

ЗМЕНШЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВІД ПИЛОВИХ ВИКИДІВ ЗЕРНОВИХ ЕЛЕВАТОРІВ

В. М. Шмандій, В. В. Климець, В. С. Бахарєв

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: wk30@ukr.net

Визначено рівень екологічної небезпеки, яку несе в собі процес обробки та зберігання зерна. Досліджено процеси які відбуваються в апаратах для очистки повітря від зернового пилу та обґрунтовано доцільність удосконалення конструкції методом застосування жалюзійного відокремлювача з певним розташуванням жалюзі для підвищення їх ефективності і зменшення гідравлічного опору, використання відбиваючих елементів для зниження негативного впливу вторинного вихоря та встановлення проникної перегородки перед відокремлювачем. Запропоновані нові види пиловловлюючих апаратів та наведені експериментальні дані в процесі їх конструювання. Впровадження результатів роботи дало змогу підвищити ефективність процесу очищення повітря від зернового пилу та довести концентрацію аерозолу до норм гранично - допустимих концентрацій.

Ключові слова: пиловловлювач, жалюзійний відокремлювач, пилоповітряний потік, відбиваючі елементи, проникна циліндрична перегородка.

УМЕНЬШЕНИЕ УРОВНЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОТ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ ЗЕРНОВИХ ЭЛЕВАТОРОВ

В. М. Шмандий, В. В. Климец, В. С. Бахарев

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: wk30@ukr.net

Определена опасность, которую несет в себе процесс обработки и хранения зерна. Исследованы процессы, происходящие в аппаратах для очистки воздуха от зерновой пыли и обоснована целесообразность усовершенствования конструкции методом применения жалюзийного отделителя с определенным расположением жалюзи для повышения их эффективности и уменьшения гидравлического сопротивления, использование отражающих элементов для снижения негативного влияния вторичного вихря и установка проницаемой перегородки перед отделителем. Предложены новые виды пылеулавливающих аппаратов и приведены экспериментальные данные в процессе их конструирования. Внедрение результатов работы позволило повысить эффективность процесса очистки воздуха от зерновой пыли и довести концентрацию аэрозоля с нормами предельно - допустимых концентраций.

Ключевые слова: пылеуловитель, жалюзийный отделитель, пылевоздушный поток, отражающие элементы, проницаема цилиндрическая перегородка.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Унаслідок досить напруженої екологічної ситуації в Україні в техногенно навантажених регіонах значно підвищився рівень захворювань населення, зокрема, зросла кількість захворювань з патологією дихальної системи. Відомо [1], що основними чинниками, що формують рівень небезпеки, прояви якої викликають патологію дихальної системи людини є саме підвищені концентрації пилу (твердих часток недиференційованих за складом), у тому числі – зернового пилу в атмосферному повітрі. Зерно – один з найважливіших продуктів сільського господарства. Зерно добре зберігається в сухому вигляді, легко транспортується на великі відстані, не вимагає спеціальних транспортних засобів, має високу сипкість і піддається простим засобам механізації завантаження та розвантаження, але при цьому утворюється зерновий пил, який є однією з найбільш складних проблем всієї галузі.

Результати впливу зернового пилу коливаються від негативного до катастрофічного та несуть в собі дуже велику екологічну небезпеку, адже спричиняють негативну дію на живі організми та довкілля. Основним способом зниження екологічної небезпеки зернових елеваторів є максимальне

зменшення викидів пилу, що досягається застосуванням систем аспірації на цих підприємствах. Отже, зменшення кількості забруднень, що надходять у довкілля з агропромислових об'єктів, та встановлення рівня їх впливу на довкілля є актуальною проблемою сьогодення, має екологічне, соціальне та народногосподарське значення. Розроблення нових методів і засобів пилоочиснення дозволить спроектувати їх із заздалегідь прогнозованими параметрами і є актуальною науковою і практичною задачею, вирішення якої сприятиме зменшенню кількості техногенних забруднень, підвищенню рівня екологічної безпеки об'єктів регіону та держави.

