

В.А. Батлук<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., Ю.Є. Шелюх<sup>2</sup>, канд. техн. наук, Р.М. Василів<sup>2</sup>,  
М.В. Басов<sup>2</sup>, Р.Ю. Сукач<sup>2</sup>,

1–НУ „Львівська політехніка”, м. Львів, Україна;

2–Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

## АЕРОДИНАМІЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ПОВІТРЯ

---

*В статье проводятся данные, которые подтверждают тезис о невозможности сегодня улавливать мелкодисперсную пыль, поэтому предложена принципиально новая конструкция центробежно-циркулярного горизонтального пылеуловителя; испытания которые позволяют утверждать о повышении эффективности улавливания такого типа пыли на 10-12% и уменьшении энерго- и металлоёмкости.*

*Information which confirm a thesis about impossibility today to catch a melkodispersnyuyu dust is conducted in the article, a new construction of centrifugal-circular horizontal pyleulovytelya is therefore offered on principle; the tests which allow to assert about the increase of efficiency of catching of such type of dust on 10-12% and diminishment of energo- and metaloemkosty.*

---

Постановка проблеми. Сьогодні в Україні, при зменшенні загального техногенного навантаження на довкілля, сумарні надходження забруднюючих речовин складають 900 млн. тон на рік. Якщо в 1995 році щорічні втрати України від цього склали 15-20% валового прибутку, то в 1999 році – вже 35% і досягли найвищого питомого забруднення на одиницю території в Європі. Вагомий внесок в ці цифри вносить індустрія виробництва будівельних матеріалів і конструкцій.

Існуючі на сьогоднішній день установки для очистки повітря від пилу в галузі виробництва будівельних матеріалів і конструкцій не можуть забезпечити високу ефективність, вловлюють дуже обмежений діапазон частинок аерозолі, носять випадковий характер вибору їх типу, не вловлюють полідисперсний пил і, що особливо важливо, не виробляються на Україні серійно.

Ця задача виросла в окрему проблему, вирішення якої з одного боку повинно сприяти поліпшенню екології довкілля, а з іншого – поверненню викидів в технологічні процеси і використання їх, як вторинних матеріальних ресурсів.

Вирішення проблеми підвищення ефективності пиловловлюючого обладнання можливо лише на основі вивчення і встановлення закономірностей руху аерозольних частинок в робочих елементах апаратів з наступною оцінкою можливостей розділення гетерогенних пилоповітряних систем. Такий підхід дозволив розробити наукові основи створення принципово нових апаратів пиловловлення з багатоступеневою системою очищення.

Аналіз останніх досліджень. Для проведення процесів пиловловлення, і газоочистки широке застосування знаходять апарати із закруткою газового потоку: циклони, вихрові камери, скрубери, швидкісні газопромивачі, плівкові сепаратори тощо. Циклони прямоочні й більше ефективні протиточні, застосовуються для індивідуальних процесів сухого пиловловлення твердих частинок з розмірами більше 10 мкм. З великої розмаїтості протиточних циклонів (ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У і ЦН-24), а також розроблених пізніше високоефективних спіральних конічних циклонів типу СК-

ЦН-34, СК-ЦН-34М и СК-ЦН-40 і спіральновдогоконічних, наприклад, типу СДК-ЦН-33. Необхідно вибрати високоефективні циклони, які можуть вловити тверді частинки з розмірами меншими за 10 мкм при температурах пилогазової суміші, що не перевищує 400-500° С.

Відцентрові циклони й скрубери з водяною плівкою застосовуються для мокрого пиловловлення, і можуть бути використані для процесів абсорбції й контактного теплообміну, однак, їхнє застосування обмежене умовою існування протиточно-гвинтової взаємодії висхідного пилогазового потоку, що очищується, із низхідним рухом плівки рідини, через що середньовитратна швидкість руху газу по порожньому перетину апарата становить 2,5-5,5 м/с.

