

УДК: 614.712

В.А. ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВСЕРЕДИНИ АСПІРАЦІЙНОГО УКРИТТЯ ПЕРЕВАНТАЖУВАЛЬНОГО ВУЗЛА

Мета. Метою даної роботи є дослідження проблеми очищення повітря в середині аспіраційних укриттів перевантажувальних вузлів. Перевантаження сипких матеріалів є найбільш поширеною операцією при різних процесах транспортування і переробки мінеральної сировини. Найбільш ефективним способом локалізації виділень пилу в місцях перевантаження матеріалу є влаштування укриттів перевантажувальних вузлів, приєднаних до системи аспірації. Викиди пилу через нещільності укриття, попереджаються завдяки розрідженню в його порожнині, яке підтримується за рахунок відсмоктування певної кількості запиленого повітря. Значна кількість пилу, що відсмоктується з порожнини укриття, відкладається в трубопроводах систем аспірації, і зменшує їх поперечний переріз. Через відкладення пилу в трубопроводах суттєво скорочується кількість повітря, що відсмоктується з порожнини укриття, змінюються аеродинамічні показники та ефективність роботи системи аспірації в цілому.

Методи дослідження. Під час вивчення, систематизації та узагальнення способів очищення повітря в середині укриттів перевантажувальних вузлів використано аналіз досліджень і публікацій, цільове натурне обстеження перевантажувальних вузлів.

Наукова новизна. Обґрунтовано переваги застосування інерції відцентрових сил для розділення фаз під час руху аеродисперсних систем в середині укриттів перевантажувальних вузлів.

Практична значимість. Використання запропонованого укриття перевантажувального вузла дозволяє: підвищити ефективність локалізації пилу у місці його виділення за рахунок застосування відсмоктувального купола; досягти високого ступеня очищення забрудненого повітря шляхом прискорення тангенціального руху потоку в пиловловлюючій воронці та збільшення дії відцентрових сил на пилові частки; уникнути втрат матеріалу при аспірації. Крім того, очищення повітря всередині аспіраційного укриття полегшує і здешевлює процес очищення аспіраційного повітря в пиловловлювачах на наступних ступенях очистки. При цьому, підвищується надійність експлуатації мережі трубопроводів системи аспірації, знижується ймовірність відкладення пилу в трубопроводах на горизонтальних і похилих ділянках мережі, зменшується абразивне зношення стінок трубопроводів, що підвищує в цілому ефективність роботи системи аспірації.

Результати. Запропоновано конструкцію аспіраційного укриття перевантажувального вузла.

Ключові слова: аспіраційне укриття, пил, очищення повітря, система аспірації, трубопроводи.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-46-118-122

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Перевантаження сипких матеріалів є найбільш поширеною операцією при різних процесах транспортування і переробки мінеральної сировини. Найбільш інтенсивно виділяється пил в місцях перевантаження матеріалу з конвеєра на конвеєр та на інших перевантажувальних вузлах, особливо коли відсутні ущільнювачі жолобів чи коробів, через значні перепади по висоті, нещільності в завантажувальних і розвантажувальних пристроях тощо. Виділення пилу, в цьому випадку, обумовлені утворенням надлишкового тиску під час руху матеріалу, який виносить пил крізь нещільні з'єднання. Найбільш ефективним способом локалізації виділень пилу є влаштування укриттів перевантажувальних вузлів, приєднаних до системи аспірації. Викиди пилу через нещільності укриття, попереджаються завдяки розрідженню в його порожнині, яке підтримується за рахунок відсмоктування певної кількості запиленого повітря. Значна кількість пилу, що відсмоктується з порожнини укриття, відкладається в трубопроводах систем аспірації, і зменшує їх поперечний переріз. Для окремих ділянок трубопроводів систем аспірації (горизонтальних, похилих тощо) заповнення поперечного перерізу пилом може сягати 90 % [1,2]. Через відкладення пилу в трубопроводах суттєво скорочується кількість повітря, що відсмоктується з порожнини укриття, змінюються аеродинамічні показники та ефективність роботи системи аспірації в цілому. Порушення сталої роботи систем аспірації сприяє росту запиленості повітря на робочих місцях, оскільки не виконується основна задача – надійна локалізація шкідливих виділень. З часом, відкладення пилу в трубопроводах збільшуються, що приводить до перевищення допустимих навантажень на металоконструкції в місцях кріплення трубопроводів, допустимих прогинів, і в решті решт, до руйнування. Досвід експлуатації систем аспірації показує, що уникнути відкладень пилу в трубопроводах не можливо. Отже, для забезпечення сталої та ефективної роботи систем аспірації необхідно зменшувати кількість пилу, що потрапляє до мережі трубопроводів.