Метою роботи є розроблення заходів спрямованих на зниження антропогенного навантаження на довкілля від пилових викидів зернових елеваторів шляхом удосконалення пилоочисного устаткування на основі результатів експериментальних досліджень та математичного моделювання.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Найвні пристрої систем аспірації на даний час морально застаріли та технічно зношені і вже не в

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

зможі забезпечити належний ступінь очистки повітря від пилу, що викликає потребу їх удосконалення. Виникло протиріччя: з одного боку - суттєво мають бути підвищені потенційні можливості систем очистки, з іншого боку – зросли труднощі в реалізації цих можливостей внаслідок експлуатаційних можливостей апаратури. Ускладнення систем пилоочистки при одночасному підвищенні вимог щодо ефективності їх роботи вимагає прийняття певних мір по розробці високоєфективних апаратів пиловловлення. В той же час проведений аналіз праць вітчизняних та закордонних дослідників показує, що до даного часу багато важливих з теоретичної і практичної сторони питань аеродинаміки закручених потоків вивчені недостатньо, а вибір пиловловлюючого обладнання проводиться чисто інтуїтивно.

Для вирішення поставленого завдання необхідно було створити пиловловлювач, в якому за рахунок використання принципів аеродинамічного розділення двофазних систем за допомогою певної конструкції жалюзійного відокремлювача вдасться поліпшити гідродинамічні умови роботи апарату, що в свою чергу приведе до підвищення ефективності його роботи і зменшення гідравлічного опору.

Метою зміни конструкції циклона було підвищення його ефективності за рахунок встановлення жалюзійного відокремлювача з відбиваючими конусами та розділюючої перегородки всередині апарата, що мало на меті знизити діаметр частинок пилу, які потраплять в атмосферу після очищення потоку в циклоні. Тому більш детально ми розглядали траєкторію руху частинок пилу з медіанним діаметром меншим за $6,5 \cdot 10^{-6}$ м. Час, за який частинка пилу досягне жалюзійного відокремлювача, залежить від діаметра частинки пилу та її початкового положення. Зі зменшенням діаметра частинки пилу, час, за який вона досягає жалюзійного відокремлювача, зменшується. Так, частинки пилу, діаметром $3 \cdot 10^{-6}$ м, досягнуть жалюзійного відокремлювача в будь-якому випадку, оскільки, навіть коли початковий радіус входження частинки в циклон є близьким до радіусу зовнішньої стінки сепаратора, частинка досягає відокремлювача за один оберт навколо осі циклона. Відповідно, частинка пилу, діаметр якої складає $5 \cdot 10^{-6}$ м, досягне жалюзійного відокремлювача тільки в тому випадку, коли радіус її входження менший за половину радіального проміжку циклона.

В просторі між жалюзійним відокремлювачем і зовнішньою стінкою циклона, внаслідок збільшення статичного тиску повітряного потоку, від центра обертання потоку до периферії, утворюється рух повітря до осі циклона, який має назву радіального стоку. У даному випадку наявність радіального стоку обумовлена градієнтом статичного тиску в обертальному потоці. Виходячи із вищенаведеного, рух пилоповітряної суміші у пиловловлювачі із жалюзійним відокремлювачем можна розглядати як накладання полів швидкостей плоского вихору і стоку. Лінії течії, що утворюються внаслідок

накладання стоку на вихор, будуть спіральними кривими.

Проведеними експериментальними аеродинамічними дослідженнями встановлено, що в циклоні з традиційною вихлопною трубою перепад статичного тиску у сепараційній зоні складає близько 200 Па, а після встановлення жалюзійного відокремлювача перепад статичного тиску зменшується до ≈ 50 Па за однакових умов експлуатації пиловловлювачів. У конусній частині апарата з жалюзійним відокремлювачем перепад статичного тиску є незначним, а для циклона з традиційною вихлопною трубою він складає близько 300 Па. На основі досліджень розподілу швидкостей потоку та статичного тиску приходимо до висновку про те, що наявність жалюзійного відокремлювача призводить до більш сприятливих умов протікання процесу сепарації.

