https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-75-29
УДК 621.311

КОСТЮК Олег
Національний університет «Львівська політехніка»
https://orcid.org/0000-0002-4368-1753
БУБЕЛА Тетяна
Національний університет «Львівська політехніка»
https://orcid.org/0000-0002-2525-9735

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ГАЗОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

У зв'язку з посиленням законодавчих, державних та міжнародних вимог до охорони довкілля і необхідності оптимізації енергоспоживання паливно-енергетичних ресурсів в газотранспортній системі України виникла необхідність комплексного, ґрунтовного моніторингу довкілля та базової лінії енергоспоживання виробничих об'єктів газотранспортної системи України, як об'єкта критичної інфраструктури. Стабільне функціонування енергетичних об'єктів є запорукою сталого розвитку всієї економіки країни. Тож є гостра необхідність оптимізації енергоспоживання паливно-енергетичних ресурсів в газотранспортній системі України з подальшим створенням комплексної системи моніторингу довкілля та базової лінії енергоспоживання виробничих об'єктів газотранспортної системи України. Управлінню та прогнозуванню енергоефективності повинні передувати експериментальні дослідження, на основі яких можна в подальшому створювати прогностичні моделі [1], що є новим науковим підґрунтям оптимізування систем енергетичного менеджменту (відповідно до ISO 50001) та екологічного управління (відповідно до ISO 14001). З цією метою було здійснено дослідження виливних параметрів на споживання енергоресурсів (природний газ, електроенергія, теплова енергія) на забезпечення ефективнішого обслуговування будівель, споруд та технологічного обладнання на прикладі Дашавського газосховища.

***Ключові слова**: енергоефективність, енергоспоживання, енергетичне підприємство, моніторинг, параметри, дослідження.*

KOSTYUK Oleg, BUBELA Tetiana
Lviv Polytechnic National University

STUDY OF INFLUENTIAL PARAMETERS ON THE ENERGY EFFICIENCY OF GAS TRANSPORT ENTERPRISES

In connection with the strengthening of legislative, state and international requirements for environmental protection and the need to optimize the energy consumption of fuel and energy resources in the gas transportation system of Ukraine, the need for comprehensive, thorough monitoring of the environment and baseline energy consumption of production facilities of the gas transportation system of Ukraine arose. Stable functioning of energy facilities is a guarantee of sustainable development of the entire economy of the country. Therefore, there is an urgent need to optimize the energy consumption of fuel and energy resources in the gas transportation system of Ukraine, followed by the creation of a comprehensive environmental monitoring system and the baseline of energy consumption of production facilities of the gas transportation system of Ukraine. Management and forecasting of energy efficiency should be preceded by experimental studies, on the basis of which it is possible to create predictive models [1], which is a new scientific basis for optimizing energy management systems (according to ISO 50001) and environmental management (according to ISO 14001). For this purpose, a study of the parameters of energy resource consumption (natural gas, electricity, thermal energy) was carried out to ensure more efficient maintenance of buildings, structures and technological equipment on the example of the Dashava gas storage facility.

Keywords: energy effiency, energy consumption, energy enterprise, monitoring, parameters, research.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В сучасних умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв (природного газу) та вимог до охорони довкілля (ДСТУ ISO 14001, 2015) значної актуальності набуває необхідністю впровадження науково-виваженої ефективної програми функціонування інтегрованої системи менеджменту підприємства на базі ISO 50001:2020. Lesinskyi, V (2018) вважає, що можна отримати теоретичні та емпіричні результати енергоспоживання, які можуть бути використані при розробці заходів державної регуляторної політики у сфері енергоефективності.

