

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ПРОМИСЛОВИХ ВИДІВ ПИЛУ

Висвітлено проблему екологічної ситуації у Львівській області внаслідок збільшення обсягів неконтрольованих викидів шкідливих речовин промисловими об'єктами в повітря. Визначено недосконалість відомих методів очистки повітря від дрібнодисперсних фракцій промислового пилу. Описано вплив конструктивних параметрів апаратів сухої очистки та технологічних режимів їх роботи на ефективність очищення повітря від пилу.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, які базувались на комплексі основних положень теоретичної механіки, аеродинаміки, математичного аналізу та моделювання, автором обґрунтована можливість створення вискоелективного обладнання на базі вихрового і жалюзійного апаратів, оцінено вплив окремих факторів пилу та пилоповітряного потоку на ефективність пилоочистки, вибрані їх оптимальні значення та визначені основні параметри нових моделей пиловловлювачів.

У роботі запропоновано конструкцію апарата, який захищений патентами України, характерною особливістю якого є жалюзійний відокремлювач, що розміщений коаксіально до корпусу апарата нижче патрубка пилогазового потоку, а також визначено співвідношення висоти пиловипускного патрубка до його діаметра і кута нахилу до горизонтальної осі.

Зазначена модель пиловловлювача відрізняється від аналогів високою ефективністю пиловловлення, невеликим гідравлічним опором і габаритами.

Впровадження розробленої конструкції пиловловлювача в системи пиловловлення промислових підприємств забезпечить вискоелективний процес очищення повітря від дрібнодисперсних фракцій пилу та дасть можливість довести концентрацію аерозолі до гранично допустимих норм.

Ключові слова: екологічна небезпека, вихровий пиловловлювач, гідравлічний опір, ефективність пиловловлення, пилогазовий потік, дрібнодисперсний пил.

Ю.Є. Шелюх

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ И РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВИДОВ ПЫЛИ

В статье отображена проблема и состояние экологической ситуации во Львовской области в результате увеличения объемов неконтролируемых выбросов вредных веществ промышленными объектами в атмосферу. Определено несовершенство известных методов очистки воздуха от мелкодисперсных фракций промышленной пыли. Описано влияние конструктивных параметров аппаратов сухой очистки и технологические режимы их работы на эффективность очистки воздуха от пыли.

На основе проведённых теоретических и экспериментальных исследований, которые базировались на комплексе основных положений теоретической механики, аэродинамики, математического анализа и моделирования. Обоснована возможность разработки высокоэффективного оборудования на базе вихрового и жалюзийного аппаратов, оценено влияние отдельных факторов пыли и пылевоздушного потока на эффективность пылеочистки, избраны их оптимальные значения и определены основные параметры новых моделей пылеуловителей.

В работе предложено конструкцию аппарата, которая защищена патентами Украины. Особенностью предложенной модели является жалюзийный отделитель, размещённый коаксиально к корпусу аппарата ниже патрубка пылегазового потока, а также определено соотношение высоты пылевыпускного патрубка к его диаметру и угла наклона к горизонтальной оси. Предложенные модели пылеуловителей отличаются от аналогов высокой эффективностью пылеулавливания небольшим гидравлическим сопротивлением и габаритами.

Внедрение разработанной конструкции пылеуловителя в системы пылеулавливания промышленных предприятий обеспечит высокоэффективный процесс очищения воздуха от мелкодисперсных фракций пыли и даст возможность довести концентрацию аэрозоли к допустимым нормам.

Ключевые слова: экологическая опасность, вихревой пылеуловитель, гидравлическое сопротивление, эффективность пылеулавливания, пылегазовый поток, мелкодисперсная пыль.

Yu.Ye. Shelukh

FEATURES OF DESIGN AND DEVELOPMENT OF EFFICIENT EQUIPMENT TO REDUCE ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL LOAD OF INDUSTRIAL TYPES OF DUST

In the article the problem and the state of environment in the Lviv region were analyzed, due to increase in uncontrolled emissions of harmful substances into the air by industrial objects. Imperfections well known methods of cleaning the air of finely dispersed fractions of industrial dust were detected. The effect of design parameters of dry cleaning machines and technological modes of operation efficiency air cleaning from dust was described.

