

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи

"Розрахунок катодного захисту трубопроводів"

з дисципліни

"ЕЛЕКТРОХІМІЯ І ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ"

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом
підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)"
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.092601 (7.06010108) "Водопостачання та водовідведення")*

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2012

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи "Розрахунок катодного захисту трубопроводів" з дисципліни "Електрохімія і захист від корозії" (для студентів 4 курсу денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)" та слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.092601 (7.06010108) "Водопостачання та водовідведення") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: С. В. Нестеренко. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 35 с.

Укладач: С. В. Нестеренко

Рецензент: зав. кафедрою хімії, к.х.н., доц. Т. Д. Панайотова

Затверджено на засіданні кафедри хімії, протокол № 3 від 29.10.2010 р.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

Адгезія – зв'язок між приведеними в контакт різнорідними поверхнями.

Анодне заземлення – електрод (група електродів) установки катодного захисту, що призначений для створення електричного контакту позитивного полюса установки з ґрунтом при катодній поляризації трубопроводу.

Анодна зона – зона стікання струму зі споруди, яка характеризується позитивним зміщенням потенціалу відносно стаціонарного потенціалу.

Атмосферна корозія – корозія металу, що зумовлена атмосферними умовами.

Блукаючий струм – електричний струм, який протікає зовні призначеного для нього кола.

Виконавча зйомка – нанесення розташування об'єкта на план землекористування та інші картографічні матеріали після закінчення будівництва.

Вимірний максимальний миттєвий потенціал – найбільший позитивний або найменший за абсолютною величиною від'ємний показ вольтметра з вимірних різниць потенціалів між трубопроводом і електродом порівняння за період вимірювання.

Вимірний мінімальний миттєвий потенціал – найменший позитивний або найбільший за абсолютною величиною від'ємний показ вольтметра з вимірних різниць потенціалів між трубопроводом і електродом порівняння за період вимірювання.

Візуальний контроль – органолептичний контроль якості об'єкта, здійснюваний органами зору.

Грибостійкість – стійкість захисного покриття до дії плісневих грибів

Ґрунтовка (праймер) – прилеглий до металу шар покриття, що забезпечує міцність зчеплення з металом і покращує захисні властивості покриття.

Густина поляризаційного струму – відношення сили поляризаційного струму до площі поверхні, яка є добутком довжини кола трубопроводу й відстані між мінімальними значеннями захисних потенціалів по обидва боки від місця встановлення катодного захисту.

Дефект покриття – вада в захисному покритті у вигляді отворів, відшарувань, надрізів, надривів тощо.

Діелектрична суцільність захисного покриття – відсутність наскрізних пошкоджень і потоншень у покритті, що визначена під дією високовольтного джерела постійного струму.

Електрична ізоляція – (ізоляція) діелектричний шар, що забезпечує відсутність електричного зв'язку між спорудами або вузлами.

Електричний дренаж – відведення блукаючих струмів зі сталевого трубопроводу (споруди), що захищається, до джерела струму шляхом її навмисного з'єднання чи через струмовідвід.

Електроліт – рідина або рідкий компонент у середовищі, що проводить електричний струм за допомогою іонів.

Електрод – електронний провідник у контакті з іонним провідником.

Електрод порівняння – електрод зі стійким і відтворювальним потенціалом, який може бути використаний для вимірювань інших електродних потенціалів.

Електрохімічний захист (активний захист) – захист металу від корозії регулюванням його потенціалу за допомогою зовнішнього джерела струму або з'єднання з металом (протектором), що має від'ємніший потенціал.

Ефективність електрохімічного захисту – показник забезпечення захисним потенціалом у заданих межах усієї площі (всієї довжини) захищеної споруди в часі; залежить від стану ізоляції та роботи установок електрохімічного захисту.

Ефективність роботи установок електрохімічного захисту – показник роботи установок електрохімічного захисту в оптимальних режимах у контрольних (опорних) точках вимірювання, що передбачені нормативною та експлуатаційною документацією.

Захисне покриття (пасивний захист) – штучно створений шар (система шарів) на поверхні металу, що призначений для захисту його від корозії.

Захисний діапазон потенціалу – діапазон значень захисного потенціалу, в якому досягають прийнятну для даного випадку корозійну стійкість.

Захисний потенціал – потенціал металу, що забезпечує певний захисний ефект.

Захисний потенціал максимальний – максимальне (за абсолютною величиною) значення захисного потенціалу, яке забезпечує зниження швидкості корозії зовнішньої поверхні трубопроводу до технічно допустимого рівня (менше 0,01 мм/рік) без негативного впливу на метал і захисне покриття.

Захисний потенціал мінімальний – (за абсолютною величиною) мінімальне значення захисного потенціалу, яке забезпечує зниження швидкості корозії зовнішньої поверхні трубопроводу до технічно допустимого рівня (менше 0,01 мм/рік).

Захисний струм – поляризаційний струм, значення якого забезпечує потенціал у межах між мінімальним і максимальним захисним потенціалом.

Захист від корозії – внесення до корозійної системи змін, які зменшують корозійні пошкодження.

Захищеність трубопроводу в часі – наявність нормативних захисних потенціалів (нормованої густини захисного струму), що передбачені стандартом, на певній ділянці трубопроводу за певний час в абсолютних чи відносних одиницях.

Захищеність трубопроводу по протяжності – протяжність ділянки трубопроводу, який захищають, на якій забезпечують нормований захисний потенціал (нормована густина захисного струму) в абсолютних чи відносних одиницях.

Земляний дренаж (струмовідвід) – заземлення з низьким перехідним опором, яке встановлюють у місці, де земля має від’ємний потенціал відносно споруди, що захищають.

Зміщення різниці потенціалів (зміщення потенціалу) – зсув потенціалів корозійного процесу до негативніших (позитивніших) величин є різницею між вимірним поточним, максимальним або мінімальним за період часу потенціалом трубопроводу та його стаціонарним значенням. Зсув може здійснюватись під дією блукаючих струмів, катодної поляризації або інших чинників.

Знакозмінна зона – зона дії блукаючих струмів, які змінюють напрямок

Зовнішня корозія – корозія зовнішньої поверхні стінки трубопроводу під впливом оточуючого середовища.

Зразок для випробувань – зразок металу або захисного покриття, що використовують для визначення фізико-механічних характеристик металу трубопроводу або захисних властивостей покриття.

Ізолювальне з’єднання (вставка) – механічне діелектричне з’єднання трубопроводів за допомогою ізолювальних муфт (моноблоків) або ізолювальних фланців, які перешкоджають перетіканню електричного струму з однієї ділянки трубопроводу на іншу.

Катодний захист – електрохімічний захист трубопроводу методом катодної поляризації через зниження його потенціалу за допомогою зовнішнього джерела електричного струму або анодного протектора.

Катодна зона – ділянка підземного сталевого трубопроводу, потенціал якого зміщується відносно стаціонарного потенціалу тільки до більш від’ємних значень.

Комплексний протикорозійний захист – захист від корозійного руйнування підземного газопроводу кількома різними способами (захисним покриттям і засобами електрохімзахисту).

Контроль – перевірка відповідності об’єкта встановленим вимогам нормативних документів.

Контроль технічного стану (технічне діагностування) – процес визначення з певною точністю технічного стану газопроводу (його складових), що діагностують (справності, працездатності, правильного функціонування).

