

Консервационные смазки и масла, применяемые для защиты изделий техники

А. В. Лаврушин¹, Н. Е. Стариков², И. С. Науменко³, С. Н. Кутепов⁴,
А. Е. Гвоздев⁴, Е. В. Агеев⁵ ✉

¹ Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова
пл. генерала армии В.Ф. Маргелова 1, г. Рязань 390031, Российская Федерация

² Тульский государственный университет
пр. Ленина 92, г. Тула 300026, Российская Федерация

³ Министерство обороны РФ
Фрунзенская наб. 22/2, г. Москва 119160, Российская Федерация

⁴ Тульский государственный педагогический университет имени Л.Н. Толстого
пр. Ленина 125, г. Тула 300026, Российская Федерация

⁵ Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: ageev_ev@mail.ru

Резюме

Цель исследования. Анализ средств консервации для защиты изделий техники для определения направления для модификации консервационных материалов.

Методы. Для достижения поставленной цели применялся обзор современной научно-технической литературы в данной области. Для поддержания хранящихся изделий в работоспособном состоянии, в готовности к использованию по назначению применяется метод консервации с использованием смазочных материалов. Смазочные материалы различного назначения принято подразделять на смазки, масла и специальные жидкости.

Результаты. Применяемые в настоящее время средства консервации не только не обеспечивают в полной мере надежной защиты материалов изделий, но в большинстве случаев сами являются источниками питания для микроорганизмов, провоцируя развитие микробиологических и коррозионных повреждений. Одним из новых направлений при модификации консервационных материалов является использование альтернативных источников для модификации на основе материалов растительного происхождения (эфирные масла). Проведенный анализ свидетельствует о том, что многие из предусмотренных средств консервации по объективным причинам не производятся, а использование других средств зачастую оказывается малоэффективным. Решение этой проблемы связано с применением эфирных масел для модификации существующих консервационных материалов, которые должны повысить их защитные свойства от воздействия микроорганизмов-биодеструкторов, и как следствие, создать эффективную защиту от процессов коррозии и биологических повреждений.

Заключение. Представленные результаты могут быть использованы при создании ресурсосберегающих процессов обработки, фрикционного взаимодействия, хранения и консервации металлических систем с учетом условий эксплуатации конкретной детали для различных погодных условий.

Ключевые слова: изделия техники; метод консервации; хранение; консервационные материалы; эфирные масла.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Консервационные смазки и масла, применяемые для защиты изделий техники / А. В. Лаврушин, Н. Е. Стариков, И. С. Науменко, С. Н. Кутепов, А. Е. Гвоздев, Е. В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2021; 25(2): 8-22. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-2-8-22>.

Поступила в редакцию 15.04.2021

Подписана в печать 01.06.2021

Опубликована 24.08.2021

Preservative Lubricants and Oils Used to Protect Equipment Products

Alexei V. Lavrushin ¹, Nikolai E. Starikov ², Igior S. Naumenko ³,
Sergei N. Kutepov ⁴, Alexander Y. Gvozdev ⁴, Evgeny V. Ageev ⁵ ✉

¹ Ryazan Higher Airborne Command School named after General of the Army V. F. Margelov,
1 General of the Army V. F. Margelov Square, Ryazan 390031, Russian Federation

² Tula State University
92 Lenin Ave., Tula 30026, Russian Federation

³ Ministry of Defense of the Russian Federation
22/2 Frunzenskaya nab., Moscow 119160, Russian Federation

⁴ Tula State Pedagogical University named after L. N. Tolstoy
125 Lenin Ave., Tula 300026, Russian Federation

⁵ Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: ageev_ev@mail.ru

Abstract

Purpose of research. Analysis of preservation agents for the protection of technical products to determine the direction for the modification of preservation materials.

Methods. To achieve this goal, we have reviewed the modern scientific and technical literature in this area.

The conservation method using lubricants is used to maintain the stored products in working order and use them as intended. Lubricants for various purposes are usually subdivided into lubricants, oils and specialty liquids.

Results. The currently used preservatives not only fails to provide reliable protection of the materials of products, but in most cases they themselves are power sources for microorganisms, provoking the development of microbiological and corrosive damage. One of the new directions in the modification of preservation materials is the use of alternative sources for modification based on plant origin materials (essential oils). The conducted analysis shows that many of the foreseen means of conservation are not produced for objective reasons, and the use of other means is often ineffective. The solution to this problem is associated with the use of essential oils for modifying existing preservation materials. which should increase their protective properties against the effects of biodegradable microorganisms, and, as a result, create effective protection against corrosion and biological damage.

Conclusion. *The presented results can be used to create resource-saving processing processes, frictional interaction, storage and preservation of metal systems, taking into account the operating conditions of a particular part for various weather conditions.*

Keywords: *technical products; conservation method; storage; preservation materials; essential oils.*

Conflict of interest. *The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Lavrushin A. V., Starikov N. E., Naumenko I. S., Kutepov S. N., Gvozdev A. Y., Ageev E. V. Preservative Lubricants and Oils Used to Protect Equipment Products. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2021; 25(2): 8-22 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2021-25-2-8-22>.

