

ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЛУШНИКІВ РІЗНОГО ТИПУ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ШУМУ НА ПРОМИСЛОВОМУ ОБ'ЄКТІ

Дмитро Поліщук

кандидат технічних наук

доцент кафедри автомобільного транспорту та транспортних технологій

Класичний Приватний Університет, вул. Жуковського, 70-Б, м. Запоріжжя, Україна, 69002, 0536@i.ua

ORCID: 0000-0002-2426-6861

Володимир Шмандій

доктор технічних наук

професор кафедри екології та біотехнологій

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39600, ecsafety.sh@gmail.com

ORCID: 0000-0002-8811-4824

Олена Харламова

доктор технічних наук,

доцент кафедри екології та біотехнологій

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39600, kharlamovaovdoc@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8844-8368

Тетяна Ригас

кандидат технічних наук

доцент кафедри екології та біотехнологій

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39600, tinarigas7@ukr.net

ORCID: 0000-0001-9297-2787

Юлія Рудь

кандидат економічних наук,

в. о. голови циклової комісії економіки та управління

Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж, вул. Перемоги 17/6, м. Кременчук, Полтавська обл., Україна, 39600, juliarud25@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0328-5895

Актуальність дослідження зумовлена значним рівнем шуму на промисловому виробництві, особливо в цехах підприємств, що призводить до зниження працездатності та втрати здоров'я. Метою роботи передбачено дослідження джерел шумового забруднення на території Кременчуцької ТЕЦ, виявлення і визначення пріоритетних джерел за рівнем шуму та формування пропозицій щодо зменшення рівня шумового забруднення за допомогою різних способів і засобів, включаючи глушники шуму. Рівні шуму визначалися за допомогою шумомірів, експериментальні дані оброблялися на ПК задля отримання повної картини шумового навантаження підприємства. Отримані результати дали можливість науково обґрунтовано запропонувати в кожному окремому випадку вирішення проблеми шумового забруднення на підприємстві. Аналізуючи світовий і місцевий досвід, відомі методи і способи зниження рівнів шуму в самому джерелі шуму, біля джерела та на території підприємства доведена доцільність застосування різних способів зниження рівнів шуму як у самих джерелах, так і з використанням захисних екранів та глушників. Запропоновані глушники шуму спроможні значно знизити рівень екологічної безпеки та покращити умови праці. Встановлено, що територія і цехи Кременчуцької ТЕЦ характеризуються високим рівнем шумового забруднення. Визначено подальші перспективи розвитку досліджень за цим науковим напрямком.

Ключові слова: рівень шуму, шумове забруднення, екологічна безпека, джерело шуму, глушник шуму, шумовий захисний екран.

Вступ. Звук(шум) як фізичне явище є хвильовим рухом пружного середовища, як фізіологічне явище він визначається відчуттям, що сприймається органом слуху при впливі звукових хвиль. Порушення стаціонарного стану суцільного середовища в будь-якій точці простору призводить до появи збурень (хвиль), що розповсюджуються з цієї точки. Звукові хвилі, що виникли в середовищі, поширюються далі від точок виникнення (джерел звуку). Швидкість поширення звукових хвиль (швидкість звуку) залежить від пружності та щільності середовища і змінюється зі зміною частоти коливань джерела. В даний час шумом прийнято вважати всякі небажані звуки, наприклад, що заважають сприйняттю корисних звуків або що порушують тишу, або надають шкідливий або дратівливий вплив на організм людини [1].

Виробничий шум є безладне поєднання звуків, різних за частотою та інтенсивністю. Найважливішою характеристикою коливального процесу (шуму) є його частотний спектр, тобто функція, що вказує на характер розподілу енергії шуму за частотним діапазоном. Спектр може бути дискретним або лінійним, коли окремі складові відповідають строго певним частотам, розділеним проміжками, в яких звуку немає, і суцільним, коли складові безперервно заповнюють деякий інтервал частот [2]. Зображення суцільного спектра вимагає обов'язкового застереження про ширину елементарних смуг, до яких воно належить. У практиці акустичних розрахунків та вимірювань прийнято представляти спектри у смугах частот певної ширини. За середню частоту смуги зазвичай приймають середньо геометричну частоту [3]:

$$f_{cp} = \sqrt{f_1 f_2} \quad (1)$$

де f_1 – нижня гранична частота, Гц;

f_2 – верхня гранична частота.