Контрольно-вимірювальний пункт – спеціально обладнаний пункт для проведення контрольних вимірювань на трубопроводі.

Корозійна агресивність середовища (грунтів, ґрунтових і інших вод) – властивість середовища викликати корозійне руйнування металу трубопроводу.

Корозія металів – процес руйнування металів унаслідок хімічної чи електрохімічної взаємодії їх з агресивним середовищем.

Корозія під впливом блукаючого струму – корозія металу, що зумовлена дією блукаючого електричного струму. Джерелами блукаючих струмів є різні технологічні процеси й виробництва, електрифіковані постійним або змінним струмом.

Магістральний трубопровід – технологічний комплекс, що функціонує як єдина система і до якого входить окремий трубопровід з усіма об'єктами й спорудами, пов'язані з ним єдиним технологічним процесом, або кілька трубопроводів, що здійснюють транзитні, міждержавні, міжрегіональні постачання продуктів транспортування споживачам, або інші трубопроводи, спроектовані та збудовані згідно з державними будівельними вимогами щодо магістральних трубопроводів.

Мідно–сульфатний електрод порівняння насичений неполяризований – електрод порівняння, що складається з корпусу, дно якого є мембраною, і мідного стрижня, вміщеного в насичений розчин сірчанокислої міді (мідного купоросу).

Міцність покриття за удару – міцність покриття в умовах ударного навантаження.

Обгортка – матеріал, що призначений для захисту ізоляційно-захисного шару покриття від механічних пошкоджень і шкідливої дії теплового й сонячного випромінювання.

Об'єкти системи газопостачання – підземні і надземні трубопроводи й споруди системи газопостачання.

Омічна складова – частина захисного потенціалу, яка зумовлена падінням напруги на активному опорі на ділянці кола вимірювання між трубопроводом і електродом порівняння тобто на захисному покритті й ґрунті.

Пенетрація – глибина вдавлення у випробуваний зразок стандартного металевго стрижня в умовах заданого навантаження.

Перехідний опір покриття – електричний опір між ізольованим за допомогою захисного покриття металу трубопроводу та ґрунту.

Питомий електричний опір ґрунту – опір розтіканню струму, що чинить прямокутна ділянка ґрунту, характеризує корозійну агресивність ґрунту, яку визначають концентрацією розчинених речовин, вологістю, складом тощо.

Підземна (ґрунтова) корозія – електрохімічна корозія металу трубопроводу, який експлуатують у підземних умовах (у закритому стані), за якого ґрунт постає корозійним середовищем.

Площа катодного відшаровування покриття – площа захисного покриття, що відшаровується під впливом катодної поляризації.

Подовжнє секціонування трубопроводів – електричний поділ трубопроводів на окремі секції (ділянки), завдяки чому досягають значного зменшення блукаючих струмів, що протікають трубопроводом і підвищуються ефективність роботи установок електрохімічного захисту. Секціонування забезпечують за допомогою ізолюючих діелектричних вставок чи з'єднань (фланців, муфт, моноблоків, ділянок неметалевих труб тощо).

Поляризаційна складова захисного потенціалу – стрибок потенціалу на фазовій межі «метал-ґрунтовий» електроліз, що зумовлений протіканням струму засобів електрохімічного захисту: дорівнює різниці поляризаційного потенціалу та потенціалу корозії металу трубопроводу.

Поляризаційний потенціал – електрохімічний потенціал металу, що зумовлений протіканням струму зовнішнього джерела; дорівнює сумі

потенціалу корозії та стрибка потенціалу фазовій межі «метал-електроліт» (за вилученням омичної складової). Є основною характеристикою захищеності споруди від корозії.

Поляризація – зміна потенціалу трубопроводу, що зумовлена протіканням електричного струму.

Потенціал підземної споруди (вимірний сумарний потенціал різних потенціалів «споруда-земля») – різниця електрохімічних потенціалів між металом підземної споруди й точкою навколишнього середовища (землі), відносно якої здійснюють вимірювання за допомогою електрода порівняння; складається з суми стаціонарного потенціалу поляризаційної та омичної складових.

Потенціал корозії (стаціонарний потенціал, природний потенціал) – потенціал металу, який встановлюють внаслідок протікання спряжених анодного і катодного процесів без зовнішньої поляризації.

Протектор – метал чи сплав, який застосовують для електрохімічного захисту і має нижчий потенціал корозії порівняно з металом, який захищають.

Протекторний (гальванічний) захист – електрохімічний захист, за якого захисний струм виробляється корозійним елементом, що створений з використанням допоміжного електрода, підключеного до металу, який захищають.

Протикорозійний захист – процес [засоби], який застосовують для зменшення або припинення корозії (пасивний і активний захист).

Споруди системи газопостачання – технічний комплекс, до складу якого входять:

- газопроводи й споруди на них;
- засоби захисту від електрохімічної корозії;
- газорегуляторні пункти;
- резервуари скрапленого газу.

Температура крихкості – температура, при досягненні якої матеріал покриття стає крихким.

Товщина захисного покриття – відстань за нормаллю між металевою поверхнею трубопроводу й поверхнею зовнішнього шару захисного покриття.

Установка електрохімічного захисту (катодна, протекторна, дренажна) – функціонально об'єднана в електричне коло сукупність технічних засобів, що призначені для катодної поляризації підземних металевих споруд зовнішнім струмом (катодна, протекторна установка), або для відведення з газопроводу блукаючих струмів сторонніх джерел (дренажна установка).

Швидкість корозії – корозійні втрати з одиниці поверхні металу за одиницю часу.

Швидкість проникання корозії – глибина корозійного руйнування металу за одиницю часу.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

Швидкість корозії металу значною мірою залежить від електродного потенціалу, тому якщо зсунути його в негативному напрямку до зони „імунітету“ на діаграмі Пурбе, то метал стає термодинамічно стійким. За позитивних значень потенціалу, метал можна перевести до пасивного стану, і його корозійне руйнування також практично припиниться. Тому електрохімічний захист полягає в катодній або анодній поляризації металевої конструкції від джерела постійного струму або короткозамкненого електрода-протектора. Залежно від типу поляризації електрохімічний захист поділяють на *катодний* і *анодний*.

Катодний захист здійснюють підключенням металоконструкції до негативного полюса джерела постійного струму {захист зовнішнім струмом) або до металу з більш негативним потенціалом {протекторний захист). У цих умовах метал, який захищають, відіграє роль катода, і на його поверхні перебігає процес відновлення деполаризатора, а електрони, що потрібні для цього, надходять від зовнішнього джерела. За катодного захисту зовнішнім струмом (рис.1.1, 1.2) позитивний полюс джерела приєднують до допоміжного електрода (анода-заземлювача), який виготовляють з нерозчинних матеріалів (графіт, магнетит, феросиліцид) або розчинного металевого брухту. Останній періодично потрібно відновлювати, оскільки він окислюється і руйнується. Потенціал захищеного металу вимірюють відносно електрода порівняння (у водних розчинах для цього здебільшого використовують аргентумхлоридний електрод: $E^0 = 0,201$ В, а у ґрунті - купрумсульфатний: $E^0 = 0,32$ В).

Значення захисного потенціалу (табл. 1) є вирішальним для процесу катодного захисту, оскільки для амфотерних металів (свинець, алюміній) при більш негативних потенціалах виникає небезпека утворення розчинних комплексних сполук у присутності гідроксид-іонів, які утворюються при відновленні кисню в катодній реакції. Тому критеріями захищеності є мінімальний і максимальний захисні поляризаційні потенціали.

