

В. Куц, канд. техн. наук; Г. Горішна; О. Марціяш, канд. техн. наук

Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ, КОНСТРУЮВАННЯ І ВИПРОБУВАНЬ ДОСЛІДНОГО ЗРАЗКА ПІННОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА

Викладено методику розрахунку і експериментальних випробувань дослідного зразка запропонованого авторами мокрому пиловловлювачу, в якому створюються умови для підвищення ефективності пиловловлювання, зниження витрати промивної рідини і зменшення габаритних розмірів.

V.Kuts, H.Gorishna, O.Martsiyash

## METHODS OF CALCULATION, DESIGN AND TESTS OF THE EXPERIMENTAL MODEL OF FOAMY DEDUSTER

Methods of calculation and experimental tests of wet deduster model is offered. The conditions for increase effectiveness of dedusting, reduction in expense of liquid and decrease of size are created inside this model.

Доцільність створення нових конструкцій обладнання може бути перевірена лише за результатами експериментальних досліджень в умовах, максимально наближених до тих, в яких передбачається його експлуатація. Для цього для більшості видів обладнання розроблені відповідні методики таких досліджень. Очевидно, що чимало досліджень проводять не на обладнанні промислових масштабів, а на дослідних

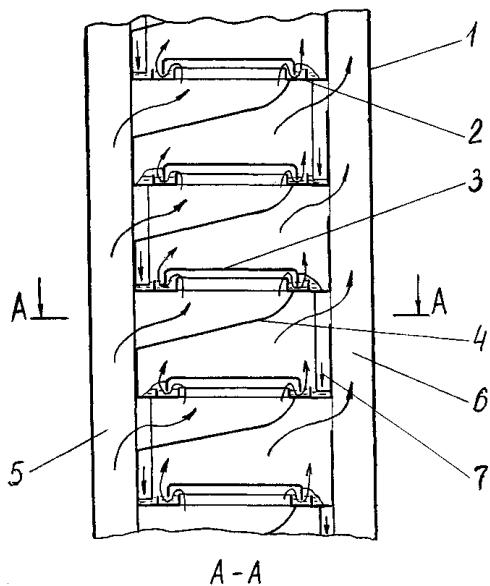


Рисунок 1 - Пінний пиловловлювач:

- 1-корпус; 2 –тарілка барботажна;
- 3- ковпачок; 4- перегородка;
- 5-канал подачі запиленого газу;
- 6- канал відводу очищеного газу;
- 7- переливна труба

зразках значно менших розмірів. При цьому достовірність отриманих результатів під сумнів не ставиться, тому що на сучасному етапі розробки методів моделювання і масштабного переносу результатів досліджень на моделях на промислові апарати ймовірність значних розходжень невелика. Однак при цьому ставляться відповідні вимоги щодо отримання основних правил моделювання, без якого такий перехід від результатів дослідів на моделях до ймовірних результатів на промислових апаратах неможливий.

Обов'язковою умовою при будь-якому способі моделювання є дотримання геометричної подібності моделі і промислового апарата. Саме тому дуже важливим є створення дослідного зразка, геометрично подібного до апарата промислового масштабу, в конструкцію якого в процесі досліджень можна було б вносити зміни на будь-якому етапі.

Для пиловловлюючого обладнання найбільш вдалою, на наш погляд, є "Єдина методика порівняльних випробувань пиловловлювачів для очистки вентиляційного повітря" [1], розроблена Всесоюзним науково-дослідним інститутом охорони праці ВЦСПС у Ленінграді за дорученням ДПУ Сантехпроект

Головпробудпроекту СРСР в порядку виконання теми “Уніфікація пристроїв з очистки вентиляційного повітря від пилу” з використанням методик, раніше складених інститутами: НДІБТ – для сухих циклонів і фільтрів приточного повітря; НДІЦемент – для тканинних рукавних фільтрів; ВЦНДІОП ВЦСПС – для індивідуальних пиловловлюючих агрегатів; ВНДІОП ВЦСПС у Ленінграді – для мокрих пиловловлювачів. Їх метою є забезпечення співставлення результатів випробувань пиловловлювачів, що застосовуються для очистки вентиляційного повітря. Вона призначена для проведення стендових порівняльних випробувань пиловловлювачів з метою встановлення найефективнішої конструкції і оцінки основних параметрів її економічності, а також при випробуванні якої-небудь нової конструкції – порівняльної оцінки з раніше випробуваними за цією ж методикою пиловловлювачами. Вона охоплює порівняльні випробування пиловловлювачів для очистки від пилу повітря, що викидається вентиляційними установками назовні – сухих циклонів, мокрих пиловловлювачів, тканинних фільтрів, індивідуальних пиловловлюючих агрегатів, а також фільтрів II і III класів для очистки від пилу приточного зовнішнього повітря і повітря, що рециркулюється.