Емпіричні дослідження також потрібні для виявлення основних факторів формування сталого енергозберігаючого економічного розвитку на рівні галузей та підприємств (Álvarez Jaramillo, 2019 та Olexandr Yemelyanov, 2021). Вирішення практичних питань створення моделі комплексного моніторингу енергоспоживання, визначення енергетичних ризиків для підприємства (Ponomarenko T., 2021). Метою та завданнями роботи є: 1. Аналіз проблематики системи моніторингу енергоспоживання; 2. Здійснення досліджень фактичного енергоспоживання; 3. Визначення базової лінії енергоспоживання; 4. Оцінка енергетичних ризиків та коригувальні дії з їх усунення. Наукова новизна полягає в автоматичному визначенні показників енергоспоживання, визначення енергетичних ризиків з можливість ефективніше впливати на процес планування та оптимізації енергоспоживання.

Аналіз досліджень та публікацій

На забезпечення паливно-енергетичного комплексу високоефективними технічними засобами і технологіями та кваліфікованими фахівцями робиться наголос в Енергетичній стратегії України до 2035 року (Денисюк С., 2016). Газопровідний транспорт є найбільш ефективним та єдиним видом транспорту в Україні для транспортування природного газу. Загальна протяжність газопроводів України складає 38 тис. км. Проте газотранспортна система (ГТС) України споживає близько 2% від всього споживання енергоресурсів України (Мазур І., 2012, Regional Indicators, 2019). Потрібно зауважити, що технічний стан та залишковий ресурс металоконструкцій та обладнання основних галузей господарства в Україні загрозливий, обладнання та конструкцій, які відпрацювали свій нормативний термін і надалі залишаються в експлуатації. Діючі на даний час нормативні документи застаріли і не відповідають сучасним вимогам щодо безпечної експлуатації технологічних об'єктів і надійного їх захисту (Карпаш М., 2020). Вирішення проблем безпечної і надійної експлуатації існуючого фонду будівельних конструкцій потребують здійснення оцінки технічного стану споруд і устаткування, проведення їх паспортизації, розробки відповідного нормативного забезпечення, фахової підготовки інженерно-технічного персоналу, забезпечення постійного моніторингу технічного стану (Полтавець М., 2009). Климчук О. (2014) вважає, що технічний фактор відображає вплив технічного (технологічного) стану та рівня устаткування і обладнання на обсяги споживання енергоресурсів при виробництві продукції (послуг), а структурний фактор відображає вплив структурних змін у галузевій або міжгалузевій діяльності на обсяги споживання палива та енергії. Досвід свідчить, що вирішення проблеми безпеки систем газопостачання є першорядним завданням і силами тільки одних газових господарств вирішити його неможливо (Рудкін А., 2011). Тому до цього процесу повинні долучатись усі газотранспортні підприємства і комунальні також. Дослідження витоків тепла з будівель є важливим і передбачає проведення різних досліджень, наприклад, тепловізійних (Doroshenko Ya.б 2020). Великою мірою об'єм витоків тепла великою мірою залежить від теплової ізоляції будівель (ДБН, 2016). Оперативне встановлення спеціального обладнання дозволяє контролювати витоки газу безпосередньо на газопроводах. Так встановлення детекторів концентрації кисню, які визначають ділянки з низьким значенням концентрації кисню, дають можливість комплексно підвищити точність місцезнаходження витоку природного газу (Field testing, 2004). Joseph Milton (2020) та Cheer J. (2016) вважають акустичний метод визначення місць витоків газу з газопроводів одним з найперспективніших. Якісний склад газу також має вагомий вплив на енергоефективність газотранспортного підприємства і повинен відповідати встановленим нормам (Показники емісії, 2004). Тому його контроль є важливою складовою комплексу робіт з дослідження енергоефективності газотранспортного підприємства. Отже, оцінювання та прогнозування енергоефективності вимагає системного підходу до процессу проведення досліджень.

Матеріали та методи

Основними етапами наукового дослідження є обґрунтований вибір використаних методів. Було визначено основні напрямки експериментальних осліджень:

1. Тепловізійне обстеження будівель і споруд.
2. Виявлення та вимірювання витікань природного газу.
3. Вимірювання концентрації забруднюючих речовин від паливовикористовуючого обладнання для визначення ефективності його роботи.

