

Научная статья

УДК 66.017

DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-4-90-98

## ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАСЕЛ

Н.Г. Кравченко<sup>1</sup>, В.К. Щекин<sup>1</sup>, Е.А. Ефимова<sup>1</sup>, Д.В. Жердев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Москва, Россия; admin@viam.ru

**Аннотация.** Проведены эксперименты по определению защитных свойств перспективных консервационных масел в сравнении со штатным маслом К-17. Определены наиболее эффективные консервационные масла, которые можно использовать при разработке рекомендаций для защиты деталей авиационной техники и пересмотре действующей нормативной документации. На основе анализа содержащихся маслорастворимых ингибиторов коррозии в испытанных маслах и механизма их действия выдвинуто предположение по объяснению эффективности того или иного масла.

**Ключевые слова:** временная противокоррозионная защита, консервационное масло, натурные климатические испытания, защитная способность, маслорастворимый ингибитор коррозии

**Для цитирования:** Кравченко Н.Г., Щекин В.К., Ефимова Е.А., Жердев Д.В. Защитные свойства консервационных масел // Труды ВИАМ. 2023. № 4 (122). Ст. 09. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-4-90-98.

Scientific article

## CONSERVATION OILS PROTECTIVE ABILITY

N.G. Kravchenko<sup>1</sup>, V.K. Shchekin<sup>1</sup>, E.A. Efimova<sup>1</sup>, D.V. Zherdev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific-Research Institute of Aviation Materials» of National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia; admin@viam.ru

**Abstract.** Comparative experiments were carried out to determine the protective properties of promising conservation oils in comparison with standard K-17 oil. The most effective conservation oils that can be used in the development of recommendations for the protection of aircraft parts and the revision of current regulatory documentation have been determined. Based on the analysis of the oil-soluble corrosion inhibitors contained in the tested oils and the mechanism of their action, an assumption was made to explain the effectiveness of a particular oil.

**Keywords:** temporary anticorrosive protection, preservation oil, full-scale climatic tests, protective ability, oil-soluble corrosion inhibitor

**For citation:** Kravchenko N.G., Shchekin V.K., Efimova E.A., Zherdev D.V. Conservation oils protective ability. *Trudy VIAM*, 2023, no. 4 (122), paper no. 09. Available at: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2023-0-4-90-98.

### Введение

Производство деталей и узлов в авиационной промышленности включает различные промежуточные операции в пределах одного предприятия. В перерывах между операциями или в процессе обработки, при контрольных операциях, а также при транспортировании и хранении на территории цеха или складе готовой продукции детали и узлы подлежат межоперационной защите. При подготовке к хранению материалов и

изделий авиационной техники выполняют операции по временной противокоррозионной защите, руководствуясь действующей нормативной документацией. Под термином «временная противокоррозионная защита» понимают защиту от коррозии металлов и изделий на время их изготовления, транспортирования, хранения и эксплуатации средствами ингибиторной защиты, удаляемыми перед использованием металлов и изделий по назначению или не требующими удаления, если они не препятствуют их использованию.

Основными критериями выбора консервационных материалов являются способ хранения, состояние защищаемой поверхности, технология применения и упаковки, срок хранения и т. д. В частности, согласно ОСТ 1 90257–77 «Детали и узлы авиационной техники в механических, сборочных цехах и в хранилищах готовых деталей. Межоперационная противокоррозионная защита», детали из углеродистых и малолегированных сталей после механической обработки не допускается хранить без консервации >4 ч. В качестве консервационных материалов предлагается применение консервационных масел и смазок, защитных эмульсий, водных растворов ингибиторов, противокоррозионных бумаг, ингибированных полимерных покрытий и др. При консервации маслом марки К-17 и упаковке в два слоя парафинированной бумаги детали и узлы из углеродистых и малолегированных сталей могут храниться на отапливаемом складе готовой продукции до 2 лет.

Согласно РТМ 1.2.142–2021 «Двигатели, редукторы авиационные и запасные части к ним. Общие требования к временной противокоррозионной защите», в зависимости от макроклиматических районов размещения по ГОСТ 15150–69 (тропический морской, умеренный и холодный климат) и условий хранения (под навесом, открытое или закрытое, отапливаемое или неотапливаемое помещение) сроки хранения запасных деталей при применении масла К-17 в качестве средства временной противокоррозионной защиты при наружной консервации с упаковкой в парафинированную и оберточную бумаги, чехол из полиэтиленовой пленки, а также с использованием силикагеля-осушителя и деревянного ящика могут достигать 10 лет.

