

Mykola Harkusha, Assoc. Prof., PhD tech.sci.

National Transport University, Kyiv, Ukraine

Application of Waterproofing Coatings for Corrosion Protection of Road Culverts Made of Corrugated Metal Structures

Road culverts made of corrugated metal structures were initially used as small pipes in both length and diameter. Today, road culverts made of corrugated metal structures are used with a span of 40 m and are a composite soil-steel system and are widely used in the field of transport construction. Road culverts made of corrugated metal structures are economical, aesthetically attractive, have the advantage of quick construction with minimal maintenance in the future, the estimated service life is usually from 50 to 100 years.

Constantly operating in wet conditions, road culverts made of corrugated metal structures are subject to corrosion and abrasion due to environmental influences. Corrosion occurs in several places, for example, on the surface in contact with the soil, on the inside of the pipe where flowing water is present, or on the surface exposed to air. This is due to aggressive substances in the air, water or soil backfill material, such as salts, metals or other aggressive chemicals. Corrosion is the main cause of the destruction of metal structures. The rate of degradation of materials depends on environmental conditions. The expected service time of road culverts is determined by the durability of the material and the durability of the structure. The durability of the material refers to the ability of the pipe to resist wear due to the natural processes of corrosion, abrasion and erosion. When designing road culverts made of corrugated metal structures, it is important to understand the environmental conditions throughout its service time in order to assess the suitability of the material. To ensure compliance with the design service time requirements, the steel structure is protected with an anti-corrosion coating.

The paper considers various protective coatings to increase the durability of road culverts from corrosion.

waterproofing, durability, road culvert, protective coatings, corrosion

Одержано (Received) 23.10.2024

Прорецензовано (Reviewed) 26.10.2024

Прийнято до друку (Approved) 28.10.2024

УДК 621.867.84

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.101-110](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.101-110)

В.В. Яцун, проф., канд. техн. наук, **І.О. Скриннік**, доц., канд. техн. наук,

О.В. Горпинченко, доц., канд. екон. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: yatsun@i.ua

Дослідження механіки руху сипкого кускового матеріалу на розгінній ділянці пневмотранспортного трубопроводу вібраційно-пневмотранспортної машини циклічної дії

Приведені основні результати досліджень з розробки та впровадження в виробництво новітніх технічних засобів та технологій у галузі геотехнологій, систем трубопроводного вібропневмотранспорту, герметичності порожнистих виробіток. Наукова новизна та практична значимість робіт полягає в можливості значно підвищити ефективність технологічних процесів за рахунок використання отриманих результатів. У статті досліджуються характеристики руху частинки кускового матеріалу на початковій ділянці транспортного трубопроводу вібраційно-пневмотранспортної машини циклічної дії (ВПМЦ).
ділянка польоту частинок, рух поодинокі частинки, транспортний трубопровід

© В.В. Яцун, І.О. Скриннік, О.В. Горпинченко, 2024

Постановка проблеми. Більше 60% виробленого простору очисних вибоїв вугільних та рудних шахт підлягають заповненню закладальним матеріалом з пустих порід як з метою підтримки покрівлі і зменшення просідання земної поверхні, так і з метою утилізації пустих порід. Для вирішення наведених проблем, доставки сипкого закладального матеріалу до очисних вибоїв в ІГТМ НАН України спільно з ЦНТУ розроблено принципово новий тип закладальної машини з примусовим розгоном матеріалу в зоні завантаження - вібраційно-пневмотранспортна машина циклічної дії (ВПМЦ), яка спроможна транспортувати закладальний матеріал на відстані до 2,5 км по трубопроводу з продуктивністю до 120 м³/год при габаритах машини 1,2 x 0,7 x 2,5 м. Удосконаленню конструкції машини присвячена дана робота [2, 13-15].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні п'ятдесят років наряду з розвитком традиційних видів транспорту в гірничій галузі широке застосування отримали системи пневматичного трубопровідного транспорту. Але використання цих видів транспорту, не дивлячись очевидність і загально прийнятних їх переваг, не відповідають можливим масштабам їх застосування. Це пов'язано з тим, що з однієї сторони залишається не вирішеним цілий ряд питань з вивчення механіки процесів, що відбуваються в транспортних трубопроводах, з другої сторони – надмірно обмежений обсяг і номенклатура промислового обладнання, що випускається в Україні. Це не дозволяє реалізувати на практиці передові ідеї з удосконалення існуючих і створенню нових конструкцій окремих елементів трубопровідних систем [1-4, 7, 10, 11].

