



**ЗБІРНИК
НАУКОВИХ
ПРАЦЬ**

**XVII
МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**“ПРОБЛЕМИ
ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ”**

**Україна, Кременчук,
02-04 жовтня, 2019**

ЗМІСТ

Управління системою екологічної безпеки інвестиційних процесів	
<i>Адаменко Я. О.</i>	6
Методологія екологічної оцінки стічної води вугільних шахт	
<i>Босак П. В., Попович В.В.</i>	13
Об'ємна конфігурація забруднення ґрунтів хлорорганічними пестицидами та новий спосіб ремедіації земель	
<i>Катков М. В.</i>	18
Прогнозування витікання нафти через дефектні отвори	
<i>Кривенко Г.М., Керкер В.В.</i>	22
Система інженерних та управлінських рішень екологічної безпеки гірських екосистем як основа регіонального сталого розвитку	
<i>Масікевич А.Ю., Колотило М.П., Яремчук В.М., Лаков П.М., Масікевич Ю.Г.</i>	26
Сучасні підходи до підвищення екобезпеки промислових підприємств	
<i>Матухно О.В., Сибір А.В., Тютюренко М.В.</i>	30
Утилізація відходів травлення друкованих плат та гальваніки	
<i>Нестер А.А.</i>	35
Оценка снижения токсичности дымовых газов при использовании топливно-водородных смесей	
<i>Евстигнеев Ю. В., Лейбович Л.И., Пацурковский П.А.</i>	39
Природоохоронні технології переробки рідких відходів коксохімічного виробництва у кондиційні органічні в'язучі	
<i>Ляшок Я.О., Подкопаєв С.В., Повзун О.І., Калиниченко В.В.</i>	43
Технологія інтерактивного (динамічного) та кінематичного геоінформаційного картографування системи управління регіональною екологічною безпекою	
<i>Шевченко Р.Ю.</i>	47
Природно-антропогенні ландшафти м. Києва: тренди трансформації	
<i>Шевченко Р.Ю.</i>	51
Управління екологічною безпекою агропромислового комплексу шляхом застосування отриманих із відходів сорбентів	
<i>Шмандій В.М., Харламова О.В., Ригас Т.С., Лікаркіна А. С.</i>	56
Изучение зависимости токсического эффекта от времени контакта токсиканта с культурой водоросли	
<i>Крайнюков А.Н., Крищицкая И.А.</i>	59
Методика оцінювання рівня екологічної безпеки автотранспортних підприємств	
<i>Коломієць С.В.</i>	64
Розробка універсальної системи екологічного контролю двигунів і котелень	
<i>Полив'янчук А.П., Каслін О.І., Скурідина О.О., Кулік А.С., Щербак О.М.</i>	68
Підвищення раціональності використання теплової енергії системами опалення будівель впровадженням в них технології «Розумний будинок»	
<i>Полив'янчук А.П., Романенко С.В., Семененко Р.А., Семененко Л.В., Жидкова І.Є.</i>	74
Застосування програмного комплексу Soundplan для моделювання акустичної обстановки і поширення мінеральних речовин, створюваних автомобільним транспортом.	
<i>Поліщук Д. В., Шелудченко Л.С.</i>	80
Дослідження процесу компостування харчової суміші з використанням мікробіологічної добавки «Байкал ем»	
<i>Соколова В.І., Сагдєєва О.А., Крусір Г.В.</i>	84

РОЗРОБКА УНІВЕРСАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ДВИГУНІВ І КОТЕЛЕНЬ

*А.П. Полив'ячук, д.т.н., проф., О.І. Каслін, О.О. Скурідіна, Кулік А.С., Щербак О.М.
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, 61002, Україна. E-mail: armail@meta.ua*

Наведено опис експериментального зразка універсальної системи екологічного діагностування транспортних двигунів і котельних установок, розробленої фахівцями Харківського національного університету міського господарства ім. О.М. Бекетова. Відзначено відмінні властивості цієї системи: універсальність, багатофункціональність, компактність, мобільність, простота в експлуатації, високі ступінь автоматизації та інформативність одержуваних результатів, можливість використання в науково-дослідній та у навчальній сферах. Розглянуто: структуру, склад та функціональні можливості основних модулів цієї системи: 1) вимірювального; 2) тестувально-демонстраційного; 3) лабораторного. Систематизовано методи і методики, що дозволяють визначати і аналізувати показники, що характеризують хімічні і фізичні забруднення навколишнього середовища транспортними двигунами і котельнями. Представлені результати експериментального відпрацювання створеної системи на натурних об'єктах: двигунах легкового - ВА3-21081, і вантажного - 4ЧН12/14 автомобілів, газових - ДКВР-20/13, АОГВ-100Е, твердопаливному - КЧ-М-2М-4 котлах.

