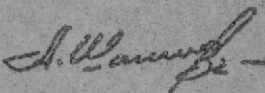


Автор
41-24

ОДЕСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
імені М.В. Ломоносова

На правах рукопису

ШАПОВАЛЕНКО Олег Іванович



НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ
СПРЯМОВАНИХ ПОВІТРЯНИХ ПОТОКІВ В
ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КОМБІКОРМІВ

Спеціальність 05.18.02 - технологія зернових, бобових,
круг'яних продуктів і комбікормів

Автореферат дисертації на здобуття вченого
ступеня доктора технічних наук

Одеса - 1993

Робота виконана в Київському інституті хлібопродуктів

- Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор Дмитрук С.А.
- доктор технічних наук, професор Калиновська О.П.
- доктор технічних наук, професор Кашурин О.Н.

Ведуча організація - Київський проектний інститут "Промзернопроект"

Захист відбудеться "18 червня" 1993 р. с 10⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої ради Д 068.35.01 при Одеському технологічному інституті харчової промисловості ім. М.В. Ломоносова за адресою: 270059, м.Одеса, вул.Свердлова, 112.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі Одеського технологічного інституту харчової промисловості ім. М.В. Ломоносова.

Автореферат розіслано "14 травня" 1993 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради, доктор технічних наук, професор

Б.В. Сторов

с. в. 17065

Одеський технічний інститут харчової промисловості ім. М.В. Ломоносова
БІБЛІОТЕКА

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Ефективність міроприємств, спрямованих на зменшення втрат продукції у вигляді викидів в навколишнє середовище і підвищення пожежовибухобезпеки підприємств, пов'язана перш за все з необхідністю розробки та широкого впровадження ресурсозберігаючих, маловідходних та безвідходних технологічних процесів. Завдання зниження кількості втрат сировини і промислової продукції у вигляді викидів спрямованими повітряними потоками забруднюючих речовин в атмосферу органічно пов'язане з проблемою охорони навколишнього природного середовища. Тому комплексне вирішення цієї проблеми передбачає також розробку маловідходної технології.

В харчовій, зернопереробній, елеваторній та інших галузях промисловості викид пиловидних видів сировини і готової продукції в атмосферу разом з відпрацьованими спрямованими потоками повітря аспіраційних і пневмотранспортних систем приводить до зменшення випуску готової продукції та забрудненню повітряного середовища.

Технологічні процеси комбікормового виробництва супроводжуються інтенсивним утворенням пилоповітряних потоків що попадають в аспіраційні системи, в пилоуловлювачах яких повітря піддається очищенню, після чого з залишками продукції у вигляді пилу викидається в атмосферу. Однією з технологічних операцій, в якій активно використовується повітря є охолодження гранульованих комбікормів. При цьому на охолодження однієї тонни продукції витрачається до 3000 м³ повітря.

Дуже мало праць присвячено питанням оцінки розвитку технологічного процесу з точки зору зниження втрат продукції у вигляді викидів спрямованими повітряними потоками забруднюючих речовин в атмосферу. Розвиток сучасних методів досліджень обумовлює можливість системного узагальнення отриманих раніше результатів і розробки науково-технічних основ використання спрямованих повітряних потоків в технології комбікормів. В зв'язку з цим в основу роботи покладена концепція системних рішень комплексно взаємопов'язаних науково-технічних проблем:

- розробка науково-технічних основ розрахунку кількості втрат продукції у вигляді викидів спрямованими повітряними потоками забруднюючих речовин в атмосферу і планових показників по скороченню атмосферного повітря підприємств системи хлібопродуктів;
- наукове обґрунтування, розробка і практична реалізація маловідходної технології охолодження гранульованих комбікормів, що

забезпечує зниження втрат продукції у вигляді викидів пилу в атмосферу;

вдосконалення аспіраційних систем комбікормових підприємств які забезпечують підвищення їх пожежовибухобезпеки і зникають викиди забруднюючих речовин в атмосферу.

Вирішення викладених проблем набуває народногосподарське значення і являється актуальним. Робота виконувалась відповідно з Державним координаційним планом науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт буднього Міністерства хлібопродуктів СРСР на 1976...1990 р.р. Основний зміст роботи складає частина результатів НДР, виконаних в Українській філії ВНДІКП "Комбікорм" /в даний час Київський інститут хлібопродуктів/, в тому числі:

по програмі буднього ДКНТ СРСР 0.85.04 "Розробити та впровадити методи спостережень, оцінки і прогнозу стану природного середовища, засобів контролю її якості і джерел забруднення, методи екологічного нормування" загальносоюзної науково-технічної програми 0.48 "Охорона природи", етап 3.02, НІ-14;

по науково-технічній програмі тристороннього міжнародного співробітництва з науковими організаціями країн членів будньої РЕВ-Болгарії і НДР по проблемі "Розробка і впровадження засобів вибухопередження і вибухозахисту комбікормових заводів", завдання 02;

по галузевій науково-технічній програмі 0.42.03 "Розробити методи і засоби, що забезпечують поліпшення умов праці підвищення пожежовибухобезпеки хлібоприймальних і зернопереробних підприємств Міністерства заготівель СРСР на 1986-1990 р.р./Охорона праці/", завдання 01 і 03.02.

Мета і завдання досліджень. Метою роботи являється зниження кількості втрат продукції при виробництві комбікормів у вигляді пилових викидів в атмосферу спрямованими повітряними потоками. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні основні завдання досліджень:

визначити кількість продукції у вигляді пилу, що виноситься в аспіраційні системи спрямованими повітряними потоками від технологічного і транспортного обладнання;

розробити науково-технічні основи технології охолодження спрямованими повітряними потоками гранульованих комбікормів, забезпечуючих зниження втрат продукції у вигляді пилових викидів в атмосферу;

вивчити теплофізичні характеристики гранул деяких видів розсіпного комбікорму і пилових фракцій його скремих компонентів;

дослідити кінетику волого- і теплообміну в процесі конвективної сушки при охолодженні гранульованих комбікормів;

визначити ефективність роботи пиловловлювачів, використовуваних на комбікормових підприємствах, розробити пропозиції по підвищенню ефективності очистки спрямованих потоків повітря від пилу;

дослідити режими руху спрямованих пилоповітряних потоків в горизонтальних ділянках повітряпроводів;

визначити герметичність обладнання технологічної лінії гранульованих комбікормів;

здійснити виробничу перевірку результатів досліджень і визначити екологічну ефективність від їх впровадження в промислове виробництво.

Наукова новизна. Розроблена нова методика розрахунку кількості втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу і планових показників по охороні атмосферного повітря на підприємствах системи хлібопродуктів.

На основі теоретичних і експериментальних досліджень розроблена маловідходна технологія охолодження гранульованих комбікормів, що забезпечує зниження кількості втрат продукції у вигляді пилу, які викидаються в атмосферу разом з відпрацьованими спрямованими потоками повітря.

Розроблено спосіб вимірювання основних теплофізичних характеристик /ТФХ/ дисперсних продуктів. Визначені основні ТФХ гранул, деяких видів розсіпного комбікорму та пилових фракцій його скремих компонентів.

Отримані нові залежності, що дозволяють розрахувати теплопровідність і об'ємну теплоємність гранульованого комбікорму в широкому діапазоні його температури і вмісту вологи. Дані по ТФХ гранул використані при встановленні закономірностей сушки в процесі охолодження гранульованих комбікормів.

Отримано узагальнене рівняння сушки при охолодженні гранул і подана узагальнена крива сушки. Розроблена математична модель процесу охолодження гранульованого комбікорму в щільному продуваемому шарі.

Довізна запропонованих технічних рішень, отриманих в результаті виконаних досліджень, підтверджена 15 авторськими свідоцтвами / в тому числі 3 на способи / і 2 запатками на винаходи, на які отримані позитивні рішення ВНДІДПЕ.

Практичне цінність. Вперше розроблені і прийняті до впровадження промисловістю /Державним комітетом України по хлібопродуктах

і бувшим Міністерством хлібопродуктів СРСР/ методична та нормативно-технічна документація:

1. Технологія сушки і охолодження гранульованих комбікормів, виготовлених з використанням води на пресах з кільцевою обертовою матрицею /1980 р./;

2. Рекомендації по підвищенню ефективності роботи обладнання, застосовуваного для охолодження карбамидного концентрату і гранульованих комбікормів /1982 р./;

3. Схема реконструкції аспіраційних установок для типових комбікормових заводів потужності 735, 630 і 250 т/добу /1987 р./;

4. Тимчасова методика розрахунку планових показників по охороні атмосферного повітря зернопереробних підприємств і елеваторів / 1987 р./;

5. Методика розрахунку проектів державних планів по охороні атмосферного повітря підприємств системи хлібопродуктів /1991 р./;

6. Технічна документація на шахтовий охолоджувач для гранульованих комбікормів типу Б6-ДГ2-В /розроблена Ростовським-на-Дону СКБ "Продмаш" по нашим вихідним даним/;

7. Вихідні дані на високоефективні фільтри-циклони і фільтри-насадочні, на основі яких в НДІХІММАШІ розробили технічну документацію на фільтри РЦЕ, а в НДІОГАЗі - на фільтри марки ФРІ, призначені для комбікормових підприємств;

8. Вказівки по проектуванню аспіраційних установок зернопереробних підприємств і елеваторів /1991 р./ в частині, що відноситься до аспірації комбікормових заводів.

