

## РОЗРОБЛЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ПИЛОВИХ ВИКИДІВ ЦЕМЕНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

## DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THE TECHNOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF DUST EMISSIONS IN CEMENT PRODUCTION

*Наведено дані, які підтверджують тезу про неможливість сьогодні вловлювати дрібнодисперсний пил, тому запропоновано принципово нову конструкцію відцентрово-інерційного пиловловлювача, результати випробування якого дозволяють стверджувати про підвищення ефективності вловлювання такого типу пилу на 10–12% та зменшення енерговитрат та металоемності.*

*Ключові слова: ефективність пилоочищення, цементне виробництво, циклон, жалюзійний відокремлювач, гідравлічний опір.*

### Вступ

Найбільш інтенсивному забрудненню піддається атмосфера. Будівництво, зокрема виробництво цементу, є одним з основних джерел емісії техногенних домішок. На цю галузь доводиться 8,1 % сумарних викидів в атмосферу. Тому дуже важливим є ефективно контролювати стан навколишнього середовища в місцях розташування цементних виробництв і адекватно оцінювати збитки від забруднення атмосфери.

Зміни у навколишньому середовищі супроводжуються екологічними кризовими явищами та набули загрозливого характеру для подальшого існування людської цивілізації. Порушення стану здоров'я людини, існування флори та фауни можна вважати інформативним методом оцінки рівня екологічної напруженості територій, які підлягають хронічному антропогенному впливу різного характеру та інтенсивності [1].

Екологічна безпека у сучасних публікаціях оцінюється впливом окремих чинників забруднення на довкілля за різними показниками без врахування техногенних забруднень від промислових об'єктів.

### Постановка проблеми

Перед нами було поставлено завдання створити пиловловлювач для очистки повітря від цементного пилу, тому була розроблена конструкція комбінованого апарата, яка включає в себе найкращі ознаки ефективності вловлення цементного пилу [7].

Значимість проблеми зумовлена збільшенням кількості забруднень, які потрапляють до довкілля з промислових об'єктів, встановленням рівня їх впливу та негайною необхідністю зменшення його, що є актуальною проблемою сьогодні, має екологічне, соціальне та народногосподарське значення [2]. Розроблення нових тех-

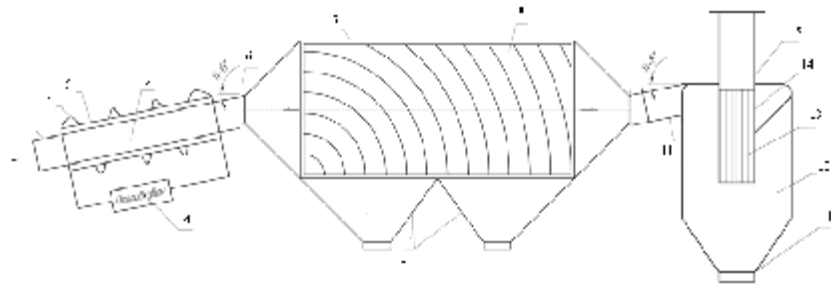
нологій виробництва будівельних матеріалів із вдосконаленими та принципово новими методами і засобами пилоочищення сприятимуть зменшенню кількості техногенних забруднень, підвищенню рівня екологічної безпеки об'єктів, регіону та держави [5].

Метою даної роботи є створення принципово нових конструкцій апаратів для очистки повітря від пилу, які спроможні високоєфективно та з мінімальними енерго- і металовитратами вловлювати дрібнодисперсні фракції пилу з високою температурою, провести випробування розроблених технологій на експериментальних, пілотних, дослідно-промислових установках, перевірити оптимальність установлених параметрів запропонованих процесів та оцінити їх екологічну і економічну ефективність [3].

### Виклад основного матеріалу

З метою зниження температури пилогазового потоку перед подачею його до відцентрово-інерційного пиловловлювача розроблено наступне рішення: комбінований пиловловлювач, в якому для пониження температури пилоповітряної суміші використовували апарат з теплообмінником і змійовиком та відцентрово-інерційним пиловловлювачем 12, пилоосаджувальну камеру 7, тобто об'єднали в одній конструкції пиловловлювач з теплообмінником і змійовиком та апарат із попередньою очисткою (рисунок 1).

