

О.Г. КЕССАЄВ, Ю.Г. ГОНТАР, П.Є. КОВАЛЕК

КАБЕЛІ LSZH ТА СЕРТИФІКАЦІЯ CPR/CPR2: СУЧАСНІ СТАНДАРТИ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ У КРИТИЧНІЙ ТА ГРОМАДСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Вступ. Пожежі в будівлях і транспортних об'єктах можуть виникати через конструктивні недоліки, дефекти обладнання або людську необережність. Надійність аварійних систем та енергопостачання критичних об'єктів залежить від якості кабелів, що їх забезпечують. **Проблема.** Традиційні ПВХ-кабелі при горінні виділяють густий дим і токсичні галогени, що ускладнює евакуацію людей і пошкоджує обладнання та конструкції. Необхідні безпечніші та екологічні альтернативи для громадських та критичних об'єктів. **Мета.** Дослідити властивості кабелів LSZH і сучасні стандарти сертифікації CPR/CPR2 для підвищення пожежної безпеки та надійності енергопостачання критичних і громадських об'єктів. **Методика.** Проведено аналіз стандартів EN 50575, EN 60754, EN 61034 та EN IEC 60332-3-24 і порівняння властивостей Low Smoke Zero Halogen та ПВХ кабелів за димовиділенням, токсичністю та корозійним впливом. **Результати.** LSZH кабелі мають низьке димовиділення, відсутність токсичних галогенів і мінімальний корозійний вплив. Вони забезпечують відповідність стандартам CPR/CPR2 і підвищують безпеку людей та надійність обладнання. **Практична цінність.** Використання Low Smoke Zero Halogen кабелів та сертифікованої кабельно-провідникової продукції гарантує пожежну безпеку, збереження обладнання, відповідність європейським стандартам і надійність критичних об'єктів.

Ключові слова: Low Smoke Zero Halogen кабелі, безгалогенні кабелі, пожежна безпека, сертифікація кабелів, димовиділення, токсичність, критична інфраструктура.

О. КИЕСАЄВ, Ю. ГОНТАР, П. КОВАЛЕК

LSZH CABLES AND CPR/CPR2 CERTIFICATION: MODERN FIRE SAFETY AND ENVIRONMENTAL STANDARDS IN CRITICAL AND PUBLIC INFRASTRUCTURE

Introduction. Fires in buildings and transport facilities can occur due to structural defects, equipment defects or human carelessness. The reliability of emergency systems and power supply to critical facilities depends on the quality of the cables that provide them. **Problem.** Traditional PVC cables emit thick smoke and toxic halogens when burning, which complicates the evacuation of people and damages equipment and structures. Safer and environmentally friendly alternatives are needed for public and critical facilities. **Objective.** To investigate the properties of LSZH cables and modern CPR/CPR2 certification standards to improve fire safety and reliability of power supply to critical and public facilities. **Methodology.** An analysis of the standards EN 50575, EN 60754, EN 61034 and EN IEC 60332-3-24 was carried out and the properties of LSZH and PVC cables in terms of smoke emission, toxicity and corrosive effects were compared. **Results.** Low Smoke Zero Halogen cables have low smoke emission, no toxic halogens and minimal corrosive effects. They ensure compliance with CPR/CPR2 standards and increase human safety and equipment reliability. Practical value. The use of LSZH cables and certified cable and wire products guarantees fire safety, equipment safety, compliance with European standards and reliability of critical facilities.

Keywords: Low Smoke Zero Halogen cables, halogen-free cables, fire safety, cable certification, smoke emission, toxicity, critical infrastructure.

Вступ. Причини виникнення пожеж дуже різноманітні. До них можна віднести недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, облаштуванні комунікацій, дефекти обладнання, неправильну організацію або порушення режимів технологічних процесів, неправильне виконання робіт, необережність персоналу тощо.

У разі виникнення небезпеки різні аварійні системи (наприклад, пожежогашіння, звукового оповіщення чи освітлення) повинні бути вкрай стійкими. При пожежах всередині будівель вони повинні забезпечити працездатність насосів, що подають воду для гашіння вогню, закривання і відкривання дверей, евакуаційних ліфтів та іншого обладнання протягом часу, достатнього для повної евакуації людей в безпечну зону. У разі пожежі в метро або автотунелях шанси на виживання пасажирів значною мірою залежатимуть від вентиляційної системи. Вона повинна якомога довше залишатися працездатною, забезпечуючи витяжку диму та газів. Відповідно, енергопостачання зазначених систем повинно включати елементи з підвищеною надійністю, а кабелі, що його забезпечують – відповідати певним вимогам.

