

Научная статья

УДК 614.841.2; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-143-152

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ТЕРМИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ OSB-ПЛИТ РЕЗИСТИВНЫМ МЕТОДОМ

✉Сысоева Татьяна Павловна;

Федоров Андрей Сергеевич;

Лобова Софья Федоровна.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉syisik@mail.ru

Аннотация. Целью данного исследования послужило выявление закономерностей тенденции в изменении удельного электросопротивления обугленных остатков в зависимости от температуры и длительности процесса карбонизации у полимеров на примере ориентированно-стружечной плиты, массово применяемой в строительстве. Специалисты в области строительства называют OSB-плиты материалами будущего, так как их физические свойства превосходят аналогичные свойства обычной древесины, а также стоимость таких плит ниже конструктивных деревянных элементов. Исследование карбонизованных остатков полимерных материалов резистивным методом относится к методике инструментальных исследований объектов на месте пожара. Полученные значения электросопротивления помогут пожарно-техническому эксперту (специалисту) при производстве пожарно-технической экспертизы выявлять места наибольшего и наименьшего теплового и временного воздействия, что в дальнейшем поможет ему в установлении очага пожара.

Ключевые слова: полимерные материалы, пожар, резистивный метод, пожарно-технический эксперт

Для цитирования: Сысоева Т.П., Федоров А.С., Лобова С.Ф. Исследование степени термического поражения OSB-плит резистивным методом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 3 (71). С. 143–152. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-143-152.

Scientific article

COMPARATIVE STUDY OF METHODS OF FIXING THE MATERIAL SITUATION AT THE FIRE SITE

✉Sysoeva Tatiana P.;

Fedorov Andrey S.;

Lobova Sofya F.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉syisik@mail.ru

Abstract. The purpose of this study was to identify patterns of tendency in changes in the electrical resistivity of charred residues depending on the temperature and duration of the carbonization process in polymers, using the example of oriented chipboard, massively used in construction. OSB slabs are called materials of the future by experts in the field of construction, since their physical properties are superior to those of ordinary wood, as well as the cost of such slabs is lower than structural wooden elements. The study of carbonized residues of polymer materials by the resistive method refers to the methodology of instrumental studies of objects

at the fire site. The obtained values of electrical resistance will help the fire technical expert (specialist) in the production of fire technical expertise to identify the places of the greatest and least thermal and temporary effects, which will further help him in establishing the source of the fire.

Keywords: polymer materials, fire, resistive method, fire technical expert

For citation: Sysoeva T.P., Fedorov A.S., Lobova S.F. Comparative study of methods of fixing the material situation at the fire site // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 3 (71). P. 143–152. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-3-143-152.

Введение

На настоящее время на территории Российской Федерации в области пожарной безопасности играет наибольшую роль не только защита жизни населения, но и охрана материальных ценностей и имущества государства. Количество пожаров, происходящих на территории страны, не уменьшается, так как развитие инфраструктуры не стоит на месте. В связи с этим не всегда удается обеспечить охрану и защиту граждан и их имущества, а также имущества государства и его ценностей [1].

С течением времени строительные материалы меняются, уступая место более доступным в связи с развитием современных технологий. Одними из таких материалов являются OSB-плиты. Именно их специалисты в области строительства называют материалами будущего, так как их физические свойства превосходят аналогичные свойства обычной древесины [2–4].

Использование данных плит в области промышленности неизбежно растет, а количество пожаров не сокращается, поэтому сведения о материале, из которого изготовлены плиты, важны для проведения пожарно-технической экспертизы.

Целью серии экспериментов авторов является выявление закономерностей тенденции в изменении удельного электросопротивления обугленных остатков в зависимости от температуры и длительности процесса карбонизации у полимеров на примере ориентированно-стружечной плиты.

Исследование образцов OSB-плит

Объектом исследования в данной работе выступает OSB-плита. Исходя из химического состава, в который входят полимерные соединения, данный материал рассматривается как полимерный строительный материал.

OSB представляет собой плотнопрессованную трехслойную плиту из плоской ориентированной щепы сосны или лиственных пород древесины, проклеенную синтетическими экологически чистыми клеями под воздействием высокого давления и температуры [5–8].

