

**ОХОРОНА ПРАЦІ, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ  
ТА ЕКОЛОГІЯ**

УДК 543.27; 533.2

М. Т. КЛІМІШИНА

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ І ІНСТРУМЕНТАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ ВИКИДІВ ПРИ ПІРОЛІЗНІЙ ПЕРЕРОБЦІ ШИН**

Проаналізовано особливості впливу утилізації і переробки шин на атмосферне повітря. Розглянуто технологічні процеси утилізації відпрацьованих шин, такі як, отримання гумової крихти, спалювання, піролізна технологія. Також, перемелювання при температурі навколишнього середовища та при наднизьких температур. На основі розрахункових методик визначено обсяги, концентрацію і номенклатуру викидів. Визначено засоби інструментального контролю викидів піролізного виробництва. Створено математичну модель розповсюдження зони викидів. Побудували розсіювання на основі проведених розрахунків викидів забруднюючих речовин та покладено на місцевість.

**Ключові слова:** утилізація, викиди, переробка шин, методи переробки шин, забруднення, полімерні відходи, автомобільні покришки, спалювання, вторичні матеріальні ресурси.

Проанализированы особенности влияния утилизации и переработки шин на атмосферный воздух. Рассмотрены технологические процессы утилизации отработанных шин, такие как, получение резиновой крошки, сжигание, пиролизная технология. Также, перемалывания при температуре окружающей среды и при сверхнизких температур. На основе расчетных методик определены объемы, концентрацию и номенклатуру выбросов. Определены средства инструментального контроля выбросов пиролизного производства. Создана математическая модель распространения зоны выбросов. Построили рассеяние на основе проведенных расчетов выбросов загрязняющих веществ и положено на местность.

**Ключевые слова:** утилизация, выбросы, переработка шин, методы переработки шин, загрязнения, полимерные отходы, автомобильные покришки, сжигание, вторично материальные ресурсы.

Analyzed the influence recovery and recycling of tires in the air. Considered the technological processes of recycling waste tires, such as getting the crumb rubber by crushing or granulating and its subsequent use in industry, burning to obtain heat and electricity, pyrolysis technology of tire recycling. Also, milling at ambient temperature and milling at very low temperatures (vacuum method). On the basis of calculation methods we specified volume, concentration and emission range. Identified tools control pyrolysis production emissions. Created the mathematical model of the emission distribution with taking into account wind speed according to the parameters of organized and unorganized sources of emission. Have built the scattering based on the calculations of emissions and put on the area. Given technological schemes with specific gross pollutant emissions during combustion of the year 850-1000 tons of tires per year. Showing data pollutant emissions by burning coal and the burning of tires in cement kilns. Made determine concentrations of dioxin emissions of nitrogen, carbon monoxide, sulfur dioxide, suspended solid particles from each source based on direct measurements of the enterprise pyrolysis tire recycling and gross emissions in the calculation methods.

**Keywords:** recycling, emissions, tire recycling, tire recycling methods, pollution, plastic waste, tires, burning, secondary material resources.

**Вступ.** Загальносвітові запаси відпрацьованих (зношених) автомобільних шин оцінюються в 25 млн т при щорічному прирості не менше 7 млн т. На європейські країни припадає близько 2 млн т (3 млрд шт. відпрацьованих автомобільних шин). рівень переробки відпрацьованих шин в різних країнах коливається в межах від 10 % – 15 % до майже 100 % в Німеччині, Японії і скандинавських країнах; середній рівень переробки відпрацьованих шин в державах – членах ЄС становить 82 % [1]. В Україні рівень переробки складає 10 % автомобільних шин. За різними оцінками, кількість неутілізованих шин в Україні перевищує 10 млн тонн. Питання переробки шин і відповідно екологічних проблем які виникають в відповідних технологічних процесах потребують відповідних наукових досліджень, теоретичних розрахунків, експериментальних досліджень. [2]

**Аналіз літературних джерел та постановка проблеми.** За даними наукових розробок, викинуті на смітник автошини в природних умовах розкладаються не менше 100 років. Під дією атмосферних опадів і ґрунтових вод з покришок вимиваються токсичні органічні сполуки: дифеніламін, дибутилфталат, фенантрен. Крім того, такі відходи легко займаються і при горінні виділяють в атмосферу токсичні речовини [2]

У зв'язку з заборонаю в державах – членах ЄС складування відпрацьованих шин та відсутністю дос-

татнього місця для їх зберігання виникло питання про способи їх утилізації і переробки. У Франції 18 % відпрацьованих шин спалюють, 21 % подрібнюють в крихту, 11 % використовують в парках, портах і т.п., для 46 % знаходять можливість відновлення, інші розміщують безконтрольно. В Японії спалюють близько 65% – 70 % відпрацьованих шин, в Німеччині – 45 % – 50 %, у Великобританії – 30 %. [3] У США 115 млн відпрацьованих шин використовують, як паливо. Згідно з американськими даними, теплота згоряння однієї типової пасажирської автомашини еквівалентна теплоті згоряння 26,5 л нафти. Застосовувана в якості палива дроблена автомобільна гума дає на 10 % – 16 % більше тепла, ніж кам'яне вугілля. Також відпрацьовані шини використовують при будівництві автомобільних доріг. Зношені автошини містять в собі цінну сировину: каучук, метал і текстильний корд [4]. Ці матеріали в процесі експлуатації в основному не змінюють первинні властивості. На європейські країни припадає 3 млрд. шт. зношених автошин (близько 2 млн. т.). З цієї кількості в світі тільки 23 % покришок знаходять застосування (експорт в інші країни, спалювання з метою отримання енергії, механічне подрібнення для покриття доріг, спортмайданчиків та ін.), а решту 77 % зношених автошин не використовується через відсутність рентабельного способу утилізації. [5]

© М. Т. Клімішина.2016

В роботах [2–5] значна увага приділена технологічній, теплотехнічній, економічній складовій переробки шин, а зона їх впливу на довкілля, обсяги, склад і концентрація компонентів викидів для конкретного технологічного циклу переробки шин дослідженні не в повній мірі, також відсутні дослідження по вибору засобів вимірювання: газоаналізаторів при контролі викидів.

