

УДК 620.197

**Е.Э. Чигиринец**, д-р техн. наук

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

**Г.Ю. Гальченко**, канд. техн. наук**В.И. Воробьева**, студентка

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск, Украина

**С.Ю. Липатов**, канд. хим. наук

Киевский национальный университет технологий и дизайна, г. Киев, Украина

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТУЧИХ ИНГИБИТОРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Изучена эффективность разработанных композиций летучего ингибитора коррозии на основе растительного сырья. Показано, что они превосходят по защитным свойствам известный летучий ингибитор коррозии нитрит дициклогексиламин. Исследовано влияние добавки солей жирных кислот на эффективность защитного действия композиций летучих ингибиторов коррозии на основе растительного сырья. Показано, что данная добавка способствует снижению упругости насыщенных паров ингибирующей композиции на основе растительного сырья. С увеличением концентрации солей жирных кислот расширяется срок защитного действия композиции летучего ингибитора, а также в 2-3 раза повышается эффективность антикоррозионной защиты.*

### Введение

Одним из наиболее технологичных и эффективных методов противокоррозионной защиты металлических изделий является использование летучих ингибиторов коррозии (ЛИК), которые, в отличие от традиционных ингибиторов, при температуре окружающей среды, с достаточно высокой скоростью самопроизвольно адсорбируясь из парогазовой фазы на поверхности металла, предотвращают протекание коррозионных процессов. С учетом повышенных экологических и экономических требований к летучим ингибиторам авторами установлено, что перспективным сырьем для их создания могут быть соединения растительного происхождения [1]. Однако данные составы летучих ингибиторов, разработанные на основе изопропанольных экстрактов растительного сырья, обеспечивают эффективную защиту в условиях периодической конденсации влаги в течение 20 суток, то есть на относительно короткий период хранения или транспортировки металла. В то же время зачастую требуется обеспечение более длительной антикоррозионной защиты от атмосферной коррозии сроком до 30-60 суток.

Одной из важнейших характеристик, определяющих длительность защитного действия, является упругость насыщенных паров летучих ингибиторов [2; 3]. При этом наиболее надежная защита металлоизделий обеспечивается ингибиторами с оптимальной упругостью насыщенных паров. Связано это с тем, что легколетучий ингибитор обеспечивает быстрое достижение необходимой концентрации паров, однако, в негерметичной емкости расход ингибиторов будет очень высок, а его защитное действие непродолжительно. При использовании малолетучего ингибитора могут создаваться такие условия, при которых коррозия наступит раньше, чем пары ингибитора достигнут поверхности металла с последующей адсорбцией.

Поэтому эффективным оказывается совместное использование более легколетучих и менее легколетучих веществ, обеспечивающих пролонгированное антикоррозионное действие за счет образуемой на поверхности металла защитной пленки на более длительный срок.

### Цель исследований

Разработка составов летучих ингибиторов со сроком защитного действия до 60 суток. Изучение влияния солей жирных кислот на механизм защитного действия в условиях атмосферной коррозии композиций летучих ингибиторов на основе растительного сырья.

### Методика експеримента

В качестве объектов исследований служили триэтиламин (ТЭА), бензотриазол (БТА), композиции летучего ингибитора на основе хмеля сорта «Ароматический» (ЛИК 1) и жмыха рапса (ЛИК 2). Для сравнения исследовали известный летучий ингибитор коррозии нитрит дициклогексиламина (НДА).

В качестве малолетучего компонента в композиции летучих ингибиторов исследовали соль смеси жирных кислот (СЖК), которую вводили в базовый состав в концентрации 0,25; 0,85 и 1,45 % мас.

Антикоррозионное действие ЛИК оценивали в условиях периодической конденсации влаги. Перед испытаниями плоские образцы зачищали наждачной бумагой различной зернистости, обезжиривали ацетоном и выдерживали 3 суток в герметично закрытом сосуде над бюксом с жидким ингибирующим веществом. После чего металлические образцы размещали в герметичный эксикатор с дистиллированной водой и емкостью с ингибитором. Для обеспечения коррозионных процессов эксикатор размещали в термокамеру, в которой поддерживали режим периодической конденсации влаги (1 цикл в течение 8 часов при температуре 40° С и 16 часов – при температуре 25° С). Длительность испытаний составила 60 суток.

