

¹З. Д. Безрук

¹В. А. Порєв, д-р техн. наук

¹Національний технічний університет України НТУУ «КПІ», Київ, Україна
e-mail: avtoeko@faust.net.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЗЕМНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ВИКИДІВ СМІТТЕСПАЛЮВАЛЬНОГО ЗАВОДУ «ЕНЕРГІЯ»

Ключові слова: викиди, сміттєспалювальний завод, аналіз складу димових газів, газоаналітичний комплекс.

Анотація. Розглянуті проблеми впливу токсичних викидів сміттєспалювального заводу на довкілля. Розроблені експериментальні моделі розповсюдження викидів. Наведені експериментальні дані досліджень забруднення атмосфери в залежності від швидкості вітру, висоти димової труби, витрат димового газу, концентрації відповідного газового компонента у димовому газі. Розроблені моделі утворення забруднюючих речовин можна використовувати для вибору оптимальної висоти труби при проектуванні заводу

Вступ

Тверді побутові відходи (ТПВ) або «тверді муніципальні відходи» (Municipal Solid Waste) – це екологічна проблема, що викликає найбільшу заклопотаність жителів розвинутих країн. В міру росту кількості і різноманітності відходів, ускладнення відносин, пов'язаних з їхньою утилізацією, були вироблені різні класифікації і визначення типів відходів. Деякі з них були покладені в основу національних законів, що регламентують порядок поводження з різними типами відходів. Відходи можна класифікувати як за походженням: побутові, промислові, сільськогосподарські і т.д., так і за властивостями. Найвідоміший поділ за властивостями, прийнятий у законодавствах більшості країн – це розподіл на «небезпечні» (тобто токсичні, їдкі, займісті та ін.) і «безпечні» відходи.

Сміттєспалювання – це найбільш складне і «високотехнологічне» поводження з відходами. Спалювання вимагає попередньої обробки ТПВ (з одержанням т.зв. палива, витягнутого з відходів). При розділенні з ТПВ намагаються видалити великі об'єкти, метали (як магнітні, так і немагнітні) і додатково їх подрібнити. Для того, щоб зменшити шкідливі викиди з відходів також відокремлюють батарейки й акумулятори, пластик, листя. Спалювання нерозділеного потоку відходів на цей час вважається надзвичайно небезпечним. Таким чином, сміттєспалювання може бути тільки одним з компонентів комплексної програми утилізації. Спалювання дозволяє приблизно в 3 рази зменшити вагу відходів, усунути деякі неприємні властивості: запах, виділення токсичних рідин, бактерій, привабливість для птахів і гризунів, а також одержати додаткову енергію, яку можна використовувати для одержання електрики чи опалення.

Постановка задачі

Екологічні впливи сміттєспалювальних заводів (ССЗ) в основному пов'язані з забрудненням повітря, у першу чергу – дрібнодисперсним пилом, оксидами вуглецю, сірки, азоту, вуглеводнями, фуранами і діоксинами. Серйозні проблеми виникають також з захороненням золи від сміттєспалювання, що по вазі складає до 30 % [1, 2]. Типовий склад компонентів при спалюванні ТПВ в котлоагрегатах київського ССЗ «Енергія» наведений у табл. 1.

Таблиця 1. Склад компонентів при спалюванні ТПВ

Компонент	Концентрація, г/м ³		Індекс токсичності, $T=C/(ПДК_{М,Д})$	
	середня	максимальна	середній	максимальний
оксид вуглецю	0,5	2,5	100	500
оксид азоту	0,14	0,16	1647	1882
діоксид сірки	0,018	0,095	36	190
бензол	1,32	3,0	880	2000
толуол	1,86	6,0	3100	6000
ацетон	0,7	0,8	2000	2285
тверді частки	–	0,056	–	373
які містять хлор (HCl)	0,385	0,648	1925	3215
які містять фтор (HF)	0,0037	0,005	185	250

