

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА РОБОТИ ПИЛОВЛОВЛЮВАЧІВ З ЖАЛЮЗІЙНИМ ВІДВОДОМ ПОВІТРЯ

Куц В.П., канд. техн. наук, доцент,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль

Представленні результати експериментальних досліджень і промислової експлуатації трьох конструкцій відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійним відводом повітря.

The presented results of experimental researches and operation and maintenance phase of centrifugal-inertia dust collector are with the jalousie taking of air.

Ключові слова: пиловловлювачі, ефективність, гідравлічний опір, вартість очистки.

В умовах постійного зростання чисельності населення Землі, розширення обсягів його господарської діяльності зростають і обсяги відходів цієї діяльності. Як найважливішу проблему безпечного існування людського суспільства слід розглядати зменшення забруднення атмосферного повітря, яке є основним середовищем життєдіяльності людини, відходами її господарської діяльності. Нехтування вирішення цієї проблеми може привести до незворотних наслідків, викликати екологічні зсуви і катастрофи. І хоч за обсягом забруднення повітряного басейну Землі домішками антропогенного походження поки що менші від забруднень природними процесами (виверження вулканів лісові пожежі, піщані бурі, ерозія та інші), однак їх об'єм постійно зростає.

Прогнозувати розвиток природних екологічних зсувів важко, однак вплив шкідливих наслідків бурхливого розвитку світового господарства може бути призупинений, якщо всі промислові країни світу в інтересах сьогодення і майбутнього будуть вживати всі необхідні заходи для збереження в чистоті повітряного басейну, якщо рівень культури будь-якого виробництва вирішальною мірою буде визначатись не лише глибиною переробки і використання сировини, найвищим проявом чого є створення безвідходних технологій, але також раціональним використанням енергоресурсів і відсутністю шкідливого впливу на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показує, що в різних країнах постійно появляється нові технічні засоби для запобігання забруднення повітряного середовища і боротьби з ним, причому досконаліші і, як правило, складніші, що відображається на їх вартості, яка складає від 10 до 40-50% вартості обладнання основного виробництва. При цьому розвиток пилоочисного обладнання йде як шляхом створення якісно нових типів апаратів, так і шляхом створення пиловловлювачів, в яких поєднуються принципи дії декількох уже відомих апаратів. В другому випадку вдається не лише підвищити ефективність очистки і знизити вартість очистки в порівнянні з використанням окремих апаратів, принципи дії яких поєднуються, але і скорити виробничі площі, які займає це обладнання.

Позитивні результати досліджень одного з перших пиловловлювачів, в якому поєднанні принципи дії відцентрових жалюзійних апаратів [1], успішна експлуатація апаратів такого типу на декількох підприємствах стали переконливим доказом доцільності їх створення і продовження пошуків шляхів покращення їх основних показників роботи.

В таких апаратах за рахунок встановлення циліндричної жалюзійної решітки, закритої знизу глухим конічним днищем, створюються умови для додаткового розділення пилогазового потоку при проходженні через решітку, і усувається характерна для циклонів турбулізація повітряного потоку при зміні його напрямку і захоплення ним частинок уже виділеного з потоку пилу.

Крім того, не утворюється зона розрідження біля горловини вихлопної труби, і не засмоктуються частини пилу потоком очищеного газу, що входить в цю трубу знизу. Гідравлічний опір таких пиловловлювачів нижчий, ніж циклонів, за рахунок застосування жалюзійного відводу газу, адже швидкість проходження газу через бокову поверхню жалюзійної решітки менша, ніж у горловині вихлопної труби циклона, оскільки площа живого перерізу бокової поверхні решітки більша, ніж площа поперечного перерізу вихлопної труби.

З розвитком теорії і практики пиловловлення в 50-х роках минулого століття з'явився якісно новий тип апаратів – апарати із зустрічним закрученими потоками або вихрові апарати, які, як і циклони, є апаратами відцентрової дії. Ці пиловловлювачі дозволяють ефективно вловлювати частинки пилу розміром 3-5 мкм, які важко вловлюються навіть найефективнішими циклонами. Вони знаходять застосування у хімічній, гірничодобувній, харчовій галузях промисловості для очищення газів після сушарок, млинів, змішувачів.

Від циклонів вихрові пиловловлювачі відрізняються наявністю в них двох зустрічних в осьовому напрямку закручених потоків: нижнього (первинного) і верхнього (вторинного).

