

УДК 662.997

С.В. Нестеренко¹, Г.В. Щербаненко², Т.Д. Панайотова¹¹ Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова² КП ХКБД

РОЗРОБКА ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ІНГІБІТОРУ ПРОЦЕСІВ КОРОЗІЇ І ВІДКЛАДЕННЯ СОЛЕЙ ЖОРСТКОСТІ У ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ДЛЯ ТЕПЛООБМІННИХ СИСТЕМ

У статті представлені результати досліджень нового інгібітору процесів корозії і відкладення солей жорсткості у водних середовищах для теплообмінних систем. Встановлено, що присадка «ІКСОЛ» до охолоджуючої рідини має високий рівень захисних властивостей як до чорних, так і до кольорових металів і відповідає вимогам комплексу методів кваліфікаційної оцінки охолоджуючих рідин.

Ключові слова: інгібітор корозії, охолоджувальна рідина, теплообмінні системи двигунів, стендові випробування.

Постановка проблеми

Прісна вода, що застосовується в теплообмінних системах охолодження двигунів, містить солі жорсткості, розчинені гази й інші домішки, які викликають корозійно-кавітаційні руйнування металів, а також появу відкладень на металевих поверхнях. Це погіршує теплообмін і призводить до термічного і корозійного розтріскування металу. У разі застосування природної води в системах охолодження двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) зростає теплонавантаження, збільшується спрацювання деталей і, відповідно, знижується термін їх експлуатації [1].

Сучасні способи захисту системи охолодження від корозійно-кавітаційних руйнувань передбачають обов'язкове застосування присадок та інгібіторів до води. При виборі інгібіторів необхідними умовами є:

- їх багатофункціональність (присадка повинна однаково добре захищати від корозії як чорні, так і кольорові метали, одночасно зменшуючи дію факторів, що впливають на розвиток кавітаційної ерозії);

- забезпечення корозійної інертності охолоджуючої рідини (ОР) в атмосфері повітря в широкому діапазоні температур при високих контактних навантаженнях і тисках;

- відсутність утворення накипу і шламу в системі охолодження;

- відсутність руйнувань гумовотехнічних та інших неметалевих матеріалів;

- відсутність утворення піни в системі охолодження;

- ОР повинна бути сумісною з етиленгліколевыми антифризами.

В даний час асортимент хімічних речовин, які знижують швидкість корозії, досить широкий.

Так, в транспортних дизелях широко застосовується нітритно-хромато-фосфатна присадка [2], яка не сумісна з етиленгліколевыми антифризами і не забезпечує ефективного захисту алюмінію. Крім того, вона шкідливо впливає на навколишнє середовище. Це обумовлено наявністю в присадці калій (натрій) біхромату, який є облігатним алергеном і високотоксичним забруднювачем ґрунту та води.

Присадка «Силіна», що розроблена підприємством ДП «Завод ім. В. О. Малишева» та КП ХКБД у період 1980 - 1985р.р., має недостатній рівень захисту алюмінію і кольорових металів.

Присадка «Інкорт-8М3», що випускається в Росії, має достатній рівень антикорозійних властивостей, проте містить у своєму складі важкі метали [3].

В Україні виробництво інгібіторів такого призначення відсутнє.

В даній роботі представлено лабораторні дослідження щодо створення нового нетоксичного інгібітору процесів корозії та солевідкладення до ОР для теплообмінних водних систем охолодження форсованих двигунів внутрішнього згоряння.

Лабораторні дослідження включали наступні етапи:

- розробка складу інгібітору корозії;

- проведення лабораторних досліджень з оцінки антикорозійних властивостей досліджуваних зразків інгібітору і вибір його оптимального складу (ДСТ 28084-89. [4]);

- оцінка стійкості гум до дії ОР з інгібітором корозії (ДСТ 9.030-74);- визначення антикорозійних властивостей інгібітору у воді з різною жорсткістю (ДСТ 28084-89);

- визначення сумісності ОР з інгібітором корозії з антифризом.

Методика досліджень

Для оцінки антикорозійних властивостей досліджуваних варіантів інгібітору корозії було проведено лабораторні дослідження на зразках з наступних металів і сплавів: мідь М-1, латунь Л-63, алюміній АЛ-9, сталь-20, чавун СЧ.