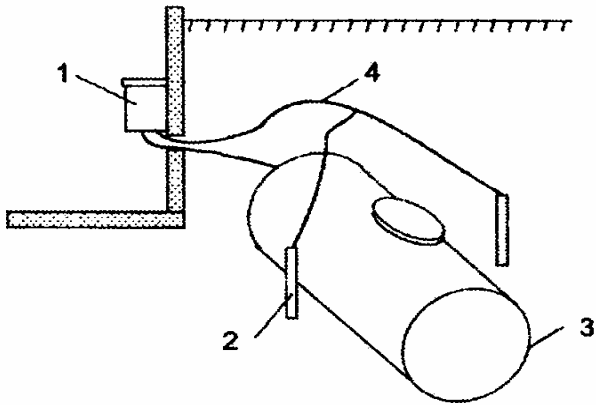


Рис. 1.1 – Схема катодного захисту емності зовнішнім струмом:

- 1 – джерело постійного струму;
- 2 – аноди-заземлювачі;
- 3 – об'єкт захисту;
- 4 – електричні контакти.

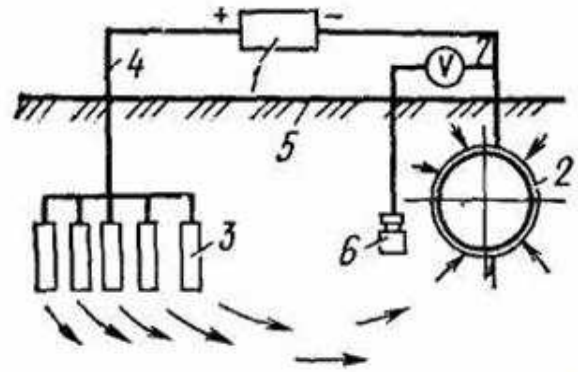


Рис.1.2 - Схема катодного захисту :

- 1 – джерело струму; 2 – трубопровід;
- 3 – анодне заземлення; 4 - металевий провідник; 5 – грунт;
- 6 – мідно-сульфатний електрод;
- 7 – високоомний вольтметр.

Таблиця 1.1 – Потенціали захисту металів у ґрунті й воді відносно купрумсульфатного електрода

Метал	Потенціал, В
Залізо й сталь	-0,85
Свинець	-1,2...-0,6
Алюміній	-1,2...-0,9
Мідь	-0,2

Таким чином, для точного регулювання поляризаційного потенціалу трубопроводу, стосовно електрода порівняння з обмірюваної різниці потенціалів має бути ілюмінована (виключена) величина омичної складової. Цього досягають застосуванням спеціальної схеми виміру поляризаційного потенціалу. Для інших технічних металів (особливо при корозії з водневою деполяризацією) можливе інтенсивне виділення водню, що загрожує наводнюванням і погіршенням, унаслідок цього механічних властивостей металу (підвищенням небезпеки міжкристалітної корозії).

Тому для кожного металу потрібно підтримувати інтервал захисних потенціалів за рахунок поляризації струмом, густина якого залежить від складу корозійного середовища (табл. 1.2) і стану (ступеня шорсткості) поверхні. Катодний захист застосовують для металевих виробів, що знаходяться в ґрунті (підземні водо-, нафто- й газопроводи; телефонні кабелі; сталеві сваї; сховища нафти й паливних матеріалів) і морській воді, а також для апаратури хімічних й інших підприємств (холодильники, конденсатори, теплообмінники тощо). Звичайно катодний захист використовують разом з ізоляційними покриттями що захищають нанесеними на зовнішню поверхню споруди. Поверхнєве покриття зменшує необхідний струм на кілька порядків. Так, для катодного захисту сталі надійним покриттям у ґрунті потрібно всього 0,01...0,2 мА/м². У міру руйнування покриття й оголення металу катодний струм має зростати для забезпечення захисту трубопровода. Струм, що необхідний для катодного захисту підземних металевих трубопроводів, майже повністю залежить від якості покриття. Наприклад, при використанні бітумних покриттів густина катодного струму становить лише 0,1-1 мА/м², а епоксидних і поліетиленових - усього 0,01...0,1 мА/м². Але в цих умовах слід застосовувати покриття, що стійкі до залуження середовища й міцно зчеплені з основою, бо при перезахисті можливе виділення водню і відшарування покриття.

Таблиця 1.2 – Густина катодного струму для захисту сталі від корозії

Тип середовища	Густина струму, А/м ²
Ґрунт	0,01...0,5
Прісна вода	0,02...0,05
Морська вода	0,05...0,15
Морська вода проточна	0,15...0,30
Сульфатна кислота (гаряча)	400

РОЗРАХУНОК КАТОДНОГО ЗАХИСТУ ТРУБОПРОВОДІВ ВІД КОРОЗІЇ

Розрахунок і вибір катодної установки.

При проектуванні катодного захисту трубопроводу одним з найважливіших етапів розрахунку є визначення електричних параметрів трубопроводу. До них відносяться:

- R_T — поздовжній опір трубопроводу, Ом · м;
- R_n — перехідний опір «труба – земля», Ом · м;
- α — стала поширення струму вздовж трубопроводу, 1/м;
- Z_B — вхідний опір трубопроводу, Ом;
- y — відстань між трубопроводом і анодним заземленням, м;
- l_3 — відстань між катодними установками, м;
- I — сила струму катодної установки, А;
- U — напруга на виході катодної станції, В;
- W — потужність на виході катодної станції, Вт.

Поздовжній опір трубопроводу, що має стандартні розміри може бути розрахований за формулою, Ом/м:

$$R_T = \frac{\rho_T}{\pi \cdot (D - \delta) \cdot \delta}, \quad (1)$$

де

- ρ_T — питомий електричний опір металу, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;
- D — діаметр трубопроводу, мм;
- δ — товщина стінки трубопроводу, мм

Величина перехідного опору «труба-земля» вираховують за формулою:

$$R_n = \frac{R_{niz}}{\pi \cdot D}, \quad (2)$$

де

$R_{ніз}$ — перехідний опір ізоляції трубопроводу залежно від питомого опору ґрунту, Ом·м² (табл. 1.3).

D — діаметр трубопроводу, м.

Таблиця 1.3 – Перехідний опір ізоляції трубопроводу $R_{п.із}$

ρ ґрунту Ом · м	10	20	30	40	50	100	150
Початковий період, Ом · м ²	1300	1700	2000	2500	2800	3900	4600
Те саме через 5 років, Ом · м ²	650	900	1100	1300	1500	2100	2600
Те саме через 10 років, Ом · м ²	300	400	500	650	750	1100	1400

Сталу поширення струму вздовж трубопроводу (1/м) визначають за формулою:

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_T}{R_{II}}}. \quad (3)$$

Вихідний опір трубопроводу Z_B при однакових електричних параметрах лівого і правого пліч, Ом, визначають за формулою:

$$Z_B = \frac{\sqrt{R_T \cdot R_{II}}}{2}. \quad (4)$$

Відстань між трубопроводом і анодним заземленням розраховують, знайшовши на номограмі (рис. 1.3) допоміжні величини P і Q .

Для установок з екраним заземленням одержану величину помножують на коефіцієнт 1,4.

