

ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

WOODWORKING INDUSTRY

УДК 678.4.023

Т. И. Копылова¹, С. Г. Гузий², И. К. Божелко³, А. А. Коновалова³

¹УП «Арсен»

²Национальный университет гражданской защиты Украины

³Белорусский государственный технологический университет

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ ВОДНО-ДИСПЕРСИОННОГО ЛАКА ВД АК11Л ПРИ ОКРАСКЕ ДРЕВЕСИНЫ ДУБА

В работе представлены результаты натуральных и ускоренных испытаний по оценке долговечности водно-дисперсионного лака ВД АК11Л, нанесенного на древесину дуба. В период от трех до шести месяцев выдержки образцов в атмосферных условиях не отмечено изменений как сплошности пленки лака, так и цвета подложки. В период от шести до девяти месяцев пленка лака не разрушается, но фиксируется потемнение древесины дуба. На двенадцатый месяц испытаний происходит в 22,5 раза уменьшение адгезии пленки к подложке по сравнению с контрольным образцом. Ослабление пленки лака связано с деструктивными процессами от действия солнечной радиации. Год натуральных испытаний соответствует 10 годам эксплуатации. После 100 циклов ускоренных испытаний не выявлено изменений как сплошности лака, так и адгезии пленки к подложке. После 75 циклов ускоренных испытаний наблюдается прирост массы образцов на 7,64% по сравнению с контрольным составом в связи с увеличением водонасыщения пленки из-за ослабления связей между молекулами полимера. Расчетный срок службы покрытия составляет $(12,6 \pm 10)\%$ лет. Погрешность между двумя методами испытаний не превышает 12,6%. После года хранения лака в закрытой таре в 2,15 раза возрастает динамическая вязкость по сравнению с первоначальной. Однако лак свободно можно наносить на поверхность дуба вследствие незначительных усилий сдвига от 7,82 до 63,47 дин/см² в диапазоне скоростей от 0,106 до 0,954 1/с.

Ключевые слова: адгезия, акриловый лак, атмосферостойкость, дуб, срок эксплуатации.

Для цитирования: Копылова Т. И., Гузий С. Г., Божелко И. К., Коновалова А. А. Оценка долговечности водно-дисперсионного лака ВД АК11Л при окраске древесины дуба // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 236–241.

T. I. Kopylova¹, S. G. Guzii², I. K. Bazhelka³, A. A. Kanavalava³

¹Private Company “Arsen”

²National University of Civil Defence of Ukraine

³Belarusian State Technological University

EVALUATION OF THE DURABILITY OF WATER-DISPERSION LACQUER VD AK11L WHEN PAINTING OAK WOOD

The paper presents the results of full-scale and accelerated tests on the durability assessment of VD AK11L water-dispersion varnish applied to oak wood. During the period from three to six months of holding the samples in atmospheric conditions, no changes were noted in both the continuity of the varnish film and the color of the substrate. In the period from six to nine months, the varnish film does not deteriorate, but darkening of the oak wood is recorded. On the twelfth month of testing, there is a 22.5-fold decrease in the adhesion of the film to the substrate in comparison with the control sample. The weakening of the varnish film is associated with destructive processes from the action of solar radiation. A year of full-scale tests corresponds to 10 years of operation. After 100 cycles of accelerated tests, no changes were found in both the continuity of the varnish and the adhesion of the film to the substrate.

After 75 cycles of accelerated tests, an increase in the mass of the samples by 7.64% is observed in comparison with the control composition due to an increase in the water saturation of the film due to the weakening of bonds between polymer molecules. The design life of the coating is $(12.6 \pm 10)\%$ years. The error between the two test methods does not exceed 12.6%. After a year of storage in a closed container, the dynamic viscosity increases 2.15 times compared to the initial one. However, the varnish can be freely applied to the oak surface due to minor shear forces from 7.82 to 63.47 dyne/cm² in the speed range from 0.106 to 0.954 1/sec.

Key words: adhesion, acrylic lacquer, weatherability, oak, period of operation.

For citation: Kopylova T. I., Guzii S. G., Bazhelka I. K., Kanavalava A. A. Evaluation of the durability of water-dispersion lacquer VD AK11L when painting oak wood. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (226), pp. 236–241 (In Russian).

