

ВИМІРЮВАННЯ ВИКИДІВ ЗОЛИ УСТАНОВКИ ПО СПАЛЮВАННЮ РАДІОАКТИВНО-ЗАБРУДНЕНОЇ ДЕРЕВИНИ

Івасенко В. М., Швайко В. В., Кулик Н. В., Гаврилюк В. В.,

1. Вступ

На сьогоднішній день великою проблемою в сфері забруднення, особливо повітряного басейну є горіння лісів. Відбувається забруднення навколишнього середовища токсичними продуктами горіння (викиди шкідливих хімічних речовин в приземний шар атмосфери, задимленість). Ерозія ґрунтів, зменшення річкового стоку, опустелювання земель – усе це є наслідком лісової пожежі. Спостерігається порушення природного вуглецевого циклу, підвищення концентрації діоксиду вуглецю і, як наслідок, внесок в глобальне потепління клімату.

Актуальною проблемою є забруднені радіацією ліси Чорнобильської зони, тому що під час лісової пожежі в повітря потрапляють забруднені радіоактивні продукти горіння радіоактивного-зараженої деревини. А далі з вітром відбувається вторинне перенесення на інші території і їх забруднення. Однак на сьогоднішній день з'явилися методи впливу на цю ситуацію. А саме, інсинераторна установка, яка призначена для спалювання деревини, в тому числі радіоактивно-забрудненої в Чорнобильській зоні відчуження і збирання радіоактивно-зараженої золи пилогазоочисним устаткуванням (ПГОУ).

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є ефективність роботи пилогазоочисного устаткування з видалення забруднених продуктів згоряння з димових газів інсинераторної установки.

Зменшення обсягів сухого лісу в Чорнобильській зоні відчуження направлено на зменшення ризику виникнення пожеж в регіоні і запобігання радіоактивного забруднення продуктами згоряння радіоактивно-забрудненої деревини. Для цього, згідно контракту з Європейською Комісією в рамках проекту «Технічне переоснащення промислової будівлі під встановлення експериментальної установки для спалювання деревини м. Чорнобиль по вул. Кірова, 42» на території Чорнобильської зони було встановлено інсинератор. Інсинератор являє собою опалювальний водогрійний котел моделі КВм(а)-2,0 з механізованим спалюванням палива.

В рамках проекту випробувані і впроваджені існуючі сучасні технології спалювання деревини, технології поводження з радіоактивно-забрудненого золюю і видалення забруднених продуктів згоряння з димових газів.

Один з найбільш проблемних місць об'єкта дослідження полягає у тому, що при видаленні забруднених продуктів згоряння (золи) з димових газів ефективність роботи пилогазоочисного устаткування повинна забезпечувати концентрації золи до 4 мг/м^3 у викидах інсинераторної установки.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є експериментальне дослідження кількості викидів золи, що відбувається при контрольованому спалюванні сухого ліса Чорнобильської зони відчуження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести вимірювання концентрації золи у викидах інсинераторної установки.
2. Порівняти отримане значення концентрації з вимогами Європейського Союзу до димових газів даної інсинераторної установки.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Оцінка наслідків радіоактивних викидів для лісового господарства, та обговорення поводження і утилізації радіоактивних відходів розглядалися у роботах [1–3]. Установки, які призначені для спалювання відходів, – інсинератори були широко поширені в світі ще у 50-их та 60-их рр. [4]. А використання комерційних сміттєспалюючих установок для зменшення обсягів радіоактивно забруднених горючих відходів вперше запропоновано в 1964 р. [5, 6]. Авторами [7, 8] показані технології ліквідації небезпечних відходів і заражених лісів, при яких викиди установок спалювання повинні містити мінімальну кількість зараженої золи. В роботах [9, 10] описано, що для зменшення викидів забруднюючих речовин димові гази піддаються очистці. При цьому існує проблема в розробці методів та засобів очистки димових газів, що забезпечать найменші значення викидів золи у димових газах.

На основі проведеного аналізу є практично необхідним визначення ефективності очистки димових газів при використанні інсинераторних установок типу КВм(а)-2,0. Це додатково може надати користний експериментальний матеріал для подальших теоретичних узагальнень.

