

УДК 621.928.9

METHOD OF CALCULATING AIR PURIFICATION SYSTEM OF PRODUCTION PREMISES OF FOOD FACTORIES

N. Volodchenkova

National University of Food Technologies

Key words:

*Dusting
Clean air
Equipment
Calculation*

Article history:

Received 14.07.2015

Received in revised form

20.08.2015

Accepted 01.09.2015

Corresponding author:

N. Volodchenkova

E-mail:

volna22@bigmir.net

ABSTRACT

The article analyzes the effect of dust on workers as one of harmful factors of the environment in the industrial rooms in factories, which are storing, processing and using grain. A method of calculating air purification systems in those factories was proposed as a measure for reducing the formation of dust.

МЕТОД РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ ХАРЧОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Н.В. Володченко

Національний університет харчових технологій

У статті проведено аналіз впливу на працівників пилу як одного із шкідливих факторів виробничого середовища, що утворюється у виробничих приміщеннях підприємств зберігання, переробки та використання зерна. Як захід боротьби з утворенням пилу пропонується метод розрахунку систем очищення повітря виробничих приміщень вищезазначених підприємств.

Ключові слова: пилоутворення, чистота повітря, обладнання, розрахунок.

Постановка проблеми. Більшість технологічних процесів харчової промисловості, особливо підприємств зберігання, переробки та використання зерна, супроводжуються утворенням пилу у виробничих приміщеннях, який є одним з основних шкідливих і небезпечних факторів впливу на стан здоров'я працівників та призводить до економічних втрат (завчасне зношення й пошкодження технологічного обладнання, пожежі, вибухи тощо), забруднює навколишнє середовище.

Підтримання чистоти повітря виробничих приміщень підприємств зберігання, переробки та використання зерна має велике значення за санітарно-гігієнічними, технологічними, екологічними та економічними факторами.

Мета статті. Розроблення методу розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень як одного з технологічних заходів боротьби з утворенням пилу на підприємствах зберігання, переробки та використання зерна.

Матеріали і методи. Для розроблення технічних рішень щодо зменшення пилоутворення та запобігання його впливу на виробничий персонал підприємств зберігання, переробки й використання зерна, технологічне обладнання та навколишнє середовище було проведено дослідження з використанням методу аналізу технологічних відхилень при обґрунтуванні небезпек, які можуть виникати в результаті порушень технологічних регламентів виробництва, і методу побудови «дерева подій» при дослідженні розвитку можливих ситуацій з урахуванням ефективності систем пиловловлення до кінцевого стану повітря робочої зони.

Результати і обговорення. При аналізуванні факторів виробничого середовища, зокрема повітря робочої зони підприємств зберігання, переробки та використання зерна, було визначено, що найбільш розповсюдженим фактором шкідливого впливу на працівників є пил. Характерним для даних підприємств є зерновий, елеваторний та інші види пилу у вигляді дрібних і легких органічних та неорганічних твердих частинок, які виділилися у виробничі приміщення із зернової маси при переміщенні, обробленні й переробленні зерна, а також різних сипучих компонентів комбікормів [1]. Такий пил у вигляді аерозолу зернового пилу, що утворюється при протягах, працюючому обладнанні, транспортуванні особливо в зонах приймання, переміщення або переробки зерна та/або аерогелю (пил, що осів на підлозі, обладнанні, залишився на стінах або заліг у трубах, усередині конвеєрів і норій та іншого обладнання) наявний у будь-якому з виробничих приміщень зазначених підприємств [2].

Виконання робіт в умовах запиленості на підприємствах зберігання, переробки та використання зерна може зумовлювати у працівників фарингіт, трахеїт, бронхіт, пневмоконіоз, кон'юнктивіт, блефарит, дерматит. Також контакт із сухим кормом, силосом поєднується з можливою дією нітрозамінників, які утворюються під впливом мікроорганізмів. Пил, потрапляючи у легені, спричинює запальний процес, який ускладнюється проникненням у легені мікроорганізмів, що знаходяться у ньому. Відомі випадки аспергільозу, що розвинувся внаслідок занесення в легені разом із пилом спор різних грибів. Також пил може бути причиною захворювання очей, яке найчастіше виявляється у вигляді кон'юнктивіту. Тривале травмування очей пилоповітряними сумішами призводить до запальних процесів із помутнінням рогівки. Пил зумовлює різні захворювання шкіри, симптомами яких є шорсткість, лущення, огрубілість, піодермії тощо [3, 4].

