



---

## ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

---

DOI: 10.32782/2220-8674-2024-24-1-23

УДК 620.9:696.6

О. Ю. Юрченко<sup>1</sup>, ст. викл.,

ORCID: 0000-0002-3047-6654

Г. В. Барсукова<sup>1</sup>, к.т.н, доц.,

ORCID: 0000-0002-4261-2182

М. О. Романенко<sup>2</sup>, майст. вир. навч.

<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет

<sup>2</sup>ДНЗ «Сумське міжрегіональне вище професійне училище»

e-mail: aleksyurchenko110917@gmail.com, тел.: 096-610-67-82

### ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ПРОВІДНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ ПРИ МОНТАЖІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА РЕМОНТІ ЕЛЕКТРОПРИСТРОЇВ

*Анотація.* Якісне виконання монтажних робіт є можливим за умови використання сучасного обладнання та інструменту. Проводячи паралелі з тим інструментом, яким фахівці користувалися кілька десятиліть тому, та тим, що використовують зараз, стає зрозумілим значний крок вперед з точки зору комфорту для персоналу та порівняно більш якісного виконання завдань. В даній статті представлено аналіз функціональних особливостей кількох інструментів для підготовки провідників до монтажу. Серед таких інструментів: знімачі ізоляції, бокорізи, кліщі, ніж зі зйомними тощо. Встановлено, що порівняно якісний монтаж є можливим за використання професіонального інструменту, у тому числі багатофункціонального. Комплексний підхід в виконанні усіх належних операцій дає можливість отримання провідників з наконечниками необхідних форми, розмірів та конфігурації.

*Ключові слова:* знімач ізоляції, бокорізи, кліщі, ніж зі змінними лезами, кримпери, обтискний інструмент, монтаж, ремонт, провідники, наконечники, діаметр перерізу, якість.

*Постановка проблеми.* Дотримання необхідної якості при виконанні монтажних та ремонтних робіт вимагає від власника або персоналу комплексного підходу. Такий підхід базується одночасно і на використанні сучасного професіонального інструменту, і матеріалів, якість і функціональні завдання якого є виправданими за часом та умовами користування.

Якщо розглядати окремо кожен з категорій якісного монтажу, то до інструменту, яким забезпечується даний процес, можна віднести:



- використання автоматизованого обладнання;
- використання обладнання з автономним живленням;
- комплексний багатофункціональний інструмент;
- засоби перевірки та діагностування електричних кіл.

Матеріали для виконання монтажних робіт різняться за призначенням, типом, марками виробника, вартістю тощо. Якщо говорити про тематику даної публікації, то такими матеріалами є провідники електричного струму у вигляді проводів, а також різних форми та розмірів наконечники. Використання останніх значно покращує якість виконання монтажних робіт, надає змонтованому щиту керування порівняно естетичного вигляду, а персоналу – значно комфортніші умови при виконанні безпосередньо затискання провідників в тих чи інших контактах електричних пристроїв.

Ще одним порівняно важливим аспектом в використанні наконечників є їх різновиди в кольорах. Це дає можливість виконання провідників силового кола та кола керування з різного кольору наконечниками або взагалі різнити за кольорами кожен з фазних та нульових провідників.

Актуальність використання інструменту для підготовки провідників є цілком виправданою з точки зору якості виконання функціональних завдань, а також зосередження кількох функцій в одній одиниці електротехнічного інструменту.

*Аналіз останніх досліджень.* Якісний монтаж електрообладнання є можливим з використанням різного обладнання, у тому числі і засобів автоматизації технологічного процесу [1]. Опресування клем на жилах проводів має вирішальне значення у системі передачі електроенергії. Покращення опресованих з'єднань полягає в можливості знизити опір струму через клеми, знизити втрати потужності, іскри та перегрів у з'єднаннях [2].