Одним із основних питань удосконалення і розробки нових пневмотранспортних машин є дослідження руху сипучого кускового матеріалу в трубопровідній системі на різних ділянках і на основі цих досліджень створення нових або модернізація існуючих конструкцій [6, 8, 12].

Під час руху аеросуміші в трубопроводі витрачається робота на подолання опору руху повітря і матеріалу, який транспортується. Інтегральний (узагальнений) коефіцієнт опору аеросуміші в транспортному трубопроводі визначається як сукупність опору тертя повітряного середовища і твердих частинок об стінки трубопроводу, аеродинамічного опору повітряного середовища, тертя твердих частинок між собою. Під час розгляду цього складного механізму взаємодії використовують сукупність різних методів теоретичних і експериментальних досліджень. В результаті таких досліджень різними авторами [1, 6, 7] отримано залежності, що несуть частковий емпіричний характер внаслідок складності взаємодії компонентів суміші в транспортному трубопроводі. У зв'язку з цим, поряд з вивченням механізму тертя опору, оцінюються також основні аеродинамічними параметрами потоку. На величину опору тертя мають вплив такі параметри аеросуміші як об'ємна концентрація, швидкість руху, діаметр трубопроводу і фізичні властивості сипкого кускового матеріалу, що транспортується.

Постановка завдання. Метою даної роботи являється аналіз процесів, що протікають на розгінній ділянці пневмо-транспортного трубопроводу вібраційно-пневмотранспортної машини циклічної дії, управління рухом аеросуміші зміною параметрів повітряного потоку на матеріал, що переміщується і виявлення оптимальних технічних рішень стосовно умов транспортування сипких кускових матеріалів з різними фізико-механічними властивостями.

Виклад основного матеріалу. Однією з особливостей пневмотранспортування гірничої породи (закладального матеріалу) вібраційно-пневмотранспортною машиною циклічної дії є необхідність врахування кусковатості матеріалу (гранулометричного складу) (рис. 1). Кусковатість характеризується лінійними розмірами кусків насипного

вантажу, який вимірюється за трьома взаємно перпендикулярними напрямками, при цьому в одному з цих напрямків розмір куска повинен бути максимальним.

