

Висновки

Для зменшення похибки, що виникає при повірці термоперетворювачів, необхідно, виходячи з рівнянь (3-6) збільшити значення коефіцієнта y_t і зменшити значення функції f_t та коефіцієнта y_i . Коефіцієнт y_t визначається в основному впливом температурного поля пічки, в якій проводиться повірка, а також інструментальною похибкою апаратури, що фіксує температуру зразкового термоперетворювача. Тому збільшення однорідності температурного поля і зменшення інструментальної похибки вимірювальних приладів призводить до збільшення коефіцієнта y_t .

Значення функції f_t і коефіцієнта y_i визначаються сторонніми тепловими впливами. Тому для їх зменшення необхідно забезпечити мінімальну теплопередачу згідно з (1) вздовж термоперетворювача і збільшити електричний опір ізоляції (для зменшення похибки за рахунок шунтування вимірювального кола).

Зменшення випадкових похибок досягається збільшенням кількості вимірювань, особливо при повірці в нижній частині температурного діапазону, де рівень корисного сигналу невеликий, а також збільшується вплив сторонніх факторів – електромагнітних наводок, імпульсних завад, тощо.

Література

1. Еращенко О.А. и др. Температурные измерения: Справочник. – К.: Советский теплотехник, 1984. – 496 с.
2. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Л.: Нева, 1987. – 364 с.
3. Гордов А.Н. Основы пирометрии. – М.: Наука, 1971. – 365 с.
4. Фединець В.О. Вплив конструкції і способу монтажу первинних термоперетворювачів на похибку вимірювання температури енергоносіїв в трубопроводах// Транспортування, контроль якості та облік енергоносіїв. – Львів: Сяйво, 1998. – 236 с.
5. Основы метрологии и электрические измерения/ Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин и др.; Под ред. Е.М. Душина. – Л.: Нева, 1987. – 264 с.
6. Цветков Э.И. Основы теории статистических измерений. – Л.: Нева, 1986. – 268 с.

УДК 504.064.4:625.07 Аспір. С.Я. Хруник – НУ "Львівська політехніка";
ст. викл. О.Т. Мазурак, канд. техн. наук; доц. А.В. Мазурак,
канд. техн. наук; ст. викл. С.В. Зубик, канд. техн. наук – Львівський ДАУ

ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТА БЕЗПЕКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ З МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Досліджено проблему використання альтернативних видів палива, зокрема спалювання відходів у цементних печах і пов'язані з цим викиди канцерогенів – діоксинів і фуранів у довкілля, проаналізовано основні джерела їх утворення у Львівській області й підраховано річну емісію від виготовлення продукції з мінеральної сировини.

Ключові слова: утилізація відходів, емісія, канцерогени, діоксини, фурани, клінкер, цементний пил печі.

*Post-graduate S.Ya. Khrunyk – NU "Lvivs'ka politekhnika";
senior teacher O.T. Mazurak; assist. prof. A.V. Mazurak;
senior teacher S.V. Zubyk – L'viv state agrarian university*

Problems of the use and safety of alternative types of fuel are in the production of goods from mineral raw material

Our research focused on the problem of waste incineration in cement industry and dioxins and furans emission in the environment. The main sources of dioxins and furans emission in Lviv region were investigated and the annual emission of dioxins and furans from productions of mineral products was calculated.

Keywords: waste incineration, emission, cancer abilities, dioxins, furans, clinker, cement kiln.

Постановка проблеми. Соціально орієнтована стратегія розвитку суспільства – стратегія сталого розвитку спрямовує на збереження навколишнього природного середовища, формування умов для відновлення біосфери та її локальних екосистем при орієнтації на зниження рівня антропогенного впливу на довкілля й гармонізацію розвитку людини і природи. Намагання України прямувати цим шляхом, вимагає дотримання положень Міжнародних пактів та угод з охорони довкілля та раціонального використання природних ресурсів та використання позитивного досвіду країн зарубіжжя.

Відтворення мінеральних природних ресурсів і розширення області їх використання, введення у виробничий процес нових, альтернативних видів сировини та палива допоможе розв'язати не тільки сировинну, але і загальну екологічну проблему через екологізацію суспільного виробництва. Можливості оптимізації використання ресурсів на основі утилізації відходів в Україні надзвичайно високі, однак цей напрямок практично не використовується. Постійне зростання цін на основні енергоносії веде до розроблення шляхів впровадження альтернативних видів палива, зокрема в такій енергоємній галузі (близько 50 % коштів – паливо і електроенергія), як цементна промисловість.