З врахуванням вищенаведених результатів була розроблена конструкція пиловловлювача з відбиваючими конусами [2], який складається з циліндрично-конічного корпусу 2, у верхній частині якого знаходиться тангенційний вхідний патрубок 1, жалюзійного відокремлювача 5 розташованого коаксіально корпусу 2, всередині його циліндричної частини і має з ним спільну вертикальну вісь, і складається з жалюзі 6. До верхньої частини жалюзійного відокремлювача 5 приєднаний вихлопний патрубок 3 для виходу очищеного повітря. В нижній частині корпусу 2 по його осі встановлений пиловипускний патрубок 4. У нижній частині жалюзійного відокремлювача 5 із зовнішньої сторони його дна навпроти патрубку виходу пилу встановлені на ланцюжках 8 відбивні елементи 7 конічної форми з конусністю направленою вгору у напрямку до патрубку 3 виходу очищеного повітря.

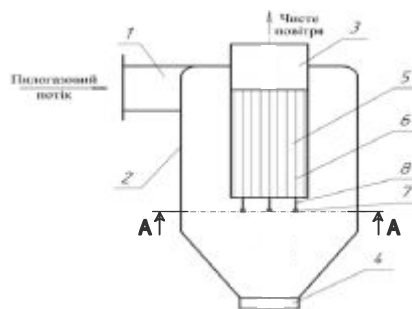


Рисунок.1 –Схема пиловловлювача із відбиваючими конусами

Працює пиловловлювач із відбиваючими конусами наступним чином. Запилене повітря через вхідний тангенційний патрубок 1 надходить всередину корпусу 2, де здійснює гвинтоподібний рух зверху вниз. Всередині корпусу 2 пилоповітряний потік здійснює спочатку один-два оберти навколо вихлопного патрубку очищеного повітря 3, де під дією відцентрових сил відбувається пошарове розділення потоку. Великі частинки пилу відкидаються до стінки корпусу 2 і під дією сил ваги спускаються вздовж неї вниз у напрямку до

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

пиловипускного патрубка 4. Очищений таким чином пилоповітряний потік далі поступає в простір між корпусом 2 і жалюзійним відокремлювачем 5. Дрібніші частинки пилу не виділені з потоку відцентровою силою, підхоплюються потоком повітря і несуться до жалюзійного відокремлювача 5. При цьому повітря робить різкий поворот малого радіусу (на кут більший 90°, але менший 180°) і проходить в щілини між жалюзі 6, а дрібні частинки пилу завдяки силі інерції мають більший радіус повороту і не встигають за ним, пролітають мимо щілин, стикаються з жалюзі і в результаті – або відбиваються від них, або рухаються вздовж їх поверхні зверху вниз.

Потрібно зауважити, що в жалюзійному відокремлювачі 5 жалюзі 6 встановлюються таким чином, щоб між ними не було отвору паралельно до осі відокремлювача, для того, щоб пилогазовий потік, проходячи через першу жалюзі, зустрічає перешкоду у вигляді наступної жалюзі.

Особливістю конструкції даного апарата є розміщення в дні жалюзійного відокремлювача 6 відбивних конусів 7, які створюють на шляху частинок пилу, що піднімаються у вихлопний патрубок 3 додаткову перешкоду, за рахунок чого підвищується ступінь очищення пилоповітряної суміші [3, 4].

На експериментальному стенді Львівського державного університету безпеки життєдіяльності проведено ряд досліджень по визначенню оптимальних конструктивних елементів апарата. Зокрема визначалось форма відбиваючих елементів, найоптимальніша – конус з кутом вверх. Також було визначено кількість та розміри відбиваючих елементів. Дані наведені на графіках (рис. 2 та 3).

Порівнявши одержані залежності з результатами дослідження пиловловлювача ЦН-11, прийнятого нами за еталонний, як найбільш застосовуваний на підприємствах даної галузі, встановлено, що застосування запропонованої конструкції пиловловлювача дозволило підвищити ефективність уловлення пилу на 1-2%, але для доведення викидів дрібнодисперсних фракцій до норм ГДК цього недостатньо, тому нами запропонована конструкція пиловловлювача із розділенням потоків (рис. 4).