На основі детального аналізу конструкцій і принципів дії пиловловлювачів із зустрічними закрученими потоками і позитивних результатів вдосконалення циклонних апаратів створенням в них умов для додаткового жалюзійного розділення запылених потоків автором була запропонована ідея про створення умов для додаткового жалюзійного розділення і в апаратах із зустрічним закрученими потоками. Таке рішення зумовлене прагненням усунути основний недолік вихрових пиловловлювачів - наявність так званого «осьового джгута». Це явище викликане тим, що біля осі апарата відцентрова сила, що діє на частинки пилу при обертанні пилогазового потоку, незначна і недостатня для відкидання цих частинок до периферії пиловловлювача, де вторинним потоком газу, що опускається, обертаючись зверху вниз, вони транспортуються в бункер. Тому частинки, які знаходяться в цьому «осьовому джгуті», безперешкодно виносяться з пиловловлювача очищеним потоком газу, який піднімається знизу вверх.

Встановлення всередині пиловловлювача концентрично до його корпусу циліндричної жалюзійної решітки, закритої знизу глухим конічним днищем, повинно не лише усунути утворення цього «осьового джгута» за рахунок направлення пилогазового потоку від осі до периферії, але й створити умови для реалізації в апараті поряд з розділенням під дією відцентрової сили розділення при проходженні через бокову поверхню жалюзійної решітки.

При створенні конструкції вихрового пиловловлювача з жалюзійним відводом газу, названого жалюзійно-вихровим, були прийняті до уваги різноманітні конструктивні оформлення вихрових апаратів. Як найбільш вдала, була прийнята за основу конструкція із зосередженим підводом вторинного потоку. Схема створеного пиловловлювача показана на рис. 1. [2]

Для перевірки достовірності і доцільності прийнятих при створенні конструктивних рішень і задумів будь-яке нове обладнання повинно бути випробуване за загальноприйнятою для такого класу обладнання методикою, а отримані результати повинні бути придатними для порівняння з показниками існуючих апаратів.

Для пиловловлювачів така методика [3] передбачає визначення основних показників їх роботи - гідравлічного опору і ефективності очищення - і впливу на ці показники режимних і конструктивних параметрів. Гідравлічний опір визначається на незапыленому газі, а для визначення ефективності використовують стандартний пил, вимоги до якого регламентовані тією ж методикою.

Створений жалюзійно-вихровий пиловловлювач досліджувався у повній відповідності з вимогами вказаної методики, тому отримані результати досліджень повністю придатні для порівняння з показниками інших пиловловлювачів і достатні для оцінки доцільності його створення.

Наведені в таблиці 1 значення коефіцієнтів опору жалюзійно-вихрового пиловловлювача (ЖВП) з різними жалюзійними решітками, коефіцієнти живого перерізу k_p , яких становлять 0,2; 0,3 і 0,4, відповідно, свідчать про те, що опір створеного пиловловлювача нижчий за опір апарата без жалюзійної решітки (ВП) [4].

Зменшення гідравлічного опору в апаратах з жалюзійною решіткою зумовлене, найімовірніше, зменшенням закручування газу у вихлопній трубі. У циклонах, наприклад, для цього перед вихлопним патрубком встановлюють спеціальні розкручувачі або кільцевий дифузор за патрубком. Жалюзійна решітка в світлі цього і є саме таким пристроєм, який в значній мірі зменшує закру-