**Ціль та задачі дослідження.** Метою досліджень є визначення обсягів викидів і номенклатури, забруднюючих речовин при типовому технологічному процесі піролізного перероблення шин, створення моделі розповсюдження викидів, вибір засобів інструментального контролю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Дослідити технологічні процеси переробки шин.
2. На основі розрахункових методик визначити обсяги, концентрацію і номенклатуру викидів.
3. Створити математичну модель розповсюдження викидів.
4. Визначити засоби інструментального контролю викидів.

**Технології утилізації відпрацьованих шин.** Серед найбільш доступних технологій утилізації відпрацьованих автомобільних шин та покришок, інших відходів виробництва гумовотехнічних виробів застосовують:

- отримання гумової крихти шляхом подрібнення або гранулювання і її подальше використання в промисловості;
- спалювання з отриманням теплової та електричної енергії;
- піролізна технологія перероблення шин.

**Подрібнення відходів шин і інших умовотехнічних виробів** пов'язано з великими енерговитратами – до 50 – 700 кВт і більше на 1 т гуми. Значне енергоспоживання здорожує вартість кінцевої продукції і змушує сферу застосування даної технології. Існує два основні методи гранулювання покришок, які завершили життєвий цикл:

- перемелювання при температурі навколишнього середовища;
- перемелювання при наднизьких температурах (вакуумний метод).

Під час перемелювання при температурі навколишнього середовища покришки, подрібнюють і потім завантажують в дробарку. Після дроблення отриманий продукт поділяють на гумовий гранулят, сталь і текстиль. Отриману при перемелюванні гуму можна безпосередньо застосовувати в сумішах, що використовуються при виробництві нових і відновлених покришок.

Під час перемелювання при наднизьких температурах (вакуумний метод) покришки, які завершили життєвий цикл, і обрізки покришок охолоджують нижче точки замерзання, після чого подрібнюють в молотковій дробарці. Цей процес дозволяє швидко розділити волокна, метали і гуму.

Загальні витрати експлуатації обладнання для подрібнення і гранулювання покришок також включають в себе витрати на робочу силу і енергетичні витрати, обчислені виходячи з місцевих цін. Співвідно-

шення між доходом і витратами обчислюють виходячи з діючих цін на мелену гуму чи іншу продукцію об'єкта.

Спалювання шин можна використовувати як основне або додаткове паливо при виробництві пара, електроенергії, цементу, вапна, сталі і при спалюванні сміття. Спалювання з виробництвом пара використовують переважно в шинній і шиновідновлювальній промисловості. Вироблений пар можна використовувати в різних виробничих процесах. Наприклад, в гумотехнічній промисловості пар використовують для вулканізації. Деякі теплові електростанції в цілях зниження вартості палива спроектовані з урахуванням можливості спалювання покришок, які завершили життєвий цикл. При спалюванні покришки розміщують на колосникових решітках, які забезпечують віддачу повітря зверху і знизу покришок для спалювання, при збереженні низької температури решітки. Решітка також дозволяє фільтрувати шлак і попел на конвеєр, який скидає їх в воронкоподібні бункери за межами підприємства. Магнітна система розпізнавання наявності металу відсортовує спалені покришки, що містять металеві елементи. Кожна спалювальна піч обладнана власним бойлером, який виконує пар для обертання парової турбіни (генератора).

Для порівняння, викиди забруднюючих речовин при спалюванні вугілля: сірка 2.0 %, зола 11.3 %, хлор 0.14 %, цинк 27.2 ч / млн ч повітря, хром 20.5 ч / млн ч повітря, нікель 16.9 ч / млн ч повітря, свинець 8.3 ч / млн ч повітря, кадмій 0.91 год / млн ч повітря. Викиди забруднюючих речовин при спалюванні шин в цементних печах: сірка 1.3 – 2.2 %, зола 12.5 – 18.6 %, хлор 0.20 %, цинк 9300 – 20500 ч / млн ч повітря, хром 97 ч / млн ч повітря, нікель 77 ч / млн ч повітря, свинець 60 – 760 ч / млн ч повітря, кадмій 5–10.

**Піролізна технологія перероблення шин.** Піроліз – хімічне розкладання органічних сполук за допомогою нагрівання при повній або частковій відсутності кисню повітря.

