

АНАЛІЗ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИМИ АГРЕГАТАМИ У БЛОЧНО-КОНТЕЙНЕРНОМУ ВИКОНАННІ

**Я. М. Семчук, Г. М. Кривенко, Г. Д. Лялюк-Вітер,
В. Я. Шиманський, О. В. Кривенко**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;
тел. +38(0342)72-71-58; e-mail: galyna.kryvenko@nung.edu.ua*

Компресорні станції забезпечують основні технологічні процеси з підготовки та транспортування вуглеводневих енергоносіїв. Вони є джерелами забруднення довкілля. Зростання мережі газопроводів, які проходять поблизу населених пунктів, спричинили серйозну екологічну проблему, оскільки шум компресорних станцій сприяє виникненню ризику забруднення довкілля. Перевищення допустимого рівня шуму за діючими санітарними нормами негативно впливає на обслуговуючий персонал компресорних станцій і мешканців прилеглих районів. Тому боротьба з різними видами шумів газотранспортного обладнання є важливою соціальною проблемою. Метою роботи є дослідження шумового забруднення довкілля газоперекачувальними агрегатами. Для досягнення поставленої мети потрібно розглянути такі задачі: дослідження джерел шуму агрегатів блочно-контейнерного виконання та їх вплив на довкілля. Газоперекачувальні агрегати у блочно-контейнерному виконанні широко використовуються для транспортування природного газу. Слід відмітити, що вони мають високий рівень звукової потужності, який негативно впливає на довкілля. Тому під час експлуатації такого типу газоперекачувальних агрегатів зниження шуму і поліпшення умов праці при їх обслуговуванні є особливо актуальним. Для виконання перерахованих заходів необхідно мати уявлення про фізичну природу основних джерел шуму, механізми генерації і поширення звуку по газоперекачувальному агрегату. У результаті досліджень було встановлено, що усмоктувальні і вихлопний тракти, стінки відсіків двигуна і компресора, технологічна обв'язка трубопроводів, вентилятори є основними джерелами шуму. Проведено аналіз шумових характеристик агрегатів у блочно-контейнерному виконанні. Основними джерелами шуму, від яких залежить рівень шуму на території підприємств і жилої забудови, є газоповітряні тракти, контейнер і технологічна обв'язка трубопроводів. Посилення звукоізоляції контейнерів і технологічної обв'язки трубопроводів є основним напрямком захисту від шуму газоперекачувальних агрегатів.

Ключові слова: компресорні станції, джерела шуму, багатоступінчастий компресор, рівень звукової потужності, шумові характеристики.

Вступ. Джерелами забруднення довкілля є компресорні станції (КС), які забезпечують основні технологічні процеси з підготовки та транспортування вуглеводневих енергоносіїв. Основні чинники, що впливають на забруднення навколишнього середовища під час експлуатації компресорних станцій, такі:

- викиди забруднюючих речовин технологічним обладнанням КС;
- неорганізовані витоки забруднюючих речовин у разі пошкодження технологічного обладнання;
- шумове забруднення навколишнього середовища;
- утворення пожежо-вибухонебезпечних газоповітряних сумішей.

Зростання мережі газопроводів, які проходять поблизу населених пунктів, спричинили серйозну екологічну проблему, оскільки шум компресорних станцій сприяє виникненню ризику забруднення довкілля.

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) у своїх рекомендаціях для Європейського регіону [1] вказала, що шумове забруднення посідає друге місце серед низки екологічних стресових факторів за впливом на здоров'я населення. Також ВООЗ навела піраміду, яка розкриває ступінь впливу шумового забруднення на здоров'я людини, виявляє згубний вплив на організм людини за локальної дії. Шумове забруднення, проникаючи глибоко в тканини, може викликати запальні реакції, порушення місцевого імунітету. Раптовий вплив високочастотного імпульсу може призвести порушення в роботі життєво важливих центрів головного мозку та зупинка серця.

