

УДК 614.841

ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ ДЕРЕВЯННЫХ ОПОР ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И СВЯЗИ ПРИ НИЗОВЫХ ПОЖАРАХ

Монахов Антон Андреевич¹, Мельников Никита Олегович^{1, 2}, Акинин Николай Иванович¹,
Максименко Сергей Анатольевич³

¹ РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, Российская Федерация

² Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций им. В. А. Кучеренко,
г. Москва, Российская Федерация

³ Сенежская НПЛ защиты древесины, г. Солнечногорск, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается проблема воздействия низовых пожаров на деревянные опоры линий электропередачи и связи, пропитанные трудновываемыми биозащитными препаратами. Изучена возможность повышения их огнестойкости при помощи огнезащитных бандажей на основе стекловолоконных и кремнеземных тканей. Методами дифференциально-термического анализа изучено поведение образцов четырех видов тканей при нагревании и получены зависимости потери массы и скорости потери массы от температуры стекловолоконной и кремнеземной ткани с различными покрытиями. Установлено, что ткани без дополнительного покрытия в процессе эксперимента не теряют массу при нагревании до 1 000 °С и термическое разложение их отсутствует. Ткани с дополнительным полиуретановым покрытием начинают терять массу при 250 °С, и потеря ее составляет от 4 % до 8 % в зависимости от марки. По методикам ГОСТ 12.1.044–2018 и ГОСТ Р 53292–2009 проведены исследования огнезащитных свойств исследуемых тканей с различными способами крепления к древесине. В результате проведенных экспериментов получены зависимости изменения температуры продуктов горения от времени эксперимента и средние потери массы исследуемых образцов. Установлено, что все исследуемые ткани имеют первую группу огнезащитной эффективности, а некоторые переводят также древесину в трудногорючий материал. Все образцы показали значительное снижение роста температуры газообразных продуктов горения относительно контрольного образца незащищенной древесины.

Ключевые слова: огнезащитный бандаж, огнезащита древесины, огнезащитная эффективность, низовой пожар, деревянные опоры

Для цитирования: Повышение огнестойкости деревянных опор линий электропередачи и связи при низовых пожарах / А. А. Монахов [и др.] // Техносферная безопасность. 2026. № 2 (51). С. 62–76.

INCREASING THE FIRE RESISTANCE OF WOODEN POLES OF POWER AND COMMUNICATION LINES DURING SURFACE FIRES

Anton A. Monakhov¹, Nikita O. Melnikov^{1, 2}, Nikolai I. Akinin¹, Sergey A. Maksimenko³

¹ Mendeleev University, Moscow, Russian Federation

² Research Institute of Building Constructions named after V. A. Koucherenko, Moscow, Russian Federation

³ Senezh Scientific and Production Laboratory of Wood Protection, Solnechnogorsk, Russian Federation

Abstract. The article discusses the problem of the impact of surface fires on wooden supports of power transmission and communication lines treated with leach-resistant bioprotective agents. The possibility of increasing their fire resistance using fire-resistant bandages has been studied. Using differential thermal analysis (DTA), the behavior of four types of fabric samples during heating was examined, and the dependences of mass loss (TG curves) and mass loss rate (DTG curves) on temperature were obtained for fiberglass and silica fabrics with various coatings. It was established that fabrics without additional coating do not lose mass when heated up to 1 000 °C during the experiment, and thermal decomposition is absent. Polyurethane-coated fabrics exhibit mass loss starting at 250 °C, ranging from 4 % to 8 % based on the specific grade. According to the methods of GOST 12.1.044–2018 and GOST R 53292–2009, the fire-resistant properties of fiberglass and silica fabrics with various coatings and methods of attachment to wood have been investigated. As a result of the conducted experiments, the dependence of the temperature change of combustion products on the time of the experiment and the average mass loss of the studied samples were obtained. It was found that all the studied fabrics have the first group of fire protection efficiency, and some of them also convert wood into a non-combustible material. All the samples showed a significant decrease in the temperature increase of gaseous combustion products relative to the control sample of unprotected wood.

Keywords: fire-retardant bandages, fire-retardant treatment of wood, fire-retardant efficiency, surface fires, wooden poles

For citation: Increasing the fire resistance of wooden poles of power and communication lines during surface fires / A. A. Monakhov et al. // *Technosphere safety*. 2026. No. 2 (51). P. 62–76.

Введение

В настоящее время при строительстве и плановой реновации линий электропередачи (далее — ЛЭП) и связи все еще широкое применение находят деревянные опоры. По некоторым оценкам, только ПАО «Россети» эксплуатирует около 17 млн деревянных опор ЛЭП. Их преимущество связано с рядом обстоятельств: себестоимость; удобство доставки и монтажа (меньший вес по сравнению с бетонными опорами); большая устойчивость к попе-

речным нагрузкам (ветер и падение дерева на ЛЭП); возобновляемость исходного сырья и, конечно же, долговечность. Использование древесины в качестве материала все еще является универсальным сочетанием затрат на производство опоры и технических характеристик материала, а отказ от воздушных ЛЭП и перенос их под землю может обходиться в 10 раз дороже существующих решений [1]. В работе [2] подробно показаны преимущества деревянных опор по сравнению с другими материалами.

Учитывая неодолимость процессов биологического разрушения древесины в условиях контакта с землей, срок службы деревянных опор без специальных защитных мер невелик. По данным долговременных наблюдений, средний срок службы химически незащищенных опор из древесины сосны составляет от 4 до 6 лет в условиях средней полосы России [3]. Поскольку стоимость замены опоры в 2,5 раза выше первоначальной стоимости ее установки, непротитанные опоры обычно не применяются.

Наиболее распространенным по экономическим соображениям, с точки зрения надежности защиты, является автоклавный способ пропитки по типу «вакуум — давление — вакуум» (ВДВ) по ГОСТ 20022.6–93 [4], который широко используется в России более 80 лет. Средняя продолжительность службы обработанной опоры при этом варьируется от 30 до 40 лет [5]. В условиях растущей стоимости качественной древесины, а также экологических проблем, связанных с утилизацией химически обработанных опор, требуются инновационные методы восстановления и поддержания структурной целостности эксплуатируемых деревянных опор [6].