5. Методи дослідження

Дослідження проводились у м. Чорнобиль, Україна на інсинераторній установці, яка обладнана системою очистки газових потоків і включає грубу та тонку очистку (рис. 1). Застосування двоступеневої очистки дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії пилогазоочисного устаткування та зменшити викиди радіаційної золи. Принципова схема установки наведена на рис. 2.

Першим ступенем очистки являється група циклонів типу ЦП-15, що встановлені за котлом і призначені для грубої очистки сухих газів від частинок пилу розміром більше 10 мкм з ефективністю 85–98 %. Другим ступенем очистки виступає група рукавних фільтрів, встановлені між групою циклонів і димососом. Рукавний фільтр являє собою пиловловлююче устаткування сухого типу, який використовується для очищення пилогазоповітряної суміші і відрізняється високим ступенем ефективності 95–99,5 %. Ввесь вловлений попіл видаляється за допомогою скребкового конвеєра в 200 літровий контейнер для зберігання.



Рис. 1. Інсинераторна установка для спалювання, радіоактивно-забрудненої деревини з видалення забруднених продуктів згоряння з димових газів

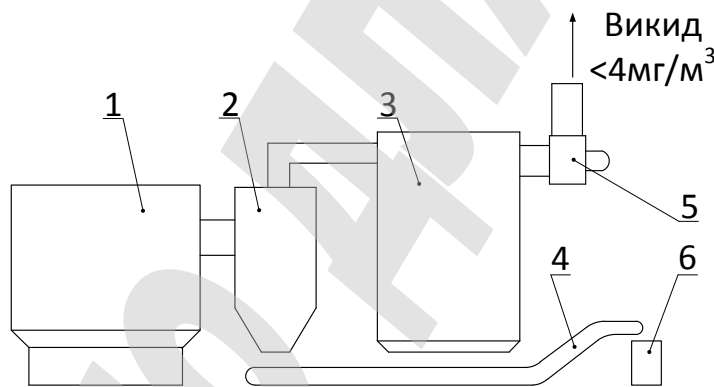


Рис. 2. Принципова схема інсинераторної установки:

1 – інсинератор деревини КВм(а)-2,0; 2 – група циклонів типу ЦП-15; 3 – група рукавних фільтрів; 4 – скребковий конвеєр; 5 – димосос; 6 – 200 літровий контейнер для зберігання

Така конструкція газоочисного устаткування визначена вимогами Європейського Союзу до вмісту попелу в димових газах, що викидаються від установки. Згідно цих вимог, фільтрація димових газів повинна забезпечувати викиди концентрації золи до 4 мг/м^3 , що значно жорсткіше вимог Українського законодавства. Відповідно до Наказу № 309 Мінекології від 27.06.2006 «Про затвердження нормативів гранично допустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел» масова концентрація суспендованих твердих час-

тинок недиференційованих за складом не повинна перевищувати 150 мг/м^3 при величині масової витрати менше або рівній $0,5 \text{ кг/год}$.

З метою підтвердження відповідності встановлених вимог Європейського Союзу до димових газів, що відходять, були проведені експериментальні вимірювання під час роботи інсинераторної установки.

Вимірювання проводились відповідно МВВ № 081/12-0161-05. Це забезпечує виконання вимірювань масової концентрації пилу в організованих викидах промислових стаціонарних джерел у діапазоні від 1 до 10000 мг/м^3 включно із границями сумарної відносної похибки, $\delta \pm 15 \%$, що відповідає вимогам РД 52.04.59.

Дана методика вимірювання масової концентрації ґрунтується на гравіметричному вимірюванні маси пилу. Пил накопичується фільтруючим матеріалом при відборі проб за умови дотримання швидкостей газопилового потоку в точці відбору проби та в забірному отворі змінного наконечника (умова ізокінетичності). Умова ізокінетичності реалізується із застосуванням зонду з відповідним діаметром змінного наконечника та відбором проб із розрахованою об'ємною витратою газу.

6. Результати дослідження

На початку проводили вимірювання параметрів газопилового потоку: швидкості (ГОСТ 17.2.4.06-90), вологості (ГОСТ 17.2.4.08-90), статичного тиску та температури газопилового потоку (ГОСТ 17.2.4.07-90). У ході експериментальних досліджень температура газопилової суміші не перевищувала $100 \text{ }^\circ\text{C}$, тому що у якості фільтруючого елемента використовувався фільтрувальний матеріал – тканина лавсанова фільтрувальна арт. 860316, ТУ 17 РСФСР 8653-75.