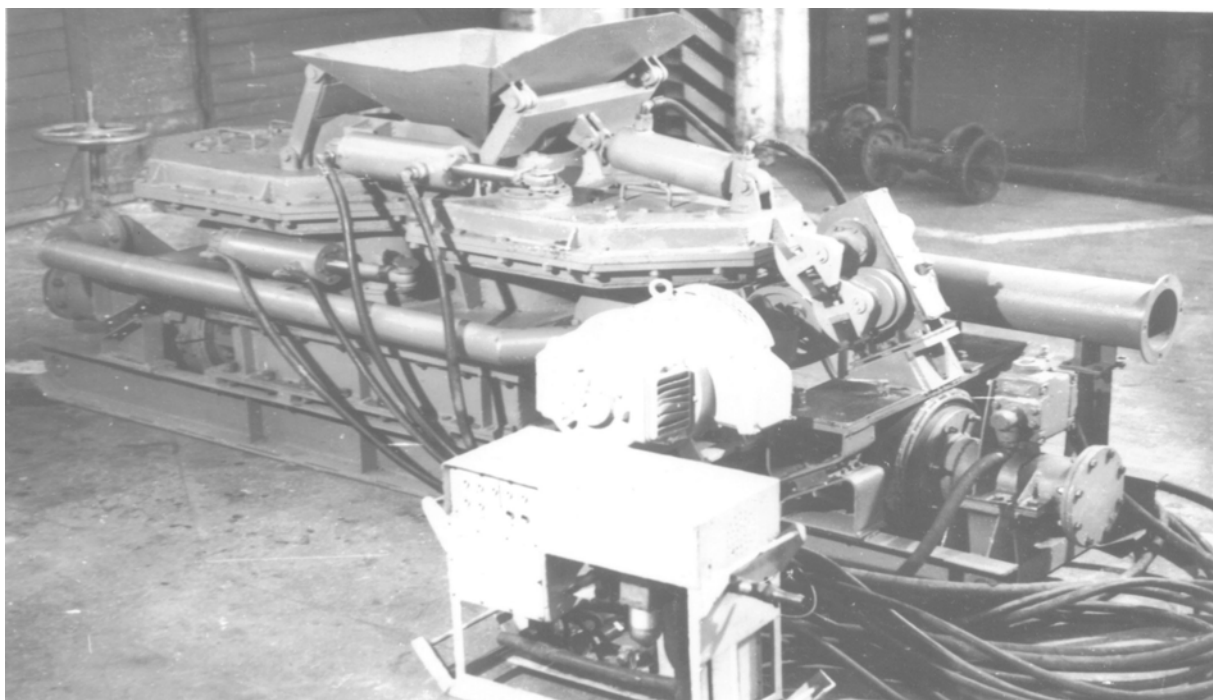


Рисунок 1 – Вібраційно-пневматична машина циклічної дії

Джерело: розроблено авторами на підставі [12-15]

Для кускових сипких матеріалів, що мають відносно велику вагу, найбільш можливі режими переміщення матеріалу у вигляді "відрив від поверхні - зважування в потоці повітря - падіння" і "перекочування або ковзання". Розглянемо режим "відрив від поверхні - зважування в потоці повітря - падіння" з повторенням цього процесу на кожному етапі.

Для визначення закону руху сипкого матеріалу, представленого поодинокими частинками, приймаються наступні допущення: висота траєкторії руху частинки на кожному етапі буде менше ніж на попередньому, при падінні частинки на нижню поверхню трубопроводу відбувається не цілком пружний удар, при $y_{\max} < 0,1d$ приймаємо, що куски сипкого матеріалу рухаються без відриву від днища трубопроводу в режимі "перекочування або ковзання". Швидкість повітряного потоку стислого повітря в трубопроводі на даній ділянці постійна, поодинокі частинки діаметром d мають сферичну форму. Сукупність етапів з підскоком частинок називаємо далі ділянкою польоту частинок.

Розглянемо рух поодинокі частинки масою m , діаметром d у потоці стислого повітря густиною ρ_1 (рис. 2).

Частинка влітає і падає в трубопровід по низхідній траєкторії із завантажувально-розгінної ділянки до зустрічі з нижньою поверхнею трубопроводу. Потім відбувається зіткнення частинки зі стінкою трубопроводу так, що частинка, одержавши імпульс від не цілком пружного удару у вертикальному напрямі, продовжує політ до зустрічі з нижньою поверхнею трубопроводу.

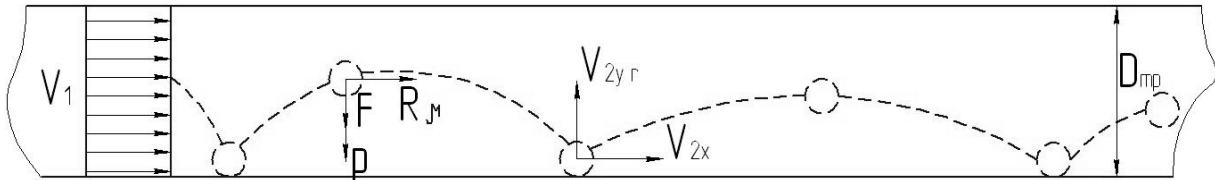


Рисунок 2 – Розрахункова схема руху кускового сипкого матеріалу у транспортному трубопроводі на ділянці польоту частинки

Джерело: розроблено авторами

На частинку діють в горизонтальному напрямі струмінь стислого повітря з силою [1]:

$$F_{\mu} = \frac{c_{\mu} \rho_1 (v_{1x} - \dot{x})^2 S_M}{2},$$

де C_{μ} – коефіцієнт динамічного опору;

$$S_M = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{– площа поперечного перетину частинки;}$$

\dot{x} – миттєва швидкість частинки по осі X;

v_{1x} – швидкість повітря.

Уздовж вертикальної осі на частинку діє сила тяжіння і опору повітря. У зв'язку з тим, що по осі ОУ відносна швидкість частинки повітря малі, сила опору повітря визначається за законом Стоксу

$$R = 3\pi\mu_1 d\dot{y},$$

де μ_1 - динамічний коефіцієнт в'язкості повітря.

