

POPRAWA WYDAJNOŚCI INSTALACJI ODPYLAJĄCYCH W CEMENTOWNIACH

Paraniak N. M., Datsko O. S.

WSTĘP

Koncepcją rozwoju człowieka w XXI wieku jest zrównoważony rozwój, który zaspokaja potrzeby obecnego pokolenia bez szkody dla przyszłego pokolenia. W 2015 roku 70. sesja Zgromadzenia Ogólnego na szczycie ONZ zatwierdziła 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju jako nowe wytyczne dla rozwoju świata do 2030 roku¹. Zasady zrównoważonego rozwoju zakładają wzrost produkcji przemysłowej przy jednoczesnej minimalizacji emisji do środowiska. Jednak przestarzały sprzęt do obróbki, niedoskonałość technologii środowiskowych prowadzi do degradacji środowiska. Obecny poziom bezpieczeństwa środowiskowego w regionach uprzemysłowionych nie zapewnia osiągnięcia znormalizowanej efektywności środowiskowej. Badania basenu powietrza Ukrainy pokazują, że według wskaźnika zanieczyszczenia powietrza w 47% miast stopień zanieczyszczenia powietrza ocenia się jako wysoki, w 23% miast – wysoki, w 30% miast – niski², co prowadzi do zachorowalności ludności w zakresie bezpieczeństwa środowiskowego.

Antropogeniczne zanieczyszczenie powietrza na Ukrainie jest kilkakrotnie wyższe niż w krajach rozwiniętych. Głównymi zanieczyszczeniami powietrza są przedsiębiorstwa wydobywcze i przetwórcze, przedsiębiorstwa energetyczne i gazowe, których emisje zanieczyszczeń stanowią ponad 90% całkowitej emisji do powietrza na Ukrainie³.

Ustawodawstwo Ukrainy⁴ stanowi, że podstawą polityki środowiskowej jest zasada minimalizacji emisji do powietrza, dlatego

¹ The Global Goals. URL: <https://www.globalgoals.org/>

² Стан забруднення природного середовища на території України. URL: http://cgo-sreznovskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine

³ Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://merg.gov.ua/news/38840.html>

⁴ Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

polityka środowiskowa budownictwa, w tym produkcji materiałów budowlanych, powinna być realizowana poprzez wprowadzanie technologii energooszczędnych i zasobooszczędnych, wyposażenie źródeł emisji w wydajne urządzenia do oczyszczania gazów, poprawę stanu technicznego i eksploatacji istniejących urządzeń.

Obecnie istnieje wiele projektów urządzeń do odpylania, ale nie wszystkie z nich są wydajne. Istniejące urządzenia do czyszczenia drobnego pyłu nie są w stanie wystarczająco skutecznie wychwytywać drobnych cząstek pyłu. Kwestia rozwiązania tego problemu pozostaje otwarta.

Zasadniczo kolejność doboru urządzeń odpylających zależy przede wszystkim od charakterystyki emisji przemysłowych (temperatura, wilgotność, rodzaj zanieczyszczeń, stężenie, dyspersja). Przede wszystkim zależy to od dziedziny, w której stosowane są systemy odpylania, odpowiednio dobór sprzętu uzależniony jest od: specyficznych wymagań produkcyjnych (właściwości fizyko-mechaniczne i fizykochemiczne zdyspergowanych cząstek)⁵.

Rozwiązanie problemu podniesienia poziomu bezpieczeństwa ekologicznego dla zrównoważonego rozwoju państwa jest możliwe tylko przy podejmowaniu działań proekologicznych w cementowniach. W tym celu istniejące przedsiębiorstwa, których działalność prowadzi do zanieczyszczenia środowiska, muszą wdrożyć przyjazne dla środowiska technologie redukcji emisji lub przywrócenia ich do produkcji, co poprawi sytuację środowiskową w pobliżu firm budowlanych i na Ukrainie.

