

УДК 628.511.1

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.82637

Ю.А. Гасило, к.т.н., доц., **Р.Я. Романюк**, к.т.н., **О.А. Крюковська**, к.т.н., доц.
(Дніпродзержинський державний технічний університет)

**БЕЗНАПІРНЕ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЯК ЗАХІД ЗНИЖЕННЯ
ПИЛОУТВОРЕННЯ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ**

Yu. Hasylo, PhD in eng. sc., associate professor, **R. Romaniuk**, PhD in eng. sc.,
O. Kriukovska, PhD in eng. sc., associate professor (Dneprodzerzhinsk state
technical university)

**WITHOUT PRESSURE TRANSPORTATION AS A METHOD DUST
FORMATION DECREASE AT DISALIGNMENT OF LOOSE MATERIALS**

Проаналізовано джерела пилоутворення на виробництві. Наведено переваги та недоліки існуючих способів відкритого транспортування сипких матеріалів. Встановлено, що використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного видів транспорту для переміщення сипких матеріалів знижує запиленість на робочих місцях за умови оптимального вибору параметрів транспортування. Проведено аналіз теоретичних та експериментальних досліджень впливу транспортуючої здатності потоку від кута нахилу траси жолобу. Результати показали, що існування безнапірних видів транспорту можливе за великих значень кутів нахилу жолобу. Проаналізовано теоретичні положення переміщення сипких матеріалів у потоці рідини.

Ключові слова: транспортування; аналіз; теорія; сипкі матеріали; пилоутворення; жолоб; кут нахилу.

Проанализированы источники пылеобразования на производстве. Приведены преимущества и недостатки существующих способов открытой транспортировки сыпучих материалов. Установлено, что использование безнапорных гидравлического и гравитационного видов транспорта для перемещения сыпучих материалов снижает запыленность на рабочих местах при условии оптимального выбора параметров транспортировки. Проведен анализ теоретических и экспериментальных исследований влияния транспортирующей способности потока от угла наклона трассы желобу. Результаты показали, что существование безнапорных видов транспорта возможно при больших значениях углов наклона желоба. Проанализированы теоретические положения перемещения сыпучих материалов в потоке жидкости.

Ключевые слова: транспортировка; анализ; теория; сыпучие материалы; пылеобразование; желоб; угол наклона.

Dust sources on manufacture are analyzed. Advantages and deficiencies of existing ways open transportation of loose materials are resulted. It is established, that use without pressure hydraulic and gravitational types of transport for traffic loose materials reduces dustiness on work stations under condition of optimum sampling parameters of transportation. The assaying

theoretical and experimental researches agency of carrying ability a stream from slope of route to launder is carried out. Results have shown that existence without pressure types of transport was possibly at great values slope of a launder. Theoretical rules of traffic loose materials in a fluid stream are analyzed.

Keywords: *transportation; assaying; theory; loose materials; dust formation; launder; slope.*

Вступ. Пил є одним з негативних факторів, що різко погіршує умови праці практично у всіх галузях народного господарства. Він несприятливо впливає на внутрішні органи та центральну нервову систему працюючих, сприяючи виникненню та інтенсивному протіканню професійних захворювань, а також є причиною виробничого травматизму [1-3]. Тому боротьбі з пилом на підприємствах повинна завжди приділятися особлива увага.

Протікання багатьох технологічних процесів пов'язане з виділенням пилу в повітря робочої зони. Наприклад, на металургійних підприємствах повного циклу джерелами утворення пилу є:

- на агломераційній фабриці – виділення при розвантаженні сировини за допомогою вагоперекладачів, в процесі підготовки шихти (дозування, змішування, згрудкування), завантаженні агломашин, транспортуванні агломерату;

- в доменному цеху – випари розплавлених металів і шлаків, а також виділення при завантаженні і транспортуванні сировини та напівфабрикатів;

- в конвертерному цеху – виділення при продувці конвертеру, ремонтах зводів печей, ковшів, транспортуванні і завантаженні шихтових матеріалів, очищенні виливниць стисненим повітрям;

- в прокатному цеху – випари і виділення розпеченого металу в основному при прокатці, транспортуванні і перевантаженні різних матеріалів, пиловиділення при обробці готового прокату (порізка, вирубка дефектів, нанесення покриттів) [2] та інше.

