

М. М. Чальцев*Автомобільно-дорожній інститут Донецького національного технічного університету***ЗМЕНШЕННЯ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННІ
СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ**

Суттєве скорочення витрат енергії при пневматичному транспортуванні сипучих матеріалів забезпечує нова імпульсна технологія, що передбачає використання малогабаритного камерного живильника. Нова технологія впроваджена на Слов'янській ТЕС в лінії подачі вугільного пилу на енергоблок.

Существенное сокращение затрат энергии при пневматическом транспортировании сыпучих материалов обеспечивает новая импульсная технология, предусматривающая использование малогабаритного камерного питателя. Новая технология внедрена на Славянской ТЭС в линии подачи угольной пыли на энергоблок.

Essential reduction of energy expenses is provided by new pulse technology of pneumatic transport with use of a small-sized blow tank feeder. The new technology is introduced on Slavyansk power station into coal dust transport line to the power unit.

I. ВСТУП

Істотним недоліком пневматичного транспорту сипучих матеріалів є підвищена витрата енергії у порівнянні з механічним транспортом. Питома витрата енергії на одиницю ваги матеріалу, що транспортується, складає 3–5 кВт·ч/т·км, що у 3–6 разів більше у порівнянні з механічним транспортом [1]. Якщо врахувати масштаби впровадження пневматичного транспорту в усі галузі народного господарства, то стає очевидною актуальність цієї проблеми.

Основними споживачами енергії в пневмотранспортних системах (ПТС) є живильник та транспортний трубопровід. Витрати енергії на транспорт матеріалу по трубопроводу залежать від його діаметру, довжини, способу транспортування та механічних параметрів суміші таких, як концентрація, швидкість та ін. Теоретичні та експериментальні дослідження аеродисперсних пневмотранспортних потоків [1, 2, 3] доводять, що мінімальних витрат енергії на транспортування можна досягти лише при високій концентрації суміші. Якщо для характеристики суміші прийняти масову концентрацію, що визначається відношенням маси твердого матеріалу до маси повітря в одиниці об'єму суміші, то для більшості промислових сипучих матеріалів з питомою вагою 1500–3500 кг/м³ оптимальна величина концентрації суміші знаходиться в межах 25–100 кг матеріалу/кг повітря.

Існує тільки два з усіх відомих типів живильників, які забезпечують цю оптимальну величину концентрації транспортного потоку – це камерний та пневмогвинтовий живильники.

Пневмогвинтовий тип живильників можна віднести до застарілих засобів транспортування. Він обладнаний шнековим пристроєм з електроприводом, що додатково витрачає значну кількість енергії.

Камерний живильник включає в собі ємкість, яка періодично заповнюється матеріалом, герметизується спеціальними клапанами, після чого випорожняється стисненим повітрям в транспортний трубопровід. Він не має потреби в електроприводі, тому витрачає значно менше енергії. Двокамерний живильник, камери якого працюють послідовно у часі, забезпечує практично безперервне транспортування матеріалу.

Для порівняння технічних характеристик камерного і пневмогвинтового типів живильників можна скористатися дослідними даними, наведеними в роботі [4]. Наприклад, ПТС, що транспортує борошно безперервним потоком у кількості 25 т/год на відстань 170 м по трубі діаметром 81 мм при концентрації суміші 85 кг/кг, потребує 13,5 кВт при будь-якому типі живильника. В той же час як для забезпечення процесу транспортування матеріалу, так і

живлення трубопроводу потрібно загалом 17 кВт для двокамерного живильника і 43 кВт для пневмогвинтового. Таким чином, потужність самого живильника становить відповідно 3,5 кВт (камерного) і 39,5 кВт (пневмогвинтового). Для більш продуктивних ПТС ця різниця прогресивно збільшується. І це при тому, що вартість пневмогвинтового живильника вдвічі більша, ніж камерного однакової продуктивності.