Межгосударственный стандарт ГОСТ 9.014–78 регламентирует выбор средств временной противокоррозионной защиты, который включает: консервационные масла, рабочие масла с маслорастворимыми ингибиторами, смазки, водно-восковой состав «Герон», ингибированные полимерные покрытия, смываемые ингибированные покрытия (НГ-222А, Мовиль, ИФХАН-29, МОПЛ-2(3), Оремин, Кабинор, Мольвин-МЛ, Ингибит-С), водорастворимые ингибиторы коррозии (М-1, Н-М-1) [1], а также противокоррозионные бумаги, содержащие летучие ингибиторы коррозии.

Применение консервационных масел является одним из простых и распространенных способов защиты от атмосферной коррозии. В состав консервационного масла чаще всего входит минеральное или синтетическое масло, содержащее различные присадки, в том числе маслорастворимые ингибиторы коррозии, вытесняющие воду с поверхности и образующие на металле адсорбционные (экранирующие) и хемосорбционные пленки [2–4].

Ингибиторы коррозии классифицируют на водорастворимые, водомаслорастворимые и маслорастворимые соединения (поверхностно-активные вещества – ПАВ). В состав нефтепродуктов входят противокоррозионные присадки, которые тормозят химическую и электрохимическую коррозию металлов непосредственно самой среды. В состав также добавляют маслорастворимые присадки, уменьшающие скорость коррозии в присутствии электролитов, проникающие из внешней среды к поверхности металлов, т. е. данные присадки улучшают защитные свойства смазочных материалов. Следует отметить, что с увеличением молекулярной массы маслорастворимых ингибиторов и снижением величины гидрофильно-липофильного баланса ухудшаются поверхностно-активные свойства и, соответственно, защитная способность ПАВ.

При рассмотрении механизма действия маслорастворимых ингибиторов коррозии их принято условно делить на хемосорбционные (доноры электронов – анодного действия, акцепторы – катодного действия) и адсорбционные (экранирующие) ингибиторы, взаимодействие которых с поверхностью металла связано с физическим процессом адсорбции и определяется в основном вандерваальсовым взаимодействием.

Как показано ранее, для наружной и внутренней консервации неокрашенных поверхностей изделий авиационной техники традиционно используют консервационное масло К-17 (по ГОСТ 10877–76). Известно, что данное масло может вызвать потемнение меди и ее сплавов. В настоящее время рынок может предложить множество других консервационных масел, значительно превосходящих по защитным свойствам штатное масло К-17.

Цель данной работы – определение защитной способности перспективных консервационных масел в лабораторных и естественных морских климатических условиях.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Климатические испытания» НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ.

### Материалы и методы

Объектами исследования являются консервационные масла Маякор (ТУ 38.401-58-67-93) и Росойл-700 (ТУ 0253-027-06377289–2000). Штатное консервационное масло К-17 (ГОСТ 10877–76) использовали в качестве объекта сравнения при проведении испытаний. Физико-химические свойства масел представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Физико-химические свойства консервационных масел**

Свойства	Значение свойств для масел		
	Маякор	Росойл-700	К-17 (эталон сравнения)
Кинематическая вязкость при температуре 40 °С, мм/с	37,8	33,7	46,9
Кислотное число, мг КОН/г	0,9	0,3	Отсутствует
Температура вспышки в открытом тигле, °С (не менее)	183	170	180
Содержание воды	Отсутствует		Следы
Содержание механических примесей, % (по массе) (не более)	0,07	0,047	0,07

Испытания по определению защитных свойств консервационных масел проводили в соответствии с ГОСТ 9.054–75 (по методам 1 и 3) на следующих металлах: сталь конструкционная марки 30ХГСА, сталь углеродистая марки Ст. 10, медь марки М1 и алюминиевый сплав марки Д16-Т без покрытий. Шероховатость пластинок находилась в пределах 1,25–0,65 мкм.

