

Під потоком сипкого матеріалу слід розуміти таку сукупність частинок, при якій рухливі частинки твердого тіла не втрачають контакту між собою.

При цьому потік сипких матеріалів можна розподілити на наступні види:

- 1) рух по похилих трубах і каналах з неповним заповненням площі поперечного перерізу;
- 2) рух по похилих і вертикальних трубах і посудинах з заповненням площі поперечного перерізу;
- 3) витікання сипких матеріалів із отворів, розміщених в дні або боковій стінці посудини.

Для перелічених видів характерні дві основні форми руху зв'язна і незв'язна.

Під зв'язною формою руху умовимось розуміти рух потоку сипкого матеріалу, при якому зв'язки, накладені на частинки, утримують їх в стані спокою відносно одна однієї. Градієнт швидкості потоку по поперечному перерізу дорівнює нулю.

Під незв'язною формою руху сипкого матеріалу слід розуміти рух потоку, при якому зв'язки накладені на частинки, не утримують їх в стані відносного спокою. Градієнт швидкості по перерізу потоку відмінний від нуля.

Форми руху потоку сипкого матеріалу можуть існувати окремо або разом. В останньому випадку форма руху потоку буде змішаною. Розглянемо кожен із видів руху окремо.

Рух потоку сипкого матеріалу по похилих жолобах і трубах при неповному заповненні поперечного перерізу останніх можливо при умові

$$\alpha > \varphi_0,$$

де α – кут нахилу жолоба (труби до горизонту); φ_0 – кут зовнішнього тертя сипкого матеріалу по стінках жолоба (труби).

При кутах нахилу $\varphi' > \alpha > \varphi_0$ в потоці відсутні умови порушення зв'язків між його частинками. При кутах нахилу $\varphi' < \alpha > \varphi_0$ поряд з рухом матеріалу відносно нерухомих стінок жолоба спостерігається відносний рух всередині потоку.

Рух потоку сипкого матеріалу в вертикальних посудинах, при повному заповненні матеріалом їх поперечних перерізів, відмінний від руху в похилих посудинах. При контакті частинок потоку сипкого матеріалу із стінками по всьому периметру посудини граничні умови істотно впливають на характер його руху.

В залежності від розмірів посудини, щільності укладки сипкого матеріалу і умов випуску матеріалів із посудин може бути зв'язана, незв'язана або змішана форми руху потоку. Кожній із цих форм властива своя форма потоку.

Для любых посудин, без залежності від їх розмірів і граничних умов, руху потоку сипкого матеріалу в початковий момент властива незв'язана форма, тривалість якої залежить від розмірів посудини і початкової щільності укладки частинок твердого тіла.

При початковій пухкій укладці ($K_o < K_{кр}$) і невеликих діаметрах посудини ($D < 200 \delta$, де δ – характерний розмір частинки) тривалість незв'язної форми невелика. Зміна структури сипкого матеріалу відбувається за короткий час.

При щільній укладці ($K_o > K_{кр}$) час існування незв'язної форми руху збільшується, збільшується і тривалість процесу перебудови структури сипкого матеріалу.

Для посудини більших розмірів ($D > 200 \delta$) час існування незв'язної форми руху в початковий момент помітно збільшується. При цьому тривалість існування цієї форми руху збільшується з розмірами посудини і початкової щільності укладки частинок сипкого матеріалу.

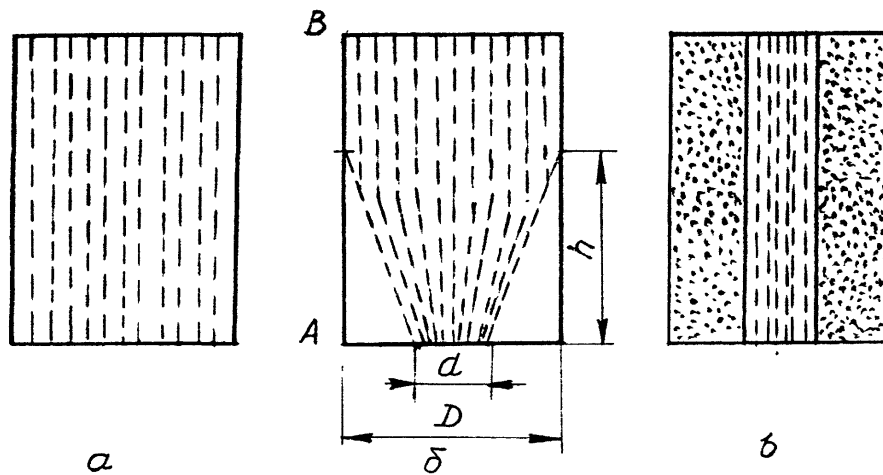


Рис. 1. Зв'язні форми руху сипкого матеріалу:
 а - по всій висоті потоку; б - в верхній частині потоку;
 в - в центральній частині потоку

Після того як початкова щільність укладки прийме по всьому перерізу потоку значення критичної, незв'язна форма руху переходить в зв'язну. При цьому в залежності від умов випуску матеріалу із посудини, співвідношення його розмірів і граничних умов руху потоку ця форма руху може існувати по всій висоті потоку (рис. 1. а), в верхній його частині (рис. 1. б) або в центральній (рис. 1. в).