Для ілюстрації розглянутої проблеми наведемо технічні характеристики деяких відомих одно- і двокамерних живильників (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Технічні характеристики живильників

Тип насоса	Фірма-виготовлювач	Продуктивність (П), т/година	Об'єм камери $V_k, \text{м}^3$	$\frac{V_k}{P}, \frac{\text{м}^3 \cdot \text{час}}{\text{т}}$	Розмір по висоті, м
СБ–33В (1к)	ТОВ «Бецема» Красногорськ	16	0,5	0,03	1,5
ТА–23А (1к)	– “ –	30	1,5	0,05	2,6
ТА–29 (2к)	– “ –	60	6,3	0,1	4,7
ТА–60 (2к)	– “ –	100	18,6	0,2	5,4
DVF–50 (2к)	«Хітачі» Японія	50	–	–	3,3
2200-Б (2к)	«Скет» Німеччина	60	–	–	5,0

З огляду на відзначені недоліки виробництво пневмогвинтових живильників зараз майже припинено. Але велика їх кількість все ще експлуатується в хімічній, гірничій, металургійній промисловості, в індустрії будівельних матеріалів та ін. Заміна діючих пневмогвинтових живильників на камерні змогла б дати значний загальнодержавний економічний ефект, перш за все за рахунок заощадження електроенергії.

Проте ця проблема не може бути вирішена негайно з огляду на несумісність їх монтажних розмірів. Усі складові елементи пневмогвинтового живильника – електромотор, шнек, змішувальна камера розташовані горизонтально, їх висота здебільшого не перевищує 1 м. Безпосередньо над живильником розташовується завантажувальний бункер та інше устаткування. Висота ж камерного живильника сягає 3 м і більше, тому установка його замість пневмогвинтового потребує значних капітальних витрат на модернізацію бункерного господарства та іншого зв'язаного з ним обладнання.

II. РОЗРОБКА МАЛОГАБАРИТНОГО КАМЕРНОГО ЖИВИЛЬНИКА ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОЇ СИСТЕМИ ПНЕВМАТИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

З метою пристосування камерного живильника до умов його монтажу на місце пневмогвинтового без переобладнання діючого виробництва, а також з інших причин, про які мова буде далі, розроблено новий тип живильника, так званий малогабаритний камерний живильник (МКЖ) [5]. Схема нового живильника у однокамерному виконанні представлена на рис. 1. Камера МКЖ за об'ємом і висотою у 2–3 рази менше, ніж у серійних зразків, що дозволяє його вільне розташування замість пневмогвинтового живильника під бункером діючої ПТС.

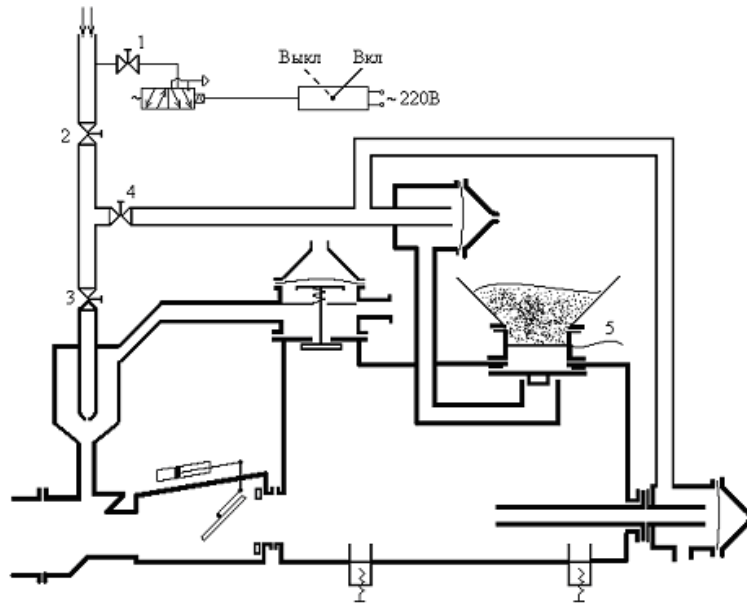


Рисунок 1 – Схема малогабаритного камерного живильника:

1 – вентиль керування; 2 – засувка; 3 – клапан регулюючий; 4 – засувка подачі повітря в камеру живильника; 5 – шибер пилового бункера

Щоб компенсувати зменшення об'єму камери, була розроблена нова швидкодіюча арматура та системи керування живильником [6]. З метою інтенсифікації процесу завантаження використані струменеві насоси, які створюють вакуум у камері живильника, завдяки чому було досягнуте значне збільшення продуктивності МКЖ.