У відповідності до вимог цієї методики передбачається проведення експериментальних випробувань запропонованого авторами апарата для мокрого пиловловлювання, а саме пінного пиловловлювача. Схема цього апарата представлена на рис. 1.

Він складається з корпусу 1 прямокутного перерізу, в якому вмонтовані барботажні тарілки 2 з ковпачками 3. Між тарілками встановлені глухі нахилені перегородки 4, за допомогою яких підводиться газ під кожну тарілку із загального каналу подачі запиленого газу 5. Газ з частинками пилу проходить через тарілки, барботує через шар рідини, частинки пилу вловлюються в шарі піни, що при цьому утворюється, а чистий газ виходить у канал 6. Рідина подається на верхню тарілку і переливними трубами 7 перетікає зверху вниз з тарілки на тарілку.

За рахунок тісного контакту пилогазової суміші з рідиною при барботуванні через шар її піни в такому апараті повинна зрости ефективність пиловловлювання. Послідовна робота апарата за рухом рідини зменшує її витрату, а паралельна робота за рухом пилогазової суміші зменшує гідравлічний опір на шляху руху газу і дозволяє використовувати вентилятор низького тиску. Крім того, паралельна подача пилоповітряної суміші під тарілки із загального каналу дозволяє досягнути значної продуктивності апарата по газу при порівняно незначних габаритних розмірах.

Оскільки в дослідному зразку, який буде проходити експериментальні випробування в лабораторних умовах, повинні бути витримані в заданих межах режимні параметри апарата промислового масштабу, розрахунок його конструкції повинен бути виконаний у відповідності з методикою розрахунку промислових апаратів такого типу.

Вихідними даними для розрахунку апарата є: витрата газів, що очищаються,  $Q_2$ ; густина газів  $\rho_2$ ; густина частинок пилу, що вловлюється,  $\rho_2$  і його властивості (дисперсний склад, змочуваність, схильність до утворення твердих відкладень).

Згідно з вимогами [1], оптимальна пропускна здатність пиловловлювачів при експериментальних випробуваннях повинна бути в межах 1000-3000 м<sup>3</sup>/год. Для розрахунку приймаємо  $Q_2 = 1000$  м<sup>3</sup>/год = 0,278 м<sup>3</sup>/с. Оскільки властивості рідини і пилу на цьому етапі розрахунку конструкції не беруться до уваги, їх поки що не враховуємо.

Іншою важливою для розрахунку конструкції величиною є швидкість газів, при якій утворюється пінний режим. Автори по-різному оцінюють її величину, приводячи формули для її розрахунку [2-6] в залежності від типу тарілок, що застосовуються. Оскільки в запропонованому апараті тип найоптимальнішої тарілки має бути визначений під час випробувань і, отже, передбачається дослідити тарілки декількох типів, скористаємось рекомендаціями [5], автори яких вважають, що швидкість газів у

вільному перерізі тарілки  $w_2$  знаходиться в інтервалі 1-3 м/с, а вільний переріз тарілки  $\varphi$  не перевищує  $0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Задавшись числом тарілок, які передбачається встановити в апараті,  $n=3$ , і прийнявши швидкість руху газів  $w_2 = 2,0$  м/с, визначимо величину вільного перерізу тарілки, а потім її загальну площу.

Отже, витрата газів через одну тарілку становитиме

$$Q_{z1} = \frac{Q_z}{n} = \frac{0,278}{3} = 0,093 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (1)$$

Площа вільного перерізу тарілки

$$F_0 = \frac{Q_{z1}}{w_2} = \frac{0,093}{2,0} = 0,0465 \text{ м}^2 \quad (2)$$

Загальна площа тарілки

$$F = \frac{F_0}{\varphi} = \frac{0,0465}{2,5} = 0,186 \text{ м}^2 \quad (3)$$

Прийнявши, що тарілка матиме квадратний переріз, визначимо її розміри (аха)

$$a = \sqrt{F} = 0,43 \text{ м} \quad (4)$$

Заокруглимо це значення, прийнявши  $a=0,40 \text{ м}^2$ .

