

## ШЛЯХИ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ В СИСТЕМАХ ЗВОРОТНЬОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Л. А. Безденежних, А. І. Святенко

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: ecol4207@mail.ru

**Мета.** Обґрунтування застосування хімічних реагентів та оцінка ефективності їх впливу на швидкість корозії конструкційних матеріалів. **Методологія.** Використовуючи метод фізичного моделювання роботи системи зворотнього водопостачання опробовано застосування інгібіторів для підвищення надійності експлуатації обладнання. **Результати.** При застосуванні комплексу реагентів, що містить суміш цинку, фосфатів, фосфонатів, полімерних дисперсантів, комплексний інгібітор корозії і накипоутворення (реагент PuroTech iChem 2232 разом з інгібітором корозії PuroTech iChem 2200) відбувалось зменшення швидкості корозії до 0,18 мм/рік на спеціальних купонах та до 0,739 мм/рік на стріжнях. Застосування водного розчину фосфонатів цинку та полімеру (реагент PuroTech iChem 2132A) забезпечує розчинення відкладень карбонату кальцію, при цьому відбувалось зменшення швидкості корозії до 0,066 мм/рік на спеціальних купонах та до 0,051 мм/рік на стріжнях. **Наукова новизна.** Набули подальшого розвитку наукові засади щодо забезпечення мінімальної швидкості корозії шляхом внесення розрахункової кількості хімічних реагентів. **Практична цінність.** Результати проведених досліджень дозволяють зменшити швидкість корозії конструкційних матеріалів обладнання БЗВ та можуть бути застосовані на різних промислових підприємствах.

**Ключові слова:** зворотнє водопостачання, швидкість корозії, надійність експлуатації.

## ПУТИ УЛУЧШЕННЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Л. А. Безденежных, А. И. Святенко

Кременчуцкий национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчук, 39600, Украина. E-mail: ecol4207@mail.ru

**Цель.** Обоснование применения химических реагентов и оценка эффективности их влияния на скорость коррозии конструкционных материалов. **Методология.** С помощью метода физического моделирования работы системы оборотного водоснабжения опробовано применение ингибиторов для повышения надежности эксплуатации оборудования. **Результаты.** При применении комплекса реагентов, который содержит смесь цинка, фосфатов, фосфонатов, полимерных дисперсантов, комплексный ингибитор коррозии и накипеобразования (реагент PuroTech iChem 2232 совместно с ингибитором коррозии PuroTech iChem 2200) наблюдалось уменьшение скорости коррозии до 0,18 мм/год на специальных купонах и до 0,739 мм/год на стержнях. Применение водного раствора фосфонатов цинка и полимера (реагент PuroTech iChem 2132A) обеспечивает растворение отложений карбоната кальция, при этом происходило уменьшение скорости коррозии до 0,066 мм/год на специальных купонах и до 0,051 мм/год на стержнях. **Научная новизна.** Получили дальнейшее развитие научные основы для обеспечения минимальной скорости коррозии путем внесения расчетного количества химических реагентов. **Практическая ценность.** Результаты проведенных исследований позволяют уменьшить скорость коррозии конструкционных материалов оборудования блока оборотного водоснабжения (БОВ) и могут быть применены на различных промышленных предприятиях.

**Ключевые слова:** оборотное водоснабжение, скорость коррозии, надежность эксплуатации.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Актуальність даної роботи зумовлена пошуком нових шляхів поліпшення якісних показників експлуатації систем зворотнього водопостачання для зменшення антропогенного навантаження на водний басейн.

Одним із виробничих об'єктів Кременчуцького регіону, процес виробництва якого вносить вагому частку у забруднення навколишнього середовища, є ПАО «Укртатнафта», яке має дуже багато чинників негативного впливу на навколишнє середовище. Підприємством розроблені та впроваджені природоохоронні заходи на запобігання впливу майже всіх забруднювачів навколишнього середовища, які утворюються на підприємстві. Але екологічній небезпеці, що пов'язана з корозійними процесами взагалі не надається уваги.

