

# Ингибитор коррозии для консервации внутренних поверхностей

**В.И. Трусов**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой<sup>1</sup>  
vtrui2008@mail.ru

**Р.С. Крымская**

к.т.н., ассистент<sup>1</sup>  
rysiionok@mail.ru

**Л.П. Даниловская**

к.т.н., доцент<sup>1</sup>  
lorapd@mail.ru

**Т.М. Кузинова**

кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник<sup>2</sup>  
tat.kuzinova@yandex.ru

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>ООО «Научно-производственное объединение «Нефтехим», Санкт-Петербург, Россия

**Предложен комбинированный ингибитор коррозии Н-М-1(ги), представляющий смесь контактной и летучей форм с общим компонентом. Материал наиболее эффективен при совмещении гидроиспытаний ёмкостного оборудования с консервацией. Он также может быть рекомендован для временной защиты внутренних поверхностей труб в заводских и полевых условиях.**

## Материалы и методы

Для изучения защитных возможностей ингибитора использован метод ускоренных коррозионных испытаний, имитирующий условия в герметично закрытой ёмкости.

## Ключевые слова

ёмкостное оборудование, трубы, ингибитор атмосферной коррозии Н-М-1(ги)

Задачи временной защиты от коррозии наиболее успешно решаются с помощью контактных и летучих ингибиторов атмосферной коррозии. Консервация на период транспортировки или хранения оборудования до введения в эксплуатацию имеет важное практическое значение, а решение задачи осложнено проведением гидроиспытаний оборудования. Коррозионная активность воды гидростенда может быть снижена добавлением в неё водорастворимых ингибиторов коррозии. Но технологию лимитирует необходимость периодического сброса токсичных отработанных технологических растворов. В ряде отраслей (теплоэнергетика, производство подшипников) накоплен опыт применения водорастворимого ингибитора коррозии Н-М-1 контактного типа действия [1, 2]. Он представляет собой комплексную соль синтетических или натуральных органических кислот и циклического амина ЦГА. Это современный аналог известного у нас в стране ингибитора М-1, который растворим в органических растворителях и воде, то есть допускает использование разнообразных основ консервационных составов и обладает универсальным защитным действием.

Рабочая концентрация Н-М-1 в воде составляет от 0,2 до 3,0% массы. Конечно, такие водные растворы ингибитора коррозии образуют на поверхности металла слишком тонкий защитный слой, иными словами, они работоспособны в сравнительно мягких условиях хранения и нуждаются в дополнительном укрытии, изолирующем экране и т.п.

Для достижения длительных сроков консервации водорастворимый контактный ингибитор атмосферной коррозии необходимо комбинировать с летучими материалами. Нами разработан новый метод совмещения гидроиспытаний ёмкостного оборудования

с длительной консервацией ингибитором «Н-М-1(ги)». Роль летучего ингибитора в его составе выполняет исходный компонент ЦГА, имеющий высокое давление пара при стандартных условиях Р298 ≈ 1 мм рт. ст. Синтез модификации отличается только небольшим избытком ЦГА по отношению к стехиометрическому количеству.

Приводим данные сравнительных испытаний (таб. 1). Сравнивались варианты с Н-М-1 и его наиболее известный зарубежный аналог:

- ЛИК-649 (компания Cortec, США). Это водорастворимая суперконцентрированная смесь контактных и летучих ингибиторов коррозии черных и цветных металлов. ЛИК-649 предназначен для защиты от коррозии замкнутых линий нагрева, охлаждения, пожаротушения, гидравлических систем, в том числе для защиты во время и после проведения гидроиспытаний трубопроводов, трубопроводной арматуры и емкостей различного назначения. Рекомендован к применению в концентрации 0,2–1,0%;
- стандартный Н-М-1 контактного типа;
- Н-М-1 в сочетании с летучим ингибитором ВНХ-Л-20;
- модификация Н-М-1 для гидроиспытаний Н-М-1(ги).

Метод ускоренных коррозионных испытаний имитировал влажную воздушную среду в емкостях после гидроиспытаний и слива защитного состава, но без осушки емкости и с герметизацией по ВУ ГОСТ 9.014.