Як показує досвід економічно розвинутих країн, поряд з зазначеними перевагами доцільності та екологічної раціональності процесу утилізації відходів існують певні проблеми, що пов'язані з емісією у довкілля викидів газів, важких металів та хлоровуглеводнів, у тому числі таких менш досліджених речовин з канцерогенними властивостями, як діоксини та фурани. Для безпечного використання відходів як альтернативного палива необхідні комплексні детальні дослідження хімізму, умов та наслідків їх утилізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В Європі цементна промисловість вживає 6 млн. т альтернативного палива з відходів, що відповідає заміні 17 % потреби теплової енергії. Європейською асоціацією цементу (CEMBUREAU) визначено такий перелік видів відходів, які можна використовувати як альтернативне паливо в цементних печах: вживані шини, відпрацьовані мастила та розчинники, гума, відходи деревини, пластики, папери відходи, осади з виробництва паперу та стічних вод, тваринна їжа [1, 2].

Дослідження, проведені у США [5], показали підвищені емісії діоксинів і фуранів для деяких цементних печей, де спалювали небезпечні відходи. Більш докладні дослідження дали змогу припустити, що основними факторами утворення діоксинів і фуранів є температура у системі очищення газів

поблизу пиловловлювача, високий рівень органічного матеріалу у сировині, а також мокрий спосіб виготовлення цементу. Європейськими дослідженнями (в основному, у Німеччині й Швейцарії), де використовувався сухий процес виготовлення цементу, зафіксовано нижчі значення емісії даних викидів та їх відсутність для печей з електрофільтрами. Для руйнування діоксинів і фуранів необхідне виконання таких умов у процесі спалювання відходів: температура спалювання в межах 850-1100 °С, час перебування спалюваного матеріалу при такій температурі не менше 2 с, вміст кисню 10-11 %, а також ретельне перемішування матеріалу [3, 4].

Діоксини і фурани (загальна назва поліхлорованих дібензо-пара-діоксинів – ПХДД і поліхлорованих дібензофуранів – ПХДФ) з червня 1997 року визнані Міжнародною Агенцією з Вивчення Раку (IARC) в Ліоні за канцероген типу А. Діоксини є тотальними стійкими ультратоксинами, оскільки виявляють свою токсичну дію на організми з різним рівнем організації (від бактерій до людини) при надзвичайно малих концентраціях ($ГДК_{ТХДД}$ – найтоксичнішого з діоксинів у питній воді становить 0,05 пг/дм³, в атмосферному повітрі – 0,04 пг/м³, а летальна доза для людини – 70 мкг/кг ваги тіла). Період напіврозпаду 2,3,7,8-етрахлордибензо-пара діоксину у ґрунті становить близько 10 років, у воді і донних відкладах – 2 роки, а в організмі людини залишається протягом 30 років [5, 6].

Постановка завдання. Нечисленність і фрагментарність інформації щодо властивостей, нормування та умов утворення діоксинів і фуранів викликає необхідність у проведенні досліджень у цьому напрямку.

Метою даної роботи було вивчення особливостей утворення та оцінка середньорічної емісії канцерогенів – діоксинів і фуранів у цементному виробництві та виробництвах продукції з мінеральної сировини для всіх компонентів середовища Львівської області.

Виклад основного матеріалу. Використовуючи фактори емісії (див. табл. 1), статистичні дані Державного Комітету Статистики України [7], а також дані про виробничу діяльність окремих підприємств і організацій Львівської області ми отримали річну емісію діоксинів і фуранів у Львівській області за 2003-05 рр. Львівська область має надзвичайно багату мінерально-сировинну базу, на основі якої працюють регіональні підприємства-виробники продукції з мінеральної сировини. Основною продукцією з мінеральної сировини у Львівській області є цемент і цегла, а вапна, скла, кераміки та асфальтних сумішей виробляється значно менше. Основні дослідження проводилися на базі ВАТ "Миколаївцемент".

У дослідженнях використана розрахункова методика "Standardized toolkit" [5]. Згідно з рівнянням, щорічна емісія діоксинів і фуранів:

$$E = E_F \times A_R, [\text{г TE/рік}],$$

де: E – річна емісія джерела діоксинів і фуранів; E_F – фактор емісії (викиди діоксинів і фуранів відносно одиниці завантажуваної для переробки сировини або виробленого продукту); A_R – продуктивність джерела (кількість перероблюваної сировини або виробленого продукту за рік).