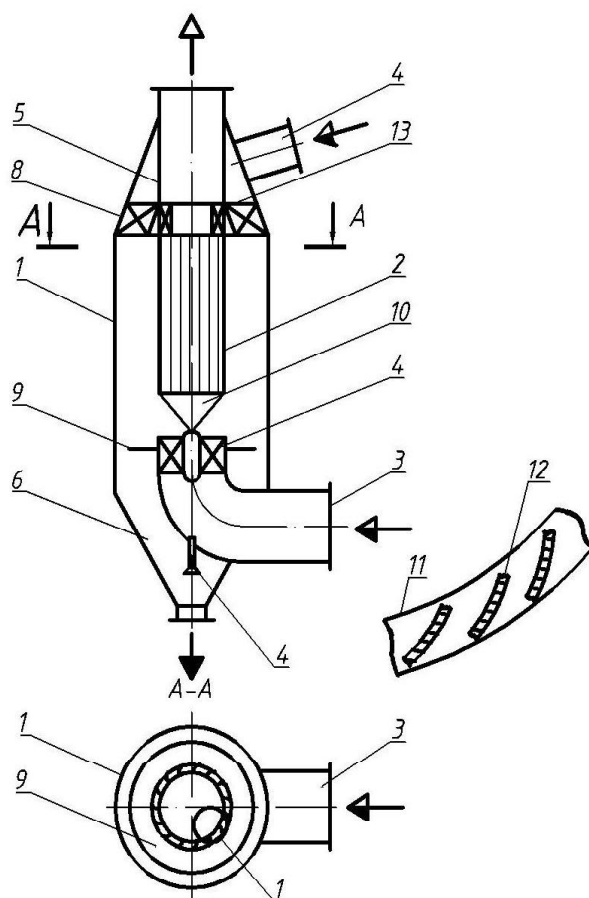


Рис. 1 – Жалюзійно-вихровий пиловловлювач

чування потоку, що входить у вихлопну трубу.

Іншим важливим фактором, що впливає на гідравлічний опір створеного апарата, є кількість лопатей завихрювача первинного потоку. Зменшення кількості лопатей, на перший погляд, повинно сприяти зниженню гідравлічного опору апарата. Але в дійсності спостерігається зворотний результат. Пояснити це можна тим, що при більшій кількості лопатей більш закручений потік плавніше обтікає жалюзійну решітку і рівномірніше проходить через бокову поверхню решітки. Оптимальним в цьому плані як з погляду значення опору, так і виготовлення, є завихрювач з 4 лопатями.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів опору жалюзійно-вихрового пиловловлювача

Тип апарата	Діаметр апарата D, м	Середня швидкість в плані $w_{пл}$ м/с	Коефіцієнт опору ξ
ЖВП ($k_p=0,4$)	160	3,7	132
ЖВП ($k_p=0,3$)	160	3,7	205
ЖВП ($k_p=0,2$)	160	3,7	207
ВП	160	3,7	252

Важливим фактом, встановленим під час досліджень, є незначний вплив на гідравлічний опір швидкості обертання жалюзійної решітки. Це означає, що конструкція апаратів значно спрощується практично без зміни показників опору, адже встановлення підшипникового вузла всередині апарата вимагає надійного захисту від абразивного впливу запилених потоків, що очищаються в пиловловлювачі.

Під час досліджень встановлено, що існує оптимальне співвідношення між витратами первинного і вторинного потоків, при якому значення гідравлічного опору мінімальне. Для пиловловлювача, в якому для подачі обох потоків застосовується один вентилятор, це співвідношення становить 0,6.

Очевидно, що вказані фактори по-різному впливають на опір і ефективність, і існують певні діапазони їх значень, що можуть забезпечити оптимальні значення опору і ефективності очищення.

Так, найвищий показник ефективності досягається при значенні фіктивної швидкості (швидкості в поперечному перерізі, плані) — 3,7 м/с. Саме тому в таблиці значення коефіцієнтів опору приведені при цьому значенні швидкості. При цьому значенні швидкості досягається показник ефективності на стандартному кварцовому пилові густиною 2650 кг/м³ з медіанним діаметром 8 мкм $\eta = 96\%$. Це на 2 % більше, ніж ефективність за тих самих умов вихрового пиловловлювача без жалюзійної решітки.

Оптимальні значення швидкості проходження газового потоку через жалюзійну решітку лежать в межах 4-5 м/с. Це забезпечує жалюзійна решітка з коефіцієнтом живого перерізу $k_p=0,4$.

Хоч у створених відцентрово—інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відводом повітря вдалося в значній мірі усунути найхарактерніший недолік циклонів - підсмоктування і винесення частинок пилу потоком очищеного газу, який піднімається і виходить через вихлопну трубу, але їх ефективність, як і ефективність циклонів, зменшується із збільшенням діаметра апарата.

При застосуванні циклонів для очищення значних об'ємів газів без зниження ступеня пиловловлювання встановлюють групу циклонів порівняно невеликого діаметра, бажано не більше 1 м. Однак кількість циклонів у групі обмежується конструктивними міркуваннями; тим самим обмежується і продуктивність установки.

