

УДК 338.242

[https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(1\)-9](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(1)-9)

ДЖЕДЖУЛА В. В.

<https://orcid.org/0000-0002-2740-0771>e-mail: djedjula@vntu.edu.ua

СПІФАНОВА І. Ю.

<https://orcid.org/0000-0002-0391-9026>e-mail: yepifanova@vntu.edu.ua

Вінницький національний технічний університет

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНИХ СИСТЕМ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

В статті розглянуто основні напрямки підвищення рівня безпеки критичної інфраструктури локального (четвертого) рівня – системам тепло- і водопостачання, водовідведення житлових будинків. Основна увага приділена заходам енергозбереження для цих систем, які дозволяють не тільки зменшити навантаження на об'єкти критичної інфраструктури, але і підвищити їх надійність.

Ключові слова: безпека, надійність, теплопостачання, водопостачання, енергозбереження.

VIACHESLAV DZHEDZHULA, IRYNA YEPIFANOVA

Vinnytsia National Technical University

ENERGY SAVING AS A DIRECTION OF INCREASING THE SECURITY OF CRITICAL SYSTEMS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Housing is the place where people spend a significant amount of their lives. Serious recent challenges - epidemics, hostilities, significant increases in energy costs - require increased attention to the critical infrastructure of housing and their level of energy consumption. The ability to work effectively depends on the living conditions of employees. But it is not always possible to restore the work of influential systems in a timely and high-quality manner. There is an urgent problem in the study of the factors influencing the critical infrastructure of residential buildings and the role of energy-saving in improving the security of these systems.

The theoretical basis of the study of critical systems safety and energy saving are the works of such scientists as Yermenchuk O. P., Bugaychuk N.V., Telenik S. S., Vlasjuk O. S., Sukhonos M. K., Molodchenko T.G., Prasol V.M., Kylymnyk I. I., Kolyada T.A., Dombrowska A. V., Brovdiy A. M. and others. Despite the well-known volume of publications related to the security of economic systems, it is important to study the factors influencing the critical infrastructure of residential buildings and the role of energy-saving in improving the security of these systems. The purpose of the article is to form proposals for improving the security of critical infrastructure of housing and separate the role of energy-saving in this process.

A general indicator of the level of safety of critical infrastructure of residential buildings is proposed, which is presented as a function in general, or specifically as a sum of expert and analytical values of impact factors. It is determined that the main factors influencing the safety of critical infrastructure of the fourth level - residential buildings are the deterioration of engineering equipment, systems, networks, distribution devices, automation, insulation; autonomy of systems; maintainability; accessibility; level of compliance with modern requirements. Prospects for further exploration are the formation of a model for managing the security of critical infrastructure of residential buildings, taking into account the energy component.

Keywords: safety, reliability, heat supply, water supply, energy conservation.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Житлові будинки – це об'єкти, де люди проводять значну кількість часу свого життя. Серйозні виклики останнього часу – епідемії, військові дії, значне зростання вартості енергоносіїв – вимагають підвищеної уваги до об'єктів критичної інфраструктури житлових будинків та рівня їх енергоспоживання. Можливість ефективно працювати безпосередньо залежить і від побутових умов працівників. Але не завжди є можливість вчасно і якісно відновити роботу важливих систем. Постає актуальна проблема у дослідженні факторів впливу на об'єкти критичної інфраструктури житлових будинків та ролі енергозбереження в підвищенні безпеки цих систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичною основою дослідження безпеки критичних систем та енергозбереження є праці таких вчених, як Єрменчук О. П., Бугайчук Н. В., Теленик С. С., Власюк О. С., Сухонос М. К., Молодченко Т. Г., Прасол В. М., Килимник І. І., Коляда Т. А., Домбровська А. В., Бровдій А. М. та ін [1–6]. Питання, пов'язані із управлінням енергозбереженням, досліджено в роботах [7–9].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Незважаючи на знаний обсяг публікацій, пов'язаних з безпекою економічних систем, важливим завданням є дослідження факторів впливу на об'єкти критичної інфраструктури житлових будинків та ролі енергозбереження в підвищенні безпеки цих систем.

Формулювання цілей статті

Метою статті є формування пропозицій щодо підвищення рівня безпеки критичної інфраструктури житлових будинків і виокремлення ролі енергозбереження в цьому процесі.