Апарат, що розглядається має подібну будову до попереднього за винятком дна 7, яким було замінено конічні відбивні елементи, жалюзійного відокремлювача та удосконалення конструкції у вигляді вертикальної перегородки 8 з отворами і дна цієї перегородки 9 [5].

Працює пиловловлювач із розділенням потоків наступним чином.

Потік повітря разом зі зваженими частинками пилу по патрубку 1 тангенційно подається всередину корпуса 2, де здійснює гвинтоподібний рух зверху вниз, спочатку навколо вихлопного патрубка 3, де відбувається пошарове розділення потоку під дією відцентрових сил. Великодисперсні частинки пилу відкидаються до внутрішньої стінки циліндричної частини корпуса 2 і під дією сили тяжіння опускаються вниз до патрубка виходу пилу 4.

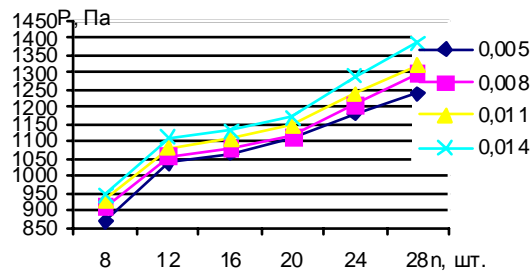


Рисунок 2 – Залежність гідралічного опору апарата від кількості та геометричних розмірів відбиваючих елементів

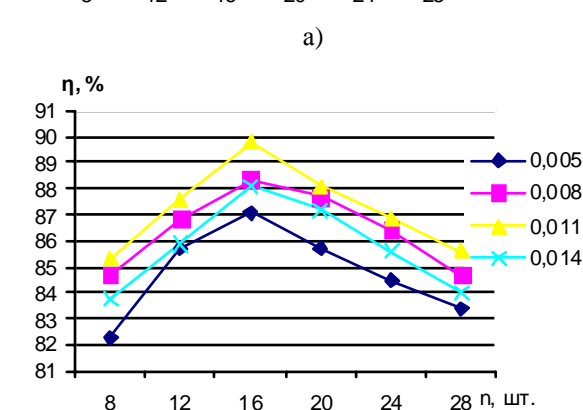
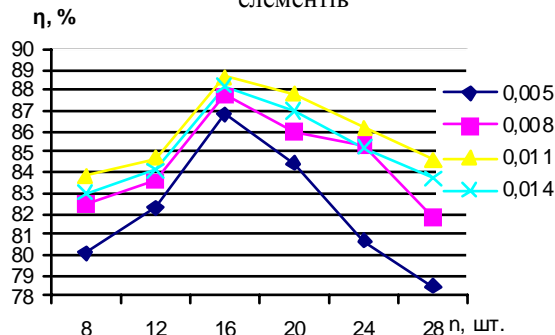


Рисунок 3– Залежність ефективності роботи пиловловлювача від геометричного розміру дна відбиваючих конусів:

а) при медіанному діаметрі пилу $32 \cdot 10^{-6}$ м;