На осі абсцис номограми відкладено величину $P = y \cdot Z_B$. Знаючи величину ρ_r і визначивши за її допомогою P , знаходять відстань між трубопроводом і анодним заземленням, м:

$$y = \frac{P}{Z_B}. \quad (5)$$

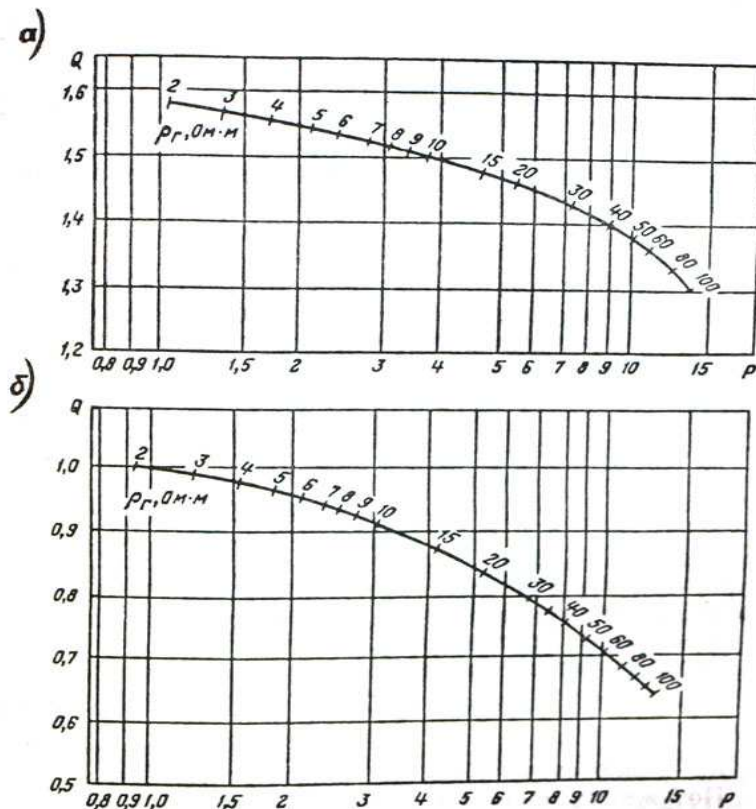


Рис. 1.3 – Номограма для визначення значень Q і P за питомим опором землі ρ_r :
 а) $U_{Т.з.о.} = -0,95В$; б) $U_{Т.з.о.} = -0,55В$

Відстань між катодними установками (плече захисту) l_3 знаходять на номограмі. На осі ординат номограми відкладена величина $Q = \frac{\alpha \cdot l_3}{2}$. За відомим значенням ρ_r знаходимо значення Q , а потім плече захисту l_3 , м:

$$l_3 = \frac{2 \cdot Q}{\alpha}. \quad (6)$$

Силу струму УКЗ, А, визначають із залежності:

$$I = \frac{U_{Т.з.о.}}{Z_B + \frac{\rho_r}{2\pi y}}, \quad (7)$$

де

$U_{Т.з.о.}$ — накладена різниця потенціалів «труба-земля» в точці дренажу, В;

ρ_r — питомий опір ґрунту, Ом·м.

Для вологих ґрунтів $U_{Т.з.о.}$ приймають такою, що дорівнює $U_{Т.з.о.} = -0,55 В$, для сухих ґрунтів $U_{Т.з.о.} = -0,95 В$.

Напругу на виході катодної станції, В, визначають за формулою:

$$U = I \cdot (Z_B + R_{\text{ДП}} + R_3), \quad (8)$$

де

$R_{\text{ДП}}$ — опір дренажних проводів, які з'єднують катодну станцію з трубопроводом і анодним заземленням, Ом;

R_3 — опір розтіканню анодного заземлення, Ом. з таблиць.

Опір дренажних проводів $R_{\text{ДП}}$, Ом, визначають з виразу:

$$R_{\text{ДП}} = \rho_M \cdot \frac{y + y_c}{S}, \quad (9)$$

де

ρ_M — питомий опір матеріалу проводів, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$; (для алюмінію

$$\rho_M = 0,028);$$

y_c — довжина спусків проводів з опор до катодної станції, анодного заземлення й трубопроводу, м;

S — переріз проводу, мм^2

Переріз проводу визначають:

$$S = \frac{\rho_M \cdot (y + y_c)}{0,25 \cdot R_C}, \quad (10)$$

де

R_C — опір схеми СКЗ, що дорівнює 1,5 Ом.

Потужність на виході катодної станції, Вт, визначають за формулою:

$$W = I \cdot U = I^2 \cdot (Z_B + R_{\text{ДП}} + R_3). \quad (11)$$

Відповідно до величини розрахованої потужності за нормальним рядом обирають тип катодної станції.

З часом експлуатації трубопроводу електричні параметри його змінюються і виникає необхідність установлення додаткових УКЗ на ділянках, де крива різниці потенціалів «труба-земля» близька до мінімально допустимих значень.

Приклад

Провести вибір типу станції катодного захисту газопроводу при таких вихідних даних:

- діаметр трубопроводу $D = 1020$ мм;
- товщина стінки $\delta = 10$ мм;
- довжина $L = 420$ км;
- питомий електричний опір ґрунту $\rho_r = 30$ Ом • м;
- опір дренажних проводів $R_{np} = 0,3$ Ом;
- накладена різниця потенціалів «труба – земля» в точці дренажу
- $U_{т.з.о.} = - 0,95$ В;
- довжина спусків проводів $y_c = 40$ м;
- опір розтіканню анодного заземлення $R_3 = 0,65$ Ом.

Таблиця 1.4 – Опір заземлення із електродів ЗКА-140 (ЗЖК-12-КА)

Кількість електродів	Питомий опір ґрунту, Ом м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
О д н о р я д н е з а з е м л е н н я										
5.	0,77	1,54	2,31	3,08	3,85	4,52	5,39	6,16	6,93	7,70
6.	0,55	1,30	1,95	2,60	3,25	3,90	4,55	5,20	5,83	6,50
7.	0,52	1,12	1,58	2,24	2,80	3,36	3,92	4,48	5,04	5,60
8.	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,08
9.	0,45	0,90	1,35	1,80	2,25	2,70	3,15	3,60	4,05	4,30
10.	0,41	0,82	1,23	1,64	2,05	2,46	2,87	3,28	3,69	4,00
11.	0,37	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59	2,95	3,33	3,70
12.	0,35	0,69	1,04	1,38	1,73	2,07	2,41	2,75	3,11	3,45
13.	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,58	2,88	3,20
14.	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70	3,00
15.	0,28	0,55	0,84	1,12	1,40	1,66	1,96	2,29	2,52	2,80
16.	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,85	2,12	2,38	2,65

