

DOI: <https://doi.org/10.33994/kndise.2022.67.41>  
УДК 343.98

**Олександр Юрійович Кошель**  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0421-7800>  
E-mail: [okukraine@gmail.com](mailto:okukraine@gmail.com)

*Український науково-дослідний інститут  
спеціальної техніки та судових експертиз Служби безпеки України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОНТРАФАКТНИХ ПРОВІДНИКІВ ІЗ ОЗНАКАМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ**

*Запропоновано оцінювати вагомість металографічних ознак, зокрема тих, що використовують кількісні параметри евтектики, у сукупності з іншими ознаками, які можуть характеризувати якість мідних провідників. Показана актуальність проведення додаткових досліджень якісних і контрафактних провідників та врахування можливого використання контрафактних провідників у методичному забезпеченні експертних досліджень.*

**Ключові слова:** дослідження провідників із ознаками короткого замикання, контрафактні провідники, металографічні дослідження провідників із місця пожежі.

---

---

**Постановка проблеми.** Відповідно до статистичних даних про пожежі у світі, їх кількість щороку збільшується. Основну причину пожеж становлять електротехнічні вироби, з яких найбільшу групу складають кабелі і проводи. За рангом пожежної небезпеки, який включає три основні статистичні показники: число пожеж, збиток, що наноситься, і число загиблих під час пожежі людей, електропроводка є лідером серед інших причин джерела пожежі.

На сьогодні найбільшу групу серед електричних провідників складають вироби з міді, яка має найкращі електротехнічні характеристики з числа металів, доступних для широкого застосування.

Електротехнічні властивості технічної міді, призначеної для виготовлення провідників, визначаються ступенем чистоти металу від домішок (електротехнічну мідь іноді невірно називають мікролегованим сплавом).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням експертного дослідження провідників із ознаками короткого замикання приділяли увагу Л. С. Митричев, Б. В. Степанов, О. Р. Россинська, С. І. Зернов та інші автори. Проте, проблеми, обумовлені коротким замиканням контрафактних провідників, на сьогодні залишаються недостатньо дослідженими.

**Мета дослідження.** Оцінка вагомості металографічних ознак, зокрема тих, що використовують кількісні параметри евтектики, у сукупності з іншими ознаками, які можуть характеризувати якість мідних провідників.

**Викладення основного матеріалу.** Електричний опір мідного провідника визначається вмістом домішок, у зв'язку з чим їх вміст регламентується технічними стандартами. Деякі види домішок мають екстремальний вплив на електропровідні властивості мідного провідника.

Так, для мідної катанки (круглий прокат, з якого виготовляють кабельно-провідникову продукцію), технічними вимогами регламентується вміст 19 основних домішок, 18 з яких мають верхній поріг на рівні лише декількох тисячних відсотка, вміст кисню обмежений 0,04 %. Обмежується також сумарний зміст всіх домішок [1].

Для технічної міді (електротехнічної катанки), також встановлені вимоги щодо стану поверхні та кольору – поверхня має бути «чистою, світлою, без тріщин, закатів, прирізів, задирів, плен, сторонніх домішок, раковин, окалини, слідів окислення» [1].

При проектуванні електричної мережі, відповідно до електричних навантажень, використовується провід з конкретними параметрами, загальним з яких є діаметр провідника. Технічні рекомендації для вибору перерізу провідника в залежності від електричного навантаження, передбачають використання провідника належної якості, що гарантує отримання певних необхідних електротехнічних характеристик мережі.

Проблема якості кабельно-провідникової продукції має постійну актуальність, оскільки витрати на виготовлення контрафактної продукції (яка має більший вміст домішок) значно нижчі за витрати на всіх етапах виготовлення металу для мідної катанки.

За деякими оцінками, контрафактна електротехнічна продукція на вітчизняному ринку посідає друге місце після медичних препаратів – «часто товари, сховані в переконливій упаковці відомих брендів, які реалізують не лише з базарних лотків, а й у потужних супермаркетах, не відповідають чинним в Україні вимогам» [2].

