

Одеський технологічний інститут харчової промисловості
ім. М.В.Ломоносова



На правах рукопису

Ульяницький Анатолій Володимирович

ОБГРУНТУВАННЯ МІНІМАЛЬНИХ ВИТРАТ ЕНЕРГІЇ
ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННІ
СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

Спеціальність 05.16.12 - процеси, машини
та агрегати харчової промисловості

Анотация
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



00814797 (-)

Роботу виконано в (Одеському технологічному інституті)
харчової промисловості ім. М.В.Ломоносова.

| | |
|-------------------|---|
| Науковий керівник | -доктор технічних наук професор Костяк Г.Ф. |
| Офіційні опоненти | -доктор технічних наук, професор Остапчук М.В. кандидат технічних наук, с.н.с. Бернадін О.Ф. |
| Провідна установа | -Одеське виробниче об'єднання "Елеваторзернопром" |

Захист відбудеться "18" червня 1993р. в 1993 год
на засіданні спеціалізованої ради К 068.35.01 при Одеському
технологічному інституті харчової промисловості ім. М.В.Ломоно-
сова, 270039, м. Одеса, вул. Свердлова, 112.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Одеського
технологічного інституту харчової промисловості імені М.В.Ломо-
носова.

Автореферат розіслано "___" _____ 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради,
доктор технічних наук, професор

Б.В.Егоров

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Основними вимогами, які ставляться перед сучасними технологічними процесами є ресурсо- та енергозбереження. Проте, існуючі технологічні лінії зерносперероблюючих та харчових підприємств, устатковані горизонтальними пневмотранспортними установками, не завжди відповідають цим вимогам. Зокрема, витрати електроенергії на пневматичний транспорт зернопродуктів на млинах складають 35...40% від загальних витрат енергії для виготовлення борошна.

Існуючі теоретичні залежності не дають можливості об'єктивно оцінювати витрати енергії на транспортування повітряних потоків сипких матеріалів і, тим більше, вибирати режими, що забезпечують мінімальні енерговитрати при достатньо надійній швидкості переміщення матеріалу.

Конструктивні рішення пневмоприймальних пристроїв для введення матеріалу в трубопровід не дають можливості впливати на формування матеріалоповітряних потоків і, заздалегідь, приводять до збільшених витрат енергії. Це має особливо велике значення при використанні горизонтальних та нахилених ділянок матеріалопроводів.

Тому, удосконалення методики визначення режимів пневмотранспортування та конструктивних параметрів пневмоустановок, що забезпечать мінімальні витрати енергії при заданій надійності транспортування, є актуальною проблемою.

Метою роботи є наукове обґрунтування засобів, режимів та конструктивних параметрів пневмоприймальних пристроїв, які забезпечують мінімальні витрати енергії на транспортування.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі: обґрунтувати меху зменшення витрат енергії при горизонтальному пневмотранспортуванні зернопродуктів; визначити режими і конструктивні параметри пневмоустановок, що забезпечують мінімальні витрати енергії та надійність транспортування; визначити вимоги та розробити конструкцію експериментальної установки, що дає можливість експериментально знайти оптимальні режими та конструктивні параметри пневмоустановки промислового типу; зняти аналітичні залежності і розробити методику розрахунку швидкості повітря, відповідної мінімальним втратам тиску та енергоспоживанням, зробити виробничу перевірку ефективності роботи запропонованої пневмоприймальної системи.

Наукова новизна роботи: теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження можливостей зменшення витрат енергії на пневмотранспортування зернистих продуктів в горизонтальних пневмотранспортних установках; обґрунтування і розробка конструкції пневмоприймального пристрою та встановлення параметрів процесів транспортування, з його використанням, в залежності від режимів руху матеріалоповітряного потоку: вільним льотом, дюнами по підстилках, пульсаціями та суцільним потоком; дослідження енергетичних та аеродинамічних характеристик процесів горизонтального пневмотранспорту в залежності від зміни основних параметрів процесу v, v_s, d, ρ, L ; одержання залежностей, дозволяючих розраховувати величину надійно транспортуючої швидкості повітря, від відповідної мінімальним втратам тиску та енергоспоживанням, в залежності від початкових параметрів горизонтальних пневмотранспортних установок.

Практичне значення роботи складається з розробки: рекомендацій вибору, розрахунку та експлуатації пневмотранспортних установок горизонтального типу з мінімальними витратами енергії; конструкції пристрою для зведення сипких матеріалів в трубопровід, який забезпечує стійку роботу пневмотранспортної мережі при мінімальних енергоспоживаннях.