Консервационные масла наносили на испытываемые пластинки следующим образом: металлические пластинки, подвешенные на крючки, вертикально погружали на 1 мин в консервационный состав при температуре 20–25 °С, затем пластинку извлекали и выдерживали на воздухе в подвешенном состоянии не менее 1 ч.

Метод 1 предполагает осуществление испытаний в условиях повышенных относительной влажности и температуры с периодической конденсацией влаги на образцах. Испытания проводят в климатической камере по следующему циклическому режиму: при температуре 40±2 °С – в течение 7 ч, при температуре 30±2 °С – в течение 17 ч и при влажности воздуха 98±2 %.

Испытания по методу 3 заключаются в выдерживании металлических пластинок с нанесенными на них консервационными материалами в атмосфере солевого тумана с распылением 5%-ного раствора хлористого натрия при температуре 35±2 °С.

Защитные свойства оценивали по времени появления первого минимального коррозионного очага.

При выборе средств временной противокоррозионной защиты необходимо учитывать характеристику климата и условия хранения. Жесткие условия натуральных испытаний позволяют наиболее полно за короткое время установить разницу в защитной эффективности консервационных составов и спрогнозировать их поведение в других районах Российской Федерации [5, 6]. Соответственно, проведение натуральных климатических испытаний является целесообразным для определения эффективного по защите консервационного масла [7, 8]. Натурные климатические испытания защитных свойств смазочных материалов проводили в Геленджикском центре климатических испытаний ВИАМ им. Г.В. Акимова НИЦ «Курчатовский институт» [9, 10], расположенном в районе умеренно теплого климата с наличием в атмосфере большого количества хлоридов [11]. Экспозицию образцов осуществляли под навесом для имитации жестких условий хранения. Контроль выполняли ежедневно в течение всей продолжительности испытаний. Определяли время до появления первых очагов коррозионных поражений, а также состояние образцов после экспозиции в течение 6 мес с помощью бинокулярного микроскопа при увеличении  $\times 16$ .

### Результаты и обсуждение

Результаты испытаний по определению защитных свойств консервационных составов в климатической камере (по ГОСТ 9.054–75, методы 1 и 3) представлены в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2

#### Защитная способность консервационных масел в соответствии с ГОСТ 9.054–75 (метод 1)

Металл	Время до появления первых признаков коррозии, цикл, для масел		
	Маякор	Росойл 700	К-17 (эталон сравнения)
Сталь конструкционная 30ХГСА	65	54	50
Медь М1	30	25	24
Алюминиевый сплав Д16-Т	>75	>75	75

Таблица 3

#### Защитная способность консервационных масел в соответствии с ГОСТ 9.054–75 (метод 3)

Металл	Время до появления первых признаков коррозии, сут, для масел		
	Маякор	Росойл 700	К-17 (эталон сравнения)
Сталь конструкционная 30ХГСА	6	3	2
Медь М1	3	2	1
Алюминиевый сплав Д16-Т	6	4	4

На основе представленных данных можно отметить, что масло Маякор обладает более высокими защитными свойствами в условиях повышенной влажности по сравнению с маслом Росойл-700 и штатным маслом К-17. Масло Росойл-700 незначительно превосходит масло К-17 по защитной способности. Все испытанные масла являются высокоэффективными по отношению к алюминиевому сплаву Д16-Т.

Результаты испытаний по определению защитных свойств консервационных составов в камере солевого тумана подтвердили, что масла Маякор и Росойл-700 являются более эффективными защитными средствами по сравнению с широко применяемым для защиты изделий консервационным маслом К-17.

Для проведения натуральных испытаний выбрали масла Маякор, показавшее лучшую защитную способность при проведении лабораторных испытаний, и К-17 в качестве эталона сравнения.

Данные осмотра металлических образцов после сравнительных натуральных испытаний представлены в табл. 4 и 5.