Смуга, у якій $f_1/f_2=2$ називається октавою, якщо $f_1/f_2=1,26$, то ширина смуги дорівнює 1/3 октави. Для порівняння шуму машин, нормування та інших аналогічних цілей використаємо уявлення спектрів шуму в октавних смугах. Для дослідження шуму промислових машин та розробки заходів щодо його зниження застосовуються третинна октавна чи вузькі смуги постійної абсолютної ширини:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \quad (2)$$

де n – число смуг;

L_i – рівні у кожній смугі спектру.

Залежно від характеру шумового сигналу розрізняємо такі види шумів. Стабільний (стаціонар-

ний) шум характеризується тим, що середньоквадратичне значення рівня шумового сигналу постійно не більше ± 3 дБ за період спостереження. Шум, що змінюється в часі, характеризується тим, що середньоквадратичне значення рівня шуму змінюється більш ніж на ± 3 дБ за період спостереження. Імпульсний шум – шумовий сигнал у вигляді імпульсів тривалістю від 1 до 200 мс або імпульсів, що йдуть один за іншим в інтервалах більше 10 мс. Тональний шум – шумовий сигнал, частотний спектр якого містить одну із складових, що перевищує рівні у всіх інших смугах частот на 10 дБ та більше [4].

Актуальність роботи. Для зниження рівня шуму аерогазодинамічних установок, що потрапляє в докільця завдяки газоповітряному тракту, застосовуються глушники шуму. Вибір типу глушника залежить від низки факторів, головними з яких є: спектр шуму від джерела; величина необхідного зниження шуму; конструкція установки, що підлягає заглушуванню, і умови її роботи; допустимий аеродинамічний опір; вартість глушника.

Глушники зазвичай поділяються на абсорбційні (активні) та реактивні. Перші містять звукопоглинаючий матеріал – у них відбувається поглинання звукової енергії; другі не містять такого матеріалу, звукова енергія у них відбивається назад до джерела шуму. Такий поділ досить умовний, оскільки в кожному глушнику звукова енергія і поглинається, і відбивається, тільки в різних співвідношеннях. Схеми конструкцій глушників різних типів наведено на рис. 1.

На основі аналізу наведеного вище матеріалу констатуємо, що застосування різних способів зниження рівнів шуму як у самих джерелах, так і з використанням захисних екранів та глушників є актуальним науковим завданням.

Матеріал і результати досліджень. Територія і цехи Кременчуцької ТЕЦ характеризуються високим рівнем шумового забруднення [6]. На цьому об'єкті були проведені заміри рівнів шуму працюючого обладнання і розглянуто доцільність використання глушників шуму різних типів. За результатами інструментальних замірів встановлено, що максимальні значення рівнів шуму у промислових зонах обслуговування машинних залів ТЕЦ досягають 100-110 дБ А.

Допустимі рівні звуку, відповідно до ДСТУ 2867-94, для постійного шуму на робочих місцях у виробничих приміщеннях становлять 85 дБ А [7]. Отже, середній рівень звуку в машинних залах ТЕЦ перевищує допустимий рівень на

3-9 дБ А. Обслуговуючий персонал ТЕЦ постійно не знаходиться в машинному залі, проте частина ремонтних працівників може піддаватися впливу підвищеного рівня шуму повний робочий день [8].

За результатами моніторингу стану екологічної безпеки встановлено, що основними джерелами шуму в машинних залах ТЕЦ є турбоагрегати та насоси з приводами. Значення усереднених рівнів шуму, створюваного цим устаткуванням з відривом 1 м від джерела, наведено в табл. 1.

Отримані експериментальні дані щодо індексів граничних спектрів шуму енергетичного обладнання, наведені в табл. 2.