На базі МКЖ створена нова енергозберігаюча технологія пневматичного транспорту [7]. Як відомо, витрати енергії на транспортування матеріалу по трубопроводу можуть бути зменшені шляхом підвищення концентрації транспортного потоку. Камерний живильник забезпечує потік високої концентрації тільки у випадку подачі стисненого повітря в камеру над шаром сипучого матеріалу. В процесі вивантаження матеріал щільним потоком переміщується в транспортний трубопровід, де його концентрація доводиться до потрібної величини за допомогою додаткового повітря. Але ж при вивантаженні неаерований матеріал чинить значний опір, величина якого прогресивно залежить від висоти шару матеріалу. Чим менший шар матеріалу, тим меншими будуть його опір та витрати енергії живильником.

Суть нової технології полягає у тому, що висоту шару сипучого матеріалу у камері встановлюють таку, щоб тиск, необхідний для його вивантаження в транспортний трубопровід, перевершував би тиск на початку трубопроводу не більш ніж, в 1,1–1,2 рази. Відповідна висота шару контролюється датчиком рівня. Такий живильник потребує мінімальної кількості енергії. Пояснювальна схема ПТС подана на рис. 2.

МКЖ призначений для використання в двокамерному виконанні при транспортуванні по високонавантажених і протяжних трасах дрібнофракційних сипучих матеріалів, таких як цемент, збагачений каолін, зола, вугільний пил та ін. Основним технічним параметром, що відрізняє МКЖ від звичайних живильників, є питомий об'єм камери $V_{уд}$:

$$V_{уд} = \frac{V_k}{\Pi}, \quad \frac{\text{м}^3 \cdot \text{год}}{\text{т}},$$

де V_k – об'єм камери, м^3 ;

Π – продуктивність живильника, т/година.

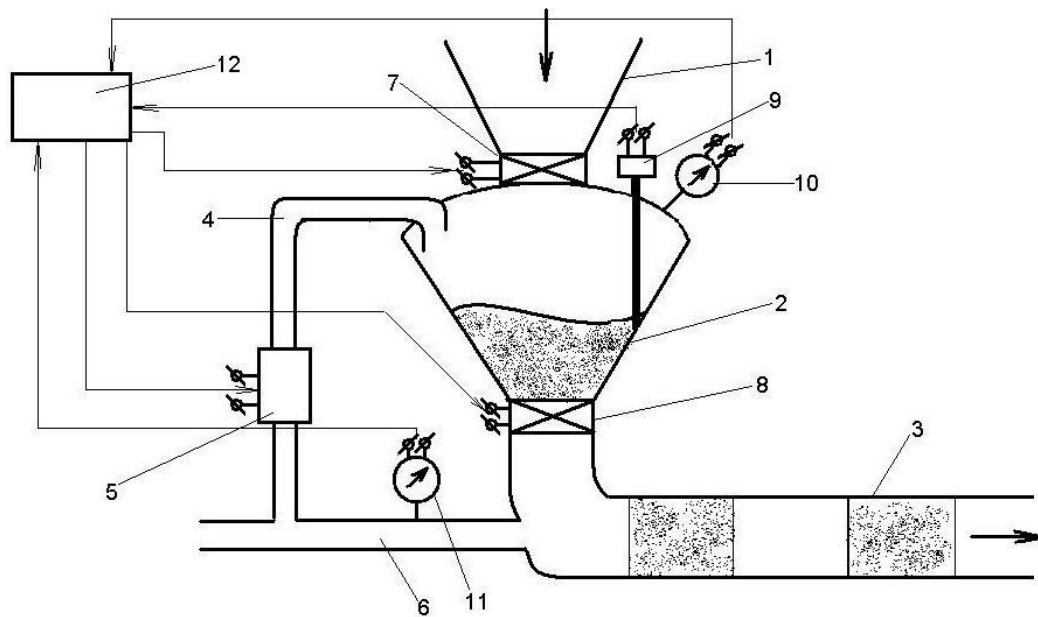


Рисунок 2 – Схема енергозберігаючої ПТС:

- 1 – бункер; 2 – камера; 3 – транспортний трубопровід; 4 – патрубок подачі повітря в камеру;
 5 – регулюючий клапан; 6 – патрубок подачі повітря в трубопровід;
 7 – клапан завантажувальний; 8 – клапан розвантажувальний; 9 – датчик рівня;
 10, 11 – датчик тиску; 12 – блок керування

Для МКЖ $V_{вд}$ складає не більш 0,02 од., тобто на порядок нижче, ніж для звичайних високопродуктивних живильників (див. табл. 1). Збереження високої продуктивності МКЖ досягається за рахунок відповідного збільшення частоти переключення операцій «завантаження-розвантаження», а також інтенсифікації процесу завантаження шляхом створення і застосування швидкодіючої арматури, методів вакуумного завантаження тощо.

Нова технологія з успіхом впроваджена на Слов'янській ТЕС у Донбасі. Малогабаритний камерний живильник НК-5 встановлено в 2001 р. замість пневмогвинтового в лінії подачі вугільного пилу з пилоприготувального цеху на енергоблок № 7 потужністю 700000 кВт. Вугільний пил транспортується живильником у кількості 60 т/год на відстань 450 м. Анульовано електродвигун потужністю 200 кВт, витрати стисненого повітря зменшено на 20 %, потужність ПТС збільшена на 20 %.

III. ВИСНОВКИ

1. Головний недолік пневмотранспортних систем – значні витрати енергії, що перевищують цей показник на механічному транспорті у 3–6 разів.
2. Витрати енергії можуть бути зменшені шляхом заміни застарілих пневмогвинтових живильників на камерні живильники, які не потребують електричних двигунів.
3. Для заміни діючих пневмогвинтових живильників розроблено новий пристрій – малогабаритний камерний живильник.
4. На базі малогабаритного камерного живильника створена нова енергозберігаюча технологія пневмотранспорту.
5. Енергозберігаюча технологія впроваджена на Слов'янській ТЕС. Реально вона дає економію на суму біля 500000 грн/рік.
6. Нова технологія може бути використана також у інших галузях промисловості, де використовується пневматичний транспорт сипучих матеріалів.

Список літератури:

1. Вельшоф Г. Пневматический транспорт при высокой концентрации перемещаемого материала / Г. Вельшоф. – М.: Колос, 1964. – 160 с.

2. Квеско Н. Г. Энергоемкость установок пневматического транспорта / Н. Г. Квеско // Методы гидроаэромеханики в приложении к некоторым техническим процессам. – Томск, 1977. – 118 с.
3. Ульяницкий А. В. Обоснование минимальных затрат энергии при горизонтальном пневмотранспортировании сыпучих материалов: дис. ... канд. тех. наук / А. В. Ульяницкий. – Одесса, 1993. – 188 с.
4. Hayes J. W. Economics of Pneumatic Conveying Systems. A case study / J. W. Hayes, A. R. Read, M. S. A. Bradley // Powder handling & processing. – 1993. – V.5. – № 1. – P. 7–11.
5. Чальцев М. Н. Исследование и разработка малогабаритных камерных питателей / М. Н. Чальцев // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. – Кременчуг, 2000. – Вып. 1 – № 8. – С. 325–329.
6. Чальцев М. Н. Быстродействующие затворы для малогабаритных камерных питателей / М. Н. Чальцев, Н. В. Чернецкая // Вісник Східно-Українського держ. університету. Науковий журнал. Технічні науки. Серія транспорт. – 2000. – № 7. – С. 218–221.
7. Пат. 45804 UA, МКИ В65G53/04. Спосіб пневматичного транспортування дрібнофракційних сипучих матеріалів / М. М. Чальцев, Б. Є. Бугасв (UA). – № 2001074787; заявл. 10.07.01; опубл. 15.04.2002, Бюл. № 4.