Агробачія роботи. Основні положення дисертаційної роботи впроваджені на Сімферопольському комбінаті хлібопродуктів. Зроблено доповіді та обговорено на ІУ Всесоюзній конференції "Механіка сипучих матеріалів" /Одеса, 1980 г./, республіканській конференції молодих вчених та спеціалістів "Наука и практика производству качественных комбикормов" /Рига, 1980 г./, конференції молодих вчених АНДІП "Научные исследования и их практическое использование в комбикормовой промышленности" /Воронеж, 1982 г./, науково-технічних конференціях ОТІХІ ім.М.В.Ломоносова в 1981... ..91 рр. По дисертаційним матеріалам одержано авторське свідоцтво.

На захист виносяться: обґрунтування режимів горизонтального пневмотранспортування зернистих матеріалів, що забезпечують мінімальні витрати енергії; методика визначення швидкості повітря, відповідальної мінімуму витрат тиску та енергії.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 8 робіт.

Структура і об'єм роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і рекомендацій, списку використаної літератури і додатків. Робота викладена на 188 сто-

рінках машинописного тексту, куди входять 71 рисунок, 3 таблиці та 6 додатків. Список використаної літератури складається з 137 найменувань, в тому числі 16 іноземних.

ЗМІСТ РСЬОТИ

У вступній частині показані ділянки вживання пневматичного транспорту, його переваги та недоліки в порівнянні з механічним транспортом, обґрунтовані практичне значення та актуальність роботи. Сформульовані цілі та задачі досліджень, а також їх наукова новизна.

В першому розділі розглянуті існуючі уявлення про процеси пневматичного транспортування сипких матеріалів та про методичку розрахунку основних аеродинамічних параметрів пневмотранспортних установок.

Приведені існуючі діаграми фазового перебування сипкої маси, побудовані різними дослідниками по експериментальним даним, одержаним на різних експериментальних установках. Аналізовані засоби дослідження горизонтального пневмотранспорту при різних режимах з допомогою існуючих фазових діаграм.

Розглянуті та аналізовані літературні дані по дослідженню робочої швидкості повітря та її впливу на межу завалу /закупорки матеріалопроводу/ та величину гідравлічного опору процесу транспортування. В результаті такого аналізу виявлено, що до цього часу немає однозначної думки, що до межі зникнення робочої швидкості повітря та визначення оптимальних границь її зміни, з точки зору витрат енергії при горизонтальному пневмотранспортуванні сипких матеріалів.

Таким чином, граничні значення швидкості повітря, сдержані Голобурдінім А., Даларалем Г., Жихаревим Е., Зеглером Г., Зарницінім В., Зусвим Ф., Костюком Г., Лобасвим З., Саксом С., Розе В. та іншими, мають значні розбіжності при визначенні необхідної швидкості повітря при пневмотранспортуванні. Так, для зернистих матеріалів - пшениці, ячменю, вівса, сої швидкості повітря змінюються в 1,4...1,8 рази, для пневмотранспортування картопляної крупки - 3,4 разів, а для висівок - в 5,5 раз.

Проте, проведені дослідження підтвердили наявність обґрунтованих передумов в рішенні цієї проблеми та дозволили визначитися в напрямку та змісту досліджень.

У другому розділі викладені вимоги до експериментальної установки для дослідження горизонтального пневмотранспортування сипких матеріалів, описана установка, схема якої показана на рис.1, методика досліджень та обробки експериментальних даних. Приведена таблиця з характеристиками сипких матеріалів, які відрізняються геометричними, фізичними та аеродинамічними параметрами.

Дослідження проводили на експериментальній установці /рис.1/, яка вміщує скляні матеріалопроводи діаметром $D = 0,056$ м. $D = 0,08$ м та довжиною 6,0 м, допоміжне устаткування, вимірюючі прилади. Як матеріалопровід застосували також жолоб прямокутного поперечного перерізу з горизонтально установленою пористою перегородкою, яка розділяє жолоб на верхній та нижній канали. Нижній канал для подачі повітря був розділений на окремі відсіки при допомозі поворотних клапанів. Передбачена також можливість подачі повітря в канали в різних пропорціях. Як повітрядувну машину було застосовано два послідовно з'єднаних вентилятора високого тиску - ВВТ № 7. Вибір невеликої довжини матеріалопроводу та застосування вентиляторів дозволило мати достатній запас тиску для транспорту суцільним потоком і необхідні витрати повітря для транспортування вільним льотом. Це забезпечило можливість проходження всіх режимів пневмотранспортування на одному і тому ж експериментальному стенді.