Саме це стало передумовою розробки конструкції циклонів, які при незначному діаметрі, тобто придатних для достатньо повного вловлювання дрібних фракцій пилу, могли бути просто об'єднані в батареї більшої продуктивності, ніж групи циклонів. Вони одержали назву циклонні елементи батарейних циклонів, діаметр циліндричної частини їхнього корпусу від 40 до 250 мм.

За рахунок осевого вводу запиленого потоку в циклонні елементи, де вони закручуються направляючими елементами у вигляді гвинта або розетки, розміри батарейного циклона (в плані) менші, ніж групи циклонів такої ж продуктивності.

Іншою перевагою батарейних циклонів є те, що їхні циклонні елементи простіші за конструкцією, ніж звичайні циклони. Їх можна відливати з чавуну, що дозволяє застосовувати їх для вловлювання абразивного пилу.

Ефективність очищення батарейних циклонів на рівні ефективності найкращих одиночних циклонів при приблизно однаковому гідравлічному опорі. Однак їх висота порівняно з висотою одиночних циклонів однакової продуктивності набагато (приблизно втричі) менша. Створення батарейного циклона, в якому замість звичайних циклонних елементів використовуються елементи з жалюзійними решітками, аналогічними тим, що застосовуються у відцентрово—інерційних пиловловлювачах з жалюзійним відво-

дом повітря, продиктоване, в першу чергу, прагненням усунути основний недолік цих апаратів - зменшення ефективності пиловловлювання із збільшенням діаметра. З іншого боку, таке рішення повинно усунути і основні недоліки циклонів - турбулізацію повітряного потоку при зміні напрямку його руху і винесення ним частини уже виділеного пилу, особливо найдрібніших фракцій, з нижньої частини апарата, утворення зон розрідження біля горловини вихлопної труби і попадання туди частинок пилу, що рухаються біля корпусу апарата, і які також виносяться потоком очищеного повітря, яке входить у вихлопну трубу, що знижує ефективність очищення. Схема створеного пиловловлювача представлена на рис. 2. [5].

Досліджувався цей пиловловлювач за тією ж методикою [3].

Що стосується конструктивних особливостей, то тут слід відмітити, що для закручування газового потоку в циклонних елементах були застосовані два типи направляючих апаратів: «гвинт» і «розетка» — конструкція циклонних елементів передбачала можливість їх заміни для проведення порівняльних досліджень.

Коефіцієнт гідравлічного опору, віднесений до швидкості в поперечному перерізі (плані) апарата, для пиловловлювача з направляючими апаратами типу "розетка" становить 102, а для пиловловлювача з направляючими апаратами типу "гвинт" — 68. Обробка експериментальних даних методом графічного розв'язку рівняння $lg \Delta p = lga + mlg Q$ дала можливість встановити аналітичні залежності між величиною гідравлічного опору Δp [Па] і витратою газу Q [м³/с] у вигляді $\Delta p = aQ^m$. Для пиловловлювача з направляючими апаратами типу «гвинт» ця залежність має вигляд $\Delta p = 4,2 \cdot 10^3 Q^{1,824}$, а для пиловловлювача з направляючими апаратами типу «розетка» — $\Delta p = 4,52 \cdot 10^3 Q^{1,673}$.

Ефективність вловлювання стандартного кварцового пилу з медіанним діаметром частинок $\sigma_{50} = 8$ мкм в пиловловлювачі з направляючими типу «розетка» при оптимальній швидкості пилогазового потоку $w_{пл} = 3,5$ м/с становить 93 %, а в пиловловлювачі з направляючими типу «гвинт» — 91 %.

За результатами експериментальних досліджень розроблена методика теоретичного визначення основних показників роботи і конструктивних розмірів, яка дозволяє ще на стадії проектування систем пилоочищення оцінити доцільність застосування в них створеного батарейного циклона з жалюзійними елементами. Розходження між експериментальними даними і даними теоретичних розрахунків за цією методикою при визначенні гідравлічного опору становить 12 %, а при визначенні ефективності пиловловлювання — 6% [6].