Ключові слова: транспортні двигуни, котельні, забруднювачі, екологічне діагностування, універсальність.

Вступ. Екологічність є одним з найбільш важливих показників якості сучасних транспортних двигунів (ТД) і котельних установок (КУ), що обумовлено значним негативним впливом хімічного та фізичного характеру цих об'єктів на довкілля. Сумарна частка у забрудненні атмосферного повітря міського середовища комунальними КУ та транспортними ДВЗ досягає 90%. Систематичні викиди забруднюючих речовин з димовими газами котелень та відпрацьованими газами двигунів призводять до погіршення показників якості навколишнього середовища (НС), підвищення канцерогенної небезпеки та виникнення регіональних і глобальних екологічних проблем. У зв'язку з цим створення систем екологічного діагностування ТД і КУ, які дозволяють ефективно оцінювати вплив цих об'єктів на довкілля, є актуальним напрямком досліджень.

До найбільш значимих властивостей систем екологічного діагностування ТД і КУ слід віднести:

- універсальність – можливість використання на моторних і безмоторних випробувальних стендах, натурних об'єктах, різних за типом і призначенням;
- багатофункціональність – можливість одночасного визначення показників хімічних та фізичних забруднень НС, зокрема викидів у атмосферу забруднюючих речовин (ЗР) і парникових газів, акустичні і теплові забруднення, вібрації, ін.;
- забезпечення регламентованої точності вимірювань при меншій ніж у аналогів вартості обладнання;
- компактність, мобільність та зручність у експлуатації;
- забезпечення можливості тривалої автономної роботи без використання електричних мереж;
- висока інформативність отриманих результатів;
- інноваційність впроваджених технологічних та технічних рішень;
- здатність до удосконалення – підвищення ефективності та розширення виконуваних функцій;
- забезпечення можливості наочної демонстрації принципу дії обладнання у навчальному процесі.

Мета роботи полягала в створенні та експериментальному відпрацюванні автоматизованої універсальної системи екологічного діагностування транспортних двигунів та котельних установок

різного призначення за показниками, що характеризують матеріальні і фізичні забруднення НС. Для цього були вирішені наступні **завдання**: 1) створення експериментального зразка універсальної системи екологічного діагностування ТД і КУ; 2) систематизація методик визначення екологічних показників ТД і КУ, які характеризують хімічні та фізичні забруднення НС; 3) експериментальне відпрацювання універсальної системи екологічного діагностування ТД і КУ на натурних об'єктах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Найбільш чутливим і точним обладнанням для визначення концентрацій та викидів ЗР, що утворюються при згорянні вуглеводних палив, є розбавляючі тунелі, які використовуються при проведенні екологічної сертифікації автомобільних та інших транспортних ДВЗ [1]. Це обумовлено тим, що серед різних типів ТД і КУ автомобільні двигуни характеризуються найнижчими допустимими рівнями концентрацій ЗР у ВГ, які за останні 15 років – при переході від норм EURO-3 до EURO-6 зменшилися у 2,5...10 разів [2]. Також тунелі характеризуються високою швидкістю та здатні вимірювати масові та питомі викиди ЗР з ВГ при випробуваннях ДВЗ за їздовими та транзйентними циклами [3]: New European Driving Cycle (NEDC), European Transient Cycle (ETC) та ін.

Серед існуючих типів тунелів найбільш компактним і мобільним та найменш вартісним обладнанням є мікротунелі (МКТ), які характеризуються: діаметром та довжиною трубопроводу розбавлення ВГ – $D \times L - 2,5...4 \text{ см} \times 25...40 \text{ см}$; продуктивністю пробовідбірного насосу – $60...125 \text{ лн/хв.}$; коефіцієнтом розбавлення ВГ – $4...50$. В МКТ для визначення концентрацій ЗР у ВГ (ДГ) використовується метод динамічного розбавлення газової проби повітрям до температури, яка не перевищує $52 \text{ }^\circ\text{C}$ – точку роси важких вуглеводнів, що містяться у продуктах згорання палива [1]. Цей метод дозволяє імітувати природний процес потрапляння ЗР у атмосферу та має такі переваги перед методом прямого вимірювання концентрацій ЗР у ВГ (ДГ): зменшується хімічна активність і температура газової проби та покращуються умови експлуатації пробовідбірного обладнання, діапазони вимірювання

концентрацій ЗР збільшуються пропорційно коефіцієнту розбавлення ВГ (ДГ), розширюється галузь застосування газоаналізаторів. Порівняно з екологічними контролем транспортних ДВЗ аналогічні процедури для КУ є менш складними і передбачають встановлення фактичних рівнів хімічних та фізичних забруднень на регламентованих режимах роботи цих об'єктів. При цьому допустимі значення цих показників також мають тенденцію до зниження [4].