Опресування наконечників на жилах проводів вважається найважливішою частиною в процесі передачі електроенергії. Неправильна конструкція збільшуватиме опір струму через клеми та викликати такі проблеми, як втрата потужності, іскри та нагрівання у з'єднанні [3]. За рахунок згаданої технології підготовки проводу до монтажу в роботі [4] визначено прогалини в дослідженнях та перешкоди для стійкого підвищення рівня автоматизації у виробництві. По-перше, у статті класифікується високовольтний джгут проводів у загальному контексті електромобіля, потім описуються сучасні виробничі процеси та аналізується, де бере початок складність виробництва компонента. Вибрані результати опитування виявляють перешкоди для подальшої автоматизації, тоді



як огляд існуючих рішень з автоматизації показує де складність можна контролювати вже сьогодні. На основі огляду методів підвищення ефективності виробництва визначено прогалини в дослідженнях, які вимагають поглибленого дослідження для досягнення більш високого рівня автоматизації у виробництві високовольтного автомобільного джгута проводів.

Сьогоднішній процес виробництва автомобільних джгутів проводів має на увазі великий обсяг ручної роботи. Однак поточні та майбутні вимоги до програм, такі як мініатюризація електронних компонентів, моніторинг параметрів процесу, зростання попиту на документацію процесу та зростання заробітної плати, вимагають більш високого ступеня автоматизації [5]. У цій статті [5] представлено сучасний стан складання джгутів проводів, розглянуто спеціальні машини та обладнання, а також їх обмеження, і висвітлено проблеми автоматизації. У ній обговорюються можливості автоматизації, поточні інновації та дослідження, а на закінчення наводиться огляд поточних тенденцій в автомобільній промисловості. Порівняння методів збирання джгутів проводів показує, що роботизовані осередки навряд чи будуть економічними для типових джгутів, що використовуються в промисловості [6]. Проектування виробів для простоти складання роботом може бути єдиним рішенням, щоб зробити роботизований осередок економічним.

Різного роду електростанції та їх складові компоненти через своє застосування піддаються впливу найсуворіших зовнішніх наземних середовищ. Більшість устаткування безпосередньо піддається впливу навколишнього середовища і незліченних стресів (мікро- і макросередовища). Інші аспекти, включаючи місцеві умови на майданчику, мінливість та якість будівництва, а також методи технічного обслуговування, також впливають на ймовірність таких небезпек. Багато дискретних компонентів, включаючи модулі, дроти, роз'єми, пристрої керування проводами, розподільні коробки, захисні пристрої, інвертори та трансформатори, становлять систему генерації. Тому, дуже важливо розуміти типові матеріали, що використовуються в компонентах, процеси деградації та механізми, що призводять до відмови компонентів, а також їх вплив на продуктивність чи відмову системи [7]. В черговий раз підтверджено необхідність використання наконечників та правильної підготовки провідників перед процесом монтажу.

Подані результати в дослідженні [8] показують, що провідниками є можливість збільшення максимальної пропускної здатності струму на 5–14 % в залежності від типу провідника, що розглядається, та умов експлуатації. Оцінка характеристик різних електричних



провідників, як за нормального стану, так і надпровідних є актуальним завданням [9-11]. Протягом усього часу провідники повинні працювати в безпечному та безвідмовному стані з найбільшою пропускну здатністю струму [12]. Використання провідників, указаних в роботі [13], дає можливість легко виготовляти датчики з чудовою чутливістю та повторюваністю. Високопродуктивні та надійні з'єднання між провідниками та/або покриттями відіграють необхідну та надзвичайно важливу роль у виготовленні надпровідних пристроїв. Тому розробка стабільних з'єднань та досягнення низького опору з'єднання стали важливою проблемою [14-15].

*Формулювання мети статті.* За мету в даному дослідженні обрано проведення аналізу функціональних особливостей інструменту для підготовки провідників до монтажу. До такого інструменту віднесено:

- знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO, 3 в 1;
- інструмент для зняття ізоляції проводів E.NEXT;
- прес-кліщі механічні HS-04WF;
- бокорізи;
- ніж зі змінними лезами.

Тому, перед дослідженням поставлено такі завдання:

- проаналізувати функціональні особливості зазначеного інструменту;
- визначити найбільш оптимальний склад групи інструменту;
- зробити висновки щодо ефективності використання представленого інструменту, порівнюючи його між собою.