Попередньо підготовлені шини завантажуються через завантажувальний люк в котли-утилізатори. Котли утилізатори нагріваються до 500<sup>0</sup> С за рахунок спалювання палива: пелети, дрова інші види палива., Під дією температури шини піддаються піролізу з утворенням парогазу, технічного вуглецю, відделенням металокорду. При повітряному охолодженні парогаз конденсується в рідину фракцію вуглеводневих продуктів піроліза. Несконденсований газ надходить у газгольдер низького тиску, і далі, через блок фільтрів, подається трубопроводами газопостачання модуля до горілок котлів-утилізаторів. Злив рідкої фракції відбувається в ємності збору рідкої фракції. Основним показником закінчення процесу утилізації відходів є – припинення виділення парогазової суміші і зниження тиску газу в системі. Після закінчення процесу утилізації в котлі-утилізаторі залишається твердий залишок, який вивантажується через вивантажувальний люк і подається на дільницю його зберігання.

Продукти, які отримуються в процесі переробки при температурі проходження процесу 400–500<sup>0</sup>С: рідка фракція, напівкокс (вуглець технічний), газ, металобрухт.

Рідку фракцію можна використовувати як паливо або змішувати в рівних пропорціях з дизельним паливом. Після очищення технічний вуглець можна використовувати як наповнювач або активоване вугілля. Металобрухт використовується в металургійній промисловості.

Топки котлів завантажуються твердим паливом (дровами). Конструктивне виконання котла забезпечує рівномірне розподілення тепла по всьому об'єму корпусу. Зміна температурного режиму, в залежності від режиму термічного розпаду вихідної сировини, здійснюється шляхом регулювання подачі в топку твердого палива.

**Аналіз типового піролізного процесу перероблення шин.** Для аналізу піролізного технологічного перероблення шин було взято типове виробництво, яке складається з чотирьох котлів утилізаторів типу БКР-003-2, які працюють на дровах та газу, що отримується під час піролізу, і допоміжних виробничих ділянок. Відповідно до ДСП-173-96 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 19.06.96р. №173, підприємство відноситься до 3 класу, «Підприємства по регенерації гум та каучуку» з 3 санітарно захисною зоною 300 м. Найближча житлова забудова розміщена в північно-західному напрямку на відстані 550 м від джерела викиду №1. Перероблення гумо-технічних відходів (автомобільних шин) базується на методі піролізу – нагріву автомобільних шин без доступу кисню в котлах утилізаторах БКР-003-2. [5].

В якості сировини виступають відходи гумово-технічних виробів. В процесі такої обробки отримується продукція:

- рідка фракція (паливо пічне альтернативне);
- напівокс (вуглець технічний): використовується в якості твердого палива, наповнювачів, модифікаторів, пігментів;
- газ: використовується на технологічні потреби (підтримання технологічного процесу);
- металобрухт: використовується для послідувочої переробки на метал.

Відповідно до особливостей виробничих процесів, в результаті переробки гумових виробів виробляються додаткові сировини. За технологічним регламентом продуктивність модуля БКР-003-2 по сухій сировині – 2 тонну/добу. Режим роботи двозмінний, тривалість зміни – 8 годин.

Продуктивність установки по виходу продукції:

- Рідка фракція – 500 л/добу ( 500 м<sup>3</sup>/рік);
- Високо вуглецевий залишок – 1 т/добу (1000 т/рік);
- Метал – 0,2 т/добу (200 т/рік);
- Газ – 200 м<sup>3</sup>/добу (200000 м<sup>3</sup>/рік).

Виробничий процес включає в себе ділянки: термічної обробки палива, зберігання рідкої фракції, зберігання твердого залишку, кожна з цих ділянок є джерелом викидів в атмосферу. Обсяги і номенклатура викидів по технологічним ділянцям наступні:

*Дільниця термічної обробки сировини*

За допомогою термічної обробки виконується переробка сировини. Дільниця обладнана чотирма котлами-утилізаторами типу БКР-003-2. Топка котлів

завантажуються деревиною, після початку процесу піролізу утворюється газ який подається до горілок котлів-утилізаторів і котел

При цьому при спалюванні деревини та газу утворюються забруднюючі речовини: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, оксиди азоту (оксид та діоксид азоту) в перерахунку на діоксид азоту, оксид вуглецю, метан, вуглецю діоксид, азоту (1) оксид [N<sub>2</sub>O], ртуть та її сполуки, (у перерахунку на ртуть), неметанові леткі органічні сполуки валовий викид яких розраховується згідно за формулою [6]: за формулою:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r), \quad (1)$$

де  $E_{ji}$  – валовий викид  $j$ -ї забруднювальної речовини під час спалювання  $i$ -го палива за проміжок часу  $P$ , т;  $k_{ji}$  – показник емісії  $j$ -ї забруднювальної речовини для  $i$ -го палива, г/ГДж;  $B_i$  – витрата  $i$ -го палива за проміжок часу  $P$ , т;  $(Q_i^r)_i$  – нижча робоча теплота згоряння  $i$ -го палива, МДж/кг.

Рідка фракція, що утворюється від 4-х котлів-утилізаторів спочатку подається до двох буферних ємностей кожний об'ємом 3,7 м<sup>3</sup>. Під час заповнення резервуарів викидаються забруднююча речовина: вуглеводні насичені С12–С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець. Величини викидів забруднюючих речовин від однієї ємності під час наливання нафтопродуктів розраховуються за формулою, відповідно методиці [7]:

$$P_{\text{цн}} = 2,52 \cdot V_{\text{ж}}^{\text{цн}} \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{п}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \times \\ \times K_8 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9}, \text{ кг / год} \quad (2)$$

де  $V_{\text{ж}}^{\text{цн}}$  – річний об'єм рідини, яка наливається, м<sup>3</sup>/рік;  $P_{S(38)}$  – тиск насичених парів рідини при температурі 38°C;  $M_{\text{п}}$  – молекулярна маса парів рідини;  $\eta$  – коефіцієнт ефективності газозловлюючих пристроїв резервуару;  $K_{5T}, K_{5X}$  – коефіцієнти, які залежать від  $P_{S(38)}$  та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пори року;  $K_8$  – коефіцієнт, який залежить від  $P_{S(38)}$  та кліматичної зони.

