стелажі;
10. уніфіковану тару і піддони.

На підприємствах ряду галузей харчової промисловості транспорт вантажів не тільки органічно пов'язаний з технологічним процесом, але і є активним чинником, що впливає на його організаційну структуру і робить основний вплив на всю економіку виробництва.

При комплексній механізації створюється раціональне поєднання засобів механізації транспортних, навантажувально-розвантажувальних і складських робіт з технологічним устаткуванням протягом всього виробничого процесу, а праця обслуговуючого персоналу зводиться до управління машинами і контролю за їх станом.

Вид вантажу і його характеристика визначають технологію вантажопереробки.

### **ПРИСТРОЇ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ НАСИПНИХ І ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ**

#### **Класифікація і область застосування.**

Зі всіх видів безперервного транспорту найбільше застосування в харчовій і переробній промисловості для переміщення

насипних і штучних вантажів отримали конвеєри. Вони бувають з тяговим (стрічковим, ланцюговим, канатним) органом і без нього. По напрямку переміщення вантажу конвеєри можуть бути з горизонтальною, похилою, вертикальною і складною просторовою трасою.

Конвеєри є невід'ємною частиною сучасного технологічного процесу, вони встановлюють і регулюють темп виробництва, забезпечують його ритмічність, сприяють підвищенню продуктивності праці і збільшенню випуску продукції. Разом з виконанням транспортно-технологічних функцій конвеєри є основою комплексної

механізації і автоматизації навантажувально-розвантажувальних і складських операцій.

Тісний зв'язок конвеєрів із загальним технологічним процесом обумовлює високу відповідальність їх роботи і призначення. Тому вони повинні бути надійними (безвідмовними), міцними, зручними в експлуатації і здатними працювати в автоматичних режимах.

Переміщувані конвеєрами вантажі підрозділяються на штучних і насипних. Їх фізико-механічні властивості мають вирішальне значення при виборі і розрахунку конвеєрів.

У ряді випадків одна і та ж транспортна операція може бути виконана різними конвеєрами.

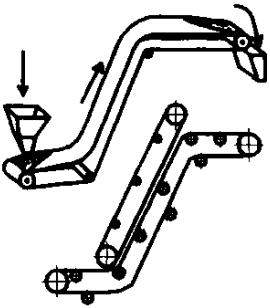
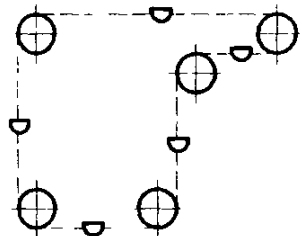
При рішенні задачі раціонального вибору типу конвеєра, що забезпечує найбільший технічний і економічний ефект в харчовій промисловості, необхідно враховувати наступні чинники:

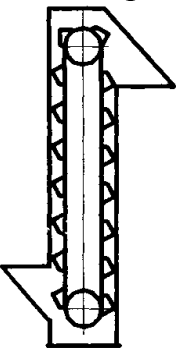
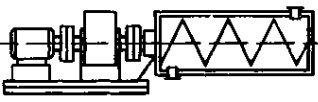
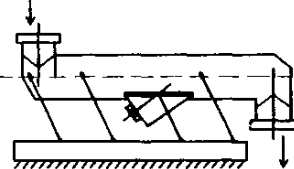
1. властивості вантажів, що транспортуються;
2. розташування апаратів, пунктів завантаження і розвантаження, а також відстаней між ними;
3. потрібну продуктивність машин і апаратів;
4. необхідний ступінь автоматизації виробничого процесу, що обслуговується проектною транспортною установкою;
5. спосіб зберігання вантажу в пункті завантаження (у бункерах, штабелях і тому подібне) і характеристику пристрою, що приймає грузув (конвеєр, бункер, технологічний апарат і тому подібне);
6. характеристику місця установки конвеєра (у опалювальному або неопалювальному приміщенні, на відкритій місцевості);
7. розміри простору, що відводиться під транспортуючу установку;
8. конфігурація траси;
9. особливі чинники, викликані специфікою обслуговуваного установкою виробництва (неприпустимість запилення, шуму);
10. можливість частотої зміни траси транспортування або системи адресації;
11. вимоги техніки безпеки і ін.