Received 15.04.2021

Accepted 01.06.2021

Published 24.08.2021

Введение

Одним из важных путей обеспечения работоспособного состояния хранящихся изделий техники является совершенствование системы их защиты от внешних воздействующих факторов (ВВФ).

Сведения о существующих средствах и методах защиты обобщены в ряде работ Герасименко А.А., Виноградова П.А., Зарубиной Л.П., Козлова В.А., Мальцевой Г.Н. [1, 2, 3, 4, 5]. Наиболее эффективная защита от ВВФ, обуславливающих развитие процессов коррозии и биоповреждений, достигается при использовании рационального сочетания различных мероприятий, охватывающих все этапы жизненного цикла изделий (проектирование, производство и эксплуатацию, включая хранение).

Из работы Герасименко А.А. известно [3], что эффективность защиты изделий техники может быть повышена несколькими способами: применение более стойких к коррозии и биоповреждениям материалов и покрытий; хранение изделий в замкнутых (герметичных) объемах с регулируемым составом ат-

мосферы [6, 7] – в среде с повышенным содержанием сухого азота и пониженным – кислорода, или осушенного воздуха. Осушка воздуха может осуществляться методом статического осушения, для чего в объем вводят рассчитанное количество силикагеля. При этом происходит резкое (до 30 %) снижение относительной влажности воздуха, которое затем, по мере диффузии влаги в объеме и исчерпания сорбционной емкости осушителя, будет возрастать. Поэтому необходим периодический контроль за обводненностью силикагеля и его замена при необходимости.

Может использоваться также метод динамического осушения воздуха, заключающийся в изоляции защищаемого объекта (образца вооружения) от атмосферного воздуха и поддержания в изолированной емкости пониженной относительной влажности за счет периодической циркуляции заключенного в этой емкости воздуха через осушивающие средства (адсорберы) или продувки через гермоукупорку сухого воздуха; использование эффективных средств дополнительной защиты изделий от воз-

действия внешних факторов окружающей среды.

Первый способ можно применить только при изготовлении изделий техники, при этом резко возрастает их стоимость.

Использование атмосфер с регулируемым составом резко повышает стоимость хранения, в том числе за счет сооружения герметизированных объемов. Так как на хранении находится очень большое количество изделий, имеющих относительно невысокую стоимость, применение этого метода экономически нецелесообразно.

Цель настоящей работы – анализ средств консервации для защиты изделий техники и определение направления для модификации консервационных материалов.

Методы исследования

Для достижения поставленной цели применялся обзор современной научно-технической литературы в данной области.

Для поддержания хранящихся изделий в работоспособном состоянии, в готовности к использованию по назначению, используется метод консервации с использованием смазочных материалов. Смазочные материалы различного назначения принято подразделять на смазки, масла и специальные жидкости.

Результаты и их обсуждение

Для консервации изделий, в основном, применяют консервационные (защитные) пластичные смазки, которые

по назначению подразделяются [8] на три основные группы: антифрикционные, защитные и уплотнительные.

Антифрикционные смазки предназначены для снижения изнашивания и трения в механизмах, для герметизации и защиты от коррозии узлов трения изделий. К основным антифрикционным смазкам относятся: литол-24, солидол С, ЦИАТИМ-201, ГОИ-54п, МС-70.

Кроме пластичных различают жидкие консервационные смазки¹ [9], номенклатура которых весьма ограничена.

В настоящее время, согласно ограничительному перечню на топлива, масла, смазки и специальные жидкости² [10] консервационные масла, допускаемые к производству и применению для изделий техники в качестве основных, дублирующих и резервных масел, представлены в табл. 1.

Консервационное масло К-17 предназначено для временной противокоррозионной защиты наружных и внутренних поверхностей изделий из черных и цветных металлов (кроме внутренних поверхностей летательных аппаратов), хранящихся в условиях без непосредственного воздействия атмосферных факторов. В виде 30%-ного раствора в дизельном топливе допуска-

¹ ГОСТ В 18241-85. Масла, смазки, специальные жидкости для военной техники. Ограничительный перечень и порядок назначения. М., 1985. 100 с.

² ГОСТ РВ 50920-2005. Топлива, масла, смазки и специальные жидкости. Ограничительный перечень и порядок назначения для вооружения и военной техники. М., 2005.

ется для временной консервации внутренних поверхностей (не имеющих антикоррозионных покрытий) технических средств службы горючего. Представляет собой смесь масел индустриального И-12 (или трансформаторного Т-1500У) и

авиационного МС-20с с добавлением петролатума окисленного, каучука СКБ-45 и присадки на базе сульфоната кальция. Рекомендуется для консервации наружных и внутренних поверхностей систем, агрегатов, узлов и деталей.

