

УДК 626.836

ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НАПІРНИХ КОМУНІКАЦІЙ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ *

І. М. БОХОН

ЯКИМІВСЬКЕ МІЖРАЙОННЕ УПРАВЛІННЯ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ЗАПОРІЗЬКОГО ОБЛВОДРЕСУРСІВ ДЕРЖВОДАГЕНТСТВА УКРАЇНИ

Виконано аналіз інтенсивності і характеру корозійних процесів, що відбуваються в напірних комунікаціях насосних станцій закритої зрошувальної мережі з тривалим терміном експлуатації, здійснено оцінювання зміни технічного стану комунікацій в процесі роботи.

Ключові слова: напірні комунікації насосних станцій, технічний стан, анодна корозія, корозійна втома, граничний стан трубопроводів.

Загальновідомо, що технічний стан елементів системи - це сукупність їх якісних і кількісних властивостей (характеристик), які змінюються в процесі експлуатації внаслідок дії факторів природного та антропогенного походження.

Серед низки елементів ієрархічної структури закритих зрошувальних систем напірні комунікації насосних станцій, у зв'язку з їх конструктивними особливостями та складними умовами роботи, найбільш схильні до погіршення функціональних властивостей в процесі експлуатації і, відповідно, найбільш негативно впливають на роботоздатність зрошувальної системи. Поєднання високого робочого тиску, позитивних і негативних гідроударів, низької корозійної стійкості матеріалу труб, наявності неспорожнюваних ділянок комунікацій і чинників, що викликають електрохімічну корозію, є факторами, що призводять до зміни якісних і кількісних характеристик напірних комунікацій упродовж періоду експлуатації (рис. 1).

Як відомо, у складі основного і допоміжного обладнання насосних станцій є електроустаткування, в тому числі високовольтне (6...35 кВ), що обумовлює можливість формування електричного потенціалу на пристанційних комунікаціях. Наявність неспорожнюваних ділянок трубопроводів, в яких при перервах у водоподачі утворюються ділянки розділу середовищ вода-повітря, створює різні умови підведення окисника, що в результаті впливу електричного потенціалу провокує виникнення вогнищ стійкого переважного протікання анодного процесу електрохімічної корозії [1] (рис. 2).

Загальновідомо, що однією з основних вимог до напірних комунікацій, з точки зору загальносистемної надійності, є їх абсолютна герметичність (водонепроникність), яка має забезпечуватися здатністю трубопроводів сприймати внутрішні і зовнішні навантаження без руйнування та залишкових деформацій упродовж усього нормативного періоду експлуатації, в тому числі і при тривалому впливі всього спектра навантажень, характерних для перехідних режимів роботи зрошувальної системи.

Для комунікацій, які не мають ушкоджень, в результаті впливу внутрішнього тиску напруження

матеріалу рівномірно розподілено по товщині стінок труб. Згідно з існуючими рекомендаціями на стадії проекту річна інтенсивність суцільної корозії приймається рівною 0,1 мм/рік, відповідно характеристики (параметри) трубопроводів напірних комунікацій визначаються виходячи з умови достатнього запасу міцності протягом нормативного періоду експлуатації, тобто збільшення розподіленої напруги (в будь-якому напрямку) $\sigma_{\text{факт}}$ при рівномірному зменшенні товщини стінок трубопроводів $t_{\text{ф}}$ внаслідок корозійного зносу не повинно перевищувати допустимої напруги $[\sigma]$ матеріалу труб [2]:

$$\sigma_{\text{факт}} = f(t_{\text{ф}}, P) \leq [\sigma] \quad (1)$$

Проте, в місцях утворення вогнищ анодної електрохімічної корозії, у результаті значного зменшення товщини стінок труб (рис. 3 а), формуються локальні ділянки концентрації напруги.

Трубопроводи напірних комунікацій під впливом внутрішнього тиску, який є повторно-змінним навантаженням, в більшій чи меншій мірі змінюють свої геометричні розміри - відбувається їх циклічна пружна деформація. При зменшенні товщини стінки трубопроводу t_2 , збільшенні площі пошкодження $F_{\text{пошк}}$ і, як наслідок, зростанні нормального напруження σ_2 , деформація пошкоджених локальних ділянок Δt збільшується [2] (рис. 3 б):

$$\Delta t = f(t_2, F_{\text{пошк}}, \sigma_2) \quad (2)$$

На даних ділянках, при періодичному навантаженні, деформаційне поле локалізоване лише в одному місці, що провокує виникнення додаткового фактора впливу - корозійної втоми.