On the basis of theoretical and experimental studies which are based on complex substantive provisions of theoretical mechanics, aerodynamics, mathematical analysis and simulation. The author was proved opportunity of creating high-performance hardware-based vortex and jalousie apparatus. The effect of individual dust factors and dust of the air flow on the efficiency of dust cleaning was estimated. Their optimal values and principal parameters of the new model dust collectors were selected.

In the paper the design of devices protected by patents of Ukraine were presents, which characteristic feature is jalousie separator that situate coaxial to the unit, below dust pipe the gas flow and the correlation height of the exhaust pipe to the dust for diameter and angle to the horizontal axis.

These models are differing from dust collectors by unparalleled high efficiency dust collection, small hydraulic resistance and dimensions.

Implementation of the developed structures of dust collectors in the industrial dust collection systems high performance process of cleaning the air of dust and fine fractions will provide an opportunity to bring the concentration of aerosol permissible norms.

Key words: environmental hazard, vortex dust collector, hydraulic resistance, efficiency dust collection, dust gas flow, finely dispersed dust.

Постановка проблеми. Сьогодні екологічна ситуація в Україні знаходиться в кризовому стані. Щорічно промисловість держави викидає в атмосферу десятки мільйонів тонн пилу. Середньорічна концентрація забруднення промисловими та вентиляційними викидами перевищувала нормативи екологічної безпеки в більшості обласних і районних центрів держави. Загальний обсяг викидів шкідливих речовин у 2014 році від стаціонарних джерел забруднення становив понад 4 млн. т, і це свідчить про те, що на підприємствах не приділяють належної уваги ліквідації шкідливих викидів у самому осередку, а саме створенню нових ефективних методів і апаратів для уловлення шкідливих речовин і пилу з викидів.

У процесі виробництва мінеральних добрив, будівельних матеріалів, переробки нафти, видобутку вугілля утворюється велика кількість пилу, який дуже негативно впливає на стан і здоров'я людей, які проживають у промислових зонах. За статистичними даними та спеціальними дослідженнями протягом останніх 5 років захворювання населення на бронхіальну астму зросло на 9 %. Що стосується Львівської області, то в цьому контексті вона не становить винятку, оскільки на її території розташовано понад 600 промислових підприємств, у тому числі з видобутку вугілля та нафти.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу в 2014 році становили 9 т/км^2 . Забруднення атмосферного повітря речовинами алергенної дії (пил) сприяло зростанню загального рівня захворювань серед дорослих на 18%, а дітей – на 7%. Антропогенне навантаження суттєво погіршує екологічний стан довкілля Львівської області. У зв'язку з цим необхідно впроваджувати нові технології очищення повітря від промислових викидів.

Аналіз останніх досягнень. Аналіз відомих методів сухого пилоочищення свідчить, що незважаючи на високоефективне уловлення великодисперсного пилу, вони не можуть забезпечити очищення дрібнодисперсної фракції вище за 85 %, а ряд конструктивних удосконалень веде до значного ускладнення схем пилоочищення.

Найбільші досягнення у відцентровому вловленні твердих частинок з газового потоку відзначені в частині апаратного оформлення (конструювання), а не наукових розробок, що пояснюється, з одного боку, накопиченням багаторічного досвіду експлуатації промислових апаратів, а з іншого – надзвичайною складністю опису окремих явищ і характеристик гетерогенних систем: тверде тіло – газ у відцентровому полі.

Техногенна безпека Карпатського регіону своєю чергою залежить від вирішення проблем очистки повітря у викидах теплоенергетичних підприємств, досягнення вимог норм граничнодопустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин.

Виклад основного матеріалу. Для забезпечення сталого екологічного розвитку і через відсутність у даний час пиловловлювача, здатного високоефективно вловлювати дрібнодисперсний пил, постає завдання створити такий апарат.

У роботі запропоновано конструкцію одного з апаратів, які захищені патентами України, де в корпус пиловловлювача введений другий ступінь очищення – у вигляді жалюзійного відокремлювача, розміщеного коаксійно до корпусу. В цьому відокремлювачі при проходженні пилогазового потоку, вже очищеного від грубодисперсних частинок під дією відцентрових сил, через щілини між жалюзі залишкові дрібнодисперсні частинки відстають від потоку газу і не встигають за ним. Вони вдаряються у жалюзі й відкидаються до стінки корпусу або падають уздовж жалюзі до пиловипускного патрубку, що значно підвищує ефективність роботи апарата. Конструктивні розміри жалюзі відокремлювача запобігають вторинному виносу пилу з бункера і вирівнюють тиск всередині апарата, що веде до зменшення гідравлічного опору апарата.