Продовження табл. 1.4

<i>I</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
17.	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
18.	0,24	0,48	0,72	0,96	1,20	1,44	1,68	1,92	2,16	2,40
19.	0,23	0,45	0,68	0,90	1,13	1,35	1,58	1,80	2,03	2,25
20.	0,22	0,43	0,65	0,88	1,08	1,29	1,51	1,72	1,94	2,16
21.	0,21	0,41	0,62	0,86	1,09	1,23	1,44	1,64	1,85	2,05
22.	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20	1,40	1,56	1,80	2,00
23.	0,19	0,38	0,57	0,76	0,95	1,14	1,33	1,50	1,71	1,90
24.	0,19	0,37	0,56	0,74	0,93	1,11	1,30	1,48	1,59	1,85
25.	0,18	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,57	1,76
Д в о р я д н е з а з е м л е н н я										
2x10	0,25	0,49	0,74	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21	2,45
2x11	0,22	0,44	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20
2x12	0,21	0,41	0,62	0,82	1,03	1,23	1,44	1,64	1,85	2,05
2x13	0,20	0,39	0,59	0,78	1,08	1,17	1,37	1,55	1,76	1,95
2x14	0,19	0,37	0,55	0,74	0,93	1,11	1,30	1,48	1,67	1,85
2x15	0,18	0,35	0,59	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
2x16	0,17	0,33	0,50	0,66	0,83	0,99	1,16	1,32	1,49	1,65
2x17	0,16	0,31	0,47	0,62	0,78	0,93	1,09	1,24	1,40	1,58
2x18	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50
2x19	0,14	0,28	0,43	0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,26	1,40
2x20	0,14	0,27	0,41	0,54	0,68	0,81	0,95	1,08	1,22	1,35
2x21	0,13	0,26	0,40	0,53	0,66	0,79	0,92	1,06	1,19	1,32
2x22	0,13	0,26	0,39	0,52	0,65	0,78	0,91	1,04	1,17	1,30
2x23	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,25
2x24	0,12	0,24	0,36	0,48	0,58	0,72	0,84	0,95	1,08	1,20
2x25	0,12	0,23	0,35	0,46	0,50	0,60	0,81	0,92	1,04	1,13

Таблиця 1.5 – Опір заземлення з вертикальних графітопластових електродів довжиною 3 м

Кількість електродів	Питомий опір ґрунту, Ом м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
О д н о р я д н е з а з е м л е н н я										
5.	0,54	1,08	1,82	2,15	2,70	3,24	3,73	4,32	4,73	5,00
6.	0,47	0,94	1,41	1,88	2,35	2,80	3,29	3,75	4,73	5,00
7.	0,42	0,84	1,20	1,68	2,10	2,52	2,94	3,35	3,79	4,20
8.	0,37	0,74	1,11	1,51	1,85	2,20	2,59	2,95	3,25	3,70
9.	0,35	0,70	1,05	1,40	1,75	2,10	2,45	2,80	3,15	3,50
10.	0,33	0,66	1,99	1,32	1,65	1,93	2,31	2,64	2,97	3,30
11.	0,29	0,58	0,97	1,10	1,45	1,74	2,03	2,32	2,61	2,90
12.	0,26	0,51	0,77	1,02	1,28	1,54	1,79	2,06	2,30	2,55
13.	0,24	0,49	0,73	0,98	1,22	1,45	1,71	1,95	2,20	2,44
14.	0,23	0,47	0,70	0,94	1,17	1,40	1,64	1,88	2,11	2,34
15.	0,23	0,45	0,68	0,90	1,14	1,36	1,59	1,82	2,04	2,27
16.	0,22	0,44	0,65	0,88	1,10	1,32	1,54	1,75	1,98	2,20
17.	0,22	0,43	0,64	0,86	1,08	1,30	1,54	1,73	1,94	2,16
18.	0,21	0,42	0,64	0,85	1,06	1,27	1,48	1,70	1,91	2,12
19.	0,21	0,42	0,53	0,84	1,05	1,25	1,47	1,68	1,39	2,10
20.	0,21	0,42	0,53	0,84	1,05	1,25	1,45	1,58	1,33	2,09
Д в о р я д н е з а з е м л е н н я										
2x5	0,27	0,54	0,81	1,08	1,35	1,62	1,89	2,16	2,43	2,70
2x6	0,24	0,47	0,70	0,94	1,18	1,48	1,64	1,88	2,12	2,35
2x7	0,21	0,42	0,63	0,84	1,05	1,26	1,47	1,68	1,89	2,10
2x8	0,19	0,37	0,56	0,74	0,92	1,11	1,30	1,48	1,65	1,85
2x9	0,18	0,35	0,52	0,70	0,88	1,05	1,22	1,40	1,58	1,75
2x10	0,16	0,33	0,50	0,65	0,82	0,99	1,16	1,32	1,48	1,65
2x11	0,14	0,29	0,44	0,58	0,72	0,87	1,02	1,16	1,30	1,45
2x12	0,13	0,26	0,38	0,51	0,64	0,77	0,90	1,02	1,15	1,28
2x13	0,12	0,24	0,37	0,49	0,61	0,73	0,85	0,98	1,10	1,22
2x14	0,12	0,23	0,36	0,47	0,58	0,70	0,82	0,95	1,05	1,17
2x15	0,11	0,23	0,34	0,46	0,57	0,68	0,80	0,91	1,03	1,14
2x16	0,11	0,22	0,33	0,44	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10
2x17	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,76	0,86	0,97	1,08
2x18	0,11	0,21	0,32	0,42	0,53	0,64	0,74	0,85	0,95	1,06
2x19	0,10	0,21	0,32	0,42	0,52	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05
2x20	0,10	0,21	0,31	0,42	0,52	0,62	0,73	0,83	0,93	1,04

Поздовжній опір трубопроводу визначають за формулою:

$$R_T = \frac{0,245}{3,14 (1020-10) \cdot 10} = 7,725 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/м,}$$

де

$$\rho_T = 0,245 \text{ (Ом}\cdot\text{м) для сталі.}$$

Перехідний опір «труба – земля» визначають за формулою:

$$R_{II} = \frac{2000}{3,14 \cdot 1,020} = 625 \text{ Ом}\cdot\text{м,}$$

Де $R_{n.iz}$ вибирають із табл. 1.3 даного розрахунку . Для заданого питомого опору ґрунту $\rho = 30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$:

$$R_{n.iz} = 2000 \text{ Ом}\cdot\text{м.}$$

Стала поширення струму вздовж трубопроводу α є основним параметром, що характеризує довжину зони захисту:

$$\alpha = \sqrt{\frac{7,72 \cdot 10^{-6}}{625}} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ 1/м.}$$

Вхідний опір трубопроводу в початковий період можна визначити:

$$Z_{в.п.} = \sqrt{\frac{7,72 \cdot 10^{-6} \cdot 625}{2}} = 34 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Для визначення відстані між трубопроводом і анодним заземленням у користуємось номограмою (рис. 1.3) і за питомим опором ґрунту ρ знаходимо величину P . Для даного прикладу $P = 5,8$.

$$\text{Тоді } y = \frac{5,8}{0034} = 171 \text{ м}$$

Відстань між катодними установками (плече захисту) можна визначити, попередньо знайшовши на номограмі (рис. 1.3), величину Q за заданим значенням ρ_r .

У даному прикладі $Q = 0,83$.