Саме на цьому етапі на перший план виходить вибір матеріалів для ізоляції та оболонки кабелів. Адже від їхніх властивостей залежить не лише стійкість до вогню, а й безпека людей, захист обладнання та мінімізація шкоди для довкілля. Традиційні матеріали, що

тривалий час використовувалися у будівництві та транспорті, вже не відповідають вимогам часу.

Обґрунтування актуальності напрямку дослідження. Все більшого поширення набувають кабелі з ізоляцією Low Smoke Zero Halogen (LSZH), які поступово витісняють полівінілхлоридні (ПВХ) матеріали. Попри широке застосування, ПВХ має низку критичних обмежень:

- інтенсивне утворення диму, що ускладнює евакуацію;
- виділення токсичних газів (HCl, діоксини), небезпечних для здоров'я;
- корозійний вплив продуктів горіння на обладнання та металеві конструкції.

Під абревіатурою LSZH (Low Smoke Zero Halogen) або LSOH (Low Smoke 0 Halogen) розуміють спеціальні полімерні композиції, що не містять галогенів та під час горіння характеризуються низьким димовиділенням. До галогенів належать такі хімічні елементи, як хлор (Cl), бром (Br), фтор (F) і йод (I). Вони широко використовуються у виробництві кабелів, оскільки ці елементи сприяють підвищенню вогнестійкості матеріалів. Наприклад, хлор є важливим компонентом полівінілхлориду (ПВХ), що використовується для ізоляції жил і оболонок кабелів, а фтор входить до складу таких високотемпературних матеріалів, як фторетилпропілен (FEP), політетрафторетилен (PTFE) та

© О.Г. Кессаєв, Ю.Г. Гонтар, П.Є. Ковалек, 2025

етилентетрафторетилен (ETFE). Бром, своєю чергою, застосовується для виготовлення негорючих ізоляційних матеріалів. І хоча галогени допомагають підвищити вогнестійкість кабелів, вони мають суттєві недоліки. При горінні матеріалів, що містять галогени, виділяються дуже агресивні та шкідливі пари. Ці пари містять галогеніди, які при контакті з вологою перетворюються на кислоти, здатні спричиняти кислотні опіки дихальних шляхів у людей. Крім того, кислоти, що виділяються, можуть викликати корозію металевих конструкцій, пошкоджувати машини та навіть руйнувати бетонні елементи будівель. Це призводить до необхідності дорогих і тривалих ремонтів.

Тому на перший план при виробі кабельно-провідникової продукції дедалі частіше виходять питання пожежної безпеки та екологічної відповідальності. Особливої актуальності LSZH набувають у місцях масового перебування людей:

- в медичних установах, де LSZH кабелі забезпечують безпеку та стабільність роботи систем;
- в транспортних системах (аеропорти, залізничні станції, метро, де люди знаходяться в обмежених просторах і де важливо мінімізувати димовиділення в разі пожежі);
- в школах та університетах, де важливою задачею є безпека учнів, студентів і персоналу і LSZH кабелі можуть сприяти створенню безпечного середовища;
- в дата центрах та центрах обробки даних;
- в офісних приміщеннях та торговельних центрах, де зосереджено велику кількість мережевих кабелів, особливе значення мають безпека та зниження ризиків у разі пожежі.

На об'єктах з масовим перебуванням людей або з встановленим дорогим мережевим обладнанням застосування кабелів в оболонці LSZH є обов'язковою вимогою.

Метою даної роботи є дослідження властивостей LSZH кабелів та сучасних стандартів сертифікації CPR/CPR2 для забезпечення пожежної безпеки та надійності енергопостачання критичних об'єктів, а також аналіз переваг використання сертифікованої кабельно-провідникової продукції у громадських та промислових будівлях.

Основна частина. Основними очевидними перевагами LSZH кабелів є:

- зменшення токсичності та димності (безгалогенні кабелі при горінні виділяють значно менше токсичних речовин і диму, що знижує ризики для здоров'я людей та забезпечує більшу видимість у випадку пожежі, що полегшує евакуацію);
- зменшення корозії (відсутність галогенів у складі кабелів значно знижує ризик корозії металевих частин будівель та обладнання, що сприяє збереженню їхньої функціональності та зменшує потребу в дорогих ремонтних роботах);
- безпека в громадських місцях (безгалогенні кабелі часто використовуються у громадських будівлях, таких як офіси, школи, лікарні, аеропорти, торгові

центри тощо, де існують суворі вимоги до протипожежної безпеки).