Аналіз досліджень і публікацій. Винос пилу в мережу трубопроводів системи аспірації можна скоротити за рахунок зниження концентрації пилу в повітрі, що відсмоктується з порожнини укриття, за допомогою пристроїв для очищення повітря, розташованих всередині укриття. Такі пристрої повинні споживати мінімальну кількість енергії від зовнішніх джерел або взагалі обходитися без них, а процес уловлення пилу повинен забезпечувати можливість повернення його в технологічний процес. Проведений аналіз літературних джерел показав переваги і недоліки найбільш вдалих конструктивних рішень укриттів перевантажувальних вузлів.

Деякі конструкції укриттів передбачають застосування рукавних чи тканинних фільтрів [3-5], які забезпечують високу ефективність пиловловлення і дозволяють скоротити винос пилоподібного матеріалу в мережу трубопроводів системи аспірації. Разом з цим, застосування фільтрувальних матеріалів в середині укриттів вузлів перевантаження має певні недоліки.

Під час фільтрації частки пилу накопичуються у вигляді пилового шару на поверхні фільтрувального полотна. Висока концентрація пилу в середині укриття перевантажувальних вузлів сприяє дуже швидкому забрудненню фільтрувальних тканин. Це призводить до збільшення гідравлічного опору проходження повітряного потоку крізь фільтрувальнеполотно, погіршується продуктивність фільтрації, зменшується пропускна здатність, що в цілому негативно впливає на аеродинамічні показники роботи системи аспірації. Очищення фільтрувального полотна шляхом періодичного струшування не дозволяє повністю видалити з них частки пилу. Крім того, пристрої для струшування роблять конструкції укриття надто громіздкими. Також ускладнюється процес повернення уловленого пилу в технологічний процес. У разі прориву фільтрувального полотна, важко виконувати його заміну.

Більш вдалими є конструкції укриттів з волоконними завісами [6]. Осадження пилу на волоконках відбувається за рахунок дії дифузії, гравітаційних, інерційних та електростатичних сил. Волокна та пилові частки можуть нести електричні заряди. Сили електричної взаємодії надійно утримують на поверхні волокон агрегації часток, що в деякій мірі ускладнює повернення пилу в технологічний процес.

В деяких конструкціях укриття перевантажувальних вузлів пропонується зменшувати концентрацію пилу в середині укриття, шляхом встановлення форсунок для диспергування води [7,8]. Недоліком таких рішень є шкідливий вплив крапельної вологи, яку виносять потоки повітря у мережу системи аспірації. Зволоження повітря, що відсмоктується з порожнини укриття, призведе до корозійного зношення устаткування і трубопроводів, а також швидкого та стійкого налипання на стінки трубопроводів зволоженого пилу, який має підвищені адгезійні властивості. Разом з цим, необхідно враховувати додаткові витрати на теплопостачання виробничих приміщень, пов'язані із застосуванням води в зимовий та перехідний періоди при температурі повітря нижче 0°C, так як у більшості виробничих цехів відсутня система опалення. Отже, слід віддавати перевагу процесам сухого пиловловлення.

Постановка завдання. Для ефективнолокалізації і аспірації виділень пилу на перевантажувальних вузлах необхідно підтримувати стабільний рівень показників в'ємів повітря, що відсмоктується з порожнини укриття, та аеродинамічних показників в мережі аспірації, що виключає осадження пилу в трубопроводах. Один з напрямків вирішення цього завдання полягає у зменшенні кількості пилу, що потрапляє до мережі трубопроводів системи аспірації. Винос пилу в трубопроводі системи аспірації можна скоротити за допомогою пристроїв сухого очищення повітря, розташованих всередині укриття. Отже, актуальним завданням є розробка засобів, що дозволяють скоротити винос пилу в мережу трубопроводів системи аспірації.