*Дільниця зберігання рідкої фракції*

Після наповнення буферних ємностей, рідку фракцію перекачують на зберігання до трьох резервуарів ємністю 25 м<sup>3</sup>, 10 м<sup>3</sup> та 10 м<sup>3</sup>. Під час заповнення резервуарів викидаються забруднююча речовина: вуглеводні насичені С12–С19 (розчинник РПК-26611 і ін.) у перерахунку на сумарний органічний вуглець. Розрахунок викидів під час наливання нафтопродуктів розраховуються за формулою (1), викиди при зберіганні розраховуються за формулою (2)

$$P_p = 2,52 \cdot V_{\text{ж}}^p \cdot P_{S(38)} \cdot M_{\text{п}} \cdot (K_{5X} + K_{5T}) \times \\ \times (K_6 \cdot K_7 \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-9}, \text{ кг / год} \quad (3)$$

де  $V_{\text{ж}}^p$  – об'єм рідини, яка наливається у резервуари на протязі року, м<sup>3</sup>/рік;  $P_{S(38)}$  – тиск насичених парів рі-

дини при температурі 38°C;  $M_{II}$  – молекулярна маса парів рідини;  $\eta$  – коефіцієнт ефективності газозовлюючих пристроїв резервуару;  $K_{ST}, K_{SX}$  – коефіцієнти, які залежать від  $P_{S(38)}$  та температури газового простору відповідно у теплу та холодну пори року;  $K_6$  – коефіцієнт, який залежить від  $P_{S(38)}$  та річного оберту резервуарів;  $K_7$  – коефіцієнт, який залежить від технічного оснащення та режиму експлуатації.

#### Дільниця зберігання твердого залишку

На дільниці виконується відділення напівкоксу та металобрухту з подальшим зберіганням. Забруднююча речовина: речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом.

Визначення викидів забруднюючих речовин при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт, а також при статичному зберіганні сипких вантажів виконується згідно методики за формулами [8]:

$$A = (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot G \cdot B \cdot 10^6) / 3600; (\text{г/с}) \quad (4)$$

$$B = K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot q_1 \cdot F; (\text{г/с}), \quad (5)$$

де  $A$  – Розрахунок викидів при переробці (перевалка, змішування) матеріалу, г/с;  $B$  – викиди при статичному зберіганні матеріалу, г/с;  $K_1$  – масова доля пил в

матеріалі;  $K_2$  – доля пилу (від усієї маси), що переходить в аерозоль;  $K_3$  – коефіцієнт, що враховує місцеві метеорологічні умови;  $K_4$  – коефіцієнт, що враховує місцеві умови, ступінь захисту вузла від зовнішнього впливу, умови пилоутворення;  $K_5$  – коефіцієнт, що враховує вологість матеріалу;  $K_6$  – коефіцієнт, що враховує профіль матеріалу що складається і визначається як відношення  $\frac{F_{\text{факт}}}{F}$ , значення  $K_6$  коливається в межах 1,3-1,6 в залежності від крупності матеріалу і ступеня заповнення.  $K_7$  – коефіцієнт, що враховує крупність матеріалу;  $F_{\text{факт}}$  – фактична поверхня матеріалу з врахуванням рельєфу його перерізу (враховується лише площадка, на якій виконуються загрузочно-розгрузочні роботи);  $F$  – поверхня запилення в плані;  $q_1$  – унесення пилу з одного квадратного метра фактичної поверхні;  $G$  – сумарна кількість матеріалу, що перероблюється за годину;  $B'$  – коефіцієнт що враховує висоту пересипання.

На рис. 1 наведені технологічні схеми вищерозглянутих ділянок з конкретним даними обсягів валових викидів забруднюючих речовин при спалювання на рік 850-1000т покришок на рік.

