

О.В. Лізунков, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

e-mail: avlizunkov@gmail.com

Організація контролю викидів шкідливих речовин цементного заводу

Будівництво автомобільних доріг в Україні з цементобетонним покриттям потребує збільшення виробництва цементу на існуючих цементних заводах України за рахунок інтенсифікації технологічних процесів, що збільшує викиди шкідливих речовин в атмосферу, впливає на стан здоров'я робітників заводу та викликає забруднення навколишніх населених пунктів.

Внаслідок реорганізації Санітарно-епідеміологічної служби України, скасування дії частини нормативних документів, за якими проектувалися діючі цементні заводи, виникає потреба розглянути питання організації контролю викиду шкідливих речовин в сучасних умовах, що рекомендується враховувати при розробці проекту організації будівництва нових підприємств.

цемент, промисловий пил, шкідливі речовини, гранично допустимі концентрації, охорона праці, контроль стану атмосферного повітря

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в Україні активно реалізується Програма Президента "Велике будівництво", одним з напрямів якої є будівництво доріг з цементобетонним покриттям. Основним компонентом суміші для улаштування цементобетонного покриття є портландцемент ПЦ М 400 Д0 Ц, витрата якого на один квадратний метр складає 420 ... 440 кг, що вимагає нарощування темпів виробництва цементу на існуючих цементних заводах, як правило за рахунок інтенсифікації виробничих процесів, або модернізації цих заводів, або проектування та будівництва нових підприємств по виробництву цементу [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Цементні заводи відносяться до підприємств з інтенсивним викидом пилу, що забруднює атмосферне повітря населених пунктів на відстані до 20 кілометрів, в залежності від потужності заводу.

Під час виробництва цементу в атмосферу може попадати кількість пилу, що становить до 10-15 відсотків загального об'єму продукції, що випускає завод. Найбільшим джерелом пилу є пічки випалення, у ряді випадків вони можуть викидати у повітря більше 80 відсотків всього пилу, що знаходиться в газах, що виходить з технологічного обладнання в процесі роботи [2, 4].

Одним зі шляхів зниження запиленості атмосферного повітря є впровадження раціональної організації технологічного процесу на етапі проектування - випалення, сушіння та помелу сировини.

Використання сучасних установок очищення технологічних газів від пилу дозволяє значно знизити його концентрацію в повітрі [2].

Інтенсифікація технологічних процесів, яка досягається у ряді випадків за рахунок збільшення швидкості газів і температури випалення клінкера, а також більш тонкого подрібнення сировинної суміші і цементу, без встановлення додаткового обладнання для очищення від пилу, призводить до збільшення його викиду в навколишнє середовище.

Однак не приділяється особливої уваги зовнішньому контролю забрудненості атмосферного повітря. Більшість підприємств по виробництву цементу в Україні були побудовані десятки років тому. За цей час змінилася інфраструктура населених пунктів, змінилась кількість населення, побудовано нові автомагістралі. Втратили чинність державні стандарти та нормативні документи щодо забрудненості атмосферного повітря шкідливими речовинами. У зв'язку з перспективою будівництва цементобетонних дорожніх покриттів виникає необхідність в будівництві нових, сучасних цементних заводів, що працюють на альтернативних видах палива.

Постановка завдання. На етапі розробки проекту організації будівництва цементного заводу необхідно враховувати вимоги до розташування та будівництва підприємств даного типу та організацію подальшого контролю шкідливих речовин в атмосферне повітря в процесі експлуатації заводу органами Державної екологічної інспекції України та Держпродспоживслужби, які контролюють різноманітні аспекти забруднення атмосферного повітря населених пунктів підприємствами регіону, у тому числі цементними заводами за двома основними напрямками [3]:

- контроль ефективності роботи пиловловлюючих споруд за даними лабораторії промислового підприємства;
- організація нагляду за чистотою атмосферного повітря населених місць силами Державної екологічної інспекції України.

Виклад основного матеріалу. Внаслідок реорганізації Санітарно-епідеміологічної служби України та скасування дії частини нормативних документів, таких як ГОСТ 17.2.1.04-77 "Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения", частина функцій передана Держпродспоживслужбі: Наказ Міністерства охорони здоров'я України «Про затвердження списків і введення в дію гігієнічних регламентів шкідливих речовин у повітрі робочої зони і атмосферному повітрі населених місць» (Наказ № 30) та Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97).

Враховуючи те, що діючі на теперішній час цементні заводи проектувалися та будувалися за вимогами, що втратили чинність, виникає потреба розглянути питання організації контролю викиду шкідливих речовин в сучасних умовах.