Викладення матеріалу та результати. З метою скорочення енергетичних витрат у разі сухої механічної очистки повітря найбільш доцільне використання пристроїв, в яких розділення фаз (твердої від газової) під час руху аеродисперсної системи здійснюється за рахунок дії сил гравітації та інерції, особливо інерції відцентрових сил. В якості такого пристрою може бути запропонований найбільш відомий і розповсюджений у використанні циклонний апарат.

Циклони мають просту конструкцію, надійні в експлуатації, в тому числі при високому тиску і високій температурі газів (до 500°C), мають достатньо високу продуктивність при порівняно невеликому аеродинамічному опорі, який майже не змінюється під час роботи. Збільшення початкової концентрації пилу не зменшує фракційної ефективності очищення газів і сягає 80-95%, для часток пилу розміром більше 10 мкм.

В циклонах відділення часток пилу від повітря відбувається за рахунок відцентрових сил,

які виникають при обертанні запиленого потоку повітря в середині корпусу. Це досягається або тангенціальним введенням потоку в круглу камеру, або пропусканням газу повз направляючих лопаток, радіально орієнтованих по відношенню до осі потоку.

При проведенні теоретичних досліджень з метою спрощення аналітичних розрахунків де-що ідеалізують модель руху аеродисперсної системи в середині циклона, при цьому нехтують реально існуючими факторами. Наприклад, під час моделювання руху пилу в криволінійному потоці нехтують силою тяжіння, а також силою турбулентної дифузії або виникненням вторинних течій, характерних для криволінійної течії. Крім того, припускають, що кутова швидкість часток пилу дорівнює кутовій швидкості потоку, хоча в дійсності це не є так, оскільки при радіальному переміщенні на частки пилу діє сила Коріоліса, яка зменшує значення їх кутової швидкості, а на елементарні об'єми рідини ця сила не діє [9]. Також не враховують вплив конічної частини корпусу і безладний рух вихрового обертального потоку, який порушує нормальне відділення часток пилу. Приймають, що пил рівномірно розподілений у перерізі вхідного патрубку, частки пилу мають форму кулі і не коагулюють під час руху, а досягнувши внутрішньої стінки корпусу не захоплюються повторно газовим потоком.

За спрощеною моделлю, під час руху в криволінійному потоці частки пилу знаходяться під впливом відцентрової сили і сили опору руху в радіальному напрямку.

Значення відцентрової сили, яка діє на частки пилу дорівнює [9]

$$F_{\text{відц}} = \frac{M\omega_{\text{тг}}^2}{R} = \frac{\pi \cdot d_n^3}{6} \cdot \rho_n \cdot \frac{\omega_{\text{тг}}^2}{R}, \quad (1)$$

де M – маса частки пилу, кг; d_n – діаметр частки пилу, м; ρ_n – густина пилу, кг/м³; $\omega_{\text{тг}}$ – швидкість газу у вхідному патрубку, яка дорівнює швидкості часток в циклоні в тангенціальному напрямку (тангенціальна швидкість), м/с; R – відстань від осі циклона до частки пилу, м.

Величина R змінна, тому її середнє значення можна прийняти як

$$R = \frac{(R_2 + R_1)}{2},$$

де R_1 – радіус вихідної труби, м; R_2 – радіус циліндричної частини корпусу циклона, м.

З формули (1) видно, що значення відцентрових сил, які діють на частки пилу при криволінійному русі, прямо пропорційні квадрату тангенціальної швидкості газу, масі часток, і обернено пропорційні радіусу обертання (кола). Тому відцентрові сили на порядок перевищують гравітаційні та інерційні сили в сухих механічних пиловловлювачах інших типів, що обумовлює широке застосування циклонів в різних промислових галузях.

Під впливом відцентрової сили частки пилу набирають швидкість в радіальному напрямку, і зустрічають на своєму шляху опір газового потоку, силу якого, згідно закону Стокса, можна записати

$$F_c = 3\pi \cdot d_n \cdot \mu \cdot \omega_{\text{рад}},$$

де $\omega_{\text{рад}}$ – швидкість руху часток пилу в напрямку від осі циклона до внутрішньої стінки корпусу (тобто, швидкість в радіальному напрямку), м/с; μ – динамічна в'язкість газу, Па·с.