В настоящий момент для биологической защиты деревянных опор ЛЭП в России используются в основном антисептики типа ССА (хром — медь — мышьяк) (получили наибольшее распространение), СС (хром — медь) и ССФ (хром — медь — фтор) [7]. У некоторых специалистов есть мнение, что трудновываемые препараты на основе группировки СС, применяемые для биозащиты, имеют и огнезащитные свойства [8].

В работе [9] исследования показали, что трудновываемые ССА-, ССФ- и СС-препараты с поглощениями, при которых

ГОСТ 20022.0–2016 [10] регламентирует их применение, а именно около 10 кг/м^3 для биозащиты деревянных опор ЛЭП и связи не обладают огнезащитной эффективностью.

Единственным стандартизованным препаратом на основе группировки СС в соответствии с ГОСТ 28815–2018 [11] является ХМХА-1110, обеспечивающий первую группу огнезащитной эффективности по ГОСТ 16363–98 [12] (в России ГОСТ Р 53292–2009 [13]) при общих поглощениях $70\text{--}85 \text{ кг/м}^3$, но данный препарат рекомендован к применению в I–V классах условий службы по ГОСТ 20022.2–2018 [14], то есть там, где отсутствует его вымывание из древесины. Других разработанных, рекомендованных и применяемых на практике трудновываемых огнебиозащитных средств для глубокой пропитки древесины не существует. Поэтому повысить огнестойкость опор можно только дополнительными мероприятиями уже после автоклавной пропитки трудновываемыми антисептиками.

Это приводит к необходимости разработки как новых огнебиозащитных средств, так и дополнительных решений, которые в совокупности с обработкой имеющимися составами обеспечат требуемый уровень защиты. Более того сегодня вводятся в действие нормативные документы, регламентирующие обязательную противопожарную защиту опор ЛЭП. Так, например, в соответствии с ГОСТ Р 70237–2022 [15] п. 4.7 часть «д» деревянные опоры должны быть обработаны с учетом требований ГОСТ 20022.0–2016 [10], ГОСТ Р 53292–2009 [13] специальными консервантами, обеспечивающими срок службы не менее 40 лет, антисептиками и обязательно антипиренами, предотвращающими загнивание и загорание стоек. В местах возможного возникновения низовых пожаров

применение деревянных опор без проведения дополнительных противопожарных мероприятий не допускается.

Ввиду отсутствия огнебиозащитных препаратов, обеспечивающих срок службы древесины 40 лет, необходимо проводить изыскание других технических решений по повышению огнестойкости уже пропитанных биозащитными препаратами деревянных опор ЛЭП.

В качестве средства повышения огнестойкости возможно применение противопожарных бандажей, устанавливаемых уже на эксплуатируемую опору. Схема применения такого бандажа представлена

на рис. 1. Анализ показал наличие такого рода импортных аналогов. Например, эффективность использования огнестойкой стеклоткани с различными дополнительными слоями для огнезащиты древесины подтверждается в патенте [16]. В работе [17] показана неэффективность применения вспучивающихся красок и протестированы защитные ткани для деревянных опор в условиях низового пожара. Полученные результаты показали, что тканевая защита дает удовлетворительные результаты, легко монтируется на месте, позволяет защищать уже установленные опоры и заменять их после пожара.

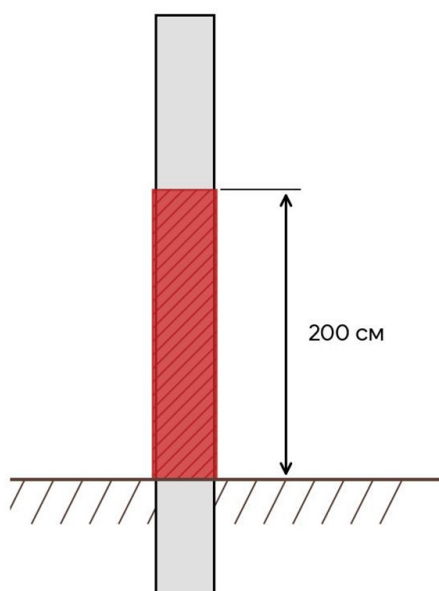


Рис. 1. Схема крепления огнезащитного бандажа на опору
Fig. 1. Installation diagram of the fire-retardant bandage on pole

Настоящая работа посвящена изучению стекловолоконных и кремнеземных тканей отечественного производства и их свойств в качестве основы огнезащитного бандажа для деревянных опор ЛЭП и связи.

Материалы и методы

Объектами исследования являются следующие ткани:

- стекловолоконная по ГОСТ 19170–2001 [18] марки Т-11 без специального покрытия и СТ-ПУ с покрытием на основе полиуретана;
 - кремнеземная марки по ТУ 6-48-64-91 КТ-11-С8/3-ТО без специального покрытия и КА-600-ПУ с покрытием на основе полиуретана.
- Характеристики тканей, заявляемые производителем, представлены в таблице.

Таблица
Характеристики исследуемых тканей
Table
The characteristics of the studied fabrics

Марка ткани Fabric grade	Плотность, г/м ² Area Weight, g/m ²	Номинальная толщина ткани, мм Nominal fabric thickness, mm	Разрывная нагрузка, Н, не менее Tensile strength, N, min		Рабочая температура, °С, до Service temperature, °C, up to
			Основа Warp	Уток Weft	
T-11	385	0,28	2 744	1 568	550
СТ-ПУ	430	0,46	2 475	1 670	550
КТ-11-С8/3-ТО	580 ± 60	0,68	735	343	1 000
КА-600-ПУ	650 ± 30	0,79	3 807,6	2 280,6	1 000

Поведение образцов тканей при нагревании исследовали с помощью дифференциально-термического анализа (ДТА), который проводили на дериватографе Q-1500 d системы F. Paulik, J. Paulik, L. Erdey по методике, подробно описанной в работе [20]. Поведение тканей под действием направленного пламени газовой горелки оценивалось визуально.