Введение. В последнее время наблюдается тенденция к увеличению спроса на возведение низкотажных жилых домов из бревен (бруса) сосны. Для улучшения интерьера как снаружи, так и внутри таких домов многие потребители используют деревянные изделия (оконные блоки, двери и др.) из древесины дуба. Известно, что при изменении как внешних, так и внутренних температурно-влажностных полей [1] изделия из древесины дуба могут менять свою фактуру, растрескиваться и т. д. Актуальным, на наш взгляд, является применение мер, направленных на сохранение фактуры древесины дуба за счет окрашивания поверхности водно-дисперсионными лаками. С учетом того, что только внешняя поверхность изделий из дуба будет контактировать с переменной внешней средой [2] и подвергаться УФ-излучению, возникает необходимость изучения долговечности водно-дисперсионного лака на окрашенной поверхности дуба в реальных условиях эксплуатации.

Согласно данным [3], важнейшим эксплуатационным показателем защитных покрытий является их долговечность, которую оценивают по ГОСТ 9.404–2018 [4] при длительном воздействии искусственных климатических факторов (УФ-облучения, знакопеременных температур, влаги) без учета влияния внутренних напряжений $\sigma_{\text{вн}}$ в защитных покрытиях на их долговечность. Помимо эксплуатационных показателей, практический интерес представляет и поведение, или сохранность, реологических свойств водно-дисперсионного лака, применяемого для нанесения на поверхность древесины дуба.

Цель настоящей работы – количественно оценить снижение реологических показателей водно-дисперсионного лака и оценить долговечность покрытий на его основе по древесине дуба.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследовать изменения реологических свойств водно-дисперсионного лака во времени;
- оценить атмосферостойкость и срок эксплуатации лакового покрытия по древесине дуба натурными и ускоренными методами.

Объект исследований – процессы формирования лакокрасочного покрытия с высокими эксплуатационными характеристиками.

Предмет – водно-дисперсионный лак для древесины дуба.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования является лак ВД АК11Л производства УП «Арсен» (г. Минск, Республика Беларусь), представляющий собой рационально подобранную смесь полимерных дисперсий и пленкообразующих, увлажняющих и антивспенивающих добавок. Реологические свойства лака определяли с помощью вискозиметра Брукфильда LV DV2T с использованием шпинделя LV-2C(66). Для натурных испытаний, т. е. испытаний в естественных атмосферных условиях, лак наносили на огрунтованные (грунтовкой УП «Арсен» по дереву) доски дуба размером 375×125×20 мм с шероховатостью Rz60 и в два слоя толщиной до 300 мкм. Лаком обрабатывали лицевую поверхность размером 300×125 мм и две торцевые – размером 300×20 мм. Остальные поверхности обрабатывали воском. Для ускоренных испытаний лак наносили на огрунтованные бруски дуба размером 185×30×20 мм с шероховатостью Rz60 в два слоя толщиной до 300 мкм. Лаком обрабатывали все поверхности брусков, оставляя вошечными торцы и часть лицевых и боковых граней (размер 30×30×20 мм). При натурных испытаниях в естественных атмосферных условиях пластины дуба размещали на подставку под углом 45°, направление на юг; координаты места испытаний – широта: 50°27'16" с. ш.; долгота: 30°31'25" в. д.; высота над уровнем моря 187 м. Изменения погоды за период испытаний (18.12.2019–18.12.2020) отражено в базе данных сайта <https://www.gismeteo.ua>.

Ускоренные испытания образцов размерами 185×30×20 мм проводили согласно рекомендациям Nordic Building&Paint Labs AB (Stubb-sund-svagen 17 SE-131 Nacka Sweden) и ГОСТ 9.401–2018 [4] по упрощенной методике. Один цикл испытаний включал в себя следующее:

выдержка в морозильной камере при температуре -18°C – 8–12 ч, выдержка в сушильном шкафу при температуре 50°C – 8–12 ч, замачивание в воде при температуре $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – 8–12 ч. Общее количество часов в одном цикле составило 36.

Оценку внешнего состояния лакокрасочного покрытия по древесине дуба осуществляли визуально и с помощью стереоскопического микроскопа Delta Optical Discovery 50 (Poland), метод микроскопии – светлое поле; минимальное увеличение – 20; максимальное – 40; окуляры – WF10*/20; кратность – 4*, 2*; рабочий отрезок, максимальный – 50 мм. Микроскоп оснащен цифровой камерой SIGETA CMOS 5100 5.1MP (China).