Таблиця 1 - Порівняння характеристик PBX та LSZH

Характеристика	Полівінілхлорид (PBX)	LSZH (Low Smoke Zero Halogen)
Виділення диму при горінні	Дуже інтенсивне, непрозорий густий дим	Низьке задимлення, дим прозоріший
Токсичність газів	Висока (HCl, діоксини та ін.)	Мінімальна, без галогенів
Корозійний вплив продуктів горіння	Сильний (пошкоджує метал і електроніку)	Практично відсутній
Вартість/безпека	Нижча вартість, але менша безпека	Вища вартість, але максимальна безпека
Сфера застосування	Побутова електропроводка, житлові та невеликі офісні приміщення, промислові об'єкти без підвищених вимог до пожежної безпеки, тимчасові електромережі, недорогі інженерні рішення	Лікарні, клініки, школи, університети, аеропорти, метро, залізничні станції, дата-центри, серверні кімнати, офісні центри з великою кількістю мережевих кабелів, театри, торговельні центри, стадіони, критична інфраструктура

Стандарти та сертифікація. Виробництво LSZH кабелів є складним процесом, що вимагає використання спеціалізованих матеріалів і технологій, орієнтованим на забезпечення безпеки та надійності в екстремальних ситуаціях. Після завершення всіх етапів виробництва, кабель піддається маркуванню, де вказується інформація про тип кабеля, стандарти відповідності та інші дані. Потім кабель проходить ретельне тестування для перевірки його надійності та відповідності стандартам.

Основні міжнародні стандарти для LSZH кабелів: ДСТУ EN 60754-1:2015 Випробування на газі, які виділяються під час горіння матеріалів кабелів. Частина 1. Визначення виходу галогеноводнів (EN 60754-1:2014, IDT); ДСТУ EN 61034-1:2015 Вимірювання густини диму, що утворюється під час згоряння кабелів у певних умовах; ДСТУ EN IEC 60332-3-24:2019 Вогневі випробування електричних та волоконно-оптичних кабелів. Частина 3-24. Випробування вертикально розташованих проводів або кабелів, прокладених у пучках, на вертикальне поширювання полум'я. Категорія С (EN IEC 60332-3-24:2018, IDT; IEC 60332-3-24:2018, IDT).

З 2017 року кабельно-провідникова продукція, яка використовується в будівлях і спорудах, підлягає обов'язковій сертифікації відповідно до Регламенту (ЄС) № 305/2011 (CPR – Construction Products Regulation). Цей документ встановлює обов'язкові вимоги до пожежної безпеки будівельної продукції і

визначає єдині правила для класифікації кабелів за реакцією на вогонь, наприклад:

Csa – обмежене поширення полум'я, низький рівень диму та кислотності;

B2ca – покращена вогнестійкість;

Dca – базовий клас, допускається для менш вибагливих об'єктів.

Поряд з класом кабелю додатково маркують підкласи (чим нижче цифровий коефіцієнт, тим краще):

s1, s2, s3 – димоутворення;

d0, d1, d2 – утворення палаючих крапель;

a1, a2, a3 – кислотність.

Кабелі з класом Csa-s1,d1,a1 вважаються одними з найбезпечніших для використання у навчальних закладах, медичних установах, житлових будинках, ТРЦ та інших об'єктах громадського призначення.

Dca,s2,d1,a1

Additional Classifications

Application

Euroclass (cat. cable)	Classification criteria	SMOKE rating	DROPLET rating	ACIDITY rating
A	Non combustible EN ISO 1716			
B1	Very limited contribution			
B2	EN 50399 Heat release Flame spread	EN 50399/ EN 60340-2 s1a < 50 m ² s1b < 400 m ² s1 not meeting s2 or no performance	EN 50399 d0 no droplets after 1200 s d1 no droplets persisting longer than 10 s within 1200s d2 not meeting d1 or no performance	EN 50399-2-3 a1 Conductivity < 2.5 g/min ¹ , pH < 3 a2 Conductivity < 100 g/min ¹ , pH < 2 a3 not meeting a2 or no performance
C	Contribution			
D	Large contribution	EN 60332-1-2 Flame Propagation		
E	Very high contribution	EN 60332-1-2 Flame Propagation		
F	Highly flammable	- Fail the Fire Regulations -		

