

мосфері, і хімічно активні компоненти матеріалу контактів, які сприяють перебігу хімічних реакцій з утворенням оксидів та інших сполук.

Для підвищення корозійної стійкості матеріалу МДК-3 матрицю (сплав Cu–Zr–Y–Nb) додатково легували хромом при наступному вмісті компонентів у сплаві, % мас.: ітрій – 0,01–1,0; цирконій 0,01–1,0; ніобій – 0,01–0,5; хром – 0,2–0,41 [4]. Зливки композиційних матеріалів (Cu–Cr–Zr–Y–Nb) – Mo–CuO–MoO<sub>3</sub> одержували методом електронно-променевого випаровування-конденсації з двох тиглів: з одного випаровували сплав Cu–(0,2–0,41)% мас. Cr через ванну рідку ванну з (Zr–Y–Nb) і з другого – молібден. Леговані хромом матеріали мають підвищену корозійну стійкість порівняно з композитами (Cu–Zr–Y–Nb)–Mo (МДК-3), які широко використовуються в промисловості. Розривні контакти з матеріалу (Cu–Cr–Zr–Y–Nb)–Mo–CuO–MoO<sub>3</sub> з підвищеною корозійною стійкістю використовуються в комутаційних апаратах, які працюють в атмосфері з високим вмістом CO<sub>2</sub> і SO<sub>2</sub> і при вологості близько 80 %.

### Литература

1. Гречанюк І. М. Структура, властивості й електронно-променева технологія одержання композиційних матеріалів Cu–Mo–Zr–Y для електричних контактів : дис. ... канд. техн. наук / І. М. Гречанюк. – Київ, 2007. – 171 с.
2. Bukhanovski V. V. Effect of composition and heat treatment on the structure and properties of condensed composites of the Cu–W system / V. V. Bukhanovski, R. V. Minakova, I. N. Grechanyuk, I. Mamuziæ, N. P. Rudnitskii // Metal Science and Heat Treatment. – 2011. – 53 (1–2). – 14–23.
3. Grechanjuk I. N. Corrosion resistance in neutral saline fog of the composites Cu–Mo obtained by PVD method / I. N. Grechanjuk, V. G. Grechanjuk, L. Orac // Metallurgy and Materials science. – 2009. – № 5. – P. 297–304.
4. Гречанюк М. І. Патент України на винахід № 104673. Композиційний матеріал для електричних контактів та спосіб його отримання / Гречанюк М. І., Гречанюк В. Г. Мінакова Р. В., Гречанюк І. М., Бухановський В. В., бюл. № 4 від 2014.

### АНАЛІЗ ВТРАТ ТИСКУ ПРИ ПЕРЕМІЩЕННІ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У ПНЕВМОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

Назарова О. С.<sup>1</sup>, Мелешко І. А.<sup>2</sup>

Національний університет «Запорізька політехніка»  
E-mail: <sup>1</sup>nazarova16@gmail.com, <sup>2</sup>iamelshko@gmail.com

Розвиток технологій транспортування сипких матеріалів спрямовано на зниження питомої вартості транспортування однієї тонни

сипкого матеріалу за допомогою зниження споживання електроенергії у процесі транспортування та роботи з мінімально допустимим тиском в пневмотрасі, що дозволяє вибрати електродвигун меншої потужності та при таких обсягах виробництва дає значний економічний ефект [1].

Недоліком пневмотранспортних систем (ПТС) є ймовірність запізнення при реакції системи автоматичного управління (САУ) на зміну тиску і, як наслідок, виникнення завалів трубопроводу сипким матеріалом, що викликає зупинку технологічного процесу, простої обладнання та значні матеріальні збитки [2]. До причин виникнення завалів відносять нестійкий режим транспортування, зменшення тиску на виході пневмотранспортної системи. Процес появи завалів пояснюється зменшенням відстані між частинками при збільшенні концентрації твердої фази [3–4].

Питома витрата електроенергії та знос трубопроводу визначає його ефективність і залежать від режиму транспортування, що використовується. Оптимізація електромеханічних процесів переміщення сипких матеріалів, а також створення енергозберігаючих способів пневматичного транспорту, що працює в його нестабільних режимах, є актуальною задачею.

**Метою роботи** є проведення експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання електромеханічних процесів пневмотранспортних систем під час транспортування сипких матеріалів, що супроводжуються втратою тиску на виході ПТС.