Порядок збору касети зі зразками металів, вміст агресивних солей і методика оцінки корозії зразків після завершення випробувань відповідали вимогам ДСТ 28084-89. Методика передбачає проведення випробувань зразків металів в охолоджуючій рідині за температури 95°C протягом 84 годин.

Оцінку корозійної дії охолоджуючої рідини з інгібітором корозії проводили гравіметричним методом безпосередньо після закінчення випробувань, а також після додаткової обробки металевих зразків для зняття плівок корозії:

Отримані дані порівнювали з нормами «Комплексу методів кваліфікаційної оцінки охолоджуючих рідин», а також результатами випробувань штатної нітритно-фосфатно-хроматної присадки (0,5 % калій біхромату, 0,05 % натрій нітриту і 0,05 % тринатрійфосфату), а також присадок «Силіна» і «Інкорт-8МЗ».

З метою оцінки впливу ОР з новим інгібітором корозії на гумовотехнічні вироби було проведено порівняльні лабораторні дослідження щодо оцінки стійкості в ненапруженому стані різних марок гум в штатній і досліджуваній ОР. Випробування гум марок 9831, ІРП-1078 та ІРП-1287, що застосовуються в системах охолодження, проводили згідно з ДСТ 9.030-74 (метод А) за температури 95°C протягом 72 годин безперервно.

У процесі досліджень щодо розробки інгібітору корозії було випробувано ряд досліджуваних зразків для визначення впливу вмісту окремих компонентів на захисні властивості інгібітору. Досліджувані варіанти ОР готували введенням у дистильовану воду компонентів інгібітору в різних співвідношеннях. За результатами оцінки корозійного впливу на зразки металів було обрано оптимальний склад ОР.

До складу інгібітору корозії було введено наступні компоненти: натрій гідрогенсилікат, натрій бензоат, натрій нітрит, бензотриазол, каптакс, трилон Б, цукор, гліцерин і фенолфталеїн, [5]. Для виготовлення ОР інгібітор вводили у воду в кількості 4,3%.

Результати лабораторних досліджень

Результати оцінки антикорозійних властивостей досліджуваного зразка ОР у

порівнянні з нормами «Комплексу методів кваліфікаційної оцінки охолоджуючих рідин», штатної нітритно-фосфатно-хроматної присадки, а також присадок «Силіна» та «Інкорт-8МЗ» представлені в табл.1.

Отримані результати свідчать про те, що розроблений інгібітор корозії та солевідкладення – присадка «ІКСОЛ» має високий рівень антикорозійних властивостей, відповідає нормам «Комплексу» і перевершує штатну та інші присадки за рівнем захисних властивостей.

У зв'язку з тим, що присадка «ІКСОЛ» розроблена для виготовлення ОР без спеціальної водопідготовки, було проведено корозійні випробування зразків металів на природній воді різної жорсткості. Результати цієї роботи наведені в табл. 2.

Дані табл. 2 свідчать про те, що присадка надійно захищає чорні та кольорові метали у природній воді різної жорсткості. Отримані величини знаходяться на рівні значень при випробуваннях за методикою «Комплексу кваліфікаційної оцінки»

Для оцінки стійкості гум до дії ОР з новим інгібітором корозії було проведено порівняльні лабораторні дослідження трьох марок гум, що застосовуються у високотемпературних системах охолодження двигунів внутрішнього згорання. Порівняння даних зміни маси й об'єму зразків показує, що охолоджуюча рідина з присадкою «ІКСОЛ» чинить менший вплив на набухання випробуваних марок гум, ніж штатна ОР. Так, для гуми 9831, найбільш схильної до набухання, зміна маси й об'єму в ОР з присадкою «ІКСОЛ» склала 5,07 і 6,04% проти 7,09 і 8,33% для штатної рідини відповідно.

Оскільки у системах охолодження багатьох транспортних засобів у зимовий період застосовуються охолоджуючі рідини з низькою температурою замерзання, було проведено дослідження щодо визначення сумісності з охолоджуючою рідиною (антифризом) присадки «ІКСОЛ».