Таблица 1. Консервационные масла и ингибиторы коррозии

Table 1. Preservative oils and corrosion inhibitors

Марка консервационных материалов / Brand of conservation materials		Применение основной марки для изделий техники / Application of the main brand for engineering products		
основная / main	дублирующие и резервные / backup and backup	наземная / ground	авиационная / aviation	морская / marine
Масло К-17 по ГОСТ 10877	НГ-203Р по ТУ 38.1011273; Моторные и другие масла на нефтяной основе с 15-25 % АКОР-1	+	+	+
Масло КРМ по ТУ 38.1011315	РЖ по ТУ 38.101135	+	+	+
Ингибитор коррозии АКОР-1 по ГОСТ 8313	Ингибитор коррозии Мифол по ТУ 0257-002-001148820	+	+	+

В зависимости от условий хранения, конструктивных особенностей и вариантов упаковки объектов консервации обеспечивает их защиту от коррозии от 1 года до 10 лет и ввод изделий техники в эксплуатацию без расконсервации.

Производство консервационного масла К-17 ранее было организовано ПО «Пермнефтеоргсинтез» и Оренбургским ОПНМЗ. В его состав входил окисленный петролатум, изготавливаемый Гроз-

ненским НПЗ на основе петролатума селективной очистки или изготавливаемый Оренбургским ОПНМЗ на основе петролатума, получаемого на Бакинском НПЗ в результате сернокислотной очистки дистиллятов Сураханской нефти.

В настоящее время масло К-17 указанной рецептуры не производится в связи с отсутствием сырьевой базы.

Консервационное масло НГ-203Р (дублирующая марка) применяется для защиты наружных и внутренних по-

верхностей деталей машин и механизмов, как из черных, так и из цветных металлов. Изготавливают из смеси индустриального масла И-20А, концентрата сульфоната кальция (КСК), октадециламина, алкилфенола и окисленного петролатума. По назначению, области применения и защитной эффективности аналогично маслу К-17. Кроме того, может применяться как присадка к дизельным топливам для судовых двигателей (0,001 % на топливо). В настоящее время не производится.

Технология производства консервационного масла НГ-203Р была освоена на Оренбургском ОПНМЗ и Рязанском НПЗ. В настоящее время не производится.

Ружейное масло КРМ (основная марка) предназначено для смазки, чистки и защиты от атмосферной коррозии изделий во всех климатических зонах в качестве всесезонного рабоче-консервационного масла. Работоспособно при температурах окружающего воздуха от минус 50 °С до плюс 50 °С. Представляет собой смесь веретенного масла АУ либо гидравлического масла МГЕ-10А и высокоочищенной маловязкой масляной фракции с комплексом рабочих и защитных присадок. В сочетании с упаковочной бумагой обеспечивает хранение изделий более 10 лет и ввод их в эксплуатацию без расконсервации.

В настоящее время заводом-дублиром ООО «Квалитет-Авиа» (г. Москва) освоена технология производства масла

КРМ на основе полиальфаолефинового масла взамен масел АУ и МГЕ-10А.

Ружейное масло РЖ (дублирующая марка) предназначено для смазки, чистки и защиты изделий от атмосферной коррозии. Применяется при понижении температуры окружающего воздуха до минус 50 °С. Представляет собой смесь топлива Т-1 и индустриального масла И-20А с защитной присадкой МНИ-7 и вязкостной присадкой ВИНПОЛ ВБ-2. В сочетании с упаковочной бумагой обеспечивает хранение изделий до 10 лет и ввод их в эксплуатацию без расконсервации.

В настоящее время в связи с прекращением производства присадки МНИ-7 масло РЖ выпускается с присадкой АКОР-1. Производство ружейного масла РЖ организовано на предприятии ООО «Квалитет-Авиа».

Ингибитор коррозии АКОР-1 (основная марка) предназначен для улучшения защитных (консервационных) свойств смазочных минеральных масел различного назначения и топлив. Ингибитор коррозии АКОР-1 представляет собой нитрованное минеральное масло, нейтрализованное гидроокисью кальция в присутствии стеариновой кислоты.

Условия применения АКОР-1 устанавливаются в нормативно-технической документации по эксплуатации машин, механизмов и другого оборудования. Обычно АКОР-1 применяют в концентрации от 5 до 10 % для рабоче-консервационных масел или в концентрации от 15 до 25 % для консервационных масел.

В настоящее время АКОР-1 (ГОСТ 15171) является одним из наиболее распространенных ингибиторов коррозии и выпускается как товарный продукт предприятиями ООО «АНВЕК», г. Нижний Новгород; ООО «РУСМА», завод им. Шаумяна, Санкт-Петербург; ЗАО НПО «Промэкология», г. Омск. АКОР-1 входит в состав ружейного масла РЖ [9].