Виклад основного матеріалу

Відповідно до Закону України [10] «Про критичну інфраструктуру» до життєво важливих функцій та/або послуг, порушення яких призводить до негативних наслідків для національної безпеки України, належать, зокрема системи енергозабезпечення, у тому числі і теплопостачання, системи водопостачання і водовідведення. Безперебійне функціонування даних систем є безумовно необхідним і від їх роботи залежить якість, а іноді і можливість перебування людей в своїх помешканнях. За надійністю системи електропостачання поділяються на 3 категорії: перша, де перерви у постачанні є недопустимими тому, що призведе до небезпеки життя людей, матеріальних втрат, масового браку і порушення роботи особливо важливих виробництв; друга – перерва у постачанні енергії призводить до масового не випуску продукції, зупинки транспорту, порушення життєдіяльності мешканців міста і села, і третя – всі інші об'єкти, які не попали в перші дві категорії.

Системи теплопостачання за надійністю поділяються на три категорії [6]: споживачі першої категорії – ті, яким не допускається перерва у подачі теплової енергії та зниження температури повітря в приміщеннях; споживачі другої категорії – споживачі, яким допускається зниження температури повітря в опалюваних приміщеннях на період ліквідації технологічного пошкодження обладнання, але не більше 50 годин; третьої категорії – всі інші споживачі.

Згідно з [10] безпека критичної інфраструктури - стан захищеності критичної інфраструктури, за якого забезпечуються функціональність, безперервність роботи, відновлюваність, цілісність і стійкість критичної інфраструктури. На нашу думку, оцінку рівнів критичної інфраструктури можна здійснювати використовуючи функції належності гаусівського типу. Де по шкалі абсцис відкладається значення певного інтегрального показника – рівня безпеки Rb , а по осі ординат – значення ступеня належності від 0 до 1 (рис. 1). Рівні безпеки критичної інфраструктури можна визначити наступними: «абсолютно не припустимий» аН; «критичний» Кр; «небажаний» Нб; «низький» Нз; «задовільний» Зд; «оптимальний» Опт.

В свою чергу, загальний показник рівня безпеки критичної інфраструктури житлових будинків можна представити у вигляді функції у загальному вигляді (1), або конкретно у вигляді суми експертних та аналітичних значень факторів впливу (2):

$$Rb = f(x_1, x_2, x_3, x_4 \dots x_n), \quad (1)$$

$$Rb = \sum_{i=1}^n x_i \leq 100 \quad (2)$$

де $x_1 \dots x_n$ – фактори впливу на даний показник.

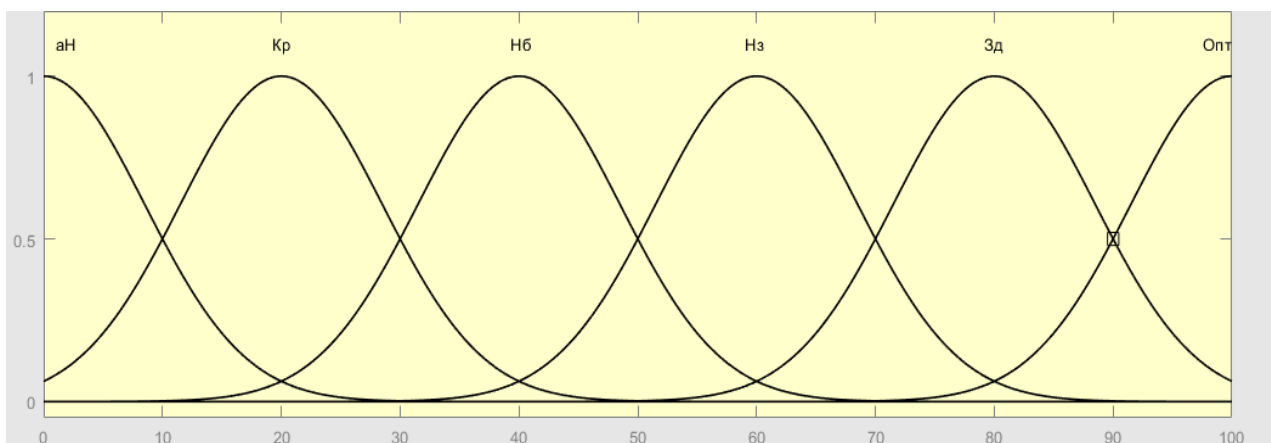


Рис.1. Функції належності інтегрального показника рівня безпеки критичної інфраструктури (розроблено авторами)

