

## **ВІДЗИВ**

*офіційного опонента доктора технічних наук,  
професора Шмандія Володимира Михайловича  
на дисертаційну роботу*

*Кондратенка Олександра Миколайовича*

### **«НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІД ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ЕНЕРГОУСТАНОВОК З ПОРШНЕВИМИ ДВИГУНАМИ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ»,**

*що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
за спеціальностями: 21.06.01 – екологічна безпека*

**Актуальність теми дисертаційного дослідження.** Принципи забезпечення виконання конституційних обов'язків вказані у статті 3 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Серед них особливо слід відмітити такі: пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних нормативів при здійсненні господарської діяльності, гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, науково обґрунтоване нормування впливу господарської та іншої діяльності на навколишнє природне середовище, узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища.

Дисертація Кондратенка О. М. присвячена розробці науково-методологічних основ захисту атмосферного повітря від техногенного впливу енергоустановок з поршневіми двигунами внутрішнього згорання. Оскільки такі технічні об'єкти виробляють до трьох чвертей усієї механічної та електричної енергії в Україні, а їх парк майже на дві третини складають агрегати з високим ступенем фізичного зносу, можна стверджувати, що тема дисертаційної роботи відповідає актуальним завданням загальнодержавного і регіонального масштабу в галузі екологічної безпеки.

Детальне знайомство з дисертацією, авторефератом та працями здобувача дозволяє стверджувати, що дисертаційна робота присвячена

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ДІПЛОМНОГО ЗАКЛОНУ УКРАЇНИ	
Вх. №	49
23.04	2021 р.
Кількість аркушів:	
Оси. док. 14	додат. -

актуальної науково-практичної проблеми розробки методологічних основ системи комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки технології захисту атмосферного повітря при роботі енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу на етапі життєвого циклу «безаварійна експлуатація» Актуальність теми дисертаційного дослідження автором аргументовано висвітлена в роботі та авторефераті.

**Ступінь обґрунтованості й достовірності наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, достатній, що підтверджується застосуванням сучасної методології досліджень, яка використовує адекватні підходи до аналізу станів екологічної безпеки.**

Достовірність одержаних результатів підтверджується системним підходом до комплексного вирішення наукових та практичних задач, забезпечується використанням апробованих стандартних методів досліджень (системного аналізу, багаторівнева декомпозиція, метод ієрархій; стандартизовані методики аналізу даних моторних стендових випробувань, розрахунку техніко-економічних показників роботи ПДВЗ; дослідження динаміки руху аерозольних текучих середовищ, розрахунку робочого процесу ПДВЗ; математичні апарати комплексного паливно-еклогічного критерію, інтегрального індексу екологічного оцінювання; математичний апарат сімейства кривих Пірсона, індикатора екобезпеки ПДВЗ і його ТЗНС; експериментального проектування; метод SWOT-аналізу), конкретною постановкою задач і детальним обґрунтуванням основних положень та висновків. Дослідження автора ґрунтуються на надійному фундаменті попередніх розробок.

Обґрунтованість результатів забезпечена реалізацією комплексних експериментальних досліджень стану екологічної безпеки.

Достовірність результатів підтверджує також високий ступінь кореляції між експериментально визначеними параметрами стану екологічної безпеки та розрахунками на основі відомих та запропонованих автором залежностей.

**Відповідність мети, об'єкту, предмету та завдань дослідження паспорту спеціальності.** Метою роботи є розробка науково-методологічних основ системи комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки технології захисту атмосферного повітря при безаварійній експлуатації енергоустановок з

поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу та впровадження її в управління технології захисту навколишнього середовища. Об'єктом дослідження є комплексні системи технічних рішень та управління експлуатацією енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу відповідно до вимог екологічної безпеки атмосферного повітря. Предметом дослідження є науково-методологічні основи розробки комплексної системи захисту атмосферного повітря від негативного впливу енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу на етапі його життєвого циклу «безаварійна експлуатація» для забезпечення дотримання вимог екобезпеки.