Як інші конструкції мокрих пиловловлювачів, у яких може поєднуватись пиловловлення з теплообміном або пиловловлення з абсорбцією, застосовуються порожні газопромивачі, форсункові скрубери й швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі) з відцентровими сепараторами. Застосування вихрових скруберів з різними типами зрошувальних пристроїв підвищило ефективність пиловловлення за рахунок осадження частинок пилу на краплях та їх спільному русі, під дією відцентрової сили, до стінки апарата. Тонкість розпилювання рідини на краплі з розмірами від 100 до 10 мкм визначається конструкцією форсунок і режимом витікання рідини. На великих краплях спостерігалось осадження твердих часток, а дрібні краплі з розмірами меншими за 1 мкм майже без контакту із твердими частинками неслися потоком закрученого газу з апарату.

Істотним кроком у поліпшенні сепарації рідинних плівок у закручених потоках стали нові конструкції плівкових сепараторів, розроблені для масообмінного обладнання. Застосування двоступінчастої сепарації дозволило забезпечити видалення пристінкової плівки рідини за область контакту й забезпечити середньодобові витрати швидкості руху закрученого потоку газу до 15-20 м/с.

Однак застосування апаратів мокрого типу створює проблему наступного очищення води, яка сьогодні є невирішеною, тому автори статті пішли шляхом створення принципово нової конструкції апарату сухого типу, здатного вирішити поставлену проблему.

Метою роботи є створення апаратів для очистки повітря від пилу принципово нового типу, в яких досягається значне підвищення ефективності пилоочистки від дрібнодисперсного пилу при зменшенні гідравлічного опору і габаритів пиловловлювача.

Виклад основного матеріалу. Існуючі в даний час апарати аналогічного призначення не можуть дати значного підвищення ефективності пиловловлення через неможливість по перше - забезпечити постійною дію відцентрових сил на частинку і по друге - підключення до процесу пиловиділення збільшених сил ваги та інерції.

Тому нами було поставлено завдання створення такого пиловловлювача, в якому виконання жалюзійного відокремлювача рухомим, дозволяє йому обертатися навколо своєї осі під дією пилоповітряного потоку, який вводиться в апарат, або примусово, що веде до збільшення дії відцентрових сил, запобігає проникненню дрібнодисперсних

частинок пилю всередину його, захоплюючись пилоповітряним потоком і до вирівнювання тисків всередині корпусу апарата.