В роботах [4,5] показано, що в деяких галузях промисловості досягнуті певні успіхи зі зниження запиленості в джерелах його виникнення або окремо по захисту від пилу з використанням засобів індивідуального захисту. Однак, разом з тим, є необхідність більш ефективного комплексного вирішення цієї проблеми стосовно кожного конкретного робочого місця, що полягає у наступному: дослідження запиленості, розробка заходів зі зменшення запиленості в джерелах його виникнення, розробка лікувально-профілактичних заходів, що попереджують розвиток профзахворювань, розробка заходів з реабілітації людей, які працюють у шкідливих умовах.

В даній роботі розглянемо перші дві складові комплексного вирішення цієї проблеми.

Існує два варіанти утворення пилу:

- перший – при руйнуванні або подрібнюванні твердих матеріалів і відкритому транспортуванні сипучих речовин;

- другий – внаслідок охолодження і конденсації парів металів та неметалів, що виділяються при високотемпературних процесах (зварюванні, плавці, пайці тощо).

Шкідливий вплив пилу обумовлений багатьма факторами: фізико-хімічними властивостями, розмірами і формою пилових часток, концентрацією їх у повітрі робочої зони, тривалістю впливу їх протягом зміни та професійним стажем, іншими несприятливими виробничими факторами і особливостями трудової діяльності.

Крім того, пил збільшує зношування машин і устаткування, погіршує санітарний стан виробничих приміщень, знижує рівень освітленості внаслідок забруднення світлових прорізів, ламп і освітлювальної арматури, може сприяти виникненню пожеж і вибухів.

Постановка завдання. Отже, одним із джерел запиленості на робочих місцях є відкрите транспортування сипких матеріалів за допомогою транспортерів та конвеєрів, а також різних перевантажувальних пристроїв та жолобів. Від застосовуваного раніше закритого безнапірного засобу внаслідок появи частих пробок при транспортуванні матеріалів виробництво відмовилося. Це відбулося внаслідок того, що до теперішнього часу використання безнапірного транспортування сипких матеріалів залишається до кінця не дослідженим.

Узагальнення і аналіз робіт [6,7], які стосуються досліджень впливу параметрів траси переміщення сипких матеріалів на транспортуючу здатність, показують, що транспортування останніх по жолобам, каналам або транспортерам, незалежно від виду транспорту, що використовується, супроводжується запиленістю повітря, що набагато перевищує вимоги санітарних норм.

Вібраційний транспорт широко застосовується в різних галузях народного господарства (будівництво, металургія, гірництво). Цей вид транспорту супроводжується підвищеним шумом (до 105 дБА) та вібраціями, вимагає великих витрат, а конструкції його транспортних ліній складні та недовговічні.

Переміщення сипких матеріалів за допомогою пневмотранспорту потребує наявності потужних компресорів, а на виході – обов'язкового очищення повітря за допомогою циклонів, пилоосаджувальних камер або різних видів фільтрів, що також є енергоємним та потребує великих витрат.

Найбільш надійними, простими у виготовленні та не потребуючими великих витрат є безнапірні гідравлічний та гравітаційний види транспорту для переміщення матеріалів у сухому стані. При виборі оптимальних значень кутів нахилу жолобу, швидкостей потоку, параметрів трас та інших параметрів можливе зниження запиленості на робочих місцях при транспортуванні сипких матеріалів за їх допомогою [1,6].

В роботі [6] відмічається, що безнапірний гідравлічний транспорт має

недоліки, які полягають у тому, що при незамкнутій системі необхідне очищення транспортуючої рідини (води). Але даний недолік можна виключити, якщо зробити систему замкнутою. В цьому випадку транспортуюча рідина буде використовуватися багатократно. Відокремлення твердих часток від рідини також ускладнює використання даного виду транспорту, однак в теперішній час розроблені ефективні грохоти, а також відстійники з механічним розвантаженням сипкого матеріалу. Тому і цей недолік майже не стримує розвиток безнапірного гідравлічного транспорту.