Таблица 4

## Результаты натуральных испытаний консервационных масел

Металл	Время до появления первых признаков коррозии, сут, для масел	
	Маякор	К-17 (эталон сравнения)
Сталь углеродистая Ст. 10	30	16
Медь М1	45	30
Алюминиевый сплав Д16-Т	45	30

Таблица 5

## Состояние металлических образцов после натуральных испытаний в течение 6 мес

Масло	Состояние образцов		
	из стали углеродистой Ст. 10	из меди М1	из алюминиевого сплава Д16-Т
Маякор	Поверхностная коррозия в виде точек на 30 % поверхности	Сильное потемнение поверхности с единичными точками зеленого цвета на 30 % поверхности	Общая коррозия в виде язв диаметром 5–7 мм на 30 % поверхности
К-17	Поверхностная коррозия в виде точек на 80 % поверхности	Сильное потемнение поверхности с единичными точками зеленого цвета на 60 % поверхности	Общая коррозия в виде язв диаметром 5–7 мм на 30 % поверхности
Контрольные образцы (без масла)	Поверхностная коррозия в виде точек на 100 % поверхности	Сильное потемнение поверхности с единичными точками зеленого цвета на 100 % поверхности	Общая коррозия в виде язв диаметром 8–10 мм на 60 % поверхности

Установлено, что после натуральных испытаний в течение 6 мес количество коррозионных поражений на углеродистой стали Ст. 10 и меди М1 при применении масла Маякор в ~2 раза меньше по сравнению с использованием масла К-17. При этом состояния образцов из алюминиевого сплава Д16-Т под всеми испытанными маслами практически не отличались друг от друга.

Для объяснения полученных результатов следует обратиться к составу указанных консервационных масел и механизму электронного донорно-акцепторного взаимодействия маслорастворимых ингибиторов коррозии и металла.

Из данных научно-технической литературы известно, что наблюдается синергетический эффект усиления защитных свойств консервационных масел при одновременном сочетании маслорастворимых ПАВ – ингибиторов коррозии донорного, акцепторного и экранирующего типов. На данном факторе основана система изготовления комплексных присадок в нефтепродуктах [2, 3].

В состав защитного масла К-17 включены следующие компоненты: авиационное масло марки МС-20 с добавлением трансформаторных масел, загущенное окисленным петролатумом с добавлением каучука СКБ-45 (1 % (по массе)), сульфонатные присадки, присадки ЦИАТИМ-339 (2,5 % (по массе)), гидроксид лития и дифениламин [12].

Окисленный петролатум в композиции является маслорастворимым ингибитором коррозии адсорбционно-экранирующего типа, характеризуется быстроедействием и водовытесняющей эффективностью. В качестве загустителя используют каучук, а также литиевое мыло, получаемое из технического гидроксида лития и окисленного петролатума. Присадка ЦИАТИМ-339 в основном выполняет функцию антиокислителя, хотя и обладает противокоррозионными свойствами. Сульфонатные присадки предназначены для улучшения моюще-диспергирующих свойств, а также относятся к ПАВ анодного действия (доноры электронов). Маслорастворимые амины, в частности дифениламин, применяют как антиокислительные присадки к маслам.

Таким образом, можно предположить, что для консервационного масла К-17 реализовано сочетание донорного и экранирующего ингибиторов коррозии.

В научно-технической литературе и на электронных ресурсах [12] приведена ограниченная информация по составу консервационного масла Маякор: оно изготовлено

из смеси трансформаторного и нитрованного масел с добавлением загустителя, аминов, окисленных углеводов и сульфонатных присадок. По-видимому, точный состав представляет собой коммерческую тайну. Указанные в составе компоненты относятся к маслорастворимым ПАВ. Масла трансформаторное и нитрованное защищают как черные, так и цветные металлы. Нитрованное масло относится к классу доноров электронов. Окисленные углеводороды широко применяют в качестве маслорастворимых ингибиторов коррозии адсорбционного типа в смазочных композициях в сочетании с детергентно-диспергирующими маслорастворимыми ПАВ (сульфонатами, нитрованными маслами), обеспечивающими лучшие растворимость и стабильность образующейся коллоидной системе. Соединения аминов не уточнены. Возможно, их присутствие в сочетании с другими компонентами обеспечивает более высокую защиту поверхностей металлов. Следует отметить, что амины относят к ингибиторам акцепторного действия.

Согласно патенту [13], консервационное масло Росойл-700 содержит олеиновую, борную кислоты, ди- и триэтаноламин, бензотриазол, окисленный петролатум и индустриальное масло.