Характерні типи конвеєрів залежно від продуктивності, області застосування, переміщуваного вантажу, транспортно-технологічних функцій приведені в табл. 1.

**Таблиця 1** – Призначення і характеристика конвеєрів в харчовій промисловості

| Тип конвеєра | Основні параметри     |                     |           | Призначення |
|--------------|-----------------------|---------------------|-----------|-------------|
|              | Продуктивність, т/год | Довжина (висота), м | Швидкість |             |
|              |                       |                     |           |             |

|                                                                                                                                                                                      |          |          |             |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Стрічковий                                                                                                                                                                           | 10...500 | 5...100  | 0,25... 2,0 | Міжцеховий і внутрішньоцеховий транспорт дрібнокускових насипних вантажів по горизонтальних і похилих трасах. Навантажувально-розвантажувальні операції з насипними і штучними вантажами                                                             |
| Пластинчастий                                                                                                                                                                        | 10...100 | 4...6    | 0,05... 1,0 | Внутрішньоцехове транспортування крупнокускових і штучних вантажів по горизонтальних і похилих трасах (вапняк, і так далі)                                                                                                                           |
| Скребковий                                                                                                                                                                           | 5...80   | 5...30   | 0,05...0,8  | Внутрішньоцехове транспортування дрібнокускових, порошкоподібних і пилоподібних малоабразивних насипних вантажів (карбід кальцію, вапно, сіль, цукор, кальцинована сода, і так далі) по горизонтальних, крутонахилених і складних просторових трасах |
| Двострічковий з трубчастою і спеціальними стрічками (з виступами, перегородками і осередками)<br> | 10...200 | 5...50   | 0,25... 5,0 | Внутрішньоцехове транспортування і навантажувально-розвантажувальні операції з дрібнокусковими, порошкоподібними насипними вантажами (зерно, мука, добрива, висівки, сода, крупа, калійна сіль і так далі) по крутонахилених і вертикальних трасах   |
| Ковшовий<br>                                                                                      | 5...30   | 20... 60 | 0,10...0,3  | Внутрішньоцехове переміщення добре сипких сухих вантажів по горизонтально-вертикальній трасі                                                                                                                                                         |

|                                                                                                      |         |         |             |                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Елеватор</p>     | 5...100 | 4...40  | 0,1...5,0   | Внутрішньоцехове переміщення сухих порошкоподібних і дрібнокускових і пилоподібних сухих насипних вантажів по вертикальних і крутонахилених трасах                                                               |
| <p>Гвинтовий</p>    | 4...30  | 3...10  | 0,02...0,1  | Внутрішньоцехове переміщення сухих порошкоподібних і дрібнозернистих насипних вантажів по горизонтальних, похилих і вертикальних трасах                                                                          |
| <p>Вібраційний</p>  | 5...100 | 5...30  | 0,1...5,0   | Внутрішньоцехове транспортування насипних вантажів в герметично закритих трубах з поєднанням технологічних операцій (сушка, змішування, охолодження і так далі) по горизонтальних і рідко по вертикальних трасах |
| <p>Грузоведущі і підвісні</p>                                                                        | 5...100 | 0...100 | 0,01...0,5  | Міжцехове, внутрішньоцехове і складське переміщення тарно-штучних вантажів по горизонтальних, похилих і складних просторових трасах                                                                              |
| <p>Вертикальні ланцюгові</p>                                                                         | 5...200 | 4...40  | 0,05... 0,5 | Міжповерхове внутрішньоцехове і внутрішньоскладське транспортування штучних і пакетованих вантажів по вертикальних і горизонтально-вертикальних трасах                                                           |

**Рекомендації по проектуванню і розрахунку.** Технічне завдання на проектування конвеєрної установки повинне містити характеристику вантажу, що транспортується, максимальну продуктивність машини, зведення про умови роботи і схему траси транспортування зі всіма необхідними розмірами.