Тоді

$$l_3 = \frac{2 \cdot 0,83}{1,1 \cdot 10^{-4}} = 15090 \text{ м.}$$

Сила струму в точці дренажу в початковий період роботи УКЗ:

$$I_H = \frac{0,95}{0,034 + \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 171}} = 15,3 \text{ А.}$$

Для визначення напруги на виході катодної станції необхідно спочатку визначити переріз дренажних проводів:

$$S = 0,028 \cdot \frac{171 + 40}{0,25 \cdot 1,5} = 15,8 \text{ мм}^2$$

Опір дренажних проводів:

$$R_{np.} = 0,028 \cdot \frac{171 + 40}{15,8} = 0,37 \text{ Ом.}$$

Загальна кількість електродів:

$$n = \frac{R_t}{R_a \cdot \eta},$$

де

R_t — перехідний опір горизонтального електрода, Ом;

$$R_t = 0,3 \cdot \rho_r \quad R_r = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ Ом.}$$

R_a — загальний перехідний опір електродів, Ом;

$$R_a = \frac{R_c}{2}; \quad R_a = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ Ом.}$$

Тоді

$$n = \frac{9}{0,75 \cdot 0,8} = 15$$

η — коефіцієнт використання електрода, який працює сумісно з сусіднім $\eta_e = 0.8$;

Опір розтікання анодного заземлення R_3 беремо з табл. 1.4 і 1.5

для $\rho_r = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ і $n = 15$ графітопластових вертикальних електродів, розташованих у один ряд.

$$R_3 = 0.68.$$

Тоді напруга на виході катодної станції:

$$U_{\text{п}} = 15,3 \cdot (0,034 + 0,37 + 0,68) = 16,5 \text{ В.}$$

Потужність на виході катодної станції в початковий період експлуатації трубопроводу:

$$W_{\text{г}} = I_{\text{г}} \cdot U_{\text{г}} = 15,3 \cdot 16,5 = 253 \text{ Вт.}$$

Відомо, що величина сили струму в точці дренажу в кінцевий період роботи катодного захисту через 10 років може бути визначена:

$$I_{\text{к}} = 2,5 \cdot I_{\text{г}} = 2,5 \cdot 15,3 = 38,3 \text{ А}$$

Перехідний опір «труба-земля» для періоду експлуатації трубопроводу через 10 років визначається:

$$R_{\text{г}} = \frac{500}{3,14 \cdot 1,020} = 156 \text{ Ом}$$

Вхідний опір у цьому випадку буде дорівнювати:

$$Z_{\text{Вк}} = \frac{\sqrt{7,72 \cdot 10^{-6} \cdot 156}}{2} = 17,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Напруга на виході катодної станції в кінцевий період експлуатації трубопроводу:

$$U_{\text{к}} = 38,3 (0,0173 + 0,37 + 0,68) = 40,8 \text{ В.}$$

Потужність на виході катодної станції в кінцевий період експлуатації трубопроводу:

$$W_{\text{к}} = 38,3 \cdot 40,8 = 1563 \text{ Вт.}$$

До встановлення може бути прийнятим перетворювач автоматичний сітьовий ПАСК-М-2 з номінальною потужністю на виході 2000 Вт.

На сьогодні основним методом боротьби з корозією є електрохімічний захист (ЕХЗ). Статистика експлуатації засобів ЕХЗ показує, що прийнятий на практиці період огляду діючих пристроїв (два рази на місяць) допускає виведення з ладу їх у межах 15-30%; щотижневий огляд дає змогу підвищити надійність до 85–91%, а безперервний дистанційний контроль роботи установок катодного захисту дозволяє звести до мінімуму простої засобів захисту до 1–2%. Для підвищення надійності засобів ЕХЗ виконують заміну морально застарілого устаткування (катодних станцій КС і заземлювачів ЗКА) на сучасніші засоби активного захисту: перетворювачі для катодного захисту ПАСК, ПСК, ТДЕ, графітопластові електроди, глибинні заземлення тощо. Крім необхідного запасу за потужністю, перетворювачі ПАСК, ПСК знижують кількість відмов у роботі СКЗ, а також подовжують у два рази термін служби анодних заземлювачів через збільшення вихідної напруги станції катодного захисту на 100%. Технічну характеристику СКЗ подано в табл. 1.6.

Крім указаних у таблиці неавтоматичних станцій КЗ, можуть використовуватись у КЗ автономні з двигеном, автоматизовані електростанції з термоелектрогенератором АЕС-ТЕГ. Джерелом живлення для них служить природний газ.

Для підвищення експлуатаційної надійності засобів ЕХЗ була створена система безперервного дистанційного контролю (телеконтролю) за роботою установок катодного захисту типу ТКЗ-2М, ТКЗ-4, в яких передачу інформації виконують по високонадійному фізичному каналу «труба — земля».

Але ці системи через велику кількість конструктивних недоліків не знайшли широкого застосування і в Україні не застосовують. Нині розробляють нову систему телеконтролю за роботою УКЗ, яка буде складовою частиною системи телеконтролю й телеуправління МГ, що розробляють на запорізькому підприємстві «Хартрон» (система «Хортиця») й інститутом НДПІАСУтрансгаз (м. Харків).

**РОЗРАХУНОК
ПАРАМЕТРІВ КАТОДНОГО ЗАХИСТУ
В МІСЬКИХ УМОВАХ**

Мета розрахунку визначення параметрів катодних станцій, необхідних для забезпечення захисного потенціалу на всіх спорудах, розміщених у зоні дії установок електрохімічного захисту, що мають контрольовані і неконтрольовані металеві з'єднання, які забезпечують електричну провідність.

Основним розрахунковим параметром є середня густина захисного струму – відношення струму катодної станції до сумарної поверхні трубопроводів, яку захищає дана установка.

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика СКЗ

Назва і тип	Номінальна потужність, кВт	Максимальна напруга, В	Максимальний струм, А	Джерело живлення	ККД,%	Виконання	Захист від зовнішнього середовища	Параметри
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>А. Автоматичні СКЗ</i>								
Перетворювачі автоматичні, сітьові й теристорно-діодні агрегати								
1. ПАСК-М; ТДЕ-9	1,2	48/24	12,5/25	220 В	65 (ПАСК) 63 (ТДЕ)	ПАСК-М-У-1 ТДЕ-ХЛ-1; 93	ІР 23 захист від дощу під кутом 60	4000 г. без проведення ремонтів
2. Те саме	2,0	96/42	21/42	220В	70 75	Те саме	ІР 23	те саме
3.	3,0	96/48	32/63	220В	65 67	Те саме	ІР 23	те саме
4.	5,0	96/48	20/104	220В	80 68	Те саме	ІР 23	те саме
Автоматичні регулятори струму й потенціалу захисту								
5. АРТЗ-1,2 АРПЗ-1,2	1,2	48/24	25/50	220В	85 83	VI	близько захисне виконання з підвищенням захистом	R=0,965 за 2 п.г
6. АРТЗ; АРПЗ-2	2,0	96/48	21/42	220В	85 83		те саме	те саме

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. АРТЗ; АРПЗ-3	3,0	96/48	32/62	220В	85 83	VI	те саме	те саме
8. АРТЗ; АРПЗ-5	5,0	96/48	52/104	220В	85 83	VI	те саме	те саме
<i>Б. Неавтоматичні станції катодного захисту</i>								
Перетворювачі сітьові								
1. ПСК-М	1,2	48/24	25/50	220В	60	VI	IP 23 захист від дощу під кутом 60 ⁰ С	4000 годин без проведення ремонтів
2. Те саме	2,0	96/48	21/42	220В	65	VI	те саме	те саме
3. Те саме	3,0	96/48	31/62	220В	70	VI	те саме	те саме
4. Те саме	5,0	96/48	52/104	220В	75	VI	те саме	те саме
Станції катодного захисту трубопроводів					68			
5. СКЗТ-1500	1,5	60/30	25/50	220В	65	VI	IP 23	
6. СКЗТ-3000	3,0	60/30	50/100	220В	65	VI	IP 23	
7. СКЗ-М АКХ (модернізова на)	5,0	96/48	52/100	220В	73	VI	IP 23	
8. Пристрій катодного захисту, високовольт ний УКЗВ	4/8	48/24/23	100/200/400	6/10кВ		VI	IP 23	
9. Те саме, низьковольт ний УКЗН	4/8	48/24/12	100/200/400	220В		VI	IP 23	

Вихідними даними для розрахунку катодного захисту є параметри проектних споруд і питомий опір ґрунту по трасі.