б) при медіанному діаметрі пилу $50 \cdot 10^{-6}$ м

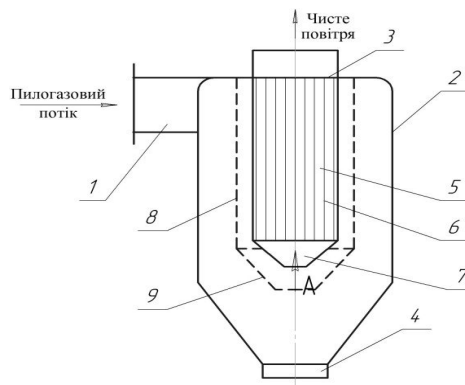


Рисунок 4 – Пиловловлювач з розділенням потоків

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Пошарово розділений потік попадає в зону дії вертикальної перегородки 8, де відбувається його вторинна очистка під дією сил інерції. Повітря, що обертається навколо вертикальної перегородки 8 проходить крізь отвори в ній, здійснюючи при цьому різкий поворот малого радіусу на кут більше 90°, але менше 180°. Частинки пилу також здійснюють цей поворот, але завдяки силі інерції мають більший радіус повороту ніж повітря, і в результаті вони вдаряються об перегородку 8, відбиваються від неї і знову попадають в потік, що рухається коло стінки корпусу пиловловлювача 2. Таким чином відбувається вторинне очищення пилу від великодисперсного пилу, який не виділився в результаті пошарового розділення потоку. Так здійснюючи декілька відбивань від перегородки 8, частинки пилу або попадають в гвинтоподібний повітряний потік, який рухається вздовж внутрішньої частини корпусу 2, де змішується з частинками пилу, які відбилися при першій ступені очистки, або попадають в повітряний потік, який проходить вздовж перегородки 8 і весь процес пиловиділення повторюється. По мірі гвинтоподібного руху пилоповітряної суміші навколо вертикальної перегородки 8 зверху вниз кількість повітря зменшується за рахунок виведення чистого повітря через отвори в ній.

Пилоповітряний потік, який проскочив через отвори вертикальної перегородки 8 обертається навколо жалюзійного відокремлювача 5 проходить крізь щілини між жалюзі 6, здійснюючи при цьому різкий поворот малого радіусу на кут більше 90°, але менше 180°. Частинки пилу також здійснюють цей поворот, але завдяки силі інерції мають більший радіус повороту ніж повітря, і в результаті вони вдаряються об жалюзі 6, відбиваються від них і попадають в потік, що рухається коло внутрішньої стінки вертикальної перегородки 8. Так здійснюючи декілька відбивань від жалюзі 6, частинки пилу або попадають в гвинтоподібний повітряний потік, який рухається вздовж внутрішньої частини вертикальної перегородки 8, де змішується з частинками пилу, які вже відбилися від жалюзі 6 відокремлювача 5, або попадають в повітряний потік, який проходить вздовж жалюзійного відокремлювача 5. Об'єм повітря, яке підходить до кожної жалюзі 6 зверху вниз зменшується на його об'єм, який пройшов між жалюзі зверху. По мірі гвинтоподібного руху пилоповітряної суміші навколо жалюзійного відокремлювача 5 зверху вниз кількість повітря зменшується за рахунок виведення чистого повітря через щілини між жалюзі 6 жалюзійного відокремлювача 5 (швидкість його обертання, відповідно і швидкість проходження через жалюзійний відокремлювач, лишається постійною). Пил, який проскочив між жалюзі 6 відокремлювача 5 або виноситься разом із очищеним повітрям через патрубок 3 назовні, або збирається в бункері 7 відокремлювача (в залежності від його величини).

Пил, який рухається між жалюзійним відокремлювачем 5 і вертикальною перегородкою 8, збирається в бункері 9 перегородки 8.

Перевага цього пиловловлювача полягає в тому, що пилоповітряний потік окремо звільняється від великодисперсного пилу, а вже після цього попадає на жалюзійний відокремлювач, чим досягається підвищення ефективності очистки, що і було доведено результатом порівняльних досліджень. Результати наведені на рисунках 5–8.

Максимальна ефективність уловлення пилу досягається при відстані розташування вертикальної перегородки 8 від стінки корпусу 2 апарата, яка дорівнює 2/3 та при відношенні площі отворів перегородки 8 до площі живого перерізу жалюзійного відокремлювача 5 таким, що дорівнює 1,5.

Застосування апарату такої конструкції забезпечує більшу ефективність пиловловлення, при якій коефіцієнт знепилювання джерел пиловиділення складає 93,8%, що на 5% більше ніж еталонний апарат. Це, в свою чергу, дозволяє зменшити викиди пилу до норм ГДК (4 мг/м³). коефіцієнт аеродинамічного опору в 1,5–2 рази менше значення еталонного апарата. Мінімізована енергоємність. Питома витрата потужності знепилювання на 60% менше традиційних аспіраційних установок. Мінімізація матеріаломісткості, питома вага повітроводів знижена до 2–3 разів [6, 7].