Метою роботи є аналіз відомих теоретичних та експериментальних досліджень можливості використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів, а також методів розрахунку основних їх параметрів.

Результати дослідження. Одним із головних параметрів, що істотно впливає на можливість існування безнапірного переміщення, є кут нахилу траси жолобу.

В роботах [1,8] наведено результати експериментальних досліджень впливу транспортуючої здатності потоку Q_T від кута нахилу траси жолобу α (або i). На основі цих даних на рис. 1 зображена залежність $Q_T = f(\alpha)$, яка була побудована при незмінних інших параметрах.

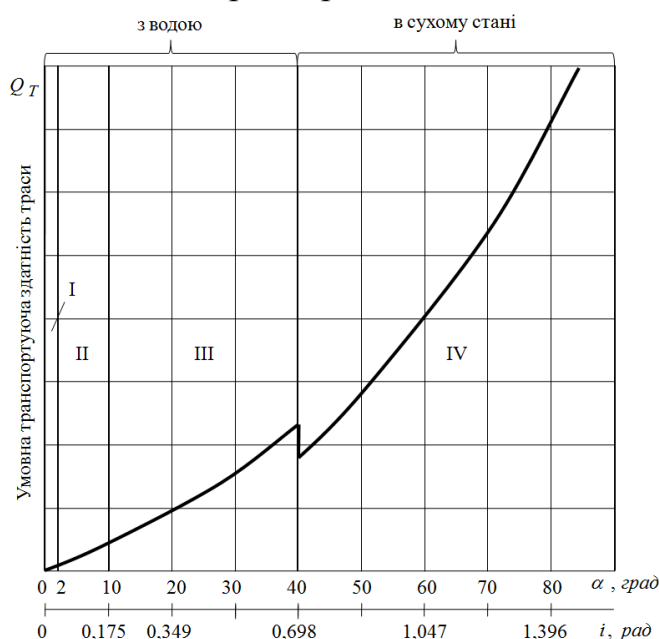


Рис. 1. Експериментальна залежність транспортуючої здатності потоку Q_T від кута нахилу траси жолобу α (або i)

Умовно дану криву можна розділити на чотири області, кожна з яких характеризується своїми закономірностями. Перша область з граничними кутами нахилу жолобу $0^\circ < \alpha \leq 2^\circ$ характеризується відсутністю будь-яких переміщень під дією сил гравітації, тобто гідравлічний транспорт або

неможливий, або економічно недоцільний.

В області II з кутами нахилу $2^\circ < \alpha \leq 10^\circ$ має місце початок транспортування сипких матеріалів за рахунок безнапірного гідравлічного транспорту.

В третій області ($10^\circ < \alpha \leq 40^\circ$) проявляються ознаки гідравлічного транспорту, але транспортування можливе лише при наявності транспортуючої рідини в міжчасткових порах.

На промислових підприємствах у процесі вловлювання пилу утворюється суміш води та дрібних твердих часток, яка, як правило, видаляється за межі цехів по жолобам, що мають відносно великий кут нахилу до горизонту. При цьому вихідне співвідношення твердої та рідкої фаз пульпи є великим, їх відносне переміщення відсутнє, а рух всього потоку в цілому прискорений. Рідина, що знаходиться всередині просторової решітки з твердих часток, переміщується з тією ж швидкістю, тобто прискорено. В переміщенні часток перестає грати роль сила гідродинамічного тиску. Єдиною причиною, що викликає рух, є сила тяжіння, тобто переміщення пульпи аналогічно гравітаційному транспортуванню сухого сипкого матеріалу, а рідина виконує функцію змащення, що зменшує тертя між частками та об тверді межі потоку, де має місце також дія сили Архімеда. У порівнянні з потоком сухого сипкого матеріалу цей потік більш рухомий, оскільки при своєму русі він має менший опір.