Враховуючи, що випадки реалізації контрафактної кабельно-провідникової продукції мають місце, логічно припустити, що вона використовується при монтажі електричних мереж. Внаслідок невідповідності електротехнічних характеристик таких виробів, зокрема – підвищення електричного опору внаслідок неконтрольованого вмісту домішок, слід очікувати більш часте виникнення аварійних режимів в електромережах, прокладених з неякісної проводки.

Також логічно припустити, що частка пожеж, які виникли внаслідок короткого замикання проводів, буде значно вище для тих об'єктів, в яких використано неякісну кабельно-провідникову продукцію.

Слід також відмітити, що крім електротехнічних характеристик, якісна продукція має певний рівень механічних характеристик. Однією з важливих механічних властивостей проводу є пластичність, яка визначає можливість перегину без повного або часткового руйнування.

Оскільки дешева контрафактна продукція має більший вміст домішок, пластичність неякісних проводів при здійсненні електромонтажу також буде недостатньою, що призведе або до повного або часткового руйнування проводу при перегині, або до виникнення поверхневих тріщин. В обох випадках створюються умови збільшення електричного опору, в залежності від величини струму, як на момент пошкодження, так і у короткостроковій або довгостроковій перспективі.

Такі пошкодження призводять не лише до значного підвищення електричного опору, але й до зменшення механічних властивостей та обриву проводів в умовах навантажень, які передбачені для якісної проводки.

За оцінками даних минулих років [3], близько 30 відсотків пожеж, що виникають щороку в Україні і під час яких гине в середньому близько 500 людей, спричинені саме кабельно-провідниковою продукцією, яка фактично не відповідає задекларованим вимогам.

Науково-дослідницькі роботи щодо методичного забезпечення експертних досліджень провідників з ознаками оплавлень, що утворилися внаслідок короткого замикання, а також інструментальних методів дослідження провідників, вилучених із місць пожеж, проводяться більш ніж 50 років.

Паралельно з такими дослідженнями створюються відповідні методики дослідження провідників з ознаками короткого замикання, які також розробляються не один десяток років, в них використовуються складні інструментальні дослідження внутрішньої будови структури металу, наявності певних сполук та їх об'ємної частки.

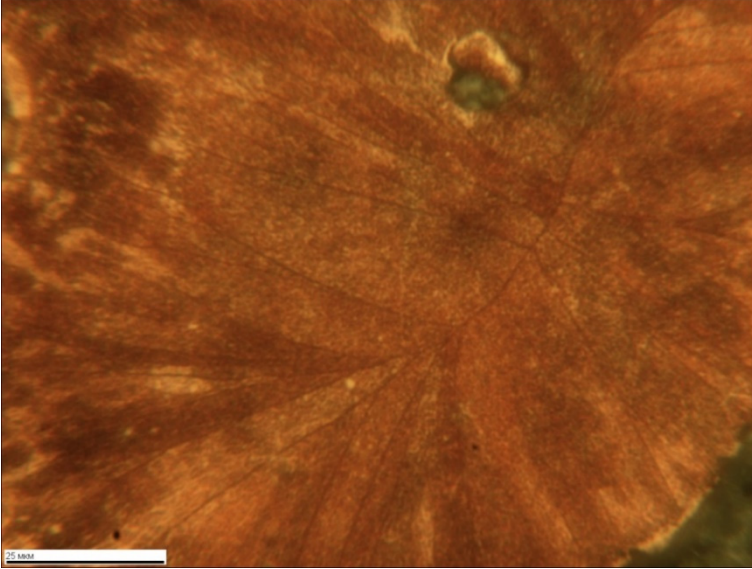
Історично склалося, що об'єктами в наукових та експертних дослідженнях була якісна провідникова продукція. При прокладанні електромереж раніше також використовувалися провідники, які мали якість, що передбачена нормативами.

У сучасних методичних напрацюваннях та напрацюваннях минулих років [4], одним із важливих етапів дослідження для отримання фактичних даних, аналіз яких є підґрунтям для формування висновку експертом, є, зокрема, металографічний аналіз.

На рис. 1 у якості ілюстрації, приведені фото протравлених шліфів претину об'єктів дослідження – мідних провідників з ознаками короткого замикання.