В качестве методик для оценки эффективности использования исследуемых тканей в виде огнезащитного бандажа были выбраны ГОСТ 12.1.044–2018 [21] с целью определения группы трудногорючих и горючих твердых веществ, а также ГОСТ Р 53292–2009 [13] с целью определения группы огнезащитной эффективности.

Исследования проводились на образцах прямослойной воздушно-сухой древесины заболони сосны с влажностью 8–15 % и средней плотностью 450 кг/м³ в виде прямоугольных брусков с поперечным сечением 30 × 60 мм и длиной вдоль волокон 150 мм, обернутых исследуемой тканью в один и два слоя. Крепление ткани к образцу древесины осуществлялось с помощью металлических скоб или жидкого стекла по ГОСТ 13078–2021 [22] со средним расходом 1 300 мл/м².

Для исследования использовалась установка ОТМ (рис. 2), которая представляет собой керамическую камеру прямоугольной формы высотой 295 ± 2 мм и имеющую в сечении квадрат со стороной стенки 88 ± 2 мм, металлическую подставку, газовую горелку диаметром 7,0 ± 0,1 мм, зонт с рукояткой, шаблон (рис. 3), предназначенный для контроля положения образца относительно его вертикальной оси, установленный соосно на верхнюю кромку реакционной камеры и смотровое зеркало для наблюдения за образцом. Внутренняя поверхность камеры покрывалась двумя слоями алюминиевой фольги толщиной не более 0,2 мм, которую по мере прогорания и/или загрязнения заменяли на новую.

По методике ГОСТ 12.1.044–2018 [21] испытания проводили в разогретой до 200 ± 5 °С печи в течение 300 ± 2 с, в процессе испытания регистрировали: максимальную температуру дымовых газов и время от начала испытания до достижения максимальной температуры. В конце горелку выключали и образец оставляли в камере до полного остывания. Остывший образец извлекали из камеры и измеряли его массу.

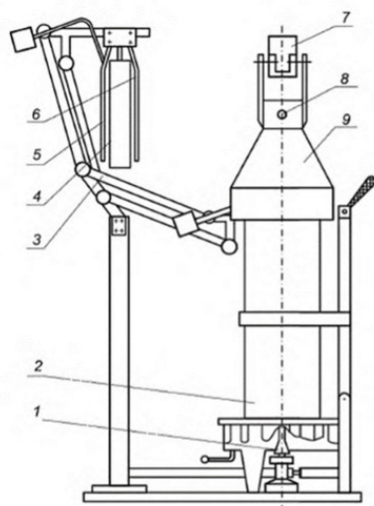


Рис. 2. Общий вид установки по определению группы трудногорючих и горючих твердых веществ и материалов:
 1 — горелка; 2 — реакционная камера; 3 — механизм ввода образца; 4 — образец; 5, 6 — держатели образца;
 7 — зеркало; 8 — термоэлектрический преобразователь; 9 — зонд

Fig. 2. General view of the apparatus for determining the group of slow-burning and combustible solid substances and materials:

1 — burner; 2 — reaction chamber; 3 — specimen input mechanism; 4 — specimen; 5, 6 — specimen holders;
 7 — mirror; 8 — thermoelectric converter; 9 — probe

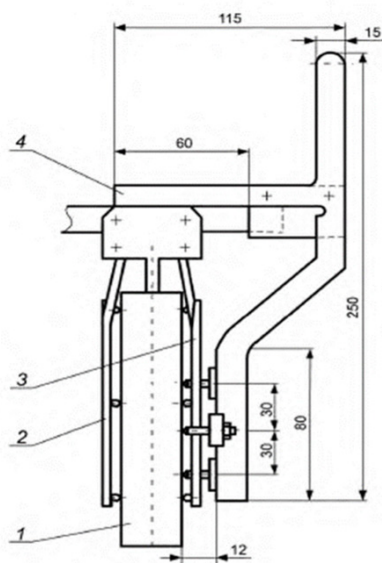


Рис. 3. Шаблон: 1 — образец; 2, 3 — держатели образца; 4 — шаблон

Fig. 3. Template: 1 — specimen; 2, 3 — specimen holders; 4 — template

Для каждого образца вычисляли максимальное приращение температуры по формуле:

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_0, \tag{1}$$

где:

t_{\max} — максимальная температура газообразных продуктов горения исследуемого материала, °С;

t_0 — начальная температура испытания, равная 200 °С.

Для каждого образца вычисляют уменьшение массы (Δm) в процентах по формуле:

$$\Delta m = \frac{m_n - m_k}{m_n} \cdot 100, \tag{2}$$

где:

m_n — масса образца до испытания, г;

m_k — масса образца после испытания, г.

По значению максимального прираще-
ния температуры Δt_{\max} и потере массы Δm
материалы классифицировали:

- на трудногорючие — Δt_{\max} меньше
60 °С и Δm меньше 60 %;
- горючие — Δt_{\max} больше и равно 60 °С
и Δm больше или равно 60 %.

Горючие материалы подразделяли в за-
висимости от времени (τ) достижения t_{\max} :

- на трудновоспламеняемые, если вре-
мя достижения t_{\max} больше 180 с;
- легковоспламеняемые, если время
достижения t_{\max} меньше 180 с.

По методике ГОСТ Р 53292–2009 [13]
время испытания составляло 120 с. По фор-
муле (2) вычислялось уменьшение массы
образца в процентах. По результатам испы-
тания устанавливалась группа огнезащит-
ной эффективности испытанного покрытия
при данном способе его применения. При
потере массы образца не более 9 % уста-
навливалась первая группа огнезащитной
эффективности. При потере массы более
9 %, но не более 25 %, устанавливалась вто-
рая группа огнезащитной эффективности.

При потере массы более 25 % считали, что
данный образец не обеспечивает огнезащиту
древесины.

Результаты и их обсуждение

Методами ДТА получены зависимости
потери массы (ТГ-кривые, рис. 4) и скорости
потери массы (ДТГ-кривые, рис. 5) от темпе-
ратуры исследуемых тканей. Ткани марок
Т-11 и КТ-11-С8/3-ТО без дополнительного
покрытия в процессе эксперимента не теря-
ли массу при нагревании до 1 000 °С и тер-
мическое разложение отсутствовало. Ткани
с дополнительным полиуретановым по-
крытием начинали терять массу при 250 °С,
и потеря ее составила 4 % для марки КА-
600-ПУ и 8 % — для марки СТ-ПУ.