Перевищення допустимого рівня шуму за діючими санітарними нормами негативно впливає на обслуговуючий персонал компресорних станцій і мешканців прилеглих районів. Тому боротьба з різними видами шумів газотранспортного обладнання є важливою соціальною проблемою.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідженню негативного впливу на довкілля компресорних станцій наведено у роботах О. М. Адаменка, В. Я. Грудза, Р. М. Говдяка та ін. [2, 3, 4]. Питання впливу шумового забруднення на екологічну безпеку висвітлено у працях [5, 6, 7]. Європейське регіональне бюро Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) розробило «Керівництво з питань шуму у навколишньому середовищі для Європейського регіону» [1]. У ньому наведено рекомендації щодо захисту здоров'я людей від впливу шумового забруднення довкілля з різних джерел: засобами автомобільного, залізничного та повітряного транспорту; вітроенергетичними турбінами. Питанням дослідження шуму

газотранспортного обладнання присвячені праці [8, 9, 10]. З аналізу літературних джерел випливає, що не повністю розкрито питання впливу на довкілля газоперекачувальних агрегатів у блочно-контейнерному виконанні.

Метою роботи є дослідження шумового забруднення довкілля газоперекачувальними агрегатами. Для досягнення поставленої мети потрібно розглянути такі задачі: дослідження джерел шуму агрегатів блочно-контейнерного виконання та їх вплив на довкілля.

Виклад основного матеріалу. Газоперекачувальні агрегати у блочно-контейнерному виконанні широко використовуються для транспортування природного газу. Слід відмітити, що вони мають високий рівень звукової потужності, який негативно впливає на довкілля.

Тому під час експлуатації такого типу газоперекачувальних агрегатів зниження шуму і поліпшення умов праці при їх обслуговуванні є особливо актуальним. Для виконання перерахованих заходів необхідно мати уявлення про фізичну природу основних джерел шуму, механізми генерації і поширення звуку по газоперекачувальному агрегату.

У результаті досліджень було встановлено, що усмоктувальні патрубки і вихлопний тракт, стінки відсіків двигуна і компресора, технологічна обв'язка трубопроводів, вентилятори є основними джерелами шуму.

Багатоступінчастий компресор, який встановлений на всмоктуванні установки, є головним джерелом шуму газотурбінної установки (ГТУ). На всмоктуванні компресора випромінюється до 90 % звукової потужності [5]. Шум камери згоряння і шум вільної турбіни додається до випромінювання корпусу і нагнітального тракту ГТУ. На всмоктуванні установки спектр шуму переважає високочастотний і визначається за такою залежністю [2]:

$$f_n = n \cdot z / 60, \quad (1)$$

де n – частота обертання першого ступеня компресора, хв^{-1} ; z – кількість лопаток першого ступеня компресора.

У камері згоряння шум – низькочастотний, визначається процесами згоряння палива.

Шум компресора газоперекачувального агрегату (ГПА) є широкосмуговий, з дискретними складовими, які виникають внаслідок взаємодії лопаток коліс з нерухомими елементами проточної частини компресора.

Рівень звукової потужності вільного струменя визначається за такою емпіричною залежністю [2]:

$$L_p = 80 \lg V_c + 10 \lg S + 20 \lg \rho_c + L_{p_0}, \text{ дБ}, \quad (2)$$

де V_c – швидкість витікання струменя, м/с; S – площа зрізу вихлопної шахти, m^2 ; ρ_c – густина газу в струмені, kg/m^3 ; Lp_o – задані значення рівня звукової потужності.

Рівні звукової потужності вентиляторів зручно розраховувати через приведений рівень шуму L і за формулою [2]:

$$Lp = L + 10(3 + a)lgV + 20lgD, \text{ дБ}, \quad (3)$$

де L – приведений рівень шуму; a – показник ступеня, що характеризує залежність потужності від числа Маха M ; V – окружна швидкість робочого колеса, м/с; D – діаметр вентилятора, м.