Диференціальні рівняння, що описують рух поодинокі частинки на даній ділянці транспортного трубопроводу, записуються у вигляді [2]:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = \frac{c_{\mu} \rho_1 (v_{1x} - \dot{x})^2 S_M}{2}; \\ m\ddot{y} = mg + 3\pi\mu_1 d\dot{y}. \end{cases} \quad (1)$$

Система (1) складається з двох незалежних диференціальних рівнянь, тому рішення їх виконується по черзі. Для цього вводяться позначення:

$$\dot{x} = z, \quad N = \frac{c_{\mu} \rho_1 S_M}{2m}.$$

Тоді перше рівняння системи (1) прийме вигляд:

$$\frac{dz}{dt} = N(v_{1x} - z)^2$$

або

$$\frac{dz}{(v_{1x} - z)^2} = N dt. \quad (2)$$

Інтегруючи (2) отримують:

$$z = v_1 - \frac{1}{Nt + c_1}. \quad (3)$$

Постійна інтеграції c_1 визначається з початкових умов:

$$t = 0, \dot{x} = v_{2x,0},$$

де $v_{2x,0}$ - горизонтальна складова початкової швидкості руху частинки на даній ділянці, яка дорівнює горизонтальній складовій кінцевої швидкості руху на завантажувально-розгінній ділянці транспортного трубопроводу [3].

$$c_1 = \frac{dz}{v_1 - v_{2x,0}}.$$

Підставляючи c_1 , отримують вираз горизонтальної складової швидкості руху поодинокі частинки:

$$v_{2x} = v_1 - \frac{1}{Nt + \frac{1}{v_1 - v_{2x,0}}}.$$

Інтегруючи вираз (3), отримують:

$$x = v_1 t - \frac{1}{N} \ln(Nt + c_1) + c_2. \quad (4)$$

Враховуючи початкові умови:

$$t = 0, x = 0,$$

визначають C_2 :

$$c_2 = \frac{1}{N} \ln c_1 - \frac{1}{N} \ln \frac{1}{v_1 - v_{2x,0}}.$$

Підставивши C_2 у вираз (4) і провівши деякі перетворення, отримують вираз горизонтальної проекції шляху частинки, на даній ділянці:

$$x = v_1 t - \frac{1}{N} \ln \left[Nt - (v_1 - v_{2x,0}) + 1 \right]. \quad (5)$$

Застосувавши позначення:

$$3\pi\mu_1 d = \alpha, \quad \frac{\alpha}{m} = k$$

друге рівняння системи (1) можна записати у вигляді:

$$\ddot{y} = g + k\dot{y}. \quad (6)$$

Увівши змінну

$$l = g + k\dot{y}$$

з урахуванням якої, рівняння (6) прийме вигляд:

$$\frac{dl}{l} = k dt.$$

Інтегруючи це рівняння, отримують:

$$\ln(g + kv_{2y}) = kt + c_1, \quad (7)$$

де $v_{2y} = \dot{y}$.

На підставі фізичних представлень даного процесу приймаються нульові початкові умови:

$$t = 0, \quad v_{2y,0} = -v_{2y}\eta, \quad (8)$$

де v_{2y} - вертикальна складова кінцевої скінченної швидкості руху частинки на завантажувально-розгінній ділянці [3];

η – коефіцієнт відновлення при ударі частинки об поверхню робочого органу [4].

З початкових умов (8) можна визначити:

$$c_1 = \ln \left[(g - kv_{2y,0}\eta) \right]. \quad (9)$$

Підставляючи в (7) значення c_1 і, потенціуючи його, після перетворень отримують вираз вертикальної складової швидкості руху поодинокі частки на етапі від нижньої поверхні трубопроводу до верхньої точки траєкторії польоту частинки (y_{\max}):

$$v_{2y}^I = \dot{y}_I = \frac{1}{k} \left[e^{kt} (g - kv_{2y,0}\eta) - g \right]. \quad (10)$$