Фактори емісії визначені у результаті численних наукових досліджень [2, 4, 5] і є середнім узагальненим коефіцієнтом для визначення емісії при ви-

користанні різних продуктивних циклів. Розрахунок емісії у повітря діоксинів і фуранів, співвідносяться до одиниці продукції і залежать від концентрації діоксинів і фуранів у димовому газі й від кількості газів, що утворюються на одиницю продукції.

Для первинної оцінки надходження діоксинів і фуранів у пил цементної печі (ПЦП) взята середня продуктивність – 0,4 млн. т ПЦП на 13,5 млн. т виробництва клінкеру/цементу, тобто приблизно 30 кг ПЦП на тону клінкера (0,3 % від виробництва клінкера). Очікується, що концентрації діоксинів і фуранів у ПЦП будуть варіювати. Для проведення точної оцінки рівня діоксинів і фуранів для всіх випалювальних печей таких даних недостатньо. Тому для проведення первинної оцінки запропоновано застосовувати три класи факторів емісії, які представлені в табл. 1.

Табл. 1. Фактори емісії для виготовлення цементу

Класифікація	Фактори емісії мкг, ТЕ/т цементу	
	повітря	залишок*
1. Випалювальні печі, що працюють за мокрим процесом, електрофільтри, $T > 300\text{ }^{\circ}\text{C}$	5,0	1,0
2. Випалювальні печі, що працюють за мокрим процесом, електрофільтри, тканинні фільтри, $T = 200\text{--}300\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,6	0,1
3. Випалювальні печі, що працюють за мокрим процесом, електрофільтри, $T < 200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Всі типи випалювальних печей, що працюють за сухим процесом, з контролем забруднення повітря	0,15	0,003

Примітка: основним залишком, що підлягає видаленню, є пил цементних печей, який вловлюється системами контролю забруднення

Вимірювання, що показали підвищені емісії діоксинів і фуранів, пояснюються або високою їх концентрацією у сировині й/або паливі, або умовами горіння нижче оптимальних, що підкреслює важливість контролю матеріалу, який завантажується у піч, і підтримки стабільної роботи печі [5].

Загальна емісія діоксинів і фуранів від цієї категорії джерел дорівнює 0,538 гТЕ/рік. Найвищі показники емісії діоксинів і фуранів у цій категорії джерел спостерігаються від виробництва вапна та цегли (рис. 1), що пояснюється поганими умовами контролю викидів у повітря або його відсутністю. Досить низькі концентрації діоксинів і фуранів у цементній промисловості з врахуванням її високої продуктивності, можна пояснити встановленням високоякісної системи очистки газів на найбільшому підприємстві-виробнику цементу ВАТ "Миколаївцемент".

Висновки. Діоксини і фурани можуть поступати із відходами, утворюватися у процесі горіння або охолодження димових газів. Підвищені емісії діоксинів і фуранів пов'язані з умовами горіння (завантаження відходів партіями, високий вміст СО та ін.) і роботою пиловловлювачів, які функціонують при підвищених температурах.

Отже, цементна промисловість при виконанні усіх вищезазначених умов є найбезпечнішою альтернативою сміттєспалювальним заводам, здатна позбавити довкілля від більшості відходів, зменшити вживання викопного палива і знизити викиди парникових газів і токсичних хлороорганічних сполук в атмосферу.