У процесі лабораторних досліджень визначали фізичну стабільність і фізико-хімічні показники сумішей охолоджуючої рідини з присадкою «ІКСОЛ» та охолоджуючої рідини ОР-40 після термообробки за різних температур, що відповідають режимам їх роботи у двигуні. Встановлено, що при змішуванні охолоджуючої рідини з присадкою «ІКСОЛ» і охолоджуючої рідини ОР-40 в обраних співвідношеннях (95 : 5 і 5 : 95) і подальшій термообробці розшарування сумішей і випадання осаду не спостерігалось, показники були стабільні

Таблиця 1 – Результати оцінки антикорозійних властивостей присадок до ОР

Метал	Втрата маси зразків, мг					
	Норми по «Комплексу», мг	ОР з присадками				
		Штатна	«Силіна»	ІНКОРТ-8МЗ	Дослідний зразок	
					Касета	
1	2					
Мідь	не більше 10	2,0	3,7	+0,45	+0,1	+0,7
Латунь	не більше 7	2,0	9,0	1,75	+0,1	-0,1
Сталь	не більше 10	2,2	3,4	0,7	+0,2	+0,1
Чавун	не більше 10	2,6	1,5	0,4	1,4	+0,5
Алюміній	не більше 7	3,7	3,7	3,0	0,2	0,3

* втрата маси зразків зі знаком «+» відповідає збільшенню маси зразка.

Таблиця 2 – Результати оцінки антикорозійних властивостей присадки «ІКСОЛ» в воді різної жорсткості

Жорсткість, ммоль-екв/л	Втрата маси зразків, мг				
	мідь	латунь	сталь	чавун	алюміній
4,2	0,2	+0,3	0,3	1,7	0,1
5,7	0,6	0,2	1,1	1,9	0,6
6,8	0,9	0,7	+0,1	+0,5	+0,3

.Отримані результати свідчать про сумісність охолоджуючої рідини з присадкою «ІКСОЛ» з охолоджуючою рідиною ОР 40, що виключає необхідність промивання системи охолодження при її сезонній перезаправці.

Випробування ОР проводили на стенді (рис. 1) для випробувань водяного насоса із закритою системою об'ємом 40 л, за робочої температури $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Продуктивність водяного насоса становить $35 - 40 \text{ м}^3/\text{год}$ за частоти обертання крильчатки 4900 об/хв.

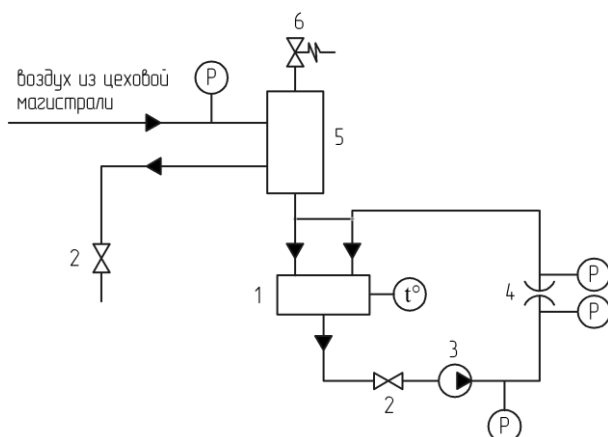


Рис. 1. Схема лабораторної установки для випробувань водяного насоса:

- 1 – бак охолоджуючої рідини; 2 – кран;
3 – насос; 4 – шайба мірна; 5 – розширительний бачок; 6 – клапан пароповітряний

Для усунення закипання рідини і забезпечення безковітаційної роботи системи в розширювальний бачок стенду примусово подається повітря з цехової повітряної магістралі, за допомогою якого створюється тиск у системі вище тиску насичених парів рідини для робочої температури. Підігрів ОР і регулювання температури здійснюються за допомогою електричних нагрівачів, встановлених у розширювальному бачку дослідного стенду.

Оцінка результатів випробувань проводиться відповідно до втрати ваги робочого колеса водяного насоса, спрацювання робочих поверхонь алюмінієвої та графітової шайб, стану гумовотехнічних виробів. Швидкість корозійного спрацювання контрольних пластин зіставляється з вимогами комплексу методів кваліфікаційної оцінки охолоджуючих рідин.

Результати стендових випробувань ОР з присадкою «ІКСОЛ»

Стенові випробування системи охолодження з водяним насосом на ОР з присадкою «ІКСОЛ» було проведено в обсязі 200 годин (2 досліди по 100 годин) при $130 \pm 10^{\circ}\text{C}$. Цими випробуваннями передбачалось оцінити захисні властивості дослідної ОР відносно деталей системи охолодження з чорних і кольорових металів, а також визначити можливість присадки запобігати процесам накипоутворення та солевідкладення.

