

УДК 621.928.9

В. А. Батлук, І. М. Козира, Я. В. Мота*Національний університет «Львівська політехніка»***ДОСЛІДЖЕННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПИЛОВЛОВЛЮВАЧА**

Подано дані, які підтверджують тезу про неможливість сьогодні вловлювати дрібнодисперсний пил, тому запропоновано принципово нову конструкцію відцентрово-циркулярного горизонтального пиловловлювача; випробування, які дозволяють стверджувати про підвищення ефективності вловлювання такого типу пилу на 10–12% і зменшенні енергії і металоємності.

З кожним роком наука та техніка інтенсивно розвиваються, вдосконалюються нові технології та різні дослідження, але незважаючи на позитивні риси, виникає інша ситуація, збільшується кількість забруднюючих речовин, які впливають на розвиток навколишнього середовища, забруднюється атмосфера. Атмосферне повітря є найбільш життєзабезпечувальним природним середовищем, яке складається з суміші газів і аерозолів приземного шару атмосфери, що виникає в ході еволюції Землі. Охорона атмосферного повітря, а також озонового шару — найбільш актуальна проблема екології.

Більшість людей проводять 80–95% свого часу в службових приміщеннях. Одним з показників якості їх життя є повітря. Згідно з оцінкою останніх даних повітря всередині міських приміщень забруднено в 100 разів більше, ніж зовні.

Основними причинами забруднення повітря в службових приміщеннях є:
хімічні речовини, що потрапили в приміщення. Більше 100 хімічних сполук можуть одночасно перебувати у повітрі службових приміщень, офісів. У тому числі: аерозолі свинцю, кадмію, ртуті, міді, цинку, фенолу, формальдегіду, у концентраціях, що найчастіше перевищують ГДК у кілька разів;

отруйні випаровування і частинки від миючих засобів, які використовуються в приміщеннях. Причому, їх концентрація в 1000 разів вища, ніж у відкритому повітрі;

бактерії, віруси, спори грибків і цвілі;

дрібнодисперсний пил, частинки якого менші за 10 мкм, невидимі для ока, практично не осаджуються й постійно висять у повітрі, це — пилові кліщі й продукти їхньої життєдіяльності, що є найсильнішими алергенами;

продукти життєдіяльності людини (150 видів хімічних речовин), свійських тварин;

тютюновий дим і 3600 хімічних речовин з нього.

У приміщенні, в якому повітря не очищається, в одному літрі втримується до 300 тис. частинок пилу розміром 0,5 мікрон. З них лише 75–80 тис. повертаються у навколишнє середовище з видихом, а більше 200 тис. залишаються до певного часу в організмі людини, а точніше — у її бронхах і трахеях! З огляду

на те, що обсяг вдиху становить близько 1,5–2 л повітря, нескладно підрахувати, що кожного разу, коли ми робимо вдих, у дихальній системі залишається близько 400 тис. дрібних частинок пилу й аерозолі. Однак кожна людина щодня через свої легені пропускає приблизно 7–9 тис. л повітря в спокійному стані й у 6–8 разів більше, ніж за годину активної фізичної діяльності. Отже, наша дихальна система повинна якось «переробити» більше 30 млн частинок пилу й аерозолі. Ще раз нагадаємо, що до складу забрудненого повітря входять сажа й кіптява, пилоподібні зерна й спори грибків, бактерії й мікроби, у тому числі й хвороботворні, величезний перелік шкідливих хімічних речовин і, нарешті, домашній пил. Кожний вид цих частинок пилу й аерозолі здатний виступити як алерген. Навіть, якщо ці частинки інертні, тобто не викликають токсичного ефекту (слизову оболонку бронхів дратують чисто механічно), вони залишаються там надовго. Відомо, що у шахтарів, у запеклих курців легені інтенсивно «пофарбовані» в чорний колір. Проте чорного пігменту в легенях вистачає в кожній людині, навіть якщо вона ніколи не спускалася в шахту і не курила.

За останніми даними статистики відбувається бурхливий ріст легеневих захворювань, алергії, зниження імунітету, стрімке зростання смертей від раку легенів, хронічного бронхіту, астми.

Багато технологічних процесів у різних галузях промисловості супроводжуються викидами в атмосферу значної кількості пилу тих матеріалів, які піддаються обробці. Для зниження викидів в атмосферне повітря на їх джерелах встановлюються пиловловлюючі пристрої.

З великої розмаїтості останніх, у конструктивному відношенні найбільшого поширення одержали циклони і фільтри.