Ингибиторы коррозии Мифол-1 и Мифол-2 имеют одинаковую область применения, но различаются по составу. Обе марки ингибитора коррозии Мифол обладают высокими бактерицидными свойствами и стойкостью к микробиологическим поражениям за счет наличия в их составе фенольной смолы. Это позволяет рекомендовать их для консервации изделий, поставляемых в страны с тропическим климатом. Рекомендуются применять в концентрации от 8 до 10 %. Производство ингибитора коррозии Мифол организовано на заводе им. Шаумяна (г. Санкт-Петербург). Прогнозируемые сроки защиты смазочным маслом с ингибитором коррозии Мифол составляют в легких условиях – до 10 лет, в средних условиях – до 8 лет.

Из вышеперечисленного ассортимента консервационных материалов в настоящее время к применению для изделий допущены ружейные масла РЖ и КРМ.

Масла К-17, НГ-203Р, ингибитор коррозии Мифол к применению не допущены ввиду отсутствия отечественного производства компонентов, входящих

в их состав, и существенного изменения компонентного состава^{1,2}.

Применение консервационных материалов производится в соответствии с химмотологической картой (ХК) – это нормативный документ (НД), устанавливающий номенклатуру, массу (объем) ГСМ, а также сроки смены конкретных марок этой продукции в изделиях техники различного назначения. В ХК, кроме основной марки ГСМ, указываются дублирующие, резервные и зарубежные марки ГСМ, которые допускается применять в особых условиях или при отсутствии основной марки.

ХК является составной частью конструкторской документации на изделие техники. Порядок составления и согласования ХК устанавливает ГОСТ РВ 9100-2011³.

В соответствии с ХК для консервации некоторых изделий техники основной маркой является пластичная смазка ГОИ-54п, дублирующей – рабоче-консервационное масло РЖ.

Анализ ранее проведенных исследований Афолина И. З., Старикова Н.Е., Семенова С. А. [7, 10, 11, 12] показывает, что причиной возникновения неис-

¹ Отчет о НИР «Резерв-12». Люберцы: НИЦ ЦНИИ ВВС Минобороны России, 2015. 146 с. Инв. № 4148.

² Отчет о НИР «Резерв-15». Люберцы: НИЦ ЦНИИ ВВС Минобороны России, 2017. 146 с.

³ ГОСТ РВ 9100-001-2011. Топлива, масла, смазки, специальные жидкости и ингибированные пленкообразующие нефтяные составы. Химмотологическая карта для вооружения и военной техники. Порядок составления и согласования. М., 2011.

правностей материалов вооружения являются процессы коррозии и биоповреждений, вызванные воздействием факторов окружающей среды. Применяемые в настоящее время средства консервации не только не обеспечивают в полной мере надежной защиты материалов изделий, но в большинстве случаев сами являются источниками питания для микроорганизмов, провоцируя развитие микробиологических и коррозионных повреждений.

Одним из новых направлений при модификации консервационных материалов является использование альтернативных источников для модификации на основе материалов растительного происхождения (эфирные масла).

В настоящее время известно около 3000 наименований эфирных масел (ЭМ), из которых в медицинской, ветеринарной практике, пищевой и (косметической промышленности) широко используется около 300. ЭМ – жидкости от светло-желтого до коричневого цвета, почти нерастворимые в воде (0,05 %), но хорошо испаряющиеся даже при комнатной температуре, как правило, имеют приятный запах. Компонентами ЭМ являются эфиры, спирты, фенолы и циклические ароматические соединения.

Эфирные масла активны против бактерий, микоплазм, грибов, вирусов, простейших и паразитов, обладают противовоспалительными, антиоксидантными, антимутагенными свойствами, замедляют процессы старения, активируют регенерационные процессы в органах и тканях, активируют иммунную

систему, препятствуют образованию и росту злокачественных новообразований, снижают токсическое воздействие ксенобиотиков, ионизирующего излучения и др. ЭМ оптимизируют работу всех систем организма, проявляя свойства адаптогенов и улучшая качество жизни.

В работе Алинкиной Е. С.¹ говорится, что эфирные масла гвоздики, орегано или лимона при их систематическом приеме в небольших количествах действуют как биоантиоксиданты, то есть задерживают или ингибируют окисление в организме.

В работе Маркеловой Н. Н.² приводится, что эфирные масла (эвкалипта, цитраля и др.) проявляют высокую антимикробную активность и могут служить перспективным дополнением к антибактериальным средствам, целенаправленно воздействуя на антибиотикорезистентные грамотрицательные бактерии.

Источники сырья растительного происхождения и продукты на их основе находят широкое применение для противокоррозионной защиты металлов как в России, так и за рубежом. Консервационные материалы на базе источников растительного происхождения и продуктов их переработки относятся к биоразлагаемым и экологически чи-

¹ Алинкина Е. С. Антиоксидантные и антирадикальные свойства эфирных масел *in vivo* и *in vitro*: дис. ... канд. биол. наук. М., 2013. 148 с.