Aby osiągnąć ten cel, rozwiązano następujące zadania:

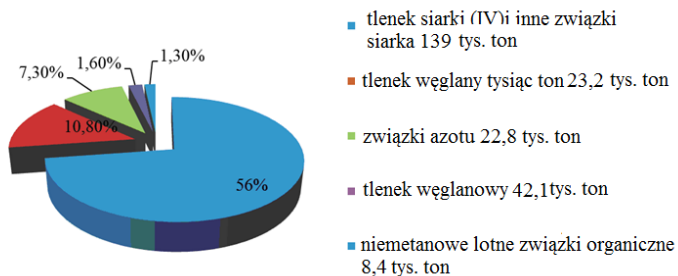
- określenie wpływu pyłu i zbadanie jego właściwości jako czynnika w kształtowaniu się zagrożeń środowiskowych związanych z produkcją cementu;
- zidentyfikować główne źródła zanieczyszczenia środowiska w procesach produkcji cementu;
- eksperymentalne zbadanie fundamentalnie nowych konstrukcji urządzeń do oczyszczania powietrza z pyłów na instalacjach badawczych i przemysłowych,
- sprawdzić optymalność założonych parametrów proponowanych procesów oraz ocenić ich efektywność środowiskową i ekonomiczną.

⁵ Ishii R. Motion of small particles in a gas flow. *Phys. Fluids*. 1984. № 1. P. 33–41.

1. Materiały badawcze i proces technologiczny wykorzystane w eksperymencie

PJSC Ivano-Frankivskcement (IFCEM) został wybrany do określenia wpływu pyłu cementowego na środowisko. W związku z tym przeprowadzono audyt środowiskowy oraz monitoring środowiskowy na obszarze oddziaływania przedsiębiorstwa; badana jest charakterystyka pyłu jako czynnika kształtującego bezpieczeństwo środowiska w konkretnym przedsiębiorstwie przemysłu cementowego; oraz zidentyfikowała główne źródła zanieczyszczenia środowiska w procesach produkcji cementu; opracowano mapy rozproszenia pyłu, które umożliwiają ocenę efektywności ekologicznej oraz sprawdzenie optymalności założonych parametrów proponowanych procesów.

Zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego pod względem bezpieczeństwa dla ludzi jest pierwszym, głównie ze względu na fakt, że zanieczyszczenia powietrza mają największy wpływ na zdrowie: ludzie zużywają znacznie więcej dziennie i ogólnie do życia objętości powietrza niż wody i żywności (rys. 1). Ponadto toksyczne zanieczyszczenia powietrza wraz z opadami atmosferycznymi przedostają się do wód powierzchniowych i gleby, osadzają się na liściach i owocach roślin, gdzie trafiają również na człowieka. Cementownie znajdują się na liście przedsiębiorstw – główne zanieczyszczenia powietrza⁶.



Rysunek 1. Dynamika emisji najczęstszych zanieczyszczeń środowiska w obwodzie iwanofrankowskim

Dziś IFCEM stosuje suchą metodę produkcji cementu, która zapewnia odpowiednio niską wilgotność w surowcach, w procesie technologicznym nie występuje etap odparowania wody z osadów, co znacznie zmniejsza

⁶ Квашнин И. М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. 392 с.

energochłonność w porównaniu z metodą moką, a tym samym zmniejszenie emisji CO₂ i pyłu ze spalania paliw. W takich warunkach masa emitowanego drobnego pyłu wynosi 50-120 kg na 1 tonę klinkieru. Rozważ bardziej szczegółowo proces produkcji cementu.

Do przemysłowej produkcji cementu wykorzystuje się głównie niskotopliwe ły, argillit i łupki, które wchodzi w skład mieszanki cementowej. Głównymi składnikami chemicznymi potrzebnymi do produkcji cementu są wapień (CaCO₃ – zawartość w próbce 49,3%); krzemionka (SiO₂ – 15,02%); tlenek siarki – SO₂ – 9,4%, tlenki metali (Al₂O₃ – 9,2%, Fe₂O₃ – 1,4%, Na₂O – 1,5%, K₂O – 2,1%); metale ciężkie 0,35%; produkty kalcynacji 2,5%, inne niezidentyfikowane pierwiastki 6,9%.