Корозійні процеси формують екологічну небезпеку за рахунок їх прямих продуктів і

прокородованих виробів, так і різними шкідливими речовинами, що надходять до навколишнього середовища в результаті аварій, викликаних корозією устаткування [3].

Невід'ємною частиною у виробництві продукції ПАО «Укртатнафта» є вода, яка застосовується в якості зворотнього водопостачання. Блок зворотнього водопостачання (БЗВ) призначений для забезпечення технологічних установок зворотною водою з метою охолодження і конденсації потоків нафтопродуктів у водяних холодильниках. Але в результаті багаторазової циркуляції охолоджуючої води, в системі зворотнього охолодження відбувається збільшення загального солемісту і жорсткості води. Це в значній мірі впливає на інтенсивність протікання корозійних процесів водоводів, які посилюється ще й наявністю та розмноженням мікроорганізмів,

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

бактерій, грибів під кальцієвими відкладеннями.

Мінеральні та біологічні відкладення на поверхні обладнання знижують ефективність теплопередачі, і як наслідок, продуктивність технологічних установок, збільшують гідравлічний опір тракту, що підвищує витрату електроенергії при експлуатації системи. Корозійні процеси знижують міжремонтний пробіг устаткування, збільшують ризики експлуатації обладнання. Тому є доцільним проведення реагентної обробки охолоджуючої води призведе до зниження її накипоутворюючих і корозійних властивостей, обумовлених присутніми у воді забрудненнями мінерального та органічного походження, а також умовами експлуатації оборотних систем охолодження [5].

В даний час для запобігання утворення мінеральних відкладень і зниження швидкості корозії устаткування БЗВ ПАТ «Укртатнафта» реагенти не використовуються.

Згідно зі СНіП 2.04.02-84, для зниження накипоутворюючих і корозійних властивостей, що обумовлені присутніми у воді забрудненнями мінерального і органічного походження, зворотну воду необхідно обробляти інгібіторами корозії і утворення відкладень, а також біоцидами для запобігання розвитку мікроорганізмів [3]. Останнє особливо актуально для підприємств, в зворотній воді яких міститься достатня кількість поживних речовин, наприклад, нафтопродуктів.

Посиленню корозійних процесів сприяє утворення кальцієвих відкладень, під якими розмножуються бактерії, життєдіяльність яких викликає мікробіологічну корозію.

В зворотну воду через корозійний пропуск в теплообмінній апаратурі потрапляють нафтопродукти, які через ті ж самі корозійні пропуски трубопроводів спричиняють забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Шкідливий вплив відбувається також в результаті викиду крапель зворотної води, в яких містяться нафтопродукти, в атмосферу з градирень, осадження крапель на ґрунти і на поверхню навколишніх об'єктів.

Корозія завдає істотної шкоди навколишньому природному середовищу і народному господарству. На Україні за рахунок корозії стають непридатними від 1,5 до 2,0 млн. т металоконструкцій на рік [2].

*Метою роботи* є науково-практичне обґрунтування та об'єктивна оцінка ефективності впливу хімічних реагентів на швидкість корозії конструкційних матеріалів при експлуатації зворотного циклу для забезпечення екологічної безпеки.

**Задачі роботи:**

- визначити можливість застосування реагентів для зменшення швидкості корозії конструкційних матеріалів обладнання БЗВ;
- оцінити ефективність впливу кожного із застосовуваних реагентів на швидкість корозії конструкційних матеріалів;

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.**

Основні вимоги до охолоджуючої води в системах зворотного охолодження зводяться до

того, щоб вона мала необхідну температуру для охолодження технологічних об'єктів, не викликала при нагріванні утворення відкладень біообростань теплопровідних поверхонь і трубопроводів, не призводила до корозії устаткування.

В якості об'єкта дослідження обрана система зворотного водопостачання ПАО «Укртатнафта». На БЗВ функціонують охолоджувальні об'єкти (вентиляторні багатосекційні градирні) з камерами гарячої та холодної води та насосне обладнання. В результаті експлуатації БЗВ, в системі зворотного охолодження відбувається збільшення загального солемісту і жорсткості води. Крім того, в результаті порушень технологічних режимів у зворотню воду можуть потрапити нафтопродукти та механічні домішки, тому виконується часткове очищення води від нафтопродуктів та механічних домішок у нафтовідокремлювачі.