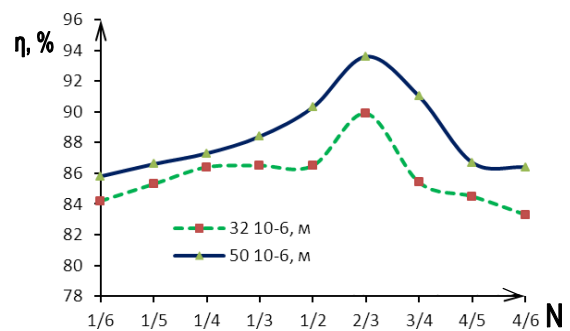


Рисунок 5 – Залежність ефективності роботи пиловловлювача із розділенням потоків від відстані вертикальної перегородки від стінки корпусу апарата, (N)

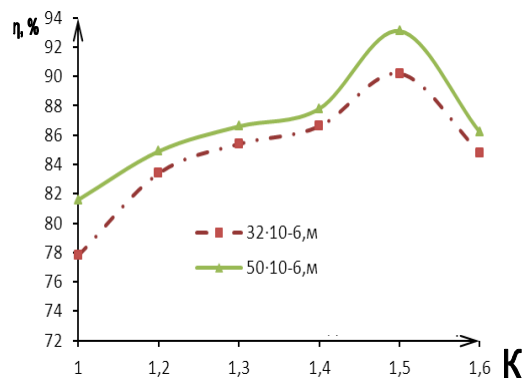


Рисунок 6 – Залежність ефективності пиловловлювача із розділенням потоків від відношення площі отворів перегородки до площі живого перерізу жалюзійного відокремлювача, (K)

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

Ефективність, яку ми отримали при дослідженні другого запропонованого апарату, хоч і достатня для досягнення вимог ГДВ і ГДК та все ж не максимальна, тому нами розроблена конструкція комбінованого апарату, який поєднує в одному корпусі конструкційні особливості перших двох (рис. 9).

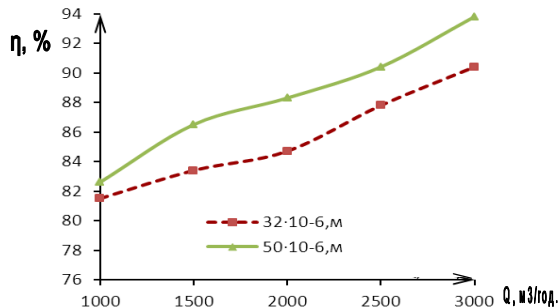


Рисунок 7 – Залежність ефективності пиловловлювача із розділенням потоків від витрат повітря

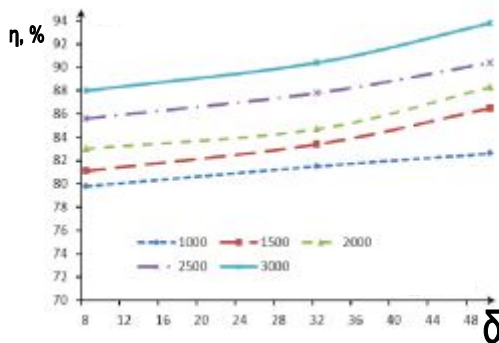


Рисунок 8 – Залежність ефективності роботи пиловловлювача із розділенням потоків від медіанного діаметру часток пилу, (δ)

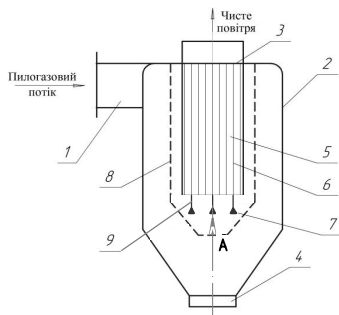


Рисунок 9 – Пиловловлювач комбінований

На експериментальному стенді Львівського державного університету безпеки життєдіяльності проведені порівняльні дослідження всіх запропонованих нами апаратів та еталонного апарату на стандартному експериментальному пилу. Результати наведені на рисунках 10–11.