² Маркелова Н. Н. Полиантибиотикорезистентность некоторых грамотрицательных бактерий и возможность ее преодоления с помощью эфирных масел : дис. ... канд. биол. наук. М., 2016. 194 с.

стым веществам (Отчет о НИР «Резерв-15». Люберцы: НИЦ ЦНИИ ВВС Минобороны России, 2017. 146 с.). Представленные результаты могут быть использованы при создании ресурсосберегающих процессов обработки, фрикционного взаимодействия, хранения и консервации металлических систем с учетом рекомендаций работ [13-29].

Выводы

Проведенный анализ свидетельствует о том, что многие из предусмотр-

ренных средств консервации по объективным причинам не производятся, а использование других средств зачастую оказывается малоэффективным. Решение этой проблемы связано с применением эфирных масел для модификации существующих консервационных материалов, которые должны повысить их защитные свойства от воздействия микроорганизмов-биодеструкторов, и как следствие, создать эффективную защиту от процессов коррозии и биологических повреждений.

Список литературы

1. Герасименко А. А. Защита машин от биоповреждений. М.: Машиностроение, 1984. 111 с.
2. Зарубина Л. П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. Материалы, технологии, инструменты и оборудование. М.: «Инфра-Инженерия», 2015. 225 с.
3. Защита от коррозии, старения и биоповреждения машин, оборудования и сооружений: в 2 т. / под ред. А.А. Герасименко. М.: Машиностроение, 1987. Т. 1. 688 с., Т. 2. 784 с.
4. Козлов В. А., Месник М. О. Основы коррозии и защиты металлов. Иваново, 2011. 177 с.
5. Мальцева Г. Н. Коррозия и защита оборудования от коррозии. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. 211 с.
6. Переведенцев Ю. П. Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Казань: Казан. гос. ун-т, 2004. 133 с.
7. Биоразрушение материалов и техники / С. А. Семенов, К. З. Гумаргалиева [и др.] // Вестник МИТХТ. 2007. Т. 2. № 6. С. 3–26.
8. Виноградов П.А. Консервация изделий машиностроения. Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1986. 270 с.
9. Тишина Е. А., Вижанков Е. М., Поплавский И. В. Организация производства оружейного масла РЖ // Труды 25 ГосНИИ МО РФ. 2016. Вып. 57. С. 267–270.
10. Афонин И. З. Защита вооружения от коррозии. Пенза: ВАИУ, 1984. 115 с.
11. Стариков Н.Е., Беляев В.Б. Защита металлов от коррозии. Тула: ТВАИУ, 1995. 31 с.

12. Стариков Н. Е., Гвоздев А. Е., Фомичева Н. Б. Микробная коррозия сталей в присутствии консервационных составов // Коррозия: материалы, защита. 2005. № 1. С. 37–40.

13. Комплексный подход к моделированию ресурсосберегающих процессов обработки и фрикционного взаимодействия металлических систем / А.Е. Гвоздев, Н.Н. Сергеев, И.В. Минаев, А.Н. Сергеев, А.Д. Бреки, Д.В. Малий, А.А. Калинин, С.В. Сапожников, С.Н. Кутепов, Д.А. Провоторов.; под ред. д-ра техн. наук, проф. А.Е. Гвоздева. Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. 232 с.

14. О состоянии предпревращения металлов и сплавов / О.В. Кузовлева, А.Е. Гвоздев, И.В. Тихонова, Н.Н. Сергеев, А.Д. Бреки, Н.Е. Стариков, А.Н. Сергеев, А.А. Калинин, Д.В. Малий, Ю.Е. Титова, С.Е. Александров, Н.А. Крылов. Тула: Изд-во ТулГУ, 2016. 245 с.

15. Моделирование процессов ресурсосберегающей обработки слитковых, порошковых, наноструктурных и композиционных материалов / М.Х. Шоршоров, А.Е. Гвоздев, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, О.В. Кузовлева, Е.М. Селедкин, Д.С. Клементьев, А.А. Калинин. Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. 359 с.

16. Технология конструкционных, эксплуатационных и инструментальных материалов / А.Е. Гвоздев, Н.Е. Стариков, Н.Н. Сергеев, В.И. Золотухин, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, А.Д. Бреки.; под ред. проф. Н.Н. Сергеева. 2 изд. доп. Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. 406 с.

17. Моделирование микропластичности и механического поведения пористых материалов / И.К. Архипов, В.И. Абрамова, А.Е. Гвоздев, А.Г. Колмаков, А.В. Панин // Деформация и разрушение материалов. 2021. № 1. С. 29-33.

18. Эффективные характеристики вязкоупругости металлических и полимерных композитов / И.К. Архипов, В.И. Абрамова, О.М. Губанов, А.Е. Гвоздев, С.Н. Кутепов // Технология металлов. 2020. № 10. С. 14-18.