Час руху частинки від нижньої поверхні трубопроводу до верхньої точки траєкторії польоту визначається з рівняння (7) з урахуванням (9):

$$t_I = \frac{1}{k} \ln \frac{g}{g - kv_{2y,0}\eta}. \quad (11)$$

Інтегруючи рівняння (10) отримують закон руху частинки у вертикальному напрямі:

$$y_I = \frac{e^{kt}}{k^2} (g - kv_{2y,0}\eta) - \frac{gt}{k} + c_2.$$

Враховуючи початкові умови:

$$t = 0, \quad y = 0$$

визначається c_2 :

$$c_2 = \frac{g - kv_{2y,0}\eta}{k^2}.$$

Для вирішення відносно t трансцендентного рівняння використовується розкладання e^{kt} у вигляді ряду:

$$e^{kt} = 1 + kt + \frac{(kt)^2}{2!} + \frac{(kt)^3}{3!} + \dots$$

для малих значень k приймається:

$$e^{kt} = 1 + kt + \frac{(kt)^2}{2!}. \quad (12)$$

Підставляючи вираз (12) в рівняння для y_I і враховуючи значення c_2 , отримують:

$$y_I = \frac{gt_I^2}{2} - v_{2y,0}\eta\left(\frac{kt_I^2}{2} - t_I\right). \quad (13)$$

Рух поодинокі частинки від y_{\max} до нижньої поверхні трубопроводу, аналогічний руху її на завантажувально-розгінній ділянці, де вертикальна складова швидкості частинки визначається згідно виразу [3]:

$$v_{2y}'' = \frac{g}{k}(1 - e^{kt}).$$

Час польоту частинки від y_{\max} до нижньої поверхні трубопроводу визначається аналогічно завантажувально-розгінній ділянці [3]:

$$t = \sqrt{\frac{2y_{\max}}{g}}. \quad (14)$$

Повний час руху частинки визначається за допомогою виразів (11) і (14):

$$t = t_I + t_{II} = \frac{1}{k} \ln \frac{g}{g - kv_{2y,0}\eta} + \sqrt{\frac{2y_{\max}}{g}}. \quad (15)$$

Величина горизонтальної проекції шляху частинки до падіння її на нижню поверхню трубопроводу встановлюється шляхом підстановки знайденого значення t в рівняння (5).

Числові розрахунки на основі формул (4), (5), (10), (13) і (15), для ділянки польоту частинок виконувалися з застосуванням прикладних програм при наступних значеннях робочих параметрів:

$$v_1 = 50 \text{ м/с}; \quad m = 0,00103 \text{ кг}; \quad c_{\mu} = 0,1; \quad P_0 = 0,6 \text{ І}06 \text{ Па}; \quad \rho_2 = 2000 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_2 = 7,2 \text{ кг/м}^3; \\ v_{2x,0} = 22 \text{ м/с}; \quad v_{2y,0} = 1,5 \text{ м/с}; \quad \mu = 0,000018 \frac{H \cdot c}{m^2}; \quad d = 0,01 \text{ м}; \quad \eta = 0,2 - 0,5.$$

На рисунку 3 і рисунку 4 представлені залежності горизонтальної протяжності ділянки стрибкоподібного руху кускового матеріалу і висоти польоту частинки на першому етапі ділянки польоту від коефіцієнта відновлення при ударі.

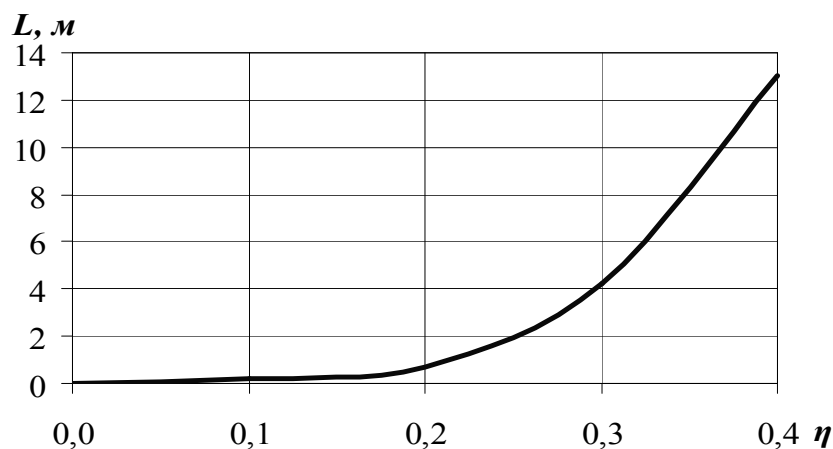


Рисунок 3 – Залежність горизонтальної довжини ділянки стрибкоподібного руху кускового сипкого матеріалу від коефіцієнта відновлення при ударі