Спектр шуму вентиляторів є змішаний, обумовлений широкопasmовим фоном і дискретними складовими, що накладаються на нього [5].

Частина звукової енергії розглянутих джерел шуму, які є первинними, від них попадає безпосередньо в навколишній простір агрегату.

Вторинні джерела шуму також є джерелами акустичної енергії через передачу енергії коливань повітрям і конструкціями агрегату на стінки і дах контейнера, трубопроводи обв'язки.

Встановлено, що шум вихлопу, нагнітання, технологічної обв'язки трубопроводів має найбільший вплив в зоні відпочинку персоналу і в центрі промислового майданчика. Найбільше проявляється шум усмоктування на відстані до 10 м від зрізу шахти усмоктування. На селітебній території шумове забруднення спостерігається на відстані до 500 м та лише в напрямку від зрізу шахти усмоктування та в октавній смузі із середньгеометричною частотою 4000 Гц.

Розглянемо, як впливає агрегат ГПА-Ц-16С на довкілля, у якому, як привід, використовується двигун ДГ-90Л суднового типу. Він відрізняється від конструкцій агрегатів, які використовують авіаційні ГТУ тим, що суднова ГТУ має спеціальний звукоізолюючий кожух, який забезпечує зниження шуму навколо агрегату до необхідних норм. Двигун має трохи кращі шумові і вібраційні характеристики. Габарити контейнера агрегату трохи збільшені з урахуванням ізолюючого кожуха.

При роботі ГТУ забезпечуються такі максимальні октавні рівні звукової потужності (РЗП) різних частин двигуна, що показані на рис. 1, 2, 3.

Шум розглянутих джерел може і не попадати безпосередньо в простір навколо агрегату, оскільки вони відносяться до первинних і є внутрішніми джерелами шуму. Але викликають коливання повітря і формують звукове поле навколо ГПА.