На рисунку 1 представлено нову модель вихрового апарата пиловловлювача [1].

Пиловловлювач складається з конічного корпусу 1, у верхній частині якого розміщений тангенційний вхідний патрубок 2. В нижній частині корпусу 1 (у напрямку до вершини конуса) розташований тангенційно пиловипускний патрубок 3 з нахилом до горизонту. По вертикальній осі апарата на відстані одного оберту пилоповітряної суміші на рівні нижнього краю вхідного патрубку 2 встановлений ступеневий жалюзійний відокремлювач 4, який в нижній частині з'єднується з вихлопним патрубком 5 виходу очищеного повітря. Корпус пиловловлювача 1 закритий у верхній частині кришкою 6, а в нижній частині обмежений дном 7, яке має ухил до горизонту і містить пиловипускний патрубок 3.

Жалюзійний відокремлювач 4 складається з 4-х секцій, кожна з яких утворена набором жалюзі 8, діаметр яких зменшується рівномірно у напрямку зверху вниз до дна 7 апарата.

Пиловловлювач працює таким чином: пилоповітряна суміш надходить в апарат тангенційно через патрубок 2 і продовжує свій рух зверху вниз до пиловипускного патрубку 3, не змінюючи напрямку свого руху (як, наприклад, у циклоні) до виходу очищеного повітря у патрубок виходу пилу 3.

Очищений від грубодисперсних частинок пилоповітряний потік у запропонованій конструкції змінює напрямок свого руху для проходження крізь жалюзі 8 жалюзійного відокремлювача 4 і кут цього повороту $90^{\circ} < \alpha < 180^{\circ}$. Повітряний потік проходить через отвори жалюзі 8, а частинки пилу відбиваються від них до стінки корпусу, або сповзають по жалюзі вниз аж до пиловипускного патрубку 3.

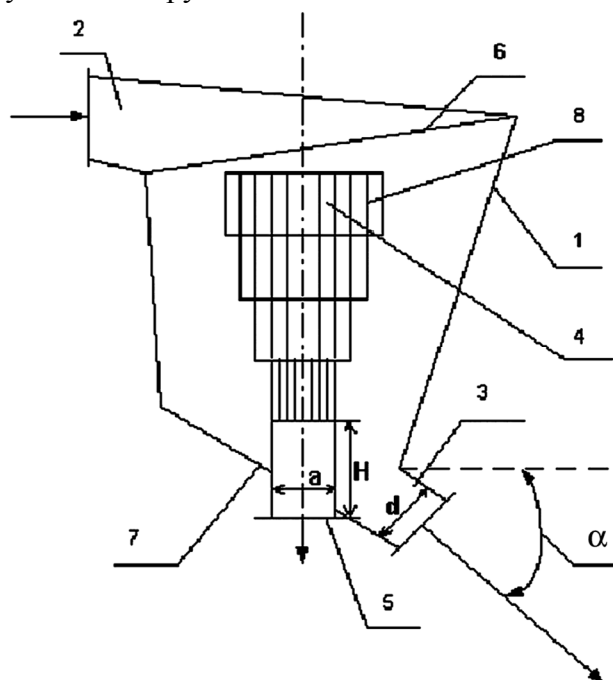


Рисунок 1 – Вихровий пиловловлювач:

1 – корпус; 2- тангенціальний вхідний патрубок; 3 – пиловипускний патрубок;
4 – жалюзійний відокремлювач; 5 – вихідний патрубок очищеного повітря; 6 – кришка корпусу; 7 – днище корпусу; 8 – жалюзі

Для ефективної роботи пиловловлювача дуже важливе значення має підбір співвідношення висоти H патрубку виходу чистого повітря 5 в корпусі апарата до діаметра d пиловипускного патрубку 3, а також кута нахилу пиловипускного патрубку 3 до горизонтальної осі. Для цього ми провели дослідження на стандартному експериментальному стенді (рис. 1) запропонованого апарата, з метою визначення оптимального співвідношення цих параметрів. Результати досліджень наведені на графіку рис. 2.