Поверхня трубопроводів, які мають контакт з газопроводом, визначають за формулою

$$S = \pi \sum (d \cdot I), \quad (12)$$

де

- S — поверхні газопроводів, водопроводів, теплопроводів, м² ;
- d — діаметри газопроводів, водопроводів, теплопроводів, м;
- I — довжина ділянок газопроводів, водопроводів, теплопроводів, м.

Послідовно визначають поверхні газопроводів S_r , водопроводів S_B , теплопроводів S_T , які прокладають в каналах.

Сумарна поверхня всіх трубопроводів, електрично-зв'язаних між собою, дорівнює:

$$\sum S = S_r + S_B + S_T. \quad (13)$$

Визначають питому вагу поверхні кожної споруди в загальній їх масі:

- водопроводів

$$B = \frac{S_B}{\sum S} \cdot 100 \%;$$

- теплопроводів

$$T = \frac{S_T}{\sum S} \cdot 100 \%;$$

- газопроводів

$$r = \frac{S_r}{\sum S} \cdot 100 \%.$$

Визначають густину поверхні кожного з трубопроводів що приходиться на одиницю поверхні території захисного району, м²/га:

- для водопроводів

$$V = \frac{S_B}{S_{TEP}};$$

- для теплопроводів

$$V = \frac{S_T}{S_{TEP}};$$

- для газопроводів

$$V = \frac{S_r}{S_{TEP}};$$

де

S_{TEP} — площа території, на якій прокладені трубопроводи, м².

Середню густину струму що необхідний для захисту трубопроводів (мА/м²), визначають за формулою

$$i = 30 - (99B + 128 \cdot T + 33.9g + 3.33v + 0.61t + 4.96\rho) \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

де

ρ — питомий опір ґрунту, Ом · м.

У випадку, коли немає теплопроводів, значення коефіцієнтів T і t дорівнює нулю. Аналогічно коефіцієнти «В» і v дорівнюють нулю при відсутності водопроводів.

Якщо захищають тільки газопровід, тоді середня густина струму (мА/м²) визначають за формулою

$$i = 20,1 + (99 - 33,9g - 4,96\rho) \cdot 10^{-3} \quad (15)$$

Якщо значення середньої густини струму що одержане за формулами, менше 6 мА/м², у подальших розрахунках необхідно приймати $i = 6$ мА/м².

Сумарний захисний струм для забезпечення катодної поляризації підземних споруд, розміщених уданому районі (А):

$$I = 1,3 \cdot i \cdot \sum S, \quad (16)$$

де

- i — середня густина струму, А/м²;
 $\sum S$ — сумарна поверхня всіх трубопроводів, м².

Кількість катодних станцій визначають із умов оптимального розміщення анодів (наявність площадок для розміщення анодів), наявності джерел живлення, а також з урахуванням того, щоб сила струму катодної станції не була більше 25 А. Тому кількість катодних станцій визначають приблизно:

$$n = \frac{1}{25}. \quad (17)$$

Після розміщення катодних установок на поєднаному плані перевіряють зону дії кожної установки. Для цього перевіряють радіус дії катодної установки:

$$R_{\text{КАТ.ЗАХ}} = 60 \sqrt{\frac{I_{\text{КС}}}{i \cdot K}}, \quad (18)$$

де $I_{\text{КС}}$ - струм катодної станції, для якої визначають радіус дії, А.
Приймають за характеристикою КС що вибраний з довідника;

K — питома густина споруд;

$$K = \frac{\sum S}{S_{\text{ТЕР}}}. \quad (19)$$

Приклад

Визначити параметри катодного захисту підземних споруд на території ділянки міської мережі – кварталу житлової забудови площею 12 га (400х300м).

Вихідні дані: сумісний геодезичний план території району в масштабі 1:500 з нанесеними підземними спорудами. Корозійна активність ґрунту $\rho_r = 20$ Ом м.

На території району захисту розміщені газопроводи низького й середнього тиску, теплопроводи й водопроводи.

Характеристика трубопроводів

Водопроводи		Газопроводи		Теплопроводи	
273	100	219	540	219	155
159	250	159	425	133	135
108	140	133	343	102	260

1. Визначаємо поверхні трубопроводів (газо-, водо-, тепло-):

$$S_T = 3,14 (0,219 \cdot 540 + 0,159 \cdot 425 + 0,133 \cdot 343) = 727,3 \text{ м}^2;$$

$$S_B = 3,14 (0,273 \cdot 100 + 0,159 \cdot 250 + 0,108 \cdot 140) = 258,2 \text{ м}^2;$$

$$S_T = 3,14 (0,219 \cdot 155 + 0,133 \cdot 135 + 0,102 \cdot 260) = 78,4 \text{ м}^2;$$

$$\sum S = 727,3 + 258,2 + 78,4 = 1064 \text{ м}^2.$$

2. Визначаємо питому вагу поверхні кожного трубопроводу в загальній їх масі (%):

$$r = \frac{727,3}{1064} \cdot 100 = 69;$$

$$B = \frac{258,2}{1064} \cdot 100 = 24;$$

$$T = \frac{78,4}{1064} \cdot 100 = 7.$$

3. Визначаємо густину поверхні кожного трубопроводу:

$$g = \frac{727.3}{12} = 60,6 \text{ м}^2 / \text{га};$$

$$v = \frac{258.2}{12} = 21,5 \text{ м}^2 / \text{га};$$

$$t = \frac{78.4}{12} = 6,5 \text{ м}^2 / \text{га}.$$

Середня захисна густина струму:

$$i = 30 - (99 \cdot 24 + 128 \cdot 7 + 33,9 \cdot 60,6 + 3,33 \cdot 21,5 + 0,61 \cdot 6,5 + 4,96 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 24,5 \text{ мА/м}$$

4. Сумарний захисний струм:

$$I = 1,3 \cdot 0,0245 \cdot 1064 = 33,9 \text{ А}.$$

5. Кількість катодних станцій:

$$n = \frac{33,9}{25} = 1,34.$$

Приймаємо 2 катодні станції ПСК-М-1,2 зі струмом по $I_{KC} = 25/50$, напругою $U = 48/24$, потужністю $N = 1,2$ кВт з урахуванням 50% запасу на розвиток мережі

6. Знаходимо радіус дії катодної установки. Для цього визначаємо K .

$$K = \frac{1064}{12} = 88,7;$$

$$R = 60 \sqrt{\frac{25}{0,0245 \cdot 88,7}} = 203 \text{ м}.$$

Одержані радіуси дії катодної станції охоплюють усю територію району захисту.