Расширение функциональных возможностей в отношении защитной способности наблюдается для масла Росойл-700 благодаря введению олеиновой и борной кислот, аминспиртов, бензотриазола. При изготовлении этого масла производят нагревание компонентов до температуры 60–70 °С, при этом, по-видимому, образуются водомаслорастворимые ингибиторы коррозии хемосорбционного типа (вещества, принимающие электроны): соли жирной кислоты с ди- и триэтаноламином, а также соли борной кислоты и аминов. Продукты реакции непредельных и предельных жирных кислот и различных аминов широко известны и активно применяются в качестве ингибиторов коррозии [14–16]. Известно, что использование борорганических соединений в этом качестве позволяет усилить защитный эффект металлических поверхностей [17–20]. Жирные кислоты (в данном случае олеиновая кислота) и окисленный петролатум относят к ингибиторам коррозии, образующим защитные пленки и тем самым тормозящим электрохимические реакции. Бензотриазол известен как ингибитор атмосферной коррозии меди [21]. Вопрос о присутствии в составе масла Росойл-700 ингибиторов-доноров электронов остается открытым.

Таким образом, более высокую защитную эффективность консервационных масел Маякор и Росойл-700 по сравнению с испытанным маслом К-17, по-видимому, можно объяснить тем, что присутствующие ингибиторы экранирующего типа в составе данных масел синергетически усиливают защитные свойства при сочетании одновременно с ингибиторами анодного и катодного типов, т. е. наблюдается комбинация действия различных ингибиторов коррозии. За счет образования водородных связей экранирующие ингибиторы обеспечивают быстрое удаление воды с поверхности металла. На его обезвоженной поверхности сорбируются ингибиторы хемосорбционного типа. При сочетании анодных и катодных ПАВ создаются необходимые условия для образования хемосорбционных пленок как на отрицательно, так и на положительно заряженных участках металла. Далее поверх хемосорбционных пленок накладывается следующий слой ингибиторов адсорбционного типа.

### Заключения

Проведены сравнительные эксперименты по определению защитных свойств перспективных консервационных масел в климатической камере при периодической конденсации влаги на поверхности металлических образцов, в камере солевого тумана и в натуральных морских условиях.

По результатам ускоренных лабораторных испытаний установлено, что консервационные масла Росойл-700 и Маякор являются эффективными средствами временной противокоррозионной защиты как для черных, так и для цветных металлов. Защитная

способность указанных консервационных масел превосходит защитную способность масла К-17.

Данные лабораторных испытаний по высокой защитной способности масла Маякор подтверждены сравнительными климатическими натурными испытаниями – при нанесении масла Маякор первые коррозионные поражения на углеродистой стали Ст. 10 обнаружены через 30 сут, а при нанесении масла К-17 – через 16 сут.

По итогам проведенных экспериментов сформулированы предположения по объяснению полученных результатов, основанные на данных по рецептурам указанных масел и исходя из типов маслорастворимых ингибиторов коррозии и механизма их действия. Предположили, что высокую защитную эффективность консервационных масел Маякор и Росойл-700 по сравнению с испытанным маслом К-17, по-видимому, можно объяснить тем, что присутствующие в маслах ингибиторы экранирующего типа, а также донорные и акцепторные ингибиторы взаимным действием усиливают защитные свойства масла.

Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при разработке рекомендаций для защиты деталей авиационной техники и пересмотре действующей нормативной документации.

В дальнейшем является целесообразным проведение испытаний по оценке воздействия новых консервационных масел на металлы с органическими и неорганическими покрытиями, в том числе гальваническими, а также сравнение способа консервации по вариантам защиты ВЗ-10 (в соответствии с ГОСТ 9.014–78) с применением консервационных масел и упаковкой в полиэтиленовый чехол с силикагелем-осушителем с другими средствами временной противокоррозионной защиты, в частности с противокоррозионными бумагами и пленками, активно внедряемыми в авиационную отрасль в последнее время.