На нашу думку, основними факторами впливу на безпеку критичної інфраструктури четвертого рівня – житлових будинків є (табл. 1):

- Зношеність інженерного обладнання, систем, мереж, пристроїв розподілу, автоматики, ізоляції.
- Автономність систем – кожна автономна система більш надійна, ніж та, яка залежить від

зовнішніх факторів, наприклад автономні системи опалення більш надійні для будинку в цілому, тому що вихід з ладу котла в окремій квартирі практично не вплине на опалення сусідніх квартир, тоді як вихід з ладу зовнішньої мережі теплопостачання або електропостачання залишає без тепла і світла весь будинок.

➤ Ремонтпридатність – стан систем критичної інфраструктури за якого можливе їх відновлення без суттєвих заміни частин і обладнання.

➤ Доступність – системи повинні бути доступними до обстеження, діагностики і ремонту. Системи які замонітовані у будівельні конструкції, закриті оздобленням, або взагалі не відомо де точно проходять не можливо відремонтувати швидко.

➤ Рівень відповідності сучасним вимогам – система, яка максимально близька за своїми характеристиками до найсучасніших аналогів є більш гнучка, якісна, і наближена до актуальних вимог з експлуатації.

➤ Рівень з енергоефективності – міра використання енергії на виконання безпосередніх функціональних задач критичних систем. Чим більша величина втрат енергії при перетворенні, транспортуванні, експлуатації, тим більше в цілому енергії потрібно системі. Що в свою чергу призводить до збільшення розмірів системи в цілому і її елементів, зростання навантаження на її окремі ланки, швидший знос. Будинок, який має вищий клас енергетичної ефективності потребує менше енергії на опалення 1 м² в рік, що в свою чергу вимагає менших систем опалення і теплопостачання, зазвичай такі будинки мають більшу теплову інерцію, що збільшує час на охолодження повітря приміщень при аварійних ситуаціях.

Відповідно до граничних максимальних значень факторів впливу можна розробити діаграму Парето накопичених факторів, що характеризують безпеку критичних систем будинків (рис. 2).

Значення більшості з наведених показників потрібно визначати експертним шляхом. В таблиці наведено лише рекомендований діапазон значень факторів впливу на рівень безпеки. Звичайно, що у кожному конкретному випадку необхідно розраховувати чи визначати експертно значення фактору.

Таблиця 1

Систематизація факторів впливу на безпеку критичної інфраструктури четвертого рівня

№	Фактори впливу на рівень безпеки критичної інфраструктури	Характеристика	Діапазон значень факторів впливу
X ₁	Зношеність	Фізичний знос обладнання, мереж, ізоляції та кріплень Максимальному рівню відповідає значення «0.1», мініальному - «30»	(0...30]
X ₂	Автономність	Наявність приєднання до зовнішніх мереж тепло-, водопостачання, електрики та каналізації. Максимальному рівню автономності відповідає значення «10», мініальному – «0.1»	(0...10]
X ₃	Ремонтнопридатність	Придатність до ремонту, можливість здійснювати ремонт без суттєвих заміни частин систем і обладнання. Максимальному рівню ремонтнопридатності відповідає значення «17», мініальному – «0.1»	(0...17]
X ₄	Доступність	Доступність мереж до обстеження, випробування, ремонту та заміни Максимальному рівню доступності відповідає значення «12», мініальному – «0.1»	(0...12]
X ₅	Рівень відповідності сучасним вимогам	Експертний рівень відповідності технічного стану критичних систем сучасним вимогам нормативних документів Максимальному рівню відповідності - значення «13», мініальному – «0.1»	(0...13]
X ₆	Рівень енергоефективності	Міра використання енергії на виконання безпосередніх функціональних задач критичних систем Максимальному рівню енергоефективності відповідає значення «18», мініальному – «0.1»	(0...18]

Максимальний рівень безпеки складає 100 балів, що теоретично можливо, але практично не реалізується. Фактори також можна охарактеризувати за «гнучкістю», тобто таким впливом на них, при якому при мінімальних втручаннях в існуючі системи відбувається певне (суттєве) зростання рівня безпеки. Найменшою гнучкістю володіють фактори x₂–x₄, тому що якщо, наприклад, система призначена для роботи від зовнішніх джерел (не автономна), то перетворити її на автономну без значних втручань практично неможливо, а іноді і взагалі не можливо – наприклад район міста з центральним теплопостачанням і не газифікований. Найбільшою гнучкістю для існуючих будинків володіє фактор X₆ – Рівень енергоефективності. В даному випадку шляхом певних модернізацій системи проведених за результатами енергетичного аудиту можна значно підвищити рівень енергоефективності систем, а значить і рівень безпеки критичних систем в цілому.