Вимірявши швидкість потоку в точках відбору проб, та підібравши відповідні, наконечник, зібраний зонд вводили в газохід. На ротаметрі аспіраційного пристрою встановили об'ємну витрату газопилового потоку та вимірювали температуру і розрідження газопилового потоку перед ротаметром. Одночасно барометром-анероїдом вимірювали атмосферний тиск.

Встановлено параметри газопилового потоку: температура – $85 \text{ }^\circ\text{C}$, швидкість – $7,24 \text{ м/с}$, об'ємна витрата – $1,55 \text{ м}^3/\text{с}$. Температура навколишнього середовища $+25 \text{ }^\circ\text{C}$, атмосферний тиск 755 кПа .

Тривалість відбору однієї проби становила 20 хв. По закінченні часу відбору проби дістали зонд із газоходу. Після виконували заміну фільтра для наступного відбору. Було проведено 5 відборів проб.

Використані фільтри згортали навпіл запиленою стороною всередину, складали у пакет із кальки, який, в свою чергу, вкладали у поліетиленовий пакет. Після висушували, вимірювали маси фільтруючих елементів із відібраними пробами пилу та контрольні фільтри. Отримані результати дозволили визначити концентрацію і масову витрату пилу на виході з димової труби.

Розрахунок запиленості газопилового потоку (ρ_v , мг/м^3), виміряної в перерізу газоходу, робився за формулою:

$$\rho_B = \frac{(m_2 - m_1 \pm m_x) \cdot 1000}{V_o} \cdot 1000, \quad (1)$$

де m_2 – маса фільтруючого елемента після відбору проби, г;

m_1 – маса фільтруючого елемента до відбору проби, г;

m_x – маса холостої проби, г;

V_o – об'єм відібраної проби газу, зведений до нормальних умов, дм^3 .

Результати проведеного вимірювання зведено у табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювання вмісту золи у викидах інсинераторної установки
м. Чорнобиль, Україна

Назва джерела утворення забруднюючої речовини	Місце відбору проб та діаметр перерізу газоходу, м	Параметри газопилового потоку (у місці відбору проб)			Назва забруднюючої речовини	№ проби	Масова концентрація забруднюючої речовини, $\text{мг}/\text{м}^3$	Масова витрата викиду забруднюючої речовини, $\text{г}/\text{с}$
		Температура t_f , $^{\circ}\text{C}$	Швидкість, V , м/с	Об'ємна витрата, q_{v0} , $\text{м}^3/\text{с}$				
Інсинератор для спалювання дерева	Після ГОУ, $D=0,6$ м	85	7,24	1,55	Речовини у вигляді	1	3,76	0,005828
					суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом	2	3,12	0,004836
						3	3,56	0,005518
						4	3,45	0,005348
						5	3,34	0,005177

За результатами проведених вимірювань роботи пилогазоочисного устаткування (табл. 1) виявлено, що максимальна концентрація золи становила $3,76 \text{ мг}/\text{м}^3$ при масовій витраті $0,020981 \text{ кг}/\text{год}$, що відповідає поставленим вимогам.

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Випробувана технологія дозволить зменшити викиди радіоактивно-забрудненої золи в атмосферне повітря. Це забезпечується завдяки застосуванню двоступеневої очистки, а саме групи циклонів ЦП-15 та група рукавних фільтрів. При цьому очікуваний ефект очистки забезпечує концентрацію золи у викидах домової труби менше $4 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Weaknesses. Рукавний фільтр пиловловлюючого устаткування з часом потребує заміни, що призводить до збільшення вартості експлуатації. Періодичність заміни рукавних фільтрів при максимальній завантаженості установи становить 1 рік. Орієнтовна вартість фільтрів 1500 дол . Постійна та періодична потреба в заміні фільтрів та фінансових затратах може бути серйозною перешкодою в дотриманні вимог до вмісту попелу в димових газах, що викидаються від установи.

Opportunities. Вагомою можливістю є використання теплової енергії інсинераторної установки для нагрівання води та обігріву житлових приміщень, так як установка побудована на основі опалювального водогрійного котла КВм(а)-2,0. Відповідно даних виробника теплова потужність котла становить 2000 кВт, а площа приміщення, яке можливо опалювати 20000 м³.