При визуальном наблюдении за пове-
дением тканей под действием пламени
газовой горелки с температурой 1 250 °С
кремнеземные ткани не претерпевали замет-
ных изменений, тогда как стеклоткани начи-
нали сплавляться и уменьшаться в объеме.
Полиуретановые покрытия при этом сгорали.

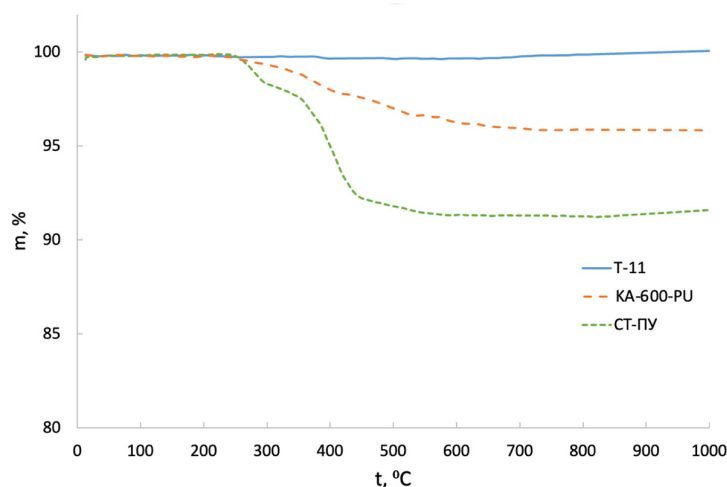


Рис. 4. ТГ-кривые исследуемых тканей

Fig. 4. TG curves of the studied fabric

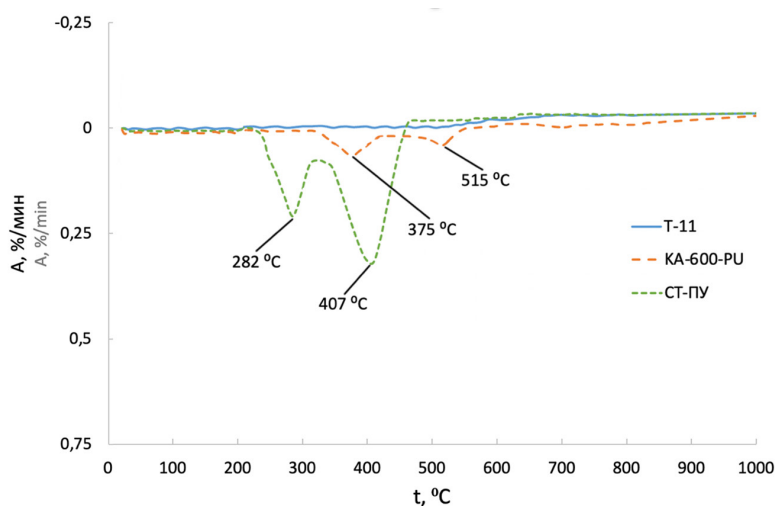


Рис. 5. ДТГ-кривые исследуемых тканей

Fig. 5. DTG curves of the studied fabric

По методике ГОСТ 12.1.044–2018 [21] получены зависимости изменения температуры газообразных продуктов горения от времени эксперимента для деревянных брусков, обернутых одним и двумя слоями исследуемых тканей с креплением на металлические скобы (рис. 6, 7). Все образцы показали значительное снижение роста температуры газообразных продуктов горения относительно контрольного образца незащищенной древесины. Для образцов ткани с полиуретановым покрытием наблюдается снижение роста температуры газообразных продуктов горения и средней потери массы образца в ходе эксперимента. В ходе экспери-

мента ткань теряла свою гибкость, при этом сохраняя целостность оболочки вокруг деревянного образца. Использование второго слоя также снижало динамику роста температуры и в случае со стеклотканью с полиуретановым покрытием использование двух слоев позволило перевести образец в категорию «трудногорючий» в соответствии с классификацией ГОСТ 12.1.044–2018 [21]. Остальные исследуемые образцы были классифицированы как «горючие, легковоспламеняемые». Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью Т-11, КТ-11-С8/З-ТО, КА-600-PU представлен на рис. 8, 9 и 10 соответственно.

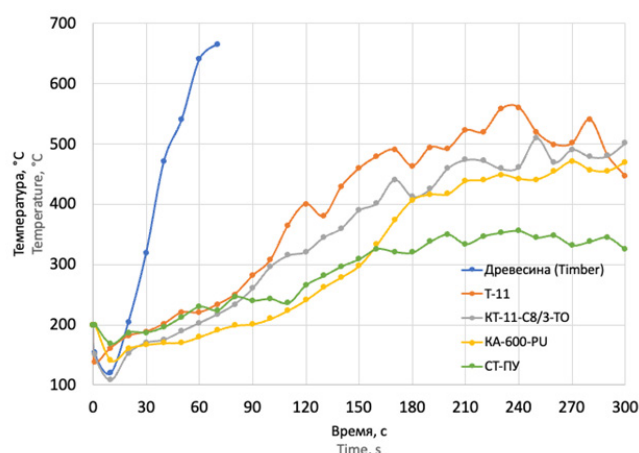


Рис. 6. Зависимости изменения температуры газообразных продуктов горения от времени для образцов с одним слоем ткани

Fig. 6. Dependence of the temperature change of gaseous combustion products on time for samples with one layer of fabric