Наприклад, для житлового будинку №1, для якого було проведено енергоаудит, реалізація заходу «теплоізоляція трубопроводів внутрішнього теплопостачання у підвалі» дозволило ліквідувати оголені ділянки трубопроводів, зменшити теплові втрати мереж та корозію. Прямий контакт розпеченого трубопроводу з холодним повітрям при сильних морозах часто призводив до розгерметизації (руйнування)

оголених ділянок системи внутрішнього теплопостачання і її зупинки. Реалізація всіх запропонованих заходів дозволила збільшити значення показника χ_6 «рівень енергоефективності» для даного будинку з 5 до 16 балів. А рівень безпеки критичних систем з 63 балів «низький рівень» до 74 «задовільний рівень».

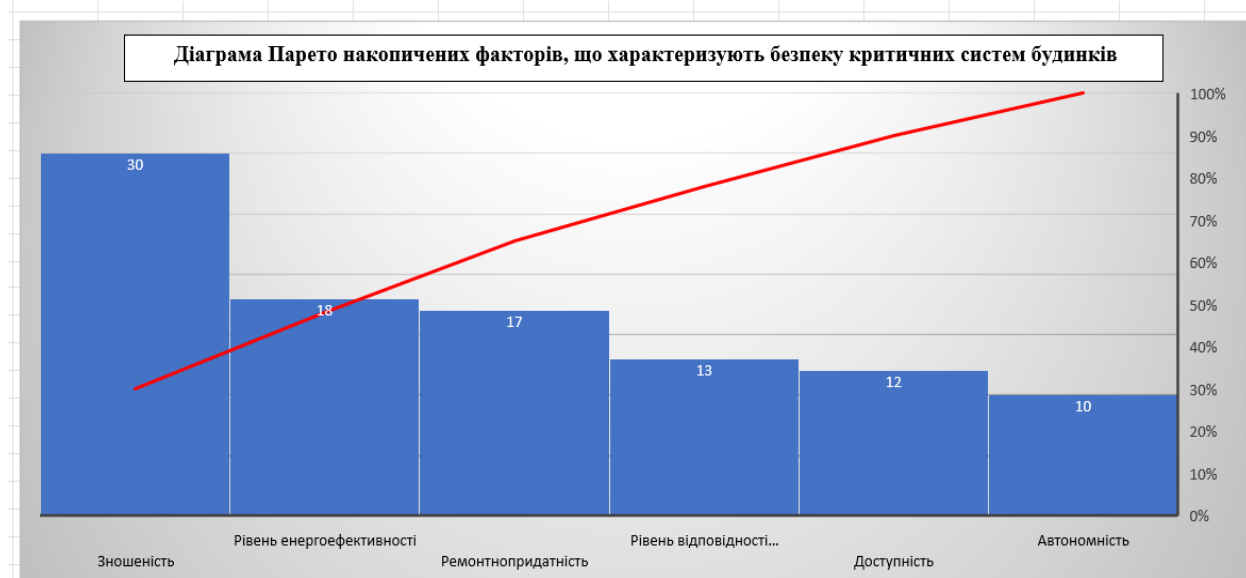


Рис. 2. Діаграма Парето накопичених факторів, що характеризують безпеку критичних систем будинків (розроблено авторами)

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

В роботі сформовано пропозиції щодо підвищення рівня безпеки критичної інфраструктури житлових будинків на основі результатів проведеного енергоаудиту та виокремлено роль енергозбереження в цьому процесі. Визначено, що основними факторами впливу на безпеку критичної інфраструктури четвертого рівня – житлових будинків – є зношеність інженерного обладнання, систем, мереж, пристроїв розподілу, автоматики, ізоляції; автономність систем; ремонтпридатність; доступність; рівень відповідності сучасним вимогам. Перспективами подальших розвідок є формування моделі управління безпекою критичної інфраструктури житлових будинків з врахуванням енергетичної складової.