Було вирішено провести стендові випробування процесу обробки зворотної води хімічними реагентами з метою усунення причин накипоутворення в трубопроводах і теплообмінній апаратурі, зменшення швидкості корозії вуглецевої сталі.

Стендові випробування з обробки зворотної води БЗВ були проведені по двох реагентах, у два етапи (по одному виду реагенту на кожний етап).

Випробувальний стенд є діючою моделлю вентиляторної градирні. Основні елементи випробувального стенду: змійовик з встановленими купонами; бак обсягом 200 дм<sup>3</sup>; насос; блок контролю і регулювання температури; міні градирня; ротаметр; нагрівальний елемент (ТЕН); комунікаційні трубопроводи.

Для контролю швидкості корозії в бак стенду на період виконання кожного етапу поміщали касети з плоскими сталевими купонами зі Сталь 3, попередньо підготовлених і зважених. Одночасно в проточну частину змійовика встановлювали купони зі Сталь 20 у формі циліндричних стрижнів, постійно омиваних проточною водою з лінійною швидкістю руху води уздовж поверхні купона не нижче 0,5 м/с. Вода з бака через фільтр грубої очистки циркуляційним насосом через регулюючий кран і ротаметр подається на підігрівач. Швидкість потоку води регулюють за допомогою вентилів і перемикач швидкості обертання валу насоса.

Підігрів води в підігрівачі регулюється за допомогою терморегулюючого блоку, включеного послідовно ТЕНу. При проходженні через ТЕН вода стикається з його нагрівальним елементом, внаслідок чого вона нагрівається, а на теплій поверхні ТЕНа утворюється накип. Далі тепла вода проходить через систему контролю корозії, накипоформування (гнізда купонів), і через зрошувач потрапляє на зрошення пластикової насадок градирні. Полита водою насадка, охолоджується повітрям, що нагнітається вентилятором в нижню частину градирні. При контакті теплої води з повітрям, за рахунок випаровування частини води, відбувається її

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

оохолодження. Оохолоджена вода зливається в бак, і цикл повторюється.

При постійній роботі стенду, за рахунок випаровування, відбувається зниження рівня води в основній ємності (баку), що фіксується рівнеміром. Для моделювання коефіцієнта упарювання в системі необхідно підтримувати баланс між випаровуваною водою, підживленням і продувкою (виведенням розрахункової частини води з баку). В ході випробувань виконувались типові аналізи циркуляційної і підживлювальної води (жорсткість, лужність, солевміст, вміст заліза). Одночасно розраховувався коефіцієнт упарювання води Ку та визначалися значення швидкості корозії.

Реагенти для випробувань надані ТОВ «ТехноХімРеагент». Перший комплекс реагентів: реагент PuroTech iChem 2232 (в подальшому реагент №1) в комплексі з інгібітором корозії PuroTech iChem 2200 (в подальшому ІК №1)

Реагент №1 – це суміш цинку, фосфатів, фосфонатів, полімерних дисперсантів, є комплексним інгібітором корозії і накипоутворення. Фосфонати та полімери забезпечують розчинення карбонату кальцію, їх слід застосовувати при рН води в інтервалі 7,5÷9,0.

Інгібітор корозії №1 – це суміш цинку та фосфорної кислоти, призначена для застосування у великих зворотних системах для дозування спільно з інгібіторами накипоформування, ефективний при значеннях рН води 7,5÷8,5.

Другий комплекс реагентів: реагент PuroTech iChem 2132A (в подальшому реагент № 2a)– це водний розчин фосфонатів цинку та полімеру, що забезпечують розчинення відкладень карбонату кальцію. Його неприпустимо змішувати з іншими хімікатами. При контакті реагенту № 2a з гіпохлоритом, хлоритами, нітритами, нітратами або сульфатами можуть виділятися токсичні гази. Застосовується в широкому діапазоні якості води. Може бути використаний для обробки м'яких (Са менше 100 ppm) вод. При обробці жорсткої води необхідно коригувати дозу залежно від значення рН. Рекомендована доза становить близько 50 мг/дм<sup>3</sup> в зворотній воді.