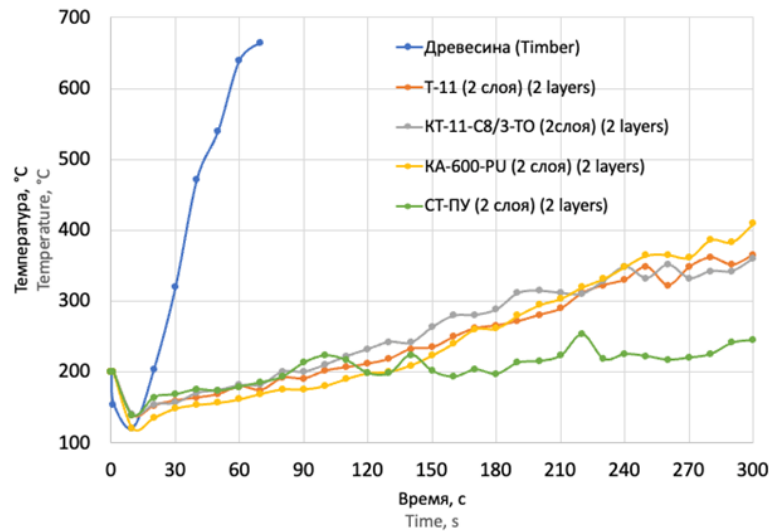


Рис. 7. Зависимости изменения температуры газообразных продуктов горения от времени для образцов с двумя слоями ткани

Fig. 7. Dependence of the temperature change of gaseous combustion products on time for samples with two layers of fabric

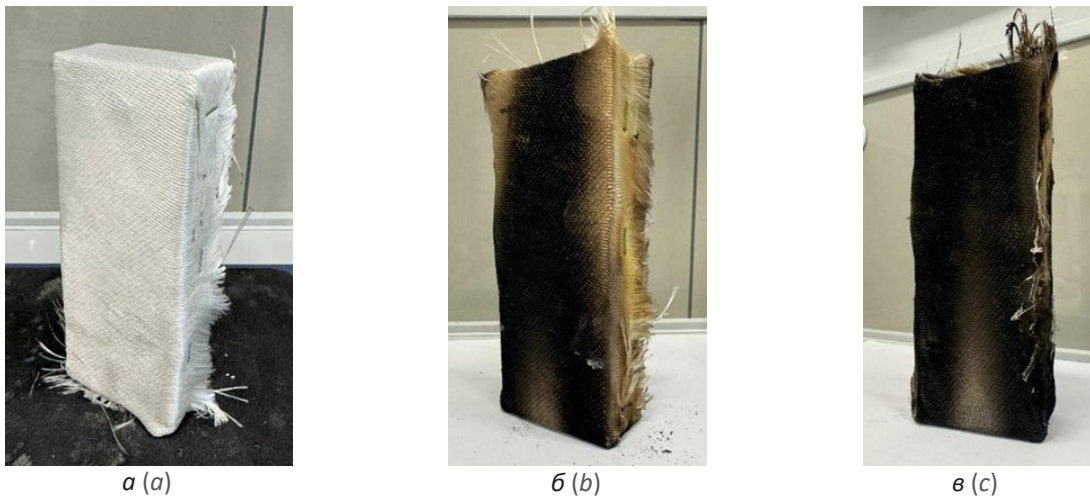


Рис. 8. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью Т-11

Fig. 8. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with T-11 fabric

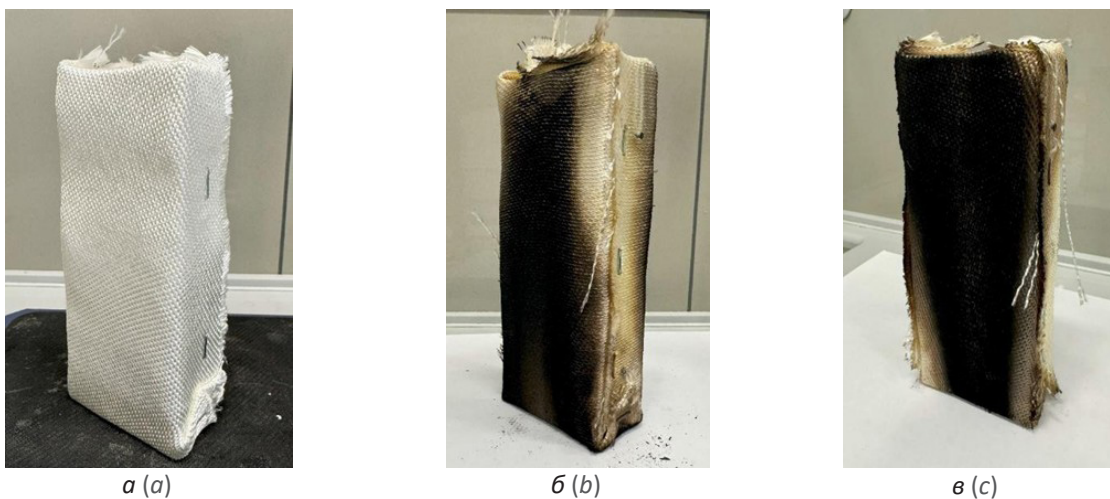


Рис. 9. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью КТ-11-С8/3-ТО

Fig. 9. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with KT-11-C8/3-TO fabric

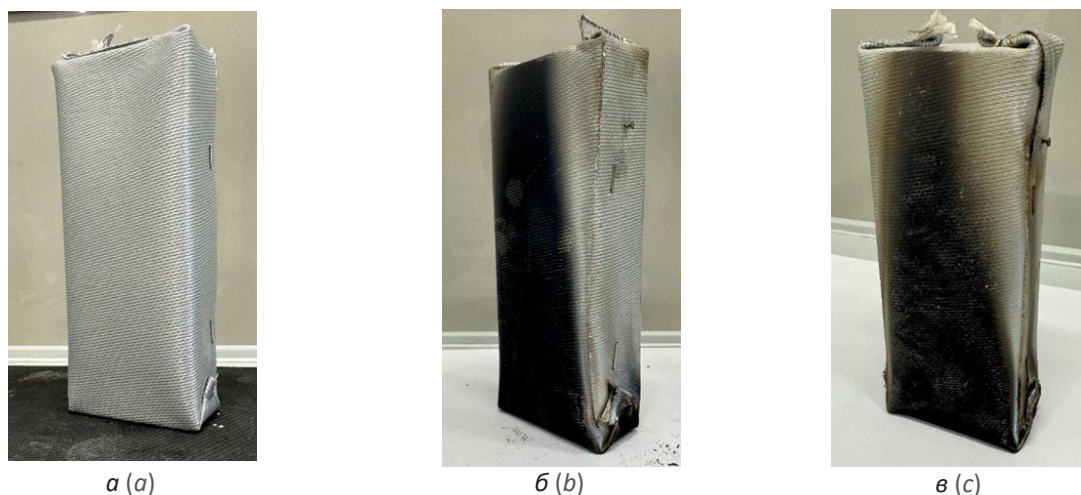


Рис. 10. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью КА-600-PU
 Fig. 10. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with KA-600-PU fabric