*Основна частина.* Отримання високої якості провідника полягає як в його провідності, так і в придатності до монтажу. Звичайно, оголений провідник, який не оснащено наконечником також є можливість монтувати і, скажімо, це не відіграє ролі на його провідності. Однак, з точки зору правильності і зручності монтажу, провідник, оснащений наконечником або клемою, має свої переваги. В правилах монтажу електропроводок указано, що наконечники опресовуються на кілька жил провідника або на одну жилу проводу, при цьому забезпечуючи надійну комутацію для електричного кола. При цьому в діючих правилах указано, що з'єднання кабелю шляхом скручування не дозволяють. Найкращим варіантом, визнаним електриками, вважається з'єднання зварюванням, опресуванням, гільзи, клемники, ковпачки. Крім того, у вимогах ПУЕ та інших нормативних документів щодо електропроводок в цивільних будівлях указано, що при виконанні монтажу електропроводки необхідним вважається дотримання колірної позначення проводів з метою



полегшення монтажу, з'єднань і ремонту. З метою якісного відображення фаз за кольорами є можливість використання не лише провідників різного кольору, а і наконечників на таких провідниках.

Аналіз функціональних особливостей інструменту, зображеного на рис. 1, доцільно проводити з точки зору розмежування кожної з окремо узятих функцій:

- перерізання проводу;
- зачистка проводу;
- опресування проводу.

Основні механізми інструменту, якими виконуються функціональні задачі, зображено нижче, на рис. 2. Слід зауважити, для знімача ізоляції автоматичного Dnipro-M KS-26E PRO виокремлено одразу 3 робочі основні механізми. Пов'язано це з трьома основними функціями даного інструменту.

Функціонально, перерізання провідника є можливість виконувати різними з представлених інструментів. Однак, один із них виконує дану функцію разом з іншими функціями, а інший – не має можливості мати в собі одразу кілька функцій.

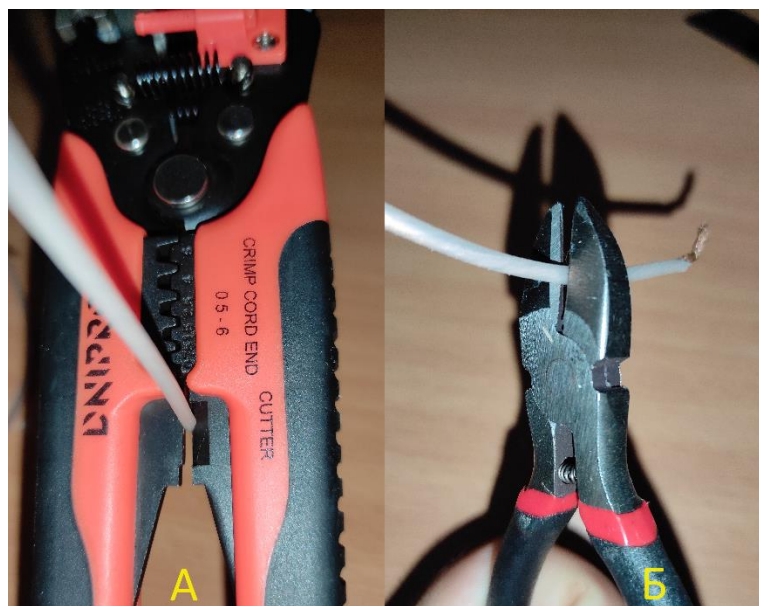


Рис. 1. Інструмент для підготовки провідників



А - знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO; Б - прес-кліщі механічні HS-04WF; В - інструмент для зняття ізоляції проводів E.NEXT