Тоді при загальній площі тарілки

$$F' = a \times a = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ м}^2 \quad (5)$$

і площі вільного перерізу її

$$F'_0 = Fy = 0,16 \times 0,25 = 0,04 \text{ м}^2 \quad (6)$$

швидкість газу через тарілку становитиме

$$w'_2 = \frac{Q_{z1}}{F'_0} = \frac{0,093}{0,04} = 2,33 \text{ м/с} \quad (7)$$

Це значення не виходить за рамки рекомендованого інтервалу 1-3 м/с.

Витрата рідини, що знаходиться на тарілці, може бути визначена за формулою

$$V_p = ahw_p, \quad (8)$$

де  $h$  - висота рідини на тарілці, м;

$w_p$  – швидкість руху рідини на тарілці, м/с.

Але, оскільки передбачається дослідження апарата з різними типами тарілок, щоб визначити найдоцільніший з них, для знаходження витрати рідини можна скористатись рекомендаціями [5], згідно з якими витрата рідини в пінних пиловловлювачах з переливними тарілками складає  $0,2-0,3 \text{ л/м}^3$ ; висота піни при швидкості газів 1–3 м/с і такій витраті рідини лежить у межах 80–100 мм. Для пиловловлювачів з провальними тарілками питома витрата складає  $0,4-0,5 \text{ л/м}^3$  при швидкості газів 2,0–2,3 м/с. В [6] сказано, що питома витрата рідини складає від 0,4 до  $0,6 \text{ л/м}^3$ . Для розрахунку прийемо найбільше значення із рекомендованих ( $0,6 \text{ л/м}^3$ ), щоб забезпечити можливість дослідження роботи апарата в різних режимах. Тоді витрати рідини в апараті із витратою газу  $Q_z = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$  становитиме

$$V_p = Q_z \times q, \quad (9)$$

де  $q$ -питома витрата рідини,  $\text{л/м}^3$ .

Підставивши значення, маємо

$$V_p = Q_z \times q = 0,278 \times 0,6 = 0,169 \text{ л/с} = 608,4 \text{ л/год} = 0,6084 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (10)$$

При відомих значеннях витрат газу і рідини можна визначити розміри підвідного і відвідного каналів для газу і переливних труб для рідини з умови забезпечення постійності швидкостей газу і рідини в усіх перерізах апарата.

Розрахункова схема має такий вигляд (рис.2).

Найбільший переріз вхідного колектора розраховується величиною витрат газу  $Q_e=0,278 \text{ м}^3/\text{с}$  і швидкістю проходження газу через вільний переріз тарілки  $w_29 = 2,33 \text{ м/с}$ .

В перерізі колектора на рівні входу газу під другу тарілку витрата газу становитиме  $2/3Q_e$ , а на рівні входу під третю тарілку -  $1/3Q_e$ . Так само розраховується і переріз вихідного колектора, але в порядку зростання витрати на виході із тарілок, тобто його переріз по висоті збільшується, починаючи від першої тарілки.

За величиною витрати газу, що поступає під кожен тарілку  $Q_{e1}=0,093 \text{ м}^3/\text{с}$ , і швидкістю проходження газу через тарілку  $w_29 = 2,33 \text{ м/с}$  визначаються розміри вхідного отвору для газу під кожен тарілку і отвору на виході з неї.

Діаметр переливних труб для рідини, яка перетікає з верхніх тарілок на нижні, визначається за величиною витрати рідини  $V_p$  і швидкістю руху рідини по тарілці, яка для даного апарата не перевищує  $0,05 \text{ м/с}$ .

Всі інші розміри пиловловлювача можуть бути прийняті, виходячи із конструктивних міркувань. Для забезпечення передбачених режимів дослідження роботи створеного пиловловлювача обов'язково необхідно дотриматись розмірів, розрахованих вище.

Слід відзначити, що пиловловлювачі, призначені для порівняльних випробувань, повинні виготовлятися за кресленнями, узгодженими з авторами цих пиловловлювачів.

В кресленнях повинні бути вказані допуски на основні розміри пиловловлювачів і їх найважливіших конструктивних вузлів. Виготовлені пиловловлювачі повинні бути прийняті комісією, призначеною керівництвом організації, яка проводить порівняльні випробування. До складу комісії повинен входити представник авторів пиловловлювача.