Адгезию лакового покрытия к деревянной подложке определяли с помощью прибора NOVOTEST АЦ-1 ДСТУ 4219-2003 [5] (Приложение Е.3) и адгезиметра надрезов многолезвийного АН-1 (ГОСТ 15140 [6]).

Основная часть. Изменения основных реологических характеристик лака ВД АК11Л приведено на рис. 1, 2. Как видно из рис. 1, после года изготовления и хранения в закрытой таре в нормальных условиях лак загущается вследствие прохождения реакции полимеризации, кривые изменения динамической вязкости изменяются по экспонентной зависимости с очевидной разницей по абсолютным значениям [4].

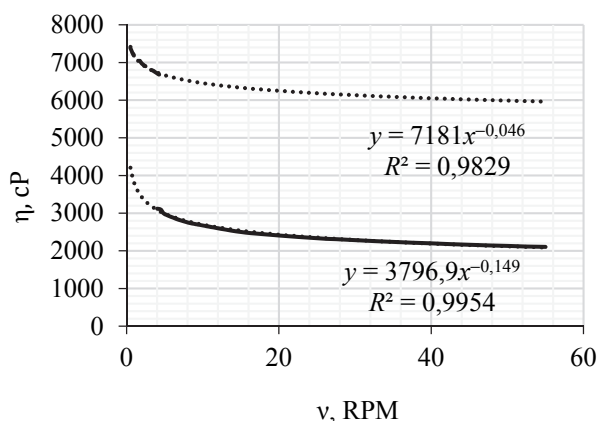


Рис. 1. Зависимость изменения динамической вязкости лака ВД АК11Л от скорости вращения шпинделя:

— свежеприготовленный лак;
 лак после года хранения

Несмотря за загустевание, т. е. увеличение значений динамической вязкости, лак после года хранения не теряет своей способности к нанесению на деревянную основу.

Из данных рис. 2 следует, что в диапазоне малых скоростей сдвига от 0,106 до 0,954 1/с усилие сдвига находится в пределах от 7,82 до 63,47 дин/см² и лак без особых усилий можно

наносить как кистью, так и валиком на дубовые поверхности.

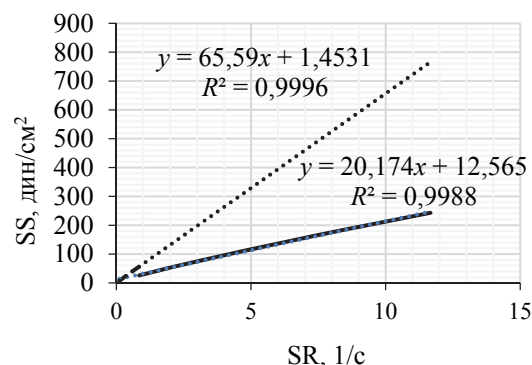


Рис. 2. Зависимость изменения усилия сдвига ВД АК11Л от скорости сдвига:

— свежеприготовленный лак;
 лак после года хранения

Ниже приведены данные об изменении внешнего вида образцов дуба, окрашенных лаком ВД АК11Л и находящихся в условиях внешней среды (рис. 3).



Рис. 3. Фотографии внешнего вида лакированных дубовых образцов после их выдержки в атмосферных условиях в течение, мес.:
 а – 3; б – 6; в – 9; г – 12

Как видно с рис. 3, после 3 мес. выдержки образцов в естественных атмосферных условиях не отмечено изменений во внешнем виде

образцов дуба, покрытого лаком. На 6-й мес. выдержки появляется танинное окрашивание волокон дуба.