Комбінований пиловловлювач поєднує в собі переваги двох попередніх тим, що пилоповітряний потік окремо звільняється від великодисперсного пилу при проходженні через проникну перегородку,

а вже після цього попадає на жалюзійний відокремлювач та наявністю відбиваючих елементів чим суттєво підвищується ефективність очистки та зменшується гідравлічний опір.

Так ефективність пиловловлення комбінованого пиловловлювача складає 94,6%, при цьому концентрація пилу не перевищує ГДК (4 мг/м³) - коефіцієнт аеродинамічного опору в 2–2,5 рази менше значення еталонного апарату.

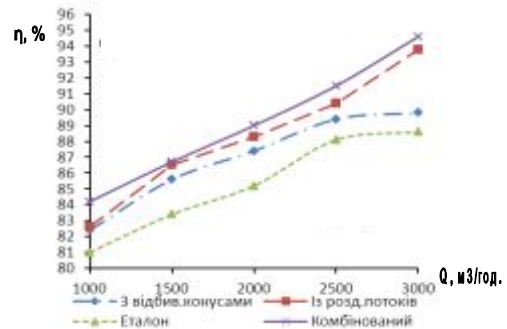


Рисунок 10 – Порівняльні дослідження залежності ефективності запропонованих апаратів від витрат повітря

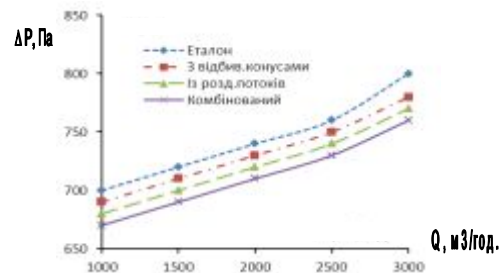


Рисунок 11 – Порівняльні дослідження залежності гідравлічного опору запропонованих апаратів від витрат повітря

ВИСНОВКИ. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень експлуатаційних і технологічних характеристик циклонів обґрунтовано доцільність встановлення жалюзійного відокремлювача та проникної циліндричної перегородки, які підвищують ефективність роботи пиловловлювача на 3–5 % при зниженні швидкості руху потоку повітря у вхідному патрубку від 18–20 м/с до 11–16 м/с, а гідравлічний опір апарату при цьому знижується порівняно з прототипом у 1,5–2,5 рази. Впровадження результатів роботи дало змогу підвищити ефективність процесу очищення повітря від зернового пилу та довести концентрацію аерозолі до норм гранично – допустимих концентрацій.

ЛІТЕРАТУРА

- Шмандій В.М. Снижения степени влияния на население проявлений экологической опасности в техногенно нагруженном регионе / В.М. Шмандій, О.В. Харламова, Т.Е. Ригас // Науковий журнал «Екологічна безпека». – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 1/2010 (9). – С. 18–22.
- Патент 50265. Пиловловлювач із відбиваючими конусами / В.В. Климець – заявка

Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування

и200914008B01Д45/00 від 31.12.2009. Опубл. 25.05.2010, Бюл.№10.

3. Батлук В.А. Математичне моделювання траєкторії руху частинки пилу у пиловловлювачі з жалюзійним відокремлювачем./ В.А. Батлук, І.М. Козира, В.В. Климець // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика» № 3(29), - Вінниця, 2010р. – С. 30–34.

4. Батлук В.А. Вирішення питання очистки повітря від пилу в сучасних енергозберігаючих технологіях в будівництві / В.А. Батлук, М.В. Басов, В.В. Климець // Motrol motoryzacja I energetyka rolnictwa motorization and power industry in Agriculture 13 D/ 2011 Lublin, - pp. 57–62.

5. Патент 50554. Пиловловлювач із розділенням потоків / В.В. Климець – заявка

и200914004B01Д45/00 від 31.12.2009. Опубл. 10.06.2010, Бюл.№11 2010р.