ІК №2 – це комплексний інгібітор корозії для зворотних оохолоджувальних систем і випарних конденсаторів. Застосовується для регулювання вмісту цинку в воді, в комплексі з реагентами для попередження утворення відкладень. ІК №2 застосовується в діапазоні рН води від 7,3 до 8,5.

ІУВ №1 – це інгібітор накипоутворення призначений для роботи в зворотних системах із вмістом кальцію до 20 мг-екв/дм<sup>3</sup>, при високій лужності від 6 до 10 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Містить високоефективний полімер. Придатний до застосування в системах з високою концентрацією фосфатів в підживлювальній воді, де високі температури ускладнюють ситуацію. Захист від корозії забезпечується певними орранофосфатними похідними, які пов'язують ділянки корозії заліза, а також за рахунок роботи при більш високій лужності.

Випробування проводились у три етапи. Перший комплекс реагентів, які використовувались: реагент №1 в комплексі с ІК №1. На першому етапі визначали накипоутворюючі і корозійні властивості зворотної води БЗВ без додавання реагентів, на другому – накипоутворюючі і корозійні властивості зворотної води при комплексній обробці реагентом №1, ІК №1.

На третьому етапі визначали накипоутворюючі і корозійні властивості зворотної води при комплексній обробці реагентом №2a, що складається з компонентів – ІУВ №1та ІК №2. В процесі роботи підтримували заданий коефіцієнт упарювання Ку=2,0.

На другому та третьому етапі дослідження проводили за допомогою, так званих, зразків-свідків та нагрівального елемента (ТЕНу). В ході всіх етапів випробувань виконувались нижчезазначені аналізи зворотної води. Показники аналізів зворотної води на етапах випробувань наведені в таблицях 1, 2, 3.

Після закінчення кожного з етапів дослідження з випробувального стенду діставали зразки-свідки (купони та стрижні) і нагрівальний елемент.

Таблиця 1 – Показники води при дослідженнях процесу поліпшення зворотної води на першому етапі без додавання реагентів

№ дослідіду	Кількість води, дм <sup>3</sup>			Аналізи зворотної води з дослідної установки						
	Випаровуваної	Дренаж	Підживлення	рН	Ж <sub>заг</sub> мг-екв/дм <sup>3</sup>	Ж <sub>кальц</sub> мг-екв/дм <sup>3</sup>	Лужн <sub>заг</sub> мг-екв/дм <sup>3</sup>	Fe, мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Солевміст мг/дм <sup>3</sup>
1	20,0	20,0	40,0	6,5	11,0	5,6	1,4	3,4	280,5	1040
2	20,0	20,0	20,0	8,1	11,0	5,6	2,2	4,2	284,0	1250
3	20,0	20,0	40,0	7,33	13,1	7,5	1,8	3,3	368,5	1410
4	18,0	18,0	36,0	6,97	28,0	6,2	1,4	3,2	339,2	1370
5	19,0	19,0	38,0	6,85	27,5	6,7	1,6	3,5	349,0	1198
6	20,0	20,0	40,0	6,55	21,7	7,3	1,6	3,4	351,3	1246
7	19,0	20,0	40,0	6,50	13,2	7,0	1,4	3,3	362,0	1246

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

Таблиця 2 – Показники зворотної води на другому етапі з додаванням реагенту №1 та ІК №1 в кількості 50 мг/дм<sup>3</sup>