По второй методике исследуемые ЛИК применяли в виде ингибированной бумаги. Введение ингибитора в бумагу производили ее пропиткой. Образцы упаковывали в ингибированную бумагу, а затем помещали в полиэтиленовый чехол и 3 суток выдерживали в комнатных условиях. По истечении этого времени для проведения ускоренных коррозионных испытаний образцы помещали в климатическую камеру с температурой окружающей среды 40°С и относительной влажностью 100%. Испытания проводили в течение 60 суток (1 цикл 8 ч при температуре 40°С и 16 ч при температуре 25°С).

### Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований представлены в таблице 1. Анализ результатов показывает, что коэффициент торможения скорости коррозии для индивидуальных компонентов составляет не более 14,59 раз. Композиции ЛИК на основе растительного сырья обладают более высокими защитными свойствами. При их применении скорость атмосферной коррозии тормозится более, чем в 15...17 раз. Тогда как введение добавки СЖК в состав разработанной композиции летучего ингибитора на основе растительного экстракта способствует увеличению срока его защитного действия в условиях периодической конденсации влаги и обеспечивает более стабильную защиту как в начальный период испытаний, так и при длительном использовании.

Так, при использовании ЛИК на основе растительного сырья без дополнительного введения СЖК первые небольшие коррозионные поражения на образцах появлялись после 1 месяца испытаний, в то время как образцы с ингибитором, содержащим добавку с оптимальным соотношением компонентов ингибирующей композиции, не прородировали ни на начальном этапе, ни через 2 месяца испытаний.

Следует отметить, что эффективность защитного действия исследуемого летучего ингибитора при дополнительном введении СЖК зависит от количества добавки. Так, при содержании СЖК в ингибирующей композиции в количестве 0,25 или 0,85 % мас. первые небольшие коррозионные поражения появились после 1,5 месяцев испытаний, в то время как на образце с ингибитором, содержащим 1,45 % мас., даже по истечении 2 месяцев следы коррозии не зафиксированы. А коэффициент торможения атмосферной коррозии для ЛИК с максимальным содержанием СЖК достигает 82...124 раза.

При использовании в качестве ЛИК триэтиламина уже после 20 суток испытаний на образцах появились следы коррозии, а через 1,5 месяца испытаний это привело к значительным коррозионным поражениям ( $\gamma$  достигает 7). Ингибитор БТА также проявля-

ет слабые ингибирующие свойства по отношению к предлагаемым композициям и практически не предотвращает образование коррозионных поражений на образцах ( $\gamma$  достигает 2,42). На образцах, обработанных ингибитором НДА, первые незначительные коррозионные поражения появились после 45 дней испытаний.

Таблица 1

*Скорость коррозии Стали 20 (периодическая конденсация влаги, 40°C) в присутствии летучих ингибиторов коррозии*

Ингибитор	СЖК, % мас.	Уровень коррозионного поражения поверхности металла				К <sub>м</sub> (2 месяца, г/(м <sup>2</sup> час)	Z, %	$\gamma$	
		Время испытаний, месяцев							
		0,5	1,0	1,5	2,0				
ЛИК 1 (на основе экстракта хмеля «Ароматический»)	–	++	+	+	+	17,40	94,95	17,49	
ЛИК 2 (на основе экстракта жмыха рапса)	–	++	+	+	+	19,86	94,14	15,32	
Триэтиламин (ТЭА)	–	+	+	+-	+-	42,95	85,80	7,08	
Бензотриазол (БТА)	–	+-	+-	–	–	125,71	58,69	2,42	
Нитрит дициклогексилламина (НДА)	–	++	++	++	+	20,86	93,15	14,59	
ЛИК 1 (экстракт хмеля)	ЛИК1-1	0,25	++	++	+	+	12,13	96,68	25,09
	ЛИК1-2	0,85	++	++	+	+	8,09	97,41	37,62
	ЛИК1-3	1,45	++	++	++	++	3,68	98,90	82,70
ЛИК 2 (экстракт жмыха рапса)	ЛИК2-1	0,25	++	++	+	+	12,50	96,56	24,35
	ЛИК2-2	0,85	++	++	+	+	10,02	97,14	30,38
	ЛИК2-3	1,45	++	++	++	++	2,45	99,20	124,23
Без ингибитора	–	+-	+-	–	–	304,36	–	–	

*Примечание:* «++» – коррозия отсутствует, «+» – слабая защита металла, «+-» – небольшие коррозионные поражения, «-» – отсутствие защитного действия.