Pierwszy składnik można znaleźć w wapieniu (lub kredzie), a pozostałe w glinie (margiel lub glina zwykła). Dlatego w pierwszej kolejności materiały te trzeba wydobywać ze złóż naturalnych, a następnie rozdrabniać i transportować do miejsca produkcji cementu. W metodzie suchej surowce (wapień i margiel) są kruszone i mieszane w kruszarko-suszarce, po czym są homogenizowane i umieszczane w silosie surowej mąki⁷. Wilgoć w surowcach jest usuwana za pomocą spalin z suchego pieca, co zmniejsza zużycie paliwa.

Aby uzyskać produkt końcowy, cement i klinkier muszą być ostatecznie zmielone na proszek w młynach cementowych, przy czym składniki mineralne, takie jak popiół lotny lub żużel, są dodawane do klinkieru i mielone razem w celu wytworzenia różnych rodzajów cementu. Odmowa wody i wykorzystanie spalin do dekarbonizacji w takich warunkach może zmniejszyć energochłonność suchego pieca o około 3,10 GJ na tonę klinkieru, co doprowadzi do znacznego zmniejszenia emisji CO₂ z samego zużycia paliwa⁸.

2. Wyniki badań źródeł drobnego pyłu

W procesie produkcji cementu powstaje tzw. pył przemysłowy, który z kolei jest bardzo niebezpieczny zarówno dla środowiska, jak i osób pracujących bezpośrednio przy tej produkcji.

⁷ Рунова Р. Ф., Носовський Ю. Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. Київ : КНУБА, 2007. 256 с.

⁸ Гринчишин Н. М., Савіцька І. О. Екологічні переваги виробництва цементу "сухим" способом. *Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодення: матер. Міжнар. конф., 15–20 жовт. 2012 р.* Кам'янець-Подільський, 2012. С. 10–11.

Głównymi źródłami pyłu dla cementowni są linie transportowe, które transportują surowce i wyroby gotowe, miejsca nasypu, załadunku i rozładunku, kruszarki, piece klinkierowe, młyny kulowe do mielenia klinkieru i inne. Linie przenośnikowe do transportu surowców sypkich (wapień) łączą kamieniołomy z kruszarniami cementowni. Głównymi czynnikami determinującymi zapylenie powietrza na terenach roboczych poszczególnych sekcji są prędkość wiatru oraz odległość surowców od kamieniołomu. Minimalna zawartość pyłu wynosi 7–10 g/tonę, a maksymalna 50–52 g/tonę. W hangarze bunkrowym podczas rozładunku surowców z wywrotki pył powietrzny przekracza 50-krotnie lub więcej najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS), podczas podawania surowców sypkich do leja zasypowego z przenośników taśmowych stężenia pyłu sięgają 270–450 mg/m³ i podczas całkowity rozładunek surowców – 1500 mg/m³ i więcej, co znacznie przekracza NDS⁹. W metodzie produkcji suchej ilość suchych gazów pylistych usuwanych z pieców klinkierowych jest o 25–40% mniejsza niż w metodzie mokrej. Masa emitowanego drobnego pyłu wynosi 50–120 kg na 1 tonę klinkieru. Bębny suszące surowców i dodatków emitują pył, który charakteryzuje się dużą wilgotnością (temperatura punktu rosy dochodzi do 40–600 °C) oraz szerokim zakresem stężeń aerozoli (15–70 g/m³). Chłodnie z rusztem klinkierowym emitują 1,1–1,8 tony suchej mieszanki gazowo-powietrznej na 7 ton klinkieru, która zawiera 7–10 kg pyłu drobin klinkieru, który charakteryzuje się również dużą zawartością drobnych frakcji (80 % cząstek większych niż 5·10⁻⁶ m). Porównując źródła zapylenia cementowni należy zauważyć, że ponad 80% pyłu emitowanego do atmosfery jest uwalniane przez piece obrotowe do wypału klinkieru.

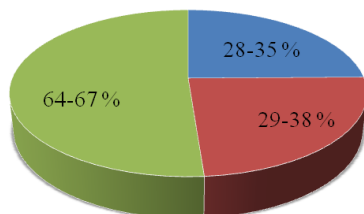
Analiza rozkładu drobnego pyłu przemysłowego w głównych wydziałach cementowni wykazała, że najbardziej zapyłone są obszary, na których następuje rozładunek i załadunek wyrobów gotowych (rys. 2).

