

- [1] Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Morozova O. M. Detection of regularities of $Y_2Zr_2O_7$ pyrochlor phase formation during the reaction of solid-phase synthesis under different temperature-time conditions. *Functional Materials*. 2022. Vol. 29, No. 1. P. 30–38. DOI: 10.15407/fm29.01.30.
- [2] Hannink H. J., Kelly P. M., Muddle B. C. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*. 2000. Vol. 83, Iss. 3. P. 461–487. DOI: 10.1111/j.1151-2916.2000.tb01221.x.
- [3] Chevalier J., Gremillard L., Deville S. Low-temperature degradation of zirconia and implications for biomedical implants. *Annual Review of Materials Research*. 2007. Vol. 37. P. 1–32. DOI: 10.1146/annurev.matsci.37.052506.084250.
- [4] Djurado E., Bouvier P., Lucazeau G. Crystallite size effect on the tetragonal-monoclinic transition of undoped nanocrystalline zirconia studied by XRD and raman spectrometry. *Journal of Solid State Chemistry*. 2000. Vol. 149, Iss. 2. P. 399–407. DOI: 10.1006/jssc.1999.8565.
- [5] Lin J. D., Duh J. G. Fracture toughness and hardness of ceria- and yttria-doped tetragonal zirconia ceramics. *Materials Chemistry and Physics*. 2002; Vol. 78. P. 253–261. DOI: 10.1016/S0254-0584(02)00327-9.
- [6] Mamalis A. G., Hevorkian E. S., Nerybatskyi V. P., Rucki M., Krzysiak Z., Morozova O. M. Effect of nanoadditives on the properties of partially stabilized zirconia. *Nanotechnology Perceptions*. 2023. Vol. 19, No. 3. P. 26–46. DOI: 10.56801/nano-ntp.v19i3.325.
- [7] Gevorkyan E., Prikhna T., Vovk R., Rucki M., Siemiatkowski Z., Kucharczyk W., Chishkala V., Chalko L. Sintered nanocomposites ZrO_2 -WC obtained with field assisted hot pressing. *Composite Structures*. 2021. Vol. 259. P. 113443. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.113443.
- [8] Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Rucki M., Kilikevicius A., Mamalis A. G., Samociuk W., Morozow D. Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 100–113. DOI: 10.56801/nano-ntp.v20i1.363.
- [9] Hevorkian E. S., Morozova O. M., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Sofronov D. S., Moya S., Abarategi A., Arnaiz B., Bondarenko M. A., Vovk R. V. Composite material based on zirconium dioxide partially stabilised with cerium oxide and aluminium oxide for bioengineering applications. *Functional Materials*. 2024. Vol. 31, No. 3. P. 351–358. DOI: 10.15407/fm31.03.351.

УДК504.063:69.009.1:699.8

**ВПЛИВ ЗАПЛАНОВАНОГО СКОРОЧЕННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ
ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ
ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ У НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ**

**IMPACT OF PLANNED REDUCTION IN GREENHOUSE GAS EMISSIONS
ON THE THERMAL RESISTANCE OF ENCLOSING STRUCTURES IN
REGULATORY DOCUMENTS**

О. В. Панчук

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. V. Panchuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Екологічна ситуація, яка склалася в світі на початку 90-х років минулого століття призвела до того, що велика кількість розвинених країн прийняли рішення про зобов'язання щодо кількісних обмежень і скорочень викидів в межах Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Україна підписала Конвенцію 11 червня 1992 року і ратифікувала 29 жовтня 1996 року. Станом на березень 2014 року до РКЗК ООН приєдналися 196 учасників. Сторони конвенції зустрічаються щорічно з 1995

року на конференціях (COP) для оцінки прогресу в боротьбі зі зміною клімату. Остання 29-та відбулась в листопаді цього року в Баку, Азербайджан [1].

Київський протокол [2] став першою глобальною спробою, основною ідеєю якої було регулювання або перерозподіл квот на викиди парникових газів у порівнянні з 1990 роком. До таких газів віднесли: двоокис вуглецю (CO₂), метан (CH₄), закис азоту (N₂O), гідрофторвуглеці (ГФВ), перфторвуглеці (ПФВ) та гексафторид сірки (SF₆).

На міжнародному рівні це назвали угодою про охорону навколишнього середовища, заснованою на ринковому механізмі регулювання обсягів викидів парникових газів між країнами підписантами. Відповідно до однієї статті цього документа країни, які відносяться до розвинених можуть надавати можливість країнам, що розвиваються, отримувати фінансові кошти для виконання статті 10 у таких секторах економіки як енергетика, транспорт і промисловість, а також сільського та лісового господарств та організації видалення відходів.

В Україні виконання вимог цієї конвенції та впровадження механізмів Київського протоколу до неї, у тому числі в частині реалізації проектів, спрямованих на охорону навколишнього природного середовища, було метою діяльності Національного агентства екологічних інвестицій України (з вересня 2014 функції передані Мінекології).

Наступним документом у межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату стала Паризька угода [3] щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р.

Україна підписала Паризьку угоду в квітні 2016 року в Нью-Йорку, а ВРУ ратифікувала її у липні того ж року.