Враховуючи вищесказане, можна констатувати, що боротьба з пилом на підприємствах зберігання, переробки та використання зерна є не лише

гігієнічним, але й економічним завданням, оскільки деякі види є цінним продуктом виробництва і його втрати мають економічний характер.

За результатами проведеного аналізу стану повітря робочої зони, технологічних процесів і обладнання було запропоновано метод визначення оптимальних параметрів складових системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств зберігання, переробки та використання зерна. Дана схема представляє собою згруповані блоки, за допомогою яких визначають параметри, що відповідають за процеси. Блок-схема методу ідентифікації системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств наведено на рис. 1—5.

На рис. 1 представлено блок-схему методу ідентифікації системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств, зокрема за ознакою функціонування. Так, у блоці 1 здійснюється ідентифікація системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств за ознакою функціонування (блок 2), при цьому враховуються характерні особливості пилу (дисперсність, хімічний склад, фізіологічна дія на виробничий персонал тощо) залежно від виробничого приміщення підприємства: приймання, розміщення і зберігання сировини ($i=1$, блок 3), доопрацювання сировини і виробництво продукції ($i=2$, блок 4), склад готової продукції ($i=3$, блок 5).

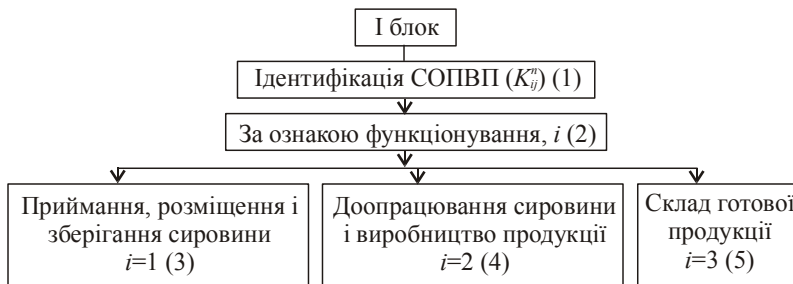


Рис. 1. Схема ідентифікації за ознакою функціонування системи очищення повітря виробничих приміщень

Пил підприємств зберігання, переробки та використання зерна складається з тих же продуктів і речовин, що переробляються на даних підприємствах. Наприклад, зерновий пил складається з двох частин: мінеральної й органічної. На елеваторах пил містить до 50 % мінеральних частинок. У зерноочисних відділеннях борошномельних заводів і крупозаводів переважає органічний пил (до 80...95 %). У розмельних і вибійних відділеннях борошномельних заводів борошняний пил органічного походження.

Шкідлива дія пилу залежить від дисперсності (розмірів пилових частинок) та хімічного складу. Крупний пил менш небезпечний, ніж дрібний, тому що він затримується при диханні на слизових оболонках дихальних шляхів працівників. Дрібний пил з розміром часток 5...10 мкм є більш небезпечним для здоров'я виробничого персоналу.

У різних виробничих приміщеннях підприємств зберігання, переробки та використання зерна пил має різні розміри частинок. Ці розміри коливаються в широких межах — від часток мікрметра до 250 мкм. Так, на елеваторах і

складах для зерна переважає пил, який за розміром частинок відноситься до крупного (50...250 мкм). У зерноочисних відділеннях борошномельних заводів і крупозаводів — середній пил (10...50 мкм), в розмельних і вибійних відділеннях борошномельних заводів — дрібний пил (70...80 % з розміром частинок менше 3 мкм), в лушильних відділеннях крупозаводів і на комбікормових заводах — також дрібний пил.

Шкідливість пилу за хімічним складом визначають за вмістом діоксиду кремнію (кремнезему). Встановлено, що для збереження здоров'я виробничого персоналу вміст пилу в повітрі виробничих приміщень не повинен перевищувати норм, встановлених ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Технологічний процес борошномельного виробництва складається з таких основних стадій: приймання; розміщення і зберігання; доопрацювання (очищення, гідротермічна обробка, кондиціювання); виробництво (подрібнення, просіювання продуктів подрібнення, дралий процес, процес збагачення крупок і дунстів, помелу); пакування та фасування; зберігання готової продукції [5].

Технологічні процеси на борошномельних виробництвах за своєю специфікою можуть поділятися (блок 6) на такі групи: інтенсивні ($j=1$, блок 7), прості ($j=2$, блок 8) і змішані ($j=3$, блок 9).