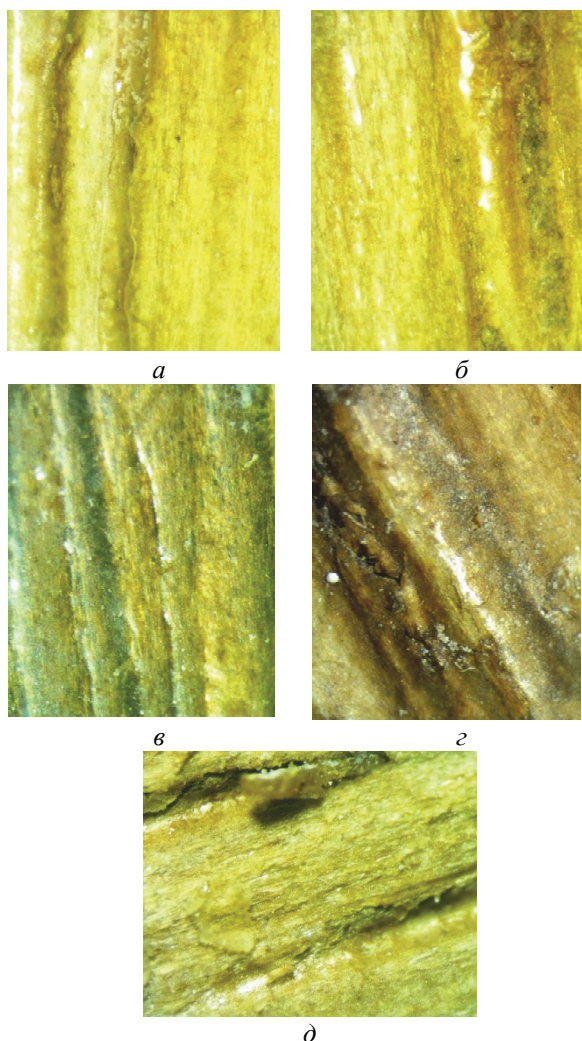


Рис. 4. Макрофотографии лакового покрытия на поверхности дуба вначале (а) и в процессе натуральных испытаний после 3 (б), 6 (в), 9 (г) и 12 (д) мес.

Появление танинного окрашивания можно трактовать с двух точек зрения: вследствие незначительного проникновения влаги через пленку лака или за счет бактериального или грибкового поражения [7, 8]. Этот же дефект проявляется и на 9-й мес. выдержки (рис. 4). Следует отметить, что за 9 мес. выдержки блеск лака не исчезает, вздутий, отслоений лакового покрытия от подложки не наблюдается. На 12-й мес. выдержки отмечено более интенсивное выражение танинных проявлений, лак становится блеклым, но вздутий, отслоений лакового покрытия от подложки не отмечено.

На рис. 5 приведены фотографии образцов после атмосферных и ускоренных испытаний.

Как видно из рис. 5, а, после года выдержки окрашенных образцов дуба в атмосферных условиях изменился их внешний вид: пленка лака стала блеклой, изменилась поверхность дуба под пленкой лака, возросла интенсивность окрашивания волокон. Величина адгезии, определенная методом решетчатых надрезов, как в контрольном экземпляре, так и в исследуемых составила 1 балл, что подтверждает достаточно высокое сцепление лака с поверхностью.



Рис. 5. Фотографии образцов после года выдержки в атмосферных условиях (а) и после 100 циклов ускоренных испытаний (б)

Существенно упало значение величины адгезии, определенной методом отрыва, с 9 МПа, до 0,4 МПа, т. е. в 22,5 раза. Такое падение вполне объяснимо – прямое действие солнечной радиации, приводящее к термохимической деградации полимера. Априори принято, что выдержка образцов в атмосферных условиях в течение одного года соответствует 10 годам эксплуатации.

После 100 циклов ускоренных испытаний не отмечено существенного изменения в блеске лака по сравнению с контрольным образцом. Величины адгезии – 9 МПа (рис. 6) и 1 балл не изменились в процессе испытаний. Отслоений, вздутий покрытия от подложки не отмечено.

Максимальный прирост массы покрытий составил 7,64% после 75 циклов ускоренных испытаний (рис. 6). Отмеченный прирост массы, по нашему мнению, связан с незначительным ослаблением связей между молекулами полимера что, как следствие, способствует увеличению водопоглощения пленки лака. Характер кривой изменения массы имеет полиномиальную зависимость, это несколько противоречит данным работы [9], в которой отмечено, что изменение массы покрытий происходит по закону квадратичной параболы. Противоречие объяснимо, так как исследовались разные по функциональному назначению покрытия.

