

УДК 614.841

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2024.69.28.002

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ДОБАВКИ К ВОДЕ «ЛЕС-01»

Валентин Николаевич Нелюбов¹, Александр Ильич Устрехов², Николай Петрович Копылов³, Елена Юрьевна Сушкина³

¹ Главное управление пожарной охраны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ГУПО МЧС России), г. Москва, Россия.

² ООО «ВФЛ», г. Москва, Россия.

³ Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Аннотация. Для тушения лесных пожаров предлагаются различные добавки к воде. Среди них наибольшим огнетушащим эффектом обладает добавка «Лес-01». Исследована коррозионная активность водного раствора «Лес-01» (2,5 % (об.)) и выработаны рекомендации по его безопасному применению как для штатной пожарной техники, так и для авиации.

Ключевые слова: коррозия, коррозионная активность пенообразователя, защита техники от коррозии, добавка «Лес-01», пожарный насос

Для цитирования: Оценка коррозионной активности добавки к воде «Лес-01» / В.Н. Нелюбов, А.И. Устрехов, Н.П. Копылов, Е.Ю. Сушкина // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2024. № 2 (20). С. 13–18. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.69.28.002>.

EVALUATION OF CORROSIVENESS OF LES-01 WATER ADDITIVE

Valentin N. Nelyubov¹, Alexander I. Ustrekhov², Nikolay P. Kopylov³, Elena Yu. Sushkina³

¹ The Main Department of Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia) Moscow, Russia.

² VFL LLC, Moscow, Russia.

³ All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

Abstract. Various water additives are available for extinguishing forest fires. The additive Les-01 has the most extinguishing effect among them. The corrosiveness of Les-01 water solution (2.5 % vol.) was investigated. There were developed the recommendations for its safe use for both regular fire-fighting equipment and aviation.

Keywords: corrosion, corrosiveness of foaming agent, corrosion protection of machinery, Les-01 additive, fire pump

For citation: Nelyubov V.N., Ustrekhov A.I., Kopylov N.P., Sushkina E.Yu. Evaluation of corrosiveness of Les-01 water additive. Aktual'nye voprosy pozharnoi bezopasnosti – Current Fire Safety Issues, 2024, no. 2, pp. 13-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2024.69.28.002>.

Эксплуатация пожарной техники при тушении пожаров связана с использованием различных огнетушащих веществ, которые могут обладать коррозионной активностью по отношению к материалам, из которых изготавливаются узлы и агрегаты этой техники.

В настоящее время для приготовления огнетушащих растворов наиболее широко применяются пенообразователи различного вида – синтетические, фторированные, которые характеризуются различной коррозионной активностью. Для количественной оценки коррозионной активности используется значение скорости коррозии по отношению к тому или иному конструкционному материалу. Например, для пенообразователей скорость коррозии стали марки 3 находится в пределах $0,5 \div 2,0 \cdot 10^{-8}$ кг/(м² · с) [1].

В пожарной технике контактируют с растворами огнетушащих веществ детали насосов. Требования к пожарным насосам изложены в ГОСТ Р 52283–2019 «Техника пожарная. Насосы центробежные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний». Этот стандарт распространяется на центробежные пожарные насосы (нормального давления, высокого давления, комбинированные), предназначенные для подачи воды и водных растворов пенообразователей до 303 К (30 °С) с водородным показателем от 7 до 10,5 рН плотностью до 100 кг · м⁻³ и массовой концентрацией твердых частиц до 0,5 % при их максимальном размере 3 мм. При этом стальные детали насосов, включая крепежные, контактирующие с перекачиваемой жидкостью, должны быть выполнены из коррозионно-стойких сталей или иметь защитное покрытие по ГОСТ 9.301, удовлетворяющее условиям эксплуатации.

Наружные поверхности деталей насосов, изготовленные не из коррозионно-стойких материалов, должны иметь лакокрасочные покрытия по ГОСТ 9.032 или гальванические защитные металлические покрытия по ГОСТ 9.301, удовлетворяющие условиям эксплуатации.