19. Механизмы водородного растрескивания металлов и сплавов. Ч.I (обзор) / Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, А.Г. Колмаков, А.Е. Гвоздев // Материаловедение. 2018. № 3. С. 27-33.

20. Mechanism of the hydrogen cracking of metals and alloys, part II (review) / N.N. Sergeev, A.N. Sergeev, S.N. Kutepov, A.E. Gvozdev, A.G. Kolmakov // Inorganic Materials: Applied Research. 2019. Vol. 10. № 1. P. 32-41.

21. Физико-механические и коррозионные свойства металлических материалов, эксплуатируемых в агрессивных средах / Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, А.Е. Гвоздев, М.В. Ушаков, В.В. Извольский. Тула: Изд-во ТулГУ, 2019. 553 с.

22. Структура и свойства коррозионностойких и износостойких биметаллических композиционных материалов / Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, А.Е. Гвоздев, Д.С. Клементьев. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. 120 с.

23. Принятие решений по статистическим моделям в управлении качеством продукции / Г.М. Журавлев, А.Е. Гвоздев, С.В. Сапожников, С.Н. Кутепов, Е.В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017; Т. 21, № 5(74). С. 78-92. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-5-78-92>.

24. Диффузия водорода в сварных соединениях конструкционных сталей / Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев, С.Н. Кутепов, А.Е. Гвоздев, Е.В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2017. Т. 21, № 6(75). С. 85-95. . <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-6-85-95>

25. Проведение рентгеноспектрального микроанализа твердосплавных электроэрозионных порошков / Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 5-2 (44). С. 99-102.

26. Оценка эффективности применения твердосплавных электроэрозионных порошков в качестве электродного материала / Е.В. Агеев, Г.Р. Латыпова, А.А. Давыдов, Е.В. Агеева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2012. № 1. С. 19-22.

27. Порошки, полученные электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов - перспективный материал для восстановления деталей автотракторной техники / Е.В. Агеев, В.Н. Гадалов, Е.В. Агеева, Р.В. Бобрышев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. № 1-1 (40). С. 182-189.

28. Исследование химического состава порошков, полученных электроэрозионным диспергированием твердого сплава / Е.В. Агеев, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2011. №5 (38). С. 138-144.

29. Получение твердосплавных изделий холодным изостатическим прессованием электроэрозионных порошков и их исследование / Е.В. Агеева, Р.А. Латыпов, П.И. Бурлак, Е.В. Агеев // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 5 (50). С. 116-125.

References

1. Gerasimenko A. A. *Zashchita mashin ot biopovrezhdenii* [Protection of machines from biological damage]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984. 111 p. (In Russ.).

2. Zarubina L. P. *Zashchita zdanii, sooruzhenii, konstruktsii i oborudovaniya ot korrozii. Biologicheskaya zashchita. Materialy, tekhnologii, instrumenty i oborudovanie* [Protection of buildings, structures, structures and equipment from corrosion. Biological protection Materials, technologies, tools and equipment]. Moscow, Infra-Engineering Publ., 2015. 225 p. (In Russ.).

3. Gerasimenko A. A. *Zashchita ot korrozii, stareniya i biopovrezhdeniya mashin, oborudovaniya i sooruzhenii* [Protection from corrosion, aging and bio-damage of machinery, equipment and structures]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987, vol. 1, 688 p., vol. 2, 784 p. (In Russ.).
4. Kozlov V. A., Mesnik M. O. *Osnovy korrozii i zashchity metallov* [Fundamentals of corrosion and protection of metals]. Ivanovo, 2011. 177 p. (In Russ.).
5. Maltseva G. N. *Korroziya i zashchita oborudovaniya ot korrozii* [Corrosion and protection of equipment from corrosion]. Penza, 2000. 211 p. (In Russ.).
6. Perevedentsev Yu. P. *Gidrometeorologicheskie osnovy okhrany okruzhayushchei sredy* [Hydrometeorological bases of environmental protection]. Kazan, Kazan State University Publ., 2004. 133 p. (In Russ.).
7. Semenov S. A., Gumargalieva K. Z. [et al.]. Biorazrushenie materialov i ki [Biodegradation of materials and equipment]. *Vestnik MITHT*, 2007, vol. 2, no. 6, pp. 3-26 (In Russ.).
8. Vinogradov P. A. *Konservatsiya izdelii mashinostroeniya* [Conservation of mechanical engineering products]. Leningrad, Mashinostroenie, Leningradskoe otdelenie Publ., 1986. 270 p.
9. Tishina E. A., Vizhankov E. M., Poplavsky I. V. Organizatsiya proizvodstva ruzheinogo masla RZh [Organization of the production of gun oil RJ]. *Trudy 25 GosNII MO RF = Proceedings of the 25th state research Institute of the defense Ministry*, 2016, vol. 57, pp. 267-270 (In Russ.).
10. Afonin I. Z. *Zashchita vooruzheniya ot korrozii* [Protection of weapons from corrosion]. Penza, VAIU Publ., 1984. 115 p. (In Russ.).
11. Starikov N. E., Belyaev V. B. *Zashchita metallov ot korrozii* [Protection of metals from corrosion]. Tula, TVAAIU Publ., 1995. 31 p. (In Russ.).
12. Starikov N. E., Gvozdev A. E., Fomicheva N. B. Mikrobnaya korroziya stalei v prisutstvii konservatsionnykh sostavov [Microbial corrosion of steels in the presence of conservation compositions]. *Korroziya: materialy, zashchita = Corrosion: Materials, Protection*, 2005, no. 1, pp. 37-40 (In Russ.).
13. Gvozdev A. E., Sergeev N. N., Minaev I. V., Sergeev A. N., Breki A.D., Maliy D. V., Kalinin A. A., Sapozhnikov S. V., Kutepov S. N., Provotorov D. A. *Kompleksnyi podkhod k modelirovaniyu resursosberegayushchikh protsessov obrabotki i friktsionnogo vzaimodeistviya metallicheskih sistem* [Complex approach to modeling of resource-saving processes of processing and frictional interaction of metal systems]. Tula, TulSU Publ., 2017. 232 p. (In Russ.).
14. Kuzovleva O. V., Gvozdev A. E., Tikhonova I. V., Sergeev N. N., Breki A.D., Starikov N. E., Sergeev A. N., Kalinin A. A., Maliy D. V., Titova Yu.E., Alexandrov S. E.,