Рис. 1. Класифікація пожежної безпеки кабелів за європейськими стандартами

Клас кабельної продукції визначається за результатами незалежних випробувань відповідно до стандарту EN 50575, на підставі яких оформлюється Декларація продуктивності (Declaration of Performance - DoP). За результатами тестів кабельна продукція отримує CE-маркування (Conformité Européenne), тобто спеціальний знак, який виробник наносить на продукцію, щоб засвідчити її відповідність основним вимогам безпеки, охорони здоров'я та захисту навколишнього середовища, встановленим відповідними директивами ЄС. Це дозволяє продукції вільно циркулювати на ринку Європейської економічної зони.

З січня 2025 року набула чинності оновлена редакція Європейського Регламенту щодо будівельної продукції, так званий CPR2, де передбачено:

- уніфікацію вимог до екологічності продукції, включно з її впливом на довкілля протягом усього життєвого циклу;
- вдосконалення цифрової документації (DoP повинна бути доступна в цифровому форматі та легко перевірятись за допомогою QR-кодів або реєстрів);
- підвищення прозорості відповідальності виробників, імпортерів та дистриб'юторів;
- розширення обов'язкових полів інформації на етикетках (мають містити конкретні характеристики виробу та бути багатомовні).

Передбачається також створення єдиної бази даних EU CPR, куди будуть завантажуватися всі декларації продуктивності.

Це означає, що на ринку кабельно-провідникової продукції залишаться лише ті виробники, які здатні забезпечити повну прозорість, трасування продукції та відповідність усім пожежно-технічним нормам ЄС.

Використання продукції, сертифікованої за CPR, гарантує:

- відповідність вимогам європейського законодавства;
- безперешкодний експорт до країн ЄС;
- перевагу при участі у міжнародних тендерах і проєктах;
- високу пожежну безпеку ваших об'єктів;
- довготривалу надійність та відповідність заявленим характеристикам.

Висновки.

1. Використання кабелів з ізоляцією LSZH забезпечує зниження димовиділення, відсутність токсичних галогенів та підвищену вогнестійкість, що істотно підвищує безпеку людей та зменшує ризики для обладнання на об'єктах громадського призначення та критичної інфраструктури.

2. Сертифікація кабельно-провідникової продукції за стандартами CPR/CPR2 гарантує відповідність вимогам європейського законодавства, високий рівень пожежної безпеки, екологічність виробів та довготривалу надійність.

3. CPR2 підвищує прозорість та відповідальність виробників і імпортерів, вдосконалює цифрову документацію (DoP), забезпечує багатомовне маркування та уніфікацію вимог до впливу продукції на довкілля протягом її життєвого циклу.

4. На ринку ЄС залишаються лише ті виробники, які здатні забезпечити повну трасованість продукції, прозорість процесів виробництва та відповідність усім пожежно-технічним нормам.

5. Використання сертифікованої продукції ТМ Europan Cable забезпечує переваги при міжнародних тендерах, безперешкодний експорт, високий рівень пожежної безпеки та надійність комунікацій.

LSZH кабелі та сертифікація CPR є ефективною інвестицією в технології майбутнього, поєднуючи безпеку, надійність і екологічність у сучасних будівлях та критичних об'єктах інфраструктури.

Список літератури

1. Shi B, Yang C, Long H. Research on the Fire Hazard of Different Cables Based on Cone Calorimetry. *Fire*. 2023; 6(11):431. <https://doi.org/10.3390/fire6110431>
2. Wang, Z., Wang, J. Comparative thermal decomposition characteristics and fire behaviors of commercial cables. *J Therm Anal Calorim* 144, 1209–1218 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10051-z>
3. Лин А. С., Кравець І. П., Ференц Н. О., Пелешко М. З. Чинники пожежної небезпеки кабельної продукції [Електронний ресурс] / А. С. Лин, І. П. Кравець, Н. О. Ференц, М. З. Пелешко // *Fire Safety (журнал)*. – 2023. – №42. – с.56-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.07>