В третьому розділі приведені експериментальні дослідження впливу різних конструкцій пневмоприймальних пристроїв та функціональних параметрів транспортування /швидкості, повітря, наванузки, виду продукту, довжини транспортування та інше/ на енергетичні і аеродинамічні характеристики процесу пневмотранспортування. Були досліджені пневмоприймальні пристрої, типу трійника та різні його модифікації /рис.2а,б,в/, які найбільш широко застосовуються.

Аналіз досліджень показав /рис.3а,б,в/ та /рис.4а,б,в/, що дані пневмоприймальні пристрої не забезпечують стійкий режим пневмотранспортування в широких межах зміни продуктивності G перемішуваного матеріалу та швидкості повітря v . Проте, основним їх недоліком є те, що вони не забезпечують транспортування в зоні мінімуму гідравлічного тиску при переміщенні суміші - *Нсум*.

Пошук альтернативних пневмоприймальних пристроїв дозволив розробити таку конструкцію пристрою, яка сприяє усуненню існуючих недоліків. Такою конструкцією є пневмоприймальний пристрій, в якій матеріалопідводячого патрубку якого установлена горизонтально

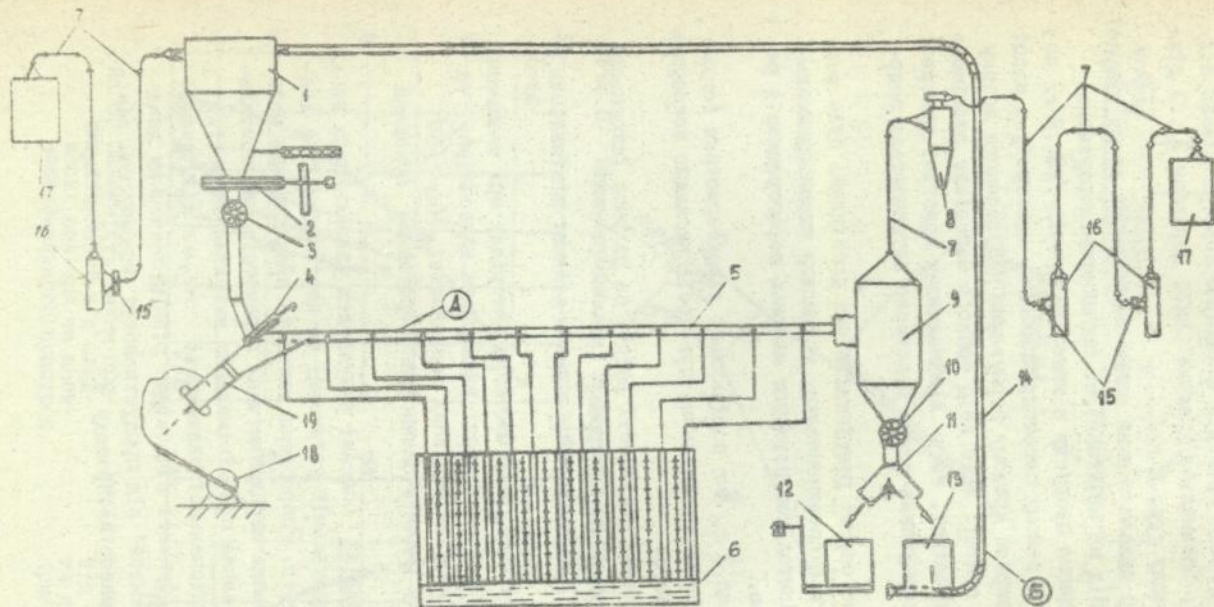


Рис. I. Схема експериментальної установки

1 - бункер для збирання матеріалу; 2 - шибер для матеріалу; 3, 10 - шківники;
 4 - пневмоприймальний пристрій лінії А; 5, 14 - матеріалопроводи; 6 - батарея чий мікроманометр;
 7 - повітряпроводи; 8 - циклон; 9 - бункер для відділення матеріалу; 11 - перекидний клапан;
 12 - терези; 13 - бункер для подачі матеріалу в лінію Б; 15 - шибери для повітря; 16 - вентилятори
 ВВТ №7; 17 - фільтри; 18 - мікроманометр ММІ; 19 - вимірвальний колектор.

пориста перегородка, а подача повітря може здійснюватись як під перегородку, так і над нею.

При дослідженні було встановлено, що найбільш ефективним виявився пневмоприймальний пристрій з подачею повітря тільки під пористу перегородку, оптимально довжина якої дорівнює 2...3 діаметрам матеріалопроводу /рис.2 г/.