Вважаю, що мета, об'єкт, предмет та завдання досліджень дисертаційної роботи відповідають наступним пунктам паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека (технічні науки):

- обґрунтування теоретичних основ оцінок техногенного ризику, розроблення та пошук за їх допомогою оптимальних форм управління екологічною безпекою;

- розроблення наукових методів дослідження комплексної оцінки та прогнозування впливу техногенного забруднення на навколишнє середовище й людину;

- удосконалення наявних, створення нових, екологічно безпечних технологічних процесів та устаткування, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля. Екологічний аудит, екологічний менеджмент.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає у розвитку теоретичних та практичних засад забезпечення екологічної безпеки щодо захисту атмосферного повітря від техногенного впливу енергоустановок з поршнеvim двигунами внутрішнього згоряння транспорту. Основними науковими результатами, на мій погляд, є наступне:

- науково обґрунтовано математичну модель ефективності функціонування фільтра твердих частинок, що є складовою технології захисту навколишнього середовища щодо енергоустановки з поршнеvim ДВЗ. Це дозволило об'єднати в єдиний комплекс математичні моделі процесів у фільтрі впродовж міжрегенераційного періоду та визначити систему керування рівнем екологічної

ефективності роботи фільтра.

– науково обґрунтовано алгоритм визначення рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим рівнем фізичного зносу. Він враховує особливості та повний перелік чинників негативного впливу технічного об'єкту на атмосферне повітря на етапі його життєвого циклу «безаварійна експлуатація». Алгоритм включає комплексний паливно-екологічний критерій у якості окремого самостійного чинника техногенного впливу на стан атмосферного повітря та дозволяє надати окрему оцінку екологічній безпеці роботи поршневих ДВЗ.

– розроблено наукові основи системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим рівнем фізичного зносу на етапі їх життєвого циклу «безаварійна експлуатація». Механізми управління процесуально реалізуються на матеріальній основі відповідної технології захисту навколишнього середовища. Функцією управління та зворотним зв'язком є інтегративний показник, що комплексно оцінює екологічну ефективність роботи поршневого ДВЗ.

– *вдосконалено* систему класифікації способів роботи та конструкцій фільтрів твердих частинок і систему реалізації процесу їх регенерації як складових методологічного забезпечення технології захисту навколишнього середовища від негативного впливу енергоустановок з поршнеvim ДВЗ. Система дозволяє комплексно і адекватно оцінювати поточний стан рівня екологічної безпеки системи очищення відпрацьованих газів.

– *набули подальшого розвитку* методологічні засади управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim ДВЗ у напрямку виокремлення ієрархічного місця у системі побудови синергетичних ланцюгів із засобів захисту атмосферного повітря. Це дозволило врахувати чинники техногенного впливу, зумовлені розбіжністю вимог законодавчих екологічних обмежень щодо якості моторного палива та екологічних вимог до складу відпрацьованих газів.

**Оцінка висновків здобувача щодо значущості його роботи для науки і практики.** Одержані дисертантом результати мають важливе значення для науки, оскільки вони сприяють розвитку науково-практичних аспектів управління

екологічною безпекою. Конкретизуючи, слід відмітити, що наукова значимість роботи фактично полягає у створенні системи захисту атмосферного повітря від техногенного впливу енергоустановок з поршневыми двигунами внутрішнього згоряння теплових електростанцій.

**Практична цінність дисертації** у нашому розумінні полягає, перш за все, у тому, що:

– запропонований індекс ефективності функціонування фільтра твердих частинок використаний для розрахунків прогнозних техніко-економічних показників роботи технічних об'єктів з високим ступенем фізичного зносу та формування вихідних даних для здійснення комплексного критеріального оцінювання стану екологічної безпеки таких об'єктів;

– розроблений інтегративний показник рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ застосовано для оцінки екологічної якості роботи поршневих ДВЗ в енергоустановці з урахуванням нових чинників при комплексному оцінюванні техногенного навантаження на атмосферне повітря для вказаних технічних об'єктів;