Санітарний контроль стану зовнішнього середовища від забруднення цементним і клінкерним пилом у районі розташування цементних виробництв базується на лабораторному контролі, який передбачає систематичний лабораторний контроль за допомогою стаціонарних та маршрутних постів, контроль за максимальним зональним забрудненням атмосферного повітря, визначення ступеню небезпеки забруднення.

У відповідності до Державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) контроль за станом атмосферного повітря здійснюється наступним чином.

Відбір проб здійснюється згідно карти місцевості радіусом не менш 50 максимальних висот труб джерела викиду. На цей план наносяться у відповідності з генеральним планом цементного заводу основні джерела викидів, а також у відповідності з генеральним планами планування та забудови населених пунктів райони перспективного житлового будівництва, лікарні, санаторії, місця відпочинку.

Стаціонарні пункти - постійно обладнані точки відбору проб для систематичного вивчення динаміки забруднення атмосферного повітря цементним і клінкерним пилом.

Маршрутні пости – тимчасові, але суворо визначені місця для відбору проб, куди обладнання доставляється за мірою необхідності вивчення ступеню забруднення атмосферного повітря.

Кількість стаціонарних пунктів залежить від чисельності населення.

Таблиця 1 – Визначення кількості стаціонарних пунктів

Чисельність населення	Число стаціонарних пунктів
До 50 тис. осіб	1
50 - 100 тис. осіб	2
100 - 200 тис. осіб	3
200 - 500 тис. осіб	5
500 - 1000 тис. осіб	7
На кожні наступні 500 тис. додатково	1

Джерело: розроблено автором

Розміщення стаціонарних пунктів (перші три точки обов'язково):

1. житловий район, найбільш схильний до впливу викидів;
2. район з найбільшим числом населення;
3. район перспективного житлового будівництва;
4. автотранспортні магістралі;
5. для великих міст - центр;
6. специфічний район (район розміщення цементного заводу);
7. пункт в чистій зоні.

Постійний контроль за ступенем забруднення повітря на стаціонарних постах виконується систематично, шляхом відбору разових проб у визначений час за повною програмою, зокрема включаються обов'язкові атмосферні забруднення - цементний і клінкерний пил, сірчаний газ, окис вуглецю, окис азоту та специфічні інгредієнти – трьох- і семивалентний хром.

Систематичний нагляд за повною програмою виконується щоденно за місцевим часом за графіком о 07:00, 10:00, 13:00 годин у вівторок, четвер, суботу та о 15:00, 18:00, 21:00 у понеділок, середу, п'ятницю.

У випадку постійно низьких концентрацій (нижче чутливості метода аналізу даної речовини) відбір проб проводять за скороченою програмою один раз на добу.

Первинним документом для реєстрації результатів нагляду є добова відомість по відбору проб атмосферного повітря.

Крім того, ведеться місячна відомість по нагляду за чистотою атмосферного повітря на кожний інгредієнт окремо.

З метою виявлення динаміки і тенденції ступеня забрудненості розраховують середньодобові, середньомісячні та середньорічні концентрації.

В місці розташування цементного заводу необхідно проводити вивчення зонального розповсюдження цементного пилу та пилу клінкера.

Точки відбору проб повинні розташовуватися підвітряно до джерела викиду на відстані 100, 300, 500, 1000, 2000, 3000 метрів в залежності від потужності заводу, технологічних режимів, умов викиду, рельєфу місцевості, метеорологічних особливостей району дослідження. Крім того, виділяється контрольна точка з навітряної сторони.

Відбір проб виконується за факелом: при зміні його напрямку відповідно зміщується точка аспірації. У протоколі відмічається вологість повітря, температура, напрям та сила вітру.

Одночасно з відбором проб безпосередньо на заводі перевіряється стан роботи очисних фільтрів, виробниче навантаження в момент відбору проб та ритмічність роботи підприємства.

Визначаються статистично достовірні концентрації (мг/м^3) запиленості атмосферного повітря на різних відстанях від джерела викидів, відсоток проб (в точках досліджень) що перевищують ГДК, вплив метеорологічних факторів на ступінь забрудненості повітря. Отриманий аналіз дозволяє визначити рівень впливу різних режимів роботи цементного заводу на ступінь забрудненості атмосферного повітря, а також залежності забрудненості атмосферного повітря від стану роботи газо- та пиловловлюючих установок.