Джерело: розроблено авторами

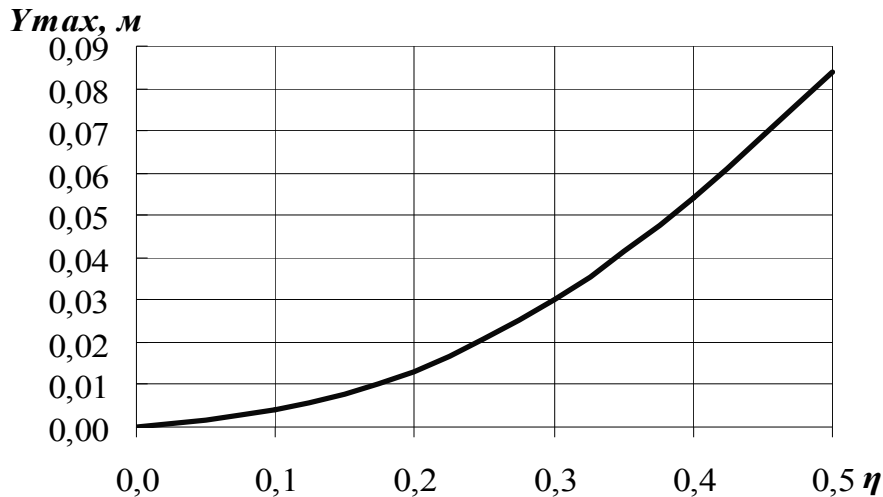


Рисунок 4 – Залежність висоти польоту частинки сипкого матеріалу на першій ділянці від коефіцієнта відновлення при ударі

Джерело: розроблено авторами

На рис. 5 показана траєкторія руху поодинокі частинки в транспортному трубопроводі при $\eta = 0,4$. Вищенаведені графічні залежності дозволяють оцінити характер руху кускового матеріалу залежно від варійованих параметрів.

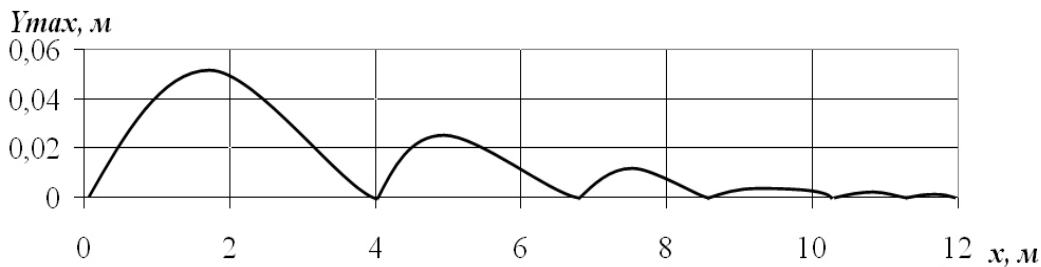


Рисунок 5 - Траєкторія руху поодинокі частинки матеріалу в транспортному трубопроводі при $\eta = 0,4$

Джерело: розроблено авторами

Висновки. Отже, сукупність приведених вище залежностей дозволяє встановити траєкторію і час руху куску сипкого матеріалу в режимі "відрив від поверхні - зважування в потоці повітря - падіння". Одержані дані свідчать про те, що в робочому діапазоні параметрів протяжність ділянки польоту частинки залежно від фізико-механічних властивостей матеріалу, а зокрема від коефіцієнта відновлення при ударі частинки об поверхню трубопроводу, змінюється від 0,5 м до 12 м.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямі передбачають створення нової машини задля зменшення енерговитрат на транспортування закладального матеріалу.

Список літератури

1. Poturayev V.N., Voloshin A.I., Ponomaryov B.V. Investigation and Design Considerations for Vibrating Pneumatic Units in the Bulk Material Transport Systems / Bulk materials: keeping, loading and unloading operation and transportation. Pap. 3 rd Int. Conf. Newcastle, Australia, 27 - 29 June 2000.

