

ВПЛИВ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВОДОВОДІВ В АГРЕСИВНИХ СЕРЕДОВИЩАХ НА ДЕГРАДАЦІЮ КОНСТРУКЦІЙНИХ СТАЛЕЙ

Валерій Макаренко¹, Сергій Максимов², Юлія Макаренко³, Тетяна Аргатенко⁴,
Віктор Поліщук⁵

¹ Херсонський національний технічний університет, 24, Бериславське шосе, Херсон, 73008, Україна

² Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ, 11, вул. К. Малевича, Київ, 03150, Україна

³ Університет Манітоби, Вінніпег, Манітоба, Канада

^{4, 5} Київський національний університет будівництва і архітектури,
31, Повітрофлотський проспект, Київ, 03037, Україна

¹ докт. техн. наук професор, green555tree@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9178-9657

² докт. техн. наук, чл.-кор. НАНУ, maksimov@paton.kiev.ua, orcid.org/0000-0002-5788-0753

³ бакалавр, green555tree@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1252-4231

⁴ канд. техн. наук, argatenko.tv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2516-2906

⁵ polishchuk_viv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-9373-0453

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.44.63-70

Анотація. Руйнування конструкцій водоводів призводить до негативних економічних і екологічних наслідків. Існуючі науково-технічні та технологічні розробки стосовно забезпечення надійної корозійно-механічної стійкості і довговічності водоводів не є достатньо системними, тож виникла необхідність докладного вивчення причин, умов і механізмів корозійно-механічних ушкоджень тривало експлуатованого обладнання. Проведено лабораторно-експериментальні дослідження впливу терміну експлуатації конструкційних сталей на структуру та вміст шкідливих домішок. Вивчалися причини та механізми деградації металоконструкцій тривалої експлуатації в хімічно-агресивних технологічних середовищах. Рентгеноструктурними дослідженнями встановлено, що з ростом терміну експлуатації труб поверхневі шари металу адсорбують значну кількість газів. Особливо сильно це проявляється в області корозійних дефектів (виразок, пітингів). В процесі тривалої експлуатації метал стінок труб сильно наводнюється, що призводить до його окрихчення, підвищення твердості і зниження пластичності. Натомість суттєво зменшується масова частка цементиту в металі, що свідчить про зниження міцності матеріалу і зниження його спротиву корозійно-механічним руйнуванням. Такі дослідження є піонерними в галузі корозійно-механічної стійкості металу та його деградації при тривалій експлуатації в присутності знакозмінних навантажень та при одночасній дії агресивних середовищ.

Ключові слова: деградація сталі, неметалеві включення, корозія, напруження.

ВСТУП

Освоєння і експлуатація водоносних горизонтів України із складними інженерно-геологічними умовами обумовлюють особливі вимоги до якості труб, зварювально-монтажних і ізоляційних робіт при будівництві водоводів, які представляють собою складні технічні системи. Руйнування таких конструкцій, як правило, призводить до негативних економічних і екологічних наслідків, тож експлуатація трубопроводів пов'язана з небезпекою для обслуговуючого

персоналу, населення та навколишнього середовища. Аналіз літературних даних [1,3,4,9] і результатів власних багаторічних спостережень показує, що основні проблеми промислової безпеки і надійності трубопровідних конструкцій пов'язані з тривалим терміном їх експлуатації. Зокрема середній термін експлуатації трубопроводів в Україні давно перевищив нормативні значення.

Відомо, що проблемами тріщиностійкості та окрихчення металів, які експлуатуються в корозійних середовищах з домішками сірководню,

займалися як вітчизняні, так і зарубіжні вчені [1-5,9-11]. Слід відмітити, що більшість авторів досліджували сталі, які або не були в експлуатації, або використовувались не тривалий час. Тому важко прогнозувати поведінку сталей в процесі тривалого терміну експлуатації в агресивному середовищі, яке містить сірководень, оксиди, різні розчини кислот та лугів [2,6-8]. В літературі відсутні відомості детального дослідження механізмів окрихчення і руйнування трубних металоконструкцій для водопостачання на кристалографічному рівні із залученням високоточного лабораторного обладнання і сучасних зарубіжних методик. Існуючі науково-технічні та технологічні розробки стосовно забезпечення надійної корозійно-механічної стійкості і довговічності водоводів та інших металоконструкцій (наприклад, каналізаційних трубопроводів) досить суперечливі, тож виникла необхідність системного вивчення причин, умов і механізмів корозійно-механічних ушкоджень тривало експлуатованого обладнання.

Отже результати виконання цієї роботи є актуальними як для водогосподарської, так і для декількох суміжних галузей (наприклад, металургійної, хімічної, гірничої), а також мають суттєву науково-практичну значимість і цінність.

МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою роботи є лабораторно-експериментальні дослідження впливу терміну експлуатації конструкційних сталей на структуру та вміст шкідливих домішок (газів), встановлення

причин і механізмів деградації металоконструкцій тривалої експлуатації в хімічно-агресивних технологічних середовищах промислово-комунальних виробництв.

Завданням роботи було:

- вибір методики оцінки структури конструкційних сталей марок 10 і 20 тривалої експлуатації (від 0 до 25 років);
- дослідження вмісту газів (кисню, сірки, водню) в металах тривалої експлуатації;
- визначення мікротвердості структури та розпаду цементиту в металах тривалої експлуатації, їх впливу на деградацію металоконструкцій відповідального призначення.

Об'єкт дослідження – фрагменти труб, вирізаних з аварійних водоводів різних термінів експлуатації.

Предмет дослідження – вміст газів в металі і деградація структури трубних сталей.

Матеріали досліджень – трубні сталі, характеристики яких наведені в табл.1 і 2.

Комплексні системні експериментальні дослідження вибраних марок сталей з різними термінами експлуатації включали, крім стандартних, також спеціальні види досліджень: різні варіанти рентгеноспектрального аналізу з використанням растрового електронного мікроскопа JSM-35CF (фірма “Джеол”, Японія); “Camebax-MBX” фірми “Riber” (Франція); SEM-515 з мікроаналізатором “Link” фірми “Philips”; вторинну іонну мас-спектрометрію (установка LAS-2000 з приладом MS-156).

Табл. 1. Марки сталей та їх призначення

Table 1. Steel grades and their purpose

Марка сталі	Призначення	Термообробка
10 20	Металоконструкції машинобудівельної, нафтогазової, металургійної, хімічної, аграрної, комунальної, гідро-будівельної та інших галузей промисловості	Нормалізація

Табл. 2. Хімічний склад сталей

Table 2. Chemical composition of steels

Марка сталі	Вміст елементів, %							
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
10	0,12	0,30	0,55	0,035	0,035	0,15	0,10	0,10
20	0,20	0,30	0,55	0,035	0,035	0,15	0,10	0,10

Крім того, визначали залишковий вміст в металі водню, сірки і кисню: а) методом локального мас-спектрального аналізу (ЛМСА) з лазерним

мікрозондом; б) методом плавлення проб металу в потоці несучого газу з використанням установки фірми “Leco”.

Мікротвердість визначали згідно ДСТУ ISO 6507-1:2007 за допомогою приладу моделі "FISCHERSCOPE H100C", який складається з механізму вдавлювання алмазної піраміди під невеликим навантаженням і аналізатора мікротвердості. Для обробки експериментальних результатів використовували Програму "Image Expert TM".

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Поєднання корозійного ураження металу з його значним локальним наводненням, окисненням і окрихченням встановлено для більшості досліджених випадків ушкоджень. Результати експериментального визначення вмісту газів в металі наведені в табл. 3-5.

Табл. 3. Середні значення кисню в сталі, $\times 10^{-4} \%$
Table 3. Average values of oxygen in steel, $\times 10^{-4} \%$

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	В матриці основного металу	Уздовж внутрішньої поверхні	Навколо тріщини і корозійних виразок
10	0	30,2	30,2	-
	5	37,6	42,4	42,3
	10	44,3	58,9	69,7
	15	48,2	67,8	87,6
	20	53,4	89,3	112,1
	25	59,5	102,1	136,5
20	0	38,2	38,2	-
	5	44,3	47,6	37,1
	10	47,6	59,2	58,9
	15	52,1	68,3	71,8
	20	60,3	82,5	98,9
	25	65,8	99,8	126,7

Табл. 4. Середні значення сірки в сталі, $\times 10^{-4} \%$
Table 4. Average values of sulfur in steel, $\times 10^{-4} \%$

Марка сталі	Термін експлуатації роки	В матриці основного металу	Уздовж внутрішньої поверхні	Навколо тріщини і корозійних виразок
10	0	145,4	145,4	-
	5	150,3	149,8	92,3
	10	157,3	224,3	142,4
	15	162,2	242,1	213,3
	20	180,3	271,5	289,6
	25	203,6	292,3	394,2
20	0	123,4	123,4	-
	5	134,8	139,7	102,3
	10	140,6	176,6	254,6
	15	168,8	212,2	281,5
	20	179,6	240,5	302,4
	25	190,5	244,6	389,1

Ці дані свідчать, що з терміном часу приповерхневі шари металу адсорбують значну кількість газів (водню, кисню) та сірки. Особливо сильно це проявляється в області корозійного дефекту. Так, для сталі марки 10 вміст кисню в матриці основного металу збільшується в 2 рази, уздовж внутрішньої поверхні в 3,4 рази, навколо тріщини та корозійних виразок в 3,2 рази, а для

сталі марки 20 вміст кисню приймає значення: 2,9; 5,2 і 2,56, відповідно. Стосовно вмісту сірки маємо наступні значення: сталь 10 відповідно: 1,4; 2 і 4,3 раз, а для сталі 20, відповідно: 1,54; 1,98 і 3,8 раз. Аналогічна тенденція спостерігається і для змін вмісту водню, зокрема: для сталі 10, відповідно, в 2,9; 5,2 і 2,6 раз, а для сталі 20 2,86; 5,54 і 3,0 раз.

Табл. 5. Середні значення водню в сталі, $\times 10^{-4} \%$
Table 5. Average values of hydrogen in steel, $\times 10^{-4} \%$

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	В матриці основного металу	Уздовж внутрішньої поверхні	Навколо тріщини і корозійних виразок
10	0	1,12	1,12	-
	5	1,89	2,62	12,53
	10	2,12	3,77	14,17
	15	2,59	4,15	25,46
	20	2,91	5,17	28,78
	25	3,24	5,84	32,11
20	0	1,25	1,25	-
	5	2,08	2,36	11,43
	10	2,55	3,28	20,07
	15	2,90	4,15	25,65
	20	3,22	5,37	29,82
	25	3,58	6,92	34,16

Насичення поверхневих шарів сталі елементами зі значною електронною хмарою (O, C, S) можна, на наш погляд, пояснити деградацією і розрихленням підповерхневих шарів сталі з утворенням численних колекторів, а також високою концентрацією в металі труб вказаних елементів.

Механізм водневого руйнування в присутності сірки і кисню можна пояснити таким чином. Атомарний водень може проникати в метал раніше, ніж утворюються молекули. Умовою для цього, крім малого радіуса водню, може бути наявність неметалевих включень, які є колекторами водню і місцями його інтенсивного проникнення в метал. На ці процеси впливає також вміст сірки, яка уповільнює рекомбінацію атомів водню, підвищує ефективну концентрацію поглиненого металом водню та знижує тріщиностійкість в зоні максимальних двовісних напружень. Основна роль включень типу SiO_2 , Al_2O_3 і MnS полягає в утворенні порожнин на границі поділу “матриця-включення”, які грають роль колекторів водню. При цьому особливе значення має природа включення – крихкі силікати та глинозем руйнуються в процесі термомеханічної обробки при виготовленні трубного прокату, збільшуючи кількість пасток, тоді як пластинчасті сульфідні здатні деформуватися без порушення поверхні розділу [6-12].

Атомарний водень вільно проникає в метал, накопичуючись в дефектах прокату або вступаючи у взаємодію з сульфідними включеннями, утворюючи нестійкі з’єднання.

Наявність в сталі пластичних, добре деформованих при прокаті, неметалевих включень (в першу чергу $\text{FeS} \cdot \text{MnS}$ і MnS) обумовлює

отримання рядкової структури, яка характеризується сильно вираженою анізотропією корозійно-механічних властивостей [8,9]. Причому, форму неметалевих включень майже не вдається змінити наступною термічною обробкою.

Встановлено [10,12], що деякі сульфідні включення у вуглецевих і низьколегованих сталях діють як ініціатори утворення корозійних тріщин, тоді як інші не впливають на цей процес. Виникнення тріщин пов’язано переважно з розміщенням означених неметалевих включень, а по мірі свого росту тріщини становляться міжзернистими.

В наших дослідженнях отримані металографічні дані використовувалися в якості параметрів для протиставлення вихідного стану сталей трубопроводів з їх зістареним станом, а також для протиставлення структурних особливостей руйнування зразків, характеру поширення втомних тріщин в сталях у вихідному (неексплуатованому) і зістареному стані. Корозійно-механічні характеристики трубних сталей гідротехнічного призначення значною мірою залежні від складу, форми, розмірів і кількості карбідних фаз.

Встановлено [12], що в стінці труби напруження за рахунок коливання внутрішнього тиску перекачаного продукту змінюються від 0,5-0,7 до 3-4 МПа і досягають максимуму 80-100 МПа, або 0,3-0,4 границі текучості залежно від товщини стінки труби.

Дані рентгеноструктурних досліджень свідчать про розпад цементиту (табл. 6), а також про перерозподіл цементиту в перліті, а перліту і цементиту в трубних сталях в процесі тривалої експлуатації (табл. 5), що в результаті веде до

знеміцнення металу, яке, в свою чергу, полегшує процес зародження мікротріщин [7,12].

Спеціальними експериментами, виконаними разом із спеціалістами Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ, встановлено, що з ростом терміну експлуатації трубопроводів

суттєво зменшується масова частка цементиту (Fe_3C) в металі (табл. 6). При цьому найбільш сильно зменшується частка цементиту в трубних сталях після 10 років експлуатації в умовах підприємств нафтового виробництва (табл. 6, 7).

Табл. 6. Кількість цементиту (Fe_3C), що зруйнувався в процесі тривалої експлуатації сталі
Table 6. Amount of cementite (Fe_3C) destroyed during long-term use of steel

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	Тип конструкцій	Fe_3C , %
10	0	Водоводи $\varnothing 320 \times 8$ мм; $P = 2,5-3$ МПа	100
	5		5-7
	10		9-12
	15		12-14
	20		14-16
	25		18-21
20	0	Водоводи $\varnothing 320 \times 10$ мм; $P = 3-4$ МПа	100
	5		6-8
	10		12-15
	15		18-20
	20		20-22
	25		23-24

Табл. 7. Значення об'ємної частки цементиту в перліті, перліту і цементиту в сталях
Table 7. The value of the volume fraction of cementite in pearlite, pearlite and cementite in steels

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	$\delta_{ц}$, % в сталі	$\delta_{ц}$, % в перліті	$\delta_{ц}$, % в сталі
10	0	24,5	14,2	3,8
	5	21,2	13,9	3,7
	10	19,4	12,4	3,5
	15	18,9	11,8	3,4
	20	18,2	11,4	3,3
	25	17,8	9,0	3,2
20	0	25,2	15,3	4,1
	5	24,8	15,0	4,0
	10	24,3	14,6	3,9
	15	23,6	14,4	3,8
	20	21,0	14,1	3,7
	25	18,4	13,8	3,5

Примітка: Відхилення експериментальних значень від середньо статистичних, наведених в табл. 3-7, не перевищувало 10%.

Результати експериментальних вимірювань мікротвердості в залежності від терміну експлуатації і кількості цементиту в сталях марок 10 і 20 наведені в табл. 8. Видно, що з ростом терміну

експлуатації від 0 до 25 років мікротвердість сталі суттєво збільшується, зокрема для сталі марки 10 в 2 рази, а для сталі марки 20 в 2,1 раз.

Табл. 8. Середні значення мікротвердості і кількості цементиту в сталях
Table 8. Average values of microhardness and amount of cementite in steels

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	Кількість цементиту в сталях, %	Мікротвердість сталей, $H_{\mu} \cdot 10^7$, Па
10	0	5,5	70
	5	4,9	85
	10	3,2	99
	15	2,4	119
	20	1,2	128
	25	0,22	140
20	0	5,9	72
	5	4,2	95
	10	3,4	120
	15	1,89	130
	20	1,11	141
	25	0,18	152

З використанням методів рентгеноструктурного аналізу були визначені параметри кристалічної решітки α -матриці, дана оцінка рівню пружних викривлень решітки (мікронапружень викривлень), а також розподілення вуглецю у фериті і сталі (табл. 9, 10). Як видно з отриманих даних, збільшення терміну експлуатації трубопроводів приводить до збільшення значень параметра об'ємно-центрованої кубічної кристалічної решітки α -твердого розчину і росту мікронапружень в структурі, при цьому частина вуглецю зі зруйнованого цементиту переходить на

границю α -матриці. Друга частина, мабуть, залишається на дислокаціях, переходячи в мікротріщини, а також йде на формування нових дрібнодисперсних карбідних частинок; відносно крупні карбідні частинки утворюються на границях зерен між перлітом і феритом. Таким чином, вищенаведені дані свідчать про інтенсивну деградацію металу в процесі тривалої експлуатації трубопроводів в умовах корозійно-агресивних робочих середовищ побутово-промислових виробництв.

Табл. 9. Значення мікронапружень і параметрів кристалічної решітки α -Fe в сталях
Table 9. Value of microstresses and parameters of the α -Fe crystal lattice in steels

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	α , Å	σ , МПа
10	0	2,8665	95
	5	2,8666	120
	10	2,8667	136
	15	2,8668	144
	20	2,8669	152
	25	2,8671	174
20	0	2,8665	105
	5	2,8666	115
	10	2,8667	129
	15	2,8669	141
	20	2,8670	154
	25	2,8672	179

Табл.10. Значення розподілу вуглецю в сталях
Table 10. Value of carbon distribution in steels

Марка сталі	Термін експлуатації, роки	Кількість вуглецю, %	
		в фериті	в сталі
10	0	0,02	0,11
	5	0,026	0,103
	10	0,028	0,084
	15	0,030	0,078
	20	0,032	0,072
	25	0,038	0,068
20	0	0,02	0,20
	5	0,025	0,182
	10	0,030	0,174
	15	0,033	0,169
	20	0,36	0,162
	25	0,041	0,157

ВИСНОВКИ

1. Методами рентгеноструктурного аналізу визначені параметри кристалічної решітки α -матриці; проведена оцінка рівня пружних деформацій решітки (мікронапруження викривлення), а також розподілу вуглецю у фериті і цементиті. Встановлено, що збільшення терміну експлуатації трубних сталей спричиняє підвищення вмісту вуглецю у фериті. В той же час збільшення терміну експлуатації трубних сталей веде до розпаду цементиту, що підтверджується зменшенням концентрації вуглецю в ньому.

2. Встановлено, що з ростом терміну експлуатації водоводів суттєво зменшується масова частка цементиту (Fe_3C) в металі, що свідчить про знеміцнення трубних сталей і зниження його спротиву корозійно-механічним руйнуванням.

3. З використанням металографічних методів дослідження з високою здатністю визначення встановлено, що корозійні ушкодження трубних сталей супроводжуються їх активним наводненням, внутрішнім окисненням і окрихченням, що веде до міжзеренного розпаду структури, який особливо поглиблюється в процесі довготривалої експлуатації. Показана деградуюча дія водню на кристалічну структуру металу, яка створює умови для руйнування трубопровідних конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Макаренко В. Д.** Надежность нефтегазопромисловых систем. Челябинск: ЦНТИ, 2006. 826 с.
2. **Золотаревский В. С.** Механические свойства металлов. Москва: Металлургия, 1983. 350 с.

3. **Панасюк В. В., Андрейкив А. Е., Партон В. З.** Механика разрушения и прочность материалов: Справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1988. 488 с.

4. **Радкевич О. І., П'ясецький О. С., Василенко І. І.** Корозійно-механічна тривкість трубної сталі в сірководневому середовищі // Фіз.-хім. механіка матеріалів, 2000. 3. С. 93-97.

5. **Чапля О., Радкевич О., П'ясецький О., Спектор Я.** Порівняльний аналіз корозійно-механічних властивостей вітчизняної сталі 20ЮЧ з іноземними аналогами // Машинознавство, 1999. 8. С. 52-56.

6. **Иванова В. С., Терентьев В. Ф.** Природа усталости металлов. Москва: Недра, 1982. 382 с.

7. **Гумеров Ф. Г., Ямалеев И. М., Журавлев Г. В.** Трещиностойкость металла труб нефтепроводов. Москва: Недра-Бизнесцентр, 2001. 231 с.

8. **Гуляев А. П.** Коррозионная стойкость тугоплавких металлов. Москва: Недра, 1982. 117 с.

9. **Василенко И. И., Мелехов Р. К.** Коррозионное растрескивание сталей. Киев: Наукова думка, 1974. 265 с.

10. **Рейзин Б. Л., Стрижевский И. В., Шевелев Ф. А.** Коррозия и защита трубопроводов. Москва: Стройиздат, 1979. 398 с.

11. **Makarenko V. D., Shatilo S. P., Astafev V. I.** Methods of increasing the corrosion resistance of oil pipelines // Welding International, 1998. 12(12) 988-991.

12. **Makarenko V. D., Shatilo S. P.** Increasing desulphurisation of the metal of welded joints in oil pipelines // Welding International, 1999. 13(12). 991-995.

REFERENCES

1. **Makarenko, V. D. (2006).** *Reliability of oil and gas production systems.* Chelyabinsk: CNTI [in Russian]
2. **Zolotarevsky, V. S. (1983).** *Mechanical properties of metals.* Moscow: Metallurgy [in Russian]
3. **Panasyuk, V. V., Andreykiv, A. E., & Parton, V. Z. (1988).** *Fracture mechanics and strength of materials: A reference guide.* Kyiv: Naukova Dumka [in Russian]
4. **Radkevich, O. I., P'yasetsky, O. S., & Vasilenko, I. I. (2000).** Corrosion-mechanical corrosion of pipe steel in a hot-water medium. *Phys.-chem. Mechanics of Materials*, 3. 93-97. [in Russian]
5. **Chaplya, O., Radkevich, O., Pyasetsky, O., & Spektor, Y. (1999).** Rival analysis of corrosion-mechanical properties of 20YuCh laminated steel with foreign analogues. *Mashinoznavstvo*, 8. 52-56. [in Ukrainian]
6. **Ivanova, V. S., & Terentyev, V. F. (1982).** *The nature of metal fatigue.* Moscow: Nedra. [in Russian]
7. **Gumerov, F. G., Yamaleev, I. M., & Zhuravlev, G. V. (2001).** *Crack resistance of oil pipeline metal.* Moscow: Nedra-Business Center [in Russian]
8. **Gulyaev, A. P. (1982).** *Corrosion resistance of refractory metals.* Moscow: Nedra [in Russian]
9. **Vasilenko, I. I., & Melekhov, R. K. (1974).** *Corrosion cracking of steels.* Kyiv: Naukova Dumka [in Russian]
10. **Reyzin, B. L., Strizhevsky, I. V., & Shevelev, F. A. (1979).** *Corrosion and protection of pipelines.* Moscow: Stroyizdat [in Russian]
11. **Makarenko, V. D., Shatilo, S. P., Astafev, V. I. (1998).** Methods of increasing the corrosion resistance of oil pipelines. *Welding International*, 12(12). 988-991. <https://doi.org/10.1080/09507119809448548>
12. **Makarenko, V. D., Shatilo, S. P. (1999)** Increasing desulphurization of the metal of welded joints in oil pipelines. *Welding International*, 13(12). 991-995. <https://doi.org/10.1080/09507119909452086>

Influence of operating hours of water pipes in aggressive mediums to degradation of structural steel

Valery Makarenko, Sergey Maksimov, Yulia Makarenko, Tetiana Arhatenko, Viktor Polishchuk

Abstract. Ruining the design of water pipelines can lead to negative economic and environmental consequences. The usual scientific, technical and technological developments to ensure reliable corrosion-mechanical resistance and durability of water pipelines are not sufficiently systematic, so there is no need to report the reasons, minds and mechanisms of corrosion-mechanical servicing. Laboratory and experimental investigations were carried out in relation to the operation of structural steels on the structure and instead of schoolhouses. The causes and mechanisms of degradation of metal structures due to routine operation in chemically aggressive technological media were studied. X-ray diffraction studies have established that, with increasing service life of pipes, the surface metal balls adsorb a significant amount of gases. It manifests itself especially strongly in the area of corrosion defects (stains, pittings). During regular operation, the metal walls of the pipes are heavily flooded, which leads to a hardening, increased hardness and decreased ductility. There is a significant change in the mass fraction of cementite in the metal, which indicates a decrease in the value of the material and a decrease in its resistance to corrosion-mechanical damage. Such research is a pioneer in the corrosion-mechanical resistance of metal and its degradation during heavy use in the presence of significant pressures and in the immediate presence of aggressive media.

Key words: steel degradation, non-metallic inclusions, corrosion, stress.

Стаття надійшла до редакції 29.08.2023