Одночасно було виявлено який вплив мають умови зводу твердої фази в матеріалопровід на ефективність пневмотранспортування. Встановлено, що введення продукту в матеріалопровід /рис.2 г/ повинно здійснюватись в самому пневмоприймальному пристрої, в місці подачі повітря. Це сприяє кращому формуванню направленої потоку матеріалоповітряної суміші. Якщо ввід сипкого матеріалу розміщено в верхній частині самопливу, то в приймальному пристрої утворюється вихор, на підтримку якого додатково витрачається енергія.

Таким чином, на основі результатів цих досліджень було розроблено та включено в експериментальну установку пневмоприймальний пристрій з горизонтальною пористою опорною перегородкою і регульовальною заслінкою.

Приведені на рис.3 г, 4 г порівняльні характеристики існуючих та розробленого пневмоприймальних пристроїв наглядно показують такі переваги останнього:

- значне підвищення надійності роботи за рахунок істотного розширення межі функціонування пристрою;
- можливість стійкої роботи пристрою в ділянці мінімальних витрат енергії.

Процес наглядної поведінки частинок матеріалу при зменшенні швидкості повітря в матеріалопроводі знімали на відеоплівку та фотографували. Одна із функціональних залежностей $H_{\text{сум}} = f(v)$ на якій визначена межа режимів пневмотранспортування показана на рис.4.

В четвертому розділі описані результати узагальнених даних одержаних на експериментальній установці та порівняння їх з дослідженнями інших авторів. Розроблена також та представлена методика розрахунків основних аеродинамічних параметрів горизонтального пневмотранспортування при мінімальних витратах енергії.

Із аналізу функціональної залежності $H_{\text{сум}} = f(v)$ визначили, що мінімум цієї функції відповідає різним значенням швидкості повітря, в залежності від продуктивності пневмоустановки -

G , та довжини матеріалопроводу - L в той час, як

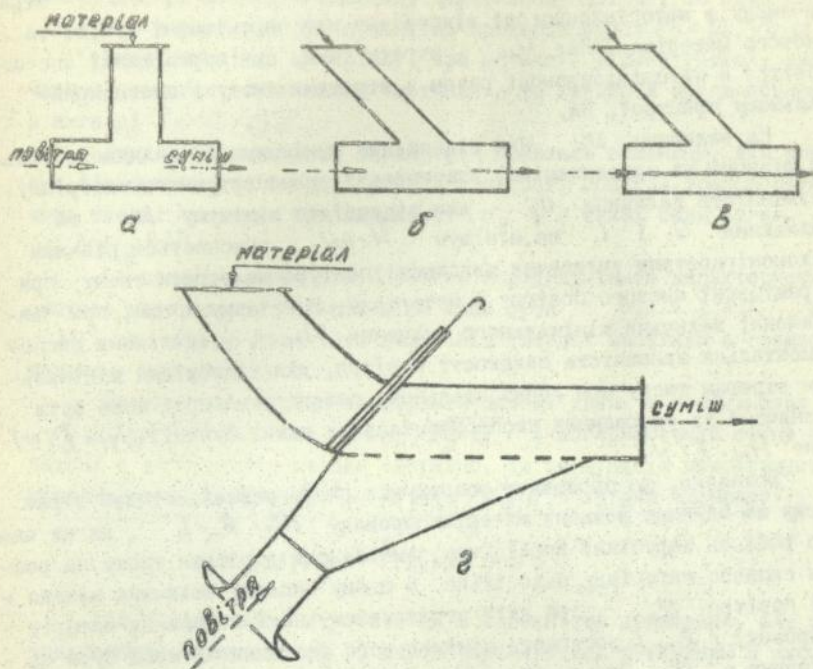


Рис. 2. Пневмоприймальні пристрої типу трійник

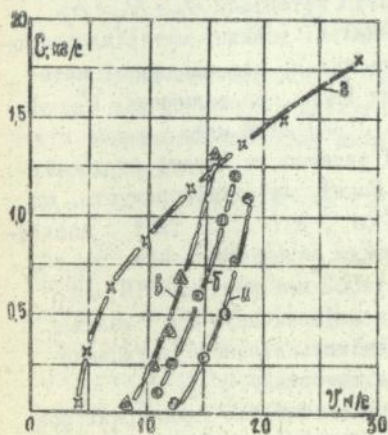


Рис. 3. Залежність зміни продуктивності від швидкості повітря та пневмоприймального пристрою