**У характеристиці насипного вантажу** вказується його найменування, насипна щільність, рід вантажу (рядовий, сортований), максимальний розмір типових шматків та найбільших шматків, вологість, коефіцієнт внутрішнього і зовнішнього тертя, відсотковий вміст максимальних шматків і найдрібніших фракцій (порошкоподібних і пилоподібних).

**В характеристиці штучних вантажів** вказується їх найменування, маса однієї штуки, форма і габаритні розміри вантажу. Крім того, приводяться зведення про особливі властивості вантажів (вибухонебезпечності, абразивності, острокромчатості, клейкості, неприпустимості забруднення, кришіння, високій температурі і ін.).

**В умови роботи** включаються наступні відомості: число годин роботи в добу і днів роботи в рік; місце установки (опалювальне або неопалювальне приміщення, на відкритому повітрі і тому подібне); межі коливань температури навколишнього середовища; наявність підвищеної вологості, запилена повітря і тому подібне

При розрахунку різних конвеєрів частину розрахункових формул носить загальний характер, тобто одні і ті ж формули можуть застосовуватися для розрахунків окремих параметрів всіх або декількох типів конвеєрів, до загальних розрахунків відносяться визначення продуктивності, опорів руху робочого органу, натягнень тягового елемента, динамічних сил в ланцюзі, сили тяги конвеєра, потужності приводу і ін.

## 7.2 Основи конструктивного розрахунку транспортуючих органів

### Устаткування для переміщення рідких і в'язких продуктів

#### Поршневі та плунжерні насоси.

Подача поршневих і плунжерних насосів визначається по одних і тих же рівняннях.

Продуктивність поршневого насоса простої дії, кг/с

$$Q = F \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \eta_0$$

де  $F$  – площа поршня, м<sup>2</sup>;

$$F = \frac{\pi D^2}{4}$$

$D$  ~ діаметр поршня, м

$S$  – довжина ходу поршня, м;

$n$  – частота обертання колеса кривошипно-шатунного механізму, мін ';

$\rho$  – щільність продукту, що перекачується, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_0$  – об'ємний ККД.

Об'ємний ККД залежно від подачі насосів приймає наступні значення.

|                      |             |             |
|----------------------|-------------|-------------|
| Подача насоса, т/год | 1.. .30     | 30.. .300   |
| Об'ємний ККД насоса  | 0,85...0,90 | 0,90...0,99 |

Подача насоса подвійної дії

$$Q = (2F - f) \cdot S \cdot n \cdot \rho \cdot \eta_0$$

де  $f$  – площа перетину штока поршня, м<sup>2</sup>

#### Діафрагмові насоси.

Подача діафрагмового насоса з одним робочим органом, кг/год

$$Q = q \cdot n \cdot \rho \cdot \eta_1 \eta_2$$

де  $q$  – об'єм камери насоса, м<sup>3</sup>;

$n$  – число подвійних ходів діафрагми, подв.хід/с<sup>-1</sup>;

$\eta_1$  – коефіцієнт наповнення; для сиропу і вершків  $\eta_1 = 0,75 \dots 0,8$ , води  $\eta_1 = 0,9$ ;

$\eta_2$  – коефіцієнт виштовхування;  $\eta_2 = 0,96$ .

Об'єм камери насоса,  $\text{м}^3$

$$q = F \cdot h$$

де  $F$  – площа диска, до якого кріпиться діафрагма,  $\text{м}^2$ ;

$h$  – хід диска,  $\text{м}$ .