Для розробки первинних матеріалів натурних досліджень використовується вибірковий метод визначення зональних максимальних разових концентрацій, який включає в себе наступні етапи:

- вибірка серій зональних досліджень за показниками максимального викиду цементного заводу;
- відбір серій вимірювань з урахуванням найгірших для розсіювання викидів метеорологічних умов;
- відбір максимальних концентрацій, що відповідають осьовим аспіраційним точкам по кожному дню досліджень у всіх зонах;
- умовне встановлення нижньої межі, що зараховується під час наступної обробки інформації про рівень забруднення повітря;
- складання вихідних для статистичної обробки варіаційних рядів по зонам, у яких варіантами є максимальні разові концентрації, які перевищують середню їх величину у щоденній серії вимірів;
- визначення найвищої екстремальної концентрації у кожному ряді;
- розрахунок середньої величини даного ряду (M) та його середньої похибки (m);
- визначення середнього максимуму.

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря розраховуються наступні параметри: максимальна з разових; максимальна середньодобова (середня з числа разових, виявлених протягом доби); середньомісячна концентрація (середня з числа середньомісячних, виявлених протягом року при відборі разових проб); визначається клас небезпеки речовини (цементного пилу, CO , SO_2 , NO_2); розраховується коефіцієнт перевищення фактичної концентрації середньодобової гранично допустимої концентрації (ГДК).

Отримані дані забрудненості повітря цементним пилом є вихідним матеріалом до аналізу стану забрудненості території та розробки плану заходів по зниженню забруднення атмосферного повітря внаслідок роботи цементного заводу.

Висновки. Інтенсифікація технологічних процесів на цементних заводах призводить до збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу, що вимагає постійного нагляду за забрудненням повітря. Внаслідок скасування дії частини нормативних документів та стандартів необхідно розглянути питання організації контролю викиду шкідливих речовин цементних заводів згідно діючих стандартів органів контролю. Також необхідно враховувати при розробці проекту організації будівництва цементного заводу систему зовнішнього контролю за викидами шкідливих речовин на стаціонарних та маршрутних постах.

Список літератури

1. Гамеляк І. П., Островерхий О. Г., Мороз В. С. Історія та перспективи будівництва цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів в Україні . *Автомоб. дороги і дорожнє буді-во Національного транспортного університету*. 2019. Вип. 106. С. 60 – 76. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/106/60.pdf (дата звернення:)
2. Кривільова С. П., Власенко В. В., Цвіркун Д. О. Боротьба з промисловим пилом при виробництві цементу як фактор суттєвого зниження негативного впливу цементних заводів на довкілля . *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр.* 2019. № 5 (1330). С. 124-131. URL: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41515>
3. Керб Л. П. Основи охорони праці : навч. - метод. посібн. К. : Вид-во КНЕУ, 2003. 215 с.
4. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов . Л. : Изд-во "Химия", 1987. 264 с.
5. Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки . Відомості Верховної Ради (ВВР), 1998. № 38-39. 248 с. URL: <http://www. ecopravo.org.ua/2006/06/29/pro-osnovn-naprjami-derzhavno-poltiki-ukrani-u-galuz-oxoroni-dovkllja-vikoristannja-prirodnix-resursv-ta-zabezpechennja-ekologchno-bezpeki>.

References

1. Gamelyak, I.P., Ostroverkhii, O.G. & Moroz, V.S. (2019). Istoriya i perspektivy stroitel'stva tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh i aerodromov v Ukraine [History and prospects of construction of cement-concrete coverings of highways and airfields in Ukraine] . *Avtomob. dorogi i dorozhnoye stroyeniye Natsional'nogo transportnogo universiteta – Car roads and road construction of the National Transport University, issue 106*, 60 – 76 [in Ukrainian].
2. Krivileva, S.P., Vlasenko, V.V. & Tsvirkun, D.O. (2019). Borot'ba z promyslovym pylom pry vyrobnytstvi tsementu yak faktor suttyevoho znyzhennya nehatyvnoho vplyvu tsementnykh zavodiv na dovkillya [Control of industrial dust in cement production as a factor in significantly reducing the negative impact of cement plants on the environment] . *Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta "KhPI" - Bulletin of the National Technical University "KhPI". New solutions in modern technology* , № 5 (1330), 124-131 [in Ukrainian].
3. Kerb, L.P. (2003). *Osnovy okhorony pratsi [Basics of labor protection]*. Kyiv: Izd-vo KNEU [in Ukrainian].
4. Kouzov, P.A. (1987). *Osnovy analiza dispersnogo sostava promyshlennykh pyley i izmel'chennykh materialov [Fundamentals of the analysis of the dispersed composition of industrial dusts and grinded materials]* . L. : Izd-vo "Khimiya" [in Russian].
5. Pro osnovni napryamy derzhavnoyi polityky Ukrayiny u haluzi okhorony dovkillya, vykorystannya pryrodnykh resursiv ta zabezpechennya ekolohichnoyi bezpeky [The main directions of the state policy of Ukraine in the field of environmental protection, use of natural resources and ensuring environmental safety] . (1998). *Rossiyskaya yustitsiya (VVR)*, № 38-39, 248. Retrieved from: <http://www. ecopravo.org.ua/2006/06/29/pro-osnovn-naprjami-derzhavno-poltiki-ukrani-u-galuz-oxoroni-dovkllja-vikoristannja-prirodnix-resursv-ta-zabezpechennja-ekologchno-bezpeki> [in Ukrainian].