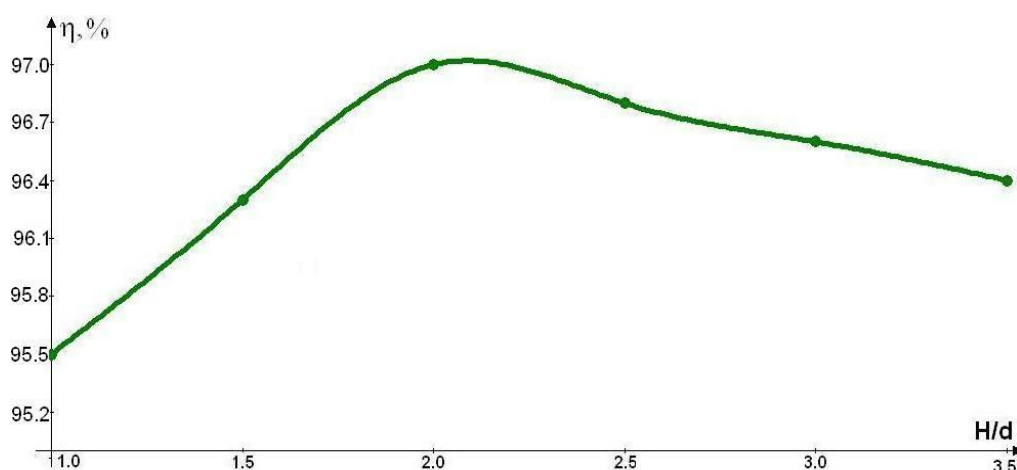


Рисунок 2 – Залежність ефективності пиловловлення від співвідношення висоти патрубку виходу пилу H до діаметра пиловипускного патрубку d

Умови проведення дослідів: швидкість руху пилоповітряної суміші у входному патрубку становить 20 м/с, розмір пилу – $50 \cdot 10^{-6}$ м.

Підвищення ефективності роботи пояснюється таким чином: при зменшенні співвідношення H/d з 2 до 1 зменшується висота закритої частини патрубка виходу очищеного повітря 5, жалюзійний відокремлювач 4 наближається до пилівипускного патрубка 3, тобто здійснюється винос вже виділеного в апараті пилу через щілини між жалюзі 8 відокремлювача, що призводить до різкого зменшення ефективності.

При збільшенні цього співвідношення від 2 до 3,5 ефективність пилловловлення практично змінюється дуже мало і не має тенденції до зростання, тому співвідношення H/d , яке дорівнює 2, можна вважати оптимальним.

Дуже важливе значення для збільшення ефективності роботи і зменшення гідравлічного опору апарата має кут нахилу пилівипускного патрубка до горизонту α . Збільшення цього кута призводить до створення розрідження у нижній частині корпусу 1, що призведе до порушення оптимального співвідношення тисків усередині апарата; зменшення ж цього кута призводить до збільшення опору в цій же частині апарата і накопичення вже зібраного пилу у стінки корпусу. Тому ми провели дослідження щодо визначення оптимального кута нахилу α пилівипускного патрубка 3 (рис. 1) до горизонтальної осі. Результати визначення оптимального кута нахилу при швидкості повітря у входному патрубку 20 м/с для пилу розміром $50 \cdot 10^{-6}$ м, наведені на рис. 3, з якого видно, що оптимальним є кут нахилу α пилівипускного патрубка до горизонтальної площини у 45° .

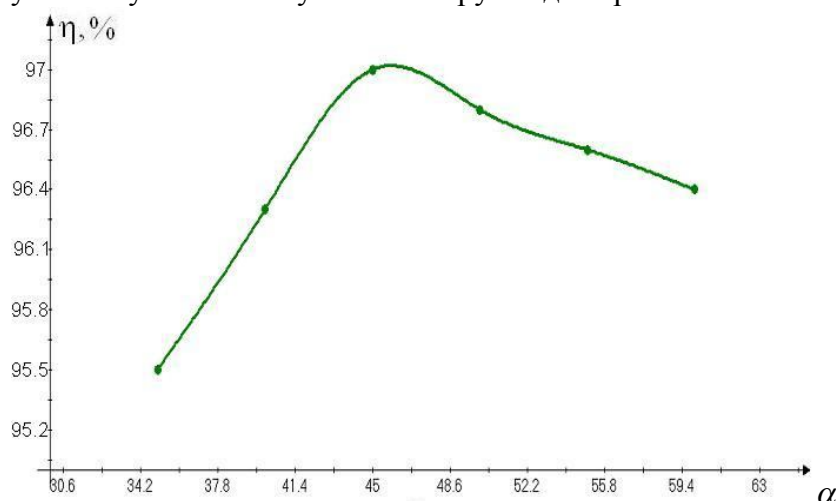


Рисунок 3 – Залежність ефективності пилловловлення від кута нахилу пилівипускного патрубка α до горизонтальної осі