Пиловловлюючі агрегати (сухі циклони) з механічним способом фільтрації повітря застосовуються для очищення забрудненого повітря від середньо-, великодисперсних частинок різних видів сухого пилу.

В останні роки у промисловості намітилися такі основні напрямки роботи. Розробка й впровадження нових засобів і пристроїв для очищення від пилу викидів вентиляційних систем і технологічних процесів; проведення досліджень по інвентаризації джерел забруднення й розробка нормативів гранично допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферу; дослідження роботи діючих систем вентиляції обезпилення й розробка рекомендацій з підвищення ефективності їх роботи, і зі зниження енерго- та металоємності.

Пиловловлювачі прийнято поділяти за забезпеченням ступеня очистки газу від пилу на: грубі, середні й тонкі; а за механізмом пиловловлення на механічні (сухі або мокрі), прості й волокнисті фільтри та електрофільтри.

Грубі пиловловлювачі вловлюють частинки, розмір яких більший за 20 мкм, середні — за 10 мкм і тонкі — розмір яких менший, ніж 10 мкм.

Така класифікація може служити тільки для приблизної оцінки, тому що ефективність пиловловлення залежить не тільки від розмірів частинок, але і від їх фізичних, хімічних і морфометричних характеристик, а це пов'язано

з тим, що один і той же пиловловлювач може давати неоднакові результати для пилу різних матеріалів.

Слід зазначити, що через складність і невивченість процесів осадження пилу в пиловловлювачах для багатьох типів апаратів ще не розроблено розрахункові методи визначення ефективності пиловловлення. Разом з тим накопичено величезний експериментальний матеріал, який не завжди може бути ефективно використаний, оскільки результати одержано здебільшого за різними методиками і тому несумісні. Нерідко через суперечність результатів важко дати об'єктивну оцінку того або іншого пиловловлювача. Оцінювати експериментальні дані та рекомендації необхідно доволі обережно, звертаючи увагу на методику їх отримання.

При такій великій кількості конструкцій пиловловлювачів сьогодні не існує апаратів, здатних високоефективно вловлювати дрібнодисперсний пил.

Метою роботи є створення апарата для очистки повітря від пилу принципово нового типу, в якому досягається значне підвищення ефективності пилоочистки від дрібнодисперсного пилу і зменшення гідравлічного опору та габаритів.

Наявні тепер апарати аналогічного призначення не можуть дати значного підвищення ефективності пиловловлювання через неможливість забезпечення постійної дії відцентрової сили на частинку і неможливість підключення до процесу пиловиділення збільшених сил ваги та інерції.

Отож нами було поставлено завдання створення пиловловлювача з розміщенням жалюзійного відокремлювача в горизонтальній площині перпендикулярній до осі абсцис і осі ординат, що дозволить втягнути в процес пиловловлювання більшу кількість сил, а наявність відбивача, сконструйованого певним чином, дає змогу направляти в пиловихідний патрубок ще частину невиділеного з потоку іншим способом пилу. При цьому реконструкція патрубку виходу очищеного повітря дозволить зменшити турбулентність потоку і гідравлічний опір апарата.

На рис. 1 показано горизонтальний пиловловлювач (вигляд спереду). На рис. 2 — вигляд зверху. На рис. 3 — вигляд збоку. На рис. 4 — переріз А-А.

Горизонтальний пиловловлювач складається з патрубку 1 для вводу пилогазової суміші в апарат, корпусу апарата 2, жалюзійного відокремлювача 3, з жалюзі 4, пиловипускного патрубку 5, відбивача 6, патрубок для виходу очищеного газу 7 і 8, кришки апарата 9.

Працює горизонтальний пиловловлювач таким чином: пилогазова суміш через вхідний патрубок 1 тангенційно поступає в корпус апарата 2. Під дією відцентрових сил великодисперсні частинки пилу притискаються до стінки корпусу апарата 2, а дрібнодисперсний пил захоплюється газовим потоком і рухається у бік жалюзійного відокремлювача 3. Біля відокремлювача частинки пилу стикаються із жалюзі 4 жалюзійного відокремлювача 3 і відбиваються від них у бік потоку великодисперсних частинок, захоплюються ним і попадають

у пиловипускний патрубок 5. Частинки, які під дією інерційних сил і сил ваги пролітають мимо отвору пиловипускного патрубку стикаються з відбивачем 6 і відбиваються ним у вихідний патрубок пилу 5. Вихідні патрубки для очищеного