Аналізуючи таблицю 2 констатуємо, що до основних джерел шуму на Кременчуцькій ТЕЦ

Таблиця 1

Рівні шуму, створюваного різними видами обладнання в залі блоку з потужністю 150 МВт

Вид обладнання	Рівень шуму, дБ А
Турбина	90
Генератор (щітковий апарат)	93
Поживний насос	93
Конденсатний насос	94
Бустерний насос	91
Насос газового охладження	93

слід віднести: 1) викиди водяної пари в атмосферу при розпалюванні котла, спрацьовування запобіжних клапанів котла, а також при продуванні паропроводів, ліній знепарювання турбін; 2) роботу редуційно-охолоджувальних установок;

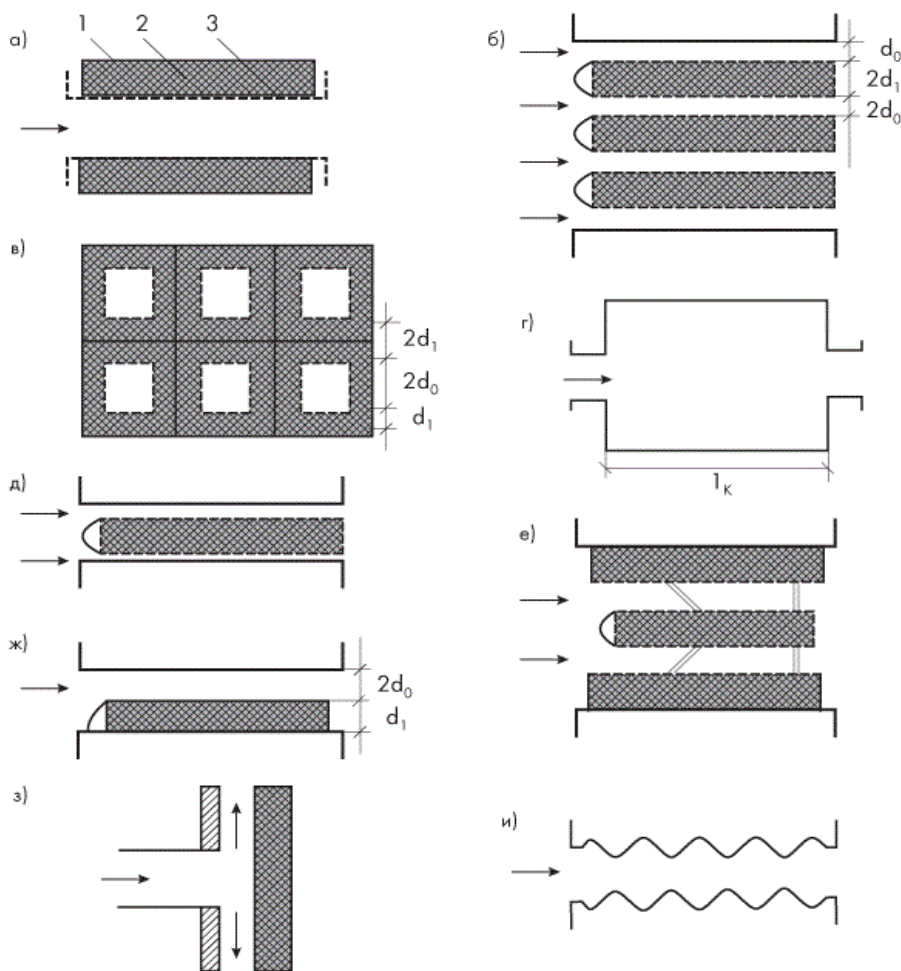


Рис. 1. Схеми різних типів глушників:
 а – трубчастий; б – пластинчастий; в – стільниковий (поперечний переріз); г – камерний співвісний; д – циліндричний; е – комбінований (циліндричний з трубчастим); ж – каналний; з – екранний; и – гнучкий повітропровід; 1 – корпус; 2 – звукопоглинаючий матеріал; 3 – перфороване покриття [5]

3) турбоагрегати; 4) вентилятори та димососи; 5) газотурбінні установки. Рівень виробничого шуму на робочих місцях і в приміщеннях ТЕЦ, що обслуговуються, в основному перевищує допустимі значення, передбачені ДСТУ 2867-94 [7]. Аналіз наукової літератури виявив, що не меншою шумністю володіє закордонне обладнання теплових станцій [9].