Threats. Вловлена радіоактивно-заражена зола потребує подальшого поводження з відходами, а саме зберігання на полігоні низько- та середньоактивних ядерних відходів «Вектор», що відповідає постанові Кабінету Міністрів України № 480 від 29.04.1996 «Деякі питання поводження з радіоактивними відходами».

8. Висновки

1. Проведені експериментальні вимірювання дозволили підтвердити ефективність роботи пилогазоочисного устаткування з видалення забруднених продуктів згоряння з димових газів і дозволяє досягти виконання вимог до концентрації золи до 4 мг/м³, у викидах інсинераторної установки.

2. Сучасна установка по спалюванню радіоактивно-забрудненої деревини, що обладнана системою безпилового (сухого) видалення золи з котла і системою безпилового кондиціонування радіоактивно-забрудненої золи, повністю відповідає вимогам чинного українського та європейського законодавства. Тобто досягнуто виконання вимог до викидів інсинераторної установки за концентрацією золи до 4 мг/м³.

3. Досліджувана установка відіграє важливу роль в скороченні викидів та зменшенню екологічного навантаження регіону та підвищенні екологічної безпеки України.

Література

1. Belarus – Forestry Sector Development Project: environmental assessment of radiological consequences for forestry in contaminated areas of the Republic of Belarus (Vol. 5) [Electronic resource]: Final report: fire management mission // World Development Sources, WDS 1997-2. – Belarus: Government of Belarus. – Available at: <http://documents.worldbank.org/curated/en/571081468206692053/Final-report-fire-management-mission>

2. Szekely, J. G. Environmental assessment of radiological consequences for forestry in contaminated areas of the republic of Belarus [Text]: Consultant report to the World Bank / J. G. Szekely, B. D. Amiro, L. R. Rasmussen, B. Ford. – Washington, USA, January 1994. – 57 p.

3. Dusha-Gudym, S. I. Forest Fires on radionuclide contaminated territories. Guarding and protection of forest, mechanization, using of forest [Text] / S. I. Dusha-Gudym // Revue Information. – 1993. – No. 9. – P. 1–50.

4. Halverson, M. Combustion aerosols formed during burning of radioactively contaminated materials: Experimental results [Text] / M. Halverson, M. Ballinger, G. Dennis. – Office of Scientific and Technical Information (OSTI), 1987. – 59 p. doi:[10.2172/6900062](https://doi.org/10.2172/6900062)

5. McCabe, L. C. Wood-Burning Incinerators ATMOSPHERIC POLLUTION [Text] / L. C. McCabe // Industrial & Engineering Chemistry. – 1952. – Vol. 44, No. 4. – P. 111A–114A. doi:[10.1021/ie50508a008](https://doi.org/10.1021/ie50508a008)

6. Glauberman, H. The Use of Commercial Incinerators for the Volume Reduction of Radioactively Contaminated Combustible Wastes [Text] / H. Glauberman, P. Loysen // Health Physics. – 1964. – Vol. 10, No. 4. – P. 237–241. doi:[10.1097/00004032-196404000-00003](https://doi.org/10.1097/00004032-196404000-00003)

7. Silcox, G. D. Hazardous Waste Incinerators [Text] / G. D. Silcox, J. S. Lighty, M. E. Keener // Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. – John Wiley & Sons, Inc., 2004. doi:[10.1002/0471238961.0914030904090513.a01.pub2](https://doi.org/10.1002/0471238961.0914030904090513.a01.pub2)

8. Greben'kov, A. J. Possible technologies for Belarus forest site remediation after Chernobyl accident [Text] / A. J. Greben'kov, A. Jouve, I. V. Rolevich, I. A. Savushkin // Proceedings of Spectrum 94 Nuclear and Hazardous Waste Management International Topical Meeting. – Atlanta, USA: American Nuclear Society, 1994. – Vol. 3. – P. 1640–1644.

9. Flue gas cleaning for incinerators [Text] // Filtration & Separation. – 1996. – Vol. 33, No. 3. – P. 178. doi:[10.1016/s0015-1882\(96\)90781-8](https://doi.org/10.1016/s0015-1882(96)90781-8)

10. Operating experience with filter bags in flue gas cleaning on refuse incinerators // Filtration & Separation. – 1995. – Vol. 32, No. 1. – P. 27–30. doi:[10.1016/s0015-1882\(97\)84007-4](https://doi.org/10.1016/s0015-1882(97)84007-4)