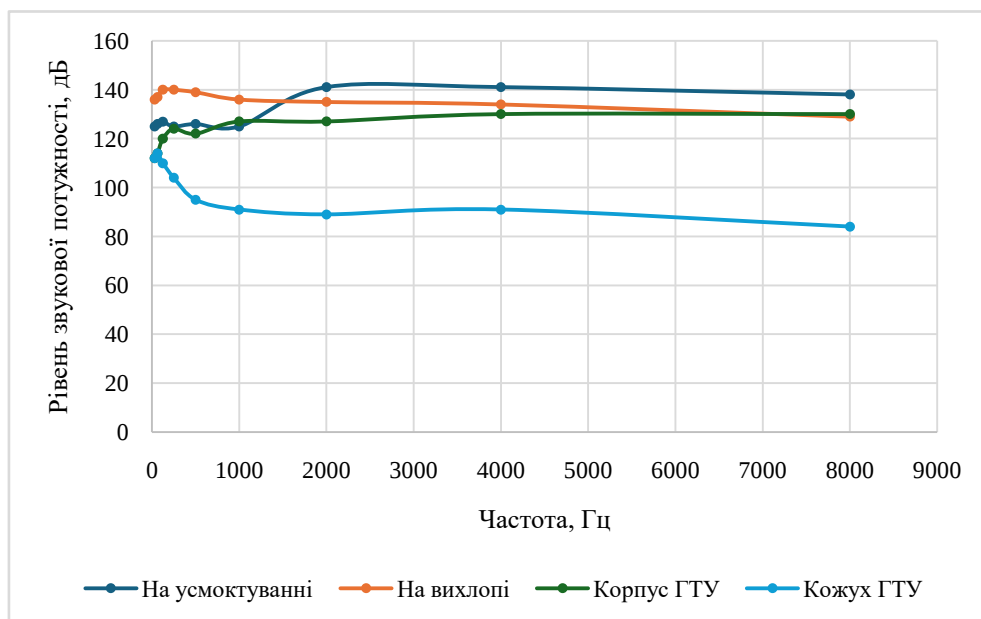


Рис. 1. Рівні звукової потужності різних частин двигунів ДГ-90Л

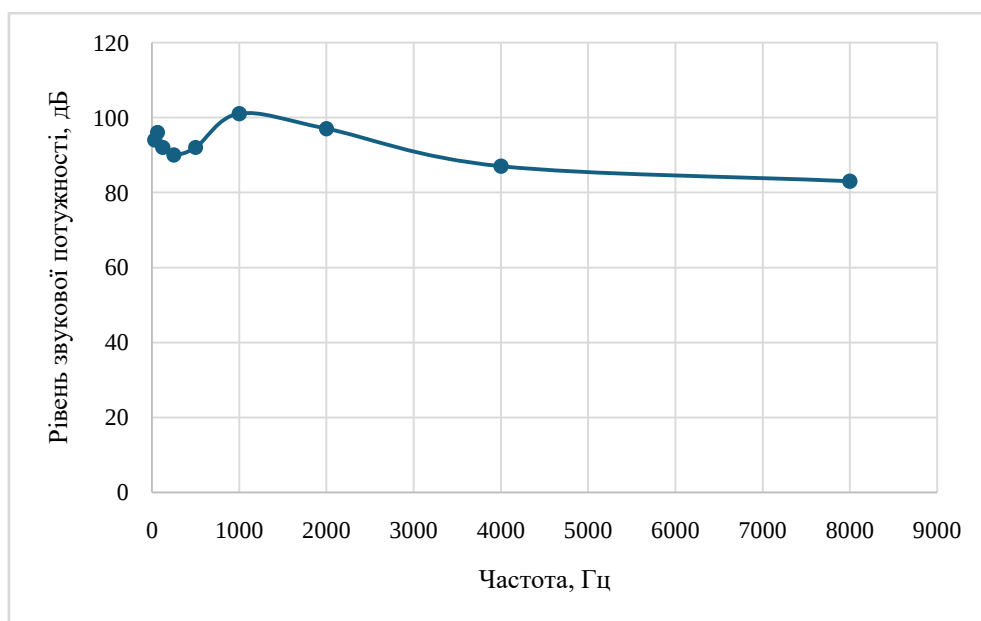


Рис. 2. Шумові характеристики корпусу компресора

Компресор, який прямим звуком збуджує коливання стінок і даху відсіку компресора, є іншим внутрішнім джерелом агрегату. Слід відмітити, що по трубопроводах всмоктування і нагнітання поширюється шум, який виникає в проточній частині компресора, що значно впливає на формування звукового поля навколо агрегату.