Таблиця 2

Рівні шуму у різних приміщеннях та зонах обслуговування.

Приміщення та обслуговувані зони	Рівень шуму, дБ А
Приміщення адміністративного комплексу	50
Головний щит управління ТЕЦ	51
Майстерня електроцеху	56
Механічна майстерня	74
Зона обслуговування турбінного цеху	90
Котельний цех	93
Дуттьові вентилятори	88
Газові пальники	83
Територія ТЕЦ	63

У табл. 3 наведено результати вимірювання шуму енергоблоків ТЕЦ. Найвищі рівні звукового тиску створюються на вході повітряного тракту вентилятора.

Таблиця 3

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот та рівні звуку обладнання ТЕЦ (дБ)

Частота, Гц	1 м від корпусу живильного насосу	2 м від газового пальника	1 м від повітряного компресора
31,5	96	95	64
63	104	96	101
125	95	91	104
250	91	89	95
500	97	81	90
1000	97	84	86
2000	104	92	84
4 000	96	88	79
8000	90	80	73
16 000	76	70	56

Враховуючи, що рівень шуму вентиляторів і димососів збільшується пропорційно до шостого ступеня швидкості повітря або газу, а продуктивність пропорційна до першого ступеня,

вважаємо, що для зниження рівня шуму доцільно використовувати менш швидкохідні вентилятори (зі значною кількістю лопаток великого діаметру). Однак цей спосіб пов'язаний із великими капітальними витратами. Пропонуємо зменшити рівень шуму зміною напрямку потоку, встановлюючи напрямні лопаті вентиляторів.

Шум струменя скидних пристроїв для стисненого повітря за сучасною класифікацією відноситься до звуків аеродинамічного походження. Для зниження рівня шуму струменів застосовують різні пристрої, що забезпечують плавне гальмування струменя, дроблення великих вихорів, стабілізацію стрибків ущільнення [10, 11].

Розглянемо трубопроводи, які не тільки передають вібрацію на великі відстані, але й можуть бути джерелами шуму. Основне джерело шуму в трубопроводі – робоче середовище (рідина, газ), що рухається з великою швидкістю. Шум викликається пульсаціями потоку, взаємодією робочого середовища зі стінками труби, змішуванням робочих середовищ, утворенням ударних хвиль. Вважаємо, що для зменшення рівня шуму трубопроводів доцільно при виборі розміру труб враховувати, що чим більше швидкість потоку, тим більше рівень шуму, що виникає в результаті змішування середовищ. Тому при проектуванні необхідно задаватися низькими швидкостями. У місцях крутих згинів, різких переходів, звужень та ін. доцільно знижувати швидкість, враховуючи те, що при швидкості пари до 90 м/с у оптимально спроектованих паропроводах рівень звуку не перевищує 90 дБ (при вимірі на відстані 1 м).

Розглянемо градирні. Вони відносяться до відносно потужних джерел шуму через велику звукову випромінюючу поверхню. Шум у градирнях викликає вільне падіння води. У вентиляторних градирень поруч із шумом падіння води існує шум, випромінюваний вентилятором. Вентилятори, які розміщені в градирнях, мають окружну швидкість лопатей 60 м/с. Застосовуючи вентилятори з окружною швидкістю 30 м/с, можна зменшити рівень шуму приблизно на 15 дБ А.

Для зниження вихрового шуму компресорних установок пропонуємо турбулентність потоку на вході зберігати мінімальною. Встановлено, що додаткова турбулізація повітря на вході до осевого компресора збільшує рівень шуму на 5 дБ. Для уникнення цього пропонуємо входним пристроям надати обтічну форму, уникати перешкод на шляху підведення потоку або збільшити відстань від входу до проточної частини.