– розроблені система управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергоустановок, схема комплексної технології захисту атмосферного повітря при їх експлуатації, вдосконалені системи класифікації способів роботи та конструкцій фільтрів твердих частинок, засобів реалізації процесу їх регенерації впроваджені в практику виробничої, господарської та науково-дослідної діяльності організацій і установ.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи та її оформлення.** Дисертація є завершеною науковою роботою, рукопис якої викладено на 465 стор. тексту, з яких 300 стор. основного тексту, що складається з анотації, списку умовних позначень та скорочень, вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел зі 287 найменувань на 25 стор. та 5 додатків на 78 стор., містить 120 рисунків та 12 таблиць.

У вступі обґрунтовано актуальність теми кваліфікаційної роботи та вказується її зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Сформульовано мету, завдання та задачі дослідження, наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів. Визначено об'єкт та предмет дослідження, перелічено методи

дослідження, конкретизовано особистий внесок здобувача; надається інформація щодо апробації результатів дисертації та їх публікацію.

У першому розділі наведено результати критичного аналізу, узагальнення та систематизації інформації з науково-технічної літератури з питань доробку провідних вітчизняних і закордонних фахівців щодо напрямів і результатів досліджень аспектів захисту атмосферного повітря від техногенного впливу при роботі енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу. Виявлено відсутність науково-методологічних основ комплексного захисту атмосферного повітря при експлуатації таких енергогенеруючих об'єктів. Спираючись на це зроблені висновки щодо недостатньої врахованості чинників екологічної небезпеки, джерелом яких є поршневий ДВЗ, у відомих методиках комплексного оцінювання техногенного впливу двигунів на стан атмосферного повітря і запропоновано відповідний ієрархічний класифікатор таких чинників. Обґрунтовано напрям підвищення рівня екологічної безпеки при експлуатації фізично зношених двигунів у виді зниження викиду твердих частинок у відпрацьованих газах. За результатами аналізу комерційно успішних комплексів техніко-технологічних рішень щодо видалення дисперсної фази з аерозолію відпрацьованих газів фірм Bosch, Engelhard, Econix, DCL і Johnson Matthey та інших запропоновано класифікації способів та засобів зниження токсичності відпрацьованих газів дизельних двигунів шляхом їх очищення від твердих частинок та способів і засобів реалізації процесу регенерації фільтрів твердих частинок таких двигунів. За результатами аналітичного огляду і обробки інформації сформульовано мету, завдання та визначені основні етапи дисертаційної роботи.

В другому розділі описано результати системного аналізу устрою, алгоритму застосування, переваг і недоліків відомих науково-методологічних досліджень щодо комплексного оцінювання впливу енергоустановок з поршнеvim ДВЗ при безаварійній експлуатації на стан атмосферного повітря, зокрема комплексного паливно-екологічного критерію  $K_{fe}$  професора І.В. Парсаданова (НТУ «ХП»), індексу еколого-хімічної оцінки професора П.М. Каніло (ХНАДУ), індексів Air Quality Index of EPA та ERoEI Index, стандартизованої методики Правил ЄЕК ООН R-49. За результатами аналізу придатності цих критеріальних апаратів для оцінювання рівня екологічної безпеки експлуатації енергоустановок з двигунами з

високим ступенем фізичного зносу запропоновано інтегративний принцип оцінювання рівня екобезпеки процесу безаварійної експлуатації поршневих ДВЗ в енергоустановці та відповідний йому показник  $D_{RICE}$ , у структуру якого введено у якості самостійного чинника критерій  $K_{fe}$ .

Третій розділ присвячено обґрунтуванню і описанню нового інтегративного підходу до оцінювання рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок, що враховує особливості роботи поршневих ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу. Розроблено індикатор екобезпеки роботи поршневих ДВЗ і його технології захисту навколишнього середовища  $\Omega_{RICE}$  як інтегративний показник рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок. Величина індикатора  $\Omega_{RICE}$  визначається сумою двох інтегративних показників екологічної якості  $J_{RICE}$  та  $J_{EPT}$ , що оцінюють окремо рівень екологічної якості функціонування цих двох складових енергоустановки. Значення інтегративного показника екологічної якості поршневого ДВЗ  $J_{RICE}$  визначається величиною розробленого інтегративного показника рівня екобезпеки процесу безаварійної експлуатації двигуна в енергоустановці  $D_{RICE}$ . Значення інтегративного показника екологічної якості технології захисту  $J_{EPT}$  залежить від величини індексу ефективності її функціонування  $I_{EPT}$ . Розроблений підхід до комплексного критеріального оцінювання дозволяє запропонувати узгоджену комплексну систему управління рівнем екологічної безпеки при експлуатації поршневих ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу і його технології захисту відповідно до вимог чинного законодавства у функції значень розробленого інтегративного показника. Перевагою розробленого і описаного у розділі математичного апарату для комплексного оцінювання техногенного впливу на атмосферне повітря при роботі фізично зношеного двигунів є всебічне врахування кількісних і якісних характеристик всіх чинників екологічної небезпеки, притаманним обраному етапу життєвого циклу, у тому числі витрат моторного палива, викидів оксидів сірки, діоксиду вуглецю, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, парів води з потоком відпрацьованих газів, викидів аерозолію картерних газів, парів моторного палива, теплової енергії. Також отримано значення реперних точок психофізичних шкал для визначення часткових функцій бажаності для усіх складових інтегративного показника  $D_{RICE}$ , зокрема і для критерію  $K_{fe}$ .

В четвертому розділі містяться результати розробки науково-методологіч-

них основ побудови системи управління екологічною безпекою процесу безаварійної експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ з врахуванням особливостей їх технічного стану. Передумови розробки системи управління обґрунтовано результатами аналізу тенденцій щодо підвищення рівня екологічної безпеки експлуатації енергоустановок з двигунами відповідно до матеріалів Всесвітніх конгресів Society of Automotive Engineers за останні 20 років. Розроблена система управління являє собою послідовність чотирьох етапів. На першому етапі здійснюється оцінювання рівня екологічної безпеки процесу експлуатації оцінюваного технічного об'єкту розробки (на другому етапі) і впровадження (на третьому етапі) елементів технології захисту навколишнього середовища, а на останньому четвертому етапі проводиться оцінювання ефективності роботи технології захисту, а відповідно і самої системи управління. Ця інформація передається по гілці зворотного зв'язку у виді управляючого імпульсу в системі. Функції усіх елементів системи управління формалізовано шляхом описання вербально-логічними формулами.

Сформульовано концепцію створення та застосування критерію ефективності функціонування системи управління як основи практичної реалізації її четвертого етапу, визначено значення і місце у ній інтегративного показника  $D_{RICE}$  та розроблено концепцію впровадження моніторингу показників екологічної безпеки атмосферного повітря для здійснення контролю ефективності функціонування самої системи управління.

До складу п'ятого розділу входять результати дослідження ефективності функціонування запропонованої технології захисту навколишнього середовища щодо захисту атмосферного повітря від техногенного впливу поршневих ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу з метою підвищення рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з ними. Удосконалено систему уловлювання твердих частинок у відпрацьованих газах двигунів з високим рівнем фізичного зносу з метою забезпечення виконання законодавчо встановлених обмежень на викид такого поллютанту відповідно до вимог чинного рівня EURO Правил ЄЕК ООН. Розроблено методичні основи побудови технології захисту навколишнього середовища у складі енергоустановки при збільшеному техногенному впливі на атмосферне повітря у разі перебування в експлуатації поршневого ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу з урахуванням особливостей складу їх відпрацьованих



газів. Викладено результати розробки математичних моделей гідравлічного опору розробленого фільтра твердих частинок, проаналізовано можливості ефективної роботи фільтру при різних значеннях опору та його впливу на паливну економічність двигуна за даними стендових моторних випробувань. Результати застосування запропонованих вище функцій характеристики роботи фільтра у складі технології захисту навколишнього середовища використано у якості вихідних даних для здійснення критеріального оцінювання. В якості єдиної цільової функції характеристики екологічної ефективності роботи фільтра запропоновано застосувати індекс ефективності функціонування  $I_{DPF}$ , який формує значення індексу ефективності її функціонування  $I_{EPT}$ . Наведено результати практичного використання індексу  $I_{DPF}$  для всього поля робочих режимів дизеля, будь-якого відрізка міжрегенераційного періоду фільтра та всіх варіантів компоновки випускної системи двигуна.