Выбор именно этого материала как объекта исследования сделан исходя из растущей востребованности OSB-плит. Ориентированно-стружечные плиты отличаются сравнительно небольшой стоимостью и доступностью, также они пригодны для строительства и отделки помещений. В состав исследуемого материала входят токсичные вещества, которые испаряются даже при сравнительно небольшом нагреве, и их пары оказывают пагубное влияние на здоровье человека [9–11].

Для исследования использовали муфельную печь модели «ТУЛЯЧКА – 3уэ». В соответствии с данными технического паспорта минимальная рабочая температура печи – 100 °С; максимальная рабочая температура – 1 150 °С.

Внутри печи размещена камера обжига, состоящая из собранных в единый блок муфеля и пластин теплоизоляции. В задней части печи установлен блок отвода продуктов выгорания, связанный с камерой обжига посредством трубки. Через заднюю пластину теплоизоляции в рабочее пространство введена термопара. Дверца печи снабжена датчиком положения. Свободные концы термопары, цепь управления спиральными нагревателями и выход датчика положения дверцы подведены к блоку управления. Все внутренние элементы муфельной печи закрыты кожухом. На задней стенке печи расположен автоматический выключатель. В нижней части печи на панели управления расположен выключатель питания «СЕТЬ».

Также для работы был использован мультиметр модели DT9208A. В соответствии с технической документацией мультиметр DT9208A предназначен для измерения тока, напряжения, сопротивления, параметров диодов и транзисторов, а также частоты и температуры.

Для проведения исследования резистивным методом применяли прибор «АКО.1-01-ЭП», в который входит гидравлический пресс [12].

Для проведения исследования в первую очередь определяли диапазон температур, при котором будет возможно изъятие проб угля в достаточном количестве для дальнейшего их изучения методом измерения электросопротивления.

Образцы размером 3х3 см подвергались тепловому воздействию при различных температурных и временных диапазонах. Начальную температуру выбрали 150 °С с шагом повышения в 25 °С. Временной шаг составил 10 мин. Все образцы были исследованы при одинаковых условиях и с использованием одинакового оборудования.

Экспериментальным путем, посредством наблюдения и фиксации полученных результатов, а также обращаясь к справочной литературе, был установлен диапазон для проведения дальнейшего исследования: 325–675 °С. Общий вид образцов для дальнейшего исследования представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид образцов для последующего отбора проб

Пробы отбирались в соответствии с методикой, описанной И.Д. Чешко [12]. После отбора пробы подвергались сушке при температуре не более 105 °С, пока их масса не перестанет меняться, чтобы удалить влагу, которая могла остаться в них после тушения пожара. Влага значительно влияет на полученное значение электросопротивления.

Полученные электросопротивления (r , МОм) для каждого образца приведены в табл. 1.

Таблица 1

Полученные электросопротивления (r , МОм) для каждого образца

Величина температурного воздействия, °С	Длительность температурного воздействия, мин	Электросопротивление, МОм
325	40	11
325	50	11
375	10	20
375	20	11
375	30	10
375	40	11
375	50	12
375	60	12
425	10	21
425	20	11
425	30	10
425	40	10
425	50	10
475	10	13
475	20	14
475	30	12
475	40	11
475	50	10
525	10	10
525	20	10
525	30	10
525	40	10
575	10	10
575	20	10
575	30	10
575	40	0,9
625	10	10
625	20	10
625	30	0,9
625	40	0,9
675	10	0,9
675	20	0,9
675	30	0,9
675	40	0,9

Для того чтобы построить графики и выявить зависимость, полученные значения электросопротивления r (МОм) были переведены в удельное электросопротивление P (Ом*см) по формуле:

$$P = \frac{r \cdot S}{l}, \quad (1)$$

где r – электросопротивление слоя угля, Ом; S – площадь таблетки угля, см²; l – высота слоя угля, см.

Так как пресс-форма, предназначенная для прессования пробы, цилиндрической формы, площадь считали по формуле для площади круга:

$$S = \pi r^2. \quad (2)$$

Диаметр пресс-формы равен 3 мм (0,3 см), отсюда радиус $r = 0,15$ см; $r^2 = 0,0225$ см. Вычисляем параметры: $S = 0,07065$ см²; $l = 0,5$ см.