Таким чином, даному переміщенню в тій чи іншій мірі властиві характерні особливості як гідравлічного, так і гравітаційного видів транспорту. Переміщення сипких матеріалів в суміші із водою по жолобах, які нахилені під великими кутами до горизонту, часто відносять до гідравлічного транспорту.

Четверта область ($40^\circ < \alpha < 90^\circ$) відрізняється від інших можливістю використання гравітаційного самопливного транспорту сипких матеріалів по жолобам або каналам. Для деяких сипких матеріалів ця зона починається і при значно менших кутах.

Як правило, при проектуванні безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів відома лише величина нахилу траси, а інші параметри, наприклад, обрис перетину жолобів, місця розташування гасильників швидкості для різних видів сипких матеріалів до теперішнього часу обираються інтуїтивно, без будь-яких наукових обґрунтувань.

Відмітимо, що залежність $Q_T = f(\alpha)$ на межах III та IV областей (рис. 1) характеризується стрибком, який пояснюється тим, що різні сипкі матеріали мають свою величину коефіцієнту тертя по твердим межах, відносно яких відбувається їх переміщення. Вказаний стрибок може бути пояснений також відсутністю транспортуючої рідини, що призводить до різкого зменшення транспортуючої здатності сипкого матеріалу, що переміщується.

Таким чином, використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів можливе лише при великих кутах нахилу траси жолобу, більших $\alpha = 10^\circ$ (або $i = 0,175$ рад).

Теоретичні та експериментальні дослідження переміщення матеріалів за допомогою безнапірного гідравлічного транспорту розглядалися в багатьох роботах, наприклад, Джолієна і Смарта, Б.Є. Фрідмана, В.С. Мучніка, В.В. Івакіна, В.С. Кнорова, В.В. Трайніса та ін.

М.А. Веліканов та В.М. Маккавєєв запропонували гравітаційну та дифузійну теорії руху сипких матеріалів [1].

В теоретичних викладках М.А. Веліканова не враховані деякі показники, що не дозволяють в повній мірі використовувати їх на практиці:

- зміна швидкості потоку в залежності від зміни живого перетину траси;
- зміна коефіцієнта Шезі в залежності від гідравлічного радіусу;
- величина Архімедової сили, що діє на тверді частинки в залежності від швидкості потоку;
- площа контакту рідкої та твердої фази в потоці.

В.М. Маккавєєв використовував принцип зважування та переносу твердих часток потоком атмосферного повітря стосовно квіткового пилку та насіння рослин. Він склав рівняння для розподілу концентрації часток по перетину потоку, в яке входили наступні параметри: насичення потоку твердими частками поблизу дна, глибина потоку, питома вага пульпи, координати точок, що розглядаються, та коефіцієнт турбулентної в'язкості.

Аналіз даної теорії показав, що, якщо для квіткового пилку та насіння, які переносяться повітрям, дифузійна теорія має задовільну збіжність з експериментами, то для умов гідравлічного транспорту, особливо транспортування матеріалів з великими шматками та матеріалів, що мають більшу, ніж вода, щільність, вона не може використовуватися.

Результати найбільш фундаментальних досліджень впливу нахилу жолобу в межах $0,08 < i < 0,135$ на транспортуючу здатність потоку отримані в роботах С.С. Шавловського, Г.А. Карпова [1], О.І. Купріна [9,10] та ін.

На основі їх теоретичних розробок побудовані графіки залежності транспортуючої здатності потоку Q_T від величини нахилу жолобу i (рис. 2).