Например, насос ПН-40УВ [2] состоит из алюминиевого корпуса, стальных рабочих колес, установленных на стальном валу, опирающихся на подшипники. Рабочие колеса оснащены лопатками, а между колесами и корпусом установлены чугунные серые уплотнительные кольца. Емкости для пенообразователей изготавливаются, как правило, из нержавеющей стали.

Одним из направлений повышения стойкости деталей и узлов пожарной техники к коррозии являются механические способы обработки деталей [3], в частности, шлифование вала. В качестве снижения коррозионной активности пенообразователей рассматривается внесение в них ингибиторов коррозии [4, 5]. Показано, что добавка к рабочим растворам пенообразователей общего и целевого назначения карбамида, содержащего в своем составе диаммонийфосфат, снижает коррозионную активность пенообразователей общего назначения в 8 раз, а целевого назначения – в 6 раз.

Для повышения эффективности тушения лесных пожаров рекомендуется использовать добавки к воде, которые представляют собой смачиватели, антипирены, загустители или их комбинации [6]. Водные растворы с этими добавками подаются на тушение с помощью штатной пожарной техники и авиации (автоцистерны, мотопомпы, самолеты Бе-200 и Ил-76, вертолеты) [7, 8]. Сравнительные испытания по эффективности тушения модельных очагов лесных пожаров с добавками смачивателя «Файрекс», бишофита, состава ОС-5, бентонита, комбинированного антипиренового состава [9] показали перспективность практиче-

ского применения состава «Лес-01». В этот состав в качестве антипирена входит полифосфат аммония, а в качестве загустителя специальная глина до 2 % (об.). Если коррозионная активность пенообразователей-смачивателей, как показано выше, достаточно хорошо изучена и выработаны меры по снижению скорости коррозии, то коррозионная активность добавок к воде для тушения лесных пожаров малоизучена. В составы ОСБ-1 [10] – основа бишофит (хлорид магния) – включен ингибитор коррозии М-1, и ОС-5 – основа диаммонийфосфат – он же ингибитор коррозии [11], но данные о коррозирующем действии их на конструкционные материалы пожарной техники и самолетов отсутствуют.

Цель настоящей работы – определить коррозионную активность водных растворов долговременного замедлителя горения «Лес-01» на типовые металлические конструкционные материалы.

В качестве типовых металлических материалов по рекомендации ПАО «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина» (ПАО «Ил») были выбраны нержавеющая сталь 30ХГСА без покрытия, конструкционная сталь 30ХГСА Ц6 Фос.Окс. и 30ХГСА Кд.6 Фос.Окс.прм., нержавеющая сталь 12Х18Н10Т Хим.Пас., алюминиевые сплавы Д16АТВ без покрытия и Д16АТВ Ан.Окс.нхр., титановый сплав ОТ4 без покрытия, бронза БрАЖМЦ 10-3-1,5 без покрытия и БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. Исследования проводились в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ.

Определение коррозионной активности проводилось в соответствии с СТО 1-595-7-616-2020 по следующим методам ускоренных испытаний:

1. Полное погружение металлических образцов в исследуемый водный раствор долговременного замедлителя горения «Лес-01» на 1 ч.

2. Воздействие нанесенного исследуемого водного раствора на металлы в условиях влажной атмосферы (температура (20 ± 2) °С и относительной влажности (98 ± 2) %) в течение 30 сут.

Подготовку образцов к испытаниям, обработку образцов после испытаний проводили в соответствии с СТО 1-595-7-616-2020.

Металлические образцы полностью погружали в исследуемый раствор на 1 ч при комнатной температуре. Образцы металлов взвешивали до и после испытаний. После выдержки в исследуемом водном растворе образцы промывали проточной водой и сушили при комнатной температуре. Оценку воздействия исследуемого водного раствора на металлические образцы проводили по результатам визуальной оценки состояния поверхности образцов и гравиметрическим методом по изменению массы образцов и определению скорости потери массы.