Матеріали шостого розділу стосуються результатів практичної реалізації комплексної системи управління екологічно безпечною безаварійною експлуатацією енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим рівнем фізичного зносу. Принцип роботи системи управління заснований на прийнятті рішень відповідно до розробленої методології оцінювання безпечності роботи двигуна на основі запропонованого інтегративного показника рівня екологічної безпеки  $D_{RICE}$  в умовах негативного впливу на атмосферне повітря енергогенеруючих об'єктів з двигуном з високим ступенем фізичного зносу. Розроблено алгоритм управління рівнем екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу, що не відповідають чинним вимогам екологічного законодавства України і не можуть бути виведеними з експлуатації, отримано усі необхідні складові для його реалізації. Алгоритм передбачає прийняття управлінських рішень на основі значення ідентифікатора рівня екобезпеки  $ESL$ , що обирається за психофізичною шкалою і характеристичною картою за значенням індикатора екобезпеки життєвого циклу енергоустановки  $\Omega_{LC}$ , значення якого формують на передостанніх кроках алгоритму інтегративний показник рівня екобезпеки процесу експлуатації поршневого ДВЗ в енергоустановці  $D_{RICE}$  та індекс ефективності функціонування технології захисту навколишнього середовища  $I_{EPT}$ . Управління процесами регенерації I і II роду фільтра твердих частинок як виконавчого прис-

трою розробленої технології захисту запропоновано узгоджувати з психофізичною шкалою і характеристичною картою у функції значень індексу ефективності функціонування фільтра  $I_{DPF}$ .

Для реалізації розробленого алгоритму щодо енергоустановок з двигуном зі значним ступенем фізичного зносу, що не мають виконавчих пристроїв технології захисту, розроблено відповідну технологію захисту. Отримано синергетичний ефект щодо підвищення екологічної безпеки експлуатації таких технічних об'єктів від результатів взаємоузгодженої роботи виконавчих пристроїв з охолодження, очищення і рециркуляції відпрацьованих газів, утилізації теплової енергії, переведення двигуна на споживання альтернативного моторного палива й раціоналізації структури моделі його експлуатації за декількома ланцюгами. Отриманий ефект оцінено за допомогою розробленого інтегративного показника  $D_{RICE}$  і встановлено, що при застосуванні такого ланцюга двигун, що не відповідав вимогам екологічної безпеки рівня EURO I, набуває відповідності вимогам рівня EURO III, а ефективність функціонування розробленої технології захисту підвищується на 60 % за рахунок реалізації синергетичних ланок.

*Висновки* достатньо повно і послідовно відображають основні етапи виконання дослідження відповідно до переліку його задач та отримані при цьому наукові та практичні результати.

**Оформлення дисертації** відповідає вимогам ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення» та вимогам ВАК України, що містяться у Бюлетенях ВАК України за № 2 за 2000 р. та № 9–10 за 2011 р. Мова і стиль викладання дисертації і автореферату чітко висвітлюють одержані науково-практичні результати, позначені метою досліджень.

**Шляхи використання наукових і практичних результатів роботи та ступінь їх реалізації.** Результати наукових досліджень впроваджені та використовуються у навчальному процесі кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища Національного університету цивільного захисту України; в науково-дослідній роботі відділу водневої енергетики Інституту проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного НАН України; у практиці виробничої діяльності ТОВ «Виробничо-комерційне

підприємство «Хаківський насосний завод»; у практиці господарчої діяльності ТОВ «Армко-Інжинірінг».

Пропозиції щодо розширення сфери використання результатів дисертаційної роботи рекомендую направити до Міністерства екології та природних ресурсів України, Міністерства промислової політики України та Міністерства освіти і науки України.

#### **Повнота викладення результатів роботи в наукових фахових виданнях.**

Основні наукові результати, отримані в результаті виконання дисертаційної роботи, опубліковані у 70 друкованих працях, з них: 5 монографій, з яких 1 іноземною мовою, 1 видана у країні ЄС – Республіці Польщі, 1 – одноосібна; 31 стаття у наукових фахових виданнях України, з яких 4 входять до міжнародної наукометричної бази даних Scopus, 10 одноосібно; 7 статей у наукових виданнях України, з яких 1 одноосібна; 3 статті у наукових виданнях Білорусії і Казахстану та 24 наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів (8 одноосібно, 21 у матеріалах міжнародних конференцій і конгресів, 6 у матеріалах закордонних науково-практичних конференцій).

Викладений у публікаціях матеріал у повній мірі відображає основні результати та обґрунтовує наукові положення дисертаційної роботи.

**Апробація результатів наукового дослідження** здійснювалась на 24 науково-технічних і науково-практичних конференціях, конгресах, симпозіумах, а саме 6 закордонних (Республіка Білорусь, Казахстан, Польща, Японія), 21 міжнародного рівня. Таким чином, матеріали дисертаційного дослідження за науковим рівнем і повнотою представлення у друкованих фахових виданнях повністю відповідають чинним вимогам МОН України та пройшли необхідну апробацію на конференціях міжнародного рівня.

**Ідентичність змісту автореферату основним положенням дисертації та відповідність паспорту спеціальності.** Автореферат ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації та досить повно відображає її основні наукові результати, отримані здобувачем. Дослідження відповідають паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека відповідно до Постанови Президії ВАК України № 33-07/7 від 04.07.2001 р.; «Бюлетень Вищої атестаційної комісії України», № 3, 2003 р., зокрема формулі спеціальності, напрямкам дослідження за

пп. 1–3.

**Констатуючи безперечне науково-практичне значення, слід відмітити наступні недоліки та зауваження до роботи та автореферату.**

1. У першому та другому пунктах наукової новизни не зрозуміло, як можна науково обґрунтувати методологію побудови та використання індексу чи структуру інтегративного показника. Доцільно було б розглядати створення моделі чи алгоритму.

2. У розділі 1 дисертації на сторінці 93 наведено класифікацію чинників екологічної небезпеки, джерелом яких є поршневий двигун у складі енергоустановки. Серед групи чинників за шифром «В» «шкідливі фактори впливу» присутня позиція під шифром «В.а.1» «забруднення НПС шумом та вібрацією». У розділі 3 вказано, що при застосуванні для побудови інтегративного показника рівня екобезпеки процесу експлуатації поршневого ДВЗ в енергоустановці  $D_{RICE}$  математичного апарату узагальненої функції бажаності можливим стає врахувати також показники шуму і вібрації. Проте, результатів такого оцінювання не наведено.

3. У розділі 2 дисертації на сторінці 159 наведено описання поколінь критеріїв для комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ. Проте, інформація про те, до яких саме поколінь у цьому поділі віднесено проаналізовані у роботі комплексний паливно-екологічний критерій, індекс еколого-хімічної оцінки, індекс Air Quality Index of EPA, індекс ERoEI Index, апарат стандартизованої методики Правил ЄЕК ООН R-49, а також розроблені у роботі інтегративний показник рівня екобезпеки процесу експлуатації поршневого ДВЗ в енергоустановці  $D_{RICE}$  та індекс ефективності функціонування технології захисту навколишнього середовища  $I_{EPT}$ , у рукописі відсутня.

4. У підрозділі 3.4 на сторінках 198–216 викладено результати визначення кількісних і якісних характеристик чинників екологічної небезпеки, які у роботі вводяться до структури вдосконалених і розроблених критеріїв. Однак, самі методики отримання вказаних характеристик у рукопису дисертації не висвітлено.

5. У розділі 4 на сторінці 253 наявний рисунок 4.3, на якому зображено класифікацію видів забруднення довкілля поршневими ДВЗ у складі енергоустановки. Порівняльний аналіз інформації на цьому рисунку та вмісту табли-

ці 1.1 на сторінці 93 показує, що вміст таблиці є уточненням структури класифікації на рисунку. Чи вірним є висновок, що для побудови методологічних основ системи управління екологічною безпекою достатнім є використання менш деталізованої версії класифікації, а для аналізу придатності відомих критеріальних апаратів для комплексного оцінювання рівня екологічної безпеки процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim двигуном такого ступеня деталізації недостатньо?

6. У розділі 5 на сторінці 294 вказано, що здобувачем проаналізовано номенклатуру і техніко-економічні показники роботи закордонних і вітчизняних діючих пристроїв для очищення відпрацьованих газів нетрадиційної конструкції. При цьому їх віднесено до певних пунктів закордонної класифікації, яку здобувачем суттєво вдосконалено у розділі 1. Можливо у тексті рукопису дисертації доцільно було б навести вихідну версію згаданої закордонної класифікації, котра, втім, присутня у монографії здобувача, на яку є посилання у роботі?

7. У розділі 6 на сторінці 356 на рисунку 6.10 висвітлено схему системи моніторингу роботи системи управління екологічною безпекою процесу експлуатації енергоустановок з поршнеvim ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу і обмеженою елементною базою системи управління. На схемі присутні позначення параметрів, які не описано у тексті рукопису.

8. На схемі класифікації систем комплексного очищення аерозолу відпрацьованих газів дизельних двигунів від твердих частинок (рис. 1) не вказано, які саме класифікаційні ознаки та які саме класифіковані об'єкти введено у структуру класифікацій при їх вдосконаленні, як вказано у пункті 4 наукової новизни.

9. На рис. 7 у розділі 3 (сторінка 19) автореферату показано розподіл еталонних значень комплексного паливно-екологічного критерію за робочими режимами дизельного ДВЗ для рівнів екологічних стандартів EURO I та EURO VI по режимах роботи двигуна. Раціональним було б надати також усереднені за полем робочих режимів двигуна еталонні значення для усіх рівнів екологічних стандартів EURO та охарактеризувати динаміку їх зміни від рівня до рівня.

10. По тексту як рукопису дисертації, так і автореферату присутні орфографічні, стилістичні та інші помилки, описки, неточності перекладу, вузькоспеціалізована професійна лексика. Деякі рисунки оформлено різними іноземними мовами.

Приведені вище зауваження не впливають на обґрунтованість наукових по-

ложень і висновків дисертації та не знижують наукової новизни і практичного значення одержаних результатів. Вони не носять принциповий характер і мають сприйматися у якості рекомендацій для подальших наукових досліджень.

**Загальний висновок.** В цілому робота Кондратенка Олександра Миколайовича «Науково-методологічні основи захисту атмосферного повітря від техногенного впливу енергоустановок з поршневими двигунами внутрішнього згоряння» є завершеною науковою роботою, основні положення якої не викликають заперечень. Вона відповідає паспорту спеціальності 21.06.01 – екологічна безпека за п.п. 1, 2 і 3. Основні положення дисертації відображені в авторефераті у повному обсязі.

Робота виконана з додержанням вимог до докторських дисертацій у відповідності з п.п. 9, 10, 12, 13 і 14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. за № 567 зі змінами, згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 656 від 19.08.2015 р. і № 1159 від 30.12.2015 р. та направлена на вирішення актуальної науково-практичної проблеми у галузі екологічної безпеки щодо розробки науково-методологічних основ захисту атмосферного повітря від техногенного впливу при експлуатації енергоустановок з поршневим ДВЗ з високим ступенем фізичного зносу.

На основі всього вищесказаного можна зробити висновок, що здобувач, Кондратенко Олександр Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека.

Офіційний опонент,  
завідувач кафедри екологічної безпеки  
та організації природокористування  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського,  
доктор технічних наук за спеціальністю  
21.06.01 – екологічна безпека, професор



В. М. Шмандій