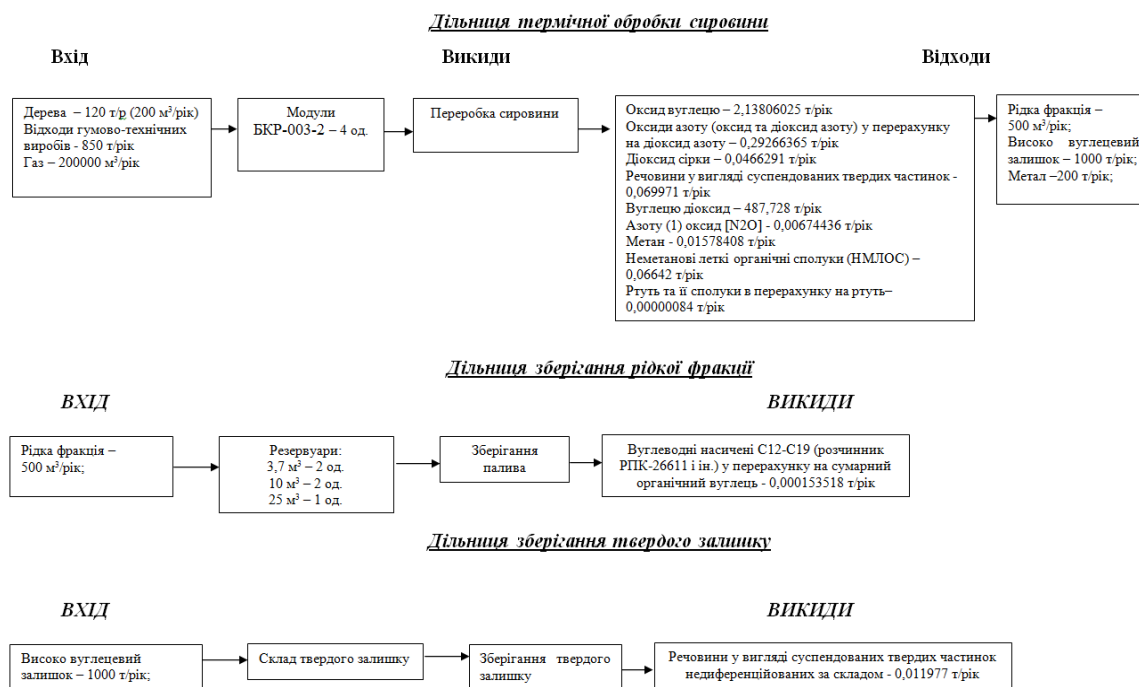


Рис. 1 – Технологічні схеми ділянок піролізної переробки шин з обсягами викидів забруднюючих речовин

**Математична модель розповсюдження зони викидів піролізної переробки шин.** Отримані дані (рис. 1) зафіксували викиди оксиду вуглецю, оксидів азоту, твердих суспендованих частинок, але не під час піролізу шин, а при нагріванні котла-утилізатора, тобто сам процес піролізу, замкнений і його викиди на довкілля мінімальні, а основним джерелом викиду є димова труба котла – утилізатора в процесі спалю-

вання деревин і рідкого палива, яке утворилось в результаті піролізу в котлі. Для визначення зони забруднення довкілля розроблена математична модель розповсюдження викидів. виробництва. Розвиток методів прогнозу ґрунтується на результатах теоретичного і експериментального вивчення закономірностей поширення домішок, що викидаються джерелами забруднення атмосфери.

Серед існуючих методів опису закономірностей розповсюдження домішок залежно від математичного апарату можна виділити:

- а) емпірично – статистичні методи;
- б) статистичні методи;
- в) гаусівські моделі;
- г) моделі турбулентної дифузії.

Емпірично – статистичні моделі є найпростішими моделями та об'єднують практично всі методи первинної обробки експериментальної інформації, що формулюється у вигляді алгебраїчних співвідношень. Основною метою побудови цих моделей є:

- упорядкування або агрегація інформації щодо показників забруднення повітря;
- пошук, кількісна оцінка та змістовна інтерпретація причинно-наслідкових зв'язків між рівнем забруднення атмосфери та кількістю викидів від джерел забруднення;
- ідентифікацію параметрів розрахункових рівнянь, їх зміну в часі і просторі.

Модель розподілу побудована на площинні **600м×600м з кроком 50м**, центром координат обрано точки по  $x$  0м по  $y$  0м. Для кожного вузла координатної площини обрано напрям вітру відповідно до джерел, які впливають на дану точку координат, середня швидкість вітру для даного регіону становить **7 – 8 м/с**.

Для побудови моделі використано наступні дані:

- організованих джерел викиду – висота, об'ємна витрата та швидкість вітру в залежності від висоти (для високих джерел від 4м – найбільша швидкість вітру, для низьких джерел менше 4м – найнижча швидкість вітру, характерна для даної місцевості);
- неорганізованих джерел викиду – розрахункові значення масової об'ємної витрати та швидкість вітру для низьких джерел викиду.

На рис. 2 – наведені зони розповсюдження викидів діоксиду азоту, оксиду вуглецю, діоксиду сірки, твердих суспендованих частинок, та значення в частках ГДК на санітарно-захисній зоні (300 м). Розподіл концентрацій забруднюючих речовин виконувався за допомогою програми «ЕОЛ+» (версія 5.23).