В протитечійних циклонах відкинуті до корпусу апарата відцентровою силою тверді частинки, які вважаються теоретично вловленими, транспортуються потоком газу із верхньої циліндричної частини в конічну і далі в пилозбірний бункер, звідки потік газу, міняючи напрям руху, починає рухатись знизу вверх, і через пиловипускний отвір попадає в горловину вихлопної труби, якою і виходить із апарата. При цьому виникають негативні за своїм впливом на ефективність і гідравлічний опір апарата явища. По-перше, біля горловини вихлопної труби можливе часткове підсмоктування потоку газу разом з твердими частинками, що рухається зверху вниз, у горловину вихлопної труби. По-друге, в конічній частині циклона постійно зменшується відстань між потоком газу, що рухається з твердими частинками зверху вниз, і потоком очищеного газу, що піднімається з бункера у вихлопну трубу. Найменшою ця відстань є в пиловипускному патрубку циклона. Саме тут найімовірніше захоплення частинок пилу, що рухаються в бункер, потоком очищеного газу, що піднімається із бункера. По-третє, зі зменшенням діаметра циклона в конічній частині зростає відцентрова сила, внаслідок чого зростає сила тертя між частинками пилу і стінкою корпусу. Це в певній мірі загальмовує рух частинок пилу в пилозбірний бункер, де вони осідають.

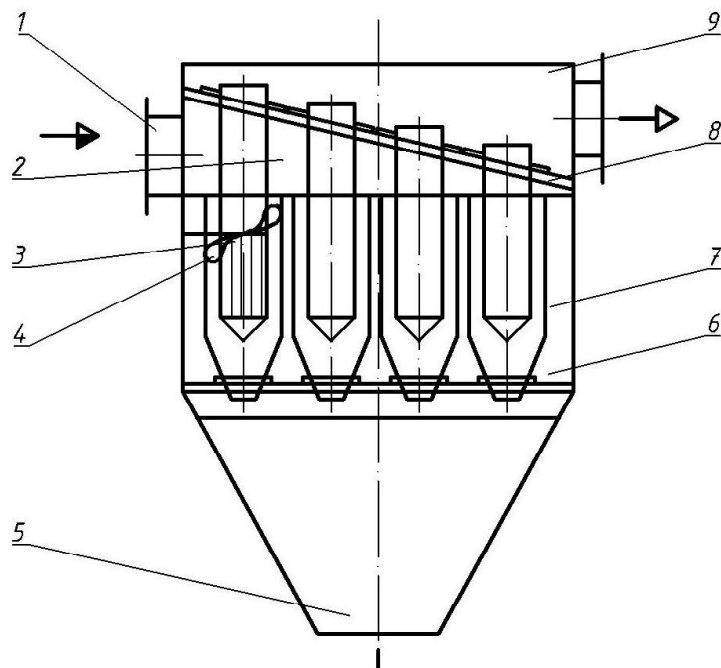


Рис. 2 – Батарейний циклон з жалюзійними елементами

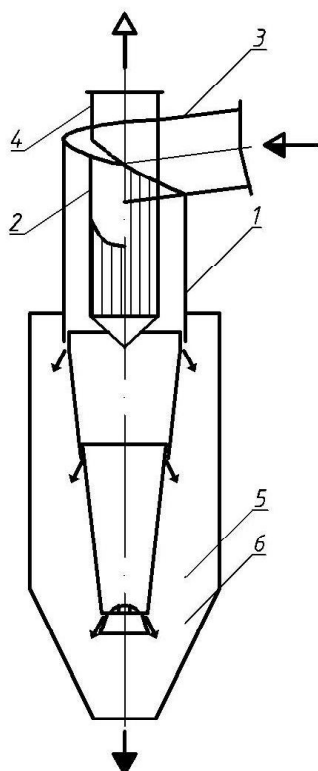


Рис. 3 – Циклон зі ступеневим відведенням пилу

Створений пиловловлювач, як і два попередні апарати, досліджувався за тією ж методикою [3].

Досліджувались два однакові за конструкцією, але різні за продуктивністю, а отже, і розмірами пиловловлювачі. Більший апарат виготовлений із металу, а менший із скла, що давало змогу візуально спостерігати за процесом сепарації в ньому. Іншою особливістю апарата із скла було те, що він був максимально розбірним: можна було не лише міняти зазори в корпусі, але і на різну висоту занурювати корпус апарата в бункер, використовуючи різні за конструкцією бункери, різні конструкції пристроїв для відведення очищеного газу, різні днища решітки, досліджувати роботу пиловловлювача як в режимі нагнітання, так і в режимі всмоктування. Крім того, у пиловипускному отворі цього апарата зазор змінюється від 5 до 10 мм.