У вхідному патрубку $\omega_{\text{рад}} = 0$, але при подальшому русі через декілька сотих долів секунд $\omega_{\text{рад}}$ збільшується настільки, що сили $F_{\text{відц}}$ і F_c зрівнюються і подальший рух пилу в радіальному напрямку буде відбуватися за інерцією з постійною швидкістю. Коли швидкість руху часток пилу буде дорівнювати швидкості руху потоку газу, то можна записати

$$\frac{\pi \cdot d_n^3}{6} \cdot \rho_n \cdot \frac{\omega_{\text{тг}}^2}{R} = 3\pi d_n \mu \omega_{\text{рад}}. \quad (2)$$

З формули (2), максимальна швидкість руху часток в радіальному напрямку

$$\omega_{\text{рад}} = \frac{d_n^2 \rho_n \omega_{\text{тг}}^2}{18\mu R} = \frac{d_n^2 \rho_n \omega_{\text{тг}}^2}{9\mu(R_2 + R_1)}.$$

Найбільший шлях в радіальному напрямку який необхідно подолати часткам пилу дорівнює $(R_2 - R_1)$. Час необхідний для проходження цього шляху можна розрахувати за формулою

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{\omega_{\text{рад}}} = \frac{9\mu(R_2 + R_1)(R_2 - R_1)}{d_n^2 \rho_n \omega_{\text{тг}}^2} = \frac{9\mu(R_2^2 - R_1^2)}{d_n^2 \rho_n \omega_{\text{тг}}^2}. \quad (3)$$

Час, упродовж якого на частки пилу діють відцентрові сили залежить від кількості обертів, які здійснює газовий потік в циклоні

$$\tau' = \frac{2\pi \cdot R}{\omega_{ig}} \cdot n = \frac{\pi(R_2 + R_1)}{\omega_{ig}} \cdot n, \quad (4)$$

де n – кількість обертів, які здійснює газовий потік в циклоні.

Розмір найменших часток пилу, які долають шлях $(R_2 - R_1)$ і притискаються до внутрішньої стінки корпусу упродовж дії відцентрових сил можна визначити із сумісного рішення рівнянь (3) і (4)

$$d_n = \sqrt{\frac{9\mu \cdot (R_2 - R_1)}{\pi \cdot \omega_{ig} \cdot \rho_n \cdot n}}$$

Для очищення повітря на перевантажувальних вузлах запропоновано конструкцію аспіраційного укриття [10], схема якого зображена на рис. 1.

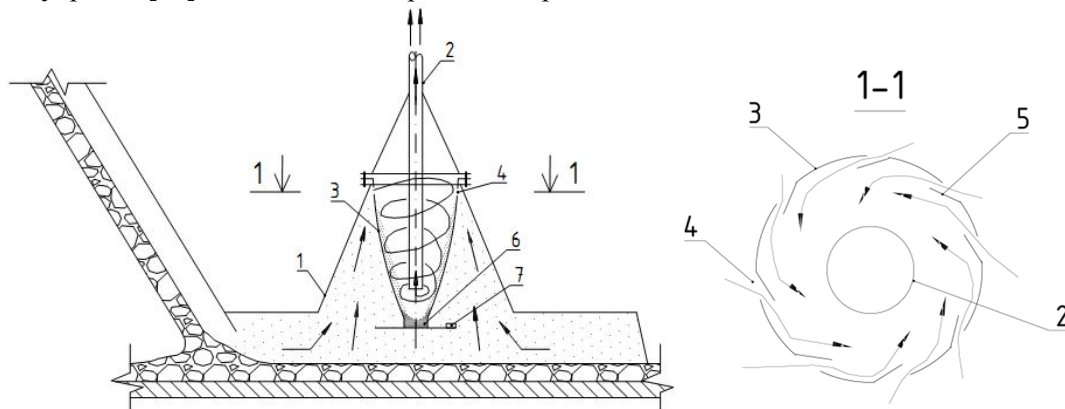


Рис. 1. Аспіраційне укриття перевантажувального вузла: 1 – корпус; 2 – відсмоктувальний трубопровід; 3 – пиловловлююча воронка; 4 – всмоктувальні отвори; 5 – направляючі лопатки; 6 – випускний отвір; 7 – затвор для вивантаження пилу