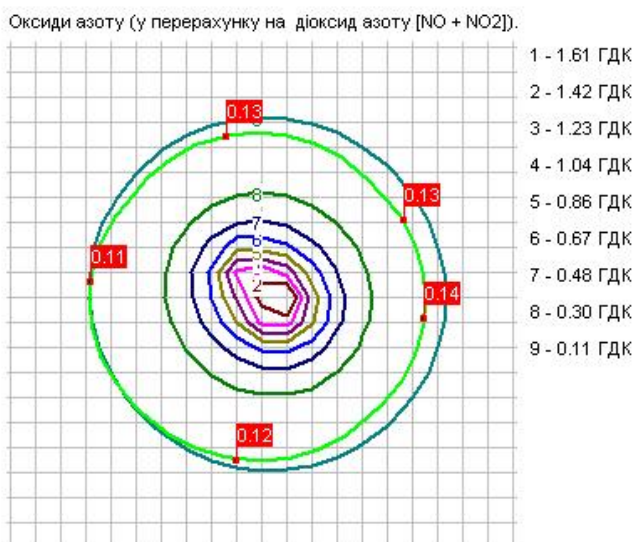


Рис. 2 – Зони розповсюдження викидів діоксиду азоту

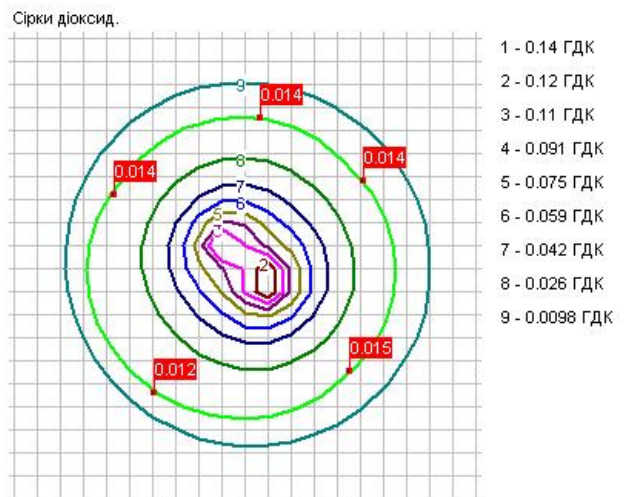


Рис. 3 – Зони розповсюдження викидів діоксиду сірки

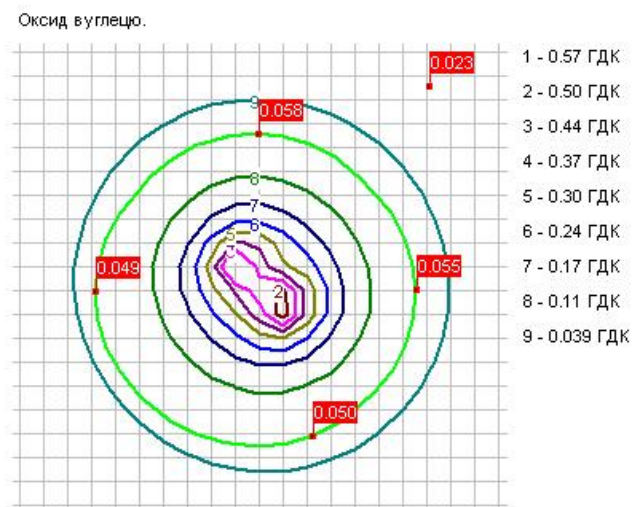


Рис. 4 – Зони розповсюдження викидів оксиду вуглецю

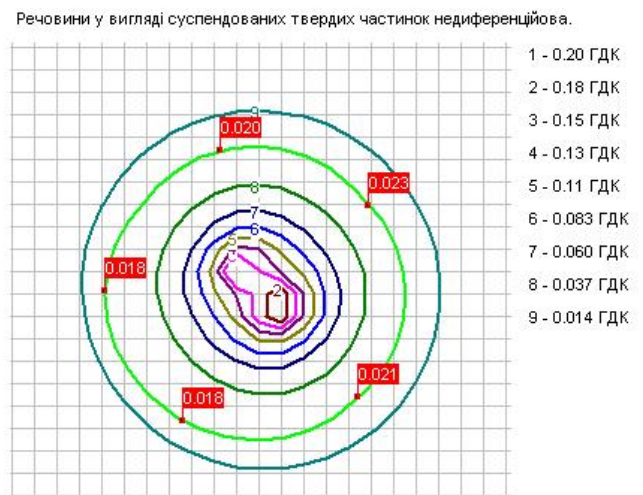


Рис. 5 – Зони розповсюдження викидів твердих суспендованих частинок

Показники часток ГДК відповідають дев'яти зонам розташування, яких залежить від рівня концентрацій забруднюючих речовин у приземному шарі. Встановлено, що максимальна концентрація на межі СЗЗ, для оксиду вуглецю становить – 0,058 ГДК, діок-

сину азоту – 0,14 ГДК, діоксину сірки – 0,014 ГДК, твердих суспендованих частинок – 0,023 ГДК. Відповідно отриманих результатів перевищення значення часток ГДК на межі санітарно-захисної зони відсутні.

**Інструментальні засоби контролю викидів піролізного виробництва.** На даний час в Україні

серійно випускаються прилади для інспекційного контролю викидів дахових котельень по усьому спектру компонентів, що викидаються котлами [9, 10]. В табл. 1 наведені технічні характеристики переносного газоаналізатора типу ОКСИ, як найбільш ефективного і типового переносного приладу для контролю викидів з котлів-утилізаторів.

Таблиця 1 – Технічні характеристики газоаналізатора ОКСИ-5М

Газовий компонент	Діапазон вимірювань	Інтервал діапазону вимірювань	Межа допустимих похибок	
			абсолютна	Відносна
O <sub>2</sub>	0 – 21 %	–	± 0,2 %	–
CO	0 – 5000 млн <sup>-1</sup>	0 – 200 млн <sup>-1</sup>	± 10 млн <sup>-1</sup>	–
		200 – 5000 млн <sup>-1</sup>	–	± 5 %
NO	0 – 2000 млн <sup>-1</sup>	0 – 200 млн <sup>-1</sup>	± 20 млн <sup>-1</sup>	–
		200 – 2000 млн <sup>-1</sup>	–	± 10 %
NO <sub>2</sub>	0 – 300 млн <sup>-1</sup>	–	± 10 млн <sup>-1</sup>	–
SO <sub>2</sub>	0 – 5000 млн <sup>-1</sup>	0 – 200 млн <sup>-1</sup>	± 10 млн <sup>-1</sup>	–
		200 – 5000 млн <sup>-1</sup>	–	± 5 %
Температура газу	0 – 1000°	0 – 100°	± 1°	–
		100 – 1000 °	–	± 0,5 %
Тиск газу P*)	– 1000 – 7000 Па	шкала - 1 Па	–	0,5 % (привед.)