$Q_T, \text{ т / год}$

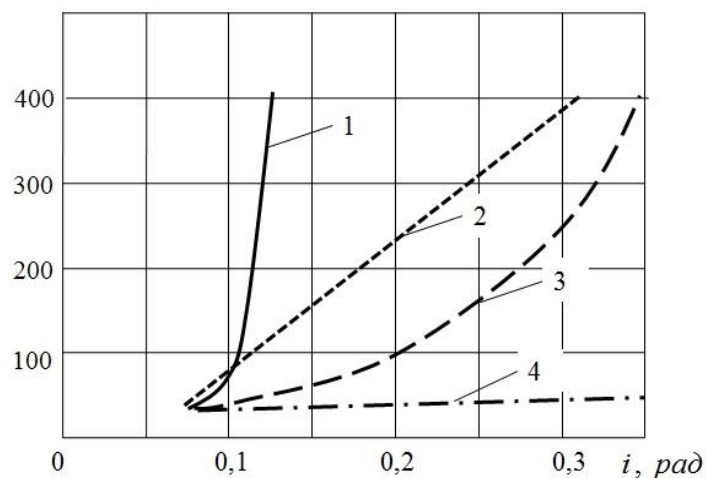


Рис. 2. Графіки залежності транспортуючої здатності потоку Q_T від величини

нахилу жолобу i (ширина жолобу по низу – 400 мм; витрата води – 230 м³/год; питома вага піщаника – 2,55 т/м³):

1 – методика С.С. Шавловського [1]; 2 – методика Г.А. Карпова [1] та ін; 3 – методика О.І. Купріна [9]; 4 – методика, приведена в [10]

Отже, як впливає з наведених графіків, результати досліджень вищевказаних авторів мають значний розкид, а застосування їх методик, особливо при великих значеннях нахилу i , не рекомендується.

Аналіз результатів С.С. Шавловського показує сильно виражену залежність у вигляді кубічної параболи (рис. 2, крива 1) транспортуючої здатності від нахилу жолоба: навіть при незначному прирості параметру i величина Q_T різко збільшується, що суперечить дослідам.

Графік залежності Q_T від i по даним О.І. Купріна (рис. 2, крива 3) також виражається параболічним законом, однак гілка параболи розташовується більш монотонно. Як показують розрахунки, вплив нахилу жолобу на транспортуючу здатність потоку є незначним. Даний метод придатний для певного інтервалу i та не може взагалі бути використаним для визначення параметрів гідравлічного транспорту.

Крива, побудована по даним Г.А. Карпова та колективу Всеросійського науково-дослідного інституту гідротехніки ім. Б.Є. Веденєєва (рис. 2, крива 2), займає середнє положення, виражається прямопропорційним законом та аналогічна експериментальному графіку рис. 1. Запропонована ними методика визначення параметрів безнапірного гідравлічного транспорту може бути використана для транспортування шматкового матеріалу за умови, якщо його розміри порівняльні з глибиною потоку і тільки при повному зануренні часток в рідину, тобто при максимальному використанні Архімедової сили.

Останній графік, побудований по методиці [10] (рис. 2, крива 4), виражається прямолінійним законом $Q_T = f(i)$, не враховує вплив коефіцієнту тертя на транспортуючу здатність потоку, а, отже, не враховує властивості транспортуючого матеріалу, тому не рекомендується для використання.

Висновки

Пил несприятливо впливає на внутрішні органи та центральну нервову систему працюючих, сприяє виникненню та інтенсивному протіканню професійних захворювань і різко погіршує умови праці.

Джерела утворення пилу поділяються на два види: подрібнювання твердих матеріалів і їх відкрите транспортування та охолодження і конденсація речовин при високотемпературних процесах.

Відкрите транспортування сипких матеріалів по жолобам, каналам або транспортерам, незалежно від виду транспорту, що використовується,

супроводжується запиленістю повітря, що набагато перевищує вимоги санітарних норм.

Закритий безнапірний засіб транспортування на виробництві не використовується внаслідок появи частих пробок при переміщенні матеріалів.

Використання безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів знижує запиленість на робочих місцях за умов оптимального вибору параметрів транспортування.