В качестве альтернативы креплению на металлические скобы было рассмотрено крепление образцов ткани к древесине посредством жидкого стекла. Данный способ крепления позволил еще заметнее снизить динамику роста температуры газообраз-

ных продуктов горения образцов (рис. 11) и перевести образец с тканью КА-600-PU из категории «легковоспламеняемых» в категорию «трудновоспламеняемых», а с тканями Т-11 и КТ-11-С8/3-ТО из «горючих» в «трудногорючие».

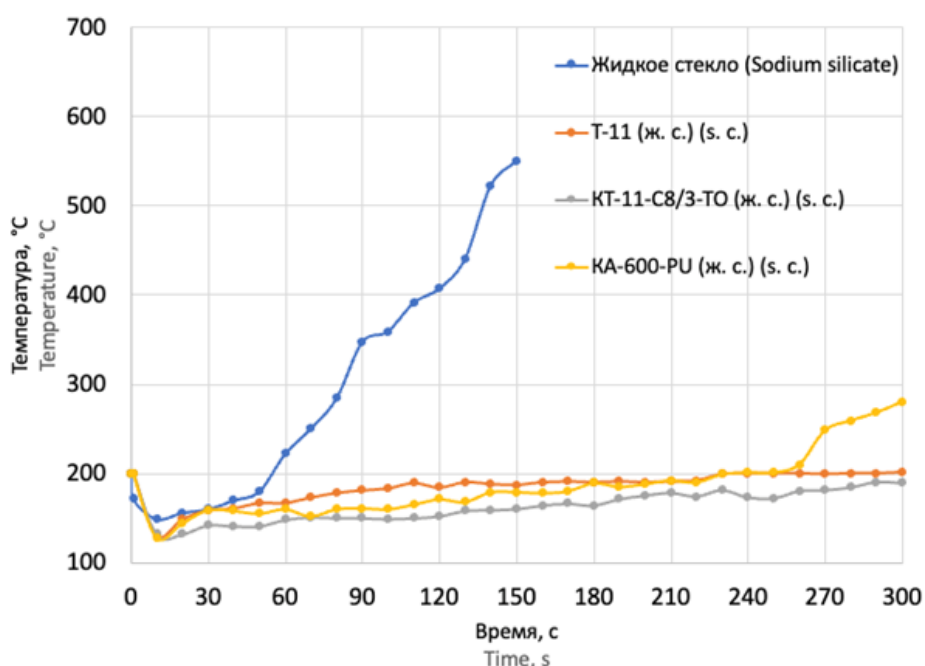


Рис. 11. Зависимости изменения температуры газообразных продуктов горения от времени при креплении ткани на жидкое стекло

Fig. 11. Dependence of the temperature change of gaseous combustion products on time when fabric is attached to liquid glass

Данный эффект был достигнут благодаря механизму термического разложения жидкого стекла, при котором в процессе

нагрева происходило удаление связанной воды, образуя пористую белую массу и, подобно действию прочих вспучивающихся

составов, замедляя нагрев древесины. Стоит отметить, что данный вид крепления не подходит для показавшей лучшие значения в ходе эксперимента со скобами стеклоткани с полиуретановым покрытием. В ходе испытания стеклоткани с полиуретановым покрытием в сочетании с жидким стеклом образец терял целостность, трескался и пламя попадало напрямую к образцу древесины, вызывая ее открытое горение. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут

(в) испытания с тканью Т-11, КТ-11-С8/3-ТО, КА-600-ПУ представлен на рис. 12, 13 и 14 соответственно.

В ходе испытаний по методике ГОСТ Р 53292–2009 [13] все исследуемые образцы тканей в сочетании с древесиной показали значения потери масс, соответствующие первой группе огнезащитной эффективности. Это позволяет сделать вывод о возможности использования бандажей в качестве альтернативы огнезащитным составам.

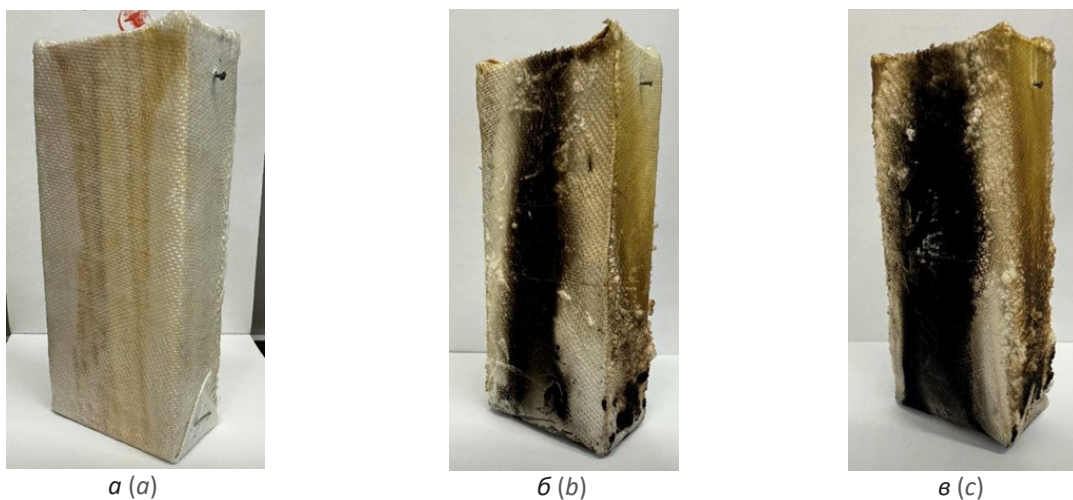


Рис. 12. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью Т-11, прикрепленной на жидкое стекло

Fig. 12. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with T-11 fabric attached to the liquid glass