Час виходу газоаналізатора на робочий режим не більше 60 с

Прилад серії ОКСИ призначений для еколого-теплотехнічних вимірювань об'ємної концентрації кисню O<sub>2</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub> і SO<sub>2</sub> в димових газах і в повітрі, температури димових газів (Т), а також отримання розрахунковим шляхом концентрації діоксиду вуглецю CO<sub>2</sub>, коефіцієнта надлишку повітря і до коефіцієнта корисної дії з попередньою установкою CO<sub>2max</sub> для обраного виду палива, з літерною і цифровою індикацією величини вимірюваних параметрів на рідкокристалічному індикаторі (PKI), з можливістю запам'ятовування до 250 результатів вимірювань. Зв'язок з комп'ютером по RS 232, програмне забезпечення. Газоаналізатори являють собою переносні автоматичні мікропроцесорні прилади безперервної дії і виготовляються для потреб народного господарства. Область застосування: газоаналізатори необхідні для фахівців при технічному обслуговуванні, ремонті і налагодженні паливоспалюючих обладнання.

### Висновки

1. В Україні зареєстровано близько 11млн. автотранспортних засобів відповідно через 5–6 років стане проблема утилізації 50-60млн. шт. шин. В більшості країн шини розглядають, як важливий вторинний ресурс, що має різноманітні сфери застосування: енергетика, дорожнє будівництво, металургія, виробництво палива і хімічних речовин і т.д.

2. Розглянуто технологію та обладнання піролізної технології переробки шин визначено, що час роботи обладнання становить 4000 год/рік, кількість джерел викидів – 20, з них неорганізованих 1, висота джерел викидів коливається від 2 м до 4,2 м, швидкість вітру по сторонам світу має середнє значення у 8 м/с.

3. Проаналізовано методики розрахунку викидів від робіт котлів утилізаторів на дільниці термічної обробки сировини, резервуарів зберігання рідкої фракції, та дільниці зберігання твердого залишку, також під час розрахунку не враховується багато параметрів

таких як щільність забудови, через це похибка становить 10–15 %.

4. Проведено визначення викидів концентрацій діоксиду азоту, оксиду вуглецю, діоксиду сірки, твердих суспендованих частинок, від кожного джерела на основі прямих вимірювань на підприємстві піролізного перероблення шин та валових викидів по розрахунковим методикам. На базі розрахунків побудовано розповсюдження викидів на місцевості.

5. Створено математичну модель розподілу викидів забруднюючих речовин підприємства з піролізного перероблення шин з врахуванням швидкості вітру відповідно до параметрів організованих та неорганізованих джерел викиду. Встановлено, що максимальна концентрація на межі СЗЗ, для оксиду вуглецю становить – 0,058 ГДК, діоксину азоту – 0,14 ГДК, діоксину сірки – 0,014 ГДК, твердих суспендованих частинок – 0,023 ГДК.

### Список літератури:

1. Анализ технологий переработки автошин [Електронний ресурс]. – Справочно-информационная система. – Режим доступу: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=140>
2. В Україні правильно утилізується лише 10 % автомобільних шин [Електронний ресурс]. – EcoTown. – Режим доступу: <http://ecotown.com.ua/news/V-Ukrayini-pravlyno-utylyzuyetsya-lyshe-10-avtomobilnykh-shyn/>
3. Pererobka [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pererobka.com>
4. Кужель, В. П. Ресурсозбереження за рахунок повторного використання автомобільних шин [Текст]: XLV Науково-технічна конференція факультету машинобудування та транспорту / В. П. Кужель, С. В. Мотолов. Вінницький національний технічний університет, 2016. – 4 с.
5. Переработка автомобильных шин методом низкотемпературного пролиза [Електронний ресурс]. – Первый экологический портал. – Режим доступа: [http://www.rav.com.ua/useful\\_know/nature/sorting/piroliz/](http://www.rav.com.ua/useful_know/nature/sorting/piroliz/)
6. Показники емісії викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Друга редакція [Текст] Донецьк, 2008. – Т. 1–3.
7. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами [Текст] Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 162 с.