### Список источников

1. Крымская Р.С., Трусов В.И., Алцыбеева А.И. и др. Ингибитор коррозии Н-М-1 // Коррозия: материалы, защита. 2011. № 9. С. 32–35.
2. Шехтер Ю.Н., Школьников В.М., Богданова Т.И., Милованов В.Д. Рабоче-консервационные смазочные материалы. М.: Химия, 1979. 256 с.
3. Шехтер Ю.Н., Крейн С.Э., Тетерина Л.Н. Маслорастворимые поверхностно-активные вещества. М.: Химия, 1978. 304 с.
4. Каблов Е.Н. Роль химии в создании материалов нового поколения для сложных технических систем // Тез. докл. XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. Екатеринбург: УрО РАН, 2016. С. 25–26.
5. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Медведев И.М. Обзор зарубежного опыта исследований коррозии и средств защиты от коррозии // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 2 (35). С. 76–87. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-2-76-87.
6. Ветрова Е.Ю., Щекин В.К., Курс М.Г. Сравнительная оценка методов определения коррозионной агрессивности атмосферы // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 1 (54). С. 74–81. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-74-81.
7. Курс М.Г., Николаев Е.В., Абрамов Д.В. Натурно-ускоренные испытания металлических и неметаллических материалов: ключевые факторы и специализированные стенды // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 1 (54). С. 66–73. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-66-73.
8. Абрамова М.Г. Натурно-ускоренные испытания алюминиевых сплавов при испытаниях на станциях континентального и морского типа // Авиационные материалы и технологии. 2020. № 3 (60). С. 57–65. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-3-57-65.
9. Абрамова М.Г., Луценко А.Н., Варченко Е.А. Об особенностях подтверждения соответствия климатической стойкости материалов авиационного назначения на всех этапах жизненного цикла (обзор) // Авиационные материалы и технологии. 2020. № 1 (58). С. 86–94. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-1-86-94.

10. Старцев В.О., Славин А.В., Николаев Е.В. Изучение содержания агрессивных ионов в атмосфере и морской воде Геленджикской бухты // Труды ВИАМ. 2020. № 10 (92). Ст. 12. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 07.11.2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-10-106-115.
11. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Медведев И.М., Панин С.В. Коррозионная агрессивность приморской атмосферы. Часть 1. Факторы влияния (обзор) // Коррозия: материалы, защита. 2013. № 12. С. 6–18.
12. Школьников В.М. Топлива. Смазочные материалы. Технические жидкости. Ассортимент и применение. М.: Техинформ, 1999. 596 с.
13. Консервационное масло «Росойл-700»: пат. 2232794С1 Рос. Федерация; заявл. 26.12.02; опубл. 20.07.04.
14. Концентрат моюще-консервационной жидкости: пат. 2024605 Рос. Федерация; заявл. 14.04.92; опубл. 15.12.94.
15. Концентрат моюще-консервационной жидкости: пат. 2218385 Рос. Федерация; заявл. 29.08.02; опубл. 10.12.03.
16. Концентрат моюще-консервационной жидкости: пат. 2215777 Рос. Федерация; заявл. 22.04.02; опубл. 10.11.03.
17. Гайдар С.М., Низамов Р.К., Голубев М.И., Голубев И.Г. Защитная эффективность водорастворимых ингибиторов коррозии // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28. № 3. С. 429–444.
18. Гайдар С.М., Петровский Д.И., Посулько И.А. Борные производные аминов в качестве водорастворимых ингибиторов коррозии // Коррозия: материалы, защита. 2017. № 12. С. 27–35.
19. Левашова В.И., Янгирова И.В., Казакова Е.В. Обзор ингибиторов коррозии на основе борорганических соединений // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 10–17.
20. Кузнецов Ю.И. Прогресс в науке об ингибиторах коррозии // Коррозия: материалы, защита. 2015. № 3. С. 12–23.
21. Кузнецов Ю.И. Триазолы – класс многофункциональных ингибиторов коррозии. Обзор. Ч. I-1. 1, 2, 3-бензотриазол, его производные, медь, цинк и их сплавы // Коррозия: материалы, защита. 2019. № 1. С. 1–14.