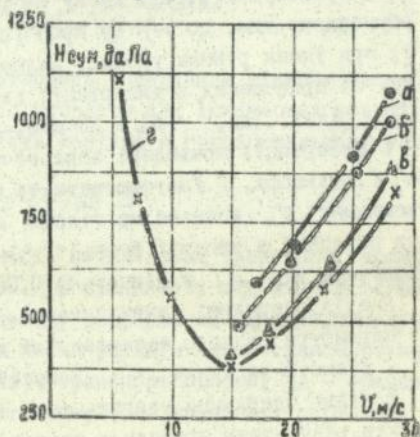


Рис. 4. Залежність втрат тиску від швидкості повітря та пневмоприймального пристрою

мінімум функції $H_M = H_{\text{сум}} - H_4 = f(v)$ відповідає однаковим швидкостям незалежно від значень G і L , де: $H_{\text{сум}}$, H_M - втрати тиску в матеріалопроводі відповідно при переміщенні суміші та чистого матеріалу, Па; H_4 - втрати тиску при переміщенні чистого повітря в матеріалопроводі разом з втратами тиску в пневмоприймальному пристрої, Па.

На величину v_H , яка відповідає мінімуму H_M впливають тільки фізичні та аеродинамічні властивості транспортуемого матеріалу. Незмінність величини v_H , яка відповідає мінімуму H_M та зближення G і L на мінімум $H_{\text{сум}}$, пояснюється різними закономірностями впливання швидкості повітря на втрати тиску при переміщенні чистого повітря і матеріалу. В зв'язку з цим, при визначенні величини мінімального значення H_M , узагальнена експериментальна залежність швидкості повітря, яка відповідає мінімальним втратам тиску при горизонтальному пневмотранспорті може бути визначена із одержаних експериментальних даних функції $H_M = f_1(v)$, а не $H_M = f_2(v)$.

Показано, що проводити розрахунки опору мережі методом втрат тиску на одиницю довжини матеріалопроводу $H_M' = R_M \cdot L$, як це часто роблять зарубіжні дослідники, зневажаючи втратами тиску на розгін сипкого матеріалу, недоцільно. В цьому випадку величина швидкості повітря v_H' , при якій втрати тиску на 1 м довжини матеріалопроводу R_M досягають мінімального значення не може бути однаковими з v_H , при якій втрати тиску досягають мінімуму величини H_M , враховуючи втрати тиску на розгін матеріалу $H_M = H_M' + H_p$. Це обумовлено тим, що H_p не пропорціональні довжині матеріалопроводу і, при інших рівних умовах, залежать тільки від швидкості матеріалу. Із приведених в дисертації даних видно, що величини v_H' і v_H - різні. Так, $v_H' = 23$ м/с, а $v_H = 18$ м/с.

В дисертації приведені ааналогічні залежності взяті із досліджень Г.Вельшофа, Г.Гастертштадта та Л.Палаї, які підтверджують, що на величину v_H' впливає не тільки G/ω , а і L . Такі дослідження показані в вигляді функції $H_M = R_M \cdot L + H_p$ показали, що v_H не залежать від D в діапазоні 0,05...0,2 м і дорівнює 18 м/с.

Аналіз одержаних даних показав, що на величину v_H впливають такі параметри сипкого матеріалу як швидкість вільного загисання v_S , діаметр частинки d і густина матеріалу ρ_M .

З цілком одержанні узагальнених залежностей для інженерних розрахунків результати привели в критеріальній формі, тобто в безроз-

мірних координатах. З урахуванням сил, діючих на тверду частинку, яка рухається в горизонтальному двухфазному потоці, за один із безрозмірних параметрів був прийнятий критерій Фруда $Fr = v_H / \sqrt{g \cdot d}$.

Якщо швидкість матеріалу, при останніх рівних умовах, визначається швидкістю завісання частинки - то критерій Фруда маємо в вигляді $Fr = v_S / \sqrt{g \cdot d}$.

Другим безрозмірним параметром прийняли величину, яка враховує відношення сил інерції до сил в'язкості повітря, транспортуемого тверді частинки при швидкості v_H , а також сили ваги - $v_H / (v \cdot g)^{0,33}$.

За дослідженнями Г.Ф.Костика, аеродинамічною характеристикою сипкого матеріалу в більшій мірі може бути $v_{Sr} = 1,4 v_S$, а не v_S , де v_{Sr} - швидкість завісання твердої частинки в горизонтальному матеріалопроводі.