Зображення а і б на рис. 1 наочно демонструють значну різницю у вигляді шліфів провідників із місць пожеж для різного вмісту кисню, та відповідно, морфології і кількості евтектики.

Згідно з методиками дослідження, однією із основних ознак, є кількісний вміст кисню, якій визначається за вмістом евтектики  $Cu-Cu_2O$ . Цей показник застосовується для вирішення питання щодо відповідності моменту виникнення короткого замикання пожежі, тобто, коротке замикання відповідає умовам до виникнення пожежі («первинне замикання») або відповідає розжареному середовищу («вторинне замикання»).



а



б

Рис. 1. Евтектика  $\text{Cu-Cu}_2\text{O}$  в оплавленні провідників із місць пожежі

При цьому, в методичних матеріалах, отриманих за результатами наукових і практичних досліджень, кількісні параметри для евтектики отримані

для якісних мідних проводів, вміст кисню в яких регламентується відповідними стандартами [6].

Оскільки для контрафактної продукції вміст кисню невідомий, слід вкрай обережно застосовувати кількісні та якісні металографічні характеристики евтектичних фаз для підготовки висновку з визначення теплофізичних умов на момент короткого замикання.

Для контрафактних мідних провідників, враховуючи економію на технологічних етапах та сировині, слід очікувати вміст домішок на верхніх межах розчинення у рідкому металі, зокрема кисню, що суттєво відрізняється від довідкових матеріалів для оцінки вмісту кисню в провідниках із місць пожеж. Таким чином, трактування кількісного металографічного аналізу без даних про якість провідника суттєво ускладнюється.

Для напрацювання рекомендацій щодо дослідження провідників з ознаками короткого замикання з урахуванням використання контрафактних мідних провідників, необхідне проведення додаткових досліджень. Одним з перших етапів досліджень вбачається проведення порівняльних досліджень 10-20 мідних проводів, з яких половина представлена зразками проводів 30-40 річної давнини, інша половина – «сучасні» проводи. Серед найголовніших досліджень – визначення вмісту кисню та проведення відповідних металографічних досліджень.

При відборі зразків «сучасних» дротів, у якості експресних методів доцільно використати візуальний контроль проводу під ізоляцією та проби на перегін.

За практичними рекомендаціями, поверхня неякісних провідників має тусклий, нерівномірний, з нехарактерними для мідного провідника відтінками блиск. Зазначене відповідає тому, що понад нормований вміст кисню, внаслідок утворення нерозчинених фаз, змінює фізико-механічні властивості, зокрема, різко погіршується пластичність.

Так, при виробництві мідної катанки використовується випробування на злам при скручуванні-розкручуванні – виробниками встановлюється кількість циклів скручування-розкручуванні в залежності від діаметру дроту.

**Висновки.** Вважається за доцільне використання таких експресних випробувань на початкових етапах експертного дослідження для оцінки ймовірності того, що об'єктом дослідження є контрафактна продукція. У разі підтвердження факту використання неякісного проводу, при трактуванні результатів металографічних досліджень слід виходити з припущення щодо можливості вмісту кисню у провіднику до пожежі на рівні межі розчинення у рідкому металі.

Також потребують розробки зміни або доповнення до існуючих методичних напрацювань з дослідження провідників із місць пожеж з урахуванням можливості наявності контрафактних провідників серед об'єктів досліджень, особливо в частині металографічних досліджень.

В експертних дослідженнях, на сьогодні, вважається за доцільне здійснювати оцінку наданих на дослідження об'єктів за візуальними ознаками та фізичними властивостями за результатами експрес-випробувань. Для проведення таких експресних випробувань і досліджень необхідно

отримання непошкоджених пожежею ділянок об'єктів дослідження, у разі їх відсутності в первинних матеріалах для досліджень, потрібно додаткове звернення з метою з'ясування питання щодо можливості їх отримання.

**Перелік посилань**

**References**

1. Катанка медная. URL: <http://www.azocm.ua/products/60-katanka-mednaya-elektrotehnicheskaya.html>.