Результаты испытаний по методике 2 представлены на рисунке 1. На стальных образцах, упакованных в бумагу, не содержащую ингибитора, уже через 18 суток экспозиции в климатической камере с относительной влажностью атмосферы 100% были видны точки ржавчины, занимающие до 8 % поверхности металла. Их число и площадь со временем увеличивалась. К концу эксперимента поверхность образцов была на 20...25% покрыта продуктами атмосферной коррозии. Образцы, упакованные в бумагу, содержащую НДА, корродировали значительно медленнее, и только через 30 суток ис-

пытаний теряли блеск, а к концу эксперимента (60 суток) на них появлялись незначительные коррозионные пятна.

Бумага, содержащая ЛИК на основе растительного сырья без дополнительного введения СЖК, обеспечивает стабильную защиту в течение 32 суток, однако со временем образцы теряют металлический блеск, и к концу испытаний на них отмечены некоторые следы коррозии. Добавление СЖК в состав ЛИК в концентрации 0,25 или 0,85% мас. способствует повышению защитного действия, однако не обеспечивает полной защиты. Бумага, содержащая разработанный ЛИК с добавкой СЖК 1,45 % мас., обеспечивает достаточно длительную противокоррозионную защиту. Так, стальные образцы после 2 месяцев ускоренных коррозионных испытаний только незначительно потеряли первоначальный блеск.