Практична цінність розробок відмічена в 1990 році першою і третьою преміями Президії республіканського правління ВНТТ працівників галузі хлібопродуктів по підсумкам республіканського конкурсу "На краю пропозицій, науково-технічну розробку, направлені на підвищення ефективності природоохоронних міроприємств".

Апробація роботи. Основні результати роботи були заслухані і обговорені:

на засіданнях вчених і науково-технічних рад Української філії ВНДІКП і ВНВО "Комбікорм" /1980...1990 р.р./;

на всесоюзних і республіканських науково-технічних конференціях, семінарах, нарадах в м.м.Москві, Києві, Рязі, Одесі, Полтаві, Прилуках, Чернігові, Золотоноші, Шауляї, /1976 ..1989 р.р./;

на науково-технічних конференціях ОТІХП ім.М.В.Ломоносова /1979, 1980, 1990, 1991 р.р./;

на засіданнях Президії Українського республіканського правління ВНТТ працівників галузі хлібопродуктів /1989, 1990 р.р./.

Реалізація результатів досліджень. Наукові результати використані:

при розробці планових показників по охороні атмосферного повітря ряду підприємств, а також на рівні Міністерства хлібопродуктів України і Таджикистану /на 1989р.,1990 р.і період 1991...1995 р.р./;

при переводі шахтових охолоджувачів з традиційної на вдосконалену маловідходну технологію охолодження гранульованих комбікормів значної кількості підприємств, в тому числі: на Болшевському, Київському, Бердичівському, Бориспільському, Воронежському, Прилуцькому, Бендерському, Комратському та інших комбікормових заводах. Крім того в комбікормовому цеху в м.Долна Метрополія /Республіка Болгарія/ по нашим пропозиціям шахтові охолоджувачі переведені з традиційної на вдосконалену маловідходну технологію охолодження гранул;

при проектуванні і впровадженні вдосконалених аспіраційних систем на ряді підприємств, в тому числі в м.м.Бердичеві, Василькові, с.м.т.Гнивань, Советському та інших.

Публікації результатів. По результатах досліджень опубліковано 3 брошури, 27 наукових статей, отримано 15 авторських свідоцтв на винаходи і 2 позитивних рішення ВНДІПЕ на видання авторських свідоцтв.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, основних висновків, списку літератури, що вміщує 268 найменувань. Робота викладена на 258 сторінках машинописного тексту, має 44 таблиці, 69 рисунків, 42 додатка.

На захист виносяться: науково-технічні основи методики розрахунку кількості втрат продукції у вигляді викидів пилу в атмосферу і планових показників по охороні атмосферного повітря підприємств системи хлібопродуктів;

маловідходна технологія охолодження гранульованих комбікормів, забезпечуючих зниження втрат продукції у вигляді викидів в забруднювачих речовин в атмосферу;

закономірності кінетики волого- і теплообміну при охолодженні гранульованого комбікорму;

основні теплофізичні характеристики гранульованого комбікорму; вдосконалені аспіраційні мережі комбікормових підприємств.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступній частині обґрунтована актуальність роботи, її народногосподарська значущість, сформульована мета роботи. Показано, що основні наукові результати отримані при виконанні Державного тема-

тичного плану НДКР бувшого Міністерства хлібопродуктів СРСР в 1976...1990 р.р., в тому числі по загальносоюзним і галузевим науково-технічним програмам, а також по програмі міжнародного співробітництва.

В першому розділі "Сучасний стан використання спрямованих повітряних потоків і охорони атмосферного повітря" приведений аналіз літературних даних, з яких випливає, що втрати продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу приводить не лише до зниження виготовлення кінцевого продукту, але і негативно позначається на стан навколишнього природного середовища і його мешканців, викликаючи в частині населення захворювання, а також зниження врожайності полів, хвороби лісу і т.д. Показана відсутність обґрунтованої методики розрахунку кількості втрат продукції і планових показників по охороні атмосферного повітря підприємств системи хлібопродуктів.

З'ясовано, що значна кількість втрат продукції у вигляді викидів пилу в атмосферу обумовлена неефективною роботою одиночних і батарейних установок циклонів, що входять до складу аспіраційних систем, повітряпроводів яких при певних умовах, можуть бути шляхами розповсюдження вибуху або пожежі у випадках їх виникнення в аспіруємому обладнанні.

В роботах І.Т.Мерко, М.П.Черняєва, В. Мартиненка, *L.M. Kent* та інших авторів докладно розглядаються питання технології переробки зерне, але без врахування впливу технології на кількість втрат продукції у вигляді пилових викидів в атмосферу повітряними потоками.

Приведено огляд робіт, присвячених методам і режимам конвективної сушки і охолодження дисперсних матеріалів, виконаних А.В. Ликовим, О.С. Гінзбургом, О.М.Гришніним, В.І.Кидко, Г.К.Філоненком, В.В.Красниковим, І.Л.Любошицем, Н.Ф.Докучаєвим і М.С.Смирновим, Г.С.Аксельрудом, О.П.Калиновською, А.І.Абрамовим, Н.І.Полуніною, *W. Friedrich, H. Pfost, R. Shultz, E. Sebestien* та іншими авторами, а також робіт, присвячених теплофізичним характеристикам /ТФХ/ основних компонентів комбікормів.

Приведено аналіз даних по пожежовибухобезпеці пилу зернопереробних підприємств. Встановлено, що відсутні прості і наційні засоби, знижуючі можливість розповсюдження полум'я по повітряпроводах аспіраційних систем у випадку виникнення вибуху або пожежі в аспіруємому обладнанні.

На основі аналізу літературних даних і вимог промисловості визначено основні завдання досліджень.

У другому розділі приведено об'єкти, зміст і методики досліджень. Програма проведення досліджень та взаємозв'язок між теоретичними і експериментальними етапами роботи подані на рис. 1. Експериментальні і лабораторно-стендові дослідження виконані в Української філії ВНДІКП ВНВО "Комбікорм".

Режим роботи аспіраційних систем, кількість втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу і пилоповітряна ситуація у виробничих приміщеннях визначені шляхом аеродинамічних та пилових замірів, виконаних стандартними методами.

Дослідження технологічного процесу охолодження гранульованих комбікормів проведено у виробничих умовах Болшевського і Київського комбікормових заводів.

Теплофізичні характеристики гранульованого комбікорму визначали комплексним теплотиметричним способом на експериментальній установці Київського технологічного інституту харчової промисловості. Для вимірювань ТФХ пилу та окремих компонентів комбікормів був розроблений спосіб та виготовлена експериментальна установка. При проведенні дослідів з гранульованим комбікормом використовували продукт з заданим вмістом вологи. По результатах досліджень визначали теплопровідність та об'ємну теплоємність продукту.

Вивчення кінетики процесу сушки і охолодження гранульованих комбікормів, виготовлених на матриці з діаметром отворів 4,7; 7,7; 9,7 мм, здійснювали в лабораторно-стендових умовах. В процесі досліджень використовували комбікорм, виготовлений по рецептах III-2 Укр.І40к, 55-19 Укр.95 к "оф", 1-93 Укр.І45к, 22-23 Укр.І67к та інші.

Дослідження режимів руху спрямованих пилоповітряних потоків на горизонтальних ділянках повітряпроводів проведено на стендовій установці, а герметичність основного обладнання визначена в стендових і виробничих умовах.

Ефективність роботи пиловловлювачів, що входять до складу систем, вивчена у виробничих умовах в м.м. Алітусі, Бендерах, Бердичеві, Воронежі, Івано-Франківську та інших.

Обробка окремих серій дослідів і порівняння розрахункових з заміряними даними виконано на ЕОМ.

Для зручності аналізу і практичного використання експериментальні розрахункові дані і залежності викладені у вигляді формул, графіків і таблиць.

В третьому розділі "Дослідження технологічного процесу виробництва комбікормів з точки зору зниження втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу" викладені результати теоретичних, лабораторно-стендових і виробничих дослідів.

Цей метод дозволив спеціалістам лабораторії технології Української філії ВНДІКП дати об'єктивну оцінку окремим технологічним лініям і цілому технологічному процесу ряду комбікормових підприємств при підготовці пропозицій по їх реконструкції і техперезоборонню.

Аналіз даних по участках виробництва, приведених в томах ГДВ /гранично допустимі викиди/, ряду комбікормових підприємств показав, що найбільша кількість в раг продукції у вигляді забруднюючих речовин викидається в атмосферу аспіраційними системами, які обслуговують лінії охолодження гранульованих комбікормів, кількість яких на заодах України коливається від 1 до 8.