Для приготування дослідної ОР використовували водопровідну воду з цехової магістралі із загальною жорсткістю 4,6 ммоль екв/л та дослідну партію присадки «ІКСОЛ», яку вводили у воду в кількості 4,3 % (3,5 % об.). Випробування

проводились повторюваними 6 – годинними етапами на режимах табл.3. Пароповітряний клапан, установлений у розширювальному бачку, було відрегульовано на тиск 3,6 кг/см².

Таблиця 3 – Режими випробувань ОР з присадкою «ІКСОЛ» на безмоторному стенді.

№	Швидкісний режим крильчатки, об/хв.	Температура ОР, °С	Надлишковий тиск, кг/см ²			Термін випробувань
			Перед насосом	Після насосу	У розширювальному бачку	
1	4900	20...90	0...1,0	2,4...3,5	0...1,0	50 хв.
2	4900	100	1,5	4,0	1,6	10 хв.
3	4900	130	3,1	5,6	3,3	5 годин

У зв'язку з високою температурою ОР у стендовій системі охолодження та її інтенсивним випаровуванням перед початком етапу проводилась дозаправка системи дослідної ОР для компенсації втрат. Крім того, періодично (через кожні два етапи) проводився відбір проб ОР для аналізів. У відібраних пробах визначали рН, резерв лужності та вміст елементів корозійного спрацювання деталей: заліза, алюмінію, хрому, міді та кремнію.

Результати проведених випробувань представлені в таблицях 4 – 6. Технічний стан деталей основного вузла системи охолодження, а саме, водяного насоса після випробувань, не змінився.

За результатами випробувань ОР з присадкою «ІКСОЛ» забезпечила працездатність водяного насоса за температури 130 ± 10°С протягом 100 годин і захист деталей, що контактують з рідиною, від корозійних руйнувань і солевідкладень. Після 100-годинних випробувань, проведених відповідно до прийнятої методики крильчатка водяного насоса і деталі торцевого ущільнення - графітова та алюмінієва шайби – знаходилися у задовільному технічному стані, осередків корозійно-кавітаційного руйнування не було. Втрата ваги крильчатки склала 0,1 г, робочі поверхні шайб спрацювання не мали. За час випробувань течі ОР по контрольному отвору водяного насоса не спостерігалось. Деталі гумовотехнічних виробів водяного насоса після 100 годинних випробувань були еластичні та зберегли працездатність.

За результатами проведених випробувань присадка «ІКСОЛ» має досить високі миючі властивості, про що свідчить поява на початку досліджуваних робіт великої кількості механічних домішок у результаті вимивання відкладень, які утворилися у системі стенду раніше.

За даними фізико-хімічного аналізу проб ОР на початку випробувань відбувається зниження рН і резерву лужності, що пов'язано з витратою присадки на пасивацію системи охолодження (табл. 4). Однак, на кінець випробувань резерв лужності зберігається на досить високому рівні.

Результати спектрального аналізу проб ОР з присадкою «ІКСОЛ», відібраних під час випробування без агресії та з додаванням солей агресії представлені в табл. 5. Дані наведені в таблиці, свідчать, що вміст в ОР продуктів корозії деталей водяної системи стенду і контрольних пластин з чорних і кольорових металів за час випробувань зазнав незначних змін. Наприкінці випробувань ОР з уведенням солей агресії концентрація міді є дещо більшою, інші елементи знаходяться на одному рівні.

Для кількісної оцінки швидкості корозії касети з набором пластин різних металів виймали з контура водяної системи стенду для зважування після 50 годин роботи водяного насоса у середовищі ОР, виготовленої на водопровідній воді, а потім після повторних 50-годинних випробувань на цій же воді, але з додаванням солей агресії.