### Шестерінчасті насоси.

Подача шестерінчастого насоса із зовнішнім зачепленням,  $\text{кг/год}$

$$Q = z \cdot f \cdot b \cdot n \cdot \rho \cdot \eta_0$$

де  $z$  – число зубів,

$f$  – площа перетину зуба,  $\text{м}^2$

$b$  – ширина зуба,  $\text{м}$ ;

$n$  – частота обертання шестерні,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\eta_0 = 0,7 \dots 0,9$ .

У шестерінчастих насосів з внутрішнім зачепленням ротор і замикач мають різне число зубів. Подача шестерінчастих насосів з внутрішнім зачепленням,  $\text{кг/год}$

$$Q = (z_1 n_1 + z_2 n_2) f \cdot b \cdot \rho \cdot \eta_0$$

де  $z_1$  та  $z_2$  – кількість зубів у шестерень;

$n_1$  та  $n_2$  – частота обертання шестерень,  $\text{с}^{-1}$ .

## Пневматичний трубопровідний і аерозольний транспорт

### Розрахунок основних характеристик пневмоустановок.

Рух частинок твердого тіла у вертикальній трубі можливо, якщо швидкість висхідного потоку повітря буде більше швидкості витання цих частинок. Для складної транспортної траси призначають робочу швидкість  $v$  повітря:

$$v = k_z (10,5 + 0,57 v_{\text{вит}})$$

де  $v_{\text{вит}}$  – швидкість витання,  $\text{м/с}$ ;

$k_z = 1,2 \dots 1,3$  – коефіцієнт запасу.

Переміщення частинок твердого тіла в горизонтальному повітряному потоці відбувається в зваженому стані, обумовленому наявністю аеродинамічної підйомної сили, що примушує частинку переміщатися до осі труби матеріалопровода.

**Коефіцієнтом масової концентрації** називають відношення масової витрати вантажу  $M_B$  до масової витрати повітря  $M_{\Pi}$ :

$$\mu = \frac{M_B}{M_{\Pi}}$$

Вибір коефіцієнта масової концентрації залежить від характеристик фуза, конкретних умов роботи пневмотранспортної установки і ін.

Масова витрата повітря визначається при відомому значенні  $\mu$ :

$$M_{\Pi} = \frac{M_B}{\mu}$$

або об'ємна витрата повітря

$$Q_{\pi} = \frac{M_B}{\rho g \mu}$$

де  $\rho$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>.

Внутрішній діаметр матеріалопровода (труба круглого перетину)

$$D = 1,03 \sqrt{\frac{M_{\pi}}{v \mu}}$$

Відповідно до розрахованого значення внутрішнього діаметру вибирається найближчий більший діаметр труби за стандартом, а потім уточнюється робоча швидкість повітря.

## ПРИСТРОЇ БЕЗПЕРЕРВНОГО ТРАНСПОРТУ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ НАСИПНИХ І ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ

При транспортуванні насипних вантажів найчастіше використовують стрічкові транспортери. Необхідна ширина стрічки визначається по розрахунковій продуктивності з урахуванням умов повної відсутності розсипу вантажу із стрічки в процесі руху

$$b = 0,9B$$

де  $B$  – повна ширина стрічки;

$b$  – робоча ширина стрічки.

Виходячи із заданої або розрахункової продуктивності конвеєра визначають необхідну ширину стрічки (у м):

$$B = \sqrt{\frac{Q_n K_{\beta}}{K_n v \rho}} + 0,05$$

де  $Q_n$  – масова продуктивність, т/год;

$K_n$  – коефіцієнт типу роликів опор;

$K_{\beta}$  – коефіцієнт кута нахилу конвеєра;

$v$  – швидкість стрічки;

$\rho$  – щільність насипного вантажу.

Стрічка може спиратися на ролики, суцільний настил з листової сталі, гладких дерев'яних дощок, пластмасових пластин, а також на комбіновані опори, що складаються з роликів опор, що чергуються, і настилу. Суцільний і комбінований настили застосовують для транспортування штучних вантажів і для насипних легених вантажів, що сильно порошать, вимагають переміщення в закритому жолобі.