2. Poturayev V.N., Voloshin A.I., Ponomaryov B.V. Vibratory pneumatic machines for transportation of bulk materials / Pap. 4 th Int. Conf. of Pneumatic Conveying. Budapest, Hungaru, 2002.
3. Poturayev V.N., Voloshin A.I., Ponomaryov B.V. Periodical regimes of solid particles motion in the gas flow horizontal channal / Pap. The 18 Int. Congr. Theor. and Appl. Mech. (UTAM). Haifa, Israel, 2001.
4. Волошин О.І., Булат А.Ф., Пономаренко С.М., Кордюк О.Л. Механіка двофазних потоків. Том 2. Вібраційний вплив при пневмо-транспортуванні сипких матеріалів. К.: Наукова думка, 2019. 148 с..
5. Волошин О.І., Пономаренко С.М. Механіка двофазних потоків у пневмо-транспортних системах ежекторного типу. К.: Наукова думка, 2020. 168 с. [in Ukrainian].
6. Ponomarenko S. Efficiency and reliability of the ejector-type pneumatic transport facilities application in mining industry. International independent scientific journal № 24. Kraków, Rzeczpospolita Polska. 2021. P. 40-45.
7. Пономарьов Б. В. Развитие теории вибропневмо-транспортирования складальных материалов: дис. д-ра техн. наук: 05.15.11 / НАН України; Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова. Д., 2006.
8. Гушин В.М. Нова концепція та її реалізація в розробках високоефективних засобів пневматичного транспортування сипучих матеріалів / В.М. Гушин // *Машинознавство*, 2000, №2 (23). С. 39-43.
9. Bredenbruch E. Entstehung und Verhütung von Gruben branden // *Glückauf*. 2004.Н. 15/16.Р. 393-404.
10. Tsuji Y., Morikawa Y., Tanaka L. Numerical simulation of gas-solid twophase flow in a two-dimensional horizontal channel // *Int. J. Multiphase Flow*. 2017. 13, № 5. P. 671-684.
11. Li K., Kuang S. B., Pan R. H. (2014). Numerical study of horizontal pneumatic conveying:effectof materia lprop-erties, *PowderTechnology*, vol. 251. P. 15–24. doi: 10.1016 / j. powtec. 2013.10.013
12. Волошин О.І., Яцун В.В. Деякі питання створення складальних вібраційно-пневматичних машин циклічної дії. *Збірник наукових праць НГА, вип. 2 (34). Сучасні шляхи розвитку гірничого обладнання*. Дніпропетровськ: НГА, 2007. С. 67-73.
13. А. с. 1444541 СРСР, МКІ Е 21 F 15/10. Вібраційно – пневматична камерна складальна машина / В.Н. Потураєв, О.І. Волошин, В.В. Яцун. № 4248362 заяв. 02.04.87 : опуб. 15.12.87, Бюл. 46.
14. А. с. 1530799 СРСР, МКІ Е 21 F 15/10. Вібраційно – пневматична камерна складальна машина / В.Н. Потураєв, О.І. Волошин, В.В. Яцун. № 4374984 заяв. 08.02.88 : опуб. 23.12.89, Бюл. 47.
15. А. с. 1532720 СРСР, МКІ Е 21 F 15/10. Вібраційно – пневматична камерна складальна машина

References

1. Poturayev V.N., Voloshin A.I., & Ponomaryov B.V. (2000). Investigation and Design Considerations for Vibrating Pneumatic Units in the Bulk Material Transport Systems / *Bulk materials: keeping, loading and unloading operation and transportation*. Pap. 3 rd Int. Conf. Newcastle, Australia, 27 - 29 june [in Australia].
2. Poturayev V.N., Voloshin A.I., & Ponomaryov B.V. Vibratory pneumatic machines for transportation of bulk materials / Pap. 4 th Int. Conf. of Pneumatic Conveying. Budapest, Hungaru, 2002. [in Hungaru].
3. Poturayev V.N., Voloshin A.I., & Ponomaryov B.V.(2002). Periodical regimes of solid particles motion in the gas flow horizontal channal / Pap. The 18 Int. Congr. Theor. and Appl. Mech. (UTAM). Haifa, Israel. [in Israel].
4. Voloshyn O.I., Bulat A.F., Ponomarenko S.M., & Kordyuk O.L. (2019). Mechanics of two-phase flows. Volume 2. Vibration effect during pneumatic transportation of loose materials. К.: Naukova dumka, 148 p. [in Ukrainian].
5. Voloshyn O.I., & Ponomarenko S.M. (2020). Mechanics of two-phase flows in pneumatic transport systems of the ejector type. К.: Naukova dumka,. 168 p. [in Ukrainian].
6. Ponomarenko S. (2021). Efficiency and of reliability the ejector-type pneumatic transport facilities application in mining industry. International independent scientific journal № 24. Kraków, Rzeczpospolita Polska. P. 40-45. [in Polska].
7. Ponomaryov B. V. (2006). Development of the theory of vibro-pneumatic transportation of laying materials: thesis... Dr. Tech. Sciences: 05.15.11 / NAS of Ukraine; Institute of Geotechnical Mechanics named after M. S. Polyakova. D. [in Ukrainian].
8. Gushchin V.M. (2000) A new concept and its implementation in the development of highly efficient means of pneumatic transportation of bulk materials / V.M. Gushchin // *Mechanical Science*, No. 2 (23). P. 39-43. [in Ukrainian].
9. Bredenbruch E. Entstehung und Verhütung von Gruben branden // *Glückauf*.-2004.-Н. 15/16.-S.393-404.
10. Tsuji Y., Morikawa Y., & Tanaka L. (2017). Numerical simulation of gas-solid twophase flow in a two-dimensional horizontal channel // *Int. J. Multiphase Flow*. 13, № 5. P. 671-684. [in Japan].

11. Li K., Kuang S. B., & Pan R. H. (2014). Numerical study of horizontal pneumatic conveying: effect of material properties, Powder Technology, vol. 251. P. 15–24. doi: 10.1016/j.powtec.2013.10.013 [in English].
12. Voloshyn O.I., & Yatsun V.V. (2007). Some issues of creation of laying vibration-pneumatic machines of cyclic action. Collection of scientific papers of the National Academy of Sciences, issue 2 (34). Modern ways of development of mining equipment. Dnipropetrovs'k: NGA. P. 67 -73. [[in Ukrainian].
13. A. with. 1444541 USSR, MKY E 21 F 15/10. Vibration-pneumatic chamber laying machine / V.N. Poturaev, A.I. Voloshyn, V.V. Yatsun. Application No. 4248362. 02.04.87 : publ. 15.12.87, Bull. 46.
14. A. with. 1530799 USSR, MKY E 21 F 15/10. Vibration-pneumatic chamber laying machine / V.N. Poturaev, A.I. Voloshyn, V.V. Yatsun. Application No. 4374984. 08.02.88: publ. 23.12.89, Bull. 47.
15. A. with. 1532720 USSR, MKY E 21 F 15/10. Vibration-pneumatic chamber laying machine / V.N. Poturaev, A.I. Voloshyn, V.V. Yatsun. No. 4394936: application. 21.03.88: publ. 30.12.89, Bull. 48.

Volodymyr Yatsun, Prof., PhD tech. sci., **Ivan Skrynnik**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Olha Horpynchenko**, Assoc. Prof., PhD econ. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Study of the Mechanics of the Movement of Loose Lumpy Material in the Acceleration Section of the Pneumo-transport Pipeline of the Vibration-pneumotransport Machine of Cyclic action

The purpose of this work is to analyze the processes taking place in the acceleration section of the pneumo-transport pipeline of the vibration-pneumatic machine of cyclic action, control the movement of the aeromixture by changing the parameters of the air flow on the moving material, and identify the optimal technical solutions regarding the conditions of transportation of loose lumpy materials with different physical mechanical properties.

The brought results over of researches of influence of size of parts of mountain breed that is transported, on the parameters of pneumatic portage. The got dependences are for determination of speed of pneumatic portage and charges of the compressed air from the size of parts of material that is transported, taking into account the parameters of the pneumatic portage system.

The combination of the above dependencies allows you to establish the trajectory and time of movement of a piece of loose material in the "detachment from the surface - weighing in the air flow - fall" mode. The obtained data indicate that in the working range of parameters, the length of the particle flight section, depending on the physical and mechanical properties of the material, and in particular on the recovery coefficient when the particle hits the pipeline surface, varies from 0.5 m to 12 m.

The research data will allow to improve the structural scheme of the vibration-pneumatic machine of cyclic action in order to improve technical and economic indicators and work efficiency.

particle flight section, movement of a single particle, transport pipeline

Одержано (Received) 19.09.2024

Прорецензовано (Reviewed) 03.10.2024

Прийнято до друку (Approved) 28.10.2024