Таким образом, S и l являются константами, следовательно, при пересчете в удельное сопротивление меняли только значение r , которое перевели в Ом. Для построения графика, согласно методике, необходимо от полученных значений удельного сопротивления взять десятичный логарифм. Результаты вычислений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения удельного сопротивления и значения десятичного логарифма сопротивления

Величина температурного воздействия, °С	Длительность температурного воздействия, мин	Удельное сопротивление, Р [Ом*см]	Десятичный логарифм, lgP
325	40	1554300	6,1915348
325	50	1554300	6,1915348
375	10	2826000	6,4511722
375	20	1554300	6,1915348
375	30	1413000	6,1501422
375	40	1554300	6,1915348
375	50	1695600	6,2293234
375	60	1695600	6,2293234
425	10	2967300	6,4723615
425	20	1554300	6,1915348
425	30	1413000	6,1501422
425	40	1413000	6,1501422
425	50	1413000	6,1501422
475	10	1836900	6,2640855
475	20	1978200	6,2962702
475	30	1695600	6,2293234
475	40	1554300	6,1915348
475	50	1413000	6,1501422
525	10	1413000	6,1501422
525	20	1413000	6,1501422
525	30	1413000	6,1501422
525	40	1413000	6,1501422
575	10	1413000	6,1501422
575	20	1413000	6,1501422
575	30	1413000	6,1501422
575	40	127170	5,1043847
625	10	1413000	6,1501422
625	20	1413000	6,1501422
625	30	127170	5,1043847
625	40	127170	5,1043847
675	10	127170	5,1043847
675	20	127170	5,1043847
675	30	127170	5,1043847
675	40	127170	5,1043847

По полученным значениям был составлен график зависимости удельного сопротивления от температуры, воздействовавшей на образцы OSB-плит (рис. 2), а также график зависимости удельного сопротивления от длительности теплового воздействия (рис. 3).

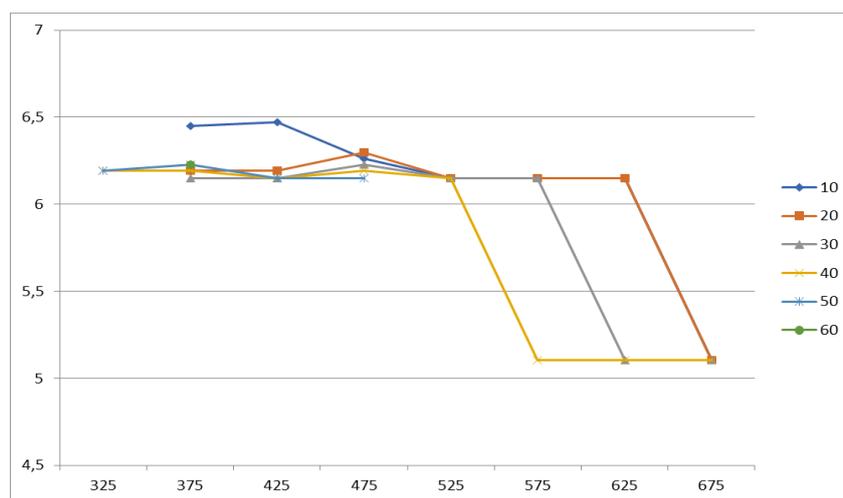


Рис. 2. Зависимость удельного электросопротивления от температуры

Ориентированно-стружечные плиты исследуются как полимерный материал, исходя из состава этого строительного материала. Согласно научной литературе электросопротивление последовательно снижается при повышении температуры и длительности воздействия ее на образец.

Анализируя график, можно увидеть, что электросопротивление снижается не с самого начала испытаний. В интервале температур 325–525 °С оно может оставаться примерно на одном уровне и даже незначительно подниматься. В интервале температур 525–675 °С электросопротивление начинает последовательно снижаться. Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод о том, что если полимерный материал (в данном случае ориентированно-стружечная плита) подверглась нагреву на пожаре, но температура теплового воздействия была ниже 525 °С, то применение метода измерения электросопротивления к данному материалу не имеет смысла.