Для виконання відповідних досліджень, використовувалася відповідна інструментальна база (табл. 1).

Таблиця 1.

Перелік обладнання для проведення досліджень

№ п/п	Найменування приладу	Параметри вимірювання
1.	Тепловізор FLIR SYSTEM AB	Тепловізійне обстеження
2.	Вимірювач витікань газу HI FLOW Sampler	Вимірювання витоків газу
3.	Газоаналізатор ТЕРМІТ 5000	Концентрація забруднюючих речовин
4.	Ручний лазерний віддалемір TDM 100	Геометричні характеристики будівель

Виклад основного матеріалу

Тепловізійне дослідження проводилось для основної виробничої будівлі, а саме: будівля службово-експлуатаційного ремонтного блоку. Для даного об’єкту було отримано результати. Зокрема далі представлено окремі з них (таблиці 2, таблиці 3).

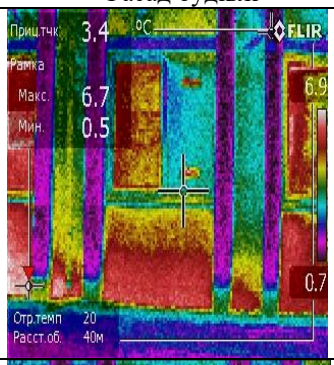
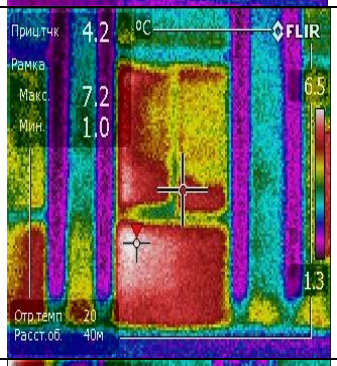
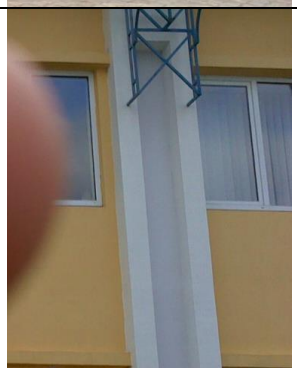
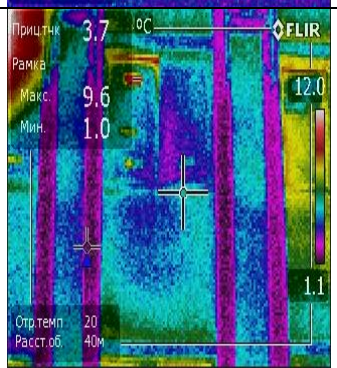
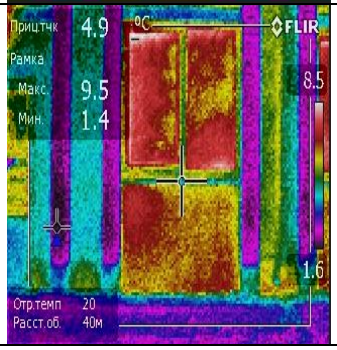
Таблиця 2.

Характеристики теплопередачі трансмісією для службово-експлуатаційного ремонтного блоку

№п/п	Вид огороджувальної конструкції	Площа м^2	Термічний опір		ВТ м^2*К
			Норматив	Факт	
1	Зовнішні стіни	6282,35	1,70	0,76	1,32
2	Перекриття	1438,10	1,70	0,68	1,47
3	Світлопрозорі конструкції	246,00	0,45	0,36	2,78
4	Вхідні двері	31,12	0,60	0,35	2,86

Таблиця 3.