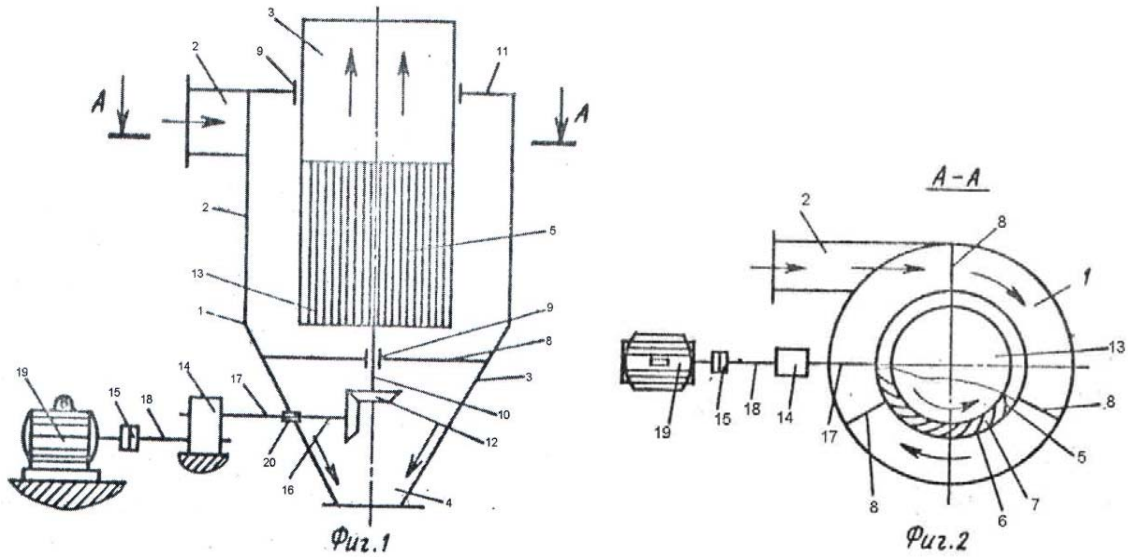


Рис. 1. Пиловлівлювач з рухомим відокремлювачем

Пиловлівлювач (рис.1) містить корпус 1, який складається з циліндричної та конічної частин. До верхньої частини корпусу під'єднані: тангенційний вхідний патрубок 2, осьові патрубки виходу очищеного повітря 3 і пиловипускний 4. Жалюзійний відокремлювач 5 розташований коаксіально корпусу 1 всередині його циліндричної частини і у верхній частині переходить у патрубок виходу очищеного повітря 3. Жалюзійний відокремлювач 5 складається з набору вигнутих жалюзі 6, які повернуті своєю вигнутою частиною назустріч пило повітряному потоку. Простір між жалюзі 6 утворює щілини 7.

Пиловлівлювач містить механізм обертання жалюзійного відокремлювача 5, який включає три стержні 8, закріплені з одного боку до внутрішньої поверхні конічної частини корпусу 1, а з іншого боку – до опори 9, в якій розміщений вал 10 (вісь жалюзійного відокремлювача 5).

Друга аналогічна опора 9 встановлена симетрично до осі апарату в кришці 11 корпусу 1.

Всередині конічної частини корпусу 1 розміщена зубчата конічна пара 12, яка з одного боку завдяки валу 10 приєднана до днища 13 жалюзійного відокремлювача 5, а з другого боку за допомогою редуктора 14, муфти 15 і валів 16, 17 і 18 з'єднана з приводом обертання 19 (наприклад електричним двигуном). Опора 20 встановлена також у конічній частині корпусу 1 і в ній закріплені вал 16 та три стержні 8.

Працює пиловлівлювач наступним чином.

Вхід пилоповітряної суміші здійснюється тангенційно в корпус 1 через патрубок 2, де вона гвинтоподібно з великою швидкістю рухається зверху вниз спочатку вздовж його циліндричної частини корпусу 1, а потім вздовж конічної частини корпусу 1. Після входу в апарат на потік діє відцентрова сила, за рахунок якої відбувається пошарове розділення потоку, і до жалюзійного відокремлювача потік підходить розділеним на два: біля стінки корпусу рухається велико дисперсний потік, а навколо

вихлопного патрубку – дрібнодисперсний. Жалюзійний відокремлювач 5 є другим ступенем очистки, при проходженні через нього відбувається доочистка, вже пошарово розділеного потоку, від дрібнодисперсних частинок пилу, а після проходження через щілини його виноситься з апарату через патрубок 3. Вторинна очистка повітря від пилу здійснюється послідовно у напрямку до пиловипускного патрубку при проходженні потоку через щілини 7 жалюзійного відокремлювача 5, який розташований коаксіально всередині циліндричної частини корпусу апарату 1. Якщо б жалюзійний відокремлювач 5 не обертався, пилоповітряний потік доочистився би, проходячи у щілини 7 між жалюзі 6. стикаючись з останніми і виділяючи при цьому відомим способом дрібнодисперсні частинки пилу. У такому варіанті найдрібніші частинки пилу просакають разом із повітрям всередину жалюзійного відокремлювача 5, що не сприяє підвищенню ефективності його роботи.

Механізм обертання жалюзійного відокремлювача 5 працює наступним чином.

При включенні приводу 19 обертання жалюзійного відокремлювача 5 передається послідовно через муфту 15, вал 18, редуктор 14, вал 17, зубчасту конічну пару 12 і вал 10. Разом із жалюзійним відокремлювачем 5 обертається і вихлопний патрубок очищеного повітря 3. Жалюзійний відокремлювач 5 обертається у бік протилежний напрямку обертання пилоповітряної суміші всередині корпусу 1 апарату, віддаючи частину своєї кінетичної енергії пилогазовому потоку.

В залежності від експлуатаційних характеристик (продуктивності, дисперсного, морфометричного та хімічного складу, концентрації пилу тощо) вибирається певна швидкість обертання жалюзійного відокремлювача 5. За рахунок того, що жалюзійний відокремлювач 5 і пилогазовий потік обертаються у протилежні сторони, жалюзі 6 відокремлювача 5 весь час повернуті своєю вгнутістю по напрямку руху пилоповітряної суміші ( вони встановлені погнутістю назустріч йому) і при обертанні відкидають або підштовхують частинки пилу у напрямку до зовнішньої стінки корпусу 1 апарату, запобігаючи таким чином їх руху всередину жалюзійного відокремлювача 5 через щілини 7 між жалюзі 6.