Рис. 13. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью КТ-11-С8/3-ТО, прикрепленной на жидкое стекло

Fig. 13. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with KT-11-C8/3-TO fabric attached to the liquid glass

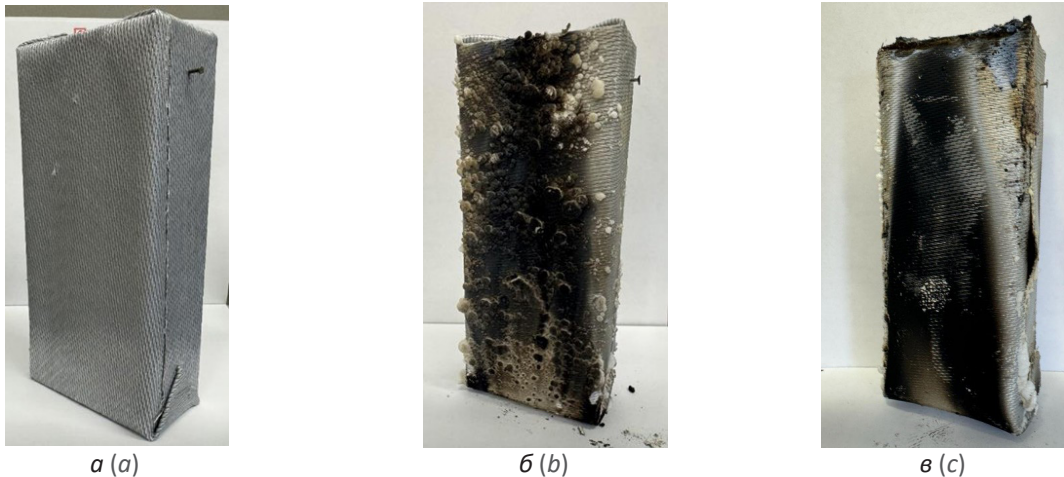


Рис. 14. Внешний вид образцов до (а), после 2 минут (б) и 5 минут (в) испытания с тканью КА-600-ПУ, прикрепленной на жидкое стекло

Fig. 14. Appearance of the samples before (a), after 2 minutes (b), and after 5 minutes (c) of testing with KA-600-PU fabric attached to the liquid glass

Заклучение

В результате проведенного исследования установлено, что на сегодняшний день не существует трудновываемых огнебиозащитных составов, которые можно применять при глубокой пропитке деревянных опор ЛЭП и связи и обеспечивающих срок эксплуатации 40 лет. Поэтому защитить опоры от воздействия низовых пожаров можно

только дополнительными мероприятиями уже после автоклавной пропитки трудно-вываемыми антисептиками. В работе показано, что наиболее доступным способом может быть применение огнезащитных бандажей на основе различных тканей, которые крепятся уже на установленную опору, переводят древесину в трудногоряемый материал и обеспечивают первую группу огнезащитной эффективности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bernhardt B. Wood Poles Still Best Alternative for Most Uses // Natural Gas & Electricity. 2017. No. 34. P. 9–14. DOI: 10.1002/gas.22002
2. Шергунова Д. М. Пропитанные деревянные опоры — идеальный материал для воздушных линий электропередачи // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2007. № 2 (20). С. 163–167.
3. Никанорова А. И. Консервирование столбов для воздушных линий связи. М., 1951. 34 с.
4. ГОСТ 20022.6–93. Защита древесины. Способы пропитки. Минск, 1994. 20 с.
5. Bingel N. G. Cost saving benefits of wood structure maintenance // Proceedings of ESMO'95 — 1995 IEEE 7th International Conference on Transmission and Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance. New York, 1995. P. 11–16. DOI: 10.1109/TDCLLM.1995.485030

6. Polizois D., Kell Jon A. Repair and rehabilitation of wood utility poles with fibre-reinforced polymers // *Canadian Journal of Civil Engineering*. 2007. No. 34 (1). P. 116–119. DOI: 10.1139/I06-105
7. Современные трудновываемые препараты для биологической защиты деревянных опор линий электропередач и связи / Н. О. Мельников [и др.] // *Химическая промышленность сегодня*. 2019. № 1. С. 32–37.
8. Беленков Д. А., Левинский Ю. Б., Стенина Е. И. Изучение свойств древесины, пропитанной антисептиком УЛТАН // *Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды международного евразийского симпозиума / под ред. И. Т. Глебова*. Екатеринбург, 2006. С. 49–52.
9. Винокурова В. В., Монахов А. А., Мельников Н. О. Исследование огнезащитной способности трудновываемых препаратов для пропитки древесины опор ЛЭП и связи // *Успехи в химии и химической технологии*. 2021. Т. 35, № 10 (245). С. 15–17.
10. ГОСТ 20022.0–2016. Защита древесины. Параметры защищенности. М., 2017. 52 с.
11. ГОСТ 28815–2018. Растворы водные защитных средств для древесины. Технические условия. М., 2018. 16 с.
12. ГОСТ 16363–98. Средства защитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. Минск, 1998. 6 с.
13. ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. М., 2019. 15 с.
14. ГОСТ 20022.2–2018. Защита древесины. Классификация. М., 2018. 12 с.
15. ГОСТ Р 70237–2022. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Установки электрические. Правила устройства. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ. Общие требования. М., 2022. 44 с.
16. Hu Zhengping. Electric pole fireproof sleeve. Patent CN, no. 212679892U, 2021.
17. Machado J. S., Cordeiro E., Knapic S. Fire Protection of Utility Pine Wood Poles // *Fire*. 2025. Vol. 8. No. 1. DOI: 10.3390/fire8010003
18. ГОСТ 19170–2001. Стекловолокно. Ткань конструкционного назначения. Технические условия. Минск, 2002. 10 с.
19. ТУ 6-48-64–91. Ткани кремнеземные. Технические условия.
20. Оценка эффективности смесей антипиренов для огнезащиты древесины / В. Ю. Колесова [и др.] // *Техносферная безопасность*. 2025. № 1 (46). С. 52–66.
21. ГОСТ 12.1.044–2018. ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М., 2018. 183 с.
22. ГОСТ 13078–2021. Стекло натриевое жидкое. Технические условия. М., 2021. 19 с.