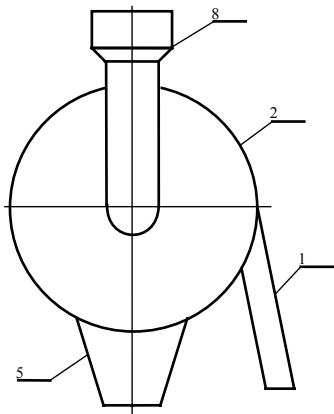


Рис. 1

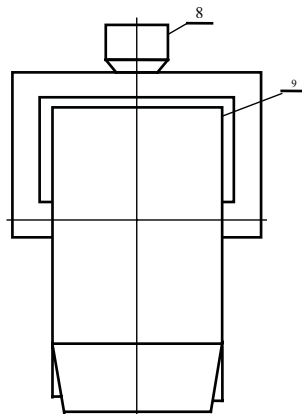


Рис. 2

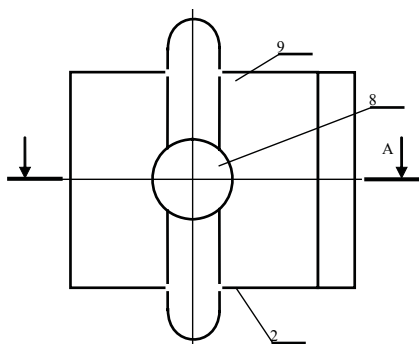


Рис. 3

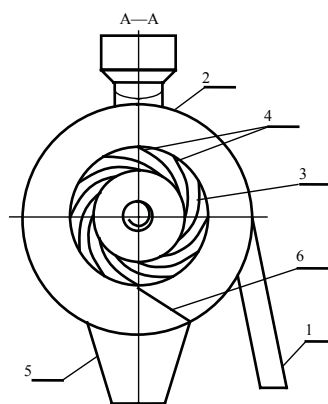


Рис. 4

газу 7 приєднано з двох боків до жалюзійного відокремлювача 3 і розташовано вздовж його осі, а за межами корпусу апарата 2 підіймаються вертикально вгору паралельно його стінкам (рис. 3) і над кришкою 9 переходять у основний патрубок для виходу очищеного газу 8, який розташовано співвісно корпусу 2 вздовж його вертикальної осі. Та частина газу, що очистилася від пилу, як у корпусі 2 апарата, так і під час проходження через жалюзі 4 відокремлювача 3, виводиться з внутрішньої порожнини жалюзійного відокремлювача через ці діаметрально протилежні патрубки 7 і вихідний патрубок 8 назовні.

Для оптимізації процесу пиловловлення жалюзійний відокремлювач розташовано на горизонтальній осі — осі аплікат, яка має прямі кути з віссю абсцис і ординат корпусу пиловловлювача, що дозволяє збільшити вплив сил

ваги при проведенні процесу очистки. Отже, пилогазовий потік, увійшовши в апарат тангенційно через патрубок 1, потрапляє під вплив відцентрових сил, які відкидають більші частинки пилу з нього до зовнішньої стінки корпусу 2, в якій формується потік великодисперсного пилу в напрямку від вхідного 1 до пиловипускного 4 патрубків. Відомо, що для видалення твердих частинок пилу з потоку достатньо половини оберту його вздовж жалюзійного відокремлювача 3, тому після здійснення потоком половини оберту на нього починають діяти додатково ще сили ваги та інерції, які підштовхують цей потік спочатку вздовж зовнішньої стінки корпусу апарата 2, а потім у напрямку пиловипускного патрубку 5. Практично весь виділений великодисперсний пил потрапляє у пиловипускний патрубок 5. Дрібнодисперсний пил, який не може бути виділений за допомогою відцентрових сил, захоплюється потоком газу, який одночасно рухається до жалюзійного відокремлювача 3, і, здійснюючи поворот на кут α ($90^\circ < \alpha < 180^\circ$) у сторону отвору між його жалюзі 4, проходить через ці отвори і виводиться з апарата через патрубки 7, 8. Дрібнодисперсні частинки пилу не встигають за потоком, за рахунок сил інерції відстають від нього і не можуть повернути в отвір між жалюзі 4, стикаються та відбиваються від них у напрямку руху великодисперсного пилу, відбиваються потоком назад, знов — захоплюються газовим потоком, — стикаються з жалюзі і відбиваються ними і т. д. до тих пір, доки не попадуть у потік, який рухається в напрямку до пиловипускного патрубку 5. Невелика частина цього дрібнодисперсного пилу пронесеться разом з газовим потоком мимо патрубку виходу пилу 5 ближче до жалюзійного відокремлювача 3, але пройде мимо відбивача 6, який розташований в апараті між верхнім правим краєм патрубку для виходу пилу 5 (рис. 4) і жалюзійним відокремлювачем під певним кутом до вертикальної осі корпусу апарата.