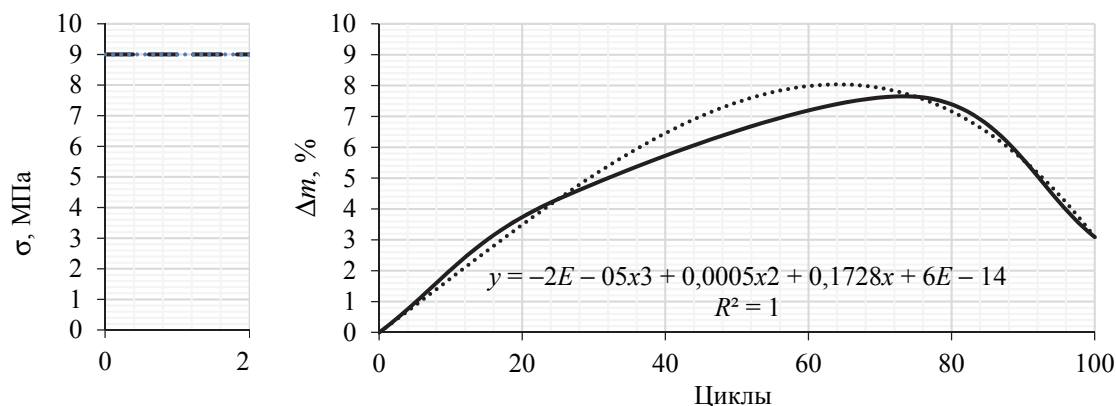


Рис. 6. Изменение прочности при отрыве и потери массы покрытий в процессе ускоренных испытаний:
 --- изменение прочности при нормальном отрыве;
 — изменение массы образцов в процентах, в зависимости от циклов испытаний

Прогнозируемый срок службы лакокрасочных покрытий τ_3 в годах, в условиях эксплуатации рассчитывали по формуле

$$\tau_3 = \frac{k_y \cdot \tau_y}{365},$$

где k_y – коэффициент ускорения, равный 46 для условий У1 (У – условия эксплуатации для макроклиматического района с умеренным климатом; 1 – для эксплуатации на открытом воздухе); τ_y – продолжительность ускоренных испытаний (в циклах) до достижения уровня ухудшения декоративных и защитных свойств, а именно: снижение адгезии не более балла 3 (А33) по ГОСТ 9.407–2015 [10], а площадь разрушения покрытия не должна превышать 15% поверхности изделия.

Так как подобных нарушений при ускоренных испытаниях покрытия не обнаружено, то, соответственно срок службы покрытия $\tau_3 = 46 \cdot 100 / 365 = 12,6 \pm 10\%$ лет с учетом ошибки прогнозирования $\pm 10\%$.

Заключение. Проведена оценка влияния на долговечность покрытий древесины дуба лаком ВД АК11Л по двум методикам: натурной и ускоренной.

Показано, что после года выдержки лакированных образцов в атмосферных условиях в 22,5 раза снижаются адгезионные свойства покрытия по сравнению с контрольным составом. Выдержка образцов в атмосферных условиях в течение одного года соответствует 10 годам эксплуатации. После 100 циклов ускоренных испытаний не выявлено изменений адгезии лакового покрытия к подложке. Наибольший прирост массы покрытия (в 7,64%) зафиксирован при 75 циклах ускоренных испытаний. Установлено, что основная роль в разрушении защитных покрытий принадлежит солнечной радиации, вызывающей термохимическую деструкцию акрилового полимера. Погрешность между двумя методами испытаний не превышает 12,6%. Отмечено после года хранения возрастание значений динамической вязкости лака в 2,15 раза по сравнению с первоначальной. Несмотря на незначительное загустевание лака в диапазоне малых скоростей сдвига от 0,106 до 0,954 1/с усилие сдвига находится в пределах от 7,82 до 63,47 дин/см², что позволяет наносить лак как кистью, так и валиком на дубовые поверхности без особых усилий.

Список литературы

1. Прокопчук Н. Р. Оценка долговечности полимерных изделий // Стандартизация. 2008. № 1. С. 41–45.
2. Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р. Химия и технология лакокрасочных материалов и покрытий: учеб. пособие для студентов вузов. Минск: БГТУ, 2004. 314 с.
3. Прокопчук Н. Р., Кухта, Т. Н. Оценка влияния внутренних напряжений на долговечность покрытий из порошковых красок // Труды БГТУ. 2014. № 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. С. 55–59.
4. Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов: ГОСТ 9.401–2018. Введ. 01.12.2019. М.: Стандартинформ, 2019. 124 с.
5. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии: ДСТУ 4219–2003. Введ. 01.12.2003. Київ: Редакційно-виданичий відділ ДП «УкрНДНЦ», 2003. С. 43–47.
6. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии: ГОСТ 15140–78. Введ. 01.01.1979. М.: ИПК «Издательство стандартов», 1996. 12 с.
7. Стойке Д., Фрейтаг В. Краски, покрытия и растворители. СПб.: Профессия, 2007. 528 с.
8. Schultz T. P., Nicholas D. D. Solid Wood Processing. Protection of Wood against Biodeterioration // Encyclopedia of Forest Sciences. 2004. P. 1274–1282.