Встановлено, що швидкість руху спрямованого потоку повітря в шахтному охолоджувачі залежить від способу його подачі в установку. Так, в охолоджувачі Д-П, працюючому по традиційній технології, швидкість відпрацьованих потоків повітря в вихідному перетині становить 14,5 м/с, а в установці, працюючій по вдосконаленій технології охолодження - 6,4 м/с.

Для визначення впливу способу подачі повітря в установку при охолодженні гранульованих комбікормів на кількість втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу провели моделювання динаміки процесу виносу продукції із продувального шару гранул. При цьому використовували дані, отримані при охолодженні гранул, виготовлених на пресі з діаметром отворів матриці 4,7 мм, склад фракцій якого був наступним: гранули - 92% /фракція V/, непрогранульована частина комбікорму та пил - 8%, фракційний склад яких розподілявся наступним чином. Фракція I - до 200 мкм - 4%; фракція II - від 200 до 800 мкм - 24%; фракція III - від 800 до 1000 мкм - 23%; фракція IV - від 1000 до 2000 мкм - 49%. Отримали систему рівнянь виду:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial (\varepsilon V)}{\partial x} = 0, \quad 1.1$$

$$\frac{\partial (1-\varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial [(1-\varepsilon)W_T]}{\partial t} = 0, \quad 1.4$$

$$P_T(1-\varepsilon) \left(\frac{\partial W_T}{\partial t} + W_T \frac{\partial W_T}{\partial t} \right) = F_c(1-\varepsilon) \rho \sum_{i=1}^N \varphi_{ij}, \quad 1.5$$

Где ε - об'єм повітря в шарі гранул, м³; $1-\varepsilon$ - об'єм твердої фази /гранул комбікорму, непрогранульованих частинок і пилу/ в охолоджувачі, м³; V і W_T - вектори швидкості відповідно повітря і твердої фази, м/с; g - прискорення вільного падіння, м/с²; F_c - аеродинамічний опір, Па; φ_{ij} - функція, що має значення взаємодії i -ї

фракції мілких частинок та пилу з іншими / $j = 1 \dots N, i \neq j$ / при проходженні i -ї фракцією шару гранул; x - просторова координата по висоті охолоджувача; P_T - щільність твердої фази, кг/м³.

Рівняння по якому можливо визначити кількість мілких частинок продукту і пилу, виносимих в повітряну камеру з продувального шару гранул, в загальному випадку має вид:

$$m(\tau) = \int_0^{\tau} m(0) + \sum_{i=0}^{\tau-1} R^i g(i). \quad 1.6$$

При відомій сумарній кількості мілких частинок продукту та пилу $y(\tau)$, винесених у повітряну камеру із всіх елементарних шарів в момент часу τ система лінійних рівнянь має вигляд:

$$y(\tau) = \langle \int_0^{\tau} V R^i m(0) \rangle + \langle \int_0^{\tau} V \sum_{i=0}^{\tau-1} R^i g(i) \rangle. \quad 1.7$$

Числове моделювання на ЕОМ системи рівнянь /3 /.../ 5 / і / 7 / показало, що запропонована модель достатньо добре описує процеси руху мілких часток продукту, що проходять в центральній /по традиційній технології/ і бокових /по вдосконаленій технології охолодження/ повітряних камерах, в яких спостерігається вертикальний рух спрямованого потоку пилоповітряної суміші до вихідних отворів установки.

Встановлено, що вже через 30с після початку продування повітрям шару гранул наступає усталений режим розподілення кількості та швидкості руху часток продукту та пилу по висоті повітряних камер охолоджувача.

На рис.2 приведені графіки зміни швидкості руху часток продукту та пилу різних фракцій по висоті охолоджувача, із яких видно, що при роботі установки по вдосконаленій технології фракція I виноситься в аспірацію, фракція IV опускається вниз установки, а частки фракцій II і III в нижній частині охолоджувача опускаються вниз, а у верхній - виносяться потоком повітря в аспірацію. При роботі ж по традиційній технології частинки всіх фракцій виносяться відпрацьованим потоком повітря вниз до вихідного отвору.

Лабораторні дослідження підтвердили теоретичні викладки. Встановлено, що основною масою продукту, що виноситься з продувального шару гранул, являються частинки зі середнім розміром менше 600 мкм.

В результаті досліджень по визначенню ТФХ гранул комбікорму одержано рівняння, які дозволяють розрахувати їх теплопровідність і об'ємну теплоємність:

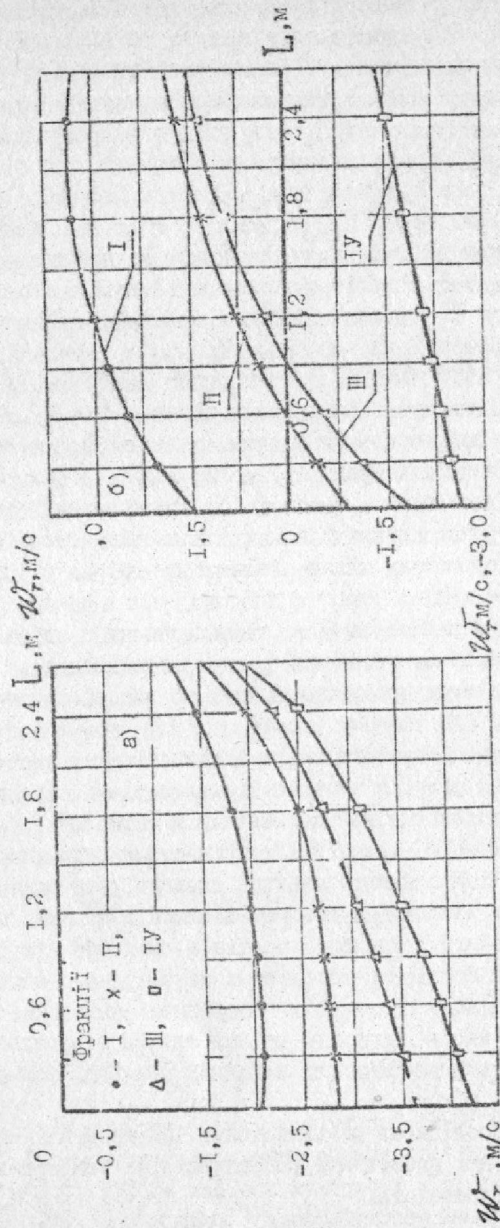


Рис. 2. Зміна швидкості руху часток пилу різної фракції, вивнесених з продувального шару гранул, по висоті охолоджувача в установленому режимі /60,0с/ охолодження по традиційній /а/ та вдосконаленій /б/ технології

$$\lambda = 738 \cdot 10^{-4} - 945 \cdot 10^{-4} W + 142 \cdot 10^{-6} W^2 + 545 \cdot 10^{-7} W \Theta - 161 \cdot 10^{-6} \Theta, \quad 181$$

$$c_p = 396 \cdot 10^{-4} + 190 \cdot 10^{-4} \Theta + 373 \cdot 10^{-4} W, \quad 191$$

де λ - теплопровідність, Вт/(м·К); c_p - об'ємна теплоємність, Дж/(м³·К); W - вміст вологи комбікорму, %; Θ - температура гранул, °С.

Рівняння / 8 / і / 9 / применими для розрахунку ТФХ гранул в діапазоні зміни вологості від 4 до 30% і їх температури від 20 до 80 °С. При визначенні ТФХ по вказаних рівняннях середнє квадратичне відхилення розрахункових даних від експериментальних не перевищує 16%. Визначені також ТФХ пилу і окремих компонентів комбікорму.

Дослідження кінетики волого- і теплообміну при охолодженні гранульованих комбікормів $d = 4,7; 7,7$ і $9,7$ мм і початковим вмістом вологи / W_0^c / гранул /на суху масу/, рівну 16,3...17,6 %, проводили в лабораторно-стендових умовах. Температура повітря / t_0 / при проведенні дослідів складала 6, 12, 23 °С, експозиція / τ / охолодження - 360 ... 600с, умовна швидкість / v^* / повітря - 0,3...0,7 м/с. Аналіз кривих сушки гранул показав, що на них відсутня перша критична точка. Це свідчить про те, що процес охолодження проходить в періоді падаючої швидкості сушки і пояснюється пористою структурою гранульованого комбікорму.

При побудові кривих швидкості сушки необхідно знати величину N_0 - швидкості сушки в початковий момент охолодження. В результаті математичної обробки експериментальних даних отримано рівняння виду:

$$N_0 = A \cdot W_0^c \cdot c_p \cdot t_0^{0,12} \cdot \rho v^* \cdot \lg\left(\frac{h}{d}\right), \quad 1101$$

де A - коефіцієнт, рівний 15,62; ρv^* - масова швидкість повітря, кг/(м²·с); h/d - відношення товщини продувального шару до діаметра гранул.

Встановлено, що коефіцієнт мнс іншої детермінації $R^2_{N_0 W_0 t_0}$ знаходиться в межах 0,543...0,855, тобто N_0 в досліджуваному діапазоні параметрів на 54,3...85,5 % пов'язане з дією факторів, що вивчаються, - початковим вмістом вологи гранул / W_0^c / і температурою охолоджуваного повітря / t_0 / і 14,5...45,7% варіації / $1 - R^2_{N_0 W_0 t_0}$ / не може бути пояснено впливом цих перемінних.

Для визначення тривалості процесу охолодження гранул / в хв. / отримали рівняння виду:

$$\tau = \frac{N_0 [1 + B(\bar{W}_0^c - \bar{W}_i^c)]^2}{N_c} \quad / II /$$

де \bar{W}_i^c - поточний вміст води /на суху масу/ гранул, %; B - коефіцієнт, рівний $597 \cdot 10^{-4}$, 1/%; N_c - швидкість сушки в момент часу τ ($\tau \geq 2$), %/хв.

При розрахунку τ по рівнянню / II / середнє квадратичне відхилення розрахункових даних від експериментальних не перевищує 20%.

Отримано узагальнене рівняння кінетики сушки при охолодженні гранульованих комбікормів виду:

$$\frac{\bar{W}_i^c}{\bar{W}_0^c} = 1 - B N_0 \tau \quad / I2 /$$

На рис. 3 приведена узагальнена крива сушки при охолодженні гранульованого комбікорму. Використовуючи узагальнене рівняння / I2 / або узагальнену криву можливо в досліджуваному діапазоні визначити значення поточного вмісту води гранул для відповідних моментів часу та побудувати криві сушки.

Отримана математична модель, що описує зниження температури і вмісту води гранул в залежності від умов швидкості спрямованих потоків повітря:

$$\bar{\theta}_i = (a_1 \bar{\nu} + a_2) \cdot \bar{\theta}_{i-1} + b_1 \bar{\nu} + b_2 \quad / I3 /$$

$$\bar{W}_i^c = (c_1 \bar{\nu} + c_2) \cdot \bar{W}_{i-1}^c + d_1 \bar{\nu} + d_2 \quad / I4 /$$

де $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2$ - параметри моделі.

Значення параметрів рівнянь / I3 / і / I4 / отримані при рішенні на Е.М. Середнє квадратичне відхилення експериментальних даних від розрахункових, врахованих по рівняннях / I3 / і / I4 /, не перевищує 10%, а для літературних /отриманих у ВдДІЗі при охолодженні гранульованого комбікорму/ - 13%.

Результати теоретичних, лабораторних і виробничих досліджень дали можливість розробити вдосконалену маловідходну технологію охолодження гранульованих комбікормів, забезпечуючи зниження втрат продукції у вигляді стисненого виносу в аспірацію пилу і испарів, зменшення втрат корму і наступного ліквіду забруднюючих речовин в атмосферу разом з стисненим з центробіжних пыловловлювачів спрямованими потоками повітря. На рис.4 приведена схема установки ДП-П після переведення з традиційної на вдосконалену маловідходну технологію охолодження гранул. Розроблені рекомендації по її застосуванню, виконання яких забезпечує зниження кількості продукту, що виводиться відпрацьованим спрямованим потоком повітря в аспірацію і зменшення викиду забруднюючих речовин в атмосферу.

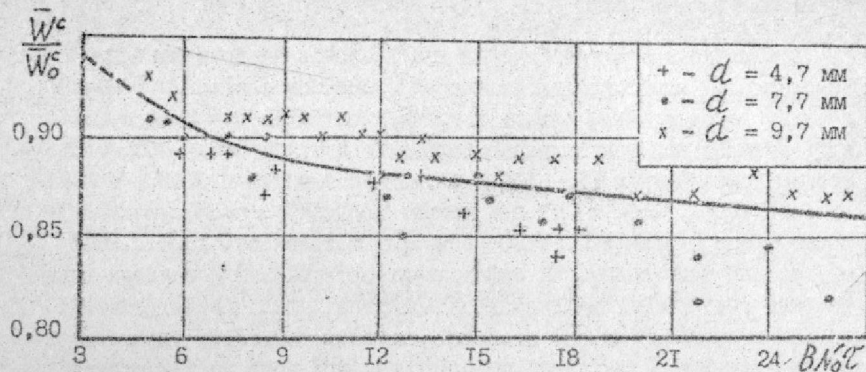


Рис.3. Узагальнена крива сушки при охолодженні гранульованого комбікорму $\bar{\nu} = 0,3...0,7$ м/с; $\bar{t}_0 = 6...23^\circ\text{C}$; $\varphi = 70...81\%$

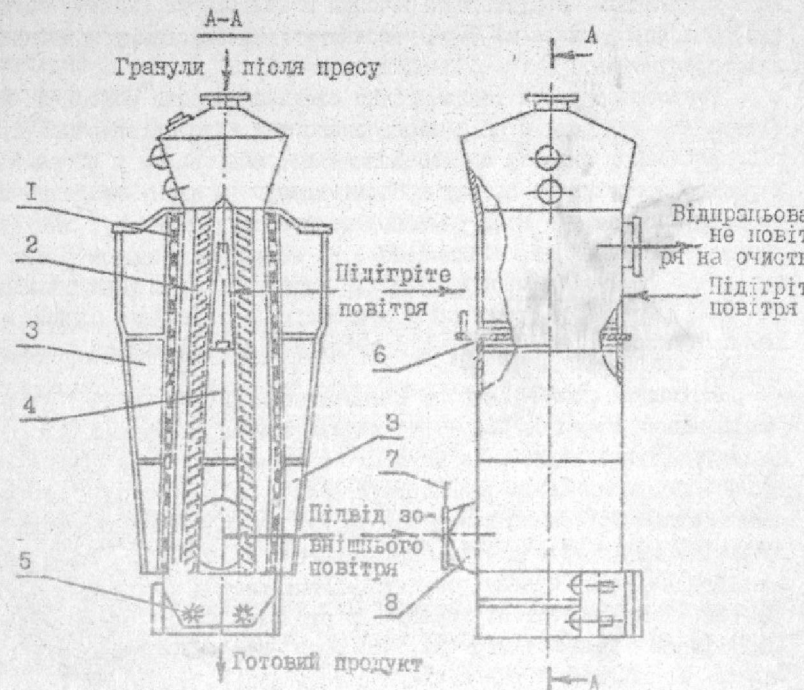


Рис.4. Схема установки ДП-П після переведення на вдосконалену маловідходну технологію охолодження гранул. 1-ситові і 2-зальозійні перегородки; 3-сокові і 4 - центральні повітряні камери; 5 - розгрузочне обладнання; 6, 7 - засувки; 8-дизуэр.

В. О. 17065

Український технологічний інститут машинової промисловості

Розроблено технологію сушки та охолодження гранульованих комбікормів, виготовлених на пресах з обертовою кільцевою матрицею і з використанням питної води як пластифікатора процесу. Її суть складається в продуванні гранул на протязі 360...480с теплоносієм температурою 65...100°C і умовною швидкістю 0,45 м/с в кількості 2000...3600 м³ на одну тону продукту з послідовним охолодженням протягом 240...480с повітрям в кількості 1000...2000 м³/год. на одну тону. Як сушильно-охолоджувальні установки використані серійно виготовлявані охолоджувачі, які реконструйовано по нашим пропозиціям. Це дозволило знизити швидкість спрямованого потоку повітря в вихідному отворі сушильної зони до 9,2 м/с, а охолоджувальної - до 5,5 м/с, що забезпечило зменшення кількості пилу і непрогранульованої частини продукту, яка виноситься в аспірацію із робочої зони разом з відпрацьованим повітрям і зниження маси викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Вказана технологія була впроваджена на Чернігівському і Казанському комбінатах хлібопродуктів.

Розроблена також технологічна схема отримання розсипних комбікормів з м'ясою, в якій передбачено потік пилоповітряної суміші, пройшовшої очистку в пиловловлювачі, направляти у вигляді поперечно закрученого потоку в м'ясопрові, в якому частинки пилу, продовжуючи разом з повітрям обертовий поступальний рух назустріч рухомому шару м'яса, стикаються з її поверхневим шаром і поглинаються ним, тобто проходить очистка спрямованого потоку повітря від пилу перед його викидом в атмосферу, а збагачена цінним кормовим продуктом м'яса поступає в змішувач, де змішується з комбікормом.

Виробничі дослідження по визначенню кількості пилу і непрогранульованих частинок корму, що виносяться спрямованими повітряними потоками в аспірацію із шахтних охолоджувачів типу ДГ-П і Б6-ДГВ/2, працюючих як по традиційній, так і по розробленій удосконаленій технології охолодження, проводили на ряді комбікормових підприємств. Результати досліджень приведені в табл.1, з якої видно, що середня кількість непрогранульованих часток комбікорму та пилу, відходять в аспіраційні мережі від охолоджувачів, працюючих по традиційній технології на 40...45% вище, ніж при охолодженні гранул по удосконаленій маловідходній технології. При цьому кількість втрат продукції у вигляді пилових викидів в атмосферу після очистки повітря в пиловловлювачах, обслуговуючих одну лінію охолодження

складають: в м.Алітусі /традиційна технологія/ - 6,1...16,36 т/рік, в м.Бердичеві /традиційна- 12,75...13,38 т/рік, в м.Чернігові /традиційна/ - 9,21...14,53 т/рік, в м.Болшево /вдосконалена технологія/ - 2,92...3,59 т/рік, в м.Києві /вдосконалена/ - 5,08...6,38 т/рік, в м.Борисполі /вдосконалена/ - 2,58...5,41 т/рік, в м.Прилуки /вдосконалена/ - 2,41...4,02 т/рік, в м.Бердичеві /вдосконалена/ - 3,1...4,02 т/рік.

Таблиця І.

Результати виробничих досліджень по визначенню кількості пилу, що відходить від охолоджувачів і викидається в атмосферу

Назва комбікормового заводу	Технологія охолодження	Тип пиловловлювача	Середня кількість пилу	
			випусненого із зони охолодження, г/м ³	викинутого в атмосферу, мг/м ³
Алітуський	традиційна	4БЦП-500	9,07	137
Бердичівський	традиційна	4БЦП-450	9,20	191
Чернігівський	та сама	ЦОЛ-6	9,42	158
Болшевський	вдосконалена	4БЦП-450	5,06	27
Бориспільський	вдосконалена	4БЦП-500	5,10	48
Київський	та сама	ЦОЛ-12	5,64	70
Прилуцький	та сама	4БЦП-500	5,4	40
Бердичівський	та сама	4БЦП-550	5,1	50

Встановлено, що кількість продукції у вигляді пилу, що виносяться спрямованими повітряними потоками в аспіраційну систему із охолоджувача, працюючого по традиційній технології, складає в середньому 9,2 г/м³, а по удосконаленій маловідходній - 5,3 г/м³ повітря. При цьому кількість втрат продукції у вигляді забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферу після очистки від рясеного повітря в центробіжних пиловловлювачах, обслуговуючих маловідходну технологію охолодження, в 2,5 рази менше, ніж обслуговуючих традиційну технологію.

Отже і збитки, нанесені навколишньому природному середовищу від забруднення атмосферного повітря комбікормовим пилом при роботі по маловідходній технології охолодження гранул, в скільки ж разів нижче.

Узагальнення відомостей, викладених в даному розділі, дозволило зробити висновок про необхідність проведення в перспективі досліджень, направлених на розробку безвідходної технології охоло-

дження гранульованих комбікормів, яка б повністю виключила втрати продукції у виді викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

В четвертому розділі "Дослідження спрямованих повітряних потоків системою аспірації комбікормових підприємств" показано, що надіючих комбікормових підприємствах не всі аспіраційні системи працюють ефективно, а низький рівень герметичності технологічного і транспортного обладнання спонукає попадання пилу в виробничі приміщення.

На основі досліджень по визначенню ефективності роботи аспіраційних систем, проведених у виробничих умовах вітчизняних і зарубіжних комбікормових заводів і аналізу їх компоновочних рішень, вивчили три основні завдання, які необхідно вирішити: це зниження втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу; поліпшення санітарно-гігієнічного стану виробничих приміщень; підвищення пожежовибухобезпеки аспіраційних систем.

В результаті досліджень, виконаних у виробничих умовах отримано узагальнені дані по ефективності роботи різних типів пиловловлювачів, що входять до складу аспіраційних систем, обслуговуючих обладнання технологічних ліній ряду комбікормових заводів. Встановлено, що використання батарейних установок циклонів обумовлює значну кількість втрат продукції у вигляді пилових викидів в атмосферу від 30 до 970 мг/м³ повітря / табл.2. /.

Для рішення першого завдання на основі виробничих досліджень, аналізу літературних даних, проспектів і каталогів зарубіжних фірм на фільтри нами розроблені вихідні вимоги на фільтри-циклони і фільтри насадочні, призначені для підприємств комбікормової промисловості. Використовуючи ці вихідні вимоги в НДІХІММАШІ розробили технічну документацію на фільтри-циклони типу РЦЕ, а в НДОГАЗІ - на фільтри типу ФРІ. В 1992-1993 р.р. намічено провести випробування дослідних зразків розроблених фільтрів.

По нормативам кількість повітря, підсмоктуваного в циклоні через пиловий затвор не повинно перевищувати 160 м³/год, але на практиці ця величина в 2...4 рази більше. Така кількість підсмоктуваного повітря викликає високі / 4 м/с і більше / швидкості його висхідних потоків в вихідних отворах конусів циклонів, а це забезпечує звихрювання уловленого пилу, виніс із циклону і викиди в атмосферу значної кількості продукції у вигляді забруднюючих навколишнє середовище речовин, т.я. швидкість витання тонкодисперсних часток корму і його компонентів складає 0,8...3,5 м/с.

Таблиця 2

Ефективність роботи пиловловлювачів, встановлених в аспіраційних системах різних технологічних ліній комбікормових заводів / середні значення /

Назва технологічних ліній	Тип пиловловлювача	Назва вловлюваного пилу	Витрата повітря, м ³ /год	Запиленість повітря, мг/м ³ до пиловловлювача	Запиленість повітря, мг/м ³ після пиловловлювача
Борошнистої сировини	4БЦШ-400	висівки	1280	4350	87
Борошнистої сировини	4БЦШ-400	трав'яне борошно	1280	4100	90
Мінеральної сировини	4БЦШ-400	вапнякове борошно	1280	6000	970
Зернової сировини	4БЦШ-300	зернова	2268	5000	60
Збагачення	4БЦШ-300	премікси	2350	1040	260
Дозування і змішування	4БЦШ-450	комбікормова	3350	4800	120
Борошнистої сировини	2х2УЦ-700	висівки	4460	4600	59,8
Зернової сировини	2х3УЦ-650	зернова	6070	3000	30
Мінеральної сировини	2х4УЦ-600	крейда	7550	4901	502
Мінеральної сировини	3УЦ-600	премікси	2350	8160	280
Готової продукції	2х4УЦ-550	комбікормова	6700	9300	93
Борошнистої сировини	Г4-ІБМ-90	висівки	14300	37500	15
Мінеральної сировини	Г4-ІБМ-90	крейда	10000	22000	22
Подрібнення	Г4-ІБМ-60	борошно	5500	10909	24
Готової продукції	Г4-ІБМ-60	комбікормова	5500	6133	9,2
Міцності готової продукції	РЦ	борошно	18780	5230,8	6,8
Дозування і змішування	РЦ	комбікормова	5750	3030	4,5

Тому розроблено також пилоловлювач, в якому забезпечено зниження кількості повітря підсмоктуваного через шлюзовий затвор.

Для рішення слідуючих двох завдань розробили вдосконалені експериментальні аспіраційні системи, які були змонтовані на Київському і Бердичівському комбикормових заводах. Схеми двох таких систем приведені на рис. 5 і 6.

Система /див. рис.5/ аспірує на Київському заводі норії, а дробарки, після яких подрібнений продукт попадає на норію через самоплив, об'єднуючий їх між собою. Особливістю цієї аспіраційної системи являється вертикальне і нахилене розташування повітряпроводів, які з'єднуються в одній збірній коробці, а також застосування швидкодіючих засувок У2 - БЗБ системи локалізації вибуху.

На Бердичівському комбикормовому заводі для аспірації наддробарних бункерів вжили аспіраційну систему /рис.6/, в якій використані спеціально розроблені вогнеперешкоди.

На основі виконаних досліджень розробили основні вимоги до компоновки аспіраційних систем.

В горизонтальних ділянках повітряпроводів аспіраційних систем часто має місце осадження часток пилу і навіть їх закупорка, що знижує ефективність роботи аспірації. Тому визначили режими руху пилоповітряних потоків в горизонтальних ділянках аспіраційних систем. Встановлено, що зі збільшенням вологості пилу підвищуються її аутогезійні властивості. При цьому пил грудкується, змінюється його дисперсний склад, що викликає необхідність збільшення швидкості повітря до величини, при якій починається зрив його осадку. З метою зниження впливу сил адгезії і аутогезії на швидкість повітря, при якій проходить зрив і винесення осадку пилу, проводили дослідження з застосуванням механічних коливань повітряпроводу.

Наслідки досліджень показали, що застосування вібрації горизонтальної частини повітряпроводу дозволяє на 30...40% знизити швидкість повітря, при якій починається зрив осадку пилу.

Використання вібрації при нахилу повітряпроводу на $\pm 5...10^\circ$ по відношенню до горизонтальної площини дозволило знизити на 40...55% швидкість повітряного потоку, при якому здійснюється і винесення осадку пилу.

На основі висновків досліджень розроблені рекомендації, дотримання яких дозволяє знизити імовірність відладання пилу в горизонтальних ділянках повітряпроводів і підвищити ефективність

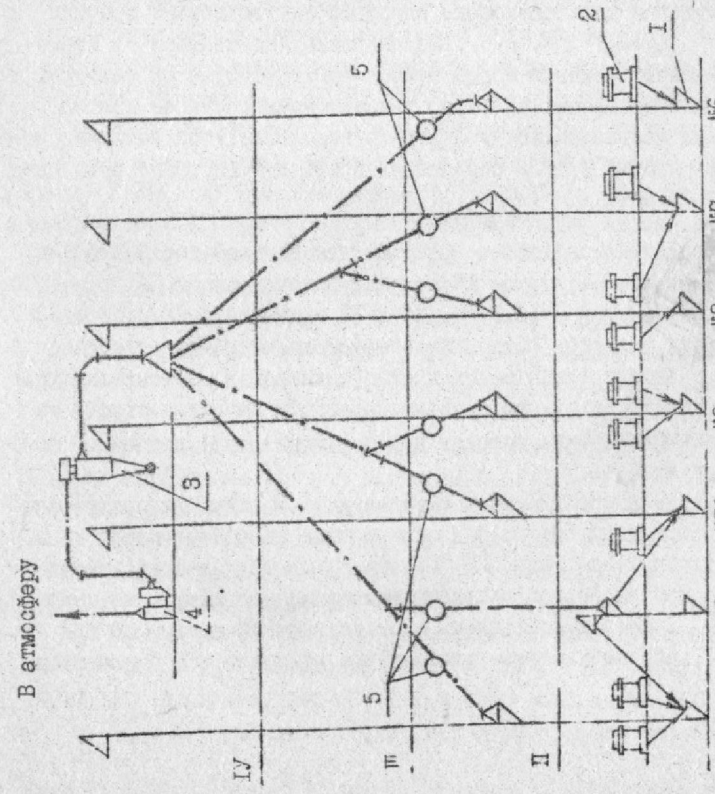


Рис. 5. Схеми експериментальної системи аспірації норії і дробарки Київського комбикормового заводу

1 - норія П-50; 2 - дробарка ДДМ; 3 - багарафна установка пилонів 4УЛ-СОО; 4 - вентилятор Ш 9-40 №0; 5 - швидкодіюча засувка У2-БЗБ системи локалізації вибуху

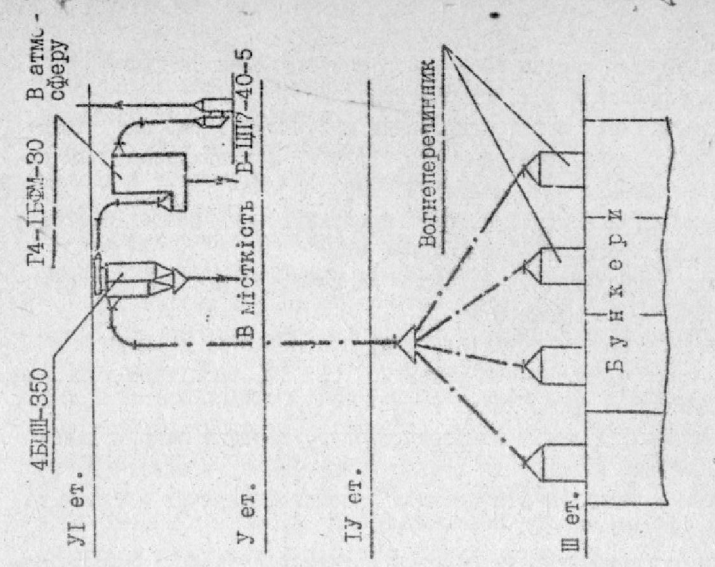


Рис. 6. Схеми аспіраційної системи № I наддробарних бункерів Бердичівського комбикормового заводу

роботи аспіраційних систем за рахунок застосування наступних режимів руху направлених потоків повітря:

на технологічній лінії підготовки мінеральної сировини швидкість повітря повинна бути не менше 21 м/с, а з використанням вібрації повітряпроводу – не менше 11 м/с;

на технологічній лінії готової продукції – не менше 16 м/с, а з використанням вібрації – не менше 9 м/с;

на інших технологічних лініях – не менше 14 м/с, а з використанням вібрації – не менше 8 м/с,

параметри вібрації повітряпроводу необхідно підтримувати в наступних межах: частота – на рівні 20...25 Гц, амплітуда коливання – від $8 \cdot 10^{-4}$ м до $10 \cdot 10^{-4}$ м;

горизонтальну ділянку повітряпроводу у випадку використання вібрації необхідно виконувати вільно підвішеною і з'єднати її з вертикальними і похилими ділянками з допомогою гнучких вставок із гуми чи брезенту.

Визначена герметичність основного технологічного і транспортного устаткування комбикормового виробництва, збудовані графіки залежності $Q_H = f(H)$. Встановлено, що найменш герметичною складовою частиною норій І-20, П-50, П-100 є їх башмаки. Для визначення кількості повітря, просмоктуваного через нецільності складових частин норій Q_H в залежності від величини розрідження в укрітті H побудовані графіки і одержано рівняння вигляду:

$$Q_H = \mu \sqrt{H}$$

де μ – дослідний коефіцієнт, рівний: для головок норій П-50 – 27,5; башмаків – 45,4; труб – 17,2; для головок норій П-100 – 17,3; башмаків – 53,9; труб – 10,9, а для І-20, відповідно, 15,3; 32,0; 12,0.

В п'ятому розділі "Виробнича перевірка висновків досліджень" показано, що вдосконалена маловідходна технологія охолодження гранульованих комбикормів, яка пройшла перевірку на Болшевському та Київському комбикормових заводах в різні пори року, продемонструвала її ефективність.

Прийнятні випробування установки для охолодження гранульованих комбикормів типу Б6-ДР2-В/2, розроблені на основі наших досліджень Ростовським-на-Дону СКБ "Продман", проводили спеціалісти Харківської МВС на Бориспільському експериментальному комбикормовому заводі. Висновки досліджень охолоджувача показали, що при його роботі забезпечувалась технологічна ефективність охолодження

гранул /табл.3/.

Збереження в виробничих умовах дослідної партії гранульованих комбикормів, охолоджених по маловідходній технології показало, що значних змін якості у зрівнянні з контрольною партією не спостерігалось і комбикорм був придатний для згодовування сі: зькогосподарським тваринам.

Виробнича перевірка розроблених аспіраційних систем, проведена на ряді комбикормових підприємств підтвердила її ефективність.

Проведені в ході виробничої перевірки дослідження показали, що з матеріальних потоків разом з відпрацьованим повітрям в системі аспірації вносяться цінні кормові компоненти комбікормів. Так, на Прилуцькому КХП в аспірацію, обслуговувану обладнанням лінії готової продукції /рецепт К 55-10/36/, вносяться компоненти, вміщуючі сирого протеїну 14,32 % /в пробі розсипного комбікорму – 1,78 %/, кальцію – 3,5 % /0,4%/, фосфору – 1,0% /0,8%/, марганцю – 0,18 кг/т /0,3 кг/т/, при охолодженні гранул рецепту ПК 5-4/2 вноситься продукція з вмістом сирого протеїну – 15,48% /16,95%/, кальцію – 5,2% /2,2%/, фосфору – 1,1% /0,9%/, марганцю – 0,16 кг/т /0,26 кг/т /; на Переяславському КХП з розсипного комбікорму рецепту ПК І-25/4 вноситься продукція з вмістом сирого протеїну – 8% /9,04%/, кальцію – 4,9% /3,6%/, фосфору 1,1% /1,3%/, марганцю – 0,21 кг/т /0,1 кг/т/, при охолодженні гранульованого комбікорму того самого рецепту вноситься продукція з вмістом сирого протеїну – 7,24% /8,1%/, кальцію – 9,2% /3,2% /, фосфору – 1,6% /0,6%/, марганцю – 0,12 кг/т /0,19 кг/т/, на Бердичівському заводі при охолодженні гранульованого комбікорму рецепту К 55-10/9 вноситься продукція з вмістом сирого протеїну – 10,42% /11,04%/, кальцію – 0,3% /0,4%/, фосфору – 0,4% /0,7%/, марганцю – 0,1 кг/т /0,3 кг/т/, із розсипного комбікорму рецепту ПК І-18/9 вноситься продукція з вмістом сирого протеїну – 20,49% /13,13%/, кальцію – 0,3% /2,4%/, фосфору – 0,7% /0,7%/, марганцю – 0,2 кг/т /0,1 кг/т/. На Калитинському заводі при виробництві премікса рецепту П І-2 в аспіраційну систему вносяться вітаміни В₂ – 0,1 кг/т /0,1 кг/т/, вітамін В₆ – 0,01 кг/т /0,2 кг/т /, марганцю – 0,3 кг/т /0,1 кг/т/.

Визначення кількості перелічених вище компонентів проведені в Українській виробничій лабораторії комбикормової промисловості і захисту хлібних запасів.

Економічний ефект від застосування вдосконаленої маловідходної технології охолодження гранульованих комбикормів на 19 комбикормових підприємствах України в 1990 році склав 303,6 тис.крб.

Річний економічний ефект від застосування розроблених вдос-

Результати прийомних спробувань вдосконаленої охолоджувальної устатковки БВ-ДІЗ-В/2 на Бориспільському експериментальному заводі

№ досліду	Діаметр шворіт-матриці, мм	Продуктивність, т/год	Показники якості гранул				Температура повітря в печі, °C	Тривалість роботи, год.	Кількість виготовлених гранул, т			
			після пресу, %	зміст, %	температура, °C	вологість, %						
1	4,7	8,1	13,1	66	12,9	16	6,3	0,550	2,7	13	40	324
2	4,7	8,5	11,2	78	10,8	16	20,1	0,626	10,4	12	8	65
3	4,7	5,6	11,6	75	11,0	18	4,2	0,638	1,1	13	20	112
4	7,7	9,0	12,1	68	11,1	18	8,2	0,568	4,1	12	5	45
5	9,7	9,7	13,-	66	12,4	17	6,8	0,573	3,3	12	4	39
6	12,7	11,0	12,0	70	11,2	19	7,6	0,566	3,6	13	3	33

конталених аспіраційних систем на Бердичівському комбикормовому заводі склав 10,1 тис.крб / в цінах 1991 р. /.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що існують взаємозв'язки між режимами, видами технологічних операцій і кількістю пиловидних часток продукції, що виносяться повітрям в аспіраційні системи, які в лінії подрібнення сировини складають 40...90 г/м³ повітря.

2. Виявлено, що при механічному транспортуванні матеріальних потоків компонентів комбикормів і готової продукції найбільша кількість продукту виносяться повітрям в аспіраційні системи при його переміщенні норіями. Ця величина складає в середньому 22,8 г/м³ повітря.

3. Встановлено, що при виробництві комбикормів і преміксів із матеріальних потоків виносяться повітрям в аспіраційні системи цінні кормові компоненти, вміщуючі сирий протеїн, кальцій, фосфор, марганець, вітаміни в кількостях близьких або перебільшувати їх надходження в вихідному продукті.

4. Встановлено, що знизити кількість втрат продукції і зменшити величину забруднення навколишнього природного середовища при виробництві комбикормів можливо за рахунок поліпшення технології, зміни режимів взаємодії матеріальних і повітряних потоків, пропуску запиленого повітря через вологоподібні в'язучі компоненти, застосування розроблених режимів сушки і охолодження гранул.

5. Науково обгрунтовані та експериментально підтверджені шляхи поліпшення технології охолодження гранул, полягають в необхідності зміни конструкції шахтного охолоджувача і напрямку руху в ньому охолоджувачих потоків повітря. Розроблена і впроваджена маловідходна технологія охолодження спрямованими повітряними потоками гранульованих комбикормів, забезпечуюча зниження кількості втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Встановлено, що кількість продукції у вигляді пилу, який виносяться в аспірацію разом з відпрацьованим повітрям із охолоджувача працьового по традиційній технології, складає в середньому 9,2 г/м³ повітря, а по вдосконаленій маловідходній технології 5,3 г/м³.

6. Визначені основні теплофізичні характеристики гранул деяких видів розсиного комбикорму і пилових фракцій його окремих компонентів. Отримані рівняння для розрахунку теплопровідності та об'ємної теп.ємкості гранульованого комбикорму.

7. Встановлені закономірності кінетики волого- і теплообміну при охолодженні гранульованих комбікормів. Отримано узагальнене рівняння сушки при охолодженні гранул і приведена узагальнена крива охолодження, які дозволяють відтворити сімейство кривих сушки без проведення тривалих трудомістких експериментів з достатньою для інженерних розрахунків точністю. Виявлено, що розроблена маловідходна технологія охолодження гранульованих комбікормів не погіршує якісні показники готової продукції.

8. Запропонована технологія виробництва розсипних комбікормів, забезпечуюча зниження втрат продукції у вигляді викидів забруднюючих речовин в атмосферу за рахунок обробки в меляспроводі повітря, вміст якого після очистки в пилоловлювачі частки продукту та пилу.

9. Встановлено, що використовувані в системах аспірації комбікормових підприємств одиночні і батарейні установки циклонів працюють неефективно. Підготовлені вихідні вимоги на розробку високоєфективних фільтрів типу РЦЕ і ФРІ, які призначені для комбікормової промисловості. Запропоновані режими руху спрямованих потоків повітря, як з приміненням вібрації, так і без неї. Визначена герметичність основного технологічного і транспортного устаткування.

10. На основі проведених досліджень розроблені: методика розрахунку кількості втрат продукції і планових показників по охороні атмосферного повітря підприємств системи хлібопродуктів;

технологія сушки і охолодження гранульованих комбікормів, виготовлених з використанням води на пресах з обертовою кільцевою матрицею,

схеми реконструкції аспіраційних установок для типових комбікормових заводів потужністю 735, 670, 250 т/добу;

вказівки по проектуванню аспіраційних установок з нормальними обладнаннями для підприємств по збереженню і переробці зерна, в частині, що торкається комбікормових заводів;

підготовлені вихідні дані на розробку високоєфективних фільтрів для комбікормової промисловості. Розроблені і впроваджені аспіраційні системи з елементами, забезпечуючими підвищення їх пожево-бухобезпеки.

11. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень в промислове виробництво складає 743,7 тис. крб./в цінах 1991 року/.

По темі дисертації опубліковані наступні роботи:

I. Совершенствование технологического процесса комбикормового завода как объекта автоматизации /В.Б.Ільчук, О.І.Шаповаленко,

П.А.Коваль, О.Т.Балацький//Научно-техн. реф. зб., сер.:Комбікормо-пром-сть, М.,ЦНДІТМІ Мінзату СРСР. - 1977. - №2. - С. 16-19.

2. К вопросу лучшего использования мощностей комбикормовых предприятий /В.Ільчук, О.Шаповаленко, О.Балацький, О.Прохоров//Борошномельно-елеваторна і комбікормова пром-сть. - 1978. - № II. - С. 37 - 38.

3. Охлаждение гранулированных комбикормов / О.Шаповаленко, Б.Пікус, В.Тараканов, В.Малінін// Борошномельно-елеваторна і комбікормова пром-сть. - 1979. - № 12. - С. 33.

4. Шаповаленко О.І. Теплофизические характеристики гранулированного комбикорма //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сті. - 1983. - Вып. 22. - С. 79-83.

5. Шаповаленко О.І. К вопросу охлаждения гранулированных материалов /Тезиси доповіді Всесоюз. наук. конф.: Процессы и оборудование для гранулирования продуктов микробиологического синтеза. - Тамбов, 1984. - С. III - 112.

6. Шаповаленко О.І. Кинетика теплообмена при сушке и охлаждении гранул //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сті. 1985. - Вып. 26. С. 90 - 95.

7. Шаповаленко О.І., Новікова В.О. Охлаждение гранулированных комбикормов. //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сті. - 1985. - Вып. 27. - С. 75 - 77.

8. Шаповаленко О.І., Новікова В.О., Пікус Б.І. Производственный опыт охлаждения гранулированных комбикормов/ Экспрес-інф., сер.: Комбикормовая пром-сть. Пути улучшения качества комбикормов. - М., 1985. - вып.3. - С. 1-7.

9. Бондарчук В.Г., Шаповаленко О.І. Состояние герметичности норий //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сть. - 1986. - Вып. 28. - С. 42-44.

10. Герметичность некоторых видов оборудования комбикормовых предприятий /О.І.Шаповаленко, Л.Я.Дяченко, В.Г.Бондарчук, З.І.Горбенко //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сті. - 1986. - Вып.28. - С. 89 - 92.

11. Шаповаленко О.І. Построение кривых сушки и охлаждения гранулированных материалов /Тезиси доп. респ. науч.-техн. конф.: Разработка прогрессивных способов сушки различных материалов и изделий на основе теории тепло- и массопереноса в процессах сушки. - Київ, 1987. - С. 61.

12. Исследование формирования и движения пылевоздушных потоков в воздуховодах /О.І.Шаповаленко, Л.Я.Дяченко, В.Г.Бондарчук, С.В.Сергеева //Тр./ВНДІ комбікорм. пром-сті. - 1987. - Вып. 30. - С. 83 - 87.

13. Шаповаленко О.І., Бондарчук В.Г. Основы расчета плановых показателей по охране атмосферного воздуха /Экспрес-інформ., сер.: Комбікормова пром-сть. - М., 1988. - Вып. 9. - 40с.