Працює дана конструкція таким чином: запилене повітря рухається трубопроводом 1 через теплообмінник 2 до тангенційного вхідного патрубку 6 до апарата 7 із попередньою очисткою. Необхідно зауважити, що при попаданні у відцентрово-інерційний апарат 5 пилогазового потоку з високою температурою відбувається прогорання, по-перше, зовнішньої стінки корпусу апарата 10, а по-друге — жалюзі 13 відокремлювача 14. Для запо-



*Рисунок 1 — Комбінований пиловловлювач*

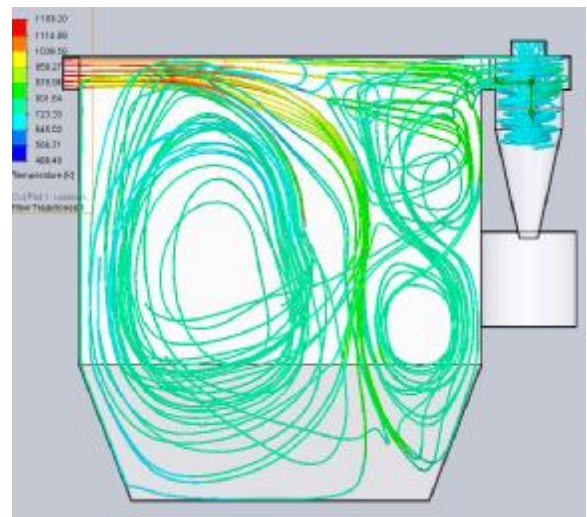
1 — внутрішня труба теплообмінника; 2 — теплообмінник; 3 — змійовик; 4 — охолоджувач; 5 — зовнішня труба теплообмінника; 6 — тангенційний вхідний патрубок; 7 — циліндрично-конічний корпус попередньої очистки; 8 — зигзагоподібні канали; 9 — приймальні воронки; 10 — пиловипускний патрубок; 11 — вхідний патрубок циліндрично-конічного корпусу пиловловлювача; 12 — корпус пиловловлювача; 13 — жалюзійний відокремлювач; 14 — жалюзі; 15 — вихлопний патрубок.

бігання цьому явищу перед входом до відцентрово-інерційного апарата встановлено пилоочисну камеру 7, а перед нею у трубопроводі 1 на довжині, що дорівнює трьом діаметрам апарата, розташовано теплообмінник типу “труба в трубі” 2, який охоплюється змійовиком 3, у який з охолоджувача 4 подається вода для зниження температури пилоповітряного потоку перед подачею його спочатку до пилоочисної камери, а потім до пиловловлювача 12. Для зниження температури води у міжтрубному просторі труб 1 і 5 теплообмінник охоплює змійовик 3, у який також з охолоджувача 4 подається вода. Запилене та охоложене повітря через вхідний патрубок 6 потрапляє усередину корпусу пилоосаджувальної камери 7, де при переході з меншого перерізу до більшого втрачає швидкість. При цьому в будь-якому можливому напрямку руху газ надходить до зигзагоподібного каналу 8. Зважені частинки пилу під дією інерційних і гравітаційних сил рухаються по параболічних траєкторіях у напрямку приймальних воронок 9, при зіткненні з гофрами у зигзагоподібних каналах 6 втрачають енергію і осідають у приймальних воронках 5.