Результати обробки експериментальних даних в координатах $v_H / (v \cdot g)^{0,33}$ та $v_{Sr} / \sqrt{g \cdot d}$ в логарифмічній сітці приведені в дисертації, звідки одержано, що ця функція апроксимується рівнянням $v_H / (v \cdot g)^{0,33} = 13 (v_{Sr} / \sqrt{g \cdot d})^{0,75}$ звідки одержано

$$v_H = 13 (v \cdot g)^{0,33} \cdot (v_{Sr} / \sqrt{g \cdot d})^{0,75} \quad |1|$$

Для порівнювання в роботі ця ж залежність приведена, але з урахуванням величини v_S , яка апроксимується рівнянням з якого одержуємо

$$v_H = 34 (v \cdot g)^{0,33} \cdot (v_S / \sqrt{g \cdot d})^{0,55} \quad |2|$$

Після підстановки та перетворень одержаних рівнянь маємо формулу, яка дозволяє з достатньою точністю для інженерних розрахунків визначати необхідну швидкість повітря в горизонтальному матеріалопроводі

$$v_H = 4 + 0,25 \cdot v_S / \sqrt{g \cdot d} \quad |3|$$

На рис.5 приведена залежність зміни втрат тиску при переміщенні суміші / ячмінь - повітря / в залежності від швидкості повітря в матеріалопроводі оснащеному розробленим пневмоприймальним пристроєм. Також показана межа зміни режимів пневмотранспортування від швидкості повітря. Тут: ТЛ - транспорт льотом; ТД - транспорт донами; ТС - транспорт по підстилках; ПІ - транспорт поршнями; ТП - транспорт суцільним потоком.

Для порівнювання величин швидкості повітря, відповідних міні-

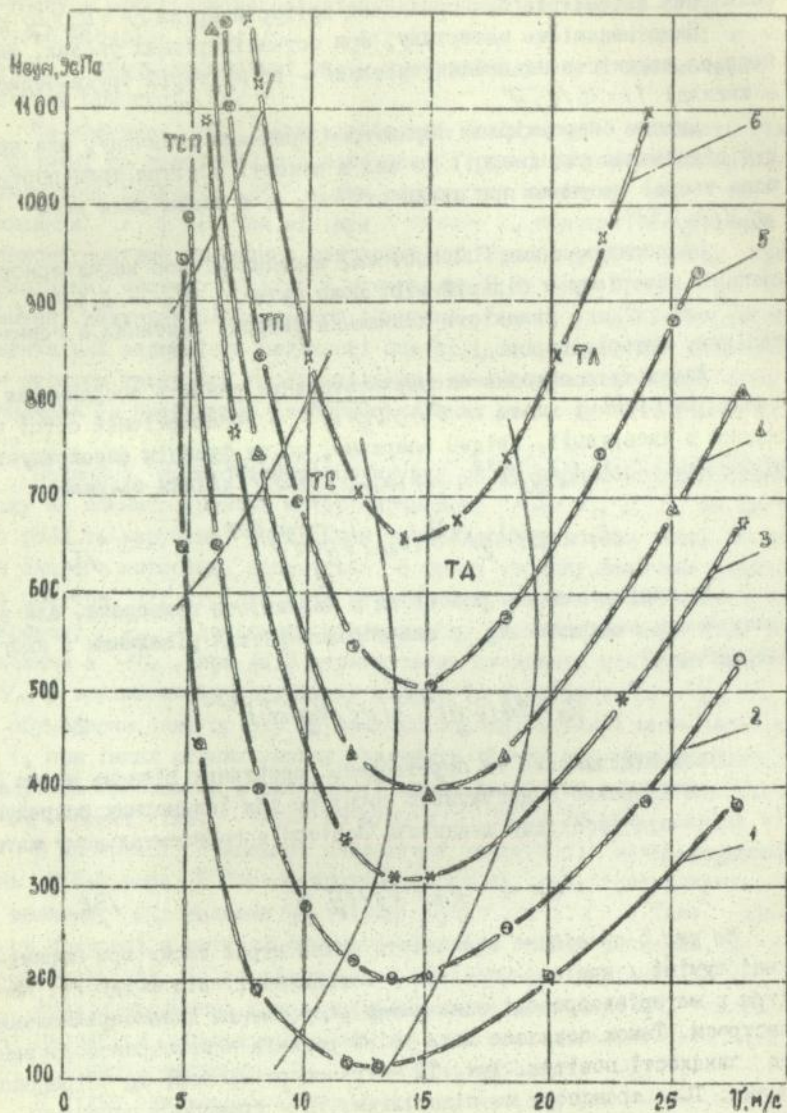


Рис. 5. Зміна H_{cool} від D в залежності від G при транспортуванні ячменю в матеріалопроводі $D = 60$ мм
 1 - $G = 0,15$ кг/с; 2 - $G = 0,4$; 3 - $G = 0,75$;
 4 - $G = 1,0$; 5 - $G = 1,5$; 6 - $G = 2,0$

муму втрат тиску та визначених експериментальним способом і розрахованим за рівняннями /1/, /2/ і /3/ приведена таблиця I.