З метою дослідження зміни тиску в пневмотранспортній магістралі проведено пасивний фізичний експеримент (в умовах звичайного функціонування об'єкта) на ВАТ «ЗАЛК», де об'єктом дослідження була частина пневмотраси (рис. 1) [5, 6] від камерного живильника (КР) до приймального бункера (РВ) електролізного цеху.

На рис. 1 показано завантаження глинозему з холодильника печі кальцинації (НПК) через отвір в камерний живильник.

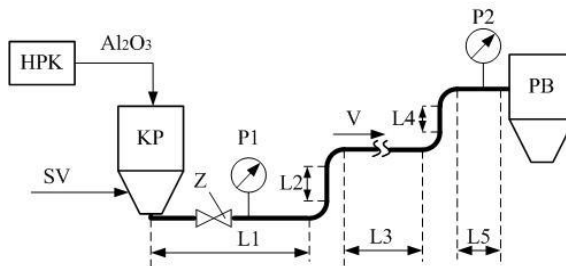
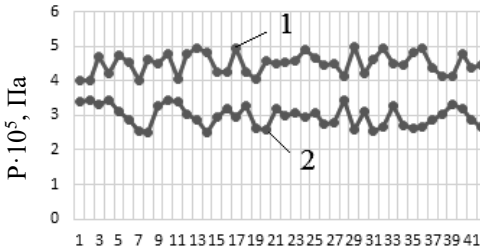


Рис. 1. Структурна схема експериментальної ділянки ПТС

Поворотом засувки подачі стисненого повітря від центрального колектора, регулюється надходження матеріалу до транспортної магістралі, контролюється при цьому тиск на манометрі (P1), тиск нагнітання від колектора стисненого повітря (SV) і витрата глинозему ( $Al_2O_3$ ). Засувкою (Z) регулюється подача суміші до пневмотранспортної магістралі. Регулювання подачі стисненого повітря забезпечується за допомогою приводного двигуна (СТД-1600-24ХЛ4), багатоступінчастого відцентрового компресора (К-250-61-2).



**Рис. 2** Експериментальні дані: тиск на вході (1) та виході (2) ПТС

При проведенні експерименту було проведено 42 виміри (n, шт.) тиску на вході та виході в пневмотранспортну систему ( $P \cdot 10^5$ , Па) біля камерного живильника манометром P1 та на виході пневмотраси біля приймального бункера манометром P2. Також слід зазначити, що втрати тиску в пневмотранспортері визначають як суму втрат [7] за такою формулою, кПа

$$H_{e.m} = H_m + H_{n.n} + H_{роз} + H_{m.c.в} + H_{m.c.г} + H_в + H_{нід} + H_{розв} + H_{n.в.p.} \quad (1)$$

де  $H_m$  – втрати у машині, з якої надходить повітря у пневмотранспортер;

$H_{n.n}$  – втрати у пневматичному приймальному пристрої;

$H_{роз}$  – втрати на розгін;

$H_{m.c.в}$  – втрати від тертя при транспортуванні аеросуміші у прямолінійній вертикальній ділянці пневмотранспортера;

$H_{m.c.г}$  – втрати від тертя під час руху аеросуміші в прямолінійній горизонтальній ділянці пневмотранспортера;

$H_в$  – втрати у відводі;

$H_{нід}$  – втрати на підйом продукту по вертикалі;

$H_{розв}$  – втрати у розвантажувачі;

$H_{n.в.p.}$  – втрати у пристрої для вимірювання та регулювання витрати повітря.

Відповідно до технологічного процесу тиск на виході системи має бути не менше  $2 \cdot 10^5$  Па. Для забезпечення зазначеної умови визначено необхідну швидкість суміші повітря з глиноземом на виході пневмотраси  $V$ , м/с за рівнянням (2):

$$V = \alpha \cdot \sqrt{\gamma} + \beta \cdot L_e^2, \quad (2)$$

де  $\alpha = 10$  – коефіцієнт, що враховує геометричні розміри частинок глинозему;  $\beta = 0,00005$  – коефіцієнт, що враховує зміни питомої ваги повітря у пневмотранспортній магістралі;  $\gamma = 3,5$  т/м<sup>3</sup>, питома вага частинок глинозему;  $L_e$  – еквівалентна довжина пневмотраси:

$$L_e = L_g + L_v + L_p, \quad (3)$$

де  $L_g$  – загальна довжина горизонтальних ділянок пневмотраси;

$L_v$  – загальна довжина вертикальних ділянок пневмотраси ;

$L_p$  – загальна довжина поворотів пневмотраси

$$L_g = L_1 + L_3 + L_5, \quad L_v = L_2 + L_4, \quad L_p = n_{90} \cdot k_{90}, \quad (4)$$

де  $L_1 = 37$  м;  $L_3 = 259$  м;  $L_5 = 24$  м,  $L_2 = 9,5$  м;  $L_4 = 5,9$  м,  $n_{90} = 4$  – кількість поворотів за умови, що радіус поворотів дорівнює 5,1 м;  $k_{90} = 8$  м – довжина одного повороту.