Наименьшей способностью обладает контактный Н-М-1. Защитный слой воды с 1% Н-М-1 ненадежен: в результате суточных перепадов температуры конденсат смывает ингибитор, и образуются зоны ослабленной защиты. Использование летучих ингибиторов ЛИК-649 и ВНХ-Л-20 позволяет усилить

№ Оценка по ГОСТ 9.311 через цикл, % поражения поверхности/балл

Ингибитор	1	2	4	6	12	15
ЛИК-649 (США), 1%	0,02/9	0,03/9	0,22/8	0,25/8	0,72/7	0,82/7
Н-М-1, 1%	0,10/9	0,49/8	Снят с испытаний			
Н-М-1:ВНХ-Л-20=2:1 (суммарно 1%)	0,05/9	0,09/9	0,12/9	0,15/9	0,17/9	0,18/9
Н-М-1(ги) 1%	0,0/10	0,0/10	0,02/9	0,08/9	0,12/9	0,13/9

Таб. 1 — Сравнительные испытания ингибиторов для гидроиспытаний

№ п/п	Тест-объект	Кратность разбавления	Оценка тестируемой пробы	Безвредная кратность разбавления	Усредненный индекс токсичности, %	
1	Escherichia coli	20	Образец токсичен	30	99,9±19,6	
		30	Образец не токсичен			
		50	Образец не токсичен			
		90	Образец не токсичен			
		200	Образец не токсичен			
	300	Образец не токсичен				
	Chlorella vulgaris beijer	20	Оказывает острое токсическое действие	27		99,9±24,9
		27	Не оказывает острое токсическое действие			
		30	Не оказывает острое токсическое действие			
		50	Не оказывает острое токсическое действие			
81		Не оказывает острое токсическое действие				

Таб. 2 — Результаты биотестирования 1%-ного раствора Н-М-1(ги)

защиту. Коррозионные поражения стали СтЗ, не обработанной ингибированными растворами, по окончании испытаний при выдерживании образцов при относительной влажности 98±2% над зеркалом водно-глицеринового раствора (9:1) составили 7% (4 балла).

Адекватность одного цикла испытаний установлена по свидетелю — пленкообразующему составу НГ-222А (ВЗ-8 по ГОСТ 9.014), срок защиты которым при ВУ-0 (по ГОСТ 9.014) в условиях 7,8 ГОСТ 15150 составляет 1 год. Адекватность цикла составила ~2 мес. хранения во влажной воздушной среде (при ~100% влажности) при полной герметизации (ВУ-9 по ГОСТ 9.014): коррозия появилась через 5 циклов с последующим развитием.

Без проведения осушки срок защиты составляет 4–5 мес. для ЛИК-649, до 2-х лет при использовании Н-М-1 в сочетании с ВНХ-Л-20 и не менее 2,5 лет для Н-М-1(ги). Последний материал многократно превосходит американский аналог. Дело в том, что летучий ЦГА быстро заполняет объем емкости и обеспечивает тем самым надежную защиту, работающую предельно устойчиво в условиях комбинации с обычной контактной формой Н-М-1.

По нашему мнению, основных причин резкого повышения эффективности защиты несколько:

1. Речь идет о комбинации контактной и летучей форм с общим компонентом ЦГА, а не простой смеси форм, как в случае ЛИК-649;
2. Избыток ЦГА способствует подавлению гидролиза Н-М-1 по аниону в пленке влаги и стабилизации защитной концентрации ионов  $\text{OH}^-$ ;
3. Имеет место эффект буферной смеси слабого основания и его соли при поддержании защитного значения pH в условиях суточных перепадов температуры и

периодической конденсации влаги; 4. ЦГА связывается углекислым газом воздуха с образованием карбоната — ещё одного летучего ингибитора (КЦА) с меньшим давлением пара, то есть с увеличением срока защитного действия.

При проведении гидроиспытаний емкость заполняют 1%-ным водным раствором Н-М-1(ги), а после испытаний ингибированную воду сливают. Ингибированная вода должна содержаться в специальной резервной емкости хранения, где она периодически корректируется по содержанию «Н-М-1(ги)». Полностью выработанный раствор может быть утилизирован, например, добавлением в традиционное углеводородное топливо (дизельное) до 10% и сжиганием в виде водотопливной эмульсии.

С целью определения безопасности этого раствора нами проведено биотестирование отхода — 1%-ного водного раствора Н-М-1(ги). Результаты представлены в таб. 2.

Протестированные пробы Н-М-1(ги) оказывают острое токсическое действие на гидробионтов в исходной концентрации 1% и при разведении водой этого раствора менее 1:27. Установлен IV класс опасности для окружающей среды. При разовом сбросе отходов Н-М-1 в воду их необходимо разбавить водой в соотношении 1:30. Это вполне приемлемая степень разведения в отличие от необходимости достижения ПДК. Концентрация ингибитора в воде при такой степени разведения становится ниже порога острого токсического действия и такая вода безопасна для гидробионтов. Технология может быть реализована без введения системы локальной водоочистки.