© З. Д. Безрук, 2013

На підставі технології спалювання ТБО здійснюється вибір конкретних технічних параметрів до газоаналітичного комплексу для контролю технологічних і екологічних процесів при спалюванні сміття. Таким чином, ССЗ, з одного боку, вирішують надзвичайно актуальну задачу утилізації ТБО, з іншого – є значним джерелом викидів токсичних компонентів в атмосферу. Тому важливо оцінити зони впливу викидів ССЗ і параметри, які на це впливають. На основі експериментальних даних від газоаналітичних комплексів, що експлуатуються на заводі «Енергія», створені бази даних про зони приземних концентрацій викидів сміттеспалювального заводу «Енергія» (Київ), залежно від різноманітних чинників: швидкості вітру, висоти димової труби, витрат димового газу, концентрації відповідного газового компоненту у димовому газі [3 – 5]. Резервами підвищення якості оцінки концентрацій газових компонентів може бути використання синтезаторів для забезпечення аналізу димових газів [6].

Дослідження забруднення атмосфери в залежності від швидкості вітру

Для запобігання підвищенню рівнів забруднення атмосферного повітря при незадовільних для розсіювання шкідливих речовин метеоумовах необхідно прогнозувати та враховувати ці умови.

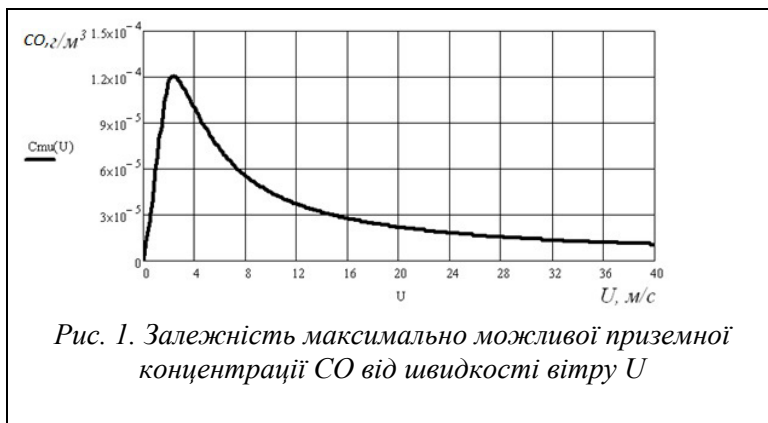
Серед сукупності вихідних даних швидкість вітру та питома маса викидів найбільше впливають на характеристики розподілу, тому їх і було обрано як змінні параметри при проведенні аналізу. Розроблені моделі утворення забруднюючих речовин можна використовувати не лише для розрахунку приземних концентрацій складових димового газу, а й для вибору оптимальної висоти труби при проектуванні заводу. Тому також було досліджено забруднення атмосфери в залежності від висоти труби об'єкта забруднення атмосфери. При проведенні розрахунків послідовно змінювались значення одного з цих параметрів, при постійності усіх інших вихідних даних.

За початкові дані для дослідження забруднення атмосфери викидами сміттеспалювального заводу було використано параметри заводу «Енергія» та дані протоколів прямих вимірів, багатоканальним газоаналітичним комплексом концентрацій забруднюючих речовин, що надходять в атмосферне повітря від котлоагрегатів (печей) заводу «Енергія» [7, 8], наведені нижче.