Krylov N. A. *O sostoyanii predprevrashcheniya metallov i splavov* [On the state of pre-conversion of metals and alloys]. Tula, TulSU Publ., 2016. 245 p. (In Russ.).

15. Shorshorov M. H., Gvozdev A. E., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Kuzovleva O. V., Seledkin E. M., Klementyev D. S., Kalinin A. A. *Modelirovanie protsessov resursos-beregayushchei obrabotki slitkovykh, poroshkovykh, nanostrukturnykh i kompozitsionnykh materialov* [Modeling of processes of resource-saving processing of ingot, powder, nanostructured and composite materials]. Tula, TulSU Publ., 2018. 359 p. (In Russ.).

16. Gvozdev A. E., Starikov N. E., Sergeev N. N., Zolotukhin V. I., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Breki A.D. *Tekhnologiya konstruksionnykh, ekspluatatsionnykh i instrumental'nykh materialov* [Technology of structural, operational and instrumental materials]. Tula, TulSU Publ., 2018. 406 p. (In Russ.).

17. Arkhipov I. K., Abramova V. I., Gvozdev A. E., Kolmakov A. G., Panin A.V. *Modelirovanie mikroplastichnosti i mekhanicheskogo povedeniya poristykh materialov* [Modeling of microplasticity and mechanical behavior of porous materials]. *Deformatsiya i razrushenie materialov = Deformation and Destruction of Materials*, 2021, no. 1, pp. 29-33 (In Russ.).

18. Arkhipov I. K., Abramova V. I., Gubanov O. M., Gvozdev A. E., Kutepov S. N. *Effektivnye kharakteristiki vyazkouprugosti metallicheskih i polimernykh kompozitov* [Effective characteristics of viscoelasticity of metal and polymer composites]. *Tekhnologiya metallov = Technology of Metals*, 2020, no. 10, p. 14-18 (In Russ.).

19. Sergeev N. N., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Kolmakov A. G., Gvozdev A. E. *Mekhanizmy vodorodnogo rastreskivaniya metallov i splavov* [Mechanisms of hydrogen cracking of metals and alloys]. Ch. I (review). *Materialovedenie = Materials Science*, 2018, no. 3, pp. 27-33 (In Russ.).

20. Sergeev N. N., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Gvozdev A. E., Kolmakov A. G. *Mechanism of the hydrogen cracking of metals and alloys, part II (review)*. *Inorganic Materials: Applied Research*, 2019, vol. 10, no. 1, pp. 32-41 (In Russ.).

21. Sergeev N. N., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Gvozdev A. E., Ushakov M. V., Izvolsky V. V. *Fiziko-mekhanicheskie i korrozionnye svoistva metallicheskih materialov, ekspluatiruemykh v agressivnykh sredakh* [Physico-mechanical and corrosion properties of metallic materials operating in aggressive environments]. Tula, TulSU Publ., 2019. 553 p. (In Russ.).

22. Sergeev N. N., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Gvozdev A. E., Klementyev D. S. *Struktura i svoistva korroziionnostoikikh i iznosostoikikh bimetallicheskih kompozitsionnykh materialov* [Structure and properties of corrosion-resistant and wear-resistant bimetallic composite materials]. Tula, TulSU Publ., 2021. 120 p. (In Russ.).