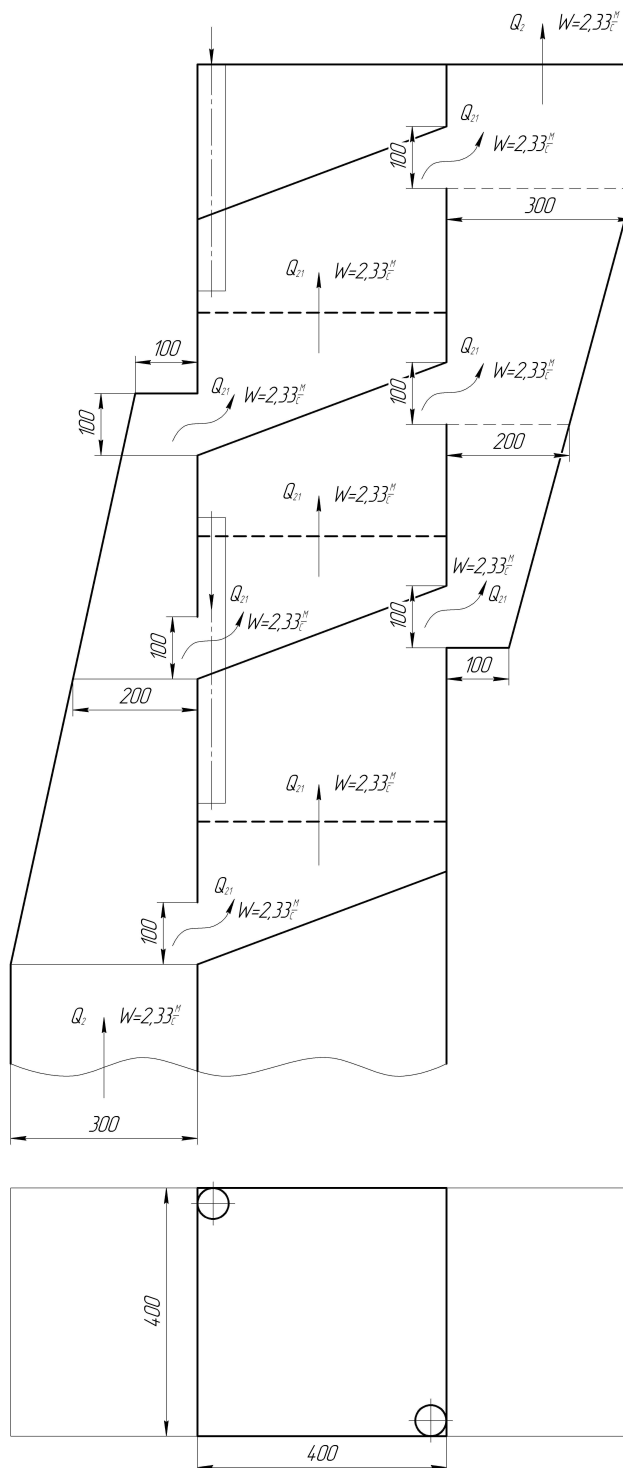


Рисунок 2 – Розрахункова схема апарата

Згідно з вимогами [1], при порівняльних дослідженнях визначаються такі, загальні для всіх видів пиловловлювачів, технічні показники: загальний ступінь очистки  $\eta$  (%); гідравлічний опір  $\Delta p$  (Па) .

Крім того, для контролю за відповідністю до вимог рекомендованого експериментального пилу приводиться дисперсний склад цього пилу.

Досліджуються пиловловлювачі на штучно запиленому експериментальним пилом повітрі, яке перед його запиленням забирається з приміщення. Температура повітря приміщення повинна бути в межах 20-25°C, а відносна вологість - в межах 70-75%. Значення температури і вологості повітря, а також барометричного тиску повинні щоденно заноситись у журнал випробувань.

Оскільки в [1] викладені методи проведення досліджень для пиловловлювачів різних типів, в тому числі і для мокрих пиловловлювачів, виділимо лише те, що стосується запропонованого нами апарата.

1. При огляді пінних пиловловлювачів необхідно звертати особливу увагу на горизонтальність розміщення решітки, правильність виготовлення і встановлення краплевловлювачів й інших елементів, які визначають умови контакту рідини з газом.

2. В мокрих пиловловлювачів, до яких належить пінний апарат, визначаються границі витрат газу, при яких при номінальній середній витраті рідини не спостерігається виносу її краплин.

Наявність виносу води визначається якісно за появою краплин, що осідають на предметному склі, яке вводиться в газохід, і на внутрішніх стінках газоходу. Кількісно винос води визначається за допомогою скляних патрончиків, заповнених ватою.

3. Визначення коефіцієнтів або величин гідравлічного опору мокрих пиловловлювачів проводиться не менше ніж при п'яти витратах газу при кожній із трьох питомих витрат води - максимальній, середній і мінімальній - в межах, вказаних авторами або нормами пиловловлювачів. Витрати води і газу не можна приймати вищими від значень, при яких виникає значний винос води із пиловловлювача.

Результати розрахунків коефіцієнтів гідравлічного опору мокрих пиловловлювачів повинні бути зображені у вигляді серії графіків  $\varphi=f(q)$ , кожний із яких будується при постійному значенні витрат газу  $Q_2$ .

4. Ефективність мокрих пиловловлювачів визначається при чотирьох значеннях витрат газу при середній питомій витраті води. Додатково проводиться визначення ефективності при середній номінальній витраті газу при мінімальній і максимальній витратах води в межах, рекомендованих авторами або нормами пиловловлювачів.

В тих випадках, коли в нормалі пиловловлювача вказана лише одна величина середньої витрати води, під максимальною або мінімальною витратою води слід розуміти величину, яка в півтора рази більша або менша за середню.

5. В період визначення ступеня очистки газу від пилу в мокрих пиловловлювачах встановлений за ними тканинний фільтр повинен працювати в режимі без струшування рукавів. Значення витрати газу, пов'язане із збільшенням гідравлічного опору фільтра при запыленні його рукавів, компенсується плавним збільшенням числа обертів колеса вентилятора (при електродвигуні постійного струму) або регулюванням за допомогою дроселя.

6. При випробуваннях мокрих пиловловлювачів тривалість досліду рекомендується приймати не менше 15 хв. з врахуванням того, щоб наважка пилу в пробі в газі, що виходить із пиловловлювача, забезпечувала необхідну точність експерименту.

7. Результати випробувань мокрих пиловловлювачів оформляються за зразками, проведеними в [1], і зображаються у вигляді експериментальних кривих, які виражають залежності  $\eta=f(Q_2)$  і  $100-\eta=f(Q_2)$  при постійних значеннях витрати води. Число кривих відповідає числу режимів при різних питомих витратах води.

Одночасно з витратою води на осі абсцис графіка повинні відкладатись значення величини, яка визначає режим роботи апарата, наприклад швидкість газу в перерізі решітки пінного апарата і т.п.

Безумовно, що під час проведення досліджень виникатимуть інші, не передбачені методикою обставини, вплив яких необхідно врахувати. Тому їх також потрібно вносити в журнал випробувань, щоб при оформленні результатів вони були враховані.

Згідно з [1], для штучного запылення газу, що подається в мокрі пиловловлювачі, при їх дослідженнях повинен використовуватись кварцовий пил №2 з такими параметрами: медіанний діаметр частинки  $\delta_{50}=5\pm 0,3$  мкм;  $\sigma = 3,3-3,9$ ; стандартне відхилення  $lg\sigma = 0,52-0,59$  мкм; питома поверхня  $S$  за приладом ПСХ-2 (орієнтовно)  $S=8000$  см<sup>2</sup>/г. Початкова концентрація пилу в газі на вході в

пиловловлювач повинна становити  $Z_n=2$  г/м<sup>3</sup> з відхиленнями, які не повинні перевищувати  $\pm 20\%$ .

Аналіз дисперсного складу експериментального пилю, а також відбір і підготовка проб повинні проводитись згідно з "Єдиною методикою аналізу дисперсного складу промислових пилюв", яка є обов'язковим доповненням до [1], і призначена для введення єдиних вимог до визначення дисперсного складу промислових пилюв і забезпечення співставлення отриманих результатів.

### **Висновки**

Створення за викладеною методикою дослідного зразка пінного пиловловлювача і його порівняльні випробування на експериментальному стенді з дотриманням усіх викладених вимог повинні дати відповідь на питання про доцільність створення апарата такої конструкції і перспективи його промислового використання, а також про достовірність теоретичних задумів і передбачень, прийнятих при його створенні.

### **Література**

1. Коузов П.А., Йофинов Г.А. Единая методика сравнительных испытаний пылеуловителей для очистки вентиляционного воздуха. - Л.:ВНИИОТ,1967.-103с.
2. Страус В. Промышленная очистка газов. Пер.с англ.-М.:Химия, 1981.-616с.
3. Позин М.Е., Мухленов И.П., Тарат Э.Я. Пенные газоочистители, теплообменники и абсорбери. -Л.: Госхимиздат, 1959.-123с.
4. Коузов П.А., Мальгин А.Д., Скрябин Г.М. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности. – Л.:Химия, 1982.-256с.
5. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И.,Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли.- М.:Химия,1981. -392с.
6. Справочник по пыле- и золоулавливанню / Под общ. ред. А.А.Русанова. - М.: Энергия,1975.-296с.

*Одержано 05.05.2008 р.*