Початкові дані для дослідження забруднення атмосфери викидами сміттеспалювального заводу «Енергія»

Висота труби, м	130
Діаметр труби, м	2,1
Географічне положення, паралель	51
Температура газів, що виходять з труби, °С	180
Середня швидкість виходу газів із джерела викидів, м/с	10,3
Середні повні витрати газу, м ³ /с	18,9
Інтенсивність сепарації частинок	1
Температура навколишнього середовища, °С	20
Швидкість вітру, м/с	5
Коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу	1
Розсіюючі властивості атмосфери	180
Забруднювач	СО
Концентрація СО на виході труби, г/м ³	0,125
Маса речовини, що викидається за одиницю часу, г/с	2,36375

«Небезпечною» вважають таку швидкість вітру U_M , при якій за інших однакових умов приземна концентрація досягає свого максимуму CO_M . При більших і менших швидкостях концентрації знижуються (рис. 1). Для даного випадку, при швидкості вітру 2 м/с, концентрація забруднюючої речовини (оксид вуглецю СО) досягає свого екстремуму. При всіх інших швидкостях вітру спостерігаємо нижчі концентрації.



Якщо прогнозується швидкість вітру близькою або рівною «небезпечній» і при цьому зафіксовано перевищення ГДК, то зміною режимів роботи котлоагрегату можна досягти зменшення приземних концентрацій викидів.

Зі збільшенням швидкості вітру спостерігається збільшення протяжності зони забруднення (рис. 3) та зменшення ширини смуги забруднення (рис. 2, б), зменшення точки максимуму приземної концентрації та її переміщення на більшу відстань від джерела забруднення, зменшення значень приземних концентрацій (рис. 2, 3).

При «небезпечній швидкості вітру» (в даному випадку 2 м/с) маємо максимальні значення приземних концентрацій.

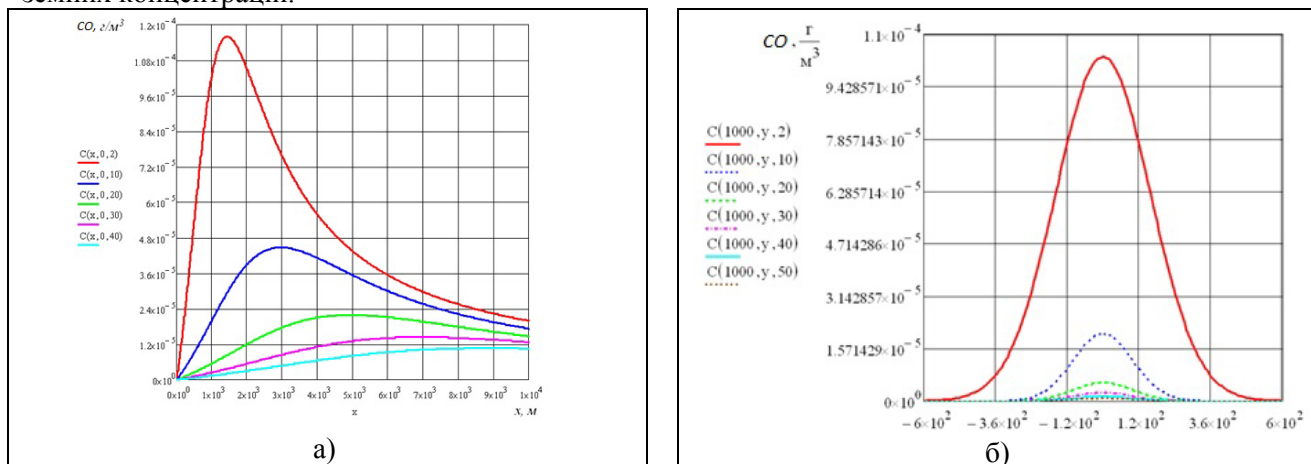


Рис. 2. Розподіли приземних концентрацій для значень швидкості вітру $U = 2; 10; 20; 30; 40$ м/с: а) – вздовж осі факела x , б) – перпендикулярно до осі факела y