Згідно проведених досліджень [3], експлуатація конструкцій в режимі циклічного навантаження при одночасному впливі агресивних середовищ є однією з причин виникнення процесу корозійної втоми. Характерною ознакою корозійної втоми є кореневидний характер профілю перерізу тріщини - внаслідок гідролізу продуктів корозії всередині втомної тріщини відбувається локальне підкислення нейтрального електроліту до pH 3,5-1,0 і зміна кислотності в часі. Виникає безліч локальних анодних ділянок, у межах яких розвиваються, крім основної, додаткові тріщини, які і створюють кореневидний характер профілю перерізу корозійно-втомної тріщини (рис. 4, ділянки І).

*Науковий консультант – д.т.н., академік НААН
Ромащенко М.І.

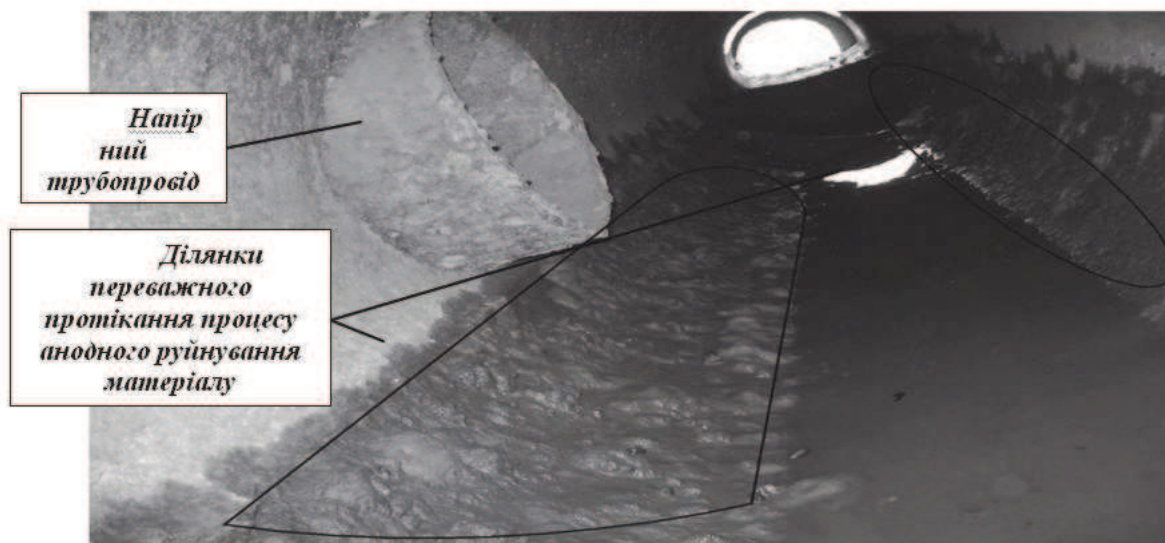


Рис. 1. Внутрішня поверхня напірного колектора після тривалого терміну експлуатації