Охолоджений та очищений у камері 7 газ виводиться з нього до корпусу відцентрово-інерційного апарата 12 через тангенційний вхідний патрубок 11, після чого він гвинтоподібно обертається зверху донизу спочатку навколо вихлопної труби 15, потім навколо жалюзійного відокремлювача 13. Упродовж обертання відбувається розділення частинок пилу. Більші пилові частинки під дією відцентрових сил притискаються до стінки корпусу 12 і, здійснюючи гвинтоподібний рух всередині циліндричної, потім конічної частини корпусу апарата, потрапляють до пиловипускного патрубку 10. Дрібніші частинки пилу підхоплюються потоком повітря до жалюзійного відокремлювача 13, де повітря проходить крізь щілини, що розміщені між його жалюзі. При цьому потік повітря робить різкий поворот малого радіуса на кут більший за 90°, але менший ніж 180°. Дрібні частинки пилу також виконують зворот у напрямку щілини, але через сили інерції, радіус звороту в них значно більший, ніж у потоку повітря, за рахунок чого дрібні пилові частинки пролітають мимо щілини, стикаються з жалюзі, відбиваються від них або сповзають по їх поверхні (залежно від

маси і пружності частинок, місця їх попадання на жалюзі та кута, під яким відбувається удар частинки з жалюзі).

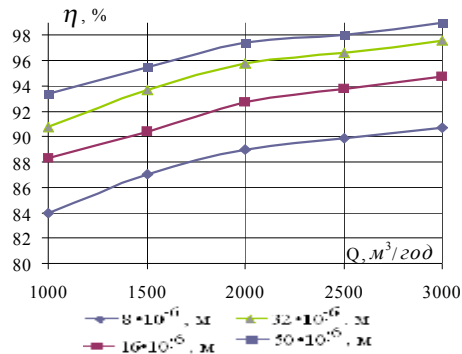
Якщо пилова частинка дуже сильно відіб’ється від жалюзі, вона знову потрапляє до пилоповітряного потоку, що обертається навколо жалюзійного відокремлювача, знов вдаряється об одну з наступних жалюзі до тих пір, поки не потрапить у потік, який рухається поздовж корпусу апарата 12. Із жалюзійного відокремлювача 13 очищене повітря, що пройшло крізь щілини між жалюзі вихлопною трубою 15, викидається назовні, а увесь вловлений в апараті пил через пиловипускний патрубок 10 потрапляє до бункеру для збирання пилу (на кресленні не показаний).



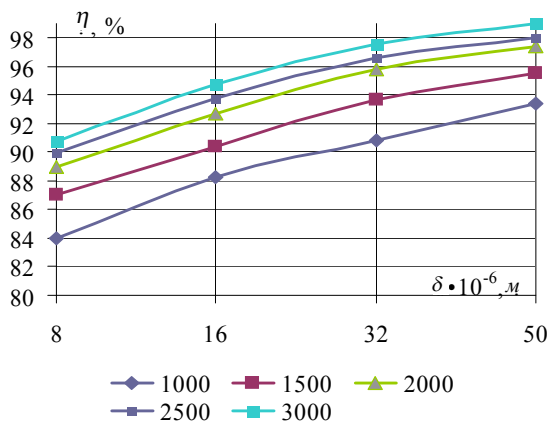
*Рисунок 2 — Розподіл температури потоку в комбінованому апараті*

Охолодження пилогазового потоку перед подачею його до пиловловлювача призводить до покращення умов виділення твердих частинок пилу з потоку і запобігає руйнуванню як стінок корпусу апаратів 7 і 12, так і жалюзі 13 відокремлювача 14, а все це призводить до підвищення ефективності пиловловлення та продовження строків служби апаратів для очистки повітря від пилу.

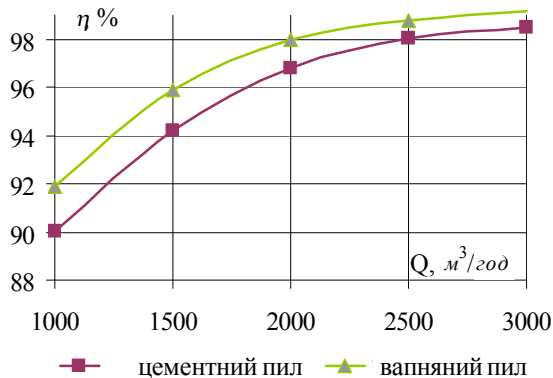
На рисунку 2 показано розподіл температури потоку в комбінованому апараті. На вході до пилоосаджувальної камери 7 температура повітряного потоку складає 1150 °С. При цьому на вході до відцентрово-інерційного пиловловлювача 12 вона знизилася приблизно до 650 °С. Таке зниження температури є значним.