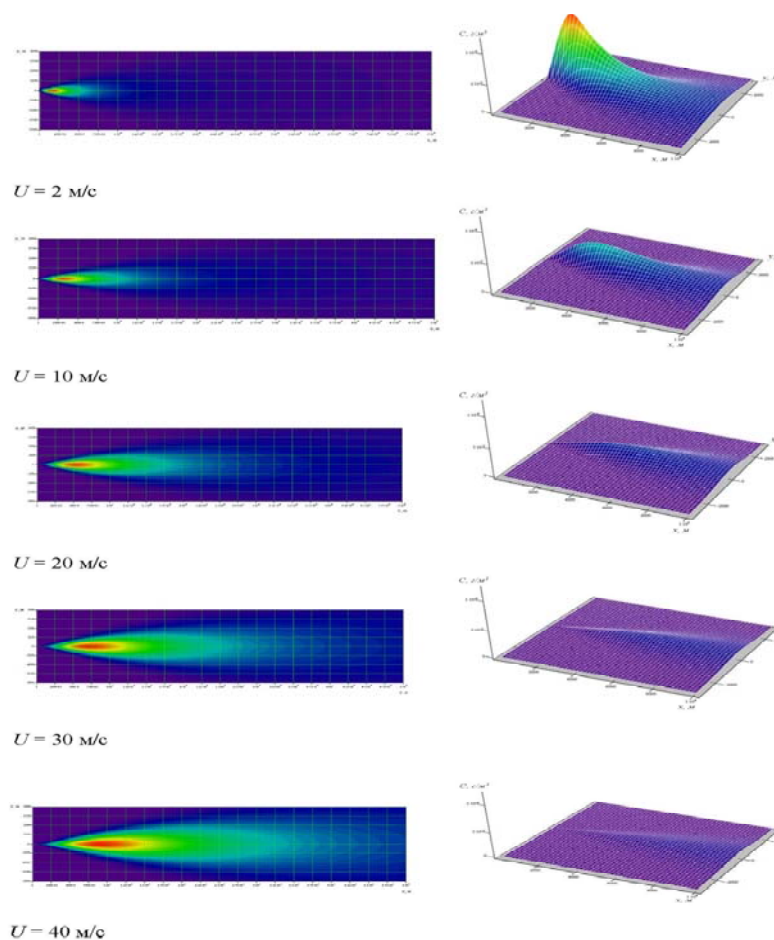


Рис. 3. Розподіли приземних концентрацій C в площині XY для значень швидкості вітру $U = 2; 10; 20; 30; 40$ м/с

Отже, маючи прогнозовані дані про швидкість вітру, необхідно провести відповідний аналіз: побудувати розподіл концентрацій викидів для даного значення швидкості вітру та подивитися, чи не з'являться в такому випадку зони перевищення ГДК. При прогнозі появи таких зон, керуючи технологічними процесами спалювання сміття, можна досягти уникнення прогнозованого погіршення екологічної ситуації.

Дослідження забруднення атмосфери в залежності від висоти труби сміттєспалювального заводу

Розподіл викидів CO_2 багато в чому залежить від висоти труби H . Змінюючи цей параметр, можна досягти суттєвих змін розподілів приземних концентрацій викидів. Зрозуміло, що збільшення висоти труби веде до кращого розсіювання викидів в атмосфері і відповідно до зменшення значень приземних концентрацій викидів [9, 10].

Розроблений автоматизований засіб можна використовувати не лише для розрахунку приземних концентрацій складових димового газу, а й для вибору оптимальної висоти труби при проектуванні заводу. Так, наприклад, в Україні планується побудова ще одного сміттєспалювального заводу. Склад твердих побутових відходів на території України можна вважати однаковим, тому шляхом аналізу даних по викидах заводу «Енергія», можна розв'язанням оберненої задачі визначити найбільш оптимальні параметри.

Проаналізуємо, як буде змінюватися розподіл концентрацій викидів заводу «Енергія» в залежності від висоти труби (рис. 4). При збільшенні висоти труби, отримаємо графік на рис.5.

На рис. 4 наведені розподіли приземних концентрацій CO вздовж осі факела для висот труби 50, 100, 150, 200, 250, 300 м.