Проводилося дослідження запропонованого апарата на стандартному експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка» на стандартному експериментальному пилу з метою визначення оптимального кута нахилу відбивача 6 до вертикальної осі корпусу апарата (тобто як цей кут впливає на ефективність пиловловлювання).

Досліджувалося десять варіантів апаратів з наступними кутами нахилу відбивачів до вертикальної осі корпусу апарата:

перший — кут 15° ; другий — 20° ; третій — 30° ; четвертий — 35° ; п'ятий — 45° ; шостий — 50° ; сьомий — 60° ; восьмий — 70° ; дев'ятий — 80° ; десятий — 90° .

У результаті експериментів встановлено, що оптимальним є сьомий тип апарата, де кут нахилу відбивача до вертикальної осі апарата становить 60° (рис. 4), що пояснюється таким чином:

при зменшенні цього кута нижче 60° утворюється щілина між відбивачем 6 і жалюзійним відокремлювачем 3, яка збільшується при зменшенні цього кута;

при збільшенні кута нахилу відбивача 6 до вертикальної осі апарата зменшується кут відбиття частинок пилу відбивачем 6 і, чим він більший, тим паралельніше патрубку виходу пилу направляється відбитий потік і він знов захоплюється потоком і потрапляє на відбивач 6 або в очищений газ;

при куті нахилу відбивача 6 до вертикальної осі апарата рівному 60° кут відбиття потоку дозволяє йому відразу потрапити у пиловипускний патрубок і проганяти його назад і вперед.

Доцільність наявності двох діаметрально протилежних патрубків 7 виходу очищеного газу вздовж осі жалюзійного відокремлювача 3 досліджувалася на наведеному вище стенді. Досліджувалися три конструкції апарата:

перша — апарат має один патрубок виходу очищеного газу 7, розташований по осі жалюзі відокремлювача і направлений на нас (рис. 2) і патрубок, який іде від нас закритий;

друга — апарат має два діаметрально протилежні патрубки виходу очищеного газу (описаний варіант);

третья — апарат має один патрубок виходу очищеного газу 8, який розташовано в кришці 9 корпусу апарата по його вертикальній осі й уведений усередину жалюзійного відокремлювача.

У результаті експериментів доведено, що найкращою конструкцією, яка забезпечує максимальну ефективність роботи і мінімальний гідравлічний опір, є друга конструкція, тому що вона зводить до мінімуму турбулізацію потоку, не створює потоків усередині жалюзійного відокремлювача, направлених убік вихідного патрубка, дозволяє досягти оптимальної швидкості виходу очищеного повітря з апарату, чого не можна сказати про першу конструкцію.

Третя конструкція найбільш невдала, тому що в ній вихідний патрубок очищеного газу турбулізує потік, як усередині жалюзійного відокремлювача, так і в корпусі апарата, створює додатковий опір і тому важко підтримати оптимальну швидкість в ньому.

Проведено порівняльні дослідження запропонованого горизонтального пиловловлювача з прототипом на експериментальному стенді НУ «Львівська політехніка», результати яких наведено в табл. 1. Як пил узято кварцовий пісок.

Таблиця 1

Порівняльні дослідження пиловловлювачів

| Витрати повітря, м ³ /г | Діаметр пилу, $\delta_{50} \cdot 10^{-6}\text{м}$ | Ефективність роботи, % | | Гідравлічний опір, Па | |
|------------------------------------|---|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | циклон ЦН-11 | запропонований апарат | циклон ЦН-11 | запропонований апарат |
| 1000 | 8 | 76,5 | 87,2 | 88 | 67 |
| | 32 | 83,2 | 93,9 | | |
| | 50 | 85,2 | 95,8 | | |
| 2000 | 8 | 77,4 | 89,1 | 92 | 71 |
| | 32 | 80,5 | 93,2 | | |
| | 50 | 85,7 | 97,1 | | |
| 3000 | 8 | 78,7 | 89,4 | 94 | 75 |
| | 32 | 82,1 | 94,4 | | |
| | 50 | 86,8 | 98,7 | | |

Отже, переваги запропонованої конструкції очевидні.