W celu określenia wpływu PJSC Ivano-Frankivskcement na środowisko przeprowadzono audyt środowiskowy oraz monitoring środowiskowy w obszarze oddziaływania przedsiębiorstwa. Charakterystykę źródeł emisji przedstawia tab. 1.

Aby znormalizować sanitarno-higieniczne warunki pracy na wskaźnik pyłu i ograniczyć maksymalne dopuszczalne emisje do środowiska,

⁹ Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Державні санітарні норми та правила. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#top>

konieczne jest opracowanie technicznych środków odpylania o skuteczności odpylania drobnych frakcji pyłowych na poziomie 97–99%.



- drobny pył uwalniany podczas transportu
- drobny pył, który dostaje się do atmosfery obszarów roboczych z kruszarek i pieców
- drobny pył, który przedostaje się do atmosfery miejsca pracy

Rysunek 2. Zawartość drobnego pyłu cementowego ($<10 \cdot 10^{-6} \text{ m}$) w powietrzu cementowni

Tabela 1

Charakterystyka źródeł emisji substancji szkodliwych przy produkcji cementu (zakład przemysłowy we wsi Jamnica)¹⁰

Źródło emisji	Ilość sztuk	Liczba godzin pracy w roku	Źródło emisji substancji szkodliwych (rura)		Parametry mieszanki gazowo-powietrznej na wylocie źródła		
			wysokość, m	średnica, m	prędkość, m/s	zasięg na godzinę, m ³ /s	Temperatura, °C
1	2	3	4	5	6	7	8
Kruszarka młotkowa CM 170 A	1	1842	20	0,5	7,51	1,502	20
Piec obrotowy nr 1	1	8139,3	82	2,3	22,72	95,95	160
Piec obrotowy nr 2	1	8138,6	82	2,3	22,72	95,95	160
Cementownia nr 1	1	6472,8	19	0,3	11,9	2,833	70
Cementownia nr 2	1	6523,2	19	0,3	11,8	2,812	70
Cementownia nr 3	1	6400	19,7	1,4	5,7	8,75	125
Cementownia nr 4	1	6400	19,7	1,4	5,7	8,75	121
Silosy cementowe 1, 2	2	6523,2	30	0,21	7,82	1,626	32

¹⁰ Мищенко Л. В. Природно-техногенна безпека території західного регіону України. Монографія. За ред. О. М. Адаменка. Івано-Франківськ, 2014. 451 с.

Kontynuacja tabela 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Silisy cementowe 3, 4, 5	3	64129,2	30	0,21	7,8	1,617	32
Silisy cementowe 6, 7, 8	3	6419,7	30	0,21	7,81	1,624	32
Przenośnik klinkieru	2	8139,3	25	0,3	5,08	0,580	100
Zasobnik na cement	2	1820	30	0,21	8,1	1,62	32
Lej pompy cementu	2	5895	14	0,3	7,8	1,553	32
Piec obrotowy nr 3	1	7813	90	3,6	3,3	33,3	160
Przenośnik klinkieru	1	7813	25	0,3	7,2	0,51	115
Zasobnik na cement	1	2027	20	0,5	4	1,11	37
Skład klinkieru	1	8760	10	0,5	–	0,59	30

W celu ograniczenia uwalniania pyłu do atmosfery w cementowniach stosuje się następujące środki: osłonięcie miejsc o możliwym intensywnym zapyleniu, montaż filtrów workowych, elektrofiltrów, cyklonów, systemy wentylacji wyciągowej itp. Wszystkie urządzenia można podzielić na następujące główne typy: suche, mechaniczne; urządzenia z wykorzystaniem wody, urządzenia z wykorzystaniem filtrów oraz sprzęt kombinowany¹¹. Zastosowanie urządzeń dowolnej grupy zapewnia wysoki stopień wychwytywania drobnego pyłu. Jednak przy wyborze tego sprzętu należy wziąć pod uwagę ich niedociągnięcia.