Можемо зробити такі висновки: при

збільшенні висоти труби значення концентрацій викидів зменшується; спостерігається значне зменшення значень концентрацій викидів на висоті труби 200 м, подальше збільшення висоти суттєвих результатів не дає. Це добре видно з рис. 5. Отже, в даному випадку оптимальною є висота близько 200 м. Такі ж розрахунки можуть бути виконані для будь-якого енергетичного об'єкта. Зміна висоти труби також приводить до зміни координати максимальної концентрації (рис. 6).

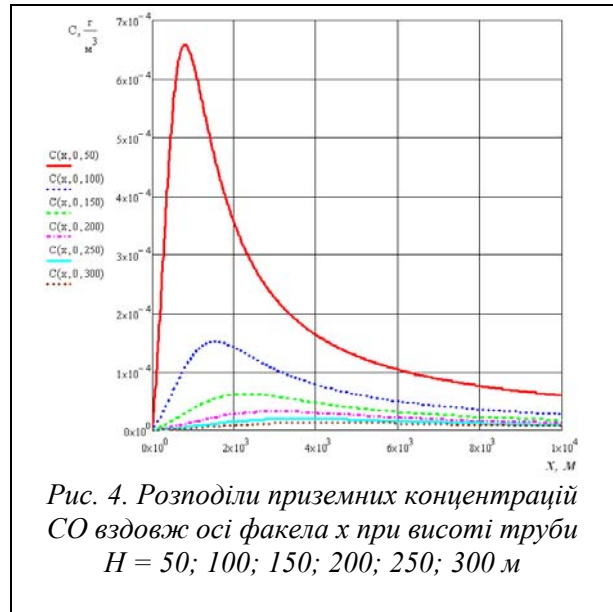


Рис. 4. Розподіли приземних концентрацій CO вздовж осі факела x при висоті труби $H = 50; 100; 150; 200; 250; 300$ м