Матеріал і результати досліджень.
Експериментальний зразок універсальної системи екологічного діагностування ТД і КУ створено на основі мікротунелю МКТ-2 – установки для динамічного розбавлення проби ДГ (ВГ) повітрям, що дозволило забезпечити такі властивості цієї системи, як: багатофункціональність, компактність, мобільність, зручність у експлуатації, висока ступінь автоматизації, інформативність результатів.

Основними елементами створеної вимірювальної системи є 3 модулі: вимірювальний, тестувально-демонстраційний та лабораторний.

До складу *вимірювального модулю* входять:

– система динамічного розбавлення проби – мікротунель МКТ-2 (рис. 1);



Рисунок 1 – Основні елементи мікротунелю МКТ-2:
 1 – пробовідбірний пристрій; 2 – електронний модуль керування; 3 – камера для зважування фільтрів

– прилади і обладнання для безпосереднього вимірювання екологічних показників, що характеризують хімічні та фізичні забруднення НС (рис. 2), зокрема: портативний газоаналізатор ОКСИ 5М, електроаспіратор АСА-2М, шумомір-реєстратор DT-8852, тепловізор Testo 871, пневмометричні трубки конструкції НІІОГАЗ, мікроманометр ММН 2400, ін.



Рисунок 2 – Прилади контролю забруднень НС

До складу *тестувально-демонстраційного модулю* входять:

– установка для досліджень аеродинамічних процесів, що протікають у вихлопних системах двигунів та димових трубах котельнь, процесів відбору та підготовки до аналізу газових проб (рис. 3);



Рисунок 3 – Установка для досліджень аеродинамічних процесів в трубах КУ і ТД

– лабораторна стійка-трансформер, на базі якої можуть збиратися різні вимірювальні та випробувальні стенди відповідно до завдань досліджень (рис. 4);



Рисунок 4 – Лабораторна стійка-трансформер

– мультимедійний комплекс, оснащений планшетним ПК з комплектом спеціалізованого програмного забезпечення і доступом до мережі Internet та інформаційною SMART-панеллю діаметром 43" для демонстрації роботи приладів, обладнання, прикладних програм, результатів досліджень, тощо.

До складу *лабораторного модулю* входять лабораторні прилади, обладнання і витратні матеріали, які використовуються при проведенні аналізу проб, відібраних в ході екологічних досліджень натурних об'єктів, зокрема: спектрофотометри КФК-2, ULAB 102, електронні ваги Radwag AS 60/220 R2, ТВЕ-0,5-0,01, витяжна шафа ШВЛ-02, хімічні реактиви, посуд.

При використанні універсальної системи екологічного діагностування ТД і КУ застосовуються *нормовані методи та методики контролю хімічних та фізичних забруднень навколишнього середовища:*

– методи відбору, транспортування та підготовки до аналізу газових проб; що відбираються з ДГ КУ;

– методика визначення швидкості та витрати газового потоку в димовій трубі КУ;

– методика визначення масових викидів забруднюючих речовин, що містяться у ВГ ДВЗ;

– методика проведення лабораторного аналізу газових проб з використанням спектрофотометру;

- методика оцінки ступеня забруднення атмосфери димовими газами КУ;
- методика оцінки еколого-економічних збитків від забруднення атмосфери шкідливими викидами котельні;
- методика вимірювань транспортних та промислових шумів з використанням шумоміру.

З метою експериментального відпрацювання створеної системи проведено комплекс досліджень на натурних об'єктах.

Дослідження екологічних показників транспортних двигунів. Проведено комплексні дослідження з визначення концентрацій та масових викидів ЗР з ВГ бензинового двигуна легкового автомобіля – ВАЗ-21081 при його роботі на режимі холостого ходу (рис. 5) та автотракторного дизеля 4ЧН12/14 на різних режимах його роботи (рис. 6).