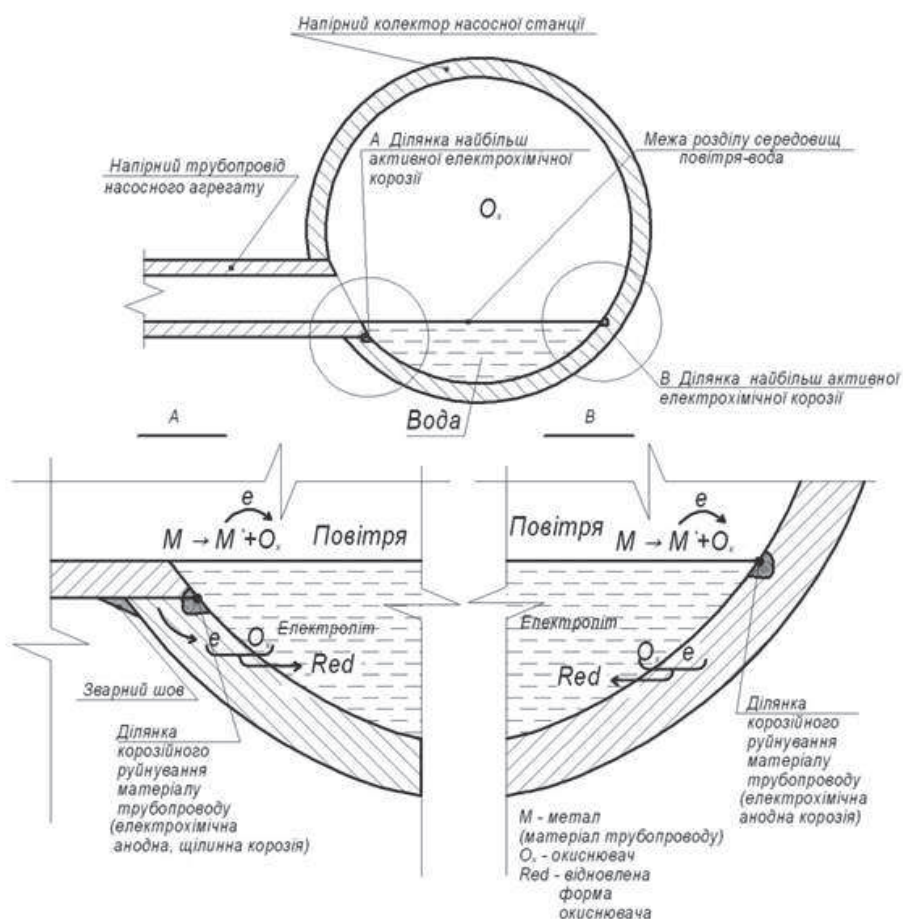


Рис. 2. Схематичне зображення поперечного перерізу напірного колектора з зазначенням ділянок переважного анодного процесу руйнування матеріалу труб

Агресивне середовище значно знижує характеристики втоми конструкційних сталей і це зниження найбільш інтенсивне у випадку малої агресивності середовища (низької концентрації (до 10 %) хімічно активних речовин) [4].

При концентрації напружень процес втомного руйнування прискорюється - у результаті дії циклічних напружень або деформацій відбувається розтріскування і відшаровування продуктів корозії, тобто відкривається доступ корозійно-активному

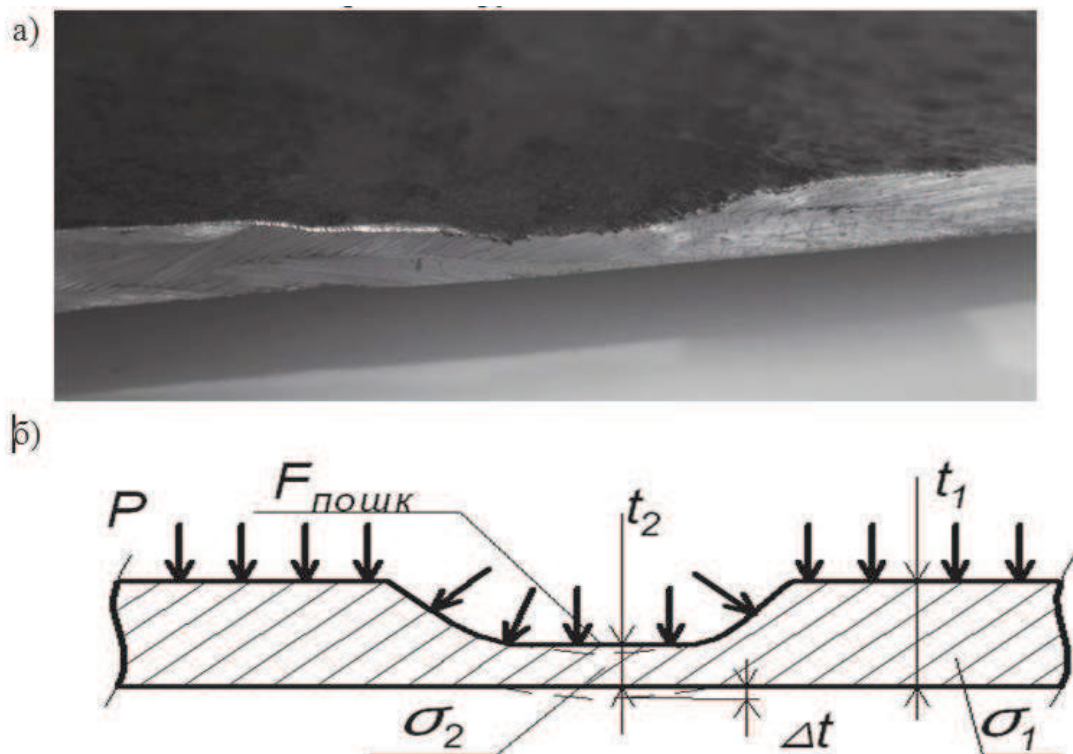


Рис. 3. Поздовжній розріз стінки трубопроводу в місці локального вогнища анодної корозії (а) і схема формування концентрації напруги на ньому (б)

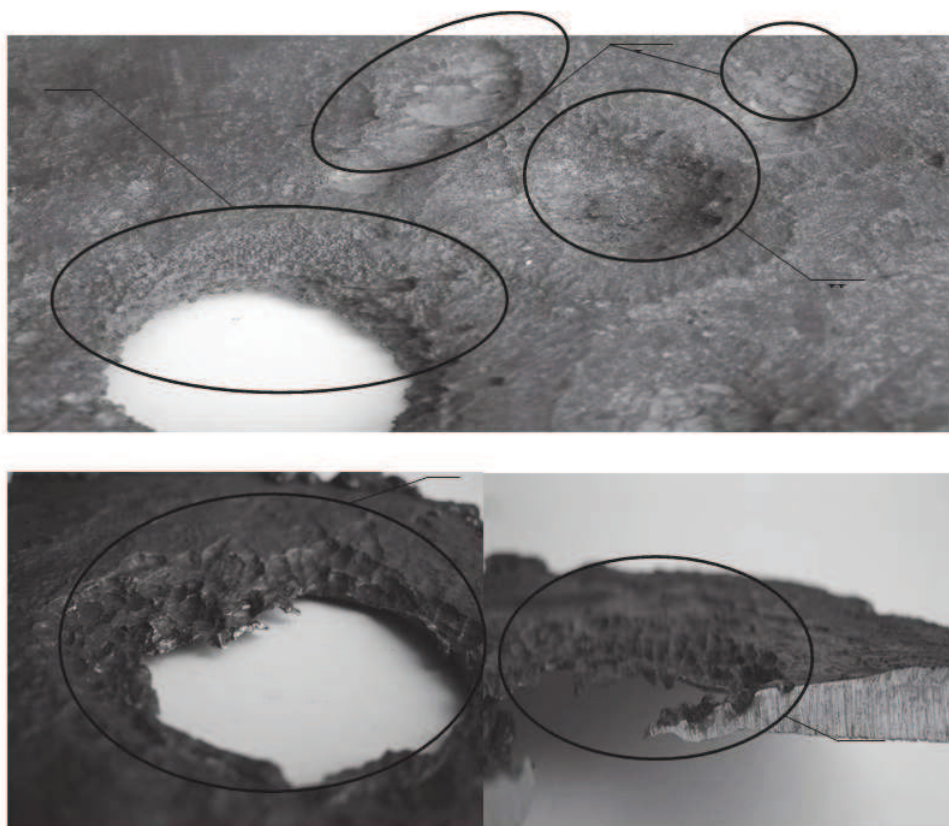


Рис. 4. Фрагменти труб напірних комунікацій з позначенням ділянок корозії металу

I – наскрізне пошкодження внаслідок корозійної втоми (торець має явно виражений кореневидний профіль);

II – вогнище анодної корозії (поверхня каверни відносно рівна);

III – остання стадія процесу корозійної втоми перед наскрізним руйнуванням труби (поверхня каверни має кореневидний профіль, залишкову деформацію дна і щілиноподібний отвір).

середовищу до свіжого металу. Таким чином, обидва процеси прискорюють один одного [5].

На останній стадії деградації труб ця картина значно ускладнюється. В умовах локалізації корозії на окремих ділянках, коли напруга, що виникає, перевищує межу плинності матеріалу $\sigma_2 \geq \sigma_p$, відбуваються залишкові деформації дна каверн (рис. 4, ділянка III). Такі деформації призводять до структурних змін в локальних об'ємах металу, внаслідок чого відбувається різке (лавиноподібне) прискорення процесу втомної корозії [4], інтенсивне формування наскрізних пошкоджень труб і, відповідно, швидке погіршення технічного стану (зниження ремонтпридатності) напірних комунікацій (рис. 5).

Оскільки інтенсивність відмов є показником, що виражає якісний стан системи (елементу системи), тобто здатність перебувати в працездатному технічному стані в залежності від часу експлуатації, ґрунтуючись на виконаному нами узагальненні багаторічних статистичних даних роботи насосних станцій, то стосовно напірних комунікацій пропонується її надати у вигляді зміненого загальновідомого графіка $\lambda(T)$ (рис. 5).

При цьому виділені етапи експлуатації характеризуються певними особливостями, а саме:

Період припрацювання (відрізок часу $0 \dots T_1$) триває протягом перших 2...3 років експлуатації (поливних сезонів). У цей період робота системи в масштабі реального часу залежить від рівня технологічної вивченості об'єкта обслуговуючим персоналом та можливості своєчасно і в повному обсязі усувати наявні дефекти, процес корозійного руйнування труб (v) знаходиться в початковій стадії, а один з основних показників технічного стану - ремонтпридатність (P_n), котру прийнято оцінювати за допомогою статистичних даних питомих витрат часу, праці та коштів на виконання ремонтних операцій, має максимальний рівень.

Період нормальної (впевненої) експлуатації (відрізок часу $T_1 \dots T_2$), має досить низьку інтенсивність відмов і характеризується у початковий період їх виникненням, насамперед, внаслідок випадкових зовнішніх факторів та технологічних порушень у роботі зрошувальної системи. Однак, упродовж періоду впевненої експлуатації технічний стан напірних комунікацій поступово погіршується внаслідок корозійних процесів - крім суцільної корозії на межі розділу середовищ вода-повітря формуються вогнища анодної електрохімічної корозії. Деградація різко прискорюється (відрізок часу $T_2' \dots T_3$) у результаті

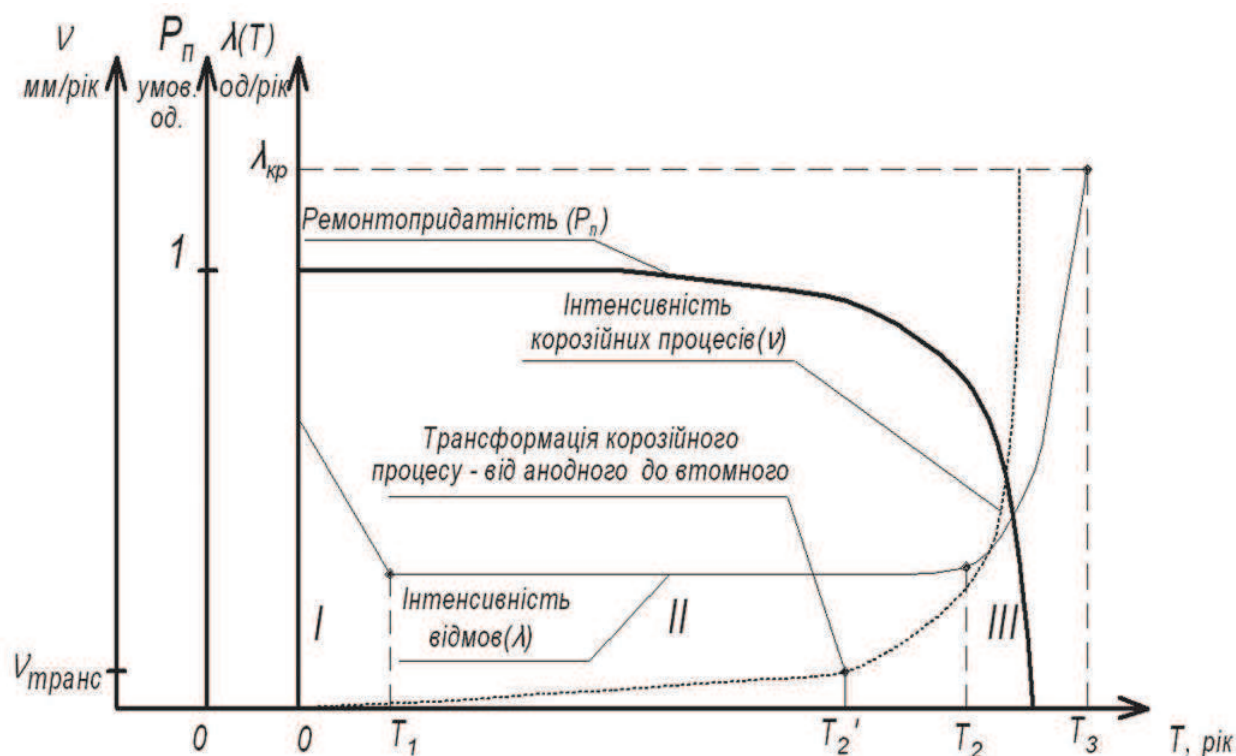


Рис. 5. Залежність ремонтпридатності, інтенсивності корозійних процесів та відмов від часу роботи напірних комунікацій

I етап - період припрацювання, протягом якого виявляються будівельні дефекти, та заводські дефекти труб і фасонних частин;

II етап - період нормальної (впевненої) експлуатації, коли настання відмов обумовлено, насамперед, випадковими зовнішніми факторами;

III етап - період старіння (аварійної експлуатації), при якому активно починають проявлятися результати процесу деградації комунікацій.

якісної трансформації корозійного процесу - відбувається перехід від анодної до втомної корозії, тобто початок періоду інтенсивного погіршення технічного стану комунікацій починається на етапі впевненої експлуатації.

В основному прояв ознак розгерметизації напірних комунікацій насосних станцій з тривалим терміном експлуатації, у вигляді надходження води в докову частину насосної станції або підтоплення території гідровузла, є свідченням фінального етапу деградації матеріалу труб комунікацій. Відповідно чинники дії, що викликають вихід із ладу пристанційних комунікацій, негативно впливають на зміну їх технічного стану значно раніше, ніж виявляються зовнішні ознаки деградації. Це негативне явище додатково посилюється тим, що на стадії проекту для насосних станцій закритих зрошувальних систем не передбачена можливість періодичного неруйнівного технічного діагностування (обстеження) напірних комунікацій для визначення їх стану і відповідного планування експлуатаційних заходів.

Період старіння (відрізок часу $T_2 \dots T_3$) характеризується різким зростанням інтенсивності корозійних процесів, внаслідок чого ремонтпридатність (ймовірність відновлення працездатного стану) напірних комунікацій наближається до нульового значення і, відповідно, за короткий проміжок часу інтенсивність їх відмов досягає критичної величини $\lambda_{кр}$ (рис. 5), при якій подальша експлуатація зрошувальної систем неможлива. При досягненні граничного стану трубопроводів (стан економічної та технічної недоцільності ремонту) усунення окремих

локальних пошкоджень в режимі поточної експлуатації не забезпечує необхідний рівень надійності та не впливає в цілому на поліпшення технічного стану комунікацій. У таких випадках без виконання модернізації або капітального ремонту забезпечити відповідність технічного стану напірних комунікацій вимогам загальносистемної надійності неможливо.

Висновки. Наявність неспорожнюваних ділянок напірних комунікацій, в яких при перервах у водоподачі виникають зони розділу середовищ вода-повітря, і присутність електричного потенціалу внаслідок струмів витоку провокує виникнення вогнищ стійкого анодного корозійного руйнування матеріалу труб. Протягом періоду експлуатації при зменшенні товщини стінок трубопроводів, в режимі циклічного навантаження при одночасному впливі агресивного середовища, деградація різко прискорюється у результаті якісної трансформації корозійного процесу - відбувається перехід від анодної до втомної корозії, що призводить до швидкого погіршення технічного стану напірних комунікацій.

Оскільки чинники дії, що викликають вихід із ладу пристанційних комунікацій, негативно впливають на зміну їх технічного стану значно раніше, ніж виявляються зовнішні ознаки деградації, а періодичне обстеження є досить витратним і трудомістким процесом, необхідне застосування профілактичних заходів захисту комунікацій від корозійного руйнування матеріалу труб до настання їх граничного стану, наприклад методом нанесення внутрішньої полімерцементної ізоляції.

Бібліографія

1. Беляев Н.М. *Сопротивление материалов*. / Н.М. Беляев – М.: Наука. – 1976. – 608 с.
2. Фомин Г.С. *Коррозия и защита от коррозии. Энциклопедия международных стандартов*. / Г.С. Фомин – М.: ИПК Издательство стандартов. – 1994. – 443 с.
3. Похмурский В.И. *Коррозионно-усталостная прочность сталей и методы ее повышения*. / В.И. Похмурский – К.: Наук. Думка. – 1974.
4. Гриндула В.В. *Воздействие слабоактивных коррозионных сред на коррозионно-механическую стойкость стали*. / В.В. Гриндула, Ю.В. Степуренко // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одесса. – 1997. - Вып. 1. – С. 38 - 40.
5. Романов В.В. *Влияние коррозионной среды на циклическую прочность металлов*. / В.В. Романов – М.: Наука. – 1969.

Выполнен анализ интенсивности и характера коррозионных процессов, происходящих в напорных коммуникациях насосных станций закрытой оросительной сети с длительным сроком эксплуатации, осуществлена оценка изменения технического состояния коммуникаций в процессе работы.

The analysis of the intensity and nature of corrosion processes occurring in the pressure pumping stations communications subsurface irrigation network with long life provided an assessment of the technical condition change communications in the process.