3. Omówienie wyników badań zespołów odpylających

Do odpylania używamy dziś instalacji dwustopniowej, w której pierwszym stopniem jest cyklon ЦН-11, a drugim – elektrofiltry lub filtry workowe z rękawami wykonanymi z hydrofobowego włókna szklanego. W każdym razie zadaniem jest zmaksymalizowanie wydajności cyklonu pierwszego stopnia oczyszczania tak, aby drugi stopień otrzymywał minimalną możliwą ilość pyłu. Istotną wadą ЦН-11 jest obecność wtórnego usuwania, co prowadzi do usunięcia już wyizolowanego i zgromadzonego w jego leju pyłu i zmieszania go ze strumieniem czystego powietrza. Takie urządzenia znajdują się obecnie w PJSC Ivano-Frankivskcement.

Zaproponowano wykonanie odpylacza do oczyszczania powietrza z pyłu cementowego, dlatego opracowano konstrukcję urządzeń, a mianowicie odpylacza z czyszczeniem wstępnym. W celu oceny możliwości zastosowania proponowanego odpylacza do oczyszczania

¹¹ Гічов Ю. О. Очищення газів. Ч. 1: Конспект лекцій. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. 51с.

powietrza w przemyśle cementowym, a także porównania tej konstrukcji urządzeń z istniejącymi urządzeniami, badania eksperymentalne podzielono na pewne etapy.

Badania odpylaczy prowadzono według metody porównawczej, tj. badano urządzenia o różnej konstrukcji w tych samych warunkach, czyli przy tych samych kosztach energii i powietrza, badano ich sprawność i opory hydrauliczne.

Aby ocenić skuteczność stworzonych przez nas odpylaczy, wśród najczęściej spotykanych urządzeń odpylających, przeprowadziliśmy analizę porównawczą ich skuteczności w odpylaniu oraz oporów hydraulicznych.

Badania prowadzono początkowo dla modelu aparatu odśrodkowo-bezwładnościowego – aparatu podstawowego, który zbudowano w programie CAD SolidWorks, w oparciu o model matematyczny opisujący ruch pyłu i przepływ powietrza przy niskich liczbach Reynoldsa $Re < 2300$ ¹². Uważano, że ściany odpylacza są adiabatyczne¹³. Strumień powietrza wchodzi do odpylacza przez rurę wlotową z prędkością 18 m/s. Ciśnienie statyczne – 101 kPa. Temperatura zasilania wynosi 293 K.

Opracowano trzy typy konstrukcji urządzeń odpylających, których wyniki przedstawiono na rys. 3.

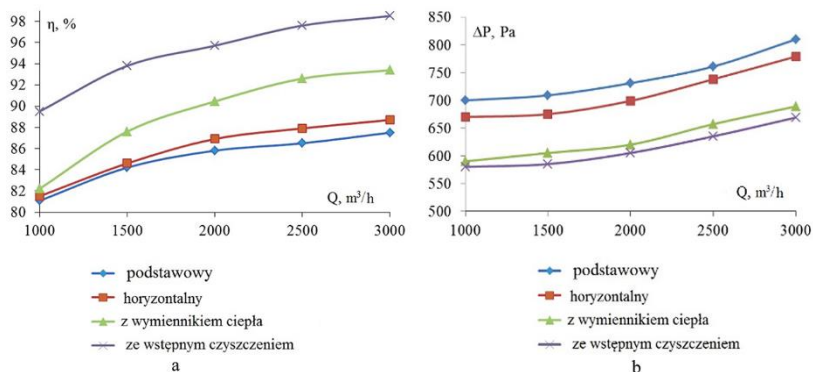
Wydajność odpylacza z wymiennikiem ciepła wynosi 93,3%, a opór hydrauliczny 688,5 Pa, przy przepływie powietrza 3000 m³/h. Wydajność urządzenia z czyszczeniem wstępnym sięga 98,55%, przy natężeniu przepływu powietrza 3000 m³/h i oporach hydraulicznych 668,5 Pa. Porównując otrzymane zależności z wynikami badań aparatu podstawowego (sprawność wychwytywania 86,45%, opór hydrauliczny 811 Pa) stwierdzono, że proponowana konstrukcja odpylacza zwiększyła sprawność pyłu cementowego o 12,1% i zmniejszyła opór hydrauliczny o 142,5 Pa i doprowadzenie emisji drobnych frakcji do maksymalnych limitów stężeń.