Результати проведених досліджень оформлені у вигляді рекомендованих методикою графічних і аналітичних залежностей і дають можливість провести порівняння основних показників роботи пиловловлювача з аналогічними показниками інших апаратів.

Що стосується гідравлічного опору, то для пиловловлювача діаметром 0,4 м за швидкості в поперечному перерізі апарата $w_{nl} = 3,5$ м/с, яка була прийнята як оптимальна при розрахунку апарата під час його створення, гідравлічний опір становить 850 Па. Коефіцієнт гідравлічного опору при цьому значенні w_{nl} становить 115. Швидкість у вхідному патрубку w_{ax} становить 28 м/с, коефіцієнт опору ξ_1 , віднесений до вхідної швидкості, - 1,84, швидкість проходження газу через жалюзійну решітку w_p , - 4,65 м/с, а швидкість газу у вихлопній трубі $w_{ввх}$ - 9,9 м/с. Вказані параметри отримані за таких умов роботи: 1) пиловловлювач працював під тиском; 2) очищений газ відводився з вихлопної труби безпосередньо в атмосферу (вихлоп); 3) зазор між циліндричною і конічною частинами корпусу становив 10 мм, в конічній частині - 10 мм, а у пиловипускному отворі - 20 мм; 4) під жалюзійною решіткою встановлено конічне днище з кутом при вершині 90° . Варто зауважити, що істотний вплив на величину гідравлічного опору має лише спосіб відведення очищеного газу в атмосферу. Вплив величини зазорів і конічного днища решітки практично непомітний.

Для пиловловлювача діаметром 0,1 м із зазором в пиловипускному отворі 5 мм отримано такі величини: за значення швидкості в поперечному перерізі $w_{nl} = 3,5$ м/с гідравлічний опір цього апарата становить 790 Па, коефіцієнт опору $\xi = 107$. Швидкість у вхідному патрубку $w_{ax} = 27,5$ м/с, коефіцієнт опору $\xi_1 = 1,91$. Швидкість проходження газу через жалюзійну решітку $w_p = 4,7$ м/с, а швидкість газу у вихлопній трубі $w_{ввх} = 10,2$ м/с.

Ці недоліки характерні і для жалюзійно-вихрового пиловловлювача, в якого рух частинок в пило збірний збірник аналогічний, і для циклонних елементів батарейного циклона.

Пошук шляхів усунення цих недоліків зумовив створення апарата, в якому відведення виділених з пило газового потоку частинок пилу здійснюється ступенево за його висотою. Схема цього пиловловлювача представлена на рис. 3. [7]

Таке рішення повинно не лише сприяти підвищенню ступеня очищення, але і зниженню гідравлічного опору за рахунок покращення гідродинаміки процесу.

Особливостями, що відрізняють створений циклон зі ступеневим відведенням пилу від відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійним відведенням повітря, є наявність в ньому кільцевих зазорів в корпусі і більша глибина занурення конічної частини у пилосбірний бункер

Перший зазор завширшки 10 мм передбачено між циліндричною і конічною частинами корпусу апарата. Другий зазор - на половинні висоти конічної частини корпусу, його ширина регулюється від 5 до 25 мм. Випускний клапан із сферичною верхньою частиною і отвором в центральній частині може переміщатися вздовж осі апарата, перекриваючи пиловипускний отвір із апарата в бункер із зазором від 5 до 40 мм.

Пам'ятаючи про важливу роль пилосбірного бункера в роботі як циклонів, так і апаратів з жалюзійним відведенням повітря, під час створення циклона зі ступеневим відведенням пилу були дотриманні вимоги щодо цієї частини очисного апарата, а саме, його об'єм такий же, як і у циклонів ЦН такого ж діаметра. Правда, він має дещо менший, ніж у циклонів діаметр, але більшу висоту.

Під час відведення газу через коліно за швидкості $w_{пл.} = 3,5$ м/с гідравлічний опір становить 770 Па, коефіцієнт опору ξ , віднесений до цієї швидкості, становить 104. Швидкість потоку у вхідному патрубку $w_{вх.} = 27,5$ м/с, коефіцієнт опору ξ_1 , віднесений до вхідної швидкості, – 1,7.