Испытания в условиях влажной атмосферы (экспозиция 30 сут. при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности (98 ± 2) %) проводили на образцах, обработанных следующим образом:

- контрольные образцы без обработки водным раствором;
- образцы с нанесенным исследуемым водным раствором;
- образцы после нанесения исследуемого водного раствора и промывки водой.

Оценку коррозионной агрессивности осуществляли по изменению внешнего вида металлических образцов после окончания испытаний в камере влажности.

Результаты испытаний иллюстрируют данные, приведенные в таблице.

Результаты испытаний металлических образцов, обработанных 2,5%-м и 12%-м водными растворами долговременного замедлителя горения «Лес-01» ТУ 5728-002-58730453-2016 (партия № 3 от 23.03.2022) после 30 сут. экспозиции во влажной атмосфере при температуре (20 ± 2) °С и относительной влажности (98 ± 2) %

| Марка материала | Конц., % | Состояние поверхности металлических образцов после 30 суток экспозиции | |
|------------------------------|----------|--|---|
| | | Контрольные образцы | Поверхность образцов, промытых водой от остатков «Лес-01» |
| Д16АТВ без покрытия | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| Д16АТВ Ан.Окс.нхр. | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| БрАЖМЦ 10-3-1,5 без покрытия | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| ОТ4 без покрытия | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| 30ХГСА Ц6 Фос.Окс. | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| 30ХГСА Кд.6 Фос.Окс.прм. | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |
| 12Х18Н10Т Хим.Пас. | 2,5 | Без изменения | Без изменения |
| | 12 | Без изменения | Без изменения |

Выводы

1. Исследованные 2,5%-й и 12%-й водные растворы долговременного замедлителя горения «Лес-01» не оказали коррозионного воздействия на титановый сплав ОТ4 без покрытия, алюминиевые сплавы Д16АТВ без покрытия и Д16АТВ Ан.Окс.нхр.

2. Водный раствор долговременного замедлителя горения «Лес-01» с концентрацией 2,5 % не оказывает коррозионного воздействия на сталь марки 30ХГСА с покрытиями Ц6 Фос. Окс. и Кд.6 Фос.Окс.прм. и бронзу марки БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. при промывке водопроводной водой после контакта.

3. Водный раствор долговременного замедлителя горения «Лес-01» с концентрацией 2,5 % не оказывает коррозионного воздействия на сталь марки 30ХГСА с покрытиями Ц6 Фос.Окс. и Кд.6 Фос.Окс.прм. и бронзу марки БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. без промывки водопроводной водой после контакта. Однако после 240 ч (10 сут.) экспозиции в условиях влажной атмосферы при температуре (20 ± 3) °С и относительной влажности (98 ± 2) % на образцах из стали марки 30ХГСА с покрытиями Ц6 Фос.Окс. и Кд.6 Фос.Окс.прм. были обнаружены следы коррозии покрытий по краям и торцам образцов, а на образцах из бронзы марки БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. после 720 ч (30 сут.) экспозиции. Следовательно, для предотвращения возникновения коррозии при использовании водного раствора долговременного замедлителя горения «Лес-01» необходимо проводить промывку мест контакта от остатков долговременного замедлителя горения «Лес-01».

4. На основании результатов проведенных испытаний долговременного замедлителя горения «Лес-01» с концентрацией 2,5 % рекомендуется установить допустимое время контакта со сталью марки 30ХГСА с покрытиями Ц6 Фос.Окс. и Кд.6 Фос.Окс.прм. и бронзу марки БрАЖМЦ 10-3-1,5 Хим.Пас. не более 240 ч (10 сут.).