День дослідження	Кількість води, дм <sup>3</sup>				Аналізи зворотної води							
	Випаровуваної	Дренаж	Підживлення	pH	Ж <sub>заг</sub> мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Ж <sub>кальція</sub> мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Лужн., мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Fe, мг/ дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/ дм <sup>3</sup>	Zn, мг/ дм <sup>3</sup>	Соле-вміст, мг/дм <sup>3</sup>
1	21,0	21,0	43,0	4,35	9,1	3,2	1,4	2,8	246,3	12,6	11,43	855
2	21,0	21,0	42,0	7,51	11,2	5,5	1,8	1,5	327,8	5,6	3,4	1155
3	28,0	28,0	56,0	7,60	12,1	6,3	1,6	1,1	324,5	3,8	2,08	1260
4	21,0	21,0	42,0	7,85	11,1	5,5	1,8	1,2	314,8	2,4	1,54	1096
5	24,0	24,0	48,0	7,37	12,2	6,6	1,2	2,5	388	2,24	2,42	1450
6	20,0	20,0	40,0	8,25	11,5	5,5	3,2	1,7	368	3	2,7	1240
7	0	0	0	8,0	10,7	5,6	4	1,7	380	1,6	1,7	1290

Таблиця 3 – Показники зворотної води при дослідженнях на третьому етапі з додаванням ІУВ №1 та ІК №2 в кількості 50 мг/дм<sup>3</sup>

Дата	Аналізи зворотної води										
	pH	Ж <sub>заг</sub> мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Ж <sub>са</sub> мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Лужність <sub>заг</sub> мг-екв/ дм <sup>3</sup>	Fe мг/дм <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> мг/дм <sup>3</sup>	Цинк, мг/ дм <sup>3</sup>	Соле-вміст, мг/дм <sup>3</sup>	t °C
1	8,36	13,4	5,7	7,3	1,8	403	614	0,11		1360	40
2	8,46	13,1	4,7	8,5	1,3	383	376	0	0,57	1380	40
3	8,28	12,7	5	7,3	1,4	447	401	0	1,69	1420	40
4	7,37	13,8	5,3	4	1,4	583	579	1,37	2,74	1580	40
5	8,5	15,7	6,2	5	1,1	530	510	0,96	1,34	1500	40
6	8,34	14,6	6,1	5,24	1,1	555	268	0,19	1,32	1490	40
7	8,25	13,3	5,2	6,2	1,4	415	463	0	0,98	1480	40

Виконувався огляд, зважування, очищення від відкладень зразків-свідків. За різницею мас визначалась швидкість корозії та вага відкладень.

Зміна маси нагрівача води і купонів при дослідженні накипоутворюючих та корозійних властивостей зворотної води наведена в таблицях 4, 5, 6.

Таблиця 4 – Зміна маси нагрівача і купонів при дослідженні накипоутворюючих та корозійних властивостей зворотної води без обробки реагентами на першому етапі

Найменування зразка	Вага ТЕНа, г.			Відкладень, г
	До випробування	Після випробування (неочищений)	Після випробування (очищений)	
ТЕН	58,7482	60,2606	58,722	1,5386
Найменування зразка	Вага зразка, г.			Швидкість корозії, мм/рік
	До випробування	Після випробування (очищений)	Зміна ваги	
Купон №551	18,7178	18,2848	0,4330	0,418
Купон №552	20,0064	19,5472	0,4592	
Купон №553	20,1948	19,7396	0,4552	
Стрижень №1	60,3213	59,0725	1,2488	0,918
Стрижень №2	59,2659	58,0599	1,2060	
Стрижень №3	59,4471	58,1952	1,2519	

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

Таблиця 5 – Зміна маси нагрівача і купонів при дослідженні накипоутворюючих та корозійних властивостей зворотної води при додаванні реагенту №1 та ІК №1 на другому етапі

Найменування зразка	Вага ТЕНа, г.			Відкладень, г
	До випробування	Після випробування (неочищений)	Після випробування (очищений)	
ТЕН	95,3095	94,9079	93,6970	1,2109
Найменування зразка	Вага зразка, г.			Швидкість корозії, мм/рік
	До випробування	Після випробування (очищений)	Зміна ваги	
Купон №551	18,2108	17,9918	0,219	0,180
Купон №552	19,54	19,3658	0,1742	
Купон №553	19,8376	19,658	0,1796	
Стрижень №1	58,7508	57,6909	1,0599	0,739
Стрижень №2	58,5177	57,6909	0,8268	
Стрижень №3	58,3977	57,3366	1,0611	