За таблицями обираємо анодне заземлення з чавунних труб $d = 150$ мм, $I = 10$ м, опором розтіканню $R = 0,42$ Ом у кількості $n = 6$.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Крижанівський Є.І., Гончарук М.А., Разумний Ю.Т., Рибчич І.Й., Фик І.М. Енергетична безпека держави: високоефективні технології видобування, постачання і використання природного газу. К.: «Інтерпрес ЛТД», 2006. Бібліогр. 291 ст.
2. Дячук В.В., Бікман С.Є., Кисельова С.О. Проектування розробки та облаштування газових (газоконденсатних) родовищ. Навч. посібник. За загальною редакцією Редько О.Ф. Харків, «Бурун і К». 2009.
3. Дячук В.В. Основи розробки та облаштування родовищ природних газів: Навчальний посібник. - Х.: «Бурун і К». - 2005.
4. Розгонюк В.В., Хачикян Л.А., Григіль М.А. та ін. Експлуатаційникові газонафтового комплексу. Довідник. К.: «Росток», 1998.
5. Хизгилов И.Х. Рациональное использование топливно-энергетических ресурсов на нефтебазах и нефтепродуктопроводах. - М.: «Недра», 1988.
6. Дизенко Е.И., Новоселов В.Ф., Тугунов П.И., Юфин В.А. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров. - М.: «Недра», 1978.
7. Инструкция по проектированию и расчету ЭХЗ МГ и промышленных объектов. - М.: ВНИИСТ, 1980.
8. Бабин Л.А., Быков Л.И., Волков В.Я. Типовые расчеты по сооружению трубопроводов. - М.: «Недра», 1979.
9. Газовое оборудование, приборы и арматура: Справочное пособие / Под ред Н.И. Рябцева - 3-е издание., перераб. и доп. - М.: «Недра», 1976, 368с.
10. Каспарьянц К.С. Промысловая подготовка нефти и газа. М.: «Недра», 1973.
11. Требин Ф.А., Макогон Ю.Ф., Басниев К.С. Добыча природного газа. М.: «Недра», 1976.
12. Рудин М.Г. Карманный справочник нефтепереработчика. - Л.: «Химия», 1989.

13. Шишкин Г.В. Справочник по проектированию нефтебаз. Л.: «Недра», 1978.
14. Бараз В.И. Сбор газа на нефтяных промыслах. М.: «Недра», 1984.
15. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. М.: «Недра», 1983.
16. Попов В.И., Хорошилов В.А. Осушка газа. М.: «Недра», 1972.
17. Лутошкин Г.С., Дунюшкин И.И. Сборник задач по сбору и подготовке нефти, газа и воды на промыслах. Учебное пособие для вузов. М.: «Недра», 1985.
18. Зайцев Ю.В., Балакиров Ю.А. Добыча нефти и газа. М., «Недра», 1981.
19. Клюк Б. Газонафтопроводи: оптимізація їх спорудження, експлуатації та захист природи. Харків: УкрНДІгаз, 2000.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО - ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ ПО КУРСУ "ЕЛЕКТРОХІМІЯ ТА ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ"

Студенти виконують контрольні завдання, які треба оформити в письмовому вигляді. Оформлення має містити: умови завдань, рішення та висновки. Рішення задач повинні бути в міжнародній системі СІ. Розрахунки треба проводити з точністю до одного знака після коми. Матеріали, які потребують графічного оформлення, виконуються в вигляді схем або ескізів, зроблених від руки. Сторінки та рисунки роботи обов'язково треба пронумерувати, при цьому на всі рисунки в тексті повинні бути посилання.

Завдання 1

Визначити потужність, тип катодної станції та число їх для захисту магістрального трубопровода діаметром D , мм, с товщиною стінки δ , мм, протяжністю, км. Трубопровід прокладений на місцевості за межами населених пунктів з питомим електричним опором ґрунту, ρ_{gp} , Ом·м. Анодні заземлення проектується виконати із вертикальних електродів, дренажну лінію - повітряною з підвіскою із алюмінієвого дроту або вложеного в рів (опір дренажних дротів -0.3 Ом.).

Початковий перехідний опір «трубопровод-ґрунт» $R_{ин}$, Ом·м². Середня вартість електроенергії C_3 , грн/кВт·час. Регламентний термін експлуатації анодних заземлень – 10 років.

Варіант	D , мм	δ , мм	$Z_{загал}$, км	ρ_{gp} , Ом·м	Марка електрода	Тип дренажної лінії	$R_{из}$, Ом·м ²	C_3 , грв./к Вт· час
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	720	10	80	40	чугун. труба, Ду =150, L= 6м, гориз.	повітряна.	2000	0,28
2	820	10	90	20	АК-3	...	400	0,3
3	1020	10	100	30	АК-1	...	500	0,9
4	1220	11	12	40	АК-3	...	200	0,8
5	720	9	30	35	чугун. труба, Ду =150, L= 6м	...	1000	0,54

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	820	11	40	25	500	1,0
7	1020	11	50	15	чугун. труба, Ду =150,L= 3м	АСБ-1 рів	400	0,8
8	1220	12	60	60	АК-1	...	200	0,5
9	720	8	70	55	АЗМ-2	...	300	0,4
10	820	9	18	25	АК-1	...	500	0,7
11	1020	9	20	30	АЗМ-2	...	450	1,0
12	529	6	100	45	чугун. труба, Ду =150,L= 6м	...	500	0,6
13	820	9	44	20	...	повітряна..	400	0,7
14	1220	13	80	40	АЗМ-2	...	600	0,3
15	529	10	122	30	АК-1	...	400	0,9
16	720	7	110	25	АЗМ-2	...	700	1,0
17	820	9	15	20	чугун. труба, Ду =150,L= 6м	...	600	0,72
18	529	8	40	45	чугун. труба, Ду =150,L= 3м ...	АСБ-1 рів	500	0,83
19	1020	12	15	20	чугун. труба, Ду =150,L= 6м, гориз.	...	200	0,64
20	1420	14	16	25	чугун. труба, Ду =150,L= 3м	...	400	0,22

Завдання 2

Визначити потужність, тип катодної станції та число їх для захисту підземної мережі трубопроводів системи водопостачання. Тиск в трубах – 0,6 МПа. Питомий електричним опір ґрунту -25 Ом м. Площа території - 650 га. Захисне покриття із полімерних стрічок на основі полівінілхлориду. Початковий перехідний опір «трубопровод-ґрунт» 1000 Ом·м² Анодні заземлення проектується виконати із вертикальних електродів, дренажну лінію - повітряною з підвіскою із алюмінієвого дроту або вложеного в рів (опір дренажних дротів -0.3 Ом.).Середня вартість електроенергії 0,28 грн/кВт·час. Регламентний термін експлуатації анодних заземлень – 10 років. Розмір ділянок труб та їх діаметр приведені в таблиці.

Таблиця

№ ділянок	<u>Довжина,м.</u>	<u>Діаметр труб,мм</u>
1	510	500
2	850	400
3	700	350
4	1000	300
5	600	120
6	600	120
7	500	250
8	160	64
9	500	100
10	480	96
11	410	82
12	900	270
13	190	57
14	550	137,5
15	800	160
16	880	264
17	500	75
18	470	70,5
19	460	92
20	780	195
21	470	94
22	700	105

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки
до виконання розрахунково-графічної роботи
"Розрахунок катодного захисту трубопроводів"

з дисципліни

"ЕЛЕКТРОХІМІЯ І ЗАХИСТ ВІД КОРОЗІЇ"

*(для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом
підготовки 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)"
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
7.092601 (7.06010108) "Водопостачання та водовідведення")*

Укладач: **НЕСТЕРЕНКО** Сергій Вікторович

Редактор *Д. Ф. Курильченко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 138 М

Підп. до друку 28.11.2011р.

Формат 60 x 84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,6

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК №4064 від 12.05.2011р.