Після обробки металевих зразків розраховували швидкості корозії металів (таб.6). У зв'язку з відсутністю результатів випробувань інших ОР у таких жорстких умовах роботи (за температурою і швидкістю потоку), отримані результати порівнювали з нормами, передбаченими для статичних умов по комплексу методів кваліфікаційної оцінки ОР. Наведені в таблиці дані свідчать про те, що при застосуванні ОР без

Таблиця 4 – Результати аналізу проб ОР з присадкою «ІКСОЛ»

Назва показників	50 годин без агресії					50 годин з агресією				
	Наработка, години									
	п/пр.	10	20	35	50	п/пр.	10	20	35	50
Водневий показник (рН)	11,28	11,15	11,06	10,98	10,86	10,76	10,76	10,87	10,71	10,67
Резерв лужності	3,28	3,17	3,05	2,94	2,80	3,11	3,07	3,21	3,11	3,04

Таблиця 5 – Результати спектрального аналізу проб ОР з присадкою «ІКСОЛ»

Елемент	Вміст елементів, г/т							
	50 годин без агресії				50 годин з агресією			
	Наработка, години							
	10	20	35	50	10	20	35	50
Алюміній	2,06	1,57	4,02	1,48	1,20	1,22	1,60	1,84
Залізо	4,30	3,80	5,00	5,30	3,73	4,00	6,90	5,30
Мідь	0,70	0,60	0,54	0,83	0,94	1,02	1,06	1,84
Хром	0,65	0,67	0,68	0,64	0,81	0,79	0,85	0,85

додавання солей агресії (50 годин) швидкість корозії пластин з чорних і кольорових металів є невеликою – на порядок нижче допустимих значень. При додаванні солей агресії швидкість збільшується, проте, середня швидкість корозії

пластин зі сталі, чавуну й алюмінію при роботі на обох рідинах невелика і не перевищує вимог «Комплексу».

Таблиця 6 – Середня швидкість корозії різних металів у середовищі ОР з присадкою «ІКСОЛ» при стендових випробуваннях

Метали	Середня швидкість корозії, г/м ² год		
	50 годин (без агресії)	50 годин (з агресією)	Норма по «Комплексу»
Сталь	0,0021	0,0021	0,042
Чавун	0,0062	0,0051	0,042
Алюміній	0,0068	0,0057	0,030
Мідь	0,0046	0,0752	0,042
Латунь	0,0078	0,0994	0,042

Для пластин із латуні та міді швидкість корозії дещо вище, при цьому втрата ваги пластини з латуні за 100 годин випробувань склала усього 0,06%.

Таким чином, ОР з присадкою «ІКСОЛ» забезпечила надійний захист деталей системи охолодження при випробуваннях водяного насоса на високотемпературних режимах.

Висновки

1. ХНУМГ спільно з КП ХКБД розробили новий високоефективний нетоксичний інгібітор процесів корозії та солевідкладень – присадку «ІКСОЛ» для охолоджуючих рідин на основі прісної води з жорсткістю до 7 мг-екв/л, які використовують у системах охолодження різних теплообмінних пристроїв та двигунів внутрішнього згорання.

2. Присадка «ІКСОЛ» до охолоджуючої рідини має високий рівень захисних властивостей щодо чорних і кольорових металів і відповідає вимогам комплексу методів кваліфікаційної оцінки охолоджуючих рідин.

3. Присадка «ІКСОЛ» нетоксична, сумісна з етиленгліколевіми низькозамерзаючими охолоджуючими рідинами і забезпечує надійний захист металів при використанні природних вод з різним ступенем жорсткості.

4. ОР з присадкою «ІКСОЛ» забезпечує працездатність водяного насоса та захист деталей системи охолодження від корозійно-кавітаційних руйнувань при випробуваннях на високотемпературному режимі ($130 \pm 10^\circ\text{C}$) в обсязі 100 годин. Течі ОР по контрольному отвору водяного насоса не спостерігались.

5. Деталі водяного насоса перебували в задовільному технічному стані: осередків корозійних і кавітаційних пошкоджень не мали, втрати ваги крильчатки і спрацювання робочих поверхонь деталей торцевого ущільнення водяного насоса не було.