Ідентифікацію за видом технології (II блок), для якої використовують системи очищення повітря виробничих приміщень, проводять за схемою, представленою на рис. 2.

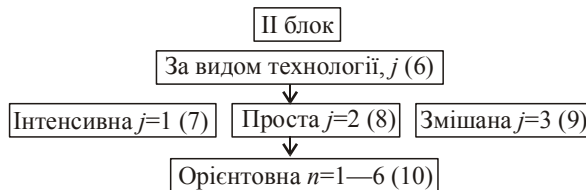


Рис. 2. Схема ідентифікації за видом технології, для якої використовують системи очищення повітря виробничих приміщень

Технологічне обладнання і, відповідно, системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств розташовані на різних висотних рівнях (n , поверхх) виробничих будівель ($n=1—6$, блок 10), при цьому враховано факт нерівномірного надходження пилоповітряної суміші — від мінімальних значень на верхніх поверххах ($n=5—6$) до максимальних значень на нижніх ($n=1—2$).

Основними об'єктами підвищеної небезпеки підприємств зберігання, переробки та використання зерна, на яких транспортуються, переробляється й зберігається зерно, насіння та продукти її перероблення (борошно, висівки, солод, комбікорм, макуха, шрот, цукор тощо) є [2, 5]:

- приймально-відпускні пристрої для прийому та відвантаження зернової продукції та продуктів її переробки;
- силосні корпуси елеваторів, склади силосного типу, металеві бункери й підлогові склади для безтарного і тарного зберігання, транспортні галереї;

- цехи, відділення, блочно-модульні й агрегатні установки для виробництва борошна, крупи, солоду, комбікормів і кормових сумішей, насіння та кукурудзооброблювальне виробництво;

- підготовчі, подрібнювальні, дробильні відділення для очищення, подрібнення солоду, зерна, лущення олієнасіння;

- відділення для розтарювання, зважування, просіювання борошна, помелу цукру;

- зерносушильні установки, приймально-очищувальні і сушильно-очищувальні башти, цехи відходів, очищення й сортування мішкотари.

Рівень запиленості у виробничих приміщеннях повинен не перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК): для зернового пилу — 4 мг/м^3 і 6 мг/м^3 для борошняного. У місцях постійного проживання людей запиленість повітря не повинна перевищувати $0,5 \text{ мг/м}^3$ незалежно від виду пилу. Допустима концентрація пилу при викиді повітря в атмосферу після очищення в аспіраційних і пневмотранспортних установках визначається розрахунком розсіювання повітря.

Одне з основних завдань, що вирішуються за допомогою вентиляційного й аспіраційного обладнання, — забезпечення чистоти повітря із запиленості, що не перевищує ці межі.

Визначення кількості повітря, що виділяється відповідним технологічним обладнанням у робочу зону виробничих приміщень підприємства, дає змогу виявити її надлишок як для різних виробничих об'єктів, типу технологічного процесу, так і для виду внутрішніх виробничих засобів транспортування.

На підставі отриманих даних за методом, що пропонується, було розраховано коефіцієнти корегування (K_{ij}^n) витрати повітря системи очищення повітря виробничих приміщень підприємств (табл. 1, 2).

Таблиця 1. K_{ij}^n ($n=6, p < 0,05$) при розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень (для внутрішніх виробничих механічних засобів транспортування)

Ознака	Просторова ознака (n, поверху)					
1	2					
Функціональна:	1	2	3	4	5	6
приймання, розміщення і зберігання сировини ($i=1$)	1,13	1,14	1,13	1,11	1,10	1,09
доопрацювання сировини і виробництво продукції ($i=2$)	1,07	1,09	1,07	1,07	1,06	1,05
склад готової продукції ($i=3$)	1,06	1,07	1,05	1,04	1,03	1,03
Технологічна:						
інтенсивна ($j=1$)	1,07	1,06	1,05	1,03	1,03	1,02
проста ($j=2$)	1,09	1,09	1,08	1,07	1,05	1,05
змішана ($j=3$)	1,08	1,07	1,06	1,05	1,05	1,03