14. Балацкий О.Т., Шаповаленко О.І. Метод оценки технологического процесса комбикормового завода //Тр./ВНДІ комбікорм.пром-сті. - 1988. - Вып. 32. - С. 62 - 65.

15. Бернадин О.Ф., Шаповаленко О.І., Сергеева Е.В. О влиянии воздуха в башмаках норий на концентрацию пыли в воздуховодах //Тр./ВНДІ комбікорм.пром-сті. - 1988. - Вып. 32. - С. 77-80.

16. К вопросу реконструкции аспирационных установок на комбикормовых предприятиях /О.І.Шаповаленко, Л.Я.Дяченко, В.Г.Бондарчук, З.І.Горбенко // ВНДІ комбікорм. пром-сті. - 1988, - Р п. 32. - С. 74 - 77.

17. В атмосферу-чистый воздух /О.Шаповаленко, В.Бондарчук, Е.Сергеева, П.Сідарас, В.Щолков /Комбікормова промисловість. - 1989. - № 2. - С. 42 - 43.

18. Временная методика расчета плановых показателей по охране атмосферного воздуха зерноперерабатывающих предприятий и элеваторов /Разработана Укр.філіалом ВНДІКП ВНВО "Комбікорм"/О.І.Шаповаленко, В.Г.Бондарчук, -М.: ЦНДІТЕІ Мінхлібопродуктів СРСР. - 1989. - 40с.

19. Термизация башмака норий /О.Бернадин, О.Шаповаленко, Е.Сергеева, М.Новіков і інші// Комбікормова пром-сть. - 1989. - № 6. - С. 41 - 42.

20. Шаповаленко О.І. Моделирование процесса охлаждения гранулированных комбикормов /Тезисы доповіді Всесоюз.научно-техн. конф.: Процессы и аппараты для микробиологического пр-ва "Биотехника-89" /Ч.П.Суша, грануляция и переработка сыпучих форм. Автоматизация средств контроля. - М., 1989. - С. 75-76.

21. Демченко В.П., Шаповаленко О.І., Федоров В.Г. Устройство контроля за работой аспирационной установки /Тезисы доповіді Всесоюз. научно-техн.конф.: Процессы и аппараты для микробиологического пр-ва "Биотехника-89" /Ч.П.Суша, грануляция и переработка сыпучих форм. Автоматизация средств контроля. -М., 1989. -С. 161-162.

22. Шаповаленко О.І. Обобщенное уравнение кинетики сушки при охлаждении гранулированных комбикормов //Тр. ВНДІ "Комбікорм". - 1990. - Вып. 34. - С. 79 - 83.

23. Шаповаленко О.І. Исследование процесса охлаждения гранулированных комбикормов //Тр./ВНВО "Комбікорм" -1990.-Вып.34.-С. 85 - 86.

24. Шаповаленко О. Снижение выбросов загрязняющих веществ. Комбікормова промисловість, 1990, - № 5, -С. 41-42.

25. Шаповаленко О.І. Снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на основе совершенствования технологии охлаждения гранулированных комбикормов /Тезисы доповіді ювілейної 50-ї науково-практичної конф. ОТІХІМ ім. М.В.Ломоносова: Научно-технические проблемы развития агропромышленного комплекса. -Одеса, 1990. -С. 199.

26. Шаповаленко О.І. Снижение выбросов в атмосферу при охлаждении гранулированных комбикормов. /Інформ. про передовий виробничий досвід. - Київ, ЦБТІ Мінхлібопродуктів України. 1991. -Вип. 3, 20с.

27. Шаповаленко О.І.Снижение выбросов загрязняющих веществ. - Комбікормова промисловість. КСІ, № 2. - С. 54 - 56.

28. Шаповаленко О.І., Клевцов Ю.А., Сабіров М.Н. Закономерности кинетики ^{тепло-}и влагообмена при охлаждении гранул /Тезисы доповіді Респуб. наук-техн. конф.: Разработка и внедрение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий, оборудования и новых видов пищевых продуктов в пищевую и перерабатывающие отрасли АПК. -Кіів, КТІХП, 1991. - С. 488-489.

29. Математическая модель движения пылевоздушной смеси в шахтном складчателе /О.І.Шаповаленко, С.П.Левков, Е.Л.Самородець, М.Н.Сабіров //Тезисы доповіді 52-ї ювілейної наук.конф. ОТІХІМ ім.М.В.Ломоносова. - Одеса, 1992. - С. 44.

30. Шаповаленко О.І., Клевцов Ю.А., Сабіров М.Н.Математическая модель процесса охлаждения гранулированных комбикормов. - Комбікормова промисловість, 1992, № 5. -С. 48-50.

31. А.С. № 1286442, М.Кл.⁴ 05 Д11/035. Способ управления подачей сыпучего материала на норий /Л.Я.Дяченко, О.І.Шаповаленко, О.А.Фелосов - № 3891049/24-24. Заявл.29.04.85; опубл.23.01.87.Бюл. №3.

32. А.с. 1388119, МКІА⁴ В08В 15/02, F24F 7/06. Способ удаления из горизонтального воздуховода осевшей пыли /О.І.Шаповаленко, Л.Я.Дяченко, В.Г.Бондарчук, - № 4016046/30-12. Заявл.27.01.86; опубл. 15.04.88. Бюл. № 14.

33. А.С.1456235, МКІА⁴ В04В 5/15. Пылеуловитель /О.І.Шаповаленко, В.Г.Бондарчук - № 4191833/23-26. Заявл. 9.02.87; Опубл. 7.02.89. Бюл. № 5.

34. А.с. 1489784, МКІА⁴ А62В 3/04. Огнепреградитель аспирационной установки /О.І.Шаповаленко, В.Г.Губенко, М.І.Грубник - № 4279842/30-12. Заявл. 07.07.87; опубл.30.06.89, бюл. № 24.

35. А.с. 1492252, М.Кл.⁴ 601А⁴ 25/18. Способ определения теплотехнических характеристик влажных материалов /О.І.Шаповаленко, В.Г.Бондарчук, А.А.Глуздань, В.Н.Пахомов, В.Г. Федоров -МІВ59311/30-25.

Заявл. 08.01.87; опубл. 07.07.89, бкл. № 25.

36. А.с. 1516925, М.Кл.⁴ 601/25/18. Кассета для образца для теплофизических испытаний влажных материалов /О.И. Шаповаленко, В.Г. Бондарчук, А.А. Глуздань, В.М. Пахомов, В.Г. Федоров - № 4359311/30-25. Заявл. 12.10.87; опубл. 23.10.89, бкл. № 39.

37. А.с. 1518223, М.Кл.⁵ В65Д 88/64. Бункерное устройство /О.И. Шаповаленко, М.П. Чичиков, М.И. Грубник - № 4325312/30-18. Заявл. 9.11.87; опубл. 30.10.89, бкл. № 40.

38. А.с. 1559332, М.Кл.⁵ 605Д 23/00, В08В 15/02. Устройство контроля за работой аспирационной установки /О.И. Шаповаленко, В.П. Демченко, В.Б. Губенко - № 4229593/29-12. Заявл. 13.04.87; опубл. 24.04.90, бкл. № 15.

39. А.с. 1601048, М.Кл.⁵ В65Г 53/20. Аэрозелоб для сыпучих материалов /О.И. Шаповаленко - № 4640952/30-11, заявл. 19.12.88; опубл. 23.10.90, бкл. № 39.

40. А.с. 1639805 М.Кл.⁵ В08В 15/00. Аспирационная установка /О.И. Шаповаленко, В.Г. Бондарчук, О.Ф. Бернадін, М.И. Грубник - № 4600105/30-12. Заявл. 4.10.88; опубл. 7.04.91, бкл. 13.

41. А.с. 1608538, М.Кл.⁵ 601/25/18. Устройство для определения локальных коэффициентов теплоотдачи /В.П. Демченко, О.И. Шаповаленко, В.Г. Федоров - 4629175/31-25. Заявл. 2.01.89; опубл. 25.11.90, бкл. № 43.

42. А.с. 1701250, М.Кл.⁵ А23/17/00. Устройство для получения рассыпных комбикормов /О.И. Шаповаленко - № 4609918/15. Заявл. 1.11.88; опубл. 30.12.91, бкл. № 48.

43. А.с. 1753219, М.Кл.⁵ F26B 17/12. Шахтный охладитель гранулированных материалов /О.И. Шаповаленко - № 4854674/06. Заявл. 05.06.90; опубл. 07.08.92, бкл. № 29.

44. А.с. 1761225, М. Кл.⁵ В01Д 46/32. Зернистый фильтр /П.Г. Черниш, О.И. Шаповаленко, О.О. Довгалк. - № 4833006/26. Заявл. 30.05.90; опубл. 15.09.92, бкл. 34

45. А.с. 1752884, М.Кл.⁵ А23/17/00. Аспирационная установка охладителя для гранулированных материалов / О.И. Шаповаленко - № 4867070-15. Заявл. 26.07.90; опубл. 23.09.92, бкл. 35.