8. Сборник методик по расчету содержания загрязняющих веществ в выбросах от неорганизованных источников загрязнения атмосферы [Текст] Донецьк: УкрНТЭК, 1994. – 155 с.
9. Приміський, В. П. Стан та перспективи розвитку полум'яно-іонізаційного методу для вимірювання концентрації вуглеводнів [Текст] / В. П. Приміський, А. В. Жужа // Метрологія та прилади. – 2013. – № 2. – С. 45–52.
10. Приміський, В. П. Особливості застосування і контролю відповідності технологічних нормативів викидів в промисловості [Текст] / В. П. Приміський, В. М. Івасенко, Д. Г. Корнієнко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 3, № 1 (69). – С. 8–15. doi:10.15587/1729-4061.2014.24973
1. Analyz tehnologyj pererabotky avtoshy'n. Spravochno-y'nformacy'onnyaya sy'stema. Available at: <http://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=140>
2. V Ukraini pravu'Г no uty' lizuyet'sya ly'she 10% avtomobil'ny'h shy'n. EcoTown. Available at: <http://ecotown.com.ua/news/V-Ukrayini-pravylno-utylizuyetsya-lyshe-10-avtomobilnykh-shyn/>
3. Pererobka. Available at: <http://pererobka.com>
4. Kuzhel', V. P., Motolov, S. V. (2016). Resursozberezhennya za rahunok povtornogo vy'kory'stannya avtomoby'Гny'h shy'n. XLV Naukovo-tehnichna konferenciya fakul'tetu mashy'nobuduvannya ta transportu. Vinny'cz'ky'j nacional'ny'j tehnicny'j univ'ersy'tet, 4.
5. Pererabotka avtomobil'nyh shin metodom nizkotemperaturnogo proliza. Pervyj ekologichskij portal. Available at: [http://www.rav.com.ua/useful\\_know/nature/sorting/piroliz/](http://www.rav.com.ua/useful_know/nature/sorting/piroliz/)
6. Pokazny'ky' emisii vy'ky'div zabrudnyuyuchy'h rehovoy'n v atmosferne povitrya. Druga redakciya (2008). Donec'k, 1–3.
7. Sbornik metodik po raschetu vybrosov v atmosferu zagraznjajushhih veshhestv razlichnymi proizvodstvami (1986). Leningrad: Gidrometeoizdat, 162.
8. Sbornik metodik po raschetu soderzhanija zagraznjajushhih veshhestv v vybrosah ot neorganizovannyh istochnikov zagraznenija atmosfery (1994). Donec'k: UkrNTJeK, 155.
9. Pry'mis'ky'j, V. P., Zhuzha, A. V. (2013). Stan ta perspekty'vy' rozvy'tku polum'jano-ionizacijnogo metodu dlya vy'miryuvannya koncentraciyi vuglevodniv. Metrologiya ta pry'lady', 2, 45–52.
10. Pry'mis'ky'j, V. P., Ivashenko, V. M., Korniyenko, D. G. (2014). Osobly'vosti zastosuvannya i kontrolyu vidpovidnosti tehnologichny'h normaty'viv vy'ky'div v promy'slovosti. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3/1 (69), 8–15. doi:10.15587/1729-4061.2014.24973

**Bibliography (transliterated):**

Поступила (received) 14.01.2016

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Дослідження методів розрахунків і інструментальний контроль викидів при піролізній переробці шин/ М. Т. Клімишина// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.116–122. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Исследование методов расчетов и инструментальный контроль выбросов при пиролизной переработке шин/ М. Т. Климишина// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 4(1176). – С.116–122. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.**

**Researching methods of calculation and instrumental control emissions during tire pyrolysis recycling/ М. Klimishyna// Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 4 (1176). – P. 116–122. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Клімишина Марія Тарасівна** – ведучий спеціаліст, науково-виробничої компанії ТОВ «АВТОЕКОПРИЛАД», вул. Межигірська, 82А, м. Київ, Україна, 04080; e-mail: [mklimishyna@gmail.com](mailto:mklimishyna@gmail.com).

**Климишина Мария Тарасовна** – ведущий специалист, научно-производственной компании ООО «АВТОЭКОПРИБОР», ул. Межигорская, 82А, г. Киев, Украина., 04080; e-mail: [mklimishyna@gmail.com](mailto:mklimishyna@gmail.com).

**Klimishyna Mariia** – the leading specialist in the scientific group LTD "AVTOEKOPRYLAD" street Mezhygorskaya, 82A, Kyiv, Ukraine, 04080; e-mail: [mklimishyna@gmail.com](mailto:mklimishyna@gmail.com).

УДК 517.95

**Ю. Є. КЛИМЮК****ПРОГНОЗУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ БАГАТОШАРОВИХ ШВИДКИХ ФІЛЬТРІВ З КУСКОВО-ОДНОРІДНИМИ ПОРИСТИМИ ЗАВАНТАЖЕННЯМИ**

Запропоновано просторову математичну модель для прогнозування процесу доочистки води від багатокомпонентних домішок у багатошарових швидких фільтрах з кусково-однорідними пористими завантаженнями при додержанні сталої швидкості фільтрації. Отримано алгоритм числово-асимптотичного наближення розв'язку відповідної нелінійної сингулярно-збуреної крайової задачі. Запропонована модель дозволяє шляхом проведення комп'ютерних експериментів отримати оптимальні варіанти використання фільтрувальних матеріалів та збільшення тривалості роботи фільтрів за рахунок вибору їх форми і висоти шарів.

**Ключові слова:** математична модель, процес доочистки води, багатокомпонентна домішка, багатошаровий швидкий фільтр.

Предложено пространственную математическую модель для прогнозирования процесса доочистки воды от многокомпонентных примесей в многослойных скорых фильтрах с кусочно-однородными пористыми загрузками при соблюдении постоянной скорости фильтрации. Получен алгоритм численно-асимптотического приближения решения соответствующей нелинейной сингулярно-возмущенной краевой задачи. Предложенная модель позволяет путем проведения компьютерных экспериментов получить оптимальные варианты использования фильтрующих материалов и увеличения продолжительности работы фильтров за счет выбора их формы и высоты слоев.

**Ключевые слова:** математическая модель, процесс доочистки воды, многокомпонентная добавка, многослойный быстрый фильтр.

© Ю.Є Климюк, 2016