Таким чином ефективність роботи пиловловлювача зберігається досить високою у широкому діапазоні режимів його роботи завдяки створенню примусової зміни швидкості обтікання повітряним потоком жалюзійного відокремлювача 5, чим досягається вибір оптимальних параметрів проходження через пиловловлювач очищеного повітря, тобто відбувається додаткова до очистки пилоповітряної суміші і збереження постійної швидкості проходження її через щілини 7 між жалюзі 6.

Для того, щоб уявити, яке місце займуть створені нами пиловловлювачі у загальному колосальному ряді існуючих сьогодні апаратів їх необхідно дослідити, звівши шляхом порівняльних випробувань до невеликого конкретного ряду за їх ефективністю, гідравлічним опором і металоємністю, при однакових енергетичних витратах і продуктивності.

З цією метою існує „Єдина методика порівняльних випробувань пиловловлювачів”, яка охоплює питання приготування експериментального пилу, визначення фізико-хімічних і морфометричних його властивостей, методів запилення

повітря, що подається у пиловловлювач, ступеня деагломерації пилу при штучному запиленні повітря, яка визнана обов'язковою при дослідженнях новостворених апаратів аналогічного призначення.

Досліди проводилися на стандартному стенді, який відповідає всім вимогам цієї методики у Національному університеті “Львівська політехніка”.

В якості експериментального пилу прийнято кварцовий пісок із медіанним діаметром  $(32i50) \cdot 10^{-6}$  м.

Таблиця 1

Порівняльні дослідження пиловловлювачів

Витрата повітря, м <sup>3</sup> /год.	Медіанний діаметр пилу, 10 <sup>-6</sup> м	Ефективність роботи, %		Гідравлічний тиск, Па	
		Запропонованого	Циклону ЦН-11	Запропонованого	Циклону ЦН-11
1000	32	93,9	88,4	60	70
2000	32	95,9	91,5	62	74
3000	32	97,8	88,6	64	78
3500	32	97,5	93,2	66	81
1000	50	94,1	90,8	60	70
2000	50	96,3	92,9	62	74
3000	50	98,5	94,0	64	78
3500	50	98,0	93,8	66	81

Переваги запропонованої конструкції очевидні. Збільшення ефективності пиловловлення у запропонованому апараті досягається вибором оптимальних параметрів руху пилогазової суміші в апараті:

- швидкість входу пилоповітряної суміші в апарат – 22 – 25 м/с;
- швидкість проходження очищеного повітря через щілини 7 між жалюзі 6 відокремлювача – 7 – 10 м/с.

Висновки. Завдяки доведених нами вдосконалень та створення принципово нової конструкції пиловловлювача, нам вдалося досягти значного збільшення (на 10-12%) ефективності вловлення дрібнодисперсного пилу у порівнянні з еталоном – циклоном ЦН-11, зменшивши при цьому гідравлічний опір (енергоємність) і витрати матеріалу (металоємність).

У даний час проводиться проектування дослідно-промислового взірця запропонованого апарата для впровадження його в системах пневмприводу.

### Список літератури

1. Батлук В.А., Азарський К.І. Математичне забезпечення вибору оптимального обладнання для очистки повітря від пилу за допомогою комп'ютерної техніки // Український журнал медичної техніки і технології. – Київ. – 2000. - №2. – С.92-94.
2. Батлук В.А. Математические модели процессов разделения гетерогенных систем при пылеочистке // Міжнар. наук. практ. конф. «Нові машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій, сучасні будівельні технології». – Полтава. – 2000. – С. 87-91.
3. Батлук В.А. „Основы экологии и охрана окружающей природной среды”. – Львів: „Афіша”, 2001. – 335 с.
4. Батлук В.А., Гогіташвілі Г.Г., Уваров Р.В., Смердова Т.А. „Охрана праці в галузі телекомунікацій””. – Львів: „Афіша”, 2003. – 355 с.