Шляхом створення пиловловлювача, в якому жалюзійний відокремлювач розташовано в корпусі апарата вздовж осі аплікату, що розміщена перпендикулярно до осі абсцис і осі ординат апарата, а також має відбивач пилу, який розташовано в корпусі апарата між верхнім правим краєм пиловипускного патрубка і жалюзійним відокремлювачем під кутом 60° до вертикальної осі корпусу апарата; крім того має два діаметрально протилежні патрубки для виходу очищеного газу, які розташовано по осі жалюзійного відокремлювача, а за межами корпусу апарата підіймаються вертикально вгору паралельно стінкам корпусу апарата і над кришкою апарата переходять у патрубок виходу очищеного повітря, який розташовано співвісно корпусу апарата вздовж його вертикальної осі, нам вдалося досягти значного збільшення на 10–12% ефективності вловлення дрібнодисперсного пилу порівняно з еталоном — циклоном ЦН-11, зменшивши при цьому гідравлічний опір (енергоємність) і витрати матеріалу (металоємність).

Тепер проводиться впровадження запропонованого апарата в системах пневмоприводу для автоматизації і механізації технологічних процесів в АПК, а також досягнення вимог норм ГДК у викидах.

1. Батлук В. А. Математичне моделювання траєкторії руху частинки пилу у пиловловлювачі з жалюзійним відокремлювачем / В. А. Батлук, Ю. Р. Дадак — НТУУ «КПІ», 2008.
2. Батлук В. А. Один из путей решения проблем устранения промышленной опасности, создаваемой мелкодисперсной пылью. Юбилейные научные чтения «Белые ночи-2008» / В. А. Батлук, В. В. Батлук, О. В. Мельников. — МАНЭБ, СПб, 2008.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ

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 металоёмкости.

RESEARCH OF HORIZONTAL PILOVLOVLYOVACHA

Information which confirm a thesis about impossibility today to catch a melkodyspersnuyu dust is conducted in the article, a new construction of centrifugalcircular 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.

Стаття надійшла 01.10.08

УДК 621.836.7

Н. М. Кандяк*Українська академія друкарства***КІНЕМАТИКА МЕХАНІЗМУ МАЛЬТІЙСЬКОГО ХРЕСТА
З КУЛІСНО КРИВОШИПНИМ ПРИВОДОМ**

Розглядається комбінований мальтійський механізм з кулісно кривошипним приводом. Теоретичні викладки доведено до числового прикладу, який підтверджує дієвість виведених формул.

У поліграфічних і пакувальних машинах-автоматах і агрегатах конвеєрного типу використовуються механізми мальтійського хреста для періодичного переміщення напівфабрикатів з періодичними вистоями. Основними недоліками мальтійських механізмів є те, що період повороту хреста залежить від кількості пазів, а також наявність початкових прискорень на початку руху. Для усунення цих недоліків використовують у приводі некрутлі зубчаті колеса або комбінують з іншими механізмами, з допомогою яких збільшується період повороту хреста.

Дослідженням кінематики мальтійських механізмів присвячено багато робіт [1–5].

Нижче розглядається мальтійський механізм з кулісно кривошипним приводом рис. 1, який дає можливість збільшити період повороту хреста, зменшити його кутову швидкість і покращити динамічні характеристики.

Повнообертовий кулісний механізм складається з куліси O_2A_1 , яка рівномірно обертається і кривошипа, який зв'язаний з водилом хреста O_1A_2 і має нерівномірну швидкість обертання. Початковий кут повороту кривошипа $\varphi_{\Sigma 1}$, що відповідає повороту хреста на кут $\gamma_{\Sigma} = \frac{2 \cdot \pi}{z}$ залежить від базовідстані a кулісно кривошипного механізму і буде більший, ніж $\varphi_{\Sigma 2}$, який дорівнює $\varphi_{\Sigma 2} = \pi - \frac{2 \cdot \pi}{z}$.

Кут повороту куліси $\varphi_{\Sigma 1}$ призначається з циклограми роботи машини і при цьому період повороту хреста буде рівний $T = \frac{\varphi_{\Sigma 1}}{\omega_1}$, де ω_1 — кутова швидкість куліси.

Метою даної роботи є аналіз кінематичних і динамічних характеристик хреста залежно від базовідстані λ кулісно-кривошипного механізму і кількості пазів мальтійського хреста.

За заданим кутом повороту кривошипа $\varphi_{\Sigma 1}$ визначаємо базовідстань λ : трикутник $O_1O_2A_1$ розбиваємо на два прямокутні трикутники, з яких знаходимо a та r і підставляємо в λ

$$\lambda = \frac{\sin(0.5 \cdot \varphi_{\Sigma 1} - 0.5 \cdot \varphi_{\Sigma 2})}{\sin(0.5 \cdot \varphi_{\Sigma 2})}. \quad (1)$$