Література

1. Моторные и реактивные масла и жидкости [Текст] / под ред. К.К. Папок, Е. Г. Семенидо – М.: Химия, 1963 – 532 с.
2. Томашов, Н. Д. Теория коррозии и защиты металлов [Текст] / Н. Д. Томашов. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 590 с.
3. Алехин С.А., Клименко Н.В., Нестеренко С.В., Щербаненко Г.В. Многофункциональная присадка Иксол к охлаждающей жидкости для теплообменных систем [Текст] / Алехин С.А., Клименко Н.В., Нестеренко С.В., Щербаненко Г.В. // Двигателестроение. - 2012.- № 4 (250).- С. 28-29.
4. Комплекс методов квалификационной оценки охлаждающих жидкостей. [Текст]. – Утв. Государственной межведомственной комиссией при Госстандарте СССР, 1988. – 4 с.
5. Патент № 62617, Україна, МПК С23F 11/08. Інгібітор корозії та солевідкладення для теплообмінних систем [Текст] / С.О. Альохін, О.В. Грицюк, В.Ф. Костенко, В.В. Вакуленко, В.А. Ткачов, С.В. Нестеренко, Г.В. Щербаненко, Н.В. Нестеренко, Н.В. Клименко. – №u201015781; заявл. 27.12.2010; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17- 5 с.
3. Alekhin SA, Klimenko NV, Nesterenko SV, Shcherbanenko GV Multifunctional additive Iksol to coolant for heat exchange systems [Text] / Alekhin SA, Klimenko NV, Nesterenko SV Shcherbanenko G.V // Drive engineering. - 2012.- No. 4 (250) .-P.28-29.
4. A set of methods for the qualification assessment of cooling liquids. [Text] .- Approved. State interdepartmental commission under the State Committee for Standardization of the USSR, 1988.-4p.
5. Patent No. 62617, Ukraine, the IPC C23F 11/08. Інгібітор корозії та солевідкладення для теплообмінних систем [Text] / С.О. Alokhin, O.V. Gritsyuk, V.F. Kostenko, V.V. Vakulenko, V.A. Tkachov, S.V. Nesterenko, G.V. Shcherbanenko, N.V. Nesterenko, N.V. Klimenko. - No.u201015781; Claimed. 27.12.2010; Publ. 12.09.2011, Bul. № 17- 5 with.

Рецензент: І.І. Капцов, д-р техн. наук, проф., Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова.

Автор: НЕСТЕРЕНКО Сергій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – nester.hnamg @ mail.ru

Автор: ЩЕРБАНЕНКО Григорій Васильович
КП ХКБД
E-mail – hkbd@Kharkov.ukrtel.net

Автор: ПАНАЙОТОВА Тетяна Дмитрівна, кандидат хімічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – tatyana.panayotova@yandex.ru

References

1. Motor and jet oils and liquids [Text] / under red. K.K. Papok, EG Semenidov - M.: Chemistry, 1963 - 532p.
2. Tomashov, ND Theory of corrosion and protection of metals. D. Tomashov. - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. - 590 p.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО ИНГИБИТОРА ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ И ОТЛОЖЕНИЯ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ В ВОДНЫХ СРЕДАХ ДЛЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ СИСТЕМ

С.В. Нестеренко¹, Г.В. Щербаненко², Т.Д. Панайотова¹

¹ Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова

² КП ХКБД

В статье представлены результаты исследований нового ингибитора процессов коррозии и отложения солей жесткости в водных средах для теплообменных систем. Установлено, что присадка «ИКСОЛ» к охлаждающей жидкости имеет высокий уровень защитных свойств как к черным, так и к цветным металлам и отвечает требованиям комплекса методов квалификационной оценки охлаждающих жидкостей.

Ключевые слова: ингибитор коррозии, охлаждающая жидкость, теплообменные системы двигателей, стендовые испытания.

DEVELOPMENT OF HIGH-EFFICIENT INHIBITOR OF CORROSION AND DEPOSITION PROCESSES SALT IN SOLUBILITY IN WATER ENVIRONMENTS FOR HEAT EXCHANGE SYSTEMS

S. Nesterenko, G. Shcherbanenko, T. Panayotova

¹ O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

² KP HKBD

In the article results of researches of the new inhibitor of processes of corrosion and adjournment of salts of rigidity in water environments for heat exchange systems are resulted. The results of laboratory and bench tests are presented. The additive "IXOL" to the coolant has a high level of protective properties that is applied to ferrous and non-ferrous metals and meets the requirements of a complex of methods for the qualification of cooling liquids. Additive «IXOL» is non-toxic, compatible with ethylene glycol low-freezing coolants and provides reliable protection of metals when using natural waters with varying degrees of rigidity. Cooling liquid with additive "IXOL" ensures the efficiency of the water pump and the protection of the cooling system components against corrosion-cavitation damage during testing at high temperature (130 ± 10 °C) in a volume of 100 hours.

Key words: corrosion inhibitor, cooling liquid, heat exchange systems of engines, bench tests.