1. Copper rod. Retrieved from: <http://www.azocm.ua/products/60-katankamednaya-elektrotehnicheskaya.html>. (in Russian).

2. Анатолій Пушкар: «У першому десятку товарів підвищеного ризику – електричні проводи, кабелі, подовжувачі й таке інше». URL: [http://provod.kiev.ua/images/alay/vnimanie\\_nekach\\_kabel.pdf](http://provod.kiev.ua/images/alay/vnimanie_nekach_kabel.pdf).

2. Anatolii Pushkar: "In the top ten high-risk products are electrical wires, cables, extension cords and etc". Retrieved from: [http://provod.kiev.ua/images/alay/vnimanie\\_nekach\\_kabel.pdf](http://provod.kiev.ua/images/alay/vnimanie_nekach_kabel.pdf). (in Ukrainian).

3. Матвійчук Д. Звернення головного редактора до читачів. *Охорона праці: наук.-вироб. журнал*. 2021. № 7. С. 1.

3. Matviichuk, D. Message from the editor-in-chief to readers. *Labor protection: research and production journal*. 2021. No. 7. P. 1. (in Ukrainian).

4. Митричев Л. С., Колмаков А. И., Степанов Б. В., Россинская Е. Р., Вртанесьян Э. В., Зернов С. И. Исследования медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. рекомендации / ВНИИ МВД СССР. Москва, 1986. 44 с.

4. Mitrichev, L. S., Kolmakov, A. I., Stepanov, B. V., Rossinskaja, E. R., Vrtanesian E. V., Zernov, S. I. (1986). Studies of copper and aluminum conductors in short circuit and thermal impact zones. Method. recommendations. Moscow. 44 p. (in Russian).

5. Фото оплавления. URL: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Короткое\\_замыкание\\_1/2\\_\(short\\_circuit\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Короткое_замыкание_1/2_(short_circuit).jpg).

5. Photo of melting. Retrieved from: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Короткое\\_замыкание\\_1/2\\_\(short\\_circuit\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Короткое_замыкание_1/2_(short_circuit).jpg). (in Russian).

6. ГОСТ Р 53803-2010. Катанка медная для электротехнических целей. Технические условия. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080282>.

6. GOST P 53803-2010. Copper wire rod for electrical purposes. Specifications. Retrieved from: <https://docs.cntd.ru/document/1200080282>. (in Russian).

## **EXAMINATION OF COUNTERFEIT CONDUCTORS WITH SIGNS OF A SHORT CIRCUIT**

**O. Koshel**

The article reviews an expert study of conductors with melting due to a short circuit from the places of fires. Given the urgency of the problem of low-quality conductors on sale, the issue of studying such objects is considered. The use of counterfeit cable and wire products leads to fires, resulting in both material losses and deaths, while the number of fires caused by low-quality products is increasing.

For the most used copper wires, the electrical properties are determined by the presence of impurities, some of which have a significant effect on electrical resistance. The technical standards for round copper electrical rolling (rolled wire) regulate 19 types of impurities, the content of which is limited to thousandths of a percentage only. Thus, the oxygen content is limited to 0.04 %.

In counterfeit products the content of impurities can be limited only by the limit of solubility in liquid metal. In particular, the oxygen content can reach such limits when there will be a copper eutectic with an oxygen content of 0.39 %. In this case not only electrical, but also mechanical and external properties will change, which practically are manifested as a decrease in plasticity and defects in the conductor surface.

The development of methods for studying conductors with melting has been going on for more than a decade, but nowadays not all of the issues of methodological support have been resolved. The use of such indicators as presence of an eutectic phase in copper conductors in the case of counterfeit products does not have methodological support and additional research is necessary.

Given the possibility that low-quality conductors could be present among the objects of study, it is proposed to use the results of metallographic studies only for cases of undoubted use of only high-quality conductors.

For express assessment in expert studies of the copper wire quality, it is recommended to use tests for twisting-untwisting (assessment of mechanical properties) and surface evaluation of the conductor under insulation on samples of areas which are not damaged by fire. The parameters of the surface condition and rejection signs, the number of twisting-unwinding cycles are set by the manufacturer depending on the diameter of the wire.

**Key words:** research of conductors with signs of short circuit, counterfeit conductors, metallographic researches of conductors from fire places.