Мінімальне значення K_{ij}^n відповідає системі очищення повітря виробничих приміщень складу готової продукції підприємств, які працюють за інтенсивною технологією, із застосуванням внутрішніх виробничих пневматичних засобів транспортування:

$$K_{3,1}^6 = K_3^6 \cdot K_1^6 = 1,02 \cdot 1,01 = 1,03. \quad (1)$$

Таблиця 2. ($n=6, p < 0,05$) при розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень (для внутрішніх виробничих пневматичних засобів транспортування)

Ознака	Просторова ознака (n , поверху)					
Функціональна:	1	2	3	4	5	6
приймання, розміщення і зберігання сировини ($i=1$)	1,11	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08
доопрацювання сировини і виробництво продукції ($i=2$)	1,05	1,06	1,05	1,04	1,06	1,04
склад готової продукції ($i=3$)	1,04	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02
Технологічна:						
інтенсивна ($j=1$)	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,01
проста ($j=2$)	1,09	1,08	1,07	1,05	1,04	1,03
змішана ($j=3$)	1,08	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02

Максимальне значення K_{ij}^n відповідає системі очищення повітря виробничих приміщень складу готової продукції підприємств, які працюють за простою технологією, із застосуванням внутрішніх виробничих механічних засобів транспортування:

$$K_{1,2}^2 = K_1^2 \cdot K_2^2 = 1,14 \cdot 1,09 = 1,24. \quad (2)$$

Для визначення характеристики системи очищення повітря виробничих приміщень (ІІІ блок) використовують параметри, представлені на рис. 3.

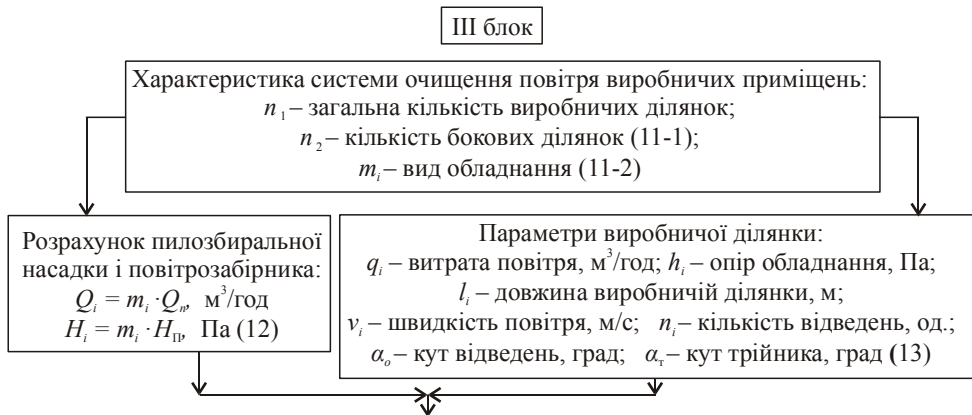


Рис. 3. Схема ідентифікації за характеристиками системи очищення повітря виробничих приміщень

Для реалізації процесу розрахунків системи очищення повітря виробничих приміщень необхідна дефрагментація виробничих ділянок (блок 11-1), а для розрахунку пілозбиральної насадки і повітрозабірника — визначення виду технологічного обладнання (блок 11-2), що, у свою чергу, дозволяє визначити витрату повітря й опір відповідної ділянки системи очищення повітря виробничих приміщень (блок 12).

Для розрахунку основної частини системи очищення повітря виробничих приміщень використовуються загальні параметри: витрата повітря (q_i , м³/год.),

опір обладнання (h_i , Па), довжина виробничій ділянки (l_i , м), швидкість повітря (v_i , м/с), кількість відведень (n_i , од.), кут відведень (α_o , град) та ін. (блок 13).

Для проведення вибору типу системи очищення повітря виробничих приміщень використовують схему (IV блок), яка представлена на рис. 4.

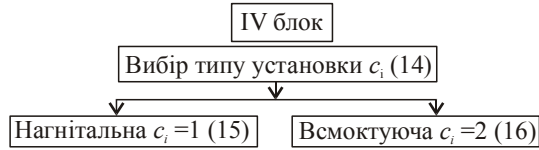


Рис. 4. Схема ідентифікації вибору типу системи очищення повітря виробничих приміщень

Проведення розрахунків основних параметрів системи очищення повітря виробничих приміщень (V блок) представлено у вигляді блок-схеми на рис. 5. Для цього визначають (блок 17) діаметри ділянок (d , мм), сумарну витрату повітря (Q_0 , м³/ч) і опору (H_o , Па). Також потрібна ідентифікація інформації за комплексною ознакою (блок 14) з урахуванням можливих типів установок: нагнітальна ($i=1$, блок 15) або всмоктувальна ($i=2$, блок 16).