23. Zhuravlev G. M., Gvozdev A. E., Sapozhnikov S. V., Kutepov S. N., Ageev E. V. *Prinyatie reshenii po statisticheskim modelyam v upravlenii kachestvom produktsii* [Decision-making based on statistical models in quality management].

sions on statistical models in quality control of products]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2017, vol. 21, no. 5 (74), pp. 78-92 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-5-78-92>.

24. Sergeev N. N., Sergeev A. N., Kutepov S. N., Gvozdev A. E., Ageev E. V. Diffuziya vodoroda v svarnykh soedineniyakh konstruktsionnykh stalei [Diffusion of Hydrogen In Welded Joints of Structural Steels]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2017, vol. 21, no. 6 (75), pp. 85-95 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-6-85-95>

25. Ageev E. V., Latypova G. R., Davydov A. A., Ageeva E. V. Provedenie rentgeno-spektral'nogo mikroanaliza tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov [Conducting X-ray spectral microanalysis of hard-alloy electroerosive powders]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2012, no. 5-2 (44), pp. 099-102 (In Russ.).

26. Ageev E. V., Latypova G. R., Davydov A. A., Ageeva E. V. Otsenka effektivnosti primeneniya tverdosplavnykh elektroerozionnykh poroshkov v kachestve elektrodno materiala [Evaluation of the effectiveness of the use of hard-alloy electroerosive powders as an electrode material]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii = Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*, 2012, no. 1, pp. 19-22 (In Russ.).

27. Ageev E. V., Gadlov V. N., Ageeva E. V., Bobryshev R. V. Poroshki, poluchennye elektroerozionnym dispergirovaniem otkhodov tverdykh splavov - perspektivnyi material dlya vosstanovleniya detalei avtotraktornoj tekhniki [Powders obtained by electroerosive dispersion of solid alloy waste-a promising material for restoring parts of automotive equipment]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2012, no. 1-1 (40), pp. 182-189 (In Russ.).

28. Ageev E. V., Semenikhin B. A., Ageeva E. V., Latypov R. A. Issledovanie khimicheskogo sostava poroshkov, poluchennykh elektroerozionnym dispergirovaniem tverdogo splava [A study of the chemical composition of powders obtained by electroerosive dispersion of a hard alloy]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2011, no. 5-1 (38), pp. 138-144 (In Russ.).

29. Ageeva E. V., Latypov R. A., Burak P. I., Ageev E. V. Poluchenie tverdosplavnykh izdelii kholodnym izostaticheskim pressovaniem elektroerozionnykh poroshkov i ikh issledovanie [Obtaining hard-alloy products by cold isostatic pressing of electroerosive powders and their research]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*, 2013, no. 5 (50), pp. 116-125 (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the Authors

Лаврушин Алексей Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры вооружения и стрельбы, Рязанское высшее воздушно-десантное командное училище имени генерала армии В.Ф. Маргелова, г. Рязань, Российская Федерация, e-mail: lavruchin.78@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Alexei V. Lavrushin, Cand. of Sci. (Engineering), Professor, Associate Professor, Armament and Shooting Department, Ryazan Higher Airborne Command School named after General of the Army V. F. Margelov, Ryazan, Russian Federation, e-mail: lavruchin.78@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Стариков Николай Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, начальник военно-научного центра, Тульский государственный университет, г. Тула, Российская Федерация, e-mail: starikov_tai@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Nikolai E. Starikov, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Head of the Military Research Center, Tula State University, Tula, Russian Federation, e-mail: starikovtai@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Науменко Игорь Семенович, военнослужащий, Министерство обороны РФ, г. Москва, Российская Федерация, e-mail: starikov_tai@mail.ru

Igor S. Naumenko, Serviceman of the Defense Ministry of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation, e-mail: starikov_tai@mail.ru

Кутепов Сергей Николаевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры технологии и сервиса, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Российская Федерация, e-mail: kutepov.sergei@mail.ru

Sergei N. Kutepov, Cand. of Sci. (Pedagogical), Associate Professor, Technology and Service Department, Tula State Pedagogical University named after L. N. Tolstoy, Tula, Russian Federation, e-mail: kutepov.sergei@mail.ru

Гвоздев Александр Евгеньевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Российская Федерация, e-mail: gwozdew.alexandr2013@yandex.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Alexander A.Y. Gvozdev, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Chief Researcher, Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula, Russian Federation, e-mail: gwozdew.alexandr2013@yandex.ru, ORCID: <http://0000-0002-9292-1813>

Агеев Евгений Викторович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии материалов и транспорта Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Российская Федерация, e-mail: ageev_ev@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-3862-8624>

Evgeny V. Ageev, Dr. of Sci. (Engineering), Professor, Professor of the Materials Technology and Transport Department, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: ageev_ev@mail.ru, ORCID: <http://0000-0002-3862-8624>