Табл. I

| № п/п | Матеріал | v_{s_0} м/с | d_0 мм | v_{H_0} м/с | Розрахунок v_H по рівнянням | | |
|----------|----------------------------|------------------|-------------|------------------|----------------------------------|------|------|
| | | | | | 1 | 2 | 3 |
| 1. | Ячмінь | 8,0 | 4,0 | 14,0 | 14,4 | 13,9 | 14,1 |
| 2. | Пшениця | 10,0 | 3,6 | 18,0 | 17,8 | 16,2 | 17,3 |
| 3. | Соя | 12,0 | 7,0 | 15,5 | 15,9 | 14,8 | 16,5 |
| 4. | Картофельна крупа | 4,5 | 1,5 | 13,5 | 13,6 | 13,1 | 13,4 |
| 5. | Бісївки | 2,5 | 1,0 | 11,0 | 10,1 | 10,6 | 10,3 |
| 6. | Полістирол /спінєн- ний | 3,5 | 5,0 | 7,0 | 7,2 | 7,4 | 6,7 |
| 7. | Пшениця /Гастер- штадт/ | 9,5 | 3,8 | 18,0 | 16,6 | 15,5 | 15,4 |
| 8. | Пшениця /Папай/ | 8,4 | 4,0 | 17,0 | 15,0 | 14,3 | 14,6 |
| 9. | Пшениця /Вельюф/ | 8,8 | 3,9 | 16,5 | 15,1 | 14,6 | 15,2 |
| 10. | Пшениця /Флатов/ | 8,4 | 4,0 | 19,0 | 15,0 | 14,3 | 14,6 |
| 11. | Горох /Папай/ | 13,6 | 6,1 | 15,0 | 18,1 | 16,4 | 18,9 |

Аналіз приведених в таблиці даних показує, що розрахункові та експериментальні величини v_H мають достатній збіг за виключенням даних, одержаних при транспортуванні пшениці та гороху, де мають місце декілька завищених розбігів в цих величинах, очевидно, за похибкових значень швидкості завантаження пшениці /8,4 м/с/ і гороху /13,6 м/с/. Якщо при розрахунку v_H прийняти швидкість завантаження по даним довідника, то одержані розрахункові величини будуть приблизно рівні експериментальним значенням v_H .

На основі теоретичних передумов, які ілюстровані графіком, приведеним в дисертації, показано, що шукана нами величина швидкості повітря, відповідної мінімуму витрат енергії може бути описана залежністю

$$v_H = \bar{v}_H - \alpha (G/\omega)^{1/2} \quad /4/$$

На основі теорії розмірності цю функцію приведено до рівняння за допомогою введення в неї величини густини повітря ρ . Експериментально визначено, що в зоні мінімальних значень v_H , які знаходяться в режимі переходу пневмотранспорту із зони "по підстилці" в зону транспорту "поршнями", функціональна залежність

$$v_N = \varphi(G/\omega) \quad /5/$$

практично лінійна.

Результати обробки експериментальних даних пневмотранспорту сипких матеріалів, приведені в табл.2, також підтверджують лінійність функції /5/ і дали можливість визначити параметри α і n залежності /4/. Так, коефіцієнт α однаковий за величиною для всіх досліджених нами сипких матеріалів і рівний 0,012, а показник степеня $n = 1$.

Показано, що другий доданок залежності /4/ повинен включати в себе параметр густини повітря, а не сипкого матеріалу, тому, що базовою величиною цієї залежності являється швидкість повітря v_N , яка залежить від швидкості зависання, на яку вже впливає густина транспортуемого матеріалу, в результаті чого $\alpha = \text{const}$.

Таким чином, розрахункове рівняння для визначення величини швидкості повітря при горизонтальному пневмотранспорті буде мінімальною, приймає вид

$$v_N = v_{N0} - 0,014 \cdot G/\omega \cdot \rho \quad /6/$$

Або, змінюючи величину ρ її значенням для стандартного повітря

$$v_N = v_{N0} - 0,012 G/\omega \quad /7/$$

Формула /6/ справедлива в тих випадках, коли зміною густини повітря можна знехтувати.