Наявність інформації про різні типи системи очищення повітря виробничих приміщень, які відрізняються не тільки специфікою конструкції, ефективністю пилозбирання, а й враховують енергозощаджувальні параметри, дозволяють після вибору (блок 18) виявити потрібний опір (блоки 19—21) та здійснити корегування (блок 22) з урахуванням типу СОПВП.



Рис. 5. Схема розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень

Дані про значення витрати повітря основної частини системи очищення повітря виробничих приміщень з урахуванням функціональних, технологічних і просторових ознак (Q_0 , м³/год), а також додаткової інформації — пилознешкодження у виробничому приміщенні (O_i , м³/год), тиску (H_o , Па) як суми опору (H_0 , Па), (H_i , Па) і (H_n , Па) дозволяють здійснити вибір вентилятора (блок 23).

Загальна робота схеми розрахунку обладнання, що забезпечує чистоту повітря робочої зони у виробничих приміщеннях (із запиленості), представлена на рис. 6.

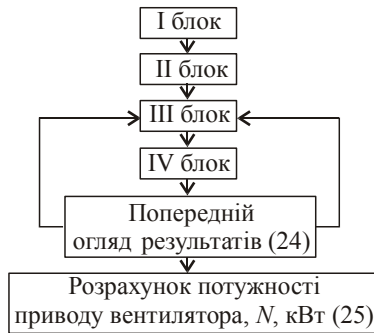


Рис. 6. Блок-схема розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень

Чистоту повітря робочої зони у виробничих приміщеннях (із запиленості) можна забезпечити за допомогою ефективних аспіраційних установок усього обладнання, в якому утворюється пил. Чистоту повітря, що викидається в атмосферу, можна забезпечити застосуванням вискооефективних пиловловлювачів (бажано фільтрів).

Висновки

Запропонований метод розрахунку системи очищення повітря виробничих приміщень є одним із технологічних заходів боротьби з утворенням пилу на підприємствах зберігання, переробки та використання зерна. Впровадження даного методу дозволить зменшити концентрацію пилу до $0,3\text{--}0,4\text{ мг/м}^3$, що відповідає нормативним значенням ГДК, і забезпечити відповідні санітарно-гігієнічні умови праці виробничого персоналу за чистотою повітря й фактором утворення пилу.

Література

1. *Van der Voort M.* A quantitative risk assessment tool for the external safety of industrial plants with a dust explosion hazard / M.M. van der Voort, A.J.J. Klein, M. de Maaijer, A.C. van den Berg, J.R. van Deursen, N.H.A. Versloot // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. — 2007. — Vol. 20, Issues 4—6. — P. 375—386.
2. *Володченкова Н.В.* Аналіз ризику виникнення аварійних ситуацій на підприємствах харчової промисловості, як чинник підвищення небезпеки їх функціонування / Н.В. Володченкова, О.В. Хіврич // *Харчова промисловість*. — 2012. — № 13. — С. 140—145.
3. *Klippel A.* Dustiness in workplace safety and explosion protection — review and outlook / Alexander Klippel, Martin Schmidt, Ulrich Krause // *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. — March 2015. — Vol. 34. — P. 22—29.
4. *Hivrich O.* Modeling of risk of hazardous industrial facilities in emergencies / O. Hivrich, N. Volodchenkova // *Science@Millitaty*. — Liptovský Mikuláš. — 2013. — № 2. — С. 110—118.
5. *Володченкова Н.В.* Аналіз джерел виникнення пилу на зернопереробних підприємствах / Н.В. Володченкова // *Тези доповідей 76-ї наук. конф. студ., аспір. і молод. вчених*, Київ, 2010 р. — К.: НУХТ, 2010. — Ч. II. — С. 52.

МЕТОД РАСЧЕТА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.В. Володченкова

Национальный университет пищевых технологий

В статье проведен анализ влияния на работников пыли как одного из вредных факторов производственной среды, образующейся в производственных помещениях предприятий хранения, переработки и использования зерна. В качестве меры борьбы с образованием пыли предлагается метод расчета систем очистки воздуха производственных помещений вышеупомянутых предприятий.

Ключевые слова: *пылеобразование, чистота воздуха, оборудование, расчет.*