Szczególnie ważnym zadaniem w zakresie bezpieczeństwa środowiska jest prognozowanie zanieczyszczenia powietrza substancjami

¹² Батлук В. А., Басов М. В., Параняк Н. М. Математична модель руху зважених частинок у закручених потоках. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокоористування*. Івано-Франківськ. 2012. № 2(6). С. 96–101.

¹³ Batluk V., Paranyak N. Building a performance factors model for a new design dust collector. *Econtechmod. An international quarterly journal on economics of technology and modelling processes*. Lublin–Lviv–Cracow. 2012. Vol. 1. № 3. P. 3–8.

szkodliwymi w istniejących gałęziach przemysłu¹⁴. Rozwiązanie tego problemu umożliwi opracowanie środków ochronnych. Na szczególną uwagę zasługuje pył drobny, który ma bardziej negatywny wpływ na organizmy żywe i ogólnie środowisko, a także rozprzestrzenia się poza SPZ przedsiębiorstw.



Rysunek 3. Zależności porównawcze badań oferowanych urządzeń odpylających od wydatków na powietrze: a – zależności skuteczności wyłapywania; b – zależność oporu hydraulicznego przepływu pyłu

Jedną z głównych metod dostarczanych przez normy ukraińskie jest metoda modelowania¹⁵.

Do wyznaczenia strefy ochrony sanitarnej wykorzystuje się wyniki eksperymentów modelowych. Model służy do obliczania odległości, przy której stężenia substancji szkodliwych będą niższe niż stanowe poziomy regulacyjne, wyznaczając tym samym granicę geograficzną strefy ochrony sanitarnej. W modelu zastosowano uproszczony opis rozproszenia substancji szkodliwych oraz ograniczoną ilość informacji meteorologicznych charakterystycznych dla danego obszaru.

¹⁴ Batluk V., Romanzov E., Paranyak N. The problem of highly effective cleaning of air from dust. *Econtechmod. An international quarterly journal on economics of technology and modelling processes*. Lublin – Lviv – Cracow. 2012. Vol. 1. № 1. P. 9–12.

¹⁵ Порядок визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text>

Obliczenia rozproszenia substancji szkodliwych w powietrzu wykonano dla stanowiska w obliczonych prostokątach o wymiarach boku 500 m na 500 m i skoku obliczonej siatki 50 m.

Substancją szkodliwą w tym przypadku jest pył cementowy (maksymalne pojedyncze stężenie graniczne to 6 mg/m^3).

Podczas obliczeń rozproszenia wzięto pod uwagę następujące cechy:

- charakterystyka klimatyczna każdego osiedla, gdzie średnia temperatura najcieplejszego miesiąca w roku, średnia temperatura najzimniejszego miesiąca w roku, prędkość wiatru, którego powtarzalność w ciągu roku przekracza 5%, regionalny współczynnik stratyfikacji atmosfery (stabilność) i prawdopodobieństwo powtórzenia się kierunków wiatrów;
- zanieczyszczenie tła powietrza osady, gdzie zanieczyszczenie tła wynosi 0,4 części maksymalnego dopuszczalnego stężenia (NDS) dla tej substancji.

Tabela 2

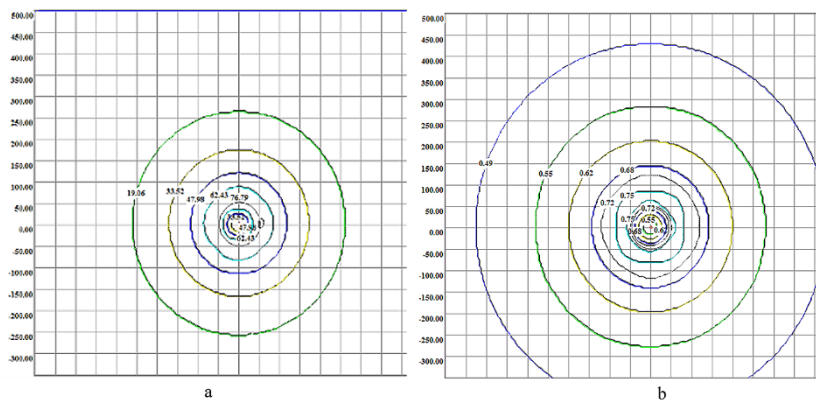
**Obliczenia parametrów danych do budowy map rozproszenia
pyłu cementowego**