Таблиця 6 – Зміна маси нагрівача і купонів при дослідженні накипоутворюючих та корозійних властивостей зворотної води при додаванні реагенту №2а (ІУВ №1 та ІК №2) на третьому етапі

Найменування зразка	Вага ТЕНа, г.			Відкладень, г
	До випробування	Після випробування (неочищений)	Після випробування (очищений)	
ТЕН	63,3134	64,4056	63,3182	1,0874
Найменування зразка	Вага зразка, г.			Швидкість корозії, мм/рік
	До випробування	Після випробування (очищений)	Зміна ваги	
Купон №450	20,161	20,0995	0,0615	0,066
Купон №451	19,9762	19,9135	0,0627	
Купон №542	18,5029	18,4068	0,0961	
Стрижень №1	58,2915	58,2161	0,0754	0,051
Стрижень №2	57,3095	57,2421	0,0674	
Стрижень №3	55,9059	55,8333	0,0726	

При проведенні досліджень поліпшення якості зворотної води без застосування реагентної обробки та визначення здатності до накипоутворення маса відкладень на поверхні нагрівача складала на першому етапі 1,5386 г. Після першого етапу досліджень було обстежено сталеві купони та стрижні, що перебували в установці. На їх поверхні, як і на поверхні ТЕНа, відмічено наявність продуктів корозії та корозійних пошкоджень. Середня швидкість корозії плоских купонів на першому етапі складала 0,418 мм/рік, стрижнів – 0,918 мм/рік.

На другому етапі, при додаванні реагенту №1 маса відкладень дорівнювала 1,2109 г. При цьому відкладення на поверхні уявляли собою захисну плівку карбонатів, яка є захисним шаром, що оберігає метал від доступу вуглекислоти, кисню і бактерій, сповільнюючи тим самим корозійні процеси.

Після видалення відкладень з нагрівача елемент на другому етапі поверхня нагрівача залишилася майже не пошкодженою корозією. Середня швидкість корозії плоских купонів на

другому етапі складала 0,18 мм/рік, стрижнів – 0,739 мм/рік.

Після проведення дослідження зворотної води з додаванням реагенту ІУВ №1 (третій етап досліджень), по зовнішньому вигляду нагрівача елементу було зроблено висновок, що кристали карбонату кальцію коагулювали і осідали в застійних зонах, проточна частина обладнання залишилася чистою. Маса відкладень на поверхні нагрівача при додаванні ІУВ №1 складала 1,0874 г, при цьому сліди корозії на поверхні нагрівача були відсутні. При висиханні відкладення відшарувалися, залишивши поверхню нагрівача практично чистою. Отримані результати дозволяють зробити висновок, що використання ІУВ №1 значно зменшує кількість відкладень на металевих конструкціях, з якими контактує зворотна вода.

При виконанні випробувань частина плоских купонів була використана послідовно на першому, і потім на другому етапі. З таблиць 4, 5, 6 видно, що при використанні інгібіторів корозії швидкість корозії цих купонів знизилася більш ніж у 6 разів. При виконанні досліджень на третьому етапі з

**Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування**

додаванням реагенту №2а, його застосування дозволило знизити швидкість корозії на плоских купонах у 6,3 рази, на стрижнях – більш ніж у 18 разів.

Про низьку швидкість корозії на третьому етапі дозволяє судити і зміна вмісту заліза в зворотній воді бака стенду. Вміст заліза в підживлюючій воді на всіх етапах відрізнявся мало. Високий вміст заліза на всіх етапах є наслідком внесення заліза із завантаженою зворотною водою з БЗВ. На перших двох етапах концентрація заліза в зворотній воді вища, ніж на третьому етапі досліджень. При виконанні реагентної обробки ІК №1 (на третьому етапі) концентрація заліза знижується майже до рівня вмісту заліза в підживлювальної воді. Це свідчить не тільки про уповільнення корозії, а й про виведення продуктів корозії зі зворотної системи.

При використанні реагенту №2а швидкість корозії сталі в присутності міді знизилася до 0,066 мм/рік на плоских купонах, 0,051 мм/рік на круглих.