Проведений аналіз теоретичних та експериментальних досліджень застосування безнапірного транспортування показує наступне:

- існування цих видів транспорту можливе за великих значень кутів нахилу жолобу α (або i);
- теорія переміщення сипких матеріалів в потоці рідини до теперішнього часу відсутня;
- відомі теорії (гравітаційна та дифузійна) не дозволяють проводити інженерні розрахунки параметрів безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів;
- відомі інженерні методи розрахунку можуть бути використані лише в кожному окремому випадку (певний нахил, форма та матеріал жолобу, швидкість переміщення потоку, розміри сипкого матеріалу та інші) або зовсім не придатні для використання;
- вибір характеристик траси, умов транспортування, місць розташування гасильників швидкості та інших параметрів не мають наукового обґрунтування.

Таким чином, питання подальших досліджень та розробки методів розрахунку параметрів безнапірних гідравлічного та гравітаційного транспортів для переміщення сипких матеріалів з метою зниження запиленості на робочих місцях підприємств є актуальними і потребують вирішення.

Список використаних джерел

1. Гасило, Ю.А. Разработка комплекса мероприятий и средств для создания комфортных условий труда на рабочих местах с повышенным выделением пыли: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.26.01 “Охрана труда” [Текст] / Ю.А. Гасило.– Дніпропетровськ, 1998.– 224 с.

2. Романюк, Р.Я. Безпека праці при прокатці жерсті [Текст] / Р.Я. Романюк, К.О. Левчук // Зб. наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2014. – Вип. 2(25). – С.197-201.

3. Гасило, Ю.А. Аналіз джерел утворення пилу на робочих місцях металургійних підприємств та розробка заходів щодо поліпшення умов праці [Текст] / Ю.А. Гасило, Р.Я. Романюк // Зб. наук. праць Дніпродзержинського державного технічного університету: (технічні науки). – Дніпродзержинськ:

ДДТУ. – 2015. – Вип. 2(27). – С.217-222.

4. Гаевая, Л.А. Средства индивидуальной защиты глаз и лица на производстве [Текст] / Л.А. Гаевая. – М.: Машиностроение, 1980. – 208 с.

5. Андроньев, С.М. Пылегазовые выбросы предприятий чёрной металлургии [Текст] / С.М. Андроньев, О.В. Филипьев. – М.: Металлургия, 1981. – 244 с.

6. Куприн, А.И. Гидротранспорт стружки [Текст] / А.И. Куприн, А.М. Тихонцов. – М.: Машиностроение, 1978. – 80 с.

7. Огурцов, А.П. Исследование параметров транспорта сыпучих материалов в открытом потоке жидкости [Текст] / А.П. Огурцов, Л.М. Мамаев, А.И. Куприн. – К.: ИСИ МО, 1995. – 505 с.

8. Гасило, Ю.А. Исследование закономерностей перемещения сыпучих материалов по желобам, уложенным с различными уклонами [Текст] / Ю.А. Гасило // Придніпровський науковий вісник. – 1997. - №44 (45). – С.38-43.

9. Куприн, А.И. Зависимость удельной транспортирующей способности от удельной энергии живого сечения потока пульпы [Текст] / А.И. Куприн // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1987. – №8. – С.57-61.

10. Куприн, А.И. Исследование параметров транспортирующего потока пульпы [Текст] / А.И. Куприн // Изв. ВУЗов Горный журнал. – 1989. – №3. – С.24-29.

Стаття надійшла до редакції 19.11.2016р.

УДК 628.4.032:662.76

DOI: 10.20535/2079-5688.2017.32.85604

С.П. Пушкін, к.т.н., доцент, **М.В. Почкай**, магістр, **Д.О. Коваленко**, студент (КПІ ім. Ігоря Сікорського)

ОБГРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗБРОДЖУВАННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В РЕАКТОРІ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

S.P. Pushkin, M.V. Pochkai, D.A. Kovalenko (National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»)

PARAMETERS JUSTIFICATION OF HOUSEHOLD WASTE FERMENTATION IN BIOGAS REACTOR

Обґрунтовані раціональні параметри збродження органічної частини твердих побутових відходів в реакторі біогазової установки, що забезпечують максимальний вихід біогазу, який використовується в якості енергетичного палива.

Ключові слова: побутові відходи; моделювання; біореактор; перемішування; біогаз;