Література

1. Єрменчук О.П. Основні підходи до організації захисту критичної інфраструктури в країнах Європи: досвід для України : монографія. Дніпро : Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ. 2018. 180 с.
2. Бугайчук Н.В. Розвиток житлово-комунальної інфраструктури як чинник забезпечення економічної безпеки держави. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 21.04.01 – економічна безпека держави (економічні науки). Національний інститут стратегічних досліджень, Київ, 2020.
3. Теленик С. С. Критична інфраструктура як об'єкт адміністративно-правового регулювання Юридичний часопис Національної академії внутрішніх справ. 2018. № 1 (15). С. 179–189.
4. Власюк О. С. Економічна безпека України в умовах ринкових трансформацій та антикризового регулювання. К. : ДННУ “Акад. фін. управління”, 2011. 474 с.
5. Сухонос М. К. Молодченко Т. Г., Прасол В. М. Аналіз технічного стану житлового фонду України та пропозиції щодо його оцінки. Економічний вісник Донбасу, 2014. № 1. С. 51–55.
6. Перспективи розвитку державно-приватного партнерства в галузі житлово-комунального господарства : колективна монографія / І. І. Килимник, Т. А. Коляда, А. В. Домбровська, А. М. Бровдій ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 139 с.
7. Dzhedzhula V. V., Yepifanova I. Yu. Optimization of Energy Saving Potential of Industrial Enterprises. 11th International Conference on Advanced computer information technologies ACIT'2021: Conference Proceedings. 2021, P. 433–436.
8. Heyets V., Voynarenko M., Dzhedzhula V., Yepifanova I., Trocikowski T. Models and strategies for financing innovative energy saving activities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. 628.
9. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю. Стан та перспективи розвитку енергосервісних компаній в Україні. Науковий вісник Одеського національного економічного університету. 2020. № 3-4. С. 124-131.
10. Про критичну інфраструктуру: Закон України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>

References

1. Iermenchuk O.P. (2018) Osnovni pidkhody do orhanizatsii zakhystu krytychnoi infrastruktury v krainakh Yevropy: dosvid dia Ukrainy : monohrafiia. Dnipro: Dniprop. derzh. un-t vnutr. sprav.
2. Buhaichuk N.V. (2020) Rozvytok zhytlovo-komunalnoi infrastruktury yak chynnyk zabezpechennia ekonomichnoi bezpeky derzhavy. Kvalifikatsiina naukova pratsia na pravakh rukopysu. Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata ekonomichnykh nauk za spetsialnistiu 21.04.01 – ekonomichna bezpeka derzhavy (ekonomichni nauky). Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen, Kyiv.
3. Telenyk S. S. (2018) Krytychna infrastruktura yak obiekt administratyvno-pravovoho rehuliuвання Yurydychnyi chasopys Natsionalnoi akademii vnutrishnikh sprav, no. 1 (15), pp. 179-189.
4. Vlasiuk O. S. (2011) Ekonomichna bezpeka Ukrainy v umovakh rynkovykh transformatsii ta antykryzovoho rehuliuвання. K. : Akad. fin. Upravlinnia.
5. Sukhonos M. K., Molodchenko T. H., Prasol V. M. (2014) Analiz tekhnichnoho stanu zhytlovoho fondu Ukrainy ta propozytsii shchodo yoho otsinky. Ekonomichnyi visnyk Donbasu, no. 1, pp. 51-55.
6. Yepifanova I. Yu., Dzhezdzhula V. V. (2021) Optimization of Energy Saving Potential of Industrial Enterprises. 11th International Conference on Advanced computer information technologies ACIT2021: Conference Proceedings, pp. 433–436.
7. Heyets V., Voynarenko M., Dzhezdzhula V., Yepifanova I., Trocikowski T. (2021) Models and strategies for financing innovative energy saving activities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 628.
8. Dzhezdzhula V. V., Yepifanova I. Yu. (2020) Stan ta perspektyvy rozvytku enerhoservisnykh kompanii v Ukraini. Naukovyi visnyk Odeskoho natsionalno ekonomichnoho universytetu, no. 3-4, pp. 124-131.
9. Pro krytychnu infrastrukturu: Zakon Ukrainy URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
10. Kylymnyk I. I., Koliada T. A., Dombrovska A. V., Brovdii A. M. (2018) Perspektyvy rozvytku derzhavno-privatnoho partnerstva v haluzi zhytlovo-komunalnoho hospodarstva : kolektyvna monohrafiia; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova.