

*Электрохимическая защита подземных
газопроводов и резервуаров сжиженного газа*

320.03329031.008-97

вместо

РДИ 204 УССР 067-88

Україна
м. Херсон
Спеціалізоване
корупційно-нагадуювальне
підприємство

Б. Назаренко

ІНСТРУКЦІЯ

В. х. Електрохімічний захист підземних
газопроводів та резервуарів
зрідженого газу

320.03329031.008-97
Замість
РДИ 204 УССР 067-88

Строк дії встановлений з 01.01 1997 р.

І. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

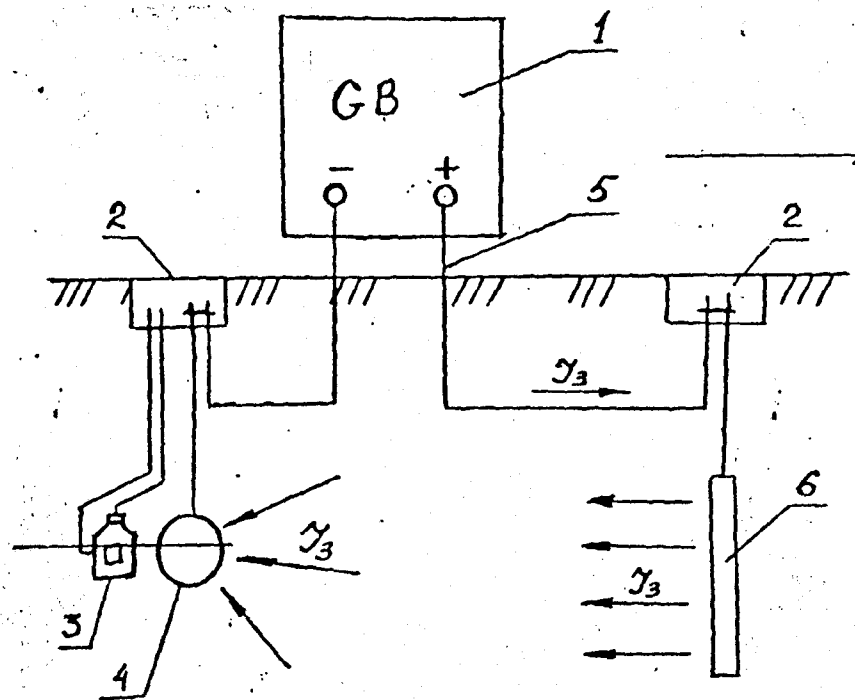
1.1. Дана інструкція розроблена відповідно до вимог ГОСТ 9.602-89 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии, СНиП 2.04.08-87 Газоснабжение, СНиП 3.05.02-88 Газоснабжение, Правил устройства электроустановок (М., Энергоатомиздат, 1986), Правил безпеки у газовому господарстві, які затверджені Держнаглядохоронпраці 13.05.92 р., протокол № 5.

1.2. Інструкція призначена для використання та керівництва організаціям і підприємствам, які виконують роботи по проектуванню, будівництву та експлуатації електрохімічного захисту від корозії підземних газопроводів та резервуарів зрідженого газу, в подальшому ПССГ (підземні споруди систем газопостачання), які прокладаються безпосередньо в ґрунті в межах населених пунктів та промислових підприємств, а також газопроводів з тиском газу до 1.2 МПа, які призначені для газопостачання населених пунктів та промислових підприємств і прокладаються за межами цих територій. Вказані вище ПССГ повинні мати захисні покриття дуже підсиленого типу та електрохімічний захист. Електрохімічний захист є складовою і невід'ємною частиною комплексу протикорозійних заходів, передбачених ГОСТ 9.602-89 та відповідною нормативною документацією і пов'язаних з нею вимог.

1.3. Електрохімічний захист здійснюється шляхом катодної поляризації металеві поверхні ПССГ, а також відводу з них блукаючих струмів електрифікованого транспорту та інших електроустановок, які використовують ґрунт в якості зворотного проводу, в подальшому джерел блукаючих струмів, за допомогою існуючих засобів захисту — катодних, протекторних та електродренажних установок (рисунки 1, 2 і 3).

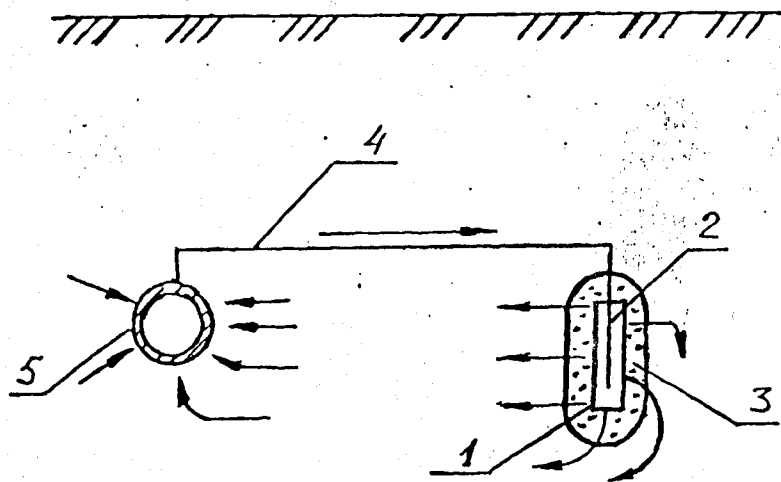
1.4. Електрохімічний захист повинен бути передбачений в усіх проєктах будівництва та реконструкції ПССГ.

1.5. Електрохімічний захист ПССГ повинен бути введений в дію в зонах небезпечного впливу блукаючих струмів не пізніше одного місяця, а в інших випадках не пізніше, ніж за шість місяців після укладання їх в ґрунт.



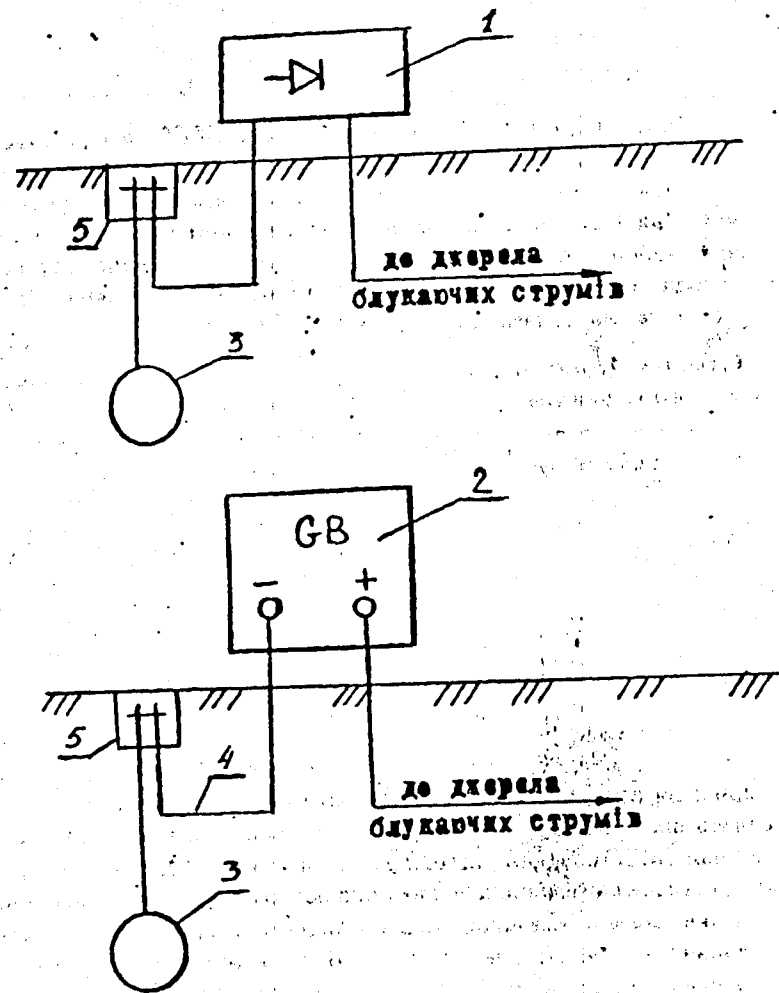
1 — перетворювач катодного захисту; 2 — контактне обладнання;
3 — електрод порівняння тривалої дії з датчиком електрохімічного потенціалу; 4 — ПССГ; 5 — з'єднувальні лінії; 6 — анодний заземлювач

Рисунок 1 — Принципова схема установки катодного захисту



1 — протектор; 2 — сталевий сердечник;
3 — активатор; 4 — провідник; 5 — ПССГ

Рисунок 2 — Принципова схема протекторного захисту



1 — поляризований дренаж; 2 — підсилений дренаж;
3 — ПССГ; 4 — з'єднувальні лінії; 5 — контактне обладнання

Рисунок 3 — Принципові схеми установок дренажного захисту

кого состояния и возможности дальнейшей эксплуатации подземных газопроводов с истекшим сроком службы на основании критериев оценки».

2.5. Електрохімічний захист ПССГ повинен здійснюватись таким чином, щоб виключалася можливість його шкідливого впливу на суміжні підземні комунікації, конструкції та споруди (ГОСТ 9.602-89, п.5.3).

Примітка — Шкідливим впливом установок електрохімічного захисту вважається:

1) зменшення по абсолютному значенню мінімального чи збільшення по абсолютному значенню максимального захисного потенціалу на суміжних підземних металевих комунікаціях, конструкціях чи спорудах, що мають катодну поляризацію;

2) поява небезпеки електрохімічної корозії на суміжних підземних металевих комунікаціях, конструкціях чи спорудах, котрі раніше не потребували захисту від неї;

3) зміщення в яку завгодно сторону стаціонарного потенціалу на кабелях зв'язку, що не мали катодної поляризації, або поява на броні чи оболонці кабелю електричного струму, якого раніше не було.

В тих випадках, коли при здійсненні електрохімічного захисту з'являється шкідливий вплив на суміжні підземні металеві комунікації, конструкції чи споруди, необхідно вжити заходи щодо його усунення. Шкідливий вплив електрохімічного захисту може бути ліквідований шляхом здійснення спільного захисту, регулюванням режиму роботи захисних установок, влаштуванням перемичок між ПССГ і ними та інших конструктивно-технологічних заходів.

2.6. Дренажний захист використовується для ПССГ при захисті від корозії блукаючими струмами і здійснюється при мінімальних значеннях дренажного струму, який забезпечує їх захист.

Дозволяється використання підсиленого дренажного і катодного захисту, якщо використання поляризованих дренажів недостатньо ефективно чи не виправдане по техніко-економічним показникам.

2.7. Протекторний захист дозволяється застосовувати для захисту від корозії блукаючими струмами в анодних чи знакозмінних зонах при умові, що величина блукаючих струмів може бути скомпенсована струмом протектора.

2.8. Поляризовані та підсилені електродренажні установки підключаються до рейкових колій електрифікованого транспорту.

Безпосереднє підключення дренажних установок до негативних шин та збірки негативних ліній тягових підстанцій трамваю забороняється.

Примітка — При практичній неможливості забезпечити необхідну

2. ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ПССГ

2.1. Вимоги до електрохімічного захисту ПССГ визначаються ГОСТ 9.602-89 (п.п. 5.1—5.16) та відповідною нормативною документацією.

2.2. При відсутності шкідливого впливу блукаючих струмів катодна поляризація ПССГ повинна здійснюватись таким чином, щоб величини поляризаційних потенціалів відносно насиченого мідносльфатного електрода порівняння знаходилися в межах між максимальним і мінімальним значеннями відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1. Поляризаційні захисні потенціли по відношенню до насиченого мідносльфатного електрода порівняння

Метал газопроводу	Захисний потенціал, Ез, В	
	мінімальний	максимальний
Сталь	-0,85	-1,15

Примітка — При неможливості виконати вимір поляризаційних потенціалів дозволяється здійснювати катодну поляризацію таким чином, щоб різниця потенціалів між ПССГ і насиченим мідносльфатним електродом порівняння знаходилась в межах від мінус 0,9 до мінус 2,5 В.

2.3. При наявності небезпечно впливу блукаючих струмів катодна поляризація повинна виконуватись таким чином, щоб на ПССГ забезпечувалась відсутність анодних та знакозмінних зон. При цьому захисний потенціал ПССГ повинен відповідати вимогам п.2.2 даної «Інструкції...». Миттєве значення потенціалу (по абсолютному значенню) повинно бути не менше значень стаціонарного потенціалу, а при неможливості його визначення — не менше мінус 0,7 В по відношенню до насиченого мідносльфатного електрода порівняння (Додаток Б).

2.4. При практичній неможливості забезпечити на ПССГ з вичерпанним або близьким до нього строком експлуатації за допомогою діючих засобів електрохімічного захисту регламентованих ГОСТ 9.602-89 (п.п. 5.1.1, 5.1.2 та 5.2.1) захисних потенціалів дозволяється, як виняток, до їх чергового технічного обстеження, експлуатація ПССГ при катодній поляризації, яка забезпечує зміщення поляризаційного потенціалу в негативну сторону не менше ніж на 100 мВ.

Можливість подальшої експлуатації ПССГ з тривалим строком експлуатації вирішується на основі їх технічного обстеження згідно з методикою і вимогами РДИ 204 УССР 066-88 «Определение техничес-

Метал газопроводу

10

ефективність дренажного захисту шляхом підключення дренажних установок до рейкових колій трамваю дозволяється, як виняток, при узгодженості з власником тягової підстанції на базі техніко-економічного обґрунтування, безпосереднє підключення їх до негативних шин чи місць збирання блукаючого струму тягової підстанції.

2.9. Поляризовані та підсилені дренажі, які приєднуються до рейкових колій електрифікованого транспорту з автоблокіровкою, не повинні порушувати нормальну роботу рейкових ланцюгів СЦБ.

Поляризовані та підсилені дренажі підключаються до рейкових колій:

— при однопроводових рейкових ланцюгах — до тягової нитки в будь-якому місці;

— при двопроводових рейкових ланцюгах — до середніх точок колійних дросель-трансформаторів в місцях обладнання міжколійних з'єднувачів;

— до середніх точок колійних дросель-трансформаторів, які відстоять на три колійні ланцюги від точок підключення міжколійних з'єднувачів чи інших колійних дросель-трансформаторів, до середніх точок яких підключені захисні установки і конструкції, які мають опір витоку змінного струму частотою 50 Гц через всі споруди і конструкції менше 5 Ом.

Дозволяється більш часте підключення захисних установок, якщо опір паралельно підключених до колійного дросель-трансформатора обладнань і споруд більше 5 Ом для сигнального струму частотою 50 Гц. У всіх випадках опір витоку змінного струму включає опір захисної установки при шунтованому поляризованому елементі і опір заземлення самої споруди.

2.10. З метою обмеження блукаючих струмів підключення підсиленого дренажу до рейкових колій електрифікованих залізниць не повинно приводити до появи позитивних потенціалів в точках відводу електричного струму тягових підстанцій в години інтенсивного руху поїздів.

Струм підсиленого дренажу в години інтенсивного руху поїздів повинен бути обмежений значенням, при якому не встановлюються стійкі позитивні потенціали на коліях в місцях підключення до них підсиленого дренажу.

Забороняється підключати підсилений дренаж в анодних зонах рейкових мереж, а також до колій депо.

2.11. Середньогодинний струм всіх установок дренажного захисту, підключених до рейкових колій чи місць збирання негативних ліній

11

живлення тягової підстанції магістральних ділянок електрифікованих залізниць постійного струму, не повинен перевищувати 25% навантаження даної тягової підстанції.

2.12. Установки дренажного захисту повинні підключатися в першу чергу до тих джерел постійного струму, які мають максимальний вплив на підлягаючі електрохімічному захисту ПССГ і знаходяться від них на найбільш близькій відстані.

Захист ПССГ на станціях стикування систем енергопостачання постійним та змінним струмами здійснюється як і на ділянках постійного струму.

2.13. З метою забезпечення надійного захисту від корозії ПССГ електрохімічний захист повинен здійснюватися безперервно на весь період їх експлуатації.

Необхідність забезпечення безперервного електрохімічного захисту вирішується на всіх стадіях — проектування, будівництва, реконструкції та експлуатації ПССГ.

На стадії проектування чи реконструкції ПССГ ця вимога може бути вирішена шляхом передбачення у відповідній проектно-технічній документації можливих варіантів дублювання чи перекриття зон захисту установок за рахунок їх раціонального розташування, вибору оптимального режиму роботи та підключення до об'єктів захисту.

На стадії експлуатації це питання вирішується шляхом підвищення технічного рівня експлуатації захисних установок, раціонального вибору роботи захисних установок і контролю їх ефективності.

3. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ ВІД КОРОЗІЇ ПССГ

3.1. Порядок проектування

3.1.1. Проектування електрохімічного захисту проводиться одночасно з виконанням основного проекту будівництва або реконструкції ПССГ і являється його складовою частиною. Проекти будівництва чи реконструкції ПССГ без розділу про електрохімічний захист від корозії затвердженню не підлягають.

Примітка — При проектуванні електрохімічного захисту діючих ПССГ проект електрохімічного захисту може представлятися як самостійний проектно-кошторисний документ.

3.1.2. Основою для проектування електрохімічного захисту являється технічне завдання і технічні умови та договір на виконання проектних робіт.

3.1.3. Стадійність проектування електрохімічного захисту повинна

відповідати стадійності виконання проекту будівництва чи реконструкції ПССГ.

Примітка — Термін виконання проекту електрохімічного захисту діючих ПССГ визначається договором.

3.1.4. Розробка проектної документації з електрохімічного захисту ПССГ виконується на основі результатів корозійних обстежень.

3.1.5. Склад та обсяг корозійних обстежень визначаються в залежності від конкретних умов прокладання ПССГ у відповідності з програмою, встановленою проектною чи іншою спеціалізованою організацією.

В процесі корозійних обстежень визначають такі основні дані:

1) питомий електричний опір ґрунту (Додаток В);
2) потенціали ПССГ (при проектуванні електрохімічного захисту діючих ПССГ) та суміжних підземних металевих комунікацій (водопроводи, тепломережі та ін.) та наявність блукаючих струмів (Додаток Б);

3) технічне становище діючих ПССГ та інших металевих комунікацій, які експлуатуються довгий час в умовах, схожих з умовами експлуатації ПССГ, для яких розробляються проєкти електрохімічного захисту. При цьому визначається технічний стан їх захисних покриттів і металу труби, наявність та кількість корозійних пошкоджень, час, який минув до появи перших корозійних пошкоджень (РДИ 204 УССР 066-088);

4) розташування і режим роботи діючих установок електрохімічного захисту, їх ефективність і дія на суміжні підземні металеві споруди і комунікації, в тому числі на підлягаючі захисту ПССГ (при виконанні електрохімічного захисту діючих ПССГ);

5) розташування, режим роботи тягових підстанцій;

6) можливість відводу блукаючих струмів до їх джерела (колій трамваю, електрифікованої залізниці та ін.);

7) результати дослідного випробування засобів електрохімічного захисту (при проектуванні електрохімічного захисту діючих ПССГ).

3.1.6. За результатами корозійних обстежень та їх камеральної обробки складається звіт, в склад якого повинні входити пояснювальна записка з висновками про корозійні умови і технічний стан обстежених діючих ПССГ, зведені таблиці, графіки та інші матеріали.

3.1.7. Оригінали матеріалів обстежень зберігаються в архіві проектно-організації.

3.1.8. При незначному обсязі проектних робіт і обстежень звіт про результати корозійних обстежень дозволяється випускати разом з загальною проектною документацією на даний об'єкт.

3.1.9. При двостадійному проектуванні електрохімічного захисту на стадії «проект» документація повинна включати пояснювальну записку,

ситуаційний план, схему розташування установок електрохімічного захисту, заявочні відомості на обладнання та матеріали, кошторис.

3.1.10. Проект повинен містити в собі такі дані:

1) стисла характеристика ПССГ та суміжних підземних металевих споруд і комунікацій;

2) відомості про джерела блукаючих струмів та перспективи їх розвитку, оцінка небезпеки корозії;

3) обґрунтування необхідності і вибору засобів електрохімічного захисту (катодних, протекторних чи дренажних установок);

4) відомості про розрахункові значення витрат електроенергії для технічного обслуговування засобів електрохімічного захисту;

5) заходи з охорони зовнішнього середовища (наприклад, заходи з рекультивациі порушених при будівництві засобів електрохімічного захисту земель, охорони водоносних горизонтів при будівництві глибинних анодних заземлювачів катодних станцій та ін.);

6) техніко-економічне обґрунтування прийнятих проектних рішень;

7) креслення прийнятих проектних рішень;

8) кошторис проектно-пошукових і будівельно-монтажних робіт;

9) вимоги техніки безпеки.

3.1.11. Якщо для прийняття проектних рішень необхідне проведення науково-дослідних чи експериментальних робіт, в проекті необхідно привести їх перелік з короткою характеристикою і обґрунтуванням виконання.

3.1.12. Зміст і склад робочого проекту об'єднують в собі матеріали проекту і робочої документації:

1) робочі креслення установок електрохімічного захисту;

2) перелік застосованих типових креслень в формі таблиць;

3) плани та профілі кабельних трас (при необхідності);

4) кошторис на будівельно-монтажні роботи;

5) специфікація на обладнання;

6) відомості потреби матеріалів.

Робочий проект повинен складатися з пояснювальної записки, ситуаційного плану, робочих креслень установок електрохімічного захисту, кошторису на будівельно-монтажні і проектно-пошукові роботи, специфікації на обладнання та відомості потреби в матеріалах.

3.1.13. Вибір засобів електрохімічного захисту виконується на основі результатів корозійних обстежень та техніко-економічних розрахунків.

3.2. Вибір траси підземного газопроводу та місць встановлення резервуарів.

3.2.1. Траса та місця розташування резервуарів повинні вибиратися з урахуванням максимального обмеження на них впливу агресивного

середовища та блукаючих струмів, в тому числі:

- різнорідних та сильно обводнених ґрунтів;
- заболочених та затоплених територій, колишніх звалищ сміття та відходів хімічного виробництва, кладовищ, скотомогильників та інших;
- зближення та перетин з рейковими коліями електрифікованого транспорту, заземленнями електроустановок постійного чи змінного струму, високовольтними лініями електропередач.

3.3. Розташування та обладнання конструктивних елементів

3.3.1. До складу конструктивних елементів відносяться:

- футляри сталеві;
- поздовжні та поперечні перемички;
- електроізолюючі фланцеві з'єднання;
- контрольно-вимірювальні пункти.

3.3.2. Сталеві футляри призначаються для забезпечення захисту підземних сталевих та полімерних газопроводів від фізико-механічних пошкоджень при переходах через шосейні дороги та залізничні колії, де може мати місце шкідливий вплив вказаних вище факторів.

3.3.3. Для забезпечення надійної та довгострокової експлуатації при підземних переходах газопроводів в сталевих футлярах для футлярів повинні передбачатися захисні покриття дуже підсиленого типу та електрохімічний захист в місцях пересічення магістральних залізниць та автодоріг 1 та 2 категорії.

При безтраншейній прокладці згідно з типовим альбомом 901-09-9.87 для захисту футлярів рекомендуються дуже підсилені захисні покриття з підвищеними фізико-механічними властивостями, наприклад, термоусадочна стрічка «Термізол» ТУ У 8 8.264.022-95, а в деяких випадках можуть використовуватись подвійні футляри, один з яких являється тунелем для основного футляра з дуже підсиленим захисним покриттям.

3.3.4. Для виключення можливості електричного контакту між газопроводом та будівельними конструкціями при перетині газопроводом міжповерхових перекриттів футляри між газопроводом та перекриттями слід виконувати з неметалевих труб.

3.3.5. Поздовжні електроперемички встановлюються на газопроводах для створення єдиного електричного ланцюга та шунтування ділянок з підвищеним поздовжнім опором, наприклад в місцях встановлення запірно-регулюючої арматури та ін.

3.3.6. Поперечні електроперемички встановлюються для зрівняння потенціалів на паралельно прокладених газопроводах.

3.3.7. Поздовжні та поперечні електроперемички на арматурі в колодязі приймаються згідно конструкції колодязя серії 905-7. За межами колодязів поперечні електроперемички встановлюються між паралельно прокладеними газопроводами в межах однієї вулиці або при їх взаємному перетинанні.

3.3.8. Для обладнання електроперемичок використовують полосову сталь або електрокабель. Електроперемички з полосової сталі рекомендується використовувати при відстані між підземними газопроводами до 5 м, а також на надземних газопроводах. Кабельні електроперемички рекомендується використовувати при відстані між підземними газопроводами більше 5 м.

Вузли підключення електроперемичок до газопроводу та перемички повинні бути надійно ізольовані і мати необхідну механічну міцність.

Для ізоляції вузлів підключення електроперемичок з полосової сталі до газопроводу і перемичок з полосової сталі рекомендується використовувати захисне покриття, аналогічне захисному покриттю газопроводу.

3.3.9. При розрахунках перетину електроперемичок необхідно враховувати основну вимогу — опір електроперемичок не повинен бути більшим, ніж опір відповідної ділянки газопроводу, який шунтується, та не менше 25 мм² для кабелю з мідними жилами.

3.3.10. Ізолюючі фланці встановлюються на газопроводах для виключення можливості контакту з ґрунтом через суміжні підземні комунікації та заземлення. Ізолюючі фланці встановлюються на вводах підземних газопроводів в комунальні та адміністративні приміщення, шафові установки, на виходах на опори, мости та естакади, газорозподільні та газорегулювальні комплекси, на входах і виходах з ГРП і ГРУ на висоті не більше 2,2 м. На входах в ГРП та ГРУ дозволяється встановлення ізолюючих фланців в спеціальних колодязях (серія 905-7), які обладнані спеціальними електроперемичками та виводами під окремо розміщені контактні пристрої для можливості шунтування фланцевого з'єднання при виконанні ремонтних робіт в колодязях.

3.3.11. Контрольно-вимірювальні пункти, в подальшому КВП, призначаються для виконання робіт по оцінці ефективності електрохімічного захисту ПССГ шляхом виміру їх потенціалів, величини та напрямку електричного струму.

3.3.12. Конструкції КВП приведені в типовому альбомі 5.906-6 «Узлы и детали электрохимической защиты инженерных сетей от коррозии. Рабочие чертежи».

3.3.13. В проектах газопостачання кількість КВП приймається методом укрупнення:

— в містах, в зонах впливу блукаючих струмів електрифікованого рейкового транспорту — 10 шт. на 1 км;

— в містах, в межах яких електрифікований рейковий транспорт відсутній — 7 шт. на 1 км;

— в населених пунктах сільського типу — 5 шт. на 1 км;

— на трасах за межами населених пунктів — 2 шт. на 1 км.

3.3.14. В проектній документації та робочих проектах КВП необхідно передбачати на всіх перехрестях вулиць з інтервалом не більше 150 м в межах міст та не більше 200 м в населених пунктах сільського типу.

3.3.15. На трасах, які знаходяться за межами населених пунктів, а також на подовжених трасах на незабудованих територіях населених пунктів (вводи до виробничих комплексів, глибокі вводи в населені пункти та ін.) КВП необхідно встановлювати:

— на прямолінійних ділянках з інтервалом не менше 500 м;

— на зворотах підземного газопроводу під кутом $45^\circ - 135^\circ$;

— в місцях зближення з джерелами блукаючих струмів (тягові підстанції, відсмоктуючі пункти, шляхові дроселі, рейки та ін.).

3.3.16. На всіх трасах КВП необхідно встановлювати:

— в місцях пересічень газопроводу з рейковими коліями електрифікованого транспорту (при перетині більш як двох рейкових шляхів — по обидві сторони від перетину);

— при переході газопроводів через водяні перешкоди шириною більше 75 м;

— в місцях перетину газопроводів з магістральними та вуличними розподільними газопроводами, а також з іншими металоємкими підземними спорудами.

3.3.17. Якщо при розташуванні КВП на трасах підземних газопроводів населених пунктів у відповідності з рекомендаціями п.п. 3.3.13—

3.3.15 залишаться ділянки між суміжними пунктами, які перевищують інтервали, приведені в п. 3.3.14, КВП необхідно встановлювати додатково посередині ділянки.

3.3.18. На територіях з удосконаленим дорожнім покриттям КВП необхідно виводити під ковер. При відсутності удосконаленого дорожнього покриття КВП встановлюються в стояках (залізобетонних, сталевих чи азбоцементних) з виносом їх на полосу руху. КВП можливо конструктивно суміщати з колодязями, якщо останні розміщені не далі 15 м від перелічених вище місць.

• В цьому випадку ковер повинен бути виведений на перекриття колодязя.

3.3.19. КВП на підземних газопроводах, прокладених у футлярах, повинні бути обладнані допоміжним виводом від футляра.

3.3.20. При проектуванні підземного газопроводу паралельно трасі прокладки діючого газопроводу необхідно враховувати наявність на діючих мережах КВП і в місцях їх розміщення передбачати поперечні перемички між газопроводом, що проектується, і діючим.

3.4 Вибір та основні вимоги до захисних ізоляційних покриттів

3.4.1. У відповідності з вимогами ГОСТ 9.602-89 (п.п. 4.2 та п. 4.4) для підземних сталевих газопроводів та резервуарів в межах територій населених пунктів, промислових підприємств, а також газопроводів з тиском до 1,2 МПа (12 кг/см²), призначених для газопостачання населених пунктів і промислових підприємств, повинні використовуватися захисні покриття дуже підсиленого типу. Для підземних резервуарів в цих умовах необхідно використовувати захисні покриття дуже підсиленого типу на основі полімерних матеріалів чи бітумник мастик.

Конструкція (структура) і основні вимоги до захисних ізоляційних покриттів дуже підсиленого типу приведені в таблиці 2.

3.4.2. При використанні для ізоляції підземних газопроводів екструдованого чи напиленого поліетилену обов'язковою вимогою для захисних покриттів є також їх механічна міцність при ударі. Для екструдованого чи напиленого поліетилену ці показники повинні бути відповідно не менше:

— для підземних газопроводів діаметром до 250 мм — 12,5 (125) і 11,5 (115) Дж (кгс.см);

— для підземних газопроводів діаметром до 500 мм — 15 (150) і 12,5 (125) Дж (кгс.см);

— для підземних газопроводів діаметром більше 500 мм — 17,5 (175) Дж (кгс.см).

3.4.3. Конструкція (структура) захисних покриттів залежить від основи використовуваних матеріалів (таблиця 2). При відсутності вказаних в таблиці 2 ізоляційних матеріалів дозволяється використання інших структур захисних покриттів, ґрунтовочних, захисних матеріалів та зовнішніх обгорток, які відповідають всім переліченим вище вимогам.

3.4.4. Для захисних покриттів на основі екструдованого поліетилену слід використовувати поліетилен марок 10203-003, 10404-003 і 15303-003 по ГОСТ 16337-77. Для напилення слід використовувати порошковий поліетилен марок 20608-012, 20708-016, 20808-024, 20908-040 по ГОСТ 16338-85.

Таблиця 2. Вимоги до захисних ізоляційних покриттів

Основа покриття та умови нанесення	Конструкція (структура) покриття	Показники основних технічних параметрів			
		Загальна товщина, мм, не менше	Адгезія до сталеві поверхні:		Відсутність пробою при випробувальній електричній нарузі, кВ
			Н/см (кгс/см)	МПа (кгс/см ²)	
1. Екструдований поліетилен (ТУ У322-8-1-95) (ТУУ 322-8-36-96) Харцизький трубний з-д Базові	Адгезійний підшар на основі севілену з адгезійноактивними домішками Екструдований поліетилен для труб діаметром: до 250 мм до 500 мм більше 500 мм	2,5	35 (3,5)	—	12,5
		3,0	35 (3,5)	—	15,0
		3,5	35 (3,5)	—	17,5
2. Напильний поліетилен Базові	Основний шар на основі термостійкостабілізованих композицій порошкового поліетилену низького чи високого тиску згідно ГОСТ 16337-77 і ГОСТ 16338-85 для труб діаметром: до 250 мм до 500 мм більше 500 мм	2,3	35 (3,5)	—	11,5
		2,5	35 (3,5)	—	12,5
		3,0	35 (3,5)	—	17,5
3. Термоусадочні стрічки на основі поліетилену Базові	Двошарова термоусадочна стрічка з терможорстким адгезивом типу «Термізол» (ТУУ88.264.022-95) АТ «Укркомунсервіс» м.Київ чи ДТЛ-91 (ТУ У 01297780-76-94) АТ «Вінницягаз»	2,0	35 (3,5)	—	10,0
4. Полімерні липкі стрічки на основі поліетилену Базові	Грунтовка типу ГРБІ (ТУ 88У264-58-92) Два шари плівки полімерної дубльованої типу ЛДПЛ (ТУ 88 У 264-06-93) Один шар захисної обгортки типу ЛДПЛ-0 (ТУ 88 У 264-07-93) ТОВ «СКВ», м.Біла Церква	1,8	15 (1,5)	—	9,0
5. Полімерний рулонний матеріал «Бутіт» Базові	Мастика бутілкаукуочка типу БК-М (ТУ 21 УССР 453-88) Два шари бутілкаукуочкової стрічки (ТУ 21 УССР 452-88) Один шар зовнішньої обгортки з рулонних матеріалів або паперу для труб діаметром до 426 мм	2,0	10 (1,0)	—	10,0

Основа покриття та умови нанесення	Конструкція (структура) покриття	Показники основних технічних параметрів			
		Загальна товщина, мм, не менше	Адгезія до сталеві поверхні:		Відсутність пробою при випробувальній електричній нарузі, кВ
	Н/см (кгс/см)		МПа (кгс/см ²)		
6. Бітумні мастики Базові	Грунтовка бітумна чи бітумно-полімерна Мастика бітумно-атактична чи бітумно-гумова чи бітумно-азбололімерна (ГОСТ 15836-79)	2,5+3,0	—	—	—
	Склополотно Мастика бітумно-атактична чи бітумно-гумова, чи бітумно азполімерна	2,5+3,0	—	—	—
	Склополотно Мастика бітумноатактична чи бітумно-гумова, чи бітумно азполімерна	2,5+3,0	—	—	—
7. Кам'яновугільна мастика «Катізол» (ТУ204-1088-80) Базові	Грунтовка кам'яновугільна «Катілаке» Мастика кам'яновугільна «Катізол»	2,0+2,5	—	—	—
	Склополотно Мастика кам'яновугільна «Катізол»	2,0+2,5	—	—	—
	Склополотно Мастика кам'яновугільна «Катізол»	2,0+2,5	—	—	—
	Один шар зовнішньої обгортки з паперу чи рулонних матеріалів для труб діаметром: до 150 мм більше 150 мм	6,0 7,5	— —	0,6 (6,0) 0,6 (6,0)	24,0 30,0

3.4.5. Для зовнішньої обгортки покриттів з полімерних матеріалів слід використовувати обгорткові плівки, рулонні матеріали типу бризол, ізол, бікарул, ПЕКОН, ПКБ з міцністю не менше 0,5 МПа (5,0 кгс/см²).

3.4.6. Для зовнішньої обгортки покриттів на основі бітумних мастик може використовуватись обгортковий папір марки А за ГОСТ 8273-75 та папір мішковий за ГОСТ 2228-81.

Для траншейних резервуарів використання вказаної вище зовнішньої обгортки не обов'язкове.

3.4.7. Захисні покриття на основі «Бутита» слід використовувати для

ізоляції резервуарів зрідженого газу місткістю не більше 5 м³.

3.4.8. Захисні покриття на основі бітумних мастик слід використовувати тільки для ізоляції підземних газопроводів діаметром до 1020 мм і температурою газу до 40°C.

3.4.9. При використанні бітумно-азбополімерних мастик товщина кожного шару мастики повинна бути не менше 2,5 мм.

3.4.10. Для армованих обгорток рекомендується використовувати склополотно марок ВГ-Г, ВВ-К, ПСМТ, ПСМК і бризол.

3.4.11. Зварні стики труб, фасонні частини (гідрозатвори, конденсатозбірники, коліна) і місця пошкоджень захисного покриття ізолюють тими ж матеріалами, що і трубопровід, а також бітумними мастиками, армованими склополотном або бризолом, термоусадочними матеріалами на основі поліетилену.

Не допускається застосовувати липкі стрічки для ізоляції стиків на трубопроводах з бітумними покриттями.

3.4.12. При зберіганні та перевезенні ізольованих труб, їх прокладці та підключенні до ПССГ повинні бути передбачені спеціальні заходи по запобіганню механічним пошкодженням захисних покриттів.

3.4.13. Ізоляція труб повинна виконуватись у базових умовах. Контроль якості захисних покриттів повинен здійснюватись при їх нанесенні на труби чи резервуар, а також в процесі будівництва та експлуатації газових мереж.

3.4.14. Основними параметрами, які гарантують необхідну якість захисних покриттів, являються товщина покриття, адгезія до сталі та їх суцільність.

3.4.15. Товщина всіх типів захисних покриттів контролюється приладними методами неруйнівного контролю (Додаток Г):

— для екструдованого поліетилену і бітумно-мастичних покриттів в базових і заводських умовах на кожній десятій трубі однієї партії, але не менше ніж в чотирьох місцях по колу труб і в місцях, які викликають сумнів;

— для бітумно-мастичних захисних покриттів в трасових умовах — на 10% зварних стиків газопроводів;

— для бітумно-мастичних покриттів на резервуарах — в одному місці на кожному квадратному метрі поверхні, а в місцях перегину покриттів — через 1 м по довжині окружності.

3.4.16. Адгезія захисних покриттів визначається у відповідності з методикою, приведеною в Додатку Д:

— в базових чи заводських умовах — на кожній десятій трубі партії;

— в трасових умовах — на 10% зварних стиків, ізольованих немеханізованим методом;

— для рулонних та інших полімерних матеріалів на резервуарах — не менше, ніж в двох точках по окружності.

Дозволяється визначення адгезії методом вирізу трикутника з кутом 45° у відповідності з НД.

3.4.17. Суцільність захисних покриттів контролюється в процесі їх ізоляції в заводських чи базових умовах, а також на брівці траншеї після ізоляції газопроводу та стиків (Додаток Е).

Після закінчення робіт по прокладці газопроводу і засипки його ґрунтом, а також в процесі експлуатації, суцільність захисного покриття контролюється приладами, які виявляють електричний контакт оголених місць трубопроводу з землею (АНПИ-3, ИПИТ, ИП-60, ИП-74, ИМПИ-1 та інші).

Приймання захисних покриттів в експлуатацію оформлюється актом (Додаток Ж).

3.4.18. Визначення технічного стану захисних покриттів ПССГ, необхідність їх ремонту та можливість подальшої експлуатації визначається відповідно з вимогами та рекомендаціями РДИ 204 УССР 066-88.

4. МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКІВ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ЗАХИСТУ

4.1. Розрахунок основних параметрів електрохімічного захисту.

4.1.1. Основним параметром електрохімічного захисту є захисна щільність електричного струму.

4.1.2. Захисна щільність електричного струму, віднесена до одиниці металевої поверхні, розраховується за формулою

$$J_s = K_n \frac{\Delta U_3}{R_{i3}}, \quad (1)$$

де J_s — захисна щільність електричного струму, віднесена до одиниці металевої поверхні, А/м²;

$\Delta U_3 = U_3 - U_c$ — зміщення захисного потенціалу внаслідок катодної поляризації металевої поверхні, В;

U_3 — захисний потенціал, необхідний для електрохімічного захисту газопроводу чи резервуару, В. Чисельні значення U_3 приведені в таблиці 1;

U_c — стаціонарний потенціал газопроводу, виміряний при відсутності впливу блукаючих струмів зовнішніх джерел електричного

Таблиця 3. Поздовжній опір сталевих газопроводів, Ом/м

Зовнішній діаметр, мм	Поздовжній опір, r_r					
	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0
57	$2,46 \cdot 10^{-4}$	$2,08 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	—
76	$1,78 \cdot 10^{-4}$	$1,49 \cdot 10^{-4}$	—	—	—	—
89	$1,50 \cdot 10^{-4}$	$1,27 \cdot 10^{-4}$	$1,13 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-4}$	—	—
108	$1,17 \cdot 10^{-4}$	$1,03 \cdot 10^{-4}$	$9,24 \cdot 10^{-5}$	$8,35 \cdot 10^{-5}$	—	—
133	$9,46 \cdot 10^{-5}$	$8,33 \cdot 10^{-5}$	$7,44 \cdot 10^{-5}$	$6,27 \cdot 10^{-5}$	—	—
159	—	$8,45 \cdot 10^{-5}$	$6,19 \cdot 10^{-5}$	$5,58 \cdot 10^{-5}$	$4,68 \cdot 10^{-5}$	—
219	—	$5,00 \cdot 10^{-5}$	$4,46 \cdot 10^{-5}$	$4,02 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-5}$	$2,89 \cdot 10^{-5}$
273	—	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$3,59 \cdot 10^{-5}$	$3,21 \cdot 10^{-5}$	$2,68 \cdot 10^{-5}$	$2,36 \cdot 10^{-5}$
325	—	—	—	$2,70 \cdot 10^{-5}$	$2,25 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^{-5}$
377	—	—	—	$2,31 \cdot 10^{-5}$	$1,93 \cdot 10^{-5}$	$1,66 \cdot 10^{-5}$
426	—	—	—	—	$1,70 \cdot 10^{-5}$	$1,46 \cdot 10^{-5}$
529	—	—	—	—	$1,37 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-5}$
620	—	—	—	—	$1,17 \cdot 10^{-5}$	$1,00 \cdot 10^{-5}$
720	—	—	—	—	—	$8,61 \cdot 10^{-6}$
820	—	—	—	—	—	—
920	—	—	—	—	—	—
1020	—	—	—	—	—	—
1220	—	—	—	—	—	—
1420	—	—	—	—	—	—

Ом/м, в залежності від товщини труби

8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—
$2,54 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$	—	—	—	—	—
$2,02 \cdot 10^{-5}$	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$1,63 \cdot 10^{-5}$	$1,49 \cdot 10^{-5}$	—	—	—
$1,69 \cdot 10^{-5}$	$1,51 \cdot 10^{-5}$	$1,36 \cdot 10^{-5}$	$1,24 \cdot 10^{-5}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,05 \cdot 10^{-5}$	$9,85 \cdot 10^{-6}$
$1,45 \cdot 10^{-5}$	$1,30 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-5}$	$1,07 \cdot 10^{-5}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$	$9,07 \cdot 10^{-6}$	$8,44 \cdot 10^{-6}$
$1,29 \cdot 10^{-5}$	$1,14 \cdot 10^{-5}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$	$9,47 \cdot 10^{-6}$	$8,65 \cdot 10^{-6}$	$7,87 \cdot 10^{-6}$	$7,43 \cdot 10^{-6}$
$1,09 \cdot 10^{-5}$	$9,18 \cdot 10^{-6}$	$8,26 \cdot 10^{-6}$	$7,54 \cdot 10^{-6}$	$6,93 \cdot 10^{-6}$	$6,36 \cdot 10^{-6}$	$5,84 \cdot 10^{-6}$
$8,78 \cdot 10^{-6}$	$7,81 \cdot 10^{-6}$	$7,04 \cdot 10^{-6}$	$6,42 \cdot 10^{-6}$	$5,89 \cdot 10^{-6}$	$5,04 \cdot 10^{-6}$	$4,66 \cdot 10^{-6}$
$7,54 \cdot 10^{-6}$	$6,71 \cdot 10^{-6}$	$6,05 \cdot 10^{-6}$	$5,51 \cdot 10^{-6}$	$5,05 \cdot 10^{-6}$	$4,66 \cdot 10^{-6}$	$4,33 \cdot 10^{-6}$
$6,61 \cdot 10^{-6}$	$5,89 \cdot 10^{-6}$	$5,30 \cdot 10^{-6}$	$4,93 \cdot 10^{-6}$	$4,43 \cdot 10^{-6}$	$4,07 \cdot 10^{-6}$	$3,79 \cdot 10^{-6}$
$5,89 \cdot 10^{-6}$	$5,24 \cdot 10^{-6}$	$4,72 \cdot 10^{-6}$	$4,30 \cdot 10^{-6}$	$3,94 \cdot 10^{-6}$	$3,62 \cdot 10^{-6}$	$3,37 \cdot 10^{-6}$
—	$4,72 \cdot 10^{-6}$	$4,25 \cdot 10^{-6}$	$3,87 \cdot 10^{-6}$	$3,55 \cdot 10^{-6}$	$3,08 \cdot 10^{-6}$	$2,83 \cdot 10^{-6}$
—	—	$3,11 \cdot 10^{-6}$	$3,24 \cdot 10^{-6}$	$2,96 \cdot 10^{-6}$	$2,74 \cdot 10^{-6}$	$2,52 \cdot 10^{-6}$
—	—	$3,05 \cdot 10^{-6}$	$2,77 \cdot 10^{-6}$	$2,54 \cdot 10^{-6}$	$2,35 \cdot 10^{-6}$	$2,18 \cdot 10^{-6}$

24

струму (трамвай, електрифікована залізниця, суміжні захисні установки та ін.), В. При неможливості виміру U_c його значення приймається рівним мінус 0,7 В відносно насиченого мідносльфатного електрода порівняння.

При розрахунку J_s для катодного захисту U_3 приймається рівним його максимальному значенню, тобто

$$U_3 = U_{3,max}$$

При розрахунку J_s для протекторного захисту U_3 приймається рівним його мінімальному значенню, тобто

$$U_3 = U_{3,min}$$

K_n — коефіцієнт, який враховує нерівномірність розподілу захисного струму і неоднорідність захисного ізоляційного покриття зовнішньої металевої поверхні. Для розрахунків K_n приймається рівним 1,3;

R_{i3} — електричний опір ізоляційного покриття зовнішньої металевої поверхні, Ом.м². Для інженерних розрахунків електрохімічного захисту газопроводів, які проектуються, R_{i3} може бути прийняте рівним 400—500 Ом.м². Для газопроводів з тривалим строком експлуатації чисельне значення R_{i3} приймається рівним не більше 40÷50 Ом.м².

Примітка — Даний метод є рекомендованим. Дозволяється, використовувати інші методи розрахунку, які відповідають вимогам ГОСТ 9.602-89.

4.2. Методика розрахунку катодного захисту

4.2.1. Розрахунок катодного захисту включає в себе визначення таких параметрів:

- захисна зона установки катодного захисту;
- необхідна кількість катодних установок;
- захисний струм установки катодного захисту;
- вихідна напруга та потужність установок катодного захисту.

4.2.2. Захисна зона установки катодного захисту визначається за формулою

$$l_k = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{8 \Delta U_3}{\pi d_s J_s \gamma_t}} \quad (2)$$

де l_k — захисна зона катодної установки, м;
 d_s — діаметр газопроводу, м;
 γ_t — поздовжній опір газопроводу, Ом/м. Чисельні значення γ_t приведені в таблиці 3.

4.2.3. Необхідна кількість катодних установок розраховується за формулою

$$n_z = K_e \frac{L_r}{l_k} \quad (3)$$

де n_k — необхідна кількість катодних установок, шт.;
 L_r — загальна довжина газопроводу, м;
 K_e — коефіцієнт екранування, який враховує вплив на електричне поле катодної установки суміжних захисних установок, а також щільності в даному районі суміжних підземних комунікацій і споруд, їх можливих контактів з газопроводом, які в значній мірі залежать від адміністративного статусу населеного пункту (місто, селище міського типу, село та ін.). Чисельні значення K_e наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Значення коефіцієнта екранування K_e для населених пунктів різної категорійності

Адміністративна категорія населеного пункту	Коефіцієнт екранування, K_e
Місто	1,8
Селище міського типу	1,6
Село	1,4
Траси газопроводів за межами населених пунктів	1,0

4.2.4. Електричний струм установки катодного захисту газопроводу чи резервуару розраховується відповідно за формулами

$$I_{kr} = J_s \cdot S_r \quad (4)$$

$$I_{kp} = J_s \cdot S_p \left(1 + \frac{R_{bx}}{R_k}\right) \quad (5)$$

де I_{kr} і I_{kp} — захисні електричні струми відповідно катодної установки на газопроводі і на резервуарі, А;

$$R_k = \frac{R_m \cdot R_3}{R_m + R_3} \text{ — опір розтіканню захисних заземлень, Ом;}$$

R_m і R_3 — опір розтіканню відповідно блискавковідводу R_m та захисного заземлення електромережі R_3 , Ом;

R_{bx} — вхідний електричний опір резервуару, Ом. Чисельні значення R_{bx} резервуарів в залежності від питомого електричного опору ґрунту наведені в таблиці 5.

$S_r = S_T \cdot l_k$ — зовнішня поверхня газопроводу, який захищається катодною установкою, м²;

S_T — зовнішня поверхня одного метра труби, м²;

S_p — зовнішня поверхня резервуару, м².

Чисельні значення S_T та S_p приведені в таблицях 6 і 7.

Таблиця 5. Вхідний електричний опір резервуарів зрідженого газу

Об'єм резервуару, м ³	Вхідний електричний опір, R _{вх} , Ом, в залежності від питомого електричного опору ґрунту, ρ _г , Ом·м					
	10	20	50	100	300	500
Діючі резервуари						
2,5	6,0	7,0	10,0	16,0	38,0	60,0
5,0	4,0	5,0	8,0	13,0	33,0	53,0
25,0	2,8	3,7	5,7	7,9	13,5	17,4
50,0	2,8	3,7	5,6	7,9	13,5	17,4
100,0	2,7	3,7	5,6	7,8	13,5	17,4
200,0	2,6	3,6	5,6	7,8	13,5	17,3
Проектні резервуари						
2,5	48,0	49,0	53,0	58,0	80,0	102,0
5,0	33,0	35,0	38,0	43,0	63,0	83,0
25,0	5,1	5,6	7,1	8,9	14,1	17,9
50,0	4,8	5,3	6,8	8,8	14,0	17,8
100,0	4,4	5,0	6,8	8,6	13,9	17,7
200,0	3,9	4,6	6,3	8,3	13,8	17,6

Таблиця 6. Зовнішня поверхня одного погонного метра газопроводу

Зовнішній діаметр, Дт, мм	Зовнішня поверхня, S _т , м ²
38	0,12
45	0,14
57	0,180
89	0,279
108	0,339
133	0,417
159	0,499
219	0,688
273	0,857
325	1,020
377	1,184
426	1,338
480	1,507
530	1,664
630	1,978
720	2,261
820	2,575
920	2,889
1020	3,203
1220	3,831
1420	4,459

Таблиця 7. Зовнішня поверхня підземних резервуарів

Об'єм резервуару, м ³	Зовнішня поверхня, S _р , м ²
2,5	10,4
5,0	14,9
25,0	57,2
50,0	85,2
100,0	128,1
200,0	294,3

4.2.5. Вихідна напруга та потужність катодних установок при електрохімічному захисті газопроводів та резервуарів розраховуються відповідно за формулами

$$U_{кр} = K_3 I_{кр} (R_a + R_k) \quad (5a)$$

$$W_{кр} = R_3 I_{кр}^2 (R_a + R_k), \quad (6)$$

при електрохімічному захисті резервуарів

$$U_{крр} = K_3 \cdot I_{крр} (R_a + R_k); \quad (7)$$

$$W_{крр} = R_3 I_{крр}^2 (R_a + R_p), \quad (8)$$

де U_k — вихідна напруга катодної установки, В;
 W_k — вихідна потужність катодної установки, Вт;
 K_3 — коефіцієнт запасу, який враховує старіння захисного покриття. Для розрахунків K_3 приймається рівним 2;
 R_k — електричний опір з'єднувальних кабелів та проводів, Ом.
 Електричний опір з'єднувальних кабелів і проводів залежить від площі їх перерізу і вибирається у відповідності з вимогами «Правил устроєння електроустановок» (М., Енергоатомиздат, 1986, п.п. 1.3.10 — 1.3.21, табл. 1.3.1 — 1.3.28, 1.3.29 — 1.3.35). З метою зменшення непродуктивних втрат падіння напруги на дренажних кабелях не повинно перевищувати 1,5—2,0 В.

R_a — опір розтіканню анодного заземлення, Ом.

4.2.6. Опір розтіканню анодного заземлення розраховується в залежності від геометричних розмірів, форми та його розташування в ґрунті.

Для забезпечення найбільш ефективної роботи та зменшення непродуктивних витрат електроенергії анодні заземлення слід розташовувати в ґрунтах чи гірських породах з найменшим значенням питомого електричного опору.

В залежності від гідрогеологічних умов, щільності споруд з урахуванням наведених вище факторів анодні заземлювачі можуть розташовуватись в ґрунті вертикально — вертикальні анодні заземлювачі, горизонтально — горизонтальні анодні заземлювачі, чи на значній глибині від земної поверхні — глибинні анодні заземлювачі.

4.2.7. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми, розташованого в ґрунті вертикально, розраховується за формулою

$$R_a = \frac{0,16\rho_r}{l_3} \left(\ln \frac{2l_3}{d_3} + \frac{1}{2} \cdot \frac{4h + l_3}{4h - l_3} \right), \quad (9)$$

де R_a — опір розтіканню вертикального анодного заземлювача трубчастої форми, Ом;

l_3 — довжина анодного заземлювача, м;

d_3 — діаметр анодного заземлювача, м;

h — відстань від поверхні землі до середини анодного заземлювача, м;

ρ_r — питомий електричний опір ґрунту, Ом.м.

4.2.8. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми, розташованого в ґрунті горизонтально, при $l_3 > h$, $l_3 \gg d_3$ розраховується за формулою

$$R_r = \frac{0,16\rho_r}{l_3} \left(\ln \frac{2l_3}{3d_3} + \ln l_3 + \frac{\sqrt{l_3^2 + 16h^2}}{4h} \right), \quad (10)$$

де R_r — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача трубчастої форми, Ом.

4.2.9. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми незначної довжини ($l_3 < h$), розташованого в ґрунті горизонтально, розраховується за формулою

$$R_{r_1} = \frac{0,16\rho_r}{l_3} \cdot \ln \frac{2l_3}{d_3}, \quad (11)$$

де R_{r_1} — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача трубчастої форми незначної довжини, Ом.

4.2.10. Опір розтіканню анодного заземлювача у формі штаби при $l_3 < h$, розташованого в ґрунті горизонтально, розраховується за формулою

$$R_{r_2} = \frac{\rho_r}{\pi l_3} \cdot \ln \frac{1,5l_3}{\sqrt{b} \cdot h}, \quad (12)$$

де R_{r_2} — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача форми штаби, Ом;

b — ширина штаби, м.

4.2.11. Опір розтіканню анодного заземлювача значної довжини ($l_3 \gg 12h$), розташованого в ґрунті горизонтально, розраховується за формулою

$$R_r = \frac{0,16\rho_r}{l_3} \left(\ln K_3 l_3 + \ln \frac{l_3}{2h} \right), \quad (13)$$

де R_r — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача значної довжини, Ом;

$K_3 = \frac{2}{d_3}$ — для трубчастого анодного заземлювача;

$K_3 = \frac{\pi}{b}$ — для штабового заземлювача.

Примітка — Для горизонтального анодного заземлювача, який складається з n штаб, $l_3 = n l_n$,

де l_n — довжина штаби, м.

З метою зменшення опору розтіканню анодних заземлювачів, забезпечення їх стабільної роботи і продовження терміну експлуатації анодні заземлювачі поміщають в активатор (коксава дрібниця та ін.).

4.2.12. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми, розташованого в ґрунті вертикально, в активаторі, розраховується за формулою

$$R_{a_1} = \frac{0,16\rho_r}{l_a} \left(\ln \frac{2l_a}{d_a} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h + l_a}{4h - l_a} + \frac{\rho_a}{\rho_r} \ln \frac{d_a}{d_3} \right), \quad (14)$$

де R_{a_1} — опір розтіканню вертикального анодного заземлювача трубчастої форми в активаторі, Ом;

l_a — довжина активатора, м;

d_a — діаметр активатора, м;

ρ_a — питомий електричний опір активатора, Ом.м.

4.2.13. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми незначної довжини ($l_a < h$), розташованого в ґрунті горизонтально, в активаторі, розраховується за формулою

$$R_{r_3} = \frac{0,16\rho_r}{l_a} \ln \frac{2l_a}{d_a}, \quad (15)$$

де R_{r_3} — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача трубчастої форми незначної довжини в активаторі, Ом.

4.2.14. Опір розтіканню анодного заземлювача трубчастої форми

значної довжини ($l_a > 12h$), розташованого в ґрунті горизонтально, в активаторі, розраховується за формулою

$$R_{r_a} = 0,16 \frac{\rho_r}{l_a} \left(\ln \frac{2l_a}{d_a} + \ln \frac{l_a}{2h} + \frac{\rho_a}{\rho_r} \ln \frac{d_a}{d_3} \right), \quad (16)$$

де R_{r_a} — опір розтіканню горизонтального анодного заземлювача трубчастої форми значної довжини в активаторі, Ом.

Для полосового анодного заземлювача значної довжини

$$d_a = \frac{4b_a}{\pi}, \quad d_3 = \frac{2b_a}{\pi},$$

де b_a — ширина активатора, м.

Технічні характеристики основних типів анодних заземлювачів, які використовуються для електрохімічного захисту підземних сталевих газопроводів, наведені в таблиці 8.

4.2.15. Опір розтіканню глибинного анодного заземлювача трубчастої форми, розташованого в ґрунті вертикально, розраховується за формулою

$$R_{a_r} = \frac{P_{сер}}{2\pi \sum_{i=1}^n \frac{l_{e_i}}{\rho_i}} + \frac{\rho_a}{2\pi l_e} \cdot \ln \frac{d_a}{d_e}, \quad (17)$$

де R_{a_r} — опір розтіканню глибинного вертикального трубчастого анодного заземлювача, Ом;

$P_{сер}$ — габаритний коефіцієнт. Значення $P_{сер}$ наведені в таблиці 10

l_{e_i} — частина довжини робочої частини анодного заземлювача в i -м шарі ґрунту, м;

ρ_i — питомий електричний опір i -го шару ґрунту, Ом.м;

d_e — діаметр електрода, м;

ρ_a — питомий електричний опір наповнювача, Ом.м.

Оптимальна довжина робочої частини глибинного анодного заземлювача розраховується за формулою

$$l_e = 3,16 l_k \sqrt{\frac{C_e \cdot \rho_r}{C_r \cdot \eta_e}} \cdot f(t), \quad (18)$$

де l_e — оптимальна довжина частини глибинного анодного заземлювача, м;

C_r — вартість будівництва 1 м глибинного анодного заземлювача грн.;

Таблиця 8 Технічні характеристики анодних заземлювачів

Тип анодного заземлювача	Матеріали		Активатор	Розміри, мм		Вага, кг	Електрохімічний еквівалент заземлювача, кг/А.рік	Питомий електричний опір, Ом.м	Рекомендації щодо застосування
	Заземлювач	Анод		Довжина	Діаметр (ширина)				
АК-1	Сталь вуглецева	Спресована коксова дрібниця з інгібітором	1420	185	60	1	$0,135 \cdot 10^{-6}$	ґрунти незначної вологості (вологість до 50%) з питомим електричним опором землі не більше 20 Ом.м	
АК-3	Залізо-кремній	Те ж	1420	185	53	0,12	$0,4 \cdot 10^{-6}$	ґрунти незначної вологості (вологість до 50%) з питомим електричним опором землі не більше 30 Ом.м	
АК-2Г	Те ж	"	1700	225	90	0,12	$0,4 \cdot 10^{-6}$	ґрунти незначної вологості (вологість до 50%) з питомим електричним опором землі не більше 30 Ом.м	
АК-2Г	"	"	1700	150	60	0,12	$0,4 \cdot 10^{-6}$	ґрунти незначної вологості (вологість до 50%) з питомим електричним опором землі не більше 30 Ом.м	
ЭГ-1	Графітопласт	Спресована коксова дрібниця	3000	114	22	0,7—1,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	Вологі ґрунти (вологість 50—80%)	
ЭГ-2	Графітопласт	Спресована коксова дрібниця	3000	114	22	0,7—1,0	$0,1 \cdot 10^{-3}$	Питомий електричний опір ґрунту не більше 50—80 Ом.м	

Тип анодного заземлювача	Матеріали		Розміри, мм		Вага, кг	Електрохімічний еквівалент заземлювача, кг/А.рік	Питомий електричний опір, Ом.м	Рекомендації щодо застосування
	Заземлювач	Активатор	довжина	діаметр (ширина)				
ЭГТ-1000	Вуглеграфіт	Спресована коксова дрібниця	1000	114	9,5	0,9—1,2	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Вологість 50—80%
ЭГТ-1450	Те ж	Те ж	1450	114	13,1	0,9—1,2	$0,01 \cdot 10^{-3}$	Питомий електричний опір ґрунту не більше 100 Ом.м
ЭГТ-2000	—	—	2000	114	16,1	0,9—1,2	$0,01 \cdot 10^{-3}$	
ЭГТ-2500	—	—	2500	114	20,3	0,9—1,2	$0,01 \cdot 10^{-3}$	
ЭГТ-2900	—	—	2900	114	23,9	0,9—1,2	$0,01 \cdot 10^{-3}$	
АЗМ-2	Залізо кремній	—	1520	65	35	0,12—0,5	$0,01 \cdot 10^{-3}$	
ТДМ	Титан	—	400	100	0,4	10^{-5}	—	У будь-яких ґрунтах
ЭРПС-5	Провідний еластомір	—	10-110	10-35	120-150	0,3	—	

C_e — вартість 1 кВт.г електроенергії, грн/кВт.г;

I_k — електричний струм установки катодного захисту;

η_e — коефіцієнт екранування анодних заземлювачів. Для розрахунків η_e приймається рівним 0,7;

$f(t)$ — коефіцієнт приведення експлуатаційних витрат майбутніх років до базисного року. Коефіцієнт приведення $f(t)$ приймається за таблицю 9.

Таблиця 9. Коефіцієнт приведення експлуатаційних витрат до базисного року

1/рік	0,08	0,09	0,1	0,11	0,11	0,12	0,15	0,17	0,2
$f(t)$	8,9	8,14	7,71	7,25	6,75	6,75	6,21	5,62	4,99

4.2.16. Оптимальна кількість анодних заземлювачів в анодному заземленні катодної установки розраховується за формулою

$$N_{\text{опт}} = I_k \sqrt{\frac{8,76 \cdot R_a \cdot C_e}{C_3 \eta_e \eta_n E_n}} \quad (19)$$

де $N_{\text{опт}}$ — оптимальна кількість анодних заземлювачів, шт.;

R_a — опір розтіканню одиночного анодного заземлювача, Ом;

C_3 — вартість спорудження одного заземлювача, грн.;

η — коефіцієнт корисної дії перетворювача катодного захисту, значення якого приймається за паспортними даними;

η_n — коефіцієнт використання анодних заземлювачів: Для розрахунків η_n приймається рівним 0,8—0,9;

E_n — нормативний коефіцієнт ефективності.

Примітка — При розрахунку оптимальної кількості анодних заземлювачів треба також враховувати регламентований або необхідний термін дії анодного заземлювача, допустиму щільність електричного струму та загальне значення опору розтіканню.

Регламентований термін дії анодного заземлення визначається вагою анодних заземлювачів, яка повинна відповідати вимогам нерівності

$$G_a > K_n \cdot q_a \cdot I_k \cdot T_a \quad (20)$$

$G_a = N_{\text{опт}} \cdot G_i$ — вага анодного заземлення, кг;

де G_i — вага анодного заземлювача, кг;

K_n — коефіцієнт нерівномірності розчинення анодного заземлювача. Для розрахунків K_n приймається рівним 1,3;

q_a — електрохімічний еквівалент розчинення анодного заземлювача, кг.А/рік. Значення q_a наведені в таблиці 8;

Таблиця 10 Значення величини габаритного коефіцієнту $R_{сер}$ глибинного анодного заземлювача

$\frac{d_e}{l_e}$	Габаритний коефіцієнт,									
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	
0,0010	8,99	8,85	8,78	8,73	8,69	8,65	8,63	8,60	8,58	
0,0011	8,89	8,75	8,68	8,63	8,59	8,56	8,53	8,51	8,49	
0,0012	8,80	8,67	8,59	8,54	8,50	8,47	8,44	8,42	8,40	
0,0013	8,72	8,59	8,51	8,46	8,42	8,39	8,36	8,34	8,32	
0,0014	8,65	8,51	8,44	8,39	8,35	8,32	8,29	8,27	8,25	
0,0015	8,53	8,44	8,37	8,32	8,23	8,25	8,22	8,20	8,18	
0,0016	9,52	8,39	8,31	8,26	8,22	8,18	8,16	8,13	8,11	
0,0017	8,43	8,32	8,25	8,20	8,16	8,12	8,10	8,07	8,05	
0,0018	8,39	8,26	8,19	8,14	8,10	8,07	8,04	8,02	8,00	
0,0019	8,34	8,21	8,14	8,08	8,04	8,01	7,98	7,96	7,94	
0,0020	8,29	8,16	8,08	8,03	7,99	7,96	7,93	7,91	7,89	
0,0025	8,07	7,93	7,86	7,81	7,77	7,74	7,71	7,69	7,67	
0,0030	7,88	7,75	7,68	7,63	7,59	7,55	7,53	7,50	7,49	
0,0035	7,73	7,60	7,52	7,47	7,43	7,40	7,37	7,35	7,33	
0,0040	7,60	7,46	7,39	7,34	7,30	7,27	7,24	7,22	7,20	
0,0045	7,43	7,34	7,27	7,22	7,18	7,15	7,12	7,10	7,08	
0,0050	7,37	7,24	7,17	7,12	7,08	7,04	7,02	6,99	6,97	
0,0055	7,28	7,14	7,07	7,02	6,98	6,95	6,92	6,90	6,88	
0,0060	7,19	7,06	6,99	6,93	6,89	6,86	6,83	6,81	6,79	
0,0065	7,11	6,99	6,91	6,85	6,81	6,78	6,75	6,73	6,71	
0,0070	7,04	6,90	6,83	6,78	6,74	6,71	6,68	6,66	6,64	
0,0075	6,97	6,83	6,76	6,71	6,67	6,64	6,61	6,59	6,57	
0,0080	6,90	6,77	6,70	6,65	6,61	6,57	6,55	6,57	6,50	
0,0090	6,79	6,65	6,58	6,53	6,49	6,46	6,43	6,41	6,39	
0,0100	6,68	6,55	6,47	6,42	6,38	6,35	6,32	6,30	6,28	
0,0110	6,58	6,45	6,38	6,33	6,29	6,26	6,23	6,21	6,19	

для розрахунку перехідного електричного опору

Р _{сер} , в залежності від $\frac{H}{l_e}$										
0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	2,00	3,00	4,00
8,57	8,55	8,54	8,53	8,51	8,50	8,50	8,43	8,39	8,36	8,33
8,47	8,46	8,44	8,43	8,42	8,41	8,40	8,35	8,39	8,27	8,23
8,38	8,37	8,36	8,34	8,33	8,32	8,31	8,28	8,21	8,18	8,15
8,30	8,29	8,29	8,26	8,25	8,24	8,23	8,20	8,13	8,10	8,03
8,23	8,21	8,20	8,19	8,18	8,17	8,16	8,12	8,05	8,02	8,01
8,16	8,15	8,13	8,12	8,11	8,10	8,09	8,05	7,98	9,96	7,94
8,10	8,08	8,07	8,06	8,04	8,03	8,03	7,99	7,92	7,89	7,83
8,04	8,02	8,01	7,99	7,98	7,97	7,96	7,93	7,85	7,83	7,81
7,98	7,93	7,93	7,94	7,93	7,92	7,91	7,87	7,80	7,77	7,76
7,92	7,91	7,90	7,88	7,87	7,86	7,85	7,82	7,73	7,72	7,70
7,87	7,86	7,84	7,83	7,82	7,81	7,80	7,77	7,70	7,67	7,65
7,65	7,63	7,62	7,61	7,60	7,59	7,58	7,54	7,47	7,44	7,43
7,47	7,45	7,44	7,43	7,42	7,41	7,40	7,36	7,29	7,26	7,23
7,31	7,30	7,23	7,27	7,25	7,25	7,24	7,21	7,14	7,11	7,09
7,18	7,15	7,15	7,14	7,13	7,12	7,11	7,07	7,00	6,97	6,96
7,06	7,05	7,03	7,02	7,01	7,00	6,99	6,96	6,89	6,86	6,84
6,96	6,94	6,93	6,92	6,90	6,89	6,89	6,83	6,78	6,73	6,74
6,86	6,85	6,83	6,82	6,81	6,80	6,79	6,75	6,69	6,66	6,64
6,77	6,76	6,75	6,73	6,72	6,71	6,70	6,67	6,70	6,57	6,53
6,69	6,68	6,67	6,65	6,64	6,63	6,62	6,59	6,52	6,49	6,47
6,62	6,61	6,59	6,58	6,57	6,56	6,55	6,51	6,44	6,42	6,40
6,55	6,54	6,52	6,51	6,50	6,49	6,48	6,44	6,38	6,35	6,33
6,49	6,47	6,46	6,45	6,43	6,42	6,41	6,33	6,31	6,28	6,27
6,37	6,35	6,34	6,33	6,32	6,31	6,30	6,26	6,19	6,16	6,13
6,25	6,23	6,22	6,22	6,20	6,20	6,19	6,16	6,09	6,06	6,04
6,17	6,15	6,14	6,13	6,12	6,11	6,10	6,05	5,99	5,95	5,92

Продовження таблиці 10

$\frac{d_e}{l_e}$	Габаритний коефіцієнт,								
	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,0120	6,50	6,35	6,29	6,24	6,20	6,17	6,14	6,12	6,10
0,0130	6,42	6,28	6,21	6,16	6,12	6,09	6,06	6,04	6,02
0,0140	6,34	6,21	6,14	6,09	6,05	6,01	5,99	5,96	5,94
0,0150	6,27	6,14	6,07	6,02	5,98	5,95	5,92	5,90	5,86
0,0160	6,21	6,08	6,00	5,95	5,91	5,88	5,85	5,83	5,81
0,0170	6,15	6,02	5,94	5,89	5,85	5,82	5,79	5,77	5,75
0,0180	6,09	5,96	5,89	5,84	5,80	5,76	5,74	5,71	5,67
0,0190	6,04	5,90	5,83	5,78	5,74	5,71	5,68	5,66	5,64
0,0200	5,99	5,63	5,78	5,73	5,69	5,66	5,63	5,61	5,59
0,0250	5,76	5,63	5,56	5,51	5,47	5,43	5,41	5,38	5,36
0,0300	5,58	5,45	5,38	5,32	5,28	5,25	5,23	5,20	5,19
0,0350	5,43	5,29	5,22	5,17	5,13	5,10	5,07	5,05	5,03
0,0400	5,29	5,16	5,09	5,04	5,00	4,96	4,94	4,91	4,89
0,0450	5,18	5,04	4,97	4,92	4,88	4,85	4,82	4,80	4,78
0,0500	5,07	4,94	4,87	4,81	4,77	4,74	4,71	4,69	4,67
0,0600	4,89	4,75	4,68	4,63	4,59	4,56	4,53	4,51	4,49
0,0700	4,73	4,60	4,53	4,48	4,44	4,40	4,38	4,36	4,34
0,1000	4,38	4,24	4,17	4,12	4,08	4,05	4,02	4,00	3,99
0,1500	3,97	3,84	3,77	3,72	3,68	3,64	3,62	3,39	3,57
0,2000	3,63	3,55	3,48	3,43	3,39	3,36	3,33	3,31	3,29
0,2500	3,46	3,33	3,26	3,20	3,16	3,13	3,11	3,08	3,05
0,3000	3,28	3,14	3,07	3,02	2,98	2,95	2,92	2,90	2,88
0,3500	3,12	2,99	2,92	2,87	2,83	2,80	2,77	2,75	2,73
0,4000	2,99	2,86	2,79	2,73	2,69	2,66	2,63	2,61	2,59
0,4500	2,87	2,74	2,67	2,62	2,58	2,54	2,52	2,49	2,47
0,5000	2,77	2,63	2,56	2,51	2,47	2,44	2,41	2,39	2,37

Рсер, в залежності від $\frac{H}{l_e}$

0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	1,00	2,00	3,00	4,00
6,08	6,07	6,05	6,04	6,03	6,02	6,01	5,97	5,91	5,88	5,86
6,00	5,99	5,97	5,96	5,95	5,94	5,93	5,89	5,83	5,80	5,73
5,93	5,91	5,90	5,89	5,88	5,87	5,86	5,82	5,75	5,72	5,71
5,86	5,84	5,83	5,82	5,81	5,80	5,79	5,75	5,68	5,65	5,64
5,79	5,73	5,76	5,75	5,74	5,73	5,72	5,69	5,62	5,57	5,57
5,73	5,72	5,70	5,69	5,68	5,67	5,66	5,63	5,56	5,53	5,51
6,68	5,66	5,65	5,64	5,62	5,61	5,60	5,57	5,50	5,47	5,43
5,62	5,61	5,59	5,58	5,57	5,56	5,55	5,52	5,39	5,42	5,40
5,57	5,56	5,54	5,53	5,52	5,51	5,50	5,46	5,39	5,32	5,33
5,35	5,33	5,32	5,31	5,30	5,28	5,24	5,24	5,17	5,14	5,13
5,17	5,13	5,14	5,12	5,11	5,10	5,09	6,06	4,99	4,95	4,94
5,01	5,00	4,98	4,97	4,93	4,95	4,94	4,90	4,83	4,81	4,79
4,88	4,83	4,85	4,84	4,83	4,82	4,81	4,77	4,70	4,67	4,66
4,76	4,74	4,73	4,72	4,71	4,70	4,69	4,63	4,58	4,55	4,54
4,65	4,64	4,63	4,61	4,60	4,59	4,58	4,55	4,48	4,45	4,43
4,47	4,46	4,44	4,43	4,42	4,41	4,40	4,37	4,30	4,27	4,25
4,32	4,30	4,29	4,28	4,27	4,26	4,25	4,21	4,14	4,11	4,10
3,96	3,95	3,93	3,92	3,91	3,90	3,89	3,85	3,79	3,76	3,74
3,56	3,54	3,53	3,51	3,50	3,49	3,48	3,45	3,33	3,35	3,33
3,27	3,25	3,24	3,23	3,22	3,21	3,20	3,16	3,09	3,06	3,05
3,04	3,03	3,02	3,00	2,99	2,98	2,97	2,94	2,87	2,84	2,92
2,86	2,85	2,83	2,82	2,81	2,80	2,79	2,76	2,69	2,66	2,64
2,71	2,69	2,68	2,67	2,66	2,65	2,64	2,60	2,53	2,30	2,49
2,57	2,56	2,55	2,53	2,52	2,51	2,50	2,47	2,40	2,37	2,33
2,46	2,44	2,43	2,42	2,41	2,40	2,39	2,33	2,23	2,24	2,24
2,35	2,34	2,32	2,31	2,30	2,29	2,29	2,24	2,19	2,15	2,13

T_a — регламентований термін дії анодного заземлення, рік. Для розрахунків T_a приймається рівним терміну дії перетворювача катодної станції (паспортні дані).

Значення допустимої щільності електричного струму та загального електричного струму, який стікає з анодного заземлювача в землю, наведені в таблиці 11.

Фактична щільність електричного струму на кожному анодному заземлювачі та стікаючий з нього в ґрунт струм розраховуються відповідно за формулами

$$J_a = \frac{I_k}{N \cdot S_a} \quad (21)$$

$$i_a = \frac{I_k}{N} \quad (22)$$

де J_a — щільність електричного струму, А/м²;

i_a — електричний струм анодного заземлювача, А;

S_a — робоча поверхня анодного заземлювача, м²;

N — загальна кількість анодних заземлювачів, шт.

З метою зменшення непродуктивних витрат електроенергії, загальне значення опору розтіканню анодного заземлення приймають у межах 1÷2 Ом.

Таблиця 11. Значення допустимого електричного струму анодних заземлювачів

Тип анодного заземлювача	Робоча поверхня анодного заземлювача, S_a , м ²	Допустима щільність струму, J_a , А/м ²	Допустимий струм на один заземлювач, i_a , А
АК-1	0,82	10,0	8,2
ЗКА-140	0,83	10,0	8,3
АК-3	0,82	8,0	6,6
АК-1г	1,20	8,0	9,6
ЭГ-1	1,07	4,0	4,3
ЭГ-2	1,07	4,0	4,3
ЭГТ-1000	0,36	1,2	0,43
ЭГТ-1450	0,52	1,2	0,62
ЭГТ-2000	0,72	1,2	0,86
ЭГТ-2500	0,89	1,2	1,07
ЭГТ-2900	1,04	1,2	1,25
ТДМ	0,1	10	0,4
ЭР-5	0,5-3,55	10	25

4.2.17. Загальний опір розтіканню комбінованого анодного заземлення, яке складається із з'єднаних між собою за допомогою залізної штаби анодних заземлювачів вертикального типу, розраховується за формулою

$$R_{ак} = \frac{R_a \cdot R_r}{n \cdot \eta_a \cdot \eta_r R_r + \eta_r \cdot R_a} \quad (23)$$

де $R_{ак}$ — загальний опір розтіканню комбінованого анодного заземлення, Ом;

η_a — коефіцієнт взаємного екранування вертикальних анодних заземлювачів;

n — загальна кількість анодних заземлювачів, шт.;

η_r — коефіцієнт взаємного екранування вертикальних електродів з урахуванням впливу на них горизонтальної залізної штаби;

η_a — коефіцієнт взаємного впливу горизонтальної штаби при врахуванні впливу на неї вертикальних електродів. Для розрахунків η_a і η_r приймаються рівними 0,95. Коефіцієнт взаємного екранування вертикальних електродів η_a залежить від співвідношення a/l , де a — відстань між вертикальними електродами; l — довжина анодного заземлювача.

Чисельні значення η_a наведені в таблиці 12.

Чисельні значення загального опору розтіканню анодних заземлювачів, які мають найбільше розповсюдження в практиці обладнання катодного захисту, наведені в таблицях 13—21.

Таблиця 12. Коефіцієнт екранування вертикальних анодних заземлювачів

Співвідношення a/l	Кількість анодних заземлювачів	Коефіцієнт екранування, η_a
—	1	0,84—0,87
2	2	0,90—0,92
3	2	0,93—0,95
1	3	0,76—0,80
2	3	0,85—0,88
3	3	0,90—0,92
1	5	0,67—0,72
2	5	0,79—0,83
3	5	0,85—0,88
1	10	0,56—0,62
2	10	0,72—0,77
3	10	0,79—0,83

Продовження таблиці 12

Співвідношення а/І	Кількість анодних заземлювачів	Коефіцієнт екранування, η_a
1	15	0,51—0,56
2	15	0,66—0,73
3	15	0,76—0,80
1	20	0,41—0,50
2	20	0,65—0,70
3	20	0,74—0,79
1	50	0,38—0,43
2	50	0,56—0,63
3	50	0,68—0,74

4.2.18. Вибір типу та вихідних електричних параметрів установок катодного захисту здійснюється в процесі розробки проекту електрохімічного захисту ПССГ з урахуванням рекомендацій п. 4.2.3, а також наявності та ефективності на них в даному районі засобів електрохімічного захисту.

Основні технічні параметри перетворювачів катодного захисту приведені в таблиці 22.

4.3. Методика розрахунку протекторного захисту

4.3.1. Розрахунок протекторного захисту включає в себе визначення наступних основних параметрів:

- загальна кількість електричного струму, необхідного для протекторного захисту ПССГ;
- електричний струм протекторної установки (чи установок);
- необхідна кількість протекторних установок;
- строк дії протекторної установки (чи установок).

4.3.2. Загальна кількість електричного струму, необхідного для протекторного захисту підземного газопроводу чи резервуару розраховується за формулою

$$I_{n_s} = J_s \cdot S_{r(p)},$$

де I_{n_s} — загальна кількість електричного струму, А;

$S_{r(p)}$ — загальна поверхня газопроводу (резервуару), м².

4.3.3. Електричний струм протекторної установки розраховується формулою

$$I_n = \frac{U_n - U_c}{R_{np}},$$

де I_n — електричний струм одиночної неполяризованої протекторної установки, А;

Таблиця 13 Значення опору розтіканню анодного заземлення з вертикально встановлених чавунних труб Ду = 150 мм і l = 6 м

Кількість труб	Опір розтіканню, Ом, в залежності від питомого електричного опору ґрунту, ρ_r , Ом·м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
5	0,43	0,86	1,29	1,72	2,15	2,58	3,01	3,44	3,87	4,30
5	0,36	0,73	1,09	1,45	1,82	2,18	2,55	2,91	3,28	3,64
6	0,31	0,63	0,94	1,26	1,57	1,89	2,20	2,52	2,83	3,15
7	0,28	0,56	0,84	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,52	2,80
8	0,25	0,51	0,76	1,02	1,28	1,53	1,79	2,04	2,30	2,55
9	0,23	0,46	0,70	0,93	1,16	1,39	1,63	1,86	2,09	2,32
10	0,21	0,43	0,64	0,86	1,07	1,29	1,50	1,72	1,93	2,14
11	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
12	0,18	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,31	1,49	1,68	1,87
13	0,17	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
14	0,16	0,33	0,50	0,66	0,83	1,00	1,16	1,33	1,49	1,66
15	0,15	0,31	0,47	0,63	0,79	0,95	1,10	1,26	1,42	1,58
16	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,21	1,36	1,50
17	0,14	0,29	0,44	0,58	0,73	0,87	1,02	1,16	1,31	1,45
18	0,14	0,28	0,42	0,56	0,70	0,83	0,97	1,11	1,25	1,39
19	0,13	0,27	0,40	0,54	0,67	0,81	0,94	1,08	1,21	1,34
20	0,13	0,26	0,39	0,53	0,66	0,79	0,92	1,05	1,19	1,32

Таблиця 18 Значення опору розтіканню комбінованого встановленого в коксову дрібницю при однорядному

Кількість вертикальних електродів	Довжина з'єднувального кутового заліза 40x40x4, м	Загальна вага заземлення, кг	Коксовий наповнювач		Опір	
			Об'єм, м ³	Вага, кг	10	20
2	5	24	0,60	480	0,81	1,62
3	10	42	1,00	800	0,56	1,12
4	15	61	1,45	1160	0,43	0,86
5	20	79	1,90	1520	0,36	0,72
6	25	97	2,30	1840	0,31	0,62
7	30	115	2,80	2240	0,27	0,54
8	35	133	3,20	2260	0,24	0,48
9	40	151	3,70	2960	0,22	0,44
10	45	169	4,10	2280	0,21	0,42
11	50	189	4,55	3640	0,20	0,39
12	55	206	5,00	4000	0,19	0,37
13	60	224	5,40	4320	0,18	0,35
14	65	242	4,90	4720	0,17	0,33
15	70	260	6,30	5040	0,16	0,32

анодного заземлення з кутового заліза 40x40x4 мм l = 2,5 м розташуванні електродів заземлення і відстані між електродами 5 м

розтіканню анодного заземлення, Ом, в залежності від питомого електричного опору ґрунту, ρ_r , Ом.м

	30	40	50	60	70	80	90	100
	2,43	3,24	4,05	4,86	5,67	6,48	7,30	8,10
	1,68	2,24	2,80	3,36	3,92	4,48	5,04	5,00
	1,29	1,72	2,15	2,58	3,01	3,44	3,85	4,30
	1,08	1,44	1,80	2,16	2,52	2,88	3,24	3,60
	0,93	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	2,79	3,10
	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89	2,16	2,43	2,70
	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92	2,16	2,40
	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20
	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,10
	0,59	0,78	0,98	1,17	1,37	1,56	1,75	1,95
	0,56	0,74	0,93	1,11	1,30	1,48	1,67	1,85
	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
	0,50	0,66	0,89	0,99	1,16	1,32	1,48	1,65
	0,48	0,64	0,80	0,96	1,11	1,28	1,44	1,60

ДОДАТОК В
(рекомендований)

МЕТОДИКА ВИМІРУ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ГРУНТУ

Вимір питомого електричного опору ґрунту виконується по чотирьохелектродній схемі за допомогою вимірювача опору типу М 416 та інших (рисунок В.1). Електроди повинні розташовуватись на однаковій відстані один від одного. Розрахунок питомого електричного опору ґрунту виконується за формулою

$$\rho_r = 2\pi a R, \quad (B.1)$$

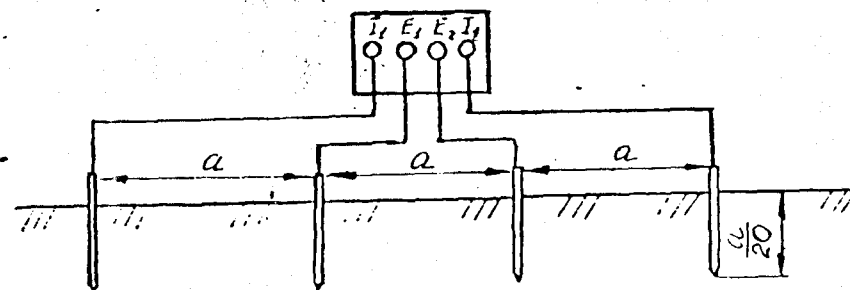
де ρ_r — питомий електричний опір ґрунту, Ом.м;

a — відстань між електродами, м;

R — значення електричного опору, виміряного за допомогою вимірювача опору, Ом.

При визначенні корозійної агресивності ґрунту відстань між електродами дорівнює глибині прокладання сталевого газопроводу.

При визначенні питомого електричного опору ґрунту, при виборі місця розташування в ґрунті (вертикально, чи горизонтально) анодних заземлювачів відстань між електродами « a » дорівнює подвоєній глибині закопування анодів.



*ce = глибина закладення ПССГ
на удвоєній глибині закладення
анодних заземлювачів.*

Рисунок В.1 — Схема виміру питомого електричного опору ґрунту