Збільшення ефективності уловлення пилу та зниження гідравлічного опору в запропонованому пилловловлювачі відбувається завдяки розміщенню жалюзійного відокремлювача на рівні нижнього краю входного патрубка, розташуванню вихідного патрубка очищеного повітря не у верхній, а в нижній частині апарата і виводу відокремленого пилу тангенційно під кутом 45° до горизонту, а не радіально.

У запропонованому пилловловлювачі нам вдалося підвищити ефективність пилловловлення до 97 % [2].

Висновок. Таким чином, впровадження запропонованої моделі пилловловлювача в систему очистки вентиляційних викидів збільшить ефективність пилловловлення на 10-12% порівняно з найбільш поширеною моделлю пилловловлювача ЦН-11, зменшивши при цьому гідравлічний опір (енергомісткість) і витрати металу (металомісткість), що актуальне для нових енергозберігаючих технологій та досягнення норм ГДК з викидів промислових підприємств.

Список літератури

1. Батлук В.А. Прогресивна техніка для очистки повітря від пилу / В.А. Батлук, Ю.Є. Шелюх // Вісник Національно-технічного університету України «Київський політехнічний інститут». – Київ. – 2004. – №45. – С. 51-53.
2. Батлук В.А. Зниження антропогенного навантаження на довкілля від пилових викидів промислових підприємств / В.А. Батлук, Ю.Є. Шелюх // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : Збірник наукових праць. – 2009. – №3. – С. 118-122.
3. Шелюх Ю.Є. Оптимізація роботи апаратів для очистки повітря від пилу на об'єктах гірничої та хімічної галузі / Ю.Є. Шелюх // Техногенна безпека: теорія, практика, інновації : Збірник тез міжнародної науково-практичної конференції. – Львів, 2011. – С. 121.
4. Шелюх Ю.Є. Оптимізація роботи прогресивної техніки для очистки повітря від промислових видів пилу / Ю.Є. Шелюх // Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства», ЛДУ БЖД України, м. Львів. – 2012. – С.257.
5. Шелюх Ю.Є. Сучасні методи очистки повітря від промислових видів пилу / Ю.Є. Шелюх // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності : Збірник наукових праць. – 2012. – № 6. – С.214–218.

References

1. Batluk V.A., Shelyuh Y.E. (2004), *Progresyvna tehnika dlja ochystku povitria vid puly* [Progressive machines to clean the air of dust], Bulletin of the National Technical University of Ukraine, Kyiv, №45, p. 51-53.
2. Batluk V.A., Shelyuh Y.E. (2009), *Znugenia antropogennoho navantagenia na dovkillia vid pulovyh vukudiv promuslovuh pidpruemstv* [Reducing the anthropogenic impact on the environment from industrial emissions of dust], Visnyk of Lviv State University life safety, №3, p. 118-122.
3. Shelyuh Y.E. (2011), *Optumizacia robotu aparativ dlja ochustku povitra vid puly na ob'ekтах girnuchoi ta himichnoi halysi* [Optimization of vehicles to clean the air of dust on the objects of mining and chemical industry], Technological safety: theory, practice and innovation: Abstracts of the international scientific conference, Lviv, p.121.
4. Shelyuh Y.E. (2012), *Optumizacia robotu progresivnoi tehniku dlja ochystku povitria vid promuslovuh vudiv puly* [Optimization of advanced technology to clean the air of dust commercial species], Proceedings of the I International Scientific Conference "Environmental safety as the basis of sustainable development", LSU BC Lviv, p.257.
5. Shelyuh Y.E. (2012), *Suchasni metodu ochystku povitria vid promuslovuh vudiv puly* [Modern methods of cleaning the air from industrial dust types], Visnyk LSU LS, № 6, p.214-218.