Під час відведення газу через дифузор гідравлічний опір за швидкості $w_{пл.} = 3,5$ м/с становить 750 Па, коефіцієнт опору $\xi = 102$. Швидкість потоку у вхідному патрубку $w_{вх.} = 27,5$ м/с, а коефіцієнт опору ξ_1 , віднесений до цієї швидкості, становить 1,65.

Аналітична залежність між величиною гідравлічного опору Δp (Па) і продуктивністю Q (м³/с), одержана шляхом обробки відповідних графічних залежностей у вигляді $\Delta p = aQ^m$ для пиловловлювача діаметром 0,4 м, має вигляд $\Delta p = 4,75 \cdot 10^3 Q^2$, а для пиловловлювачів діаметром 0,1 м - $\Delta p = 1,99 \cdot 106 Q^{2,2}$.

Максимальна ефективність пиловловлювання стандартного кварцового пилу з медіанним діаметром $\sigma_{50} = 8$ мкм в пиловловлювачі діаметром 0,4 м сягає 95 %, а в пиловловлювачі діаметром і 0,1 м – 96 % [8]. Ці показники вищі за показники дослідженого за такою ж методикою відцентрово-інерційного пиловловлювача з жалюзійним відведенням повітря, конструкція якого є праобразом конструкції створеного циклона зі ступеневим відведенням пилу. Ефективність пиловловлювання у такому апараті діаметром 0,6 м становила 87 %.

Окреслення областей раціонального застосування, розробка методики визначення техніко-економічних показників сприяли прискоренню практичного застосування створених апаратів в конкретних умовах виробництва. Такі пиловловлювачі з успіхом експлуатуються на шести підприємствах різних галузей, працюють ефективно і надійно.

В табл. 2 приведені основні показники роботи жалюзійно-вихрового пиловловлювача, батарейного циклона з жалюзійними елементами і циклона з ступеневим відведенням пилу.

Таблиця 2 – Основні показники роботи створених пиловловлювачів

Тип апарата	Діаметр апарата Д, м.	Середня швидкість $w_{пл.}$ м/с	Коефіцієнт опору ξ	Гідравлічний опір Δp , Па	Ефективність пиловловлювання η , %
Жалюзійно-вихровий (к=0,4)	0,16	3,7	132	1089	96
Батарейний циклон (закручуючий апарат: «розетка», «гвинт»)	0,1 (елемента)	3,5	102	753	93
			68	502	91
Циклон зі ступеневим відведенням пилу	0,4	3,5	115	850	95
	0,1	3,5	107	790	96

Висновки. Ставити логічне, на перший погляд, питання про те, який з цих пиловловлювачів є найдоконалішим, очевидно, некоректно. Адже вони різні за конструкцією, і саме конструктивне виконання кожного з них направлено на усунення тих чи інших недоліків циклонів і раніше створених відцентрово-інерційних пиловловлювачів з жалюзійними відводом повітря. Однак важливо відмітити, що результати експериментальних досліджень і дані промислової експлуатації всіх трьох конструкцій пиловловлювачів з жалюзійним відводом повітря переконливо свідчать про доцільність такого шляху вдосконалення пиловловлюючого обладнання, як поєднання в одному апараті принципів відцентрового і жалюзійного розділення.

Література

1. А.с. 598623 ССРСР, МКл² В 01 D 45/00. Центробежно-инерционный пылеотделитель / А.И. Чернявский, В.А. Батлук, В.П. Куц. (СССР). – № 2374466/23-26, заявл. 21.06.76; опубл. 21.02.78, Бюл. №11.
2. Пат. 23900А Україна, 7 В04С3/06 Жалюзійно-вихровий пиловловлювач / В.П. Куц, В.Б. Каспрук, М. І. Плєскун. Заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя. – №9606249 заявл. 24.06.96; опубл. 31.08.98, Бюл. №4.
3. Коузов П.А. Единая методика сравнительных испытаний пылоуловителей для очистки вентиляционного воздуха. П.А. Коузов, Г.А. Иофинов. – Л.: ВНИИОТ, 1967. – 103с.
4. Каспрук В. Підвищення ефективності пиловловлювання в апаратах і зустрічними закрученими потоками: автореф. дис. ... канд.техн. наук: 05.05.13 / Володимир Богданович Каспрук. – Тернопіль, 1998. – 17 с.
5. Пат. 59139А Україна, 7 В04С3/06 Батарейний циклон з жалюзійними елементами / В.П. Куц, Я.Д. Ярош, О.М. Марціянш. Заявник і патентовласник В.П. Куц, Я.Д. Ярош, О.М. Марціянш - №2003021573; заявл. 24.02.2003; опубл. 15.08.2003; Бюл. №8