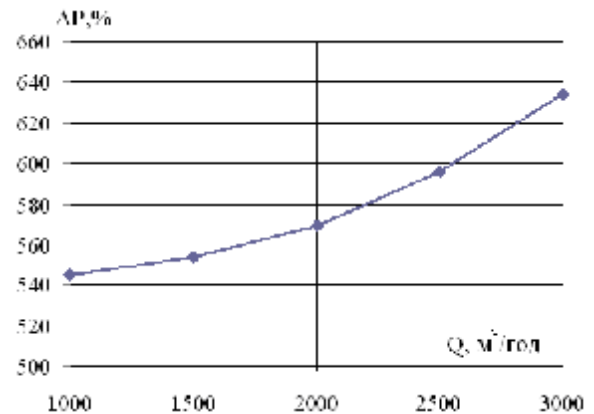
Рисунки 3 — Залежність ефективності вловлення комбінованого пиловловлювача від витрат повітря



Рисунки 4 — Залежність ефективності вловлення комбінованого пиловловлювача від медіанного діаметра частинок



Рисунки 5 — Залежність ефективності роботи комбінованого пиловловлювача від витрат повітря



Рисунки 6 — Залежність гідравлічного опору комбінованого пиловловлювача від витрат повітря

Випробування проводилися на експериментальному стенді НУ “Львівська політехніка” на експериментальному пилу (рисунки 3, 4, 6) і на пилу цементу та вапна (рисунки 5).

З вищенаведеного виходить, що ефективність комбінованого пиловловлювача залежить від багатьох факторів, основними з яких є: форма жалюзі (в першу чергу форма зовнішньої її поверхні), її розміри, ширина щілини між жалюзі, швидкість пилоповітряної суміші, фізико-хімічні якості пилу, його концентрація, дисперсний та фракційний вміст [6, 4].

Зміна характеру руху потоку буде мати вплив на процес теплообміну і на вході до пилоосаджувальної камери, температура повітряного потоку складе 1150 °С. Застосування у технологічних процесах виробництва будівельних матеріалів комбінованого пиловловлювача дозволяє знизити температуру пилогазового потоку на 200–250 градусів на ділянці розташування теплообмінника типу “труба в трубі” і на 500–600 градусів у подальшому при проходженні його через пилоосаджувальну камеру. За необхідності ще більшого зниження температури це можна досягти збільшенням геометричних розмірів пилоосаджувальної камери і підібрати більш потужний теплообмінник, але всі ці зміни призведуть до збільшення гідравлічного опору установки. У такому випадку необхідно буде обирати між необхідністю зниження температурних режимів і енергоємністю.

### Висновки

Перевагами комбінованого пиловловлювача є стабільність роботи при мінімальних експлуатаційних витратах, низькі капітальні витрати, безперервність процесу пиловловлення і відводу пилу, працездатність у широкому діапазоні температур і в агресивному середовищі, висока стійкість системи, невеликі габарити і матеріаломісткість, багатоваріантність способів монтажу (вертикальному, горизонтальному, в нахиленому стані), сумісність з існуючими газоходами і будь-якими пристроями газопилоочищення.

Впровадження пиловловлювача запропонованої конструкції для очищення викидів цементного і вапняного виробництва дозволило тільки шляхом заміни існуючих апаратів пилоочищення (циклонів ЦН-11) збільшити ефективність пиловловлення на 9–12,5%, зменшивши при цьому гідравлічний опір на 80–100 Па і габаритні розміри установки в 1,2 рази та довести концентрацію їх до норм гранично допустимих концентрацій [7]. Результати розрахунку і аналіз карт розсіювання шкідливих речовин у навколоземному шарі атмосферного повітря показали, що для всіх джерел викиду, які обладнано пиловловлювачами ЦН-11, виявлено перевищення ГДК для цементного пилу, при цьому максимальні концентрації у частках ГДК дорівнюють для п'яти пиловловлювачів — 2,549 ГДК. У випадку джерел викиду, що обладнані розробленими пиловловлювачами, перевищень ГДК не спостерігається в жодному населеному пункті. Чистий економічний ефект від впровадження запропонованих пиловловлювачів складає 457 грн., а сумарний економічний ефект становить 28998 грн. на рік.