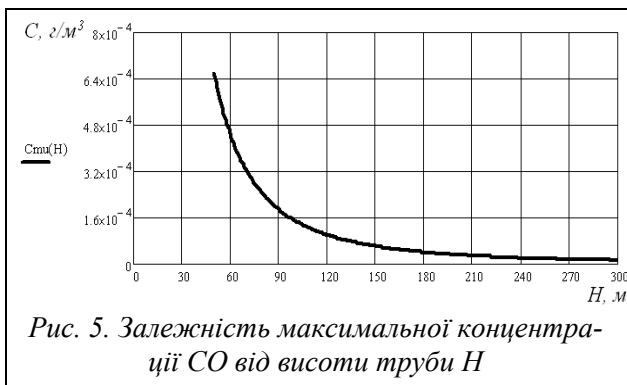


Рис. 5. Залежність максимальної концентрації CO від висоти труби H

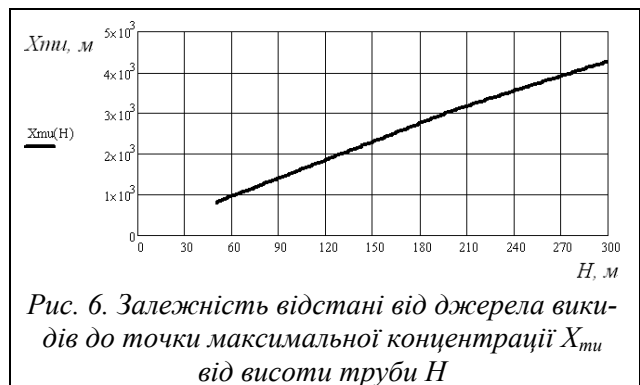


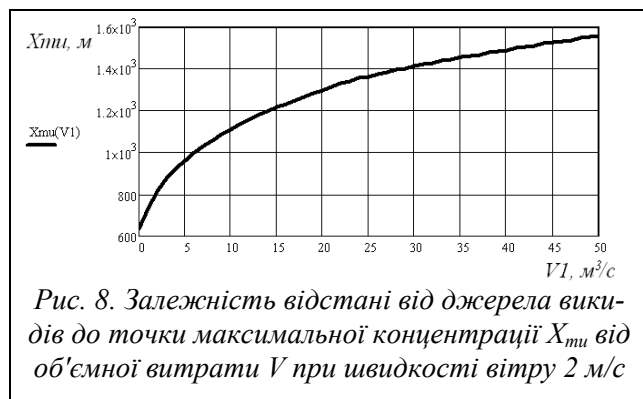
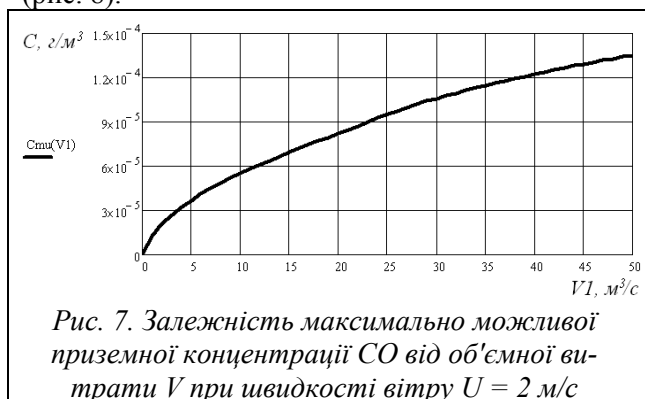
Рис. 6. Залежність відстані від джерела викидів до точки максимальної концентрації X_{mi} від висоти труби H

Зміна висоти труби також приводить до зміни координати максимальної концентрації. Це добре видно з рис. 6. Вибір оптимальної висоти труби дає можливість не лише зменшити значення концентрацій викидів, а й добитися того, щоб максимальні значення концентрацій не потрапили до житлової зони чи зони, де розміщені дитячі садки, школи та інші людні місця.

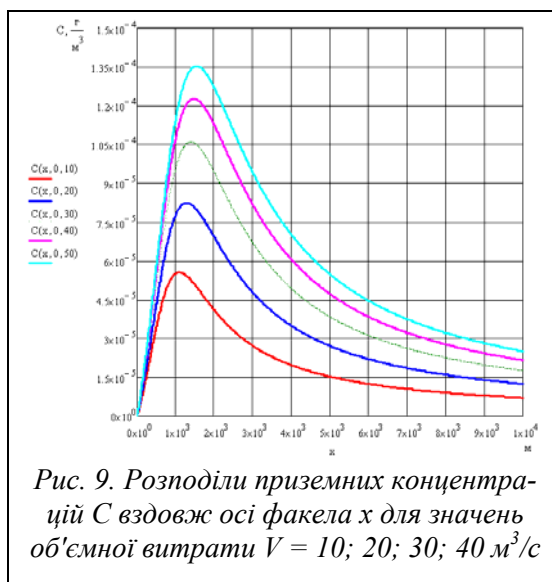
Отже, збільшення висоти труби дає можливість зменшення значень концентрацій викидів (рис. 5) та регулювання відстані від джерела викидів до точки максимального значення концентрації (рис. 6).

Дослідження забруднення атмосфери в залежності від витрат викидів сміттєспалювального заводу

Проаналізуємо залежність розподілу викидів ССЗ «Енергія» від значення об'ємної витрати досліджуваної речовини [11]. Як бачимо з рис. 7, максимально можлива приземна концентрації речовини збільшується зі збільшенням об'ємної витрати газу. При цьому збільшується відстань до неї (рис. 8).