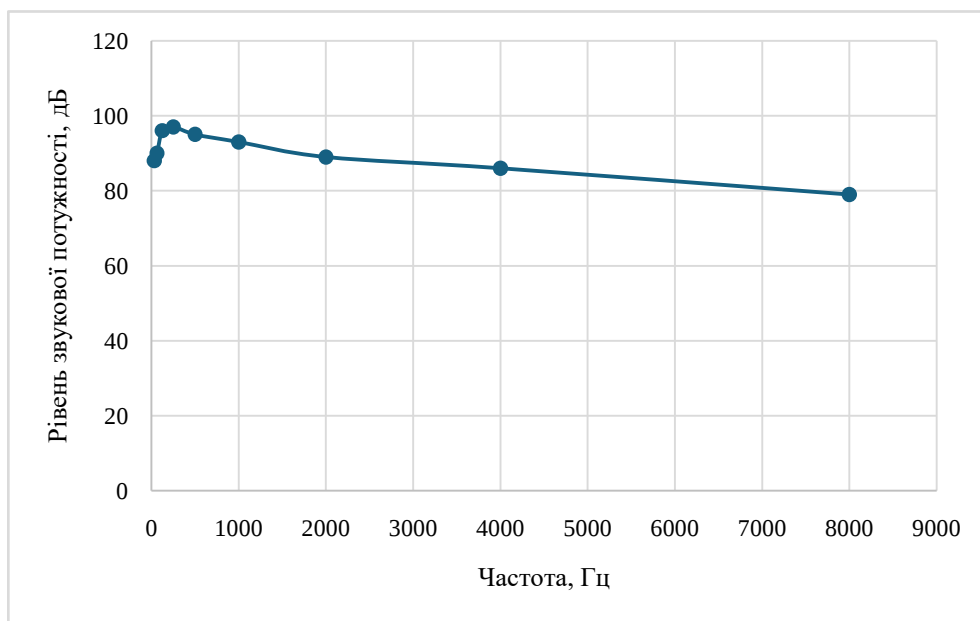


Рис. 3. Шумові характеристики вентиляторів маслоохолоджувачів

Аналізуючи рис. 1, бачимо, що ГТУ має найбільшу акустичну потужність, спектр якої на всмоктуванні є високочастотний, на вихлопі – низько- і середньочастотний; корпус установки із кожухом – низькочастотний. Це пояснюється слабким гасінням кожухом низьких частот.

На рис. 2 наведено шумові характеристики корпусу компресора, де видно, що спектр шуму компресора ГПА має явні піки в межах 1 і 2 кГц. Також низькочастотні складові є досить високими за рівнем.

Шумові характеристики вентиляторів маслоохолоджувачів наведено на рис.3. Слід відмітити, що їх спектр середньочастотний. Спостерігаються високі рівні на частотах 125-500 Гц, спричинені відривними явищами в проточній частині вентилятора.

Низькочастотні складові джерел, що розглядаються, викликають найбільші труднощі в забезпеченні необхідних рівнів звукового тиску на території, яка прилегла до компресорної станції.

Вторинними джерелами шуму є зовнішні. джерела шуму ГПА, які енергію для створення звукових хвиль одержують від первинних

Зовнішні джерела шуму – всі стіни і дахи відсіків ГТУ, всмоктувальні жалюзі і зріз шахти вихлопу установки, всмоктувальні і нагнітальні отвори вентиляції відсіків, трубопроводи й арматура технологічної обв'язки ГПА і ряд інших вузлів. Вони визначають звукове поле навколо агрегату.

Існує два способи поширення шуму від корпусу ГТУ – прямий звук і структурний шум. При цьому частка структурного шуму в загальному випромінюванні стін контейнера суттєва. Прямий звук

викликає коливання стін контейнера і подальше випромінювання звуку в навколишній простір, поширюючись від ГТУ або компресора, Отже, розміри поверхні ГПА значно впливають на шумове поле навколо агрегатів.

Звукоізоляції трубопроводів всмоктування і нагнітання і розташованої на них запірної і регулюючої арматури необхідно приділяти особливу увагу. Адже шум, що створюється нагнітачем газу ГПА, поширюється по потоку газу трубопроводів і потім випромінюється через їхні стінки.

Для забезпечення умов праці згідно з санітарними нормами, що стосуються шуму, потрібна високоякісна звукоізоляція цих елементів технологічної обв'язки ГПА.

Висновки

Проведено аналіз шумових характеристик агрегатів у блочно-контейнерному виконанні.

Основними джерелами шуму, від яких залежить рівень шуму на території підприємств і жилої забудови, є газоповітряні тракти, контейнер і технологічна обв'язка трубопроводів

Посилення звукоізоляції контейнерів і технологічної обв'язки трубопроводів є основним напрямком захисту від шуму ГПА.