Аспіраційне укриття перевантажувального вузла, містить корпус 1 у вигляді відсмоктувального купола, розділеного по вертикалі на дві частини, які мають між собою болтове з'єднання. Верхня частина відсмоктувального купола жорстко з'єднана з відсмоктувальним трубопроводом 2, установленим співвісно в середині відсмоктувального купола. Нижня частина відсмоктувального купола обладнана в середині пиловловлюючою воронкою 3 з всмоктувальними отворами 4. Більший діаметр пиловловлюючої воронки 3 дорівнює діаметру середньої частини відсмоктувального купола в місці болтового з'єднання. Всмоктувальні отвори 4 пиловловлюючої воронки 3 обладнані в середині направляючими лопатками 5, закріпленими під кутом 35-45° до внутрішньої поверхні. Випускний отвір 6 пиловловлюючої воронки 3 обладнаний затвором 7 для вивантаження накопиченого пилу.

Аспіраційне укриття перевантажувального вузла діє наступним чином. В процесі перевантаження сипкого матеріалу виділяється пил, який надходить у корпус 1. Забруднене пилом повітря з корпуса 1 потрапляє в пиловловлюючу воронку 3 через всмоктувальні отвори 4 і за допомогою направляючих лопаток 5 настигається на її внутрішню поверхню. При цьому збільшується тангенціальна швидкість забрудненого потоку в середині пиловловлюючої воронки 3, що забезпечує підвищення дії відцентрових сил на частки пилу, вони притискаються до її внутрішньої поверхні і переміщуються до випускного отвору 6. Накопичений пил вивантажується через затвор 7 на поверхню матеріалу, що перевантажується. Так, в автоматичному режимі відбувається надходження забрудненого повітря з вузла перевантаження у відсмоктувальний купол 1, уловлення пилу за допомогою пиловловлюючої воронки 3, його відділення з потоку під дією відцентрових сил та вивантаження через затвор 7 на поверхню матеріалу, що перевантажується. Очищене від пилу повітря видаляється за межі вузла перевантаження через відсмоктувальний трубопровід 2 системи аспірації.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Отже, практичне використання запропонованого укриття перевантажувального вузла дозволяє: підвищити ефективність локалізації пилу у місці його виділення за рахунок застосування відсмоктувального купола; досягти висо-

кого ступеня очищення забрудненого повітря шляхом прискорення тангенціального руху його в пиловловлюючій воронці та збільшення дії відцентрових сил на пилові частки; уникнути втрат матеріалу при аспірації. Крім того, очищення повітря всередині аспіраційного укриття полегшує і здешевлює процес очищення аспіраційного повітря в пиловловлювачах на наступних ступенях очистки. При цьому, підвищується надійність експлуатації мережі трубопроводів системи аспірації, знижується ймовірність відкладення пилу в трубопроводах на горизонтальних і похилих ділянках мережі, зменшується абразивне зношення стінок трубопроводів, що підвищує в цілому ефективність роботи системи аспірації.