Встановлено, що зі збільшенням об'ємної витрати речовини, що контролюється, значення приземних концентрацій розподілів збільшуються, разом з тим віддаляється від джерела викидів максимально можлива приземна концентрація (рис. 9). На перший погляд зсув максимуму є нелогічним, але якщо зважати на той факт, що область забруднення має підвищений тиск порівняно із атмосферним, то „обтікання” вітром цієї області створює зсув максимуму концентрації разом із зсувом мікро варіацій тиску. Отже, наявність інформації про залежність розподілів приземних концентрацій від значення об'ємної витрати досліджуваної речовини дасть змогу за допомогою керування технологічним процесом спалювання сміття зменшити максимальні значення концентрацій отриманих розподілів шляхом регулювання об'ємних витрат викидів, контролем викидів сміттєспалювального заводу [12 – 14].

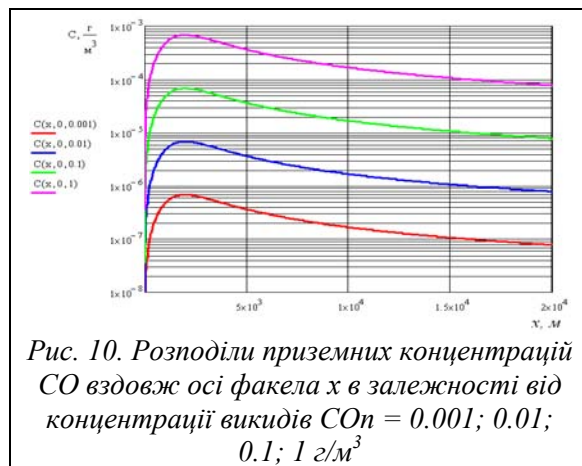


Це можливо шляхом підтримання оптимальних процесів горіння або зменшенням об'ємів спалювання.

Дослідження забруднення атмосфери в залежності від значення концентрації досліджуваної речовини на виході труби

Проаналізуємо залежність розподілів викидів ССЗ «Енергія» від значення концентрації досліджуваної речовини в димовій трубі. Нами встановлено, що при збільшенні концентрації компонента, що аналізується, в димовій трубі розподіл приземної концентрації змінюється прямо пропорційно цьому збільшенню (рис.10).

Наявність інформації про розподіли приземних концентрацій в залежності від концентрації речовини-забрудника в трубі дасть змогу за допомогою керування технологічним процесом спалювання сміття зменшити максимальні значення концентрацій отриманих розподілів. Це можливо шляхом підтримання оптимальних процесів горіння або зменшенням обсягів спалювання.



Висновки

Встановлено, що зі збільшенням швидкості вітру спостерігається збільшення протяжності зони забруднення та зменшення ширини смуги забруднення, зменшення точки максимуму приземної кон-

центрації та її переміщення на більшу відстань від джерела забруднення, зменшення значень приземних концентрацій.

При збільшенні висоти труби значення концентрацій викидів зменшується; спостерігається значне зменшення значень концентрацій викидів на висоті труби 200 м, подальше збільшення висоти суттєвих результатів не дає. Зміна висоти труби також приводить до зміни координати максимальної концентрації. Отже, зміна розмірів висоти труби дає можливість зменшення значень концентрацій викидів та регулювання відстані від джерела викидів до точки максимального значення концентрації.

Зі збільшенням об'ємних витрат газів значення приземних концентрацій розподілів збільшуються, разом з тим віддаляється від джерела викидів максимально можлива приземна концентрація. Досліджено забруднення атмосфери в залежності від значення концентрації досліджуваної речовини на виході труби. При зростанні концентрації розподіл приземної концентрації змінюється прямо пропорційно цьому збільшенню.

З урахуванням наведених параметрів, що впливають на екологічні показники сміттєспалювальних заводів, реально можливо вибрати місце розташування ССЗ, висоту димової труби і технологічні умови ведення процесу спалювання.