Тепловізійне зображення будівлі службово-експлуатаційного ремонтного блоку

№п/п	Візуальне зображення ділянок контролю	Теплові зображення ділянок контролю	Наявність дефектів
Фасад будівлі			
1			Обл. контролю 1 Вх 1 мах 6,7 Точка контролю Sp1 0,5 Температура НС $T_{зов}$=+5^{0}C Ексфільтрація теплого повітря, недостатній термічний опір стін і вікон
2			Обл. контролю 2 Вх 1 мах 7,2 Точка контролю Sp1 1,0 Температура НС $T_{зов}$=+5^{0}C Ексфільтрація теплого повітря, недостатній термічний опір дверей
3			Обл. контролю 3 Вх 1 мах 9,6 Точка контролю Sp1 1,0 Температура НС $T_{зов}$=+5^{0}C Ексфільтрація теплого повітря, недостатній термічний опір обрамлення вікон
4			Обл. контролю 4 Вх 1 мах 9,5 Точка контролю Sp1 1,4 Температура НС $T_{зов}$=+5^{0}C Ексфільтрація теплого повітря, недостатній термічний опір вікон і стін

На основі аналізу результатів тепловізійних досліджень зроблено висновок, що основними дефектами будівель є недостатній термічний опір стін і вікон, негерметичне з'єднання тепломереж повітря-стіна, наявність витоків через частини дверей з прозорими склопакетами, недостатній термічний опір магістральних труб, комунікацій тепломережі. Тож рекомендованими енергозберігаючими заходами повинні стати: встановлення теплоізоляційних рефлекторів за опалювальними приладами; утеплення вікон та дверей; термоізоляція тепломереж на межі зовнішнє повітря – стіна. Відповідно до отриманих фактичних даних необхідно класифікувати будівлі за їх енергетичною ефективністю (таблиця 4).

Таблиця 4.

Класифікація будівель за енергетичною ефіктивністю

Класи енергетичної ефективності будівлі за питомою енергопотребою	**Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомих тепловтрат, ЕР, від максимально допустимого значення, ЕРmax, [(ЕР-ЕРmax)/ ЕРmax]·100%**
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Після класифікації будівлі складається енергетичний паспорт будівлі та відображається клас енергоефективності будівлі (рисунок 1)

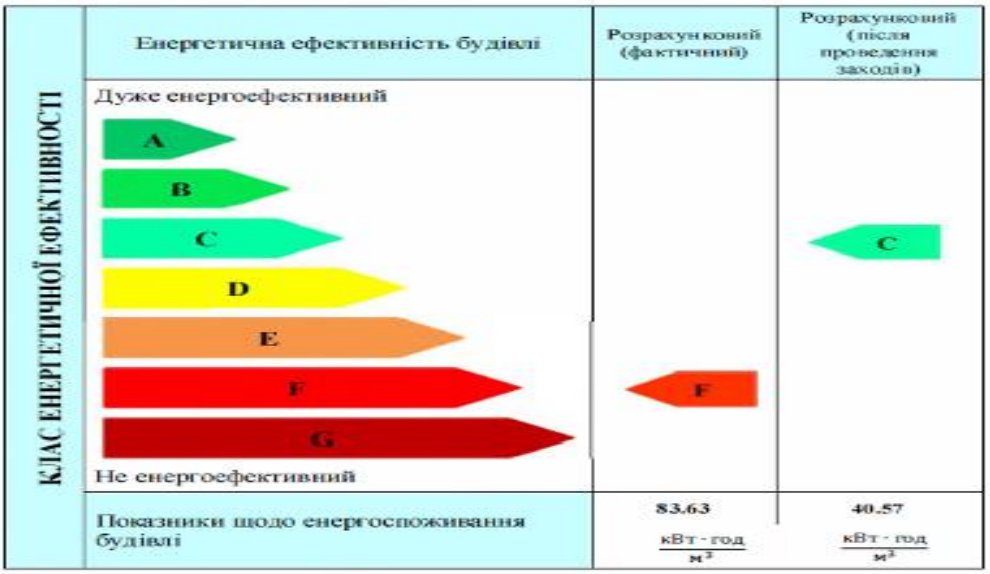


Рис. 1. Енергетичний паспорт будівлі службово-експлуатаційного ремонтного блоку

Витікання природного газу є одним з основних впливних факторів на енергоефективність обладнання енергетичного підприємства, тож їх виявлення є важливою задачею контролю стабільного функціонування енергетичного об'єкта. Інструментальні обстеження витоків газу проводилися як на всій території та технологічних вузлах енергетичного підприємства. Результати досліджень наведені в (таблиця 5).