Масова витрата ВГ, кг/год	Концентрація у ВГ		Масовий викид ЗР, кг/год	
	CO, %	NO _x , ppm	CO	NO _x
72,1	0,65	215	0,362	0,012

Рисунок 5 – Результати досліджень екологічних показників бензинового двигуна ВАЗ-21081

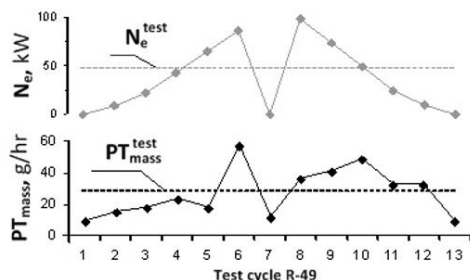


Рисунок 6 – Результати випробувань дизеля 4ЧН12/14 за Європейським циклом ESC (R-49)

В ході випробувань досліджено рівні виробничого шуму в машинному залі при роботі стендів з ДВЗ відповідно до методики [5] (рис. 7).

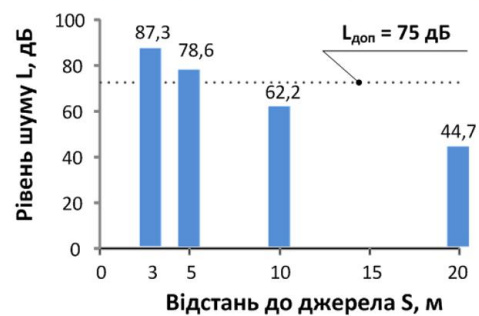
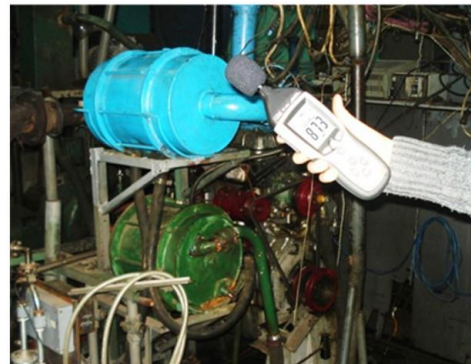


Рисунок 7 – Результати досліджень рівнів виробничого шуму в машинному залі

Дослідження екологічних показників котельні. На базі газової котельні смт. Рогань Харківської обл. з паровим котлом ДКВР-20/13 проведено: відпрацювання методик вимірювання швидкості та витрати потоку ДГ в газоході з прямокутним перетином, визначення концентрацій газоподібних забруднюючих речовин у ДГ (рис. 8), відпрацювання процедури тепловізійного обстеження обладнання та теплозахисних конструкцій КУ з використанням тепловізора Testo 871 та програмного забезпечення для аналізу термограм IrSoft (рис. 9).



Рисунок 8 – Контроль швидкості і витрати потоку та токсичності димових газів КУ

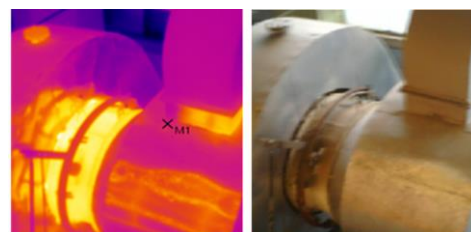


Рисунок 9 – Результати теплодіагностики КУ

Відповідно до ОНД 86 на базі програмного комплексу «ЗОЛ 2000 [h]» з утилітою «Показник ризику» проведено розрахунки забруднення атмосфери прилеглих територій двома КУ: 1) газової котельні Дублянської загальноосвітньої школи І-ІІІ ступенів з котлом АОГВ-100Е номінальною

потужністю $N_{\text{ном}} = 100$ кВт (джерело викиду – труба висотою 10 м з круглим гирлом діаметром 0,3 м; заміри викидів димових газів виконані при навантаженні $0,54 \cdot N_{\text{ном}}$); 2) котельні Мурафської загальноосвітньої школи I-III ступенів, з котлом КЧМ-2М-4 номінальною потужністю $N_{\text{ном}} = 50$ кВт, що працює на дерев'яних пелетах (джерело викиду – труба висотою 8 м з круглим гирлом діаметром 0,3 м; заміри викидів димових газів виконані при навантаженні $0,4 \cdot N_{\text{ном}}$) (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати досліджень викидів КУ

Об'єкт	Максимальна приземна концентрація C_m , долі ГДК		Відстань до C_m від джерела X_m , м	Небезпечна швидкість повітря, V_m , м/с	Радіус зони впливу джерела, м
	NO	CO			
1 – котел АОВ-100Э Дублянська ЗОШ	NO	0,041	26,14	0,50	115
	NO	0,005			
	CO	0,142			
2 – котел КЧМ-2М-4 Мурафська ЗОШ	NO	0,107	23,11	0,56	80
	NO	0,008			
	CO	0,090			

Експериментальне відпрацювання підтвердило практичну придатність створеної виміральної системи для проведення ефективного контролю хімічних і фізичних забруднень НС від ТД і КУ та продемонструвало її універсальність, мобільність, зручність у експлуатації.