Oleksandr Lizunkov, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Organization of Control of Emissions of Harmful Substances of a Cement Plant

The increase in cement production at the existing cement plants of Ukraine may lead to an increase in emissions of harmful substances into the atmosphere due to the intensification of technological processes. The second way to increase cement production is to design and build new cement plants. In this case, at the stage of project development, it is important to take into account the requirements for the control of air pollution during the operation of the cement plant. The issues of organization of control of air pollution by industrial dust of cement plant by creation of new and operation of the existing fixed points and route posts of control of concentration of industrial dust in atmospheric air are considered in the work. The number and location of the fixed checkpoints for the concentration of industrial dust depends on the number of people living close to the enterprise, and in the case of construction of new plants, it may be necessary to organize additional fixed points.

As a result of the reorganization of the Sanitary and Epidemiological Service of Ukraine, the abolition of some regulations, some functions of sanitary supervision were transferred to the State Food and Consumer Service of Ukraine and the State Environmental Service of Ukraine, so there is a need to consider the organization of project of organization of construction of new enterprises. The author considers the requirements

of the current State Sanitary Rules for Atmospheric Air Protection of Settlements (from chemical and biological pollution), the method of calculating concentrations in the air of harmful substances contained in emissions of enterprises, standards of Ukraine for air quality control.

Conclusions: intensification of technological processes at cement plants leads to an increase in emissions of harmful substances into the atmosphere, which requires constant monitoring of air pollution. Due to the abolition of some regulations and standards, it is necessary to consider the organization of control of emissions of harmful substances from cement plants in accordance with current standards of control bodies. To take into account the development of the project of organization of construction of the cement plant system of external control over emissions of harmful substances at stationary and route checkpoints.

cement, industrial dust, harmful substances, maximum permissible concentrations, labour protection, control of atmospheric air

Одержано (Received) 26.11.2021

Прорецензовано (Reviewed) 14.12.2022

Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022

УДК 622.74: 621.928.235 DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.188-196](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.188-196)

Вол. Вол. Яцун, доц., канд. техн. наук, **В. В. Яцун**, доц., канд. техн. наук, **В. Ю. Данілов**
Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
e-mail: yvkr@i.ua

Експериментальне дослідження універсальної будівельної вібромашини широкого застосування

В роботі проведені експериментальні дослідження працездатності способу збудження резонансних вібрацій пасивними автобалансирами для одномасної вібромашини з поступальним прямолінійним рухом віброплатформи. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що у порівнянні зі звичайною інерційною вібромашиною нова машина має на 15-25% більшу продуктивність при меншому на 10-40% споживанні енергії. При цьому дебалансні маси у новому віброзбуднику менші у 4-6 разів дебалансних мас у звичайному інерційному віброзбуднику.

резонансний віброзбудник, вібростіл, вібросито, автобалансир, вібрація, будівельні машини

Постановка проблеми. Серед вібромашин типу вібросит, вібростолів найбільш енергоефективними є резонансні [1-7]. Такі машини дозволяють ефективно збуджувати значні вібрації платформ віброзбудниками малої маси й потужності. Тому відома загальна проблема по розробці нових резонансних вібраційних машин. Для збудження резонансних вібрацій можна використовувати пасивні автобалансири – кульові, роликові, маятникові. Працездатність цього способу для одномасових машин перевірялася в роботах [8-9]. В роботі [9] працездатність цього способу перевірена комп'ютерним 3D моделюванням.

Актуально з використанням результатів робіт [8-9] запроектувати й експериментально дослідити динаміку дослідного зразка будівельної резонансної машини широкого призначення, у якій вібрації збуджує кульовий автобалансир.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найбільш прості по конструкції й надійні в роботі збудники резонансних вібрацій, що працюють на ефекті Зомерфельда. Розглянемо більш докладно способи збудження резонансних коливань вібромашин, засновані на ефекті Зомерфельда. В [5] описаний спосіб, у якому маятник насаджений на вал електродвигуна. Номінальна частота обертання ротора електродвигуна трохи менше резонансної частоти коливань платформи. Через ефект Зомерфельда маятник не