### Література

1. Циклони, пиловловлювачі. — Хімія. — 1977. — Р. 65—72.
2. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович — Г.: Физматгиз, 1960. — 642 с.
3. Франк, Ч.Г. Потік газових частинок в циклонах, формула Лагранжа. Технологічне моделювання руху потоку частинок / Ч. Г.Франк. — Брюссель, Бельгія, курс лекцій. 2000. — 52 с.
4. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Механика сплошних сред [Механика сплошных сред]. — М., 1954.
5. Коузов, П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. — Л.: Химия, 1987. — 264 с.
6. Харлоу, Ф.Г. Численный метод частиц в ячейках для задач гидродинамики / Ф.Г. Харлоу. — М.: Мир, 1967.
7. Пат. 50126 Україна, МПК В 01D 45/00. Пылеуловитель с предварительной очисткой / В.А. Батлук, Н.М. Параняк. — № u 2009 12660; заявл. 07.12.2009; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10. — 8 с.

### References

1. Cyclone, dust collector. — Chem. Eng. 1977, February 14. — P. 65—72.
2. Abramovich, G.N. Teorija turbulentnyh struj. [Theory turbulentnyh struj] G.: Fyzmatgiz, 1960.
3. Frank, Th. 2000. Application of Eulerian — Lagrangian prediction of gas — particle flow to cyclone separators. Lecture series 1999–2000. “Teoreticaland experimental modeling of particle flow”, 52. Bruessels. Belgium.
4. Landau, L.D, Lifshitz, E.M. Mехanika sучil'nih seredoviw. [Continuum Mechanics]. — М.: НУТТЛ, 1954.
5. Kouzov, P.A. 1987. Fundamentals of dispersion composition of industrial dusts and regrind. — L.: Chemistry, 264. Ukraine.
6. Harlow, F.H. Chisel'nij metod chastinok v komirkah

dlja zadach gidrodinamiki. (Obchisljuval'ni metodi v gidrodinamici). [Numerical method of particles in cells for the problems of hydrodynamics] Moscow: Mir, 1967.

7. Batluk, V.A., Paranjak, N.M. Pilovlovljuvach iz poperedn'uju ochistkoju [Dust collector with the previous cleaning]. Patent Ukrainy no 50126 25.05.2010.

Надійшла 21.01.2013 року

УДК 621.928.9

## РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ СНИЖЕНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ИЗ-ЗА ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**В.А. Батлук**, Н.М. Параняк

Приводятся данные, которые подтверждают тезис о невозможности сегодня улавливать мелкодисперсную пыль, поэтому предложена принципиально новая конструкция центробежно-инерционного пылеуловителя. Результаты испытаний позволяют утверждать о повышении эффективности улавливания такого типа пыли на 10–12% и уменьшении энерго- и металлоёмкости.

*Ключевые слова:* эффективность пылеочистки, цементное производство, циклон, жалюзийный отделитель, гидравлическое сопротивление.

UDC 621.928.9

## DEVELOPMENT OF MEASURES TO REDUCE THE TECHNOGENIC IMPACT ON THE ENVIRONMENT OF DUST EMISSIONS IN CEMENT PRODUCTION

**V.A. Batluk**, N.M. Paraniak

Information which confirm a thesis about impossibility today to catch a small dispersion dust is conducted in the article, a new construction of centrifugal-circular dust-catcher is therefore offered on principle; the tests which allow to assert about the increase of efficiency of catching of such kind dust on 10-12% and diminishment of energy- and metalcapasious.

*Keywords:* dust collection efficiency, cement and lime production, cyclone, jalousie separators, hydraulic resistance.