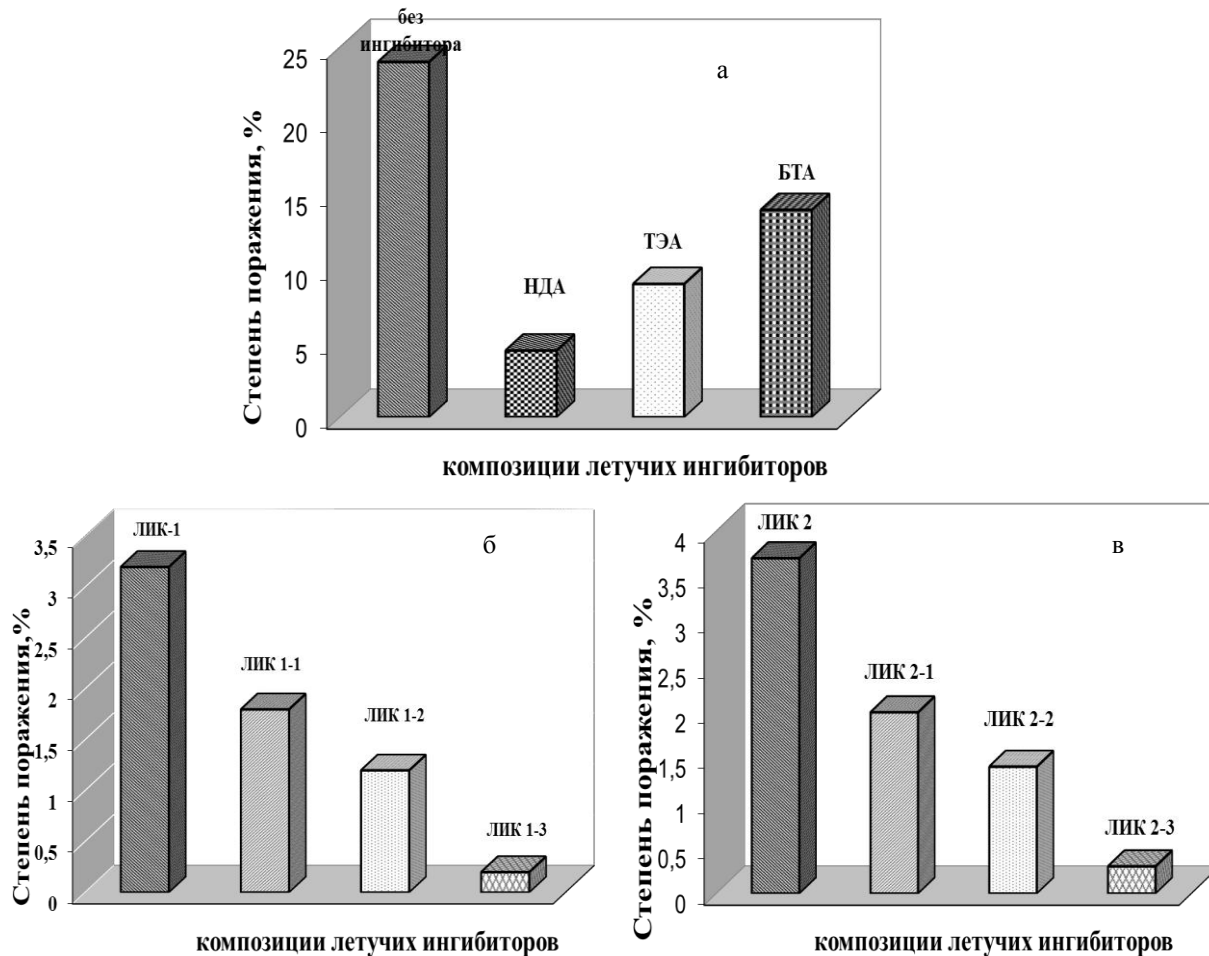


Рис. 1. Степень поражения образцов при испытаниях летучих ингибиторов коррозии в виде ингибитированной бумаги: а – индивидуальных компонентов; композиций летучего ингибитора с добавками СЖК; б – на основе хмеля (ЛИК 1); в – на основе жмыха рапса (ЛИК 2)

Одной из немаловажных характеристик ингибиторов атмосферной коррозии является их летучесть, поэтому в работе определена упругость насыщенных паров разработанных композиций ЛИК. Результаты измерений представлены в таблице 2. Так, среди индивидуальных веществ максимальная упругость насыщенного пара наблюдается у триэтиламина и соответствует 63,6 мм рт.ст. Для него же установлена и низкая антикоррозионная эффективность. Несколько ниже значения этого показателя у БТА (47,87 мм рт.ст.) и НДА (42,4 мм рт.ст.). Композиции летучего ингибитора на основе растительного сырья (ЛИК 1 и ЛИК 2) несколько более летучи (57,2 и 58,5 мм рт. ст.). Введение СЖК в количестве от 0,25 до 1,45 % мас., снижает давление насыщенного па-

ра в композициях на основе экстракта хмеля «Ароматический» и жмыха рапса от 48,5 до 29,8 и от 49,9 до 30,8 мм рт. ст., соответственно.

Однако следует отметить, что в целом значения упругости насыщенных паров композиции с добавками СЖК соизмеримы с этим показателем для БТА и ТЭА, являющихся низкоэффективными добавками. Следовательно, дополнительное введение СЖК в состав летучего ингибитора не только снижает упругость насыщенного пара композиции ингибитора, что способствует более медленному его испарению, но и значительно увеличивает эффективность защитного действия, вероятно, за счет адсорбции на поверхности металла молекул солей и усиления защитных свойств адсорбционного слоя.

Таблица 2

*Давление насыщенных паров исследуемых ЛИК*

Исследуемый состав		Содержание СЖК, % масс.	Упругость насыщенных паров, мм рт. ст.
ЛИК 1		–	57,2
ЛИК 2		–	58,5
ТЭА		–	63,6
БТА		–	47,8
НДА		–	42,4
ЛИК 1 (на основе экстракта хмеля «Ароматический»)	ЛИК1-1	0,25	48,5
	ЛИК1-2	0,85	36,1
	ЛИК1-3	1,45	29,8
ЛИК 2 (на основе экстракта жмыха рапса)	ЛИК2-1	0,25	49,9
	ЛИК2-2	0,85	36,9
	ЛИК2-3	1,45	30,8

**Выводы**

Таким образом, исследованиями установлено, что для получения более высокоэффективной композиции ЛИК на основе растительного сырья необходимо введение в нее компонента, уменьшающего летучесть композиции в целом.

Показано, что эффективной добавкой, снижающей упругость насыщенных паров ингибирующей композиции на основе растительного сырья, являются соли жирных кислот. При их оптимальном введении не только снижается упругость насыщенных паров композиции летучего ингибитора, но и в 2-3 раза повышается гарантированный срок антикоррозионной защиты металла на период его хранения и транспортировки как в условиях конденсации влаги, так и в виде ингибированной бумаги.

Последующие исследования следует направить на изучение механизма адсорбции солей жирных кислот из парогазовой фазы и их влияния на структуру защитной адсорбционной пленки.

**Список использованных источников**

1. Чигиринець О.Е. Дослідження протикорозійної ефективності рослинних екстрактів / О.Е Чигиринець, В.І. Воробйова // Наукові вісті «КПІ». – 2010. – № 6. – С. 152-156.
2. Розенфельд И.Л. Ингибиторы атмосферной коррозии / И.Л Розенфельд, В.П. Персианцева. – Москва: Наука, 1985. – 177 с.
3. Андреев Н.Н. О прогнозировании давления паров летучих ингибиторов коррозии / Н.Н. Андреев, Ю.И. Кузнецов // Защита металлов. – 1996. - № 2. – С. 163–169.