Література

1. Бобович, Б. Б. Переработка отходов производства и потребления [Текст] / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткин. – М.: «Интермет Инжиниринг», 2000. – 496 с.
2. Гринин, А. С. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка [Текст] / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – М.: ФАИР - ПРЕСС, 2002. – 226 с.
3. Баскова, І. П. Газоаналітичний енергозберігаючий інформаційно-вимірювальний комплекс по оптимізації контролю процесів горіння [Текст] : науково-технічна конференція / І. П. Баскова., З. Д. Безрук // Приладобудування 2006: стан і перспективи: робота. К.: Збірник тез доповідей, 2006. – 176 с.
4. Порев, В. А. Проблеми забруднення атмосфери в великих мегаполісах [Текст] : Науково-технічна конференція / В. А. Порев, З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Приладобудування 2007: стан і перспективи: робота. К.: Збірник тез доповідей, 2007. – 179 с.
5. Безрук, З. Д. Газоаналітичний технологічний комплекс з мікропроцесорною системою 65505A [Текст] / З. Д. Безрук, О. А. Дашковський, В. П. Бородавка, С. С. Крикун, С. С. Воробйов. – К.: – 2004. – 100 с.
6. Ділай, І. Побудова синтезаторів для забезпечення аналізу димових газів / І. Ділай, З. Теплюх // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – Т. 3, N 9(63). - С. 45-50. – Режим доступу : URL : <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/14849>
7. Визнюк, А. А. Создание систем технолого-экологического мониторинга утилизации промышленных отходов [Текст] : сб. материалов научных конференций : тез. конф. / А. А. Визнюк, З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Третья международная конференции. Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования , применение, экологические чистые технологии производства и утилизации изделий. – Кацивели, АРК, Крым, 2004 – С. 563-564.
8. Безрук, З. Д. Еколого-технологічний моніторинг переробки відходів [Текст] : сб. материалов научно-технической конференции : тез. конф / З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Пятая научная конференция. Современные информационные и электронные технологии. – Одесса, 2004. – 100 с.
9. Визнюк, А. А. Создание систем технолого-экологического мониторинга утилизации промышленных отходов [Текст] / А. А. Визнюк, З. Д. Безрук, В. П. Приміський // Материалы и покрытия в экстремальных условиях: исследования , применение, экологические чистые технологии производства и утилизации изделий : материалы Международной конф. Кацивели, – АРК, Крым, 2004. – С. 563 – 564.
10. Мовчан, Н. М. Инструментальный контроль выбросов в атмосферу киевского мусоросжигательного завода “Энергия” [Текст] / Н. М. Мовчан, З. Д. Безрук, А. А. Дашковский, В. Ф. Примиский и др. // Сотрудничество для решения проблемы отходов : материалы II науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Харьков, 2005. – 250 с.
11. Безрук, З. Д. Газоаналітичні системи промислового моніторингу [Текст] / З. Д. Безрук, Н. М. Мовчан, О. А. Дашковський // Сучасні інформаційні і електронні технології : матеріали з шостої міжнародної науч.-практ. конф. – Одесса, 2005. – С.391.
12. Экологический инструментальный контроль выбросов мусоросжигательного завода “Энергия” [Текст]: материалы межд. конф. / Н. М. Мовчан, З. Д. Безрук, С.С. Крикун и др. // Энергосбережения, Экология, Эффективность. – Киев, 2005. – 250 с.
13. Безрук, З. Д. Экспериментальные исследования выбросов мусоросжигательного производства [Текст] / З. Д. Безрук, В. А. Порев, В. Ф. Примиский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – № 4/2 (16). – С. 150 – 153.
14. Мовчан, Н. М. Перспективы использования аналитических приборов в мусоросжигательном производстве [Текст] : матеріали II міжнародної наук.-практ. конф / Н. М. Мовчан, З. Д. Безрук // Метрологічне забезпечення фізико-хімічних та оптико-фізичних вимірювань –ХІММЕТ. – К., 2005. – С. 38 – 40.

Поступила в редакцію 01.11.13