Список літератури

1. Обеспечение эффективных рабочих режимов аспирационных систем фабрик окомкования ГОКов в условиях длительной эксплуатации / **А.М. Гольшев, С.И. Задорожний, А.В. Герасимчук, А.А. Гольшев** // Разработка рудных месторождений. – Кривий Ріг, 2007. – Вип. 91. – С. 232-236.
2. **Деньгуб Т.В.** Исследование аэродинамического сопротивления аспирационных воздуховодов при пылевых отложениях / **Т.В. Деньгуб, Н.В. Худик** // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2014. – № 4. – С. 115-117.
3. А. с. 947015 СССР, МПК В 65 G 21/00. Укрытие места загрузки ленточного конвейера / **Н.Ф. Гращенков, В.С. Харьковский, Б. Цай** и др. – №2874795/27-03; заявл. 24.01.80 опубл. 30.07.82, Бюл. №28.
4. Патент на изобретение №2071568 Российская Федерация, МПК E21F5/00, B65G21/00. Аспирационное укрытие места перегрузки сыпучего материала, подаваемого на ленточный конвейер / **В.П. Наумов, Б.Г. Моргун, В.А. Минко** и др.; заявитель и правообладатель Белгород. гос. технол. академия строит. материалов. – №95103028/03; заявл. 02.03.1995; опубл. 10.01.1997, бюл. №1.
5. А. с. 1449495 СССР, МПК B65G69/18, 65/30. Устройство для перегрузки сыпучего материала / **И.Н. Логачев, Л.М. Черненко, Г.В. Слюсаренко**. - №4191745/23-11; заявл. 11.02.1987; опубл. 07.01.1989; бюл. №1.
6. Патент на корисну модель № 52371. Україна. МПК E 21 F 5/00, B 08 B 15/00. Аспіраційне укриття вузлів перевантаження сипких матеріалів. / **Лапшин О.Є, Немченко А.А., Шаповалов В.А., Філонов В.А., Худик М.В.**; заявник і власник Криворізький технічний університет. – № u201001807; заявл. 19.02.2010; опубл. 25.08.2010. Бюл. № 16.
7. **Феськов М.И.** Использование факелов диспергированной воды для пылеотсоса / **М.И. Феськов** // Безопасность труда в промышленности. – 1982. – №9. – С. 44-46.
8. **Лапшин О.Є.** Поліпшення ефективності роботи аспіраційних укриттів перевантажувальних вузлів / **О.Є. Лапшин, А.А. Немченко, В.А. Коновалюк, О.О. Лапшин, М.В. Худик** // Вісник Криворізького технічного університету: зб. наук. праць. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 31. – С. 285-289.
9. Пылеулавливание в металлургии / [**Алешина В.М., Вальдберг А.Ю., Гордон Г.М.** и др.]; под ред. **А.А. Гурвица**. – М.: Металлургия, 1984. – 336 с.
10. Патент на корисну модель. Аспіраційне укриття вузла перевантаження стрічкового конвеєра. / **Лапшин О.Є, Лапшин О.О., Шаповалов В.А., Лапшина Д.О.**; заявник і власник Криворізький технічний університет. – № u201709932; заявл. 13.10.2017.

Подано до редакції 20.03.2018

УДК 004.056.52:334.78

Н.О. КАРАБУТ¹, ст. викладач, Д.В. ШВЕЦЬ, асистент, Криворізький національний університет ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДАНИХ В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ

Мета. Метою даної роботи є аналіз існуючих засобів підвищення безпеки даних в корпоративних мережах та виявлення найбільш вразливих ланок в програмному та апаратному забезпеченні, що можуть нести загрозу безпеці даних в корпоративній мережі та її функціонуванню в умовах можливих хакерських атак.

Методи дослідження. Розглянуто існуючі засоби організації корпоративних мереж та виявлено методи підвищення безпеки передачі та збереження даних, що поділяються на керування правами сервісних облікових записів, керування доступом до мережевих ресурсів та способами підключення до них, використання демілітаризованої зони, сегментацію мережі, шифрування трафіку та налаштування віддаленого доступу. Розглянуто можливі налаштування операційних систем та програмних засобів, які можуть ускладнити процес вторгнення в систему, що захищається. Звернута увага на налаштування, які можуть понизити рівень безпеки або поставити під загрозу приватність інформації в корпоративній мережі.

Наукова новизна. Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Її метою є аналіз методів захисту даних в корпоративних мережах, що існують на сьогоднішній день, їх класифікація, розгляд технологічних особливостей реалізації, та подальша розробка нових методів підвищення безпеки зберігання та передачі даних в корпоративних мережах.

Практична значимість. Проаналізовано низку можливих варіантів вирішення проблеми безпеки даних в корпоративних мережах та засобів унеможливлення атак зловмисників на інформаційні системи, зазначено способи їх використання та особливості налаштувань. Аналіз існуючих методів, їх переваг та недоліків, дозволить розробити нові методи підвищення рівня безпеки корпоративних мереж при їх застосуванні.

© Карабут Н.О., Швець Д.В., 2018