**ВИСНОВКИ.** Отримані авторами результати підтверджують доцільність обробки води зворотного циклу спочатку ІУВ №1 та ІК №2, а після насичення системи вищевказаними реагентами переходити до дозування комплексного реагенту №2а в кількості 50 мг/дм<sup>3</sup>.

При виконанні досліджень з додаванням реагенту №2а, його застосування дозволило знизити швидкість корозії на плоских купонах більш ніж у 6 разів, на стрижнях – більш ніж у 18

разів. Більший захисний ефект застосування інгібіторів на третьому етапі обумовлений значно вищим солевмістом, ніж на перших двох етапах.

Таким чином, застосування інгібіторів корозії і відкладень призвело до поліпшення якості зворотної води, що дозволило значно знизити швидкість корозії обладнання та подовжити термін його експлуатації.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник / А.К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін і др. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
2. Беликов С.Е. Водоподготовка: Справочник / С.Е. Беликов, М. : Аква-Терм, 2007. – 240 с.
3. Водоснабжение наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02-84 Строительные нормы и правила Госстрой СССР, 1984 . – М. : Химия, 2008. – 132 с.
4. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація Підручник / В.С. Кравченко. – К. : Кондор. 2003. – 288 с.
5. Яцик А.В. Водне господарство в Україні / А.В. Яцик, В.М.Хорєв. – К. : Генеза, 2000. – 455 с.
6. Гринева С.И. Определение скорости коррозии металлов и сплавов объемным методом: Методическое указание.– СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2004.–11с.

**WAYS OF WATER QUALITY IMPROVEMENT IN WATER RECYCLING SYSTEMS**

**L. Bezdenezhnyh, A. Svyatenko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University  
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine, E-mail: ecol4207@mail.ru

**Purpose.** Groundation for the use of chemicals and evaluation of their impact on the rate of structural materials corrosion. **Methodology.** Using the method of physical modeling of the system of circulating water supply it has been tested ingibitors use to improve the reliability of the equipment. **Results.** When using reagent complex, which comprises a mixture of zinc phosphates, phosphonates, polymeric dispersants, and corrosion inhibitor complex water scale formation (reagent PuroTech iChem 2232 together with the corrosion inhibitor PuroTech iChem 2200) it has been observed a decrease in corrosion rate to 0,18 mm/year in special coupons and up to 0.739 mm/year on the metal rod. The use of an aqueous solution of zinc phosphate and polymer (reagent PuroTech iChem 2132A) provides a dissolution of calcium carbonate scale, thus there is a decrease in the rate of corrosion to 0,066 mm/year spesial coupons and up to 0,051 mm/year on the metal rod. **Originality.** Same the scientific basis for the minimum corrosion rate have been developed by adding the number of chemicals. **Practical value.** The results of the research can reduce the rate of corrosion of structural materials of water recycling unit equipment (BRWS) and can be applied into various industrial enterprises.

**Key words:** recycling of water, corrosion rate, reliable operation.

**REFERENCES**

1. Physical and chemical bases of technology of sewage treatment: Textbook / A.K. Zapolskiy, N.A. Mitskova-Klimenko, and I.M. Astrelin. – Libra, Kyiv, Ukraine.
2. Belikov S.E. Water: Directory / Ed. Ph.D., member of the Academy of Industrial Ecology SE Belikov, Aqua-Therm, Moscow.
3. Water External networks and facilities, (2008), SNiP 2.04.02-84 Building Regulations Gosstroy USSR, Chemia, Moscow, Russia.
4. Kravchenko V.S. (2003), Water and sewerage Textbook / V. Kravchenko. – Condor, Kyiv, Ukraine.,. 2003.
5. Yatsyk A.V.(2000), Water management in Ukraine / A.V. Yatsyk, and V.M. Horyev, Genesis, Kyiv, Ukraine.
6. Grinyova S.I. (2004), To determine the rate of corrosion of metals and alloys volumetric method, Methodical ukazanie.– St. Petersburg. : SPbSTI (TU), Russia.