6. Ярош Я.Д. Підвищення ефективності пиловловлювання батарейних циклонів за рахунок застосування елементів з жалозійними решітками: автореф. дис. ... канд.техн. наук: 05.17.08 / Ярослав Дмитрович Ярош. – Тернопіль, 2003. – 21 с.
7. Пат. 62320 А Україна, 7 В04С3/06 Циклон підвищеної ефективності із ступеневим відведенням твердої фази / В.П. Куц, О.М. Марціянш, Я.Д. Ярош. Заявник і патентовласник В.П. Куц, О.М. Марціянш, Я.Д. Ярош № 2003031933; заявл. 04.03.2003; опубл. 15.12.20034 Бюл. № 12
8. Марціянш О.М. Очистка пилогазових потоків в циклоні з ступеневим відведенням пилу: автореф. дис. ... канд.техн. наук: 05.17.08 / Орест Михайлович Марціянш. – Тернопіль, 2006. – 18 с.

УДК 664.8.047

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ НА СУШЕНУ ПРОДУКЦІЮ

Сисєжкін Ю.Ф. докт. техн. наук, професор, чл.-кор. НАН України,
Шапар Р.О. канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Воспітаников Г.К. наук. співр.
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

Показана доцільність проведення процесу охолодження висушеного матеріалу з метою уникнення термопластичності під час подрібнення і фракціонування та забезпечення якісної роботи відповідного обладнання.

Was shown the expediency of the process of cooling the dried material for the prevention thermal plasticity during grinding and fractionation and the ensuring the proper operation of equipment.

Ключові слова: термопластичність, процес детермопластифікації (охолодження), диспергування, фракціонування, порошкоподібні продукти, гігроскопічність.

Вступ

Виробництво сушених плодоовочевих продуктів характеризується підвищеними вимогами до якості кінцевого продукту. Технологія має забезпечити високий ступінь збереження природних властивостей сировини з одночасною відповідністю мікробіологічним нормам, термінам зберігання, технологічності при подальшому використанні.

Сушені плоди та овочі міцно увійшли у раціон харчування сучасної людини. На їхній основі виготовляють багато різноманітних страв. Сушені продукти, перетворені до порошкоподібного стану, розширюють сферу їхнього використання у кондитерських, молочних, хлібобулочних та інших продуктах.

Для одержання порошкоподібного матеріалу технологією передбачено сушіння плодоовочевої сировини до низької залишкової вологості з подальшим диспергуванням (подрібненням) і фракціонуванням та видаленням дрібнодисперсної фракції. Величина залишкової вологості матеріалу істотно впливає на процес диспергування безводного матеріалу. Згідно з [1] оптимальна величина залишкової вологості в разі одержання харчових порошоків дорівнює 6...8 %. Це та вологість, коли матеріал втрачає пружні-пластичні властивості і перетворюється в крихке тіло. Збезводнення матеріалу до $W_z < 6$ % крім збільшення енерговитрат призводить до різкого збільшення міцності матеріалу і зростання величини руйнівного навантаження, що пояснюється появою значної кількості поверхневої енергії при видаленні адсорбційної вологи і тому матеріал, висушений до $W_z < 6$ %, вимагає значно більшого руйнівного навантаження.

Результати експериментальних досліджень

Експериментально встановлено, що по закінченню процесу сушіння матеріал має температуру 55...70 °С. За такої температури сушені продукти набувають термопластичності і тому, при наступному здрибнюванні, схильні до злипання, грудкування і налипання на робочі поверхні подрібнюючих пристроїв. В результаті, безумовно, знижується якість кінцевого продукту, ускладнюється робота відповідного устаткування, збільшується відсоток великодисперсної фракції порошку. Отже, для одержання якісного дрібнодисперсного порошку необхідно здійснювати детермопластифікацію (охолодження) продукту наприкінці процесу сушіння.

З огляду на вищесказане, досліджено процес детермопластифікації (охолодження) висушеного матеріалу у продувному шарі. Висушені зразки із введеними в різні точки шару термоелектричними датчиками, охолоджували у вертикальній камері експериментальної установки до 20 °С в умовах