Література

1. Environmental noise guidelines for the European region. *World Health Organization, Regional Office for Europe*. 2018. 181 p. URL: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/279952/9789289053563-eng.pdf?sequence=1>.
2. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів / Р. М. Говдяк та ін. Івано-Франківськ: «Лілея НВ», 2007. 556 с.
3. Семчук Я. М., Савчук Л. Я. Захист атмосферного повітря від забруднень. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ. 2019. 198 с.
4. Optimal gas transport management taking into account reliability factor / V. Grudz, Ya. Grudz, V. Zapukhliak. *Systems in Production Engineering*. 2020. Vol. 28, No 3. P. 202 – 208. DOI: 10.2478/mspe-2020-0030.
5. Говдяк Р. М., Коснирев Н. М. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної небезпеки. Львів: 2007. 158 с.
6. Абрамов Ю. О., Тютюнник В. В., Шевченко Р. І. Моделювання процесу виникнення техногенної аварії на об'єктах підвищеної небезпеки нафтогазової промисловості. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2006. № 3. С. 5 – 18.
7. Костанян В. Р., Горобинський С. В. Визначення ризиків виникнення нештатних ситуацій на технологічних об'єктах газотранспортної системи. *Нафтова і газова промисловість*. 2011. № 3. С. 50 – 53.

8. Карпенко С. В. Актуальність визначення рівнів звуку шуму від компресорних станцій. «*Problems of chemmotology*». VIII International ScientificTechnical Conference. Kyiv. 2021. P. 69.
9. Zaporozhets O., Tokarev V., Attenborough K. Aircraft Noise: Assessment, Prediction and Control., 2017. 432 p.
10. Яремчук О. М., Жук І. Ю., Сарафанюк Н. Л. Аналіз впливу шумового забруднення на людину шляхом картографування шумового забруднення автомагістралей м. Миколаєва засобами ГІС-технологій (із використанням програмного пакету ArcGIS). *Екологічні науки* / 2020 № 4(31). С. 212-217.

Стаття надійшла до редакційної колегії 23.04.2025 р.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL NOISE POLLUTION CAUSED BY GAS PUMPING UNITS IN BLOCK-CONTAINER DESIGN

**Ya. Semchuk, G. Kryvenko, H. Lialiuk-Viter, V. Shymanskyi,
O. Kryvenko**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;
76019, Ivano-Frankivsk, Karpatska str. 15;*

ph. +38(0342)72-71-58; e-mail: galyna.kryvenko@nung.edu.ua

Compressor stations play a crucial role in the technological processes of hydrocarbon energy carrier preparation and transportation. However, they are also significant sources of environmental pollution. The expansion of gas pipeline networks, particularly those located near residential areas, has created a serious ecological concern, as the noise generated by compressor stations contributes to environmental degradation. Exceeding permissible noise levels established by current sanitary standards adversely affects both the operational personnel of compressor stations and residents of nearby communities. Therefore, mitigating various types of noise produced by gas transport equipment is a critical social issue. This study aims to investigate environmental noise pollution caused by gas pumping units in block-container configurations. To achieve this goal, the research focuses on identifying the primary noise sources of such units and evaluating their environmental impact. Gas pumping units in block-container design are widely used for the transportation of natural gas, and it should be noted that they exhibit high levels of sound power, which negatively affect the environment. Consequently, noise reduction and improved working conditions during the operation of these units are particularly relevant. Effective implementation of noise mitigation measures requires a comprehensive understanding of the physical nature of key noise sources, as well as the mechanisms of sound generation and propagation throughout the gas pumping

unit. Research findings indicate that intake and exhaust ducts, the walls of engine and compressor compartments, pipeline systems, and fans are the main sources of noise. An analysis of the acoustic characteristics of block-container units was conducted. The primary contributors to noise levels within industrial and residential areas are gas-air pathways, the container itself, and the associated pipeline systems. Enhancing the sound insulation of containers and pipeline systems represents a key strategy for mitigating noise emissions from gas pumping units.

Keywords: *compressor stations, noise sources, multistage compressor, sound power level, acoustic characteristics.*