5. Рекомендуется проводить промывку мест контакта вышеуказанных металлических материалов с 2,5%-м водным раствором долговременного замедлителя горения «Лес-01» ТУ 5728-002-58730453-2016 водопроводной водой не реже 1 раза в 240 ч (10 сут.).

Список литературы

1. Справочник химика 21. Химия и химическая технология: сайт. URL: <https://www.chem21.info/info/935436/> (дата обращения: 16.04.2024).

2. Насос пожарный ПН-40. URL: <https://makipa.ru/stati/nasosy-dlya-pozharotusheniya/naznachenie-ustrojstvo-i-princip-raboty-pozharnogo-nasosa-pn-40-osnovnye-ponyatiya-i-opredeleniya/> (дата обращения: 16.04.2024).

3. Киселев В.В. Оценка стойкости деталей пожарных насосов к износу // NovalInfo, 2017. № 64 С. 32-37. URL: <https://novainfo.ru/article/12758> (дата обращения: 17.04.2024).

4. Навроцкий О.Д., Рябцев В.Н., Иванов И.Ю. Сохраняемость и регенерация пенообразователей для тушения пожаров // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. 2020. Т. 4., № 1. С. 32–38.

5. Навроцкий О.Д., Заневская Ю.В., Емельянов В.К. Исследования по повышению сохраняемости водных рабочих растворов пенообразователей // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. 2011. № 1 (23). С. 56–62.

6. Локализация и подавление горения лесных материалов с применением авиации / Д.О. Глушков, Н.П. Копылов, С.С. Кропотова, Г.В. Кузнецов, П.А. Стрижак. Новосибирск: Изд. СОРАН, 2020. С. 336.

7. Технологические схемы применения пожарной техники для подачи воды с добавкой «Лес-01» на тушение ландшафтных пожаров / В.Н. Нелюбов, Н.П. Копылов, А.Е. Кузнецов, М.В. Илеменов, Д.А. Минайлов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXVI Междунар. науч.-практ. конф., 29 мая – 1 июня 2024 г. Москва: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024.

8. Особенности тушения лесных пожаров с применением авиации / Н.П. Копылов, В.Н. Карпов, А.Е. Кузнецов, Д.В. Федоткин, И.Р. Хасанов, Е.Ю. Сушкина // Вестник Томского государственного университета. 2019. № 59. С. 79–86.

9. Оптимальный композитный состав огнетушащих веществ для локализации и ликвидации лесных возгораний / Р.С. Волков, А.О. Жданова, П.А. Стрижак, Н.П. Копылов, А.И. Устрехов // Актуальные проблемы пожарной безопасности: материалы XXXVI Междунар. науч.-практ. конф., 29 мая – 1 июня 2024 г. Москва: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024.

10. Лорбербаум В.Г., Седина И.Н., Давыдов Е.Ф. Применение состава ОСБ-1 для борьбы с лесными пожарами // Инструкция. Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1986. 22 с.

11. Применение огнетушащего состава ОС-5 для борьбы с лесными пожарами // Инструкция. Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1989. 21 с.

**Статья поступила в редакцию 15.03.2024;
одобрена после рецензирования 15.04.2024;
принята к публикации 16.05.2024.**

Нелюбов Валентин Николаевич – начальник Главного управления пожарной охраны МЧС России.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России), Москва, Россия.

Устрехов Александр Ильич – кандидат технических наук, генеральный директор.

ООО «ВФЛ», Москва, Россия.

Копылов Николай Петрович – доктор технических наук, главный научный сотрудник, профессор; **Сушкина Елена Юрьевна** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник.

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

Valentin N. Nelyubov – Head of the Main Department of Fire Service of EMERCOM of Russia.

Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Moscow, Russia.

Alexander I. Ustrekhov – Candidate of Technical Sciences, General Director.

VFL LLC, Moscow, Russia.

Nikolay P. Kopylov – Doctor of Technical Science, Main Researcher, Professor; **Elena Yu. Sushkina** – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.