Таблиця 5.

Результати інструментального обстеження витоків газу

№п/п	**Місце виявлення витоку**	**Тип арматури**	**Обсяг виявленого витоку м³/год**	**Перерахований обсяг витоку тис. м³/рік**
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Обв'язка КЦ				
1.	ГПА №6 кран №80	50	0,02	0,175
Свічки стравлення				
2.	Свіча стравлення ГПА №1 №49	50	0,197	1,726
3.	Свіча стравлення №55 палив. та пусков. газ	50	0,049	0,429
4.	Свіча стравлення ГПА №3 №51	50	0,015	0,131
6.	Свіча стравлення ГПА №5 №53	50	0,405	3,548
7.	Свіча стравлення ГПА №4 №47	50	0,135	1,183

ISSN 2219-9365

1	2	3	4	5
Площадка підключення				
10.	Кран №62	200	0,076	0,665
Вузли відключаючих пристроїв свердловин				
18.	Засува №5 свердл.№194		0,065	0,569
Вибірково свердловини де виявлені витікання				
23.	Фонтанна арматура свердловини №141 вентиль над буферною засувою	15	0,012	0,105
24.	Фонтанна арматура свердловини №134 вентиль над буферною засувою	15	0,038	0,333
25.	Фонтанна арматура свердловини №161 вентиль затрубного простору	15	0,023	0,201
Всього виявлено:			**1,035**	**9,067**

Основними рекомендаціями для забезпечення герметичності обладнання можуть стати: створення реєстру запірної, регулюючої та з'єднувальної арматури, витоки з якої не підлягають усуненню; запровадження паспортизації витікань за типами арматури; періодична діагностика обладнання. В процесі інструментального обстеження були виміряні параметри роботи двох газоперекачувальних агрегатів (ГПА) та співставленні дані продуктів спалювання CO, NOx з встановленими загальнодержавними нормативами гранично допустимих викидів (ГДВ) забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел у мг/м^3 (таблиця 6).

Таблиця 6.

Результати вимірювання вмісту забруднюючих речовин від паливовикористовуючого обладнання

№п/п	Місце проведення вимірювань	Концентрація CO		Концентрація NO_x	
		Результат вимірювання мг/м^3	Норматив мг/м^3	Результат вимірювання мг/м^3	Норматив мг/м^3
1	ГПА №1	201	250	85	500
2	ГПА №2	237	250	198	500

За результатами аналізу можна сформувати рекомендацію, а саме, для подальшого зменшення викидів забруднюючих речовин та для забезпечення ефективної роботи газоперекачувального обладнання доцільно провести налагоджувальні роботи параметрів агрегатів, для забезпечення ефективної їх роботи.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В роботі відображені приділено найбільшу увагу основним параметрам, що найбільше впливають на енергоспоживання підприємства. Продемонстровано на прикладі конкретної будівлі основні недоліки конструктиву та описано заходи по їх усуненню. Проаналізовано рівень герметичності обладнання підприємства з точки зору витікань природного газу. Обстежено рівень викидів забруднюючих речовин від паливовикористовуючого обладнання для аналізу дотримання законодавчих норм та ефективності роботи (коефіцієнт корисної дії) газоперекачуючого обладнання. В перспективі систематизація та проведення даних досліджень дозволить найбільшраціонально використовувати паливно-енергетичні ресурси підприємства.

Подяки

Дана стаття підготована завдяки грантовій підтримці Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0009 «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».