Зв'язна форма руху по всій висоті потоку виникає тоді, коли випуск сипкого матеріалу відбувається по всьому вихідному потоці.

На межі двох форм руху потоку склеповидна структура, характерна для зв'язної форми, набуває максимальну несучу здатність, яка порушується при переході в незв'язну форму. Виникнення і руйнування такої структури, в силу дискретної природи сипкого матеріалу, виникає дискретно. Отже, рух потоку на цій ділянці супроводжується пульсацією.

Дослідження процесу підтвердило приведені припущення. Із збільшенням швидкості потоку частота пульсації, пов'язана із утворенням і руйнуванням склепів, збільшується, збільшується і частота пульсації швидкості потоку, яка при деякому значенні швидкості досягає величини, яка практично не відображається на характері руху потоку.

Зв'язна форма руху потоку сипкого матеріалу в його центральній частині (рис. 1. в) спостерігається при граничних умовах, при яких поверхні тертя на границі потоку зміщенні в потік матеріалу. Зокрема, це явище можна викликати на ребристих стінках посудини, коли висота ребра C відповідає умові $10\delta < C < 0,02D$, а відстань між ребрами

$$t = \frac{D}{4} \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} - \varphi'_{\max} \right).$$

Приведені закономірності можна спостерігати в потоках сипкого матеріалу тільки при його нерозривності. Нерозривність потоку сипкого матеріалу визначається мінімальним розміром D посудини і максимально допустимою швидкістю v_{kp} його руху.

Дослідження показали, що безперервність потоку відповідає мініимальному діаметру D_{kp} посудини: $D_{kp} \geq a e^{b\delta}$
 де a і b – постійні; δ – найбільший розмір частинки сипкого матеріалу, мм.

Розрив потоку виникає при швидкості його руху більше критичної

$$v_{kp} \geq B \sqrt{R_{\Gamma}},$$

де B – постійна, яка залежить від властивостей матеріалу; R_{Γ} – гідравлічний радіус посудини, м.

В вертикальних посудинах ряду конструкцій сушильних апаратів, установок активної вентиляції і інші спостерігається утруднений рух потоку сипкого матеріалу.

Утруднений рух потоку сипкого матеріалу викликається введенням в потік конструкційних елементів в вигляді площин або тіл різної геометричної форми. Неминуче при цьому зменшення площі поперечного перерізу потоку може привести до його розриву.

Дослідженнями встановлено, що розрив потоку не виникає, якщо виконується умова:

$$\frac{A}{A_o} > 20, \quad \frac{A_o}{A_T} > 20. \quad (1)$$

де A_o – площа міделєвого перерізу введених в потік конструктивних елементів (проекція площі перерізу конструктивного елемента на площину перпендикулярну напрямку руху сипкого потоку); A_T – площа міделєвого перерізу частинки сипкого матеріалу; A – площа перерізу потоку.

Введення в потік конструктивних елементів в вигляді площини не викликає розриву потоку, якщо кут α нахилу площини до горизонту задовольняє умову:

$$\alpha < \phi'_{max}, \quad (2)$$

де ϕ'_{max} – кут внутрішнього тертя в потоці на глибині установки площини, а параметри посудини і площини відповідають умовам (1) і (1).

В випадку, коли умова (2) не виконана, над площиною, яка обмивається потоком, створюється застійна зона, а за нею потік розривається, створюючи простір, не заповнений сипким матеріалом [2].

Створення застійних зон і просторів, не заповнених сипким матеріалом, можна усунути, якщо надати конструктивним елементам, які введені в потік, відповідні форми. Така форма може бути створена двома конусами на вхідному і вихідному перерізах конструктивного елемента, кути у основі яких відповідають умові:

$$\beta > \phi'_{max}. \quad (3)$$

При обтіканні потоком конструктивних елементів змінюється структура потоку сипкого матеріалу із-за зміни укладки частинок і неминуче при цьому порушуються зв'язки тертя в їх контактах. Процес перебудови структури потоку носить пульсаційний характер.

ЛІТЕРАТУРА

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Підручник / О.М. Царенко, Д.Г., В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Під ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 205 с.