Specyfikacje	System oczyszczania pyłu cementowego	
	Cyklon IQH-11	Instalacja odpylania
Moc emisji, kg/dobę	251,1	27,49
Zdolność emisyjna na rok, t/rok	91,652	10,034
Część najwyższego dopuszczalnego stężenia	2,1493	0,4969
Zużycie mieszanki pyłowo-gazowej, m^3/h	3000	3000
Wysokość źródła emisji, 10^{-3}m	1200	825
Średnica źródła emisji, 10^{-3}m	1000	432
Temperatura, $^{\circ}\text{C}$ przed czyszczeniem	950	950
Temperatura, $^{\circ}\text{C}$ po czyszczeniu	700	200
Stężenie pyłu przed czyszczeniem, mg/m^3	45	45
Stężenie pyłu po czyszczeniu, mg/m^3	6,07	0,68

Wprowadzenie odpylaczy o proponowanej konstrukcji do oczyszczania emisji z węzłów układu transportu surowców linii technologicznej nr 3 pozwoliło jedynie poprzez wymianę istniejących odpylaczy (cyklonów IQH-11) na zwiększenie skuteczności odpylania z 86,45 % do 98,55%, zmniejszając opór hydrauliczny z 811 Pa do 668,5 Pa. W związku z powyższym można stwierdzić, że zainstalowanie nowych odpylaczy na tych źródłach emisji, w porównaniu

z dotychczasowymi urządzeniami do obróbki, znacząco zmniejszy stężenia powierzchniowe i emisje pyłu cementowego, co poprawi środowisko osadnictwa w obszarze produkcji cementu¹⁶.

W celu oceny wpływu emisji z cementowni na środowisko wykonano mapy rozproszenia pyłu przed i po realizacji zaproponowanego przez nas projektu odpylacza (rys. 4).



Rysunek 4. Mapa rozproszenia pyłu cementowego w PJSC Ivano-Frankivskcement, mg/m³: a) wyposażony w cyklon ЦН-11; b) po wykonaniu proponowanego projektu odpylacza

Skonstruowano mapy rozproszenia pyłu, których analiza wykazała, że dla wszystkich źródeł emisji wyposażonych w odpylacze ЦН-11 przekroczone NDS dla pyłu, przy czym stężenia maksymalne wynoszą 2,149 części stężenia granicznego maksymalnego. W przypadku źródeł emisji wyposażonych w rozbudowane odpylacze, przekroczenia NDS nie są obserwowane w żadnym miejscu osiedla.

Badania wdrożonych instalacji wykonano przy użyciu nowoczesnego sprzętu laboratoryjnego, ich wyniki są zgodne z ogólnie przyjętymi wyobrażeniami o charakterze procesów zachodzących w odśrodkowych urządzeniach bezwładnościowych.

¹⁶ Батлук В.А., Параняк Н.М., Сукач Р.Ю. Один із шляхів вирішення екологічних проблем у галузі охорони атмосферного повітря. *Промислова гідраліка і пневматика*. Вінниця. Вип. (3) 37. 2012. С. 3–7.

WNIOSKI

Na podstawie monitoringu wpływu przemysłu cementowego na środowisko uzasadniona jest konieczność ulepszenia urządzeń odpylających w celu ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko. Obecnie alternatywą jest ulepszenie istniejących struktur odpylania poprzez połączenie kilku etapów oczyszczania, które mogą bardzo skutecznie wychwytywać drobne frakcje pyłu w celu spełnienia wymagań prawnych dotyczących jakości powietrza.

Zbadano charakterystykę pyłu jako czynnika powstawania zagrożeń środowiskowych związanych z produkcją cementu w warunkach konkretnego obiektu PJSC Iwano-Frankivskcement.

Pokazano ekologiczną celowość reorganizacji tradycyjnych schematów odpylania poprzez zastąpienie istniejących cyklonów ЦН-11 opracowanymi odpylaczami nowej konstrukcji. Perspektywa wprowadzenia takich konstrukcji odpylających w podobnych przedsiębiorstwach pozwoli na ograniczenie emisji drobnych pyłów do środowiska, co wpłynie na poprawę sytuacji środowiskowej na terenach, na których zlokalizowane są te branże.