9. Логанина В. Т., Орентлихер Л. П. Качество отделки строительных изделий и конструкций красочными составами: монография. М.: Изд-во АСВ, 2002. 144 с.

10. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Метод оценки внешнего вида: ГОСТ 9.407–2015. Введ. 01.05.2017. М.: Стандартиформ, 2015. 44 с.

References

1. Prokopchuk N. R. Evaluation of the durability of polymer products. *Standartizatsiya* [Standardization], 2008, no. 1, pp. 41–45 (In Russian).

2. Krutko E. T., Prokopchuk N. R. *Khimiya i tekhnologiya lakokrasochnykh materialov i pokrytiy* [Chemistry and technology of paint and varnish materials and coatings]. Minsk, BGTU Publ., 2004. 314 p.

3. Prokopchuk N. R., Kukhta T. N. Assessment of influence of the internal stresses on the durability of coatings from powder paint. *Trudy BGTU* [Proceeding BSTU], 2014, no. 4, Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology, pp. 55–59 (In Russian).

4. GOST 9.401–2018. *Yedinaya sistyema zashchity ot korrozii i staryeniya. Pokrytiya lakokrasochnyye. Obshchiye trebovaniya i metody uskorenykh ispytaniy na stoykost' k vozdeystviyu klimaticheskikh faktorov* [Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. General requirements and methods of accelerated tests on resistance to the influence of climatic factors]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 124 p. (In Russian).

5. DSTU 4219–2003 *Ttuboprovody stal'nyye magistral'nyye. Obshchiye tryebovaniya k zashchite ot korrozii* [Steel pipe mains. General requirements for corrosion protection]. Kyiv, 2003, pp. 43–47 (In Ukrainian).

6. GOST 31149–2014. *Materialy lakokrasochnyye. Metody opredeleniya adgezii* [Paint materials. Determination of adhesive by cross-cut method]. Moscow, Standardinform Publ., 2014, 16 p. (In Russian).

7. Stoye D., Freytag W. *Kraski, pokrytiya i rastvoriteli* [Paints, coatings and solvents]. St. Petersburg, Professiya Publ., 2007. 528 p.

8. Schultz T. P., Nicholas D. D. Solid Wood Processing. Protection of Wood against Biodeterioration. *Encyclopedia of Forest Sciences*, 2004, pp. 1274–1282.

9. Логанина В. Т., Орентлихер Л. П. *Kachestvo otdelki stroityel'nykh izdeliy i konstruktsey krasochnymi sostavami* [The quality of finishing of building products and structures with colorful compounds]. Moscow, Izdatel'stvo ASV Publ., 2002. 144 p.

10. GOST 9.407–2015. *Yedinaya sistyema zashchity ot korrozii i staryeniya. Pokrytiya lakokrasochnyye. Metod otsyenko vneshnego vida* [Unified system of corrosion and ageing protection. Paint coatings. Method of appearance rating]. Moscow, Standardinform Publ., 2015. 44 p. (In Russian).

Информация об авторах

Копылова Тамара Игнатьевна – директор УП «Арсен» (220036, г. Минск, ул. Р. Люксембург, 90а-7а, Республика Беларусь). E-mail: ta3110@mail.ru

Гузий Сергей Григорьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, кафедра пожарной безопасности в населенных пунктах. Национальный университет гражданской защиты Украины (61023, г. Харьков, ул. Чернышевская 94, Украина). E-mail: guziy@nuczu.edu.ua

Божелко Игорь Константинович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технологии деревообработки. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: bikbstu@mail.ru

Коновалова Анастасия Александровна – магистрант. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: anastasiyakonov@gmail.com

Information about the authors

Kopylova Tamara Ignatievna – Director of the Unitary Enterprise Arsen (90a-7a, R. Luxemburg str., 220036, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ta3110@mail.ru

Guzii Sergii Grygorovych – PhD (Engineering), Senior researcher, the Department of fire prevention in settlements. National University of Civil Defence of Ukraine (94, Chernishevskya str., Kharkiv, 61023, Ukraine). E-mail: guziy@nuczu.edu.ua

Bazhelka Ihar Konstantirovich – PhD (Engineering), Assistant Professor, Head of the Department of Woodworking Technology. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: bikbstu@mail.ru

Kanavalava Anastasiya Alexandrovna – Master's degree student. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: anastasiyakonov@gmail.com

Поступила 20.03.2021