Предложенный метод консервации может быть также успешно реализован для консервации внутренних поверхностей труб как при изготовлении в цеховых условиях, так и в сложных полевых условиях. Заполнять

раствором весь внутренний объем трубы не обязательно, достаточно нанести водный раствор ингибитора Н-М-1(ги) распылением на внутренние поверхности, а затем зачехлить (заглушить) торцы трубы без дополнительного осушения. Метод прост и безопасен для персонала.

#### Итоги

1. Ингибитор коррозии Н-М-1 является аналогом М-1, совместим с различными основами консервационных составов.
2. Модификация Н-М-1(ги) проявляет повышенные защитные свойства в сравнении с аналогами.

#### Выводы

1. Ингибитор атмосферной коррозии Н-М-1(ги) эффективно защищает сталь от электрохимической и микробиологической коррозии и может использоваться в качестве универсальной присадки ко всем типам основ консервантов.
2. По результатам экспериментальных исследований Н-М-1(ги) рекомендован для решения задач консервации внутренних поверхностей оборудования и труб взамен импортного аналога ЛИК-649.

#### Список используемой литературы

1. Крымская Р.С., Трусов В.И., Алцыбеева А.И., Кузинова Т.М., Гармашова И.В., Богданова С.Е. Ингибитор коррозии Н-М-1 // Коррозия: материалы, защита. 2011. № 9. С. 32–35.
2. Трусов В.И., Крымская Р.С., Богданова С.Е. Экологически и технически безопасные технологии водной консервации оборудования нефтяной отрасли // Естественные и технические науки. 2011. № 6 (56). С. 332–336.

ENGLISH

CORROSION

## Corrosion inhibitor for the preservation internal surfaces

UDC 620.193

#### Authors:

Valeriy I. Trusov — ph.d., professor, head of department<sup>1</sup>; [vtrui2008@mail.ru](mailto:vtrui2008@mail.ru)

Renata S. Krymskaya — ph.d., assistant<sup>1</sup>; [rysonok@mail.ru](mailto:rysonok@mail.ru)

Lora P. Danilovskaya — ph.d., associate professor<sup>1</sup>; [lorapd@mail.ru](mailto:lorapd@mail.ru)

Tatiana M. Kuzinova — ph.d., senior researcher<sup>2</sup>; [tat.kuzinova@yandex.ru](mailto:tat.kuzinova@yandex.ru)

<sup>1</sup>State Marine Technical University of St.Petersburg, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup>Scientific-Production Association "Neftekhim" LLC, St. Petersburg, Russian Federation

#### Abstract

It was suggested a combined corrosion inhibitor N-M-1 (gi) which is a mixture of contact and volatile forms with a common component. The material is the most effective if combined with hydrotest of equipment and conservation. It may also be recommended for the temporary protection of pipe's internal surfaces in the factory and field conditions.

#### Materials and methods

To study the protective capability of the inhibitor was used the method of accelerated corrosion

tests simulating the conditions in a sealed container.

#### Results

1. A corrosion inhibitor N-M-1 is an analogue of M-1 and compatible with various bases conservation compositions.
2. Modification of the N-M-1 (gi) exhibit enhanced barrier properties in comparison with analogue.

#### Conclusions

1. Atmospheric corrosion inhibitor N-M-1

(gi) is effective to steel protection from electrochemical and microbiological corrosion and may be used as universal addition for all type preservatives.

2. Experimental studies are shown that N-H-1(gi) is recommended for preservation of pipes and equipment internal surfaces instead of import analogue Cortec VpCl-649 BD.

#### Keywords

capacitive equipment, pipes, atmospheric corrosion inhibitor N-M-1 (gi)

#### References

1. Krymskaya R.S., Trusov V.I., Altsybееva A.I., Kuzinova T.M., Garmashova I.V., Bogdanova S.E. *Inhibitor korrozii N-M-1* [Corrosion Inhibitor H-M-1]. Corrosion: materials, protection, 2011, issue 9, pp. 32–35.
2. Trusov V.I., Krymskaya R.S., Bogdanova S.E. *Ekologicheski i tekhnicheski bezopasnye tekhnologii vodnoy konservatsii oborudovaniya neftyanoy*

*otrasli* [Environmental and technical safety technology of water conservation equipment in oil industry]. Natural and engineering sciences, 2011, issue 6 (56), pp. 332–336.