

## **7. МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ**

### **7.1. Підготовчі роботи**

Для підготовки проекту проведення робіт повинна бути вивчена проектна документація [6, 7, 8, 9, 67]:

- відкоригований проект КЛ;
- креслення профілю КЛ у місцях пересічення з дорогами та іншими комунікаціями для КЛ напругою 35 кВ і для особливо складних трас КЛ напругою 6–10 кВ;
- плани трас з прив'язкою КЛ до споруд, з позначенням пересічення інженерних комунікацій і показанням глибини їх закладання;
- повздовжній профіль пересічення КЛ інженерних комунікацій із зазначенням способу захисту кабеля від різноманітних впливів (механічних, хімічних);
- кабельний журнал, специфікація на кабелі, муфти та матеріали;
- матеріали узгодження траси КЛ із організаціями енергопостачання.

### **7.2. Вибір траси ліній**

Проектування і прокладення кабельних ліній виконують на підставі техніко-економічних розрахунків. Трасу лінії вибирають з урахуванням найменшої витрати кабеля, уникаючи по можливості ділянок з агресивними складовими, які мають хімічні речовини, що руйнують сталеву броню оболонки кабеля. Найменша відстань між кабелями і нафто- або газопаропроводом – не менше 0,5 м.

При розміщенні кабелів слід по можливості уникати перехрещувань їх одного з одним та інженерними спорудами. У селищах кабельні лінії потрібно, як правило, прокладати під тротуарами по дворах, а не по проїжджій частині.

Велику небезпеку для кабелів становить додаткове нагрівання їх трубопроводами. Траси кабельних ліній повинні бути віддалені від них. У місцях зближення їх з теплопроводами слід вживати спеціальних заходів щодо захисту кабелів від перегрівання.

У випадку перетину кабельних ліній між собою і кабелями зв'язку необхідно, щоб останні були вище силових, а силові кабелі вищої напруги слід прокладати під кабелями нижчої напруги. Між ними повинен бути прошарок землі товщиною не менше 500 мм. Поблизу електрифікованих доріг оболонки кабелів руйнують блукаючі струми, тому траси з кабелями в металевих оболонках не повинні проходити біля них. У випадку перетину залізничних шляхів і шосейних доріг кабелі прокладають в тунелях, блоках або трубах по всій ширині зони відчуження на відстані не менше 1 м від полотна доріг і не менше 0,5 м від дна водоносної канави.

### **7.3. Монтаж кабелів, кабельних муфт та воронок**

КЛ прокладають безпосередньо в землі, у воді – через водойми і ріки, у повітрі – в кабельних конструкціях і виробничих приміщеннях: на лотках, коробах, тросах, естакадах; підземних спорудах, тунелях, каналах, блоках, трубах та підземних залізобетонних конструкціях, лотках, колекторах.

#### **7.3.1. Монтаж в траншеях**

В одній траншеї рекомендується прокладати не більше шести кабелів з відстанню між ними 200–300 мм.

Кабельні лінії прокладають так, щоб у процесі монтажу й експлуатації виключити можливість виникнення в них небезпечних механічних напружень і пошкоджень. Кабелі необхідно укладати з запасом 1–3% довжини (змійкою), достатнім для компенсації можливих зсувів ґрунту і температурних деформацій. Кратність допустимого радіуса вигину до зовнішнього діаметра кабеля залежить від марки: багатожильні кабелі з паперовою просоченою ізоляцією – 20; з гумовою пластмасовою ізоляцією і броньованою оболонкою – 10 і з непросоченою – 6.

Траншеї для прокладання кабельних ліній безпосередньо в землі повинні мати підстилку, зверху кабелі слід засипати дрібною землею без каміння. Глибина траншеї повинна становити 800 мм, щоб забезпечити вкладання кабеля на глибину 700 мм. Допускається зменшення глибини закладання до 500 мм на ділянках довжиною до 5 м при вводі лінії в приміщення, а також у місцях їх пересічення з підземними спорудами при умові захисту кабелів від механічних ушкоджень.

Ширина дна траншеї повинна бути не менше 350 мм у випадку прокладання одного-двох кабелів, а відстань між ними – не менше 100 мм. У випадку прокладання трьох-чотирьох – ширина дна траншеї – 600 мм; у випадку збільшення кількості кабелів ширину дна траншеї збільшують на 200 мм для кожного кабеля.

Кабель напругою до 20 кВ вкладають на глибину 1 м. У випадку паралельного прокладання кількох кабелів напругою до 10 кВ в одній траншеї відстань між ними або між ними і контрольними кабелями складає по горизонталі 100 мм. Відстань між контрольними кабелями не нормується. У випадку прокладання кабеля біля будинків мінімальна відстань повинна бути 0,6 м. Відстань у створі від КЛ до заземлених частин і заземлювачів опор ПЛ 1 кВ повинна бути не менше 5 м. Кабелі напругою менше 35 кВ повинні захищатися від механічних ушкоджень плитами або цеглою в один шар поперек траси кабелю.

### **7.3.2. Монтаж кабельних ліній у виробничих приміщеннях**

КЛ повинні бути доступні для огляду і ремонту, захищені від можливих механічних пошкоджень, віддалені від нагрівальних поверхонь.

Проходи для людей можна перетинати кабельними лініями на висоті не менше 1,8 м від підлоги. Всі габарити і розміри прокладання кабелів визначаються [54]. В підлозі або в стелі кабелі дозволяється прокладати тільки в каналах або трубах. Труби повинні мати внутрішній діаметр не менше 1,5-кратного зовнішнього діаметра кабелів. Проходи кабелів через стіни, перегородки і перекриття з дерева або інших горючих матеріалів повинні бути виконані в трубах діаметром не менше 100 мм. Кабелі, що прокладаються всередині приміщень, не повинні мати зовнішніх захисних покриттів із горючих волокнистих речовин. Їх слід міцно закріплювати спеціальними затискачами. Відстань між сусідніми кріпленнями повинна бути при горизонтальній прокладці 0,8–1 м і до 2 м при вертикальній прокладці.

Забороняється:

- закривати кабелі наглухо у підлогу або перекриття;
- відкрито прокладати кабелі по сходових клітках;
- засипати силові кабелі в каналах піском.

Всі з'єднання і відгалуження кабелів виконують у чавунних і епоксидних муфтах, які захищають кабель від вологи і механічних ушкоджень. Кабелі приєднують до затискачів споживача муфтами і запакуваннями. Кабельні муфти повинні забезпечувати у місці з'єднання електричну міцність не менше міцності кабеля у суцільному місці, необхідну механічну міцність на розтягування, герметичність.

### **7.3.3. Маркування кабельних ліній**

Кожна КЛ повинна мати паспорт з документацією, диспетчерський номер та назву. Відкрито прокладені кабелі, а також усі кабельні муфти повинні мати бирки з позначеннями: на кінці й на початку ліній на бирках повинні бути вказані марка кабеля, напруга, переріз, номери або найменування ліній; на бирках з'єднувальних муфт – номер муфти, дата монтажу. Бирки повинні бути стійкими до впливу навколишнього середовища. Бирки закріплюються на всій довжині КЛ через кожні 50 м на відкрито прокладених кабелях, а також на поворотах траси і в місцях проходження кабелів через вогнестійкі перегородки й перекриття (з обох боків). Трасу кабельних ліній, прокладену орними землями і незабудованою місцевістю, позначають покажчиками, установленими на відстані не менше 500 метрів один від одного, а також у місцях зміни напрямку траси.

## **7.4. Використання безнагрівних технологій**

### **7.4.1. Загальні відомості**

Основними видами розроблених виробів холодної усадки є:

- муфти для з'єднання кабелів (рисунок 7.1), які працюють під напругою 10–15 кВ QS1000 і під напругою 20–30 кВ QS2000;
- муфти для кінцевого закладення кабелів (рисунок 7.2), які працюють в діапазоні напруг 6–46 кВ;
- ізолюючі і герметизуючі муфти для низьковольтних кабелів.

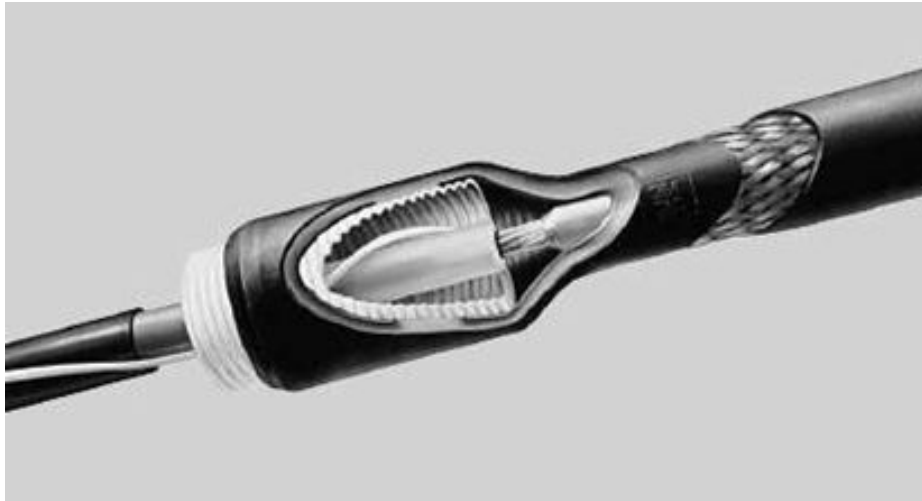


Рисунок 7.1 – Ескіз системи з'єднувальних муфт

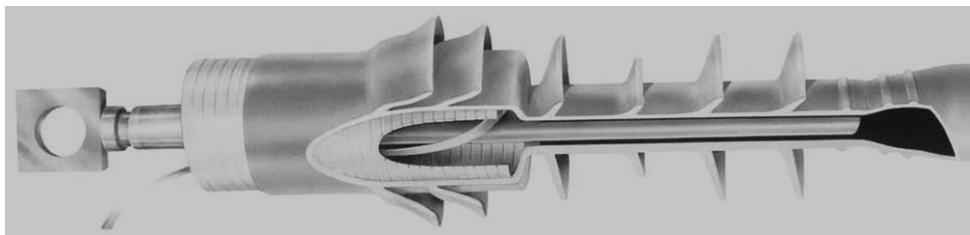


Рисунок 7.2 – Ескіз муфти кінцевого закладення кабелів

Застосування даних технології дає можливість підвищити надійність роботи обладнання за рахунок нових композиційних матеріалів, спростити монтажні роботи і відповідно підвищити культуру роботи ремонтно-обслуговуючого персоналу. Номенклатура кабельної арматури для силових кабелів із шитого поліетилену наведена в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Номенклатура кабельної арматури для силових кабелів із шитого поліетилену

Артикул	Опис	Розміри
QTII 92-EB 62-1	Комплект кінцевої муфти внутрішньої установки	1 × 50–150 мм <sup>2</sup>
QS1000 92-AG611-1	Комплект сполучної муфти	1 × 70–150 мм <sup>2</sup>
QS1000 92-AG621-1	Комплект сполучної муфти	1 × 185–240 мм <sup>2</sup>
Перехідні муфти для з'єднання трижильних кабелів з маслопросоченою паперовою ізоляцією з трьома кабелями із СПІ-ізоляцією 10кВ		
QS1000T92 FG 615-3	Комплект перехідної муфти	3 × 50–150мм <sup>2</sup>
QS1000T92 FG 625-3	Комплект перехідної муфти	3 × 185–240мм <sup>2</sup>

#### 7.4.2. З'єднувальні муфти холодної усадки Quick Splice 1000

Муфти QS 1000 призначені для з'єднання силових кабелів середнього класу напруги, що має тверду ізоляцію жил (поліетилен, зшитий поліетилен та інші),

екран з металевої фольги або дроту і пластмасову оболонку. Муфти QS 1000 можуть застосовуватися для з'єднань на підвісних лініях, в кабельних тунелях, а також на силових лініях підземної прокладки.

Вона складається із монтажного комплекту сполучних муфт ZM QS 1000 типу 92-AG6X1-1 і включає суцільнолиту сполучну муфту (муфту холодної усадки) з багат шарової синтетичної кремнійорганіки, розпірного корду, який видаляється, компоненти непаяного вузла заземлення і матеріалу для відновлення оболонки кабелю. Муфти випускаються в трьох основних модифікаціях і призначені для з'єднання одножильних силових кабелів з перетином 70...400 мм<sup>2</sup>, що мають тверду діелектричну ізоляцію і розраховані на напругу 6...10 кВ. Для більшої зручності, суцільнолиту кремнійорганічну муфту, що поставляється, розпирає спіралеподібний поліетиленовий корд, який віддаляється під час установки (рисунок 7.3). В результаті цього з'єднання усаджується і щільно стискає з усіх сторін кабель, який зрощується. Тіло з'єднання значно ослабляє напруженість електромагнітного поля, відновлює цілісність ізоляції і екранування (напівпровідний екран) силової розподільної мережі (рисунок 7.4).

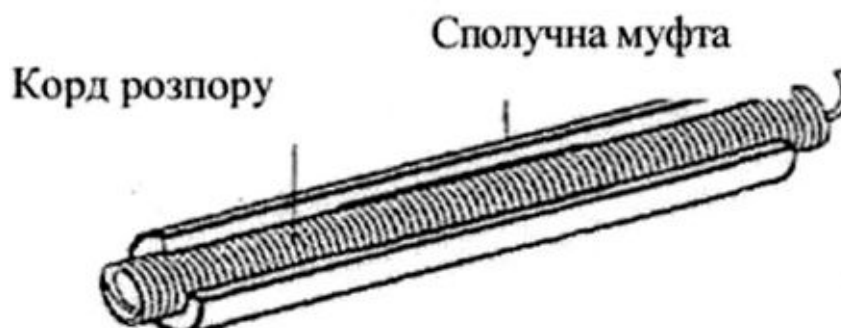


Рисунок 7.3 – Ескіз кремнійорганічної муфти



Рисунок 7.4 – Ескіз з'єднувальної муфти

Сполучна муфта складається із основних компонентів:

- ізоляційний шар складається з матеріалу, який має високу діелектричну проникність, забезпечує необхідний розподіл напруженості електричного поля і повністю відновлює характеристики власної ізоляції кабелю на всій довжині з'єднання;
- внутрішній напівпровідний електрод охоплює струмопровідну жилу, виключаючи необхідність застосування стрічки або додаткових металевих електродів;
- зовнішній напівпровідний шар муфти приймає форму ізоляції і замінює собою електромагнітний екран.

Інші компоненти монтажного комплекту включають:

- пружинні кільця і металевий екран, який відновлює цілісність металевого екрана кабелю, утворюючи непаєний вузол заземлення. Основне призначення цих металевих деталей полягає в тому, щоб встановити якісний контакт із землею і тим самим забезпечити надійний захист кабелю від пробую;
- стрічка, оброблена мастикою, підвищує вологонепроникність муфти, що особливо важливо при з'єднанні кабелів на лініях підземної прокладки;
- спеціальні пластикові (PST) трубки призначені для відновлення оболонки кабелю методом холодної усадки. Масивні стінки трубки запобігають проникненню в муфту вологи і рідин, здатних викликати корозію заземлювальних елементів.

Асортимент муфт включає дві серії основних і дві серії додаткових монтажних комплектів, призначених, відповідно, для з'єднання трижильних кабелів різних типів в пластмасовій ізоляції і виконання переходів на одножильні кабелі, також в пластмасовій ізоляції:

- 92-AG6X0-3 – сполучні муфти для трижильних кабелів в пластмасовій ізоляції з індивідуальними мідними екранами для кожної жили.
- 92-AG6X1-3 – сполучні муфти для трижильних кабелів в пластмасовій ізоляції із загальним мідним екраном.

- 92-PG6XO-3 – додаткові комплекти для виконання переходів від трижильних кабелів в пластмасовій ізоляції із загальним мідним екраном по трьох одножильних кабелях.
- 92-PG6X1-3 – додаткові комплекти для виконання переходів від трижильних кабелів в пластмасовій ізоляції з індивідуальними мідними екранами по трьох одножильних кабелях.

Основні характеристики монтажних комплектів:

1. Універсальна суцільнолита конструкція гільзи забезпечує можливість установки муфти на кабелях різного розміру і типу.
2. Сумісність з кабельними з'єднувачами всіх стандартних моделей.
3. Абсолютна водонепроникність за рахунок високої щільності прилягання гільзи до кабеля.
4. Широкий діапазон робочих температур.
5. Непалярний вузол заземлення.
6. Компактність муфти дає можливість проводити з'єднання в обмеженому просторі і важкодоступних місцях.
7. Поштучний технічний контроль на виробництві.

Технологія холодної усадки забезпечує швидкість і простоту установки муфти без застосування спеціальних інструментів.

Технічні характеристики сполучних муфт QS1000 для одножильних кабелів наведено в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 – Сполучні муфти QS1000 для одножильних кабелів

Модель QS 1000	Розміри кабеля				Розміри гільзи	
	Зовнішній діаметр оболонки, мм	Зовнішній діаметр ізоляції, мм	Перетин жили, мм <sup>2</sup>		Зовнішній діаметр, мм	Довжина, мм
			6...10 кВ	8,7...17,5кВ		
92-AG611-1	39	17,7–26,0	70–150	50–150	14,2–28,0	135
92-AG621-1	46	22,3–33,2	185–240	150–240	18,0–33,2	145
92-AG631-1	56	28,4–42,0	300–400	300–400	23,3–42,0	220



### 7.4.3. Кінцеві муфти серії QT II

Муфти для кінцевого закладення мають монолітну конструкцію, в якій передбачена трубка рефракції для вирівнювання напруженості електромагнітного поля.

Муфта виготовлена із спеціального кремнійорганічного матеріалу, що додає їй особливо високу стійкість до ультрафіолетового випромінювання, трекінгу (створення струмопровідних містків) і ерозії.

Технологія монтажу муфт серії QT II:

1) видалити зовнішній напівпровідний екран, кабель з екструдованим напівпровідним екраном, залишаючи 50 мм перед зрізом по оболонці;

2) видалити ізоляцію з кабелю з напівпровідними стрічками і графітовим шаром: залишаючи 30 мм на поверхні стрічок, 40 мм на поверхні графітового шару перед зрізом оболонки кабелю (рисунок 7.5);

3) накласти один прошарок Scotch®13 з 50% перекриттям, починаючи із поверхні стрічок до поверхні ізоляції і один шар у зворотному напрямі;

4) видалити ізоляцію жили на довжині  $B + 5$  мм;

5) надіти наконечник на жилу і опресувати. Ретельно зачистити поверхню наконечника, прибравши гострі краї, переконатися у відсутності металевої стружки;

6) обмотати наконечник стрічкою Scotch™ 70, накладаючи її на всій довжині з середнім натягненням;

7) нанести силіконовий гель на зріз зовнішнього напівпровідного екрану і на ізоляції жили на відстані 40 мм від напівпровідного екрана (рисунок 7.5);

8) насунути елемент QT II на оброблений кабель. Видалити спіралеподібний корд за допомогою витягування, розкручуючи його в напрямі проти годинникової стрілки. Усадку проводити від пружинного кільця (рисунок 7.6);

9) сплести проколкою екран і приєднати наконечник.

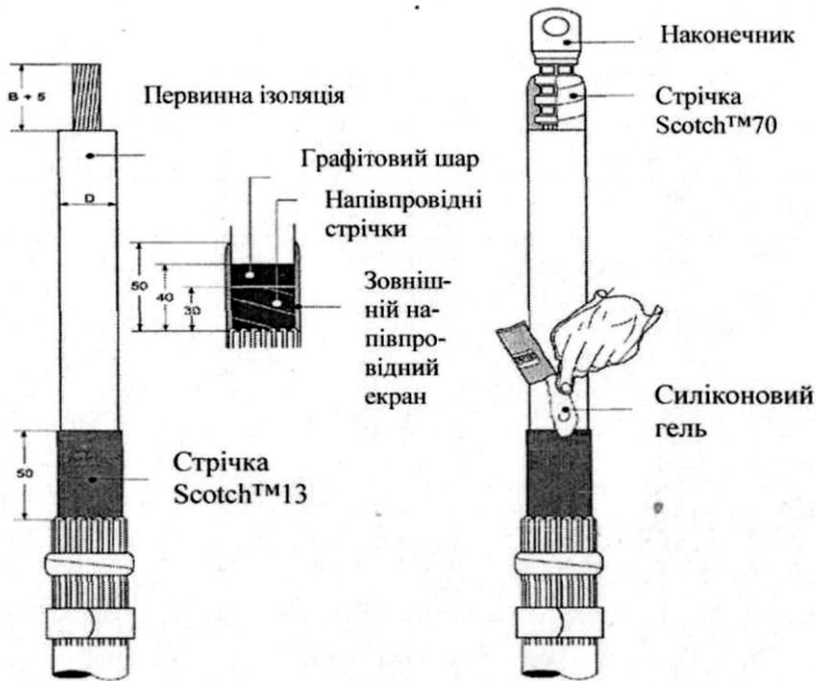


Рисунок 7.5 – Монтаж кабельної муфти QT II, перший етап

До складу комплекту входять всі необхідні матеріали для монтажу трьох фаз, за винятком наконечників. Монтаж виконується без застосування вогню. Кінцеві муфти застосовуються при холодній усадці для зовнішньої установки 10 кВ.

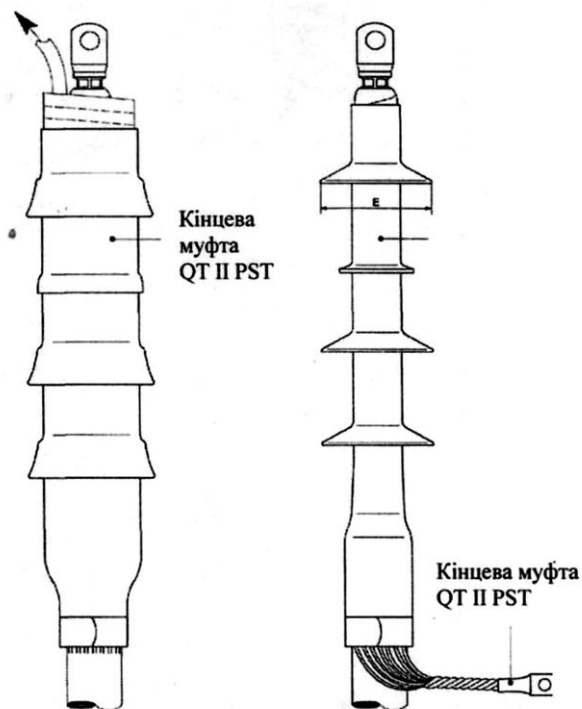


Рисунок 7.6 – Монтаж кабельної муфти QT II, другий етап

#### 7.4.4. З'єднувальна муфта 92-AG611-1

Складається з холодозахисного кожуха і використовується для одножильних кабелів з полімерною ізоляцією з дротяним екраном 6/10 кВ згідно з ІЕС 60502.

Технологія монтажу кабельної муфти:

- 1) видалити оболонку кабеля згідно з розміром А (рисунок 7.7);

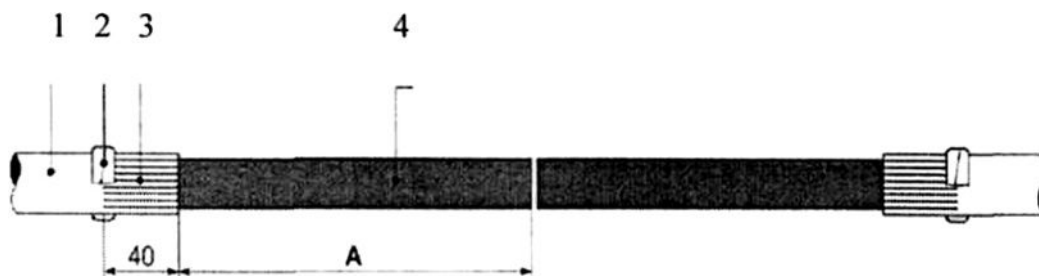


Рисунок 7.7 – Монтаж кабельної муфти 92-AG611-1, перший етап

- 1 – оболонка кабеля, 2 – стрічка Scotch™13; 3 – дротяний екран; 4 – зовнішній напівпровідний шар

- 2) відігнути дроти екрана назад уздовж оболонки кабеля, відрізати їх на відстані 40 мм від зрізу по оболонці і закріпити обрізані кінці двома витками стрічки Scotch™13, як показано на рисунку 7.8;

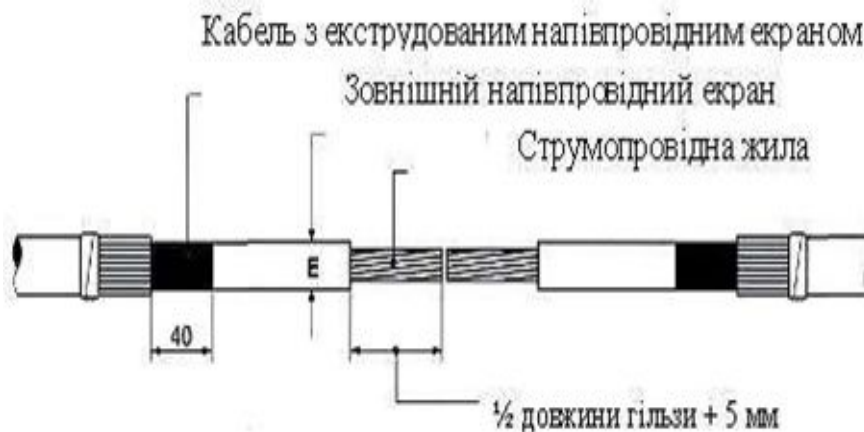


Рисунок 7.8 – Монтаж кабельної муфти, другий етап

- 3) видалити паперові стрічки до зрізу оболонки кабеля (рисунок 7.9);



Рисунок 7.9 – Монтаж кабельної муфти, етап третій

4) видалити напівпровідний екран з кінця кабеля, залишаючи 40 мм до зрізу оболонки (рисунок 7.10);



Рисунок 7.10 – Монтаж кабельної муфти, етап четвертий

5) видалити первинну ізоляцію струмопровідної жили на відстані 1/2 довжини гільзи + 5мм (рисунок 7.11);

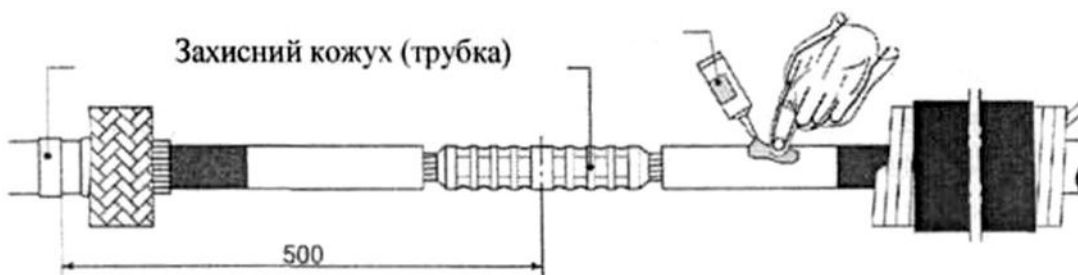


Рисунок 7.11 – Монтаж кабельної муфти, етап п'ятий

6) видалити напівпровідні стрічки з кінця кабеля, залишаючи 20 мм до зрізу по оболонці. Видалити графітовий шар з кінця кабеля, залишаючи 30 мм до зрізу оболонки (рисунок 7.12);

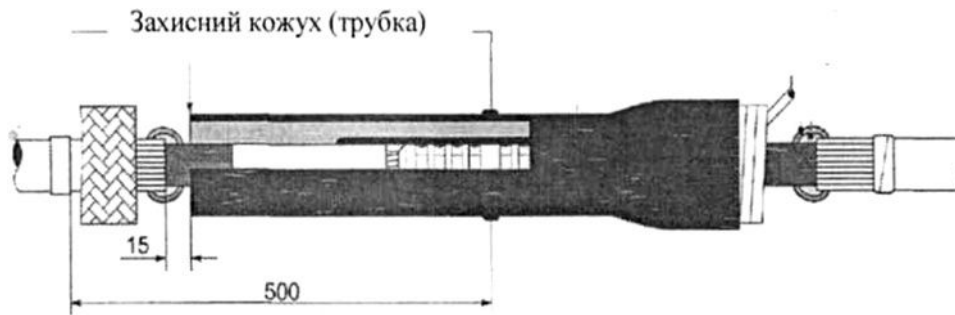


Рисунок 7.12 – Монтаж кабельної муфти, етап шостий

7) накласти один шар стрічки Scotch™13 з 50% перекриттям, починаючи з напівпровідних стрічок до первинної ізоляції і один шар у зворотному напрямі. Видалити первинну ізоляцію на довжину  $1/2$  довжини гільзи + 5 мм (рисунок 7.13);

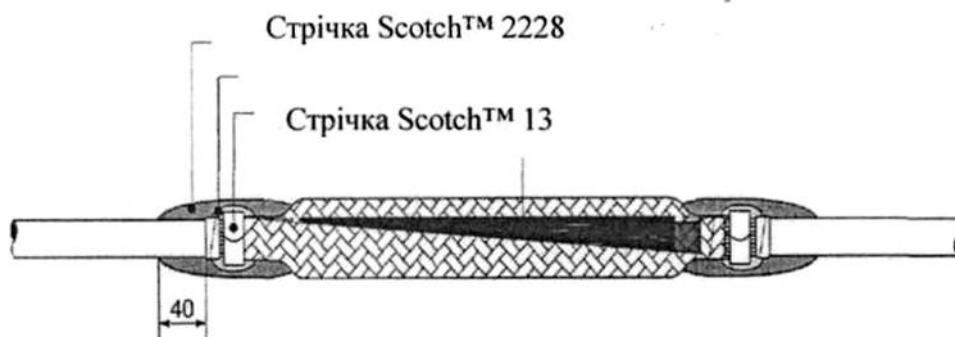


Рисунок 7.13 – Монтаж кабельної муфти, етап сьомий

8) насунути чулку, що екранує, з лудженої мідної сітки на місце з'єднання і зафіксувати її за допомогою пружинних кілець на металевому екрані кабеля. Обрізати надлишки мідної сітки. Обмотати пружинні кільця двома шарами стрічки Scotch™13 з 50% перекриттям. Накласти стрічку Scotch™2228 поверх стрічки Scotch® 13, оболонки кабеля і лудженої мідної сітки. Забезпечити мінімальний діаметр поверх стрічки Scotch™ 2228 (рисунок 7.15);

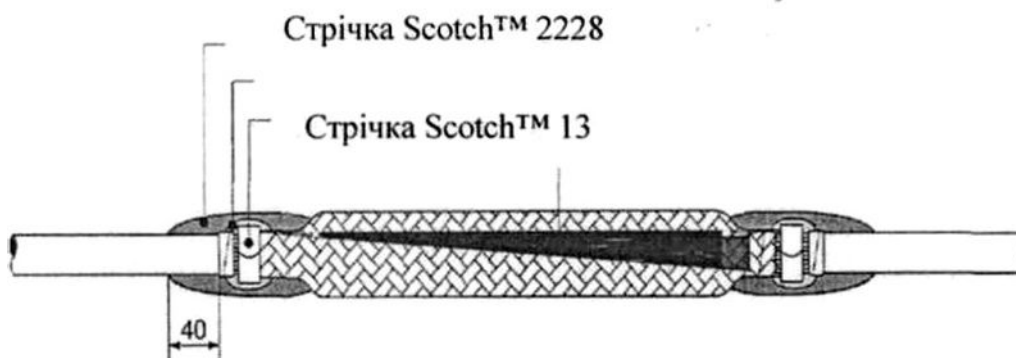


Рисунок 7.14 – Монтаж кабельної муфти, етап восьмий

9) насунути захисний кожух поверх з'єднання на позицію "С" і видалити розпираючий спіралеподібний корд (рисунок 7.15). В результаті цього захисний кожух починає усаджуватися від позиції "С" на всій довжині області з'єднання.



Рисунок 7.15 – Монтаж кабельної муфти, етап дев'ятий