Висновки. Створено експериментальний зразок універсальної системи екологічного діагностування транспортних двигунів і котельні. Система

складається з 3-х модулів: *вимірального; тестувально-демонстраційного; лабораторного.*

Визначено та систематизовано нормовані методи та методики, які дозволяють визначати показники, що характеризують хімічні та фізичні забруднення навколишнього середовища тепловими двигунами та котельнями.

Проведено експериментальне відпрацювання універсальної системи екологічного діагностування котельних установок і транспортних двигунів на натурних об'єктах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Foote E. Evaluation of Partial Flow Dilution Methodology for Light Duty Particulate Mass Measurement / E. Foote, M. Maricq, M. Sherman. // SAE Technical Paper № 2013-01-1567. – 2013. – 10 p.
2. Littera D. Comparison of Particulate Matter Emissions from Different Aftertreatment Technologies in a Wind Tunnel / D. Littera, A. Cozzolini, M. Besch. // SAE Technical Paper № 2013-24-0175. – 2013. – 17 p.
3. Bielaczyc P. Exhaust Emissions of Gaseous and Solid Pollutants Measure do ver the NEDC, FTP-75 and WLTC Chassis Dynamometer Driving Cycles / P. Bielaczyc, J. Woodburn Szczotka // SAE Technical Paper № 2016-01-1008. – 2016. – 13 p.
4. Варламов Г.Б. Загальні підходи до створення методологічних основ енерго-екологічного аналізу експлуатації об'єктів ПЕК / Г.Б. Варламов, К.О. Приймак // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2013. - № 10 (116). – С. 2-9.
5. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К., 1999. – 34 с.

DEVELOPMENT UNIVERSAL SYSTEM ECOLOGICAL CONTROL OF ENGINES AND BOILER PLANT

A. Polivyanchuk (Doctor of Technical Sciences, Prof.), O. Kaslin, O. Skuridina, A. Kulik, O. Scherbak O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv
Marshala Bazhanova street, 17, Kharkiv, 61002, Ukraine. E-mail: apmail@meta.ua

A description is given of an experimental sample of a universal system for the environmental diagnosis of transport engines and boiler plants, developed by specialists from O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. The distinctive features of this system are noted: universality, multifunctionality, compactness, mobility, ease of operation, high degree of automation and information content of the results provided, possibility of use in research and educational fields. The following are examined: the structure, composition and functionality of the main modules of this system: 1) measuring device; 2) testing and demonstration; 3) laboratory. Systematic methods and techniques to determine and analyze indicators characterizing chemical and physical pollution of the environment by transport engines and boiler plants. The results of experimental testing of the measuring system at full-scale objects: gasoline engine of a car - BA3-21081, automotive diesel engine - 4CH12/14, gas boilers - ДКБП-20/13, АОВБ-100Е, solid fuel boiler - КЧ-М-2М-4. Tests have confirmed the practical suitability of the created measuring system.

Key words: transport engines, boiler plants, pollutants, environmental diagnosis, experimental testing.

REFERENCES

1. Foote, E., Maricq, M., Sherman, M. (2013). Evaluation of Partial Flow Dilution Methodology for Light Duty Particulate Mass Measurement. SAE Technical Paper, 2013-01-1567, 10. [in English].
2. Littera, D., Cozzolini, A., Besch, M. (2013). Comparison of Particulate Matter Emissions from Different Aftertreatment Technologies in a Wind Tunnel. SAE Technical Paper, 2013-24-0175, 17. [in English].
3. Bielaczyc, P., Woodburn, J. (2016). Exhaust Emissions of Gaseous and Solid Pollutants Measure over the NEDC, FTP-75 and WLTC Chassis Dynamometer

Driving Cycles. SAE Technical Paper, 2016-01-1008, 13. [in English].

4. Varlamov, G., Prymak, K. (2013), Zagalni pidxody do stvorennya metodologichnyh osnov energo-ekologichnogo analizu ekspluatatsiyi obyektiv PEK. [General approach to the creation of methodological bases of energy-ecological analysis of the operation of fuel and energy complex facilities]. Energysaving. Power engineering. Energy audit, 10(116), 2-9. [in Ukrainian].

5. SSN 3.3.6.037-99. (1999), Sanitarni normy vyrobnychogo shumy, ultrazvuku ta infrazvuku. [Sanitary norms of production noise, ultrasound and infrasound]. Standards publisher, 34. [in Ukrainian].