Також доцільно використовувати накладки із пористого металу на задній кромці лопатки. За експериментальними даними ослаблення шуму становить 5 дБ для загального рівня звукового тиску і до 16 дБ у діапазоні частоти вихрової доріжки Карману.

У подальших дослідженнях ми плануємо більше приділити увагу формуванню екологічної небезпеки внаслідок воєнного стану.

Висновки. Встановлено, що територія і цехи Кременчуцької ТЕЦ характеризуються високим рівнем шумового забруднення. Беручи до уваги світовий і вітчизняний досвід шумопоглинання, відомі методи і способи зниження рівнів шуму як в самому джерелі шуму, біля джерела та на відкритій території Кременчуцької ТЕЦ, розроблено заходи зі зниження рівня шумового забруднення. Запропоновані глушники шуму здатні значно знизити рівень екологічної безпеки та покращити умови праці. Визначено подальші перспективи розвитку досліджень за цим науковим напрямком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бардов В. Г., Федоренко В. І. Основи екології. Вінниця. Нова Книга. 2013. 424 с.
2. Промислова екологія. Навч. посіб. Філіпчук В. Л. та ін., НУГВП. Рівне. 2013. 495 с.
3. Апостолок С.О., Джигирей В.С. Промислова екологія. Навч. посіб. 2-ге вид., К. 2012. 430 с.
4. Теоретичні основи акустики: тексти лекцій. уклад. В. В. Усик; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ун-т». – Харків : Сфименко С. А., 2021. – 204 с.
5. Голінько В. І. Основи охорони праці: підручник. М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. 2-ге вид. Д.: НГУ, 2014. 271 с.
6. Управління екологічною безпекою на регіональному рівні (теоретичні та практичні аспекти): дис. д-ра техн. наук: 21.06.01 / Шмандій Володимир Михайлович; Харківський нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. – Х., 2003. – 356 с.
7. ДСТУ 2867-94. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги. [Чинний від 1996-01-01]. Затверджено і введено в дію наказом Держстандарту України за № 310 від 8 грудня 1994 р.
8. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99 : Постанова головного державного санітарного лікаря України № 37 від 01.12.1999. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#text> (дата звернення: 02.04.2023).
9. Colin H. Hansen, Kristy L. Hansen. Noise Control. From Concept to Application. CRC Press. London. 2021. 482 p.
10. Є. О. Котенко, Д. В. Поліщук, В. С. Поліщук, В. С. Бахарев. Розрахунок ефективності зниження рівня аеродинамічного шуму газового потоку перфорованою металевією пластиною. *Науковий журнал “Екологічна безпека”*. Кременчук. 2013. Вип. 1(15). С. 103–106.
11. В. М. Шмандій, В. С. Поліщук, Д. В. Поліщук, О. О. Котенко. Оцінка ефективності застосування глушників шуму із шаром дисперсного матеріалу в системі управління екологічною безпекою. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2013. Вип. 6(83). С. 135–139.

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING DIFFERENT TYPES OF SILENCERS TO REDUCE THE NOISE LEVEL AT AN INDUSTRIAL FACILITY

Dmytro Polishchuk

Ph.D., Associate Professor of the Department of Automobile Transport and Transport Technologies
Classic Private University, str. Zhukovsky, 70-B, Zaporizhzhia, 69002, Ukraine, 0536@i.ua
ORCID: 0000-0002-2426-6861

Volodimir Shmandiy

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Ecology and Biotechnology
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Pershotravneva Street, 20, Kremenchuk,
Poltava region, Ukraine, 39600, ecsafety.sh@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8811-4824

Olena Kharlamova

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Pershotravneva Street, 20, Kremenchuk, Poltava region,
Ukraine, 39600, kharlamovaovdoc@gmail.com
ORCID: 0000-0001-8844-8368

Tetyana Rigas

Ph.D., Associate Professor of the Department of Ecology and Biotechnology
Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Pershotravneva Street, 20, Kremenchuk,
Poltava region, Ukraine, 39600, tinarigas7@ukr.net
ORCID: 0000-0001-9297-2787