Першою спробою врегулювати теплотехнічні показники огорожень будівель з відомими температурою та вологістю внутрішнього повітря були наведені у будівельних нормах та правилах. Так, використовувалось значення показника необхідного опору теплопередачі R_o^{TP}

$$R_o^{TP} = \frac{(t_B - t_H)nbR_B}{\Delta t^H} \quad (1)$$

При чому для зовнішніх дверей та воріт, а також підлоги по ґрунту та на лагах він не регулювався навіть в такий спосіб.

За часів незалежної України з'явилися перші чіткі вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинків і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків [4]. Таким документом стали Державні будівельні норми України Конструкції будинків і споруд «Теплова ізоляція будівель» в редакції 2006 року. На відміну від радянських будівельних норм та правил де був розподіл на всього три температурних зони в межах всього СРСР (волога, нормальна, суха) в ДБН з'явилися, окрім іншого, чотири температурні зони (від I до IV) та

конкретні показники мінімально допустимого значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q\ min}$ для кожної з чотирьох температурних зон.

Саме 2006 рік можна вважати роком, коли у практичній площині стало можливим втілювати ефективні способи зменшення теплових втрат завдяки відповідним нормам. Вони мають використовуватися як при проектуванні будинків і споруд, що опалюються, при новому будівництві, реконструкції й капітальному ремонті (термомодернізації) так і при складанні енергетичного паспорта, визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів для опалення будинків розрахунково-аналітичним методом та проведенні енергетичного обстеження будівель та споруд.

Починаючи з першого видання (2006 р.) таких ДБН можна відслідкувати тенденції збільшення значень термічних опорів огорожуючих конструкцій. Так, станом на 2024 рік було чотири редакції цих будівельних норм [4, 5, 6]: 2006, 2013, 2016 та 2021 рр (табл. 1). В таблиці наводяться дані для I температурної зони, вимоги до значень у якій є найсуворішими.

Табл. 1. Порівняння мінімально допустимого значення $R_{q\ min}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків в залежності від року видання

Вид огорожувальної конструкції	$R_{q\ min}$ для I температурної зони, (м ² ·К)/Вт			
	2006	2006 (зі змінами від 2013 р.)	2016	2021
Зовнішні стіни	2,8	3,3	3,3	4
Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,5	0,5	0,6	0,7
Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	3,3	4,95	4,95	6
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,5	3,75	3,75	5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,5	0,75	0,75	0,9

Як видно з табл. 1 за період з 2006 до 2021 року вимоги до термічного опору зросли на 40-80% залежно від конструкції, що сприятиме зменшенню викидів CO₂ в подальшому. Такі зміни узгоджуються з європейськими стандартами енергоефективності та національними цілями скорочення енергоспоживання.

Отже, можна стверджувати, що поступове посилення вимог до $R_{q\ min}$ впливатиме на зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів і, як наслідок, зменшення обсягів викидів парникових газів.

[1] Конференція ООН зі зміни клімату. Офіційний сайт: веб-сайт. URL: <https://unfccc.int> (дата звернення 24.11.2024).

[2] Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. Офіційний сайт Верховної Ради України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text (дата звернення 24.11.2024).

[3] Паризька угода. Офіційний сайт Верховної Ради України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (дата звернення 24.11.2024).

- [4] ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зі зміною №1 від 1 липня 2013 року [Текст]. Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с.
- [5] ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Текст]. - Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 31 с.
- [6] ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Текст]. – Міністерство розвитку громад та територій України, Мінірегіон України. – 2022. – 27с.

УДК 656.225:629.21

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ
МАСОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЕЮ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ:
ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ**

**OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE
TRANSPORTATION OF BULK CARGO BY RAIL IN WARTIME:
CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR UKRAINE**

аспірант Д. В. Кудряшов¹, Н. С. Кудряшова²

¹«Український державний університет залізничного транспорту»

²АТ «Укрзалізниця» (м. Харків)

D. V. Kudriashov¹ postgraduate student,

N.S. Kudriashova²

¹«Ukrainian State University of Railway Transport»

²JSC «Ukrzaliznytsia» (Kharkiv)

Залізниця залишається найбільш економічно ефективним і екологічним способом транспортування масових вантажів (МВ) у великих обсягах на далекі відстані. Проте енергоємність цих перевезень є значною. Воєнний стан в Україні створює додаткові виклики: пошкодження інфраструктури, зміна маршрутів руху, нестабільність енергопостачання. Ефективне управління енергоспоживанням дозволить зменшити витрати на транспортування, а також підвищити економічну та енергетичну безпеку держави в складних умовах.

Оптимізація енергоспоживання для залізничних перевезень МВ є критично важливим завданням, зокрема в умовах військових дій. Зростання вартості енергоносіїв, дефіцит ресурсів, обмежений доступ до імпорتنих поставок та необхідність мінімізації витрат на логістику роблять пошук енергоефективних рішень нагальною потребою. У контексті воєнного часу залізниця стає стратегічно важливим транспортним каналом, оскільки має відносно низькі витрати на енергію порівняно з автомобільними перевезеннями. Досвід передових залізничних систем світу, які успішно впровадили технології для підвищення енергоефективності, може бути цінним орієнтиром для України.

Українська залізниця має значний потенціал для оптимізації енергоспоживання. Застосування більш сучасних електровозів та збільшення кількості електрифікованих ліній надасть можливість знизити витрати на паливо,