Рис. 2. Робочі механізми інструменту

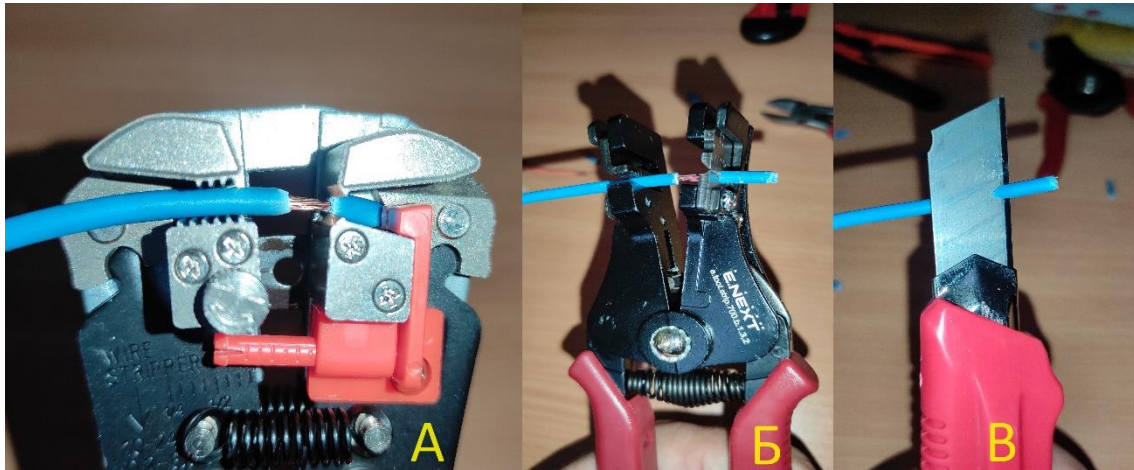


А - знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO; Б - бокорізи  
Рис. 3. Функція перерізання проводу.

Функція зачищення проводу, тобто зняття ізоляції, є також обов'язковою при монтажі та складанні певних схем керування. Якщо вести мову щодо обов'язкового або необов'язкового опресовування провідників, це питання є спірним для певної кількості електриків. У випадку зняття ізоляції – така функція є обов'язковою.



Нижче, на рис. 4, зображено виконання такої функції одразу трьома інструментами. Останній із них – ніж зі змінними лезами, є традиційним для цього інструментом протягом довгого часу. Однак, сучасні технології дають можливість використання порівняно зручнішого з великою кількістю регулювання інструменту.

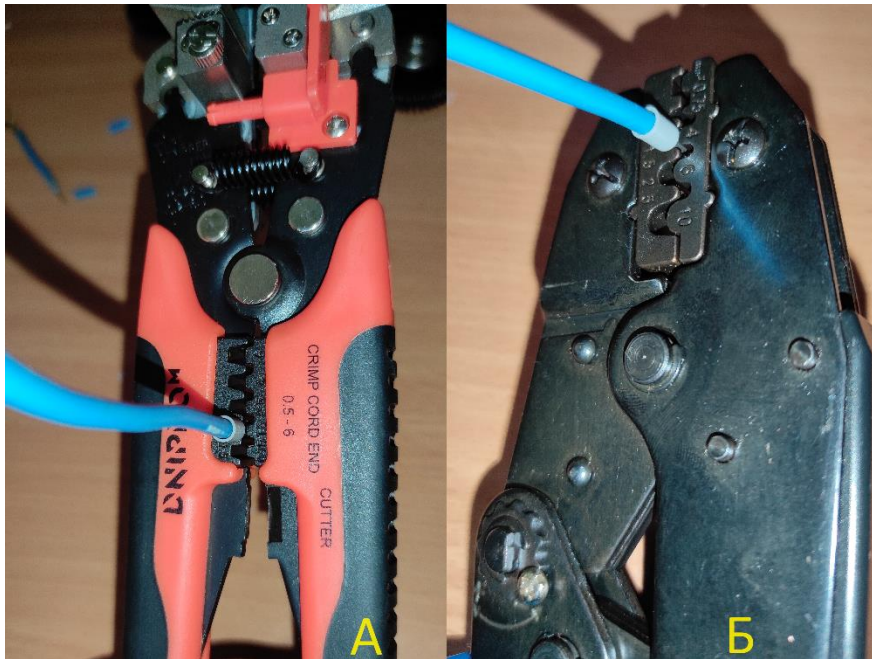


А - знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO; Б - інструмент для зняття ізоляції проводів E.NEXT; В – ніж зі змінними лезами

Рис. 4. Функція зняття ізоляції з провідника.

Остання з перерахованих функцій – опресовування проводу. Як було вказано вище, серед багатьох електриків така функція щодо виконання є спірною. Однак, за правилами, вказаними вище, вона значно покращує якість виконання монтажу.

Аналізуючи функціональні особливості вказаних інструментів, функцію опресовування проводу можна покласти на два із вказаних п'яти. Першим із них є автоматичний знімач ізоляції Dnipro-M KS-26E PRO з поєднанням одразу трьох функцій. Другим - прес-кліщі механічні HS-04WF. Слід зауважити, що останній з переліченого інструмент і поєднує в собі дану основну функцію, маючи, як і автоматичний знімач ізоляції вибір в перетині провідника для опресовування наконечників.



А - знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO; Б - прес-кліщі механічні HS-04WF

Рис. 5. Функція опресовування проводу

Загалом, отримані провідники не відрізняються якістю монтажу (рис. 6). Це стосується як використання професіонального інструменту 3 в 1 Dnipro-M KS-26E PRO, так і окремо бокорізів, знімача ізоляції та прес-кліщів. Необхідно лише підкреслити зручність виконання операцій перерахованим інструментом при знятті ізоляції, порівнюючи з використанням ножа зі змінними лезами. За рахунок використання останнього значно збільшуються затрати часу на виконання функції зняття ізоляції.



Рис. 6. Отримані провідники

В результаті, набір інструментів для підготовки провідників до монтажу є можливість схематично зобразити у вигляді таблиці 1.





Таблиця 1

## Набір інструментів для підготовки провідника

Функція	Інструмент	
	Технологія 1	Технологія 2
Перерізання провідника	знімач ізоляції автоматичний Dnipro-M KS-26E PRO, 3 в 1	бокори́зи
Зняття ізоляції		інструмент для зняття ізоляції проводів E.NEXT/ ніж зі змінними лезами
Опресування проводу		прес-кліщі механічні HS-04WF

*Висновки.* Ефективність використання сучасного інструменту є цілком виправданою. В даній роботі підтверджено ефективність використання професіонального багатофункціонального інструменту для підготовки провідників до монтажу. Встановлено, що за рахунок використання одного, але багатофункціонального інструменту, є можливість виконання повної технології підготовки проводу для монтажу в електричний щит керування.

*Список використаних джерел*

1. Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В., Чепіжний А. В., Тимошенко Г. А. Монтаж електрообладнання і систем керування. Монтаж щитів керування електричними двигунами: навч.-метод. посібник для здобувачів освіти 2, 1 с.т. курсів спеціальності: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» інженерно-технологічного факультету денної та заочної форми навчання, СВО «бакалавр». Суми: СНАУ, 2023. 144 с.

2. Rajak A. K., Kore S. D. Numerical simulation and experimental study on electromagnetic crimping of aluminium terminal to copper wire strands. *Electric Power Systems Research*. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.08.014>.

3. Rajak A. K., Kore S. D. Experimental investigation of aluminium–copper wire crimping with electromagnetic process: Its advantages over conventional process. *Journal of Manufacturing Processes*. 2017. Vol. 26. P. 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.01.009>.

4. Olbrich S., Lackinger J. Manufacturing Processes of automotive high-voltage wire harnesses: State of the art, current challenges and fields of action to reach a higher level of automation. *Procedia CIRP*. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.041>.

5. Trommnau J., Kühnle J. U., Siegert J., Inderka R. B., Bauernhansl T. Overview of the State of the Art in the Production Process



of Automotive Wire Harnesses, Current Research and Future Trends. *Procedia CIRP*. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.03.067>.

6. Aguirre E., Ferrière L., Raucent, B. Robotic assembly of wire harnesses: Economic and technical justification. *Journal of Manufacturing Systems*. 1997. Vol. 16. P. 220–231. [https://doi.org/10.1016/S0278-6125\(97\)88890-5](https://doi.org/10.1016/S0278-6125(97)88890-5).

7. Lokanath S. V., Skarbek B., Schindelholz E. J. Degradation Processes and Mechanisms of PV Wires and Connectors. Durability and Reliability of Polymers and Other Materials in Photovoltaic Modules. 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811545-9.00009-4>.

8. Riba J., Liu Y. & Moreno-Eguilaz M. Analyzing the role of emissivity in stranded conductors for overhead power lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2024. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2024.110027>.