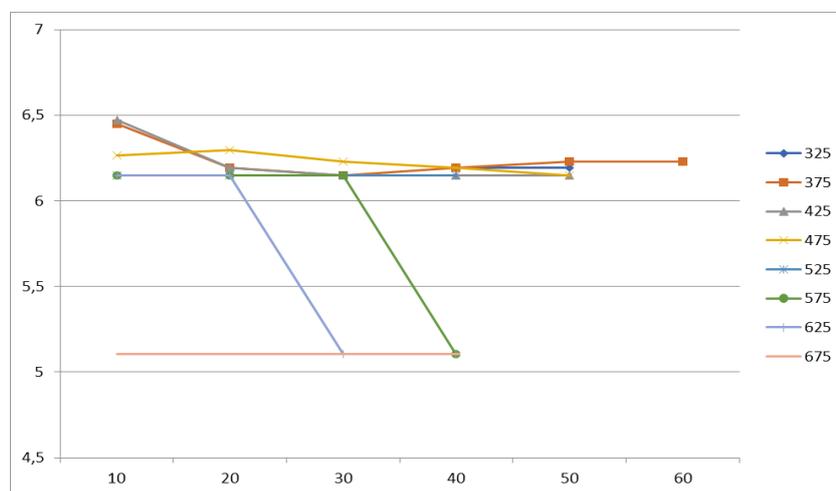


Рис. 3. Зависимость удельного электросопротивления от длительности теплового воздействия

Анализируя полученный график, можно сделать вывод о том, что если при измерении электросопротивление начало последовательно снижаться, то образец подвергался нагреву до 575–625 °С в интервале 30–40 мин. Также можно сделать вывод о том, что в этом интервале электросопротивление для данных температур только начинает меняться. Чтобы подробнее изучить поведение материала, необходимо исследовать новые образцы и дополнить графики.

Действуя по аналогии с прошлыми вычислениями, добавили следующие точки в изучаемом диапазоне температур:

- для температуры 575 °С: 5 мин;
- для температуры 600 °С: 5, 10, 20, 30, 40 мин;
- для температуры 625 °С: 5 мин;
- для температуры 650 °С: 5, 10, 20, 30, 40 мин;
- для температуры 675 °С: 5 мин.

На основании полученных показателей можно дополнить рис. 2, 3, чтобы более детально изучить поведение исследуемого материала при повышении температуры (рис. 4) и изменении времени теплового воздействия на образцы (рис. 5).

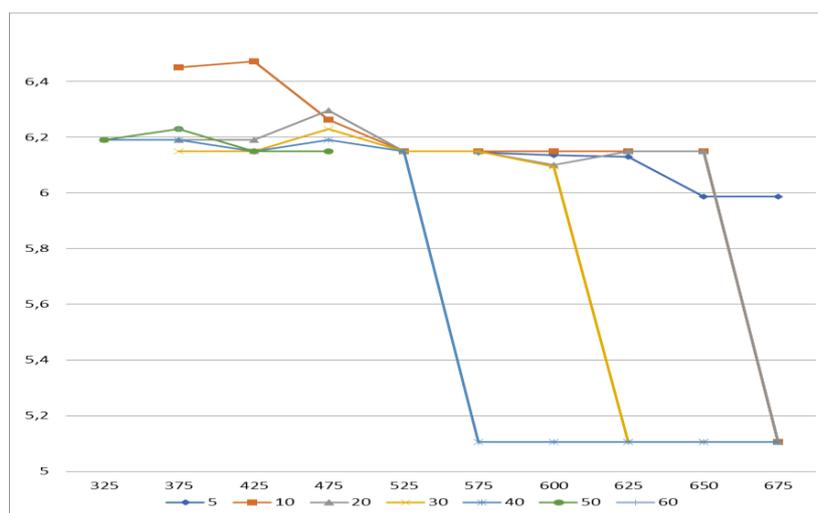


Рис. 4. Зависимость удельного электросопротивления от температуры (дополнительный)

Исходя из анализа полученного графика, делаем вывод о том, что на добавленных температурах и временных интервалах удельное электросопротивление карбонизованных остатков угля OSB-плит последовательно снижается. Наиболее заметно это в интервале температур 525–675 °С. Стоит отметить, что при выдержке в муфельной печи в течение 5 мин удельное электросопротивление исследуемых образцов также последовательно снижалось, что отмечено на графике. Наиболее интенсивное снижение при выдержке в 5 мин наблюдалось в температурном интервале 625–650 °С.