4. ДСТУ 8828: 2019. Пожежна безпека. Загальні положення. Київ, 2019, 84 с.
5. ДСТУ 4809:2007 Ізольовані проводи та кабелі. Вимоги пожежної безпеки та методи випробування. Київ: Держстандарт України, 2007. 35 с.
6. Назаровець О. Б. Визначення причин виникнення пожеж в житлових та громадських будівлях від внутрішніх електромереж: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.02. Львів, 2015. 20 с.
7. QiyuanXie, HepingZhang, LinTong Experimental study on the fire protection properties of PVC sheath for old and new cables Journal of Hazardous Materials, Volume 179, Issues 1-3, 2010, Pages 373-381 <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.03.015>
8. I. J. Milne, "Fire protection of critical circuits-a life and property preserver," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 689-696, July-Aug. 1998, <https://doi.org/10.1109/28.703959>.
9. Kravchenko, R., Illiuchenko, P., Onyshchuk, A., & Zazymko, O. (2021). Improvement of test methods and criteria for evaluation of resistance to flame propagation of long elements of the wiring system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10) (114), 57–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.249105>
10. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC Text with EEA relevance <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011R0305> (дата звернення: 12.06.2025).
11. CE Marking of Construction Products Step by Step <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/12308?locale=en> (дата звернення: 11.06.2025).
12. Regulation (EU) 2024/3110 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011 (Text with EEA relevance) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng> (дата звернення: 12.06.2025).
3. Lin A. S., Kravets I. P., Ferents N. O., Peleszko M. Z. Chynnyky pozhеzhnoi nebezpeky kabelnoi produktsii [Elektronnyi resurs]. A. S. Lin, I. P. Kravets, N. O. Ferents, M. Z. Peleszko. Fire Safety (zhurnal). – 2023. – No 42. – Pp. 56-64. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.07>
4. DSTU 8828: 2019. Pozhezhna bezpeka. Zahalni polozhennia. Kyiv, 2019, 84 p.
5. DSTU 4809:2007 Izolovani provody ta kabele. Vymohy pozhеzhnoi bezpeky ta metody vyprobuвання. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy, 2007. 35 p.
6. Nazarovets O. B. Vyznachennia prychyn vynyknennia pozhеzh v zhytlovykh ta hromadskykh budivliakh vid vnutrishnikh elektromerezh: avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk: 21.06.02. Lviv, 2015. 20 p.
7. QiyuanXie, HepingZhang, LinTong Experimental study on the fire protection properties of PVC sheath for old and new cables Journal of Hazardous Materials, Volume 179, Issues 1-3, 2010, Pages 373-381. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.03.015>
8. I. J. Milne, "Fire protection of critical circuits-a life and property preserver," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 34, no. 4, pp. 689-696, July-Aug. 1998, <https://doi.org/10.1109/28.703959>.
9. Kravchenko, R., Illiuchenko, P., Onyshchuk, A., & Zazymko, O. (2021). Improvement of test methods and criteria for evaluation of resistance to flame propagation of long elements of the wiring system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(10) (114), 57–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.249105>
10. Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC Text with EEA relevance <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011R0305>.
11. CE Marking of Construction Products Step by Step <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/12308?locale=en>.
12. Regulation (EU) 2024/3110 of the European Parliament and of the Council of 27 November 2024 laying down harmonised rules for the marketing of construction products and repealing Regulation (EU) No 305/2011 (Text with EEA relevance) <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3110/oj/eng>.

References (transliterated)

1. Shi B, Yang C, Long H. Research on the Fire Hazard of Different Cables Based on Cone Calorimetry. *Fire*. 2023; 6(11):431. <https://doi.org/10.3390/fire6110431>
2. Wang, Z., Wang, J. Comparative thermal decomposition characteristics and fire behaviors of commercial cables. *J Therm Anal*

Надійшла (received) 27.11.2025

Відомості про авторів / About the authors

Кессаєв Олександр Геннадійович (Oleksandr Kiessaiev) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри електроізоляційної та кабельної техніки, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5601-5955>; e-mail: Kiessaiev.Oleksandr@khpi.edu.ua

Гонтар Юлія Григорівна (Yuliia Gontar) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри електроізоляційної та кабельної техніки, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4433-7305>; e-mail: Yuliia.Gontar@khpi.edu.ua

Ковалек Петро Євгенійович (Petro Kovalek) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», аспірант кафедри електроізоляційної та кабельної техніки, м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-8913-5402>; e-mail: Petro.Kovalek@ieec.khpi.edu.ua