Тоді  $L_g = 320$  м;  $L_v = 15,4$  м;  $L_p = 32$  м;  $L_e = 367,4$  м.

При розрахунках еквівалентну довжину пневмотраси приймаємо 370 м. В результаті проведених досліджень розраховано швидкість суміші повітря з глиноземом  $V = 25,553$  м/с, яка потрібна для забезпечення мінімального допустимого тиску на виході пневмотраси.

**Висновки.** У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що зниження тиску на виході пневмотранспортної системи, зменшує енергоефективність системи в цілому, а також може призвести до появи завалів. Середнє значення тиску на вході пневмотранспортної системи становило 4,5 Па, на виході ПТС – 2,98 Па, таким чином падіння тиску на виході близько 30 %. З метою зниження споживання електроенергії пневмотранспортною системою пропонується здійснювати транспортування сипких матеріалів зі швидкістю, що забезпечує мінімально допустимий за технологічним процесом тиск.

## Література

1. Gomes L. M. & Mesquita, Andre. Effect of particle size and sphericity on the pickup velocity in horizontal pneumatic conveying. Chemical Engineering Science, 2013, no. 104, pp. 780–789.

2. Marcus R. D. & Leung L. S. & Klinzing G. & Rizk, Fadi. Pneumatic Conveying of Solids: A Theoretical and Practical Approach. Drying Technology, 1993, no. 11, pp. 859–860.

3. Gomes M. L. & Mesquita Andre. On the prediction of pickup and saltation velocities in pneumatic conveying, Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2014, no. 31, pp. 35–46.

4. Anantharaman, Aditya & Cahyadi, Andy & Hadinoto, Kunn & Chew, Jia Wei. Impact of particle diameter, density and sphericity on minimum pickup velocity of binary mixtures in gas-solid pneumatic conveying, Powder Technology, 2016, no. 297, pp. 311–319.

5. Назарова, О. С. Дослідження явища транспортного запізнення у пневмотранспортній системі сипких матеріалів / О. С. Назарова, В. І. Бондаренко, І. А. Мелешко // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. – Кременчук : КрНУ, 2018. – Вип. 5/2018. – С. 27–29.

6. Nazarova, O. S. Experimental research and computer modeling of the obstruction occurrence in the pneumatic conveying systems peculiarities / O. S. Nazarova, I. A. Meleshko // Herald of Advanced Information Technology, 2020, Vol.3, No. 1, pp. 428–439. DOI: 10.15276/hait 01.2020.9

7. Волошин Е. В. Расчет и компоновка пневмотранспортных установок: методические указания / Е. В. Волошин ; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 61 с.

## МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЯВА ФЕНОМЕНА РЕЙНО У ДІТЕЙ

*Дунаєвський В. І.<sup>2</sup>, Кислий В. П.<sup>2</sup>, Богдан Т.В.<sup>3</sup>, Кузь О. П.<sup>1</sup>,  
Дрозденко О. В.<sup>1</sup>, Назарчук С.С.<sup>1</sup>, Котовський В. Й.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
kotovsk@kpi.ua*

*<sup>2</sup>Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України*

*<sup>3</sup>Національний медичний університет України ім. О.О. Богомольця*

**Вступ.** Захворювання та своєчасне діагностування патологічних станів в дитячому й підлітковому віці відносяться до актуальних питань сучасної медицини. Під час дослідження стану здоров'я молоді віком від 16 до 25 років у 12 % обстежуваних виявили ознаки прояву феному Рейно (ФР), що свідчить про те, що ця патологія не є проблемою тільки зрілого та похилого віку [1, 2].

Вегетососудинна дистонія – вазомоторне порушення функціонального характеру, що супроводжується дискоординованими реакціями в різних ділянках судинної системи. Розрізняють системні та регіонарні вегетативно-судинні дистонії.