References

1. Denysiuk S. P., Kotsar O. V., Chernetska Yu. V. Energy efficiency of Ukraine. The best project ideas. S. P. Project Professionalization and stabilization of energy management in Ukraine. 2016. C. 33–34.
2. Mazur I. Energy intensity of Ukraine's gross domestic product: prerequisites for its decline. Bulletin of TNEU No. 1. 2012 pp. 64-72.
3. Regional Indicators: European Union (EU). URL: http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/euro.html (дата звернення 05.03.2019).
4. Karpash M. O., Karpash O. M., Vashchyshak I. R., Dotsenko E. R., Myndyuk V. D., Rybitsky I. V., Yavorskyi A. V. Technical diagnostics of equipment and structures: training. manual. Ivano-Frankivsk: IFNTUNG, 2020. 413 p.
5. Poltavets M. M. Energy strategy as the main factor of energy saving at the enterprise. Scientific works of KNTU. Economic sciences. Kirovohrad KNTU 2009. Issue 15. P. 370-373.
6. Klimchuk O. V. Formation of energy-saving policy: world experience and prospects for implementation in Ukraine. Balanced nature management. 2014. No. 4. P. 49-54.

7. Rudkin A. Handbook of the employee of the gas transportation enterprise. Sprout. National shareholder computer "Naftogaz of Ukraine", DK "Ukrtansgaz", 2011. 1090 p.

8. Doroshenko Ya.V. Investigation of dispersed contaminates influence on the hydraulic energy consumption of elements of gas pipeline systems with complex geometry. Topical scientific researcher into resource-saving technologies of mineral mining and processing : Multi-authored monograph / Doroshenko Ya.V., Karpash O.M., Rybitskyi I.V. ; Sofia: Publishing House "St. Ivan Rilski". 2020. P. 182–207.

9. DBN V.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings.

10. Field testing of remote sensor gas leak detection systems. Final report. Rocky Mountain oilfield testing center. Project № 18.10485. U.S. Department of Energy. National Energy Technology Laboratory (NETL), 2004. URL: http://www.netl.doe.gov/technologies/oil-gas/publications/td/Final%20Report_RMO TC.pdf

11. Joseph Milton, Jordan Cheer, SteveDaleyю Active structural acoustic control using an experimentally identified radiation resistance matrix. The Journal of the Acoustical Society of America. 147(3): (2020) 1459-1468 DOI:10.1121/10.0000858

12. Cheer J and Daley S., Active structural acoustic control using the remote sensor method, J.Phys.:Conf.Ser.744(1),012184 (2016).

13. Indicators of emissions (specific emissions) of pollutants from the main and auxiliary equipment of the gas transportation network of Ukraine Kyiv - 2004, p.5,6,8.

14. DSTU ISO 14001:2015 (ISO 14001:2015, IDT) Environmental management system. Requirements and instructions for use. Official publication Kyiv, SE "UkrNDNC" 2016.

15. DSTU ISO 50001:2020 (ISO 50001:2018, IDT. Energy management systems. Requirements and guidelines for use. Official publication. Ministry of Economic Development of Ukraine, 2020

16. Olexandr Yemelyanov 1, Anastasiya Symak 1, Tetyana Petrushka 1, Criteria, Indicators, and Factors of the Sustainable Energy-Saving Economic Development: The Case of Natural Gas Consumption. Energies 2021, 14, 5999. https://doi.org/10.3390/en14185999

17. Lesinskyi, V.; Yemelyanov, O.; Zarytska, O.; Symak, A.; Koleshchuk, O. Substantiation of projects that account for risk in the resource-saving technological changes at enterprises. East. Eur. J. Enterp. Technol. 2018, 6, 6–16, doi:10.15587/17294061.2018.149942.

18. Ponomarenko, T.; Nevskaya, M.; Jonek-Kowalska, I. Mineral Resource Depletion Assessment: Alternatives, Problems, Results. Sustainability 2021, 13, 862, doi:10.3390/su13020862.

19. Álvarez Jaramillo, J.; Zartha Sossa, J.W.; Orozco Mendoza, G.L. Barriers to sustainability for small an medium enterprises in the framework of sustainable development literature review. Bus. Strat. Environ. 2019, 28, 512–524, doi:10.1002/bse.2261.