6. Климець В.В. Створення принципово нових конструкцій апаратів для вловлення пилу, що налипає / В.В. Климець; І.М. Козира - Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я, тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції, (29-31 травня 2013р., Харків, НТУ»ХПІ». – 324 с.

7. Климець В.В. Створення пиловловлювача для зернопереробних підприємств / В.В. Климець; О.Л. Мірус – XIV Міжнародна науково-технічна конференція АС ППІ Промислова гідравліка і пневматика, Одеса, 18-19 вересня 2013р.; матеріали конференції. – Вінниця : Глобус-Прес, 2013. – С.141, 113–115.

ENVIRONMENTAL HAZARD ABATEMENT FROM GRAIN ELEVATOR DUST EMISSION

V. Shmandiy, V. Klymets, V. Bakharev

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: wk30@ukr.net

It is defined a harmful effect caused by grain processing and storage. There have been carried investigations of processes in machines used for cleaning the air from grain dust. Also there has been proven suitability for design improvement using the application method of louver separator with a certain placing of louver to increase its effectiveness and reduce hydraulic friction; the use of reflecting element to decrease negative effect of secondary whirl and establishment of permeable dividing wall before the separator. Furthermore, new types of dust collector machines have been proposed and experimental data have been given in the process of their design. The applied results of work gave an opportunity to increase the effectiveness of cleaning the air process from grain dust and to lead aerosol concentration to the norm of permissible limit.

Key words: dust collector, louver separator, dust air stream, reflecting elements, permeable cylindrical dividing wall.

REFERENCES

1. Shmandiy, V.M. (2010) Reduction of powers effect on population manifest in man-made ecological hazard in tehnogenic region / V. Shmandiy, O. Kharlamova, T. Rygas // *Naukoviy gurnal «Ekologichna bezpeka»* [Scientific journal «Ecological safety»: Kremenchuk: KDU, 2014. – issue 1/2014 (16). – pp. 18–22.

2. Patent 50265. Dust collector with reflecting cones / V.V. Klymets – application и200914008B01Д45/00 from 31.12.2009. Published 25.05.2010, Report №10.

3. Batluk, V.A. (2010), "Mathematical modeling of dust pieces motion trajectory in dust collector with louver separator", Batluk V.A., Kozyra I.M., Klymets V.V., *Vseukrainskyj naukovo-technichnyj gurnal «Promislova gidravlika i pnevmatika»* [All-Ukrainian scientific and technical magazine "Industrial hydraulics and pneumatics"], vol. 3, no. 29, pp. 30-34, Vinnytsa, Ukraine.

4. Batluk, V.A. (2011), "Solution to the issue of cleaning air from dust in modern building energy-efficient technologies", Batluk V.A., Basov M.V., Klymets V.V., *Motrol motoryzacja I energetyka*

rolnictwa motorization and power industry in Agriculture, vol. 13, pp. 57–62, Lublin, Poland.

5. Patent 50554. Dust collector with a stream division / V.V. Klymets – application и200914004B01Д45/00 from 31.12.2009. Published 10.06.2010, Report №11.

6. Klymets, V.V. (2013), Creation of substantially new design of machines for collection of dust that sticks, Klymets, V.V., Kozyra I.M., *Informaziyi tehnologiy: nauka, tehnika, tehnolohiy, osvita, zdorovy. Tezy dopovidey XXI Mizhnarodnoi naukovopraktichnoi konferentsii* Information technologies: science, technology, education, health. Theses of reports from XXI International scientific and practical conference, Kharkiv, NTU "KhPI", May 29-31, 2013, pp. 324.

7. Klymets, V.V. (2013), "Creation of dust collector for grain processing enterprises", Klymets V.V., Mirus O.L., *XIV Mizhnarodnoi naukovotekhnichnoi konferentsii AS PGP Promislova gidravlika i pnevmatika* [XIV International scientific and technical conference AS IHP Industrial hydraulics and pneumatics], Odessa, September 18-19, 2013; conference materials. – Vinnytsa: Hlobus-Pres, 2013, pp.141, pp.113–115.