Змінюючи v_N в рівнянні /6/ значенням /1/ одержимо

$$v_N = 13(v \cdot g)^{0,33} \cdot (v_{s0}/\sqrt{g \cdot d'})^{0,75} - 0,014 G/\omega \cdot \rho \quad /8/$$

а в рівнянні /7/ значенням /3/ -

$$v_N = 4 + 0,25 \cdot v_s/\sqrt{g \cdot d'} - 0,012 \cdot G/\omega \quad /9/$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА ПОЛОЖЕННЯ

1. В результаті аналізу аналітичних та експериментальних досліджень пневмотранспортних установок горизонтального типу встановлено, що значна частина пневмоприймальних пристроїв не можуть забезпечити стійку роботу пневмотранспортної установки при швидкості повітря, відповідної мінімуму втрат тиску і витрат енергії.

2. Одержані функціональні залежності $v_{сум} = f(G)$ при $G = \text{const}$, для зернистих матеріалів, які відображають границі існування режимів транспортування: транспорт вільном, д-

нами, по підстілкам, поршнями та суцільним потоком.

3. Запропоновано і розроблено прийнятний простір, який дозволяє забезпечити стійку роботу горизонтального пневмотранспорту у всіх його режимах, в тому числі і при мінімальних втратах тиску та витратах енергії.

4. Визначені режими пневмотранспортування, при яких досягається мінімум витрат енергії. Такі режими пневмотранспортування знаходяться в зоні переходу від транспорту "по підстілках" до "поршневого".

5. Одержані аеродинамічні та енергетичні параметри горизонтального пневмотранспорту при всіх можливих режимах, при певних навантаженнях, при рівній швидкості повітря.

6. Одержані рівняння для визначення швидкості повітря, при якій опір матеріалопроводу та витрати енергії відповідають мінімальним значенням. При цьому встановлено, що швидкість повітря, яка відповідає мінімуму опору пневмотранспорту, менше швидкості повітря, при якій має місце мінімум витрат енергії.

7. Річний економічний ефект від впровадження досліджень на одній пневмотранспортній мережі Сімферопольського комбінату хлібопродуктів складає II тис. 348 крб./в цінах 1967 р., при цьому економиться 39528 кВт.г електроенергії.

По темі дисертації опубліковані наступні роботи:

1. Ульяновський А.В., Костюк Г.Ф., Деменко О.Н. Скорость витания гранулированного комбикорма. // Тезисы докл. Респ. конф. молодых ученых и специалистов. Рига, 1980. - С.33.
2. Деменко О.Н., Костюк Г.Ф., Ульяновский А.В. Определение скорости витания частиц цилиндрической формы. // Тезисы докл. IV Всесоюзной конф. "Механика сыпучих материалов", Одесса, 1980. - С.127-128.
3. Ульяновский А.В., Костюк Г.Ф., Деменко О.Н. Пути улучшения работы аэроколовов. // Тез. докл. IV Всесоюзн. конф. "Механика сыпучих материалов". Одесса, 1980. - С. III.
4. Деменко О.Н., Костюк Г.Ф., Ульяновский А.В. Теоретический ЮЦД процесса пневмотранспортирования. // Совершенствование технологического процесса и экономическая эффективность производства комбикормов. - М.: Тр / ВНИИП, 1982. - вып.20, -С.57-59.

5. Ульяницкий А.В., Деменко О.Н., Костюк Г.Ф. Снижение энергоёмкости горизонтального пневмотранспорта. // Совершенствование технологического процесса и экономическая эффективность производства комбикормов. // Тр./ВНИИЦ.-1982.- Вып.20. - С.68-69.
6. Ульяницкий А.В., Костюк Г.Ф., Деменко О.Н. Оптимизация энергозатрат при пневмотранспорте пищевых материалов //Интенсификация процессов и новые технологии переработки, хранения и транспортировки в АПК. - Киев: УМК ВО 1988.- С.62-67.
7. Деменко О.Н., Костюк Г.Ф., Ульяницкий А.В. Скорость воздуха при минимальных потерях давления горизонтального пневмотранспорта //Изв. вузов. Пид. технология - 1988. - № 2. - С.109-111.
8. А.с. № 1567476 /СССР/. Устройство для ввода и регулирования подачи сыпучих материалов в трубопровод. Г.Ф.Костюк, О.Н.Деменко, А.В.Ульяницкий, В.Н.Петров - Опубл. в Б.И., 1990, №20.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Підписано до друку 17.05.93 р. Ф-т 1/16
Об'єм 1,0 д.л. Зак. №252 Тир. 100 екз.
Ротапринт ОТІХП

AB 27.672

AB 27.672