#### References

1. Krymskaya R.S., Trusov V.I., Altsybeeva A.I. Corrosion inhibitor N-M-1. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2011, no. 9, pp. 32–35.
2. Shekhter Yu.N., Shkolnikov V.M., Bogdanova T.I., Milovanov V.D. *Working-preservation lubricants*. Moscow: Khimiya, 1979, 256 p.
3. Shekhter Yu.N., Krein S.E., Teterina L.N. *Oil-soluble surfactants*. Moscow: Khimiya, 1978, 304 p.
4. Kablov E.N. The role of chemistry in the creation of new generation materials for complex technical systems. *Report of XX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry*. Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2016, pp. 25–26.
5. Kablov E.N., Startsev O.V., Medvedev I.M. Review of international experience on corrosion and corrosion protection. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2015, no. 2 (35), pp. 76–87. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-2-76-87.
6. Vetrova E.Yu., Shchekin V.K., Kurs M.G. Comparative evaluation of methods for the determination of corrosion aggressivity of the atmosphere. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2019, no. 1 (54), pp. 74–81. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-74-81.
7. Kurs M.G., Nikolayev E.V., Abramov D.V. Full-scale and accelerated tests of metallic and non-metallic materials: key factors and specialized stands. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2019, no. 1 (54), pp. 66–73. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-66-73.
8. Abramova M.G. Full-scale accelerated tests of aluminum alloys at continental and marine type stations. *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2020, no. 3 (60), pp. 57–65. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-3-57-65.
9. Abramova M.G., Lutsenko A.N., Varchenko E.A. Concerning the aspects of validation of climate resistance of airborne materials at all life cycle stages (review). *Aviacionnye materialy i tehnologii*, 2020, no. 1 (58), pp. 86–94. DOI: 10.18577/2071-9140-2020-0-1-86-94.

10. Startsev V.O., Slavin A.V., Nikolaev E.V. Study of the content of aggressive ions in the atmosphere and sea water of the Gelendzhik bay. *Trudy VIAM*, 2020, no. 10 (92), paper no. 12. Available at: <http://www.viam-works.ru> (accessed: November 07, 2022). DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-10-106-115.
11. Kablov E.N., Startsev O.V., Medvedev I.M., Panin S.V. Corrosive aggressiveness of the coastal atmosphere. Part 1. Factors of influence (review). *Corrosion: materials, protection*. 2013, no. 12, pp. 6–18.
12. Shkolnikov V.M. *Fuel. Lubricants. Technical liquids. Range and application*. Moscow: Tekhinform, 1999, 596 p.
13. *Conservation oil "Rosoil-700"*: pat. 2232794C1 Rus. Federation; filed 26.12.02; publ. 20.07.04.
14. *Washing-preservation liquid concentrate*: pat. 2024605 Rus. Federation; filed 14.04.92; publ. 15.12.94.
15. *Washing-preservation liquid concentrate*: pat. 2218385 Rus. Federation; filed 29.08.02; publ. 10.12.03.
16. *Washing-preservation liquid concentrate*: pat. 2215777 Rus. Federation; filed 22.04.02; publ. 10.11.03.
17. Gaidar S.M., Nizamov R.K., Golubev M.I., Golubev I.G. Protective efficiency of water-soluble corrosion inhibitors. *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 2018, vol. 28, no. 3, pp. 429–444.
18. Gaidar S.M., Petrovsky D.I., Posunko I.A. Boric derivatives of amines as water-soluble corrosion inhibitors. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2017, no. 12, pp. 27–35.
19. Levashova V.I., Yangirova I.V., Kazakova E.V. Review of corrosion inhibitors based on organo-boron compounds. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, no. 6, pp. 10–17.
20. Kuznetsov Yu.I. Progress in the science of corrosion inhibitors. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2015, no. 3, pp. 12–23.
21. Kuznetsov Yu.I. Triazoles are a class of multifunctional corrosion inhibitors. Review. Part I-1. 1, 2, 3-benzotriazole, its derivatives, copper, zinc and their alloys. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2019, no. 1, pp. 1–14.

**Информация об авторах**

**Кравченко Наталья Геннадьевна**, ведущий инженер, к.х.н., НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Щекин Виталий Константинович**, начальник сектора, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Ефимова Екатерина Анатольевна**, инженер 2 категории, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Жердев Денис Валерьевич**, техник 1 категории, НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Information about the authors**

**Natalya G. Kravchenko**, Leading Engineer, Candidate of Sciences (Chem.), NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Vitaly K. Shchekin**, Head of Sector, NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Ekaterina A. Efimova**, Second Category Engineer, NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

**Denis V. Zherdev**, First Category Technician, NRC «Kurchatov Institute» – VIAM, [admin@viam.ru](mailto:admin@viam.ru)

Статья поступила в редакцию 15.12.2022; одобрена и принята к публикации после рецензирования 15.12.2022.  
The article was submitted 15.12.2022; approved and accepted for publication after reviewing 15.12.2022.