REFERENCES

1. Bernhardt B. Wood Poles Still Best Alternative for Most Uses // *Natural Gas & Electricity*. 2017. No. 34. P. 9–14. DOI: 10.1002/gas.22002
2. Shergunova N. A. Impregnated wooden poles as an ideal material for overhead power lines // *Vestnik of Samara State Technical University. Technical Sciences Series*. 2007. No. 2 (20). P. 163–167.

3. Nikanorova A. I. Preservation of poles for overhead communication lines. Moscow, 1951. 34 p.
4. GOST 20022.6–93. Wood protection. Impregnation methods. Minsk, 1994. 20 p.
5. Bingel N. G. Cost saving benefits of wood structure maintenance // Proceedings of ESMO'95 — 1995 IEEE 7th International Conference on Transmission and Distribution Construction, Operation and Live-Line Maintenance. New York, 1995. P. 11–16. DOI: 10.1109/TDCLLM.1995.485030
6. Polizois D., Kell Jon A. Repair and rehabilitation of wood utility poles with fibre-reinforced polymers // Canadian Journal of Civil Engineering. 2007. No. 34 (1). P. 116–119. DOI: 10.1139/I06-105
7. Modern hard-to-wash preparations for the biological protection of wooden power lines poles and communication / N. O. Melnikov et al. // Chemical Industry Developments. 2019. No. 1. P. 32–37.
8. Belenkov D. A., Levinskiy Yu. B., Stenina E. I. Studying of properties of the wood impregnated by antiseptic tank ultan // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : proceedings of the International Eurasian Symposium / edited by I. T. Glebov. Yekaterinburg, 2006. P. 49–52.
9. Vinokurova V. V., Monakhov A. A., Melnikov N. O. Study of the fire-retardant capacity of heavy-duty preparations for the impregnation of wood for power lines and communication poles // Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2021. Vol. 35. No. 10 (245). P. 15–17.
10. GOST 20022.0–2016. Wood protection. Security parameters. Moscow, 2017. 52 p.
11. GOST 28815–2018. Water solutions of protective agents for wood. Specifications. Moscow, 2018. 16 p.
12. GOST 16363–98. Protective agents for wood. Methods for determining fire-retardant properties. Minsk, 1998. 6 p.
13. GOST R 53292–2009. Fire retardant compositions and substances for wood and wood-based materials. General requirements. Test methods. Moscow, 2019. 15 p.
14. GOST 20022.2–2018. Wood protection. Classification. Moscow, 2018. 12 p.
15. GOST R 70237–2022. United power system and isolated power systems. Electric installation. Rules for design. Overhead electric power lines at voltage up to 1 kV. General requirements. Moscow, 2022. 44 p.
16. Hu Zhengping. Electric pole fireproof sleeve. Patent CN, no. 212679892U, 2021.
17. Machado J. S., Cordeiro E., Knapic S. Fire Protection of Utility Pine Wood Poles // Fire. 2025. Vol. 8. No. 1. DOI: 10.3390/fire8010003
18. GOST 19170–2001. Glass fiber. Structural fabric. Specifications. Minsk, 2002. 10 p.
19. TU 6-48-64–91. Silica fabrics. Specifications.
20. Evaluation of the effectiveness of flame retardant mixtures for wood fire protection / V. Yu. Kolesova et al. // Technosphere safety. 2025. No. 1 (46). P. 52–66.
21. GOST 12.1.044–2018. Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Moscow, 2018. 183 p.
22. GOST 13078–2021. Sodium silicate solute. Specifications. Moscow, 2021. 19 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Монахов Антон Андреевич, ассистент кафедры техносферной безопасности РХТУ им. Д. И. Менделеева (125047, Российская Федерация, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1); РИНЦ ID: 1038060; e-mail: antonmonahov913@yandex.ru

Мельников Никита Олегович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности РХТУ им. Д. И. Менделеева (125047, Российская Федерация, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1); заведующий лабораторией исследований огнестойкости строительных конструкций научного экспертного бюро пожарной, экологической безопасности в строительстве Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. В. А. Кучеренко (109428, Российская Федерация, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д. 6, к. 1); РИНЦ ID: 694341; Scopus AuthorID: 57189368987; e-mail: no.melnikov@yandex.ru

Акинин Николай Иванович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры техносферной безопасности РХТУ им. Д. И. Менделеева (125047, Российская Федерация, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1); РИНЦ ID: 51759; Scopus AuthorID: 6602574271; e-mail: akinin.n.i@muctr.ru

Максименко Сергей Анатольевич, канд. хим. наук, генеральный директор АО «Сенежская НПЛ защиты древесины» (141503, Российская Федерация, Московская обл., г. Москва, д. Чепчиха, к. 6); Scopus AuthorID: 7004065649; e-mail: max123-62@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anton A. Monakhov, Assistant Professor at the Department of Technosphere Safety, University Mendeleev (9 Miuskaya square, Moscow, 125047, Russian Federation); ID RSCI: 1038060; e-mail: antonmonahov913@yandex.ru

Nikita O. Melnikov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technosphere Safety, University Mendeleev (9 Miuskaya square, Moscow, 125047, Russian Federation); Laboratory Head, Scientific Expert Bureau of Fire and Environmental Safety in Construction, Research Institute of Building Constructions named after V. A. Koucherenko (6 2nd Institutskaya St., Moscow, 109428, Russian Federation); ID RSCI: 694341; Scopus AuthorID: 57189368987; e-mail: no.melnikov@yandex.ru

Nicolai I. Akinin, Doc. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Technosphere Safety, University Mendeleev (9 Miuskaya square, Moscow, 125047, Russian Federation); ID RSCI: 51759; Scopus AuthorID: 6602574271; e-mail: akinin.n.i@muctr.ru

Sergey A. Maksimenko, Cand. Sci. (Chem.), General Director, Senezh Scientific and Production Laboratory of Wood Protection JSC (6, Chepchikha, Moscow, Moscow region, 141503, Russian Federation); Scopus AuthorID: 7004065649; e-mail: max123-62@mail.ru