9. Sumption M. D., Murphy J. P., Susner M. A. & Haugan T. J. Performance metrics of electrical conductors for aerospace cryogenic motors, generators, and transmission cables. *Cryogenics*. 2020. Vol.111. P. 103171. <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2020.103171>.

10. Turck B. Effect of the respective positions of filament bundles and stabilizing copper on coupling losses in superconducting composites. *Cryogenics*. 1982. Vol. 22. P. 466-468. [https://doi.org/10.1016/0011-2275\(82\)90131-X](https://doi.org/10.1016/0011-2275(82)90131-X).

11. Barnes P. N., Sumption M. D. & Rhoads G. L. Review of high power density superconducting generators: Present state and prospects for incorporating YBCO windings. *Cryogenics*. 2005. Vol. 45. P. 670-686. <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2005.09.001>.

12. B. Smyrak. Analysis of the quality of aluminum overhead conductors after 30 years of operation. *Engineering Failure Analysis*. 2023. e107600. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2023.e107600>.

13. Liu X., Sun L., Dong C., Wang J., Chang G., Liang J., Zhu Z., Xia Y., Jin L. & Gao H. Stretchable conductors based on nanoporous Ag for flexible sensors. *Composites Communications*. 2024. e101887. <https://doi.org/10.1016/j.coco.2024.101887>.

14. Huang Z., Tan Y., He R., Xie Y., Wang G., Wei J., Wang Y. & Wu Q. Study on the Electrical Performances of Soldered Joints between HTS Coated-Conductors. *Cryogenics*. 2022. e103422. <https://doi.org/10.1016/j.cryogenics.2022.103422>.

15. Queral V., Cabrera S., Rincón E., Barbarias E., Santos F. & Gutierrez J. M. Embedded conductors in solidified molten metal for winding packs for high-field stellarators. *Fusion Engineering and Design*. 2023. e113495. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2023.113495>.

Стаття надійшла до редакції 29.07.2024 р.



**O. Yurchenko<sup>1</sup>, H. Barsukova<sup>1</sup>, M. Romanenko<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Sumy National Agrarian University**

**<sup>2</sup>State educational institution «Sumy inter-regional higher professional school»**

**FUNCTIONAL INDIVIDUAL TOOL FOR PREPARING ELECTRICAL TOOL WIRES DURING INSTALLATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT AND REPAIR OF ELECTRICAL APPLIANCES**

*Summary*

Compliance with the required quality during installation and repair work requires a comprehensive approach from the owner or staff. This approach is based simultaneously on the use of modern professional tools and materials, the quality and functional tasks of which are justified by the time and conditions of use. Materials for installation work differ by purpose, type, manufacturer's brands, cost, etc. If we talk about the topic of this publication, such materials are conductors of electric current in the form of wires, as well as tips of various shapes and sizes. The use of the latter significantly improves the quality of installation work, gives the assembled control panel a relatively aesthetic appearance, and the personnel - much more comfortable conditions when performing direct clamping of conductors in certain contacts of electrical devices. High-quality performance of installation work is possible with the use of modern equipment and tools. Drawing parallels with the tool that specialists used a few decades ago and what they use now, it becomes clear a significant step forward in terms of comfort for personnel and comparatively better performance of tasks. This article presents an analysis of the functional features of several tools for preparing conductors for installation. Such tools include: insulation strippers, side cutters, pliers, knives with removable blades, etc. It has been established that a relatively high-quality installation is possible with the use of a professional tool, including a multifunctional one. A comprehensive approach in the performance of all appropriate operations makes it possible to obtain conductors with tips of the required shape, size and configuration. The effectiveness of using a modern tool is fully justified. The advantages of carrying out installation work with the pressing of conductors are presented. This work confirms the effectiveness of using a professional multifunctional tool for preparing conductors for installation. It was established that due to the use of one, but multifunctional tool, it is possible to perform a complete technology of wire preparation for installation in an electrical control panel.

**Key words:** insulation stripper, side cutters, pliers, knife with interchangeable blades, crimpers, crimping tool, installation, repair, conductors, tips, cross-section diameter, quality.