Julia Rud

Ph.D., Acting Chairman of the Cycle Commission of Economy and Management
Kharkiv National University of Internal Affairs, Kremenchuk flight college, 17/6 Peremogy Street, Kremenchuk,
Poltava region, Ukraine, 39600, juliarud25@gmail.com
ORCID: 0000-0002-0328-5895

The relevance of the study is due to the significant level of noise in industrial production, especially in the workshops of enterprises, which leads to a decrease in working capacity and loss of health. **Purpose.** The purpose of the work is to study the sources of noise pollution on the territory of the Kremenchuk Heat Power Plant, to identify and identify priority sources by noise level, and to formulate proposals for reducing the level of noise pollution using various methods and means, including noise silencers. **Methodology.** Noise levels were determined using noise meters, experimental data were processed on a PC to obtain a complete picture of the noise load of the enterprise. **Findings.** The obtained results made it possible to propose a scientifically based solution to the problem of noise pollution at the enterprise in each individual case. **Originality.** Analyzing world and local experience, known methods and ways of reducing noise levels at the very source of noise, near the source and on the territory of the enterprise, the feasibility of using various methods of reducing noise levels both at the sources themselves and with the use of protective screens and mufflers has been proven. **Practical value.** The proposed silencers are able to significantly reduce the level of environmental safety and improve working conditions. **Conclusions.** It has been established that the territory and workshops of the Kremenchuk Heat Power Plant are characterized by a high level of noise pollution. Further prospects for the development of research in this scientific direction have been determined.

Key words: noise level, noise pollution, environmental safety, noise source, noise muffler, noise protective screen.

REFERENCES

1. Bardov V. G., Fedorenko V. I. Fundamentals of ecology. Vinnitsa. New Book. 2013. 424 p.
2. Industrial ecology. Tutorial. Filipchuk V. L. and others, NUGVP. Rivne. 2013. 495 p.
3. Apostoliuk S.O., Dzhigirei V.S. Industrial ecology: teaching. manual 2nd ed., K. 2012. 430 p.
4. Theoretical foundations of acoustics: lecture texts. structure. V. V.Usyk; National technical University «Kharkiv Polytechnic University». Kharkiv: Yefimenko S. A., 2021. 204 p.
5. Golinko V. I. Fundamentals of labor protection: a textbook. Ministry of Education and Science of Ukraine; National mountain Univ. 2nd edition D.: NSU, 2014. 271 p.
6. Environmental safety management at the regional level (theoretical and practical aspects): dis. Dr. tech. Sciences: 21.06.01 / Shmandiy Vladimir Mikhailovich; Kharkiv National un-t im. V. N. Karazin. – Kh., 2003. – 356 p.
7. DSTU 2867-94. Noise. Methods of assessing industrial noise load. General requirements. [Effective from 1996-01-01]. Approved and put into effect by the order of the State Standard of Ukraine No. 310 of December 8, 1994.
8. Sanitary norms of industrial noise, ultrasound and infrasound DSN 3.3.6.037-99: Decree of the Chief State Sanitary Doctor of Ukraine No. 37 dated 12.01.1999. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#text> (date of application: 04/02/2023).
9. Colin H. Hansen, Kristy L. Hansen. Noise Control. From Concept to Application. CRC Press. London. 2021. p. 482.
10. E. O. Kotenko, D. V. Polishchuk, V. S. Polishchuk, V. S. Bakharev Calculation of the effectiveness of reducing the level of aerodynamic noise of a gas flow by a perforated metal plate. *Scientific journal "Ecological Safety". Kremenchuk.* 2013. Issue 1(15). P. 103–106.
11. V. M. Shmandiy, V. S. Polishchuk, D. V. Polishchuk, O. O. Kotenko. Evaluation of the effectiveness of noise silencers with a layer of dispersed material in the environmental safety management system. *Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU.* 2013. Issue. 6(83). P. 135–139.

Стаття надійшла 03.03.2023