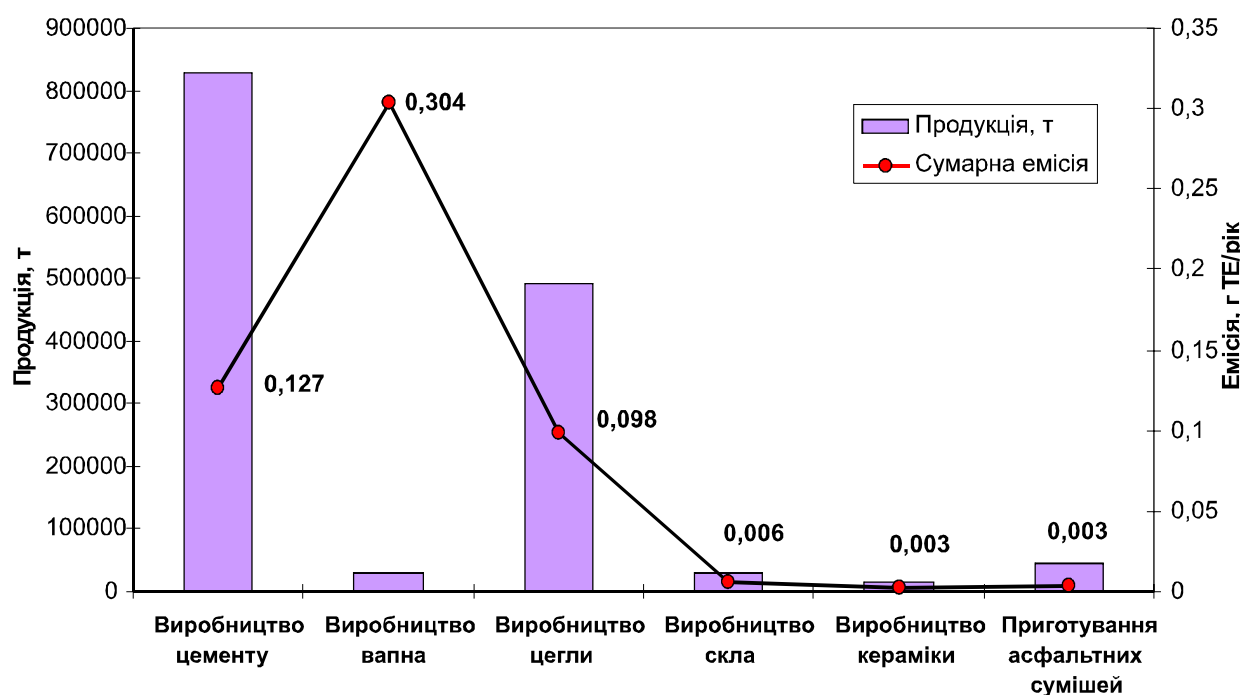


Рис. 1. Залежність кількості продукції з мінеральної сировини та емісії діоксинів і фуранів від типу виробництва у Львівській області

Література

1. **Environmental** Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production. – Brussels: Cembureau – The European Cement Association. – 1999. – 25 p.
2. **Grochowalski A.** Nowoczesne metody termiczne jako jedyny, skuteczny sposob utylizacji odpadow niebezpiecznych w tym weterynaryjnych i szpitalnych/ Mat. VI Konf. Nauk. "Dioksyny w przemyśle i srodowisku" (Krakow – Tomaszowice 26-27.09.2002). – Krakow: Wydawnictwo Naukowe Politechniki Krakowskiej. – 2002. – S. 1-13.
3. **"Best Available Techniques"** For The Cement Industry. – Brussels: Cembureau – The European Cement Association. – 1999. – P. 204-212.
4. **Inwentaryzacja** emisji do powietrza SO₂, NO₂, NH₃, CO, pyłu zawieszonego, metali ciężkich, niemetanowych lotnych związków organicznych i trwałych zanieczyszczeń organicznych w Polsce za rok 2000. – Warszawa: Instytut Ochrony środowiska. – 2002.
5. **UNEP.** 2001. Standardized toolkit for identification of dioxin and furan releases. UNEP Chemicals, Geneva – 210 p.
6. **Willem van Loo.** Dioxin/Furan formation and release in the Cement Industry/ Proc. IV PCB Workshop "Recent Advances in the Environmental Toxicology and Health Effects of PCBs" (Zakopane, Poland 6-10.09.2006). – Katowice: Uniwersytet Slaski. – 2006.
7. **Промисловість Львівщини.** Статистичний зб. – Л.: В-во ДК Статистики України. – 2003. – 182 с.

УДК 630.36

Аспір. І.В. Бичинюк¹ – НЛТУ України, м. Львів

ДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ ШТУЧНИХ ПРОМІЖНИХ ОПОР КАНАТНИХ ЛІСОТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Отримано залежності для визначення внутрішніх силових факторів у стояках штучних проміжних опор з врахуванням динамічних навантажень. Обґрунтовано основні параметри опори, а саме форма і розміри поперечного перерізу стійки, її висота залежно від параметрів установки, які забезпечують мінімальну величину динамічних навантажень.

¹ Наук. керівник: проф. М.П. Мартинців, д-р. техн. наук – НЛТУ України.