Przedstawiona analiza map rozproszenia substancji szkodliwych w powierzchniowej warstwie powietrza atmosferycznego dowodzi zastosowania tego sprzętu, ponieważ przy jego użyciu nie obserwuje się przekraczania najwyższe dopuszczalne stężenie na terenie przedsiębiorstwa.

Obecną sytuację ekologiczną w obwodzie iwanofrankowskim można uznać za zadowalającą, biorąc pod uwagę zmniejszenie w ostatnich latach antropogenicznego i spowodowanego działalnością człowieka obciążenia środowiska oraz wdrożenie szeregu środków środowiskowych.

ABSTRAKT

W pracy podjęto problematykę ograniczania zanieczyszczenia powietrza w pobliżu cementowni, zwłaszcza zlokalizowanych w miastach. Przeprowadzono monitoring wpływu działalności przedsiębiorstw przemysłu cementowego na środowisko. Uzasadniona jest konieczność ulepszenia urządzeń odpylających w celu zmniejszenia negatywnego wpływu na środowisko. Rozważono istniejące instalacje odpylające na przykładzie PJSC Ivano-Frankivskcement. Stwierdzono, że największym problemem emisji do powietrza jest drobny pył. Proponowane są zaawansowane typy odpylaczy. Podano mapy zanieczyszczeń przed i po instalacji oczyszczalni pyłów. Obecną sytuację

środowiskową w obwodzie iwanofrankowskim można uznać za zadowalającą.

Literatura

1. The Global Goals. URL: <https://www.globalgoals.org/>
2. Стан забруднення природного середовища на території України. URL: http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?fn=u_zabrud&f=ukraine
3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>
4. Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
5. Ishii R. Motion of small particles in a gas flow. *Phys. Fluids*. 1984. № 1. P. 33–41.
6. Квашнин И. М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация. М. : АВОК-ПРЕСС, 2005. 392 с.
7. Рунова Р. Ф., Носовський Ю. Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. К. : КНУБА, 2007. 256 с.
8. Гринчишин Н. М., Савіцька І. О. Екологічні переваги виробництва цементу «сухим» способом. *Молодь у вирішенні екологічних та соціально-економічних проблем сьогодні: матер. Міжнар. конф., 15–20.10.2012*. Кам'янець-Подільський, 2012. С. 10–11.
9. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Державні санітарні норми та правила. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#top>
10. Міщенко Л. В. Природно – техногенна безпека території західного регіону України. Монографія. За ред. О. М. Адаменка. Івано-Франківськ, 2014. 451 с.
11. Гічов Ю. О. Очищення газів. Ч.1: Конспект лекцій. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. 51с.
12. Батлук В. А., Басов М. В., Параняк Н. М. Математична модель руху зважених частинок у закручених потоках. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. Івано-Франківськ. 2012. № 2(6). С. 96–101.
13. Batluk V., Paranyak N. Building a performance factors model for a new design dust collector. *Econtechmod. An international quarterly*

journal on economics of technology and modelling processes. Lublin – Lviv – Cracow. 2012. Vol. 1. № 3. P. 3–8.

14. Batluk V., Romanzov E., Paranyak N. The problem of highly effective cleaning of air from dust. *Econtechmod. An international quarterly journal on economics of technology and modelling processes*. Lublin – Lviv – Cracow. 2012. Vol. 1. № 1. P. 9–12.

15. Порядок визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0700-01#Text>

16. Батлук В. А., Параняк Н. М., Сукач Р. Ю. Один із шляхів вирішення екологічних проблем у галузі охорони атмосферного повітря. *Промислова гідраліка і пневматика*. Вінниця. Вип. (3)37. 2012. С. 3–7.

Information about the authors:

Paraniak Nadiia Mykhailivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Civil Safety

Lviv Polytechnic National University

12, Bandera Str., Lviv, 79013, Ukraine

Datsko Oleksandra Serhiivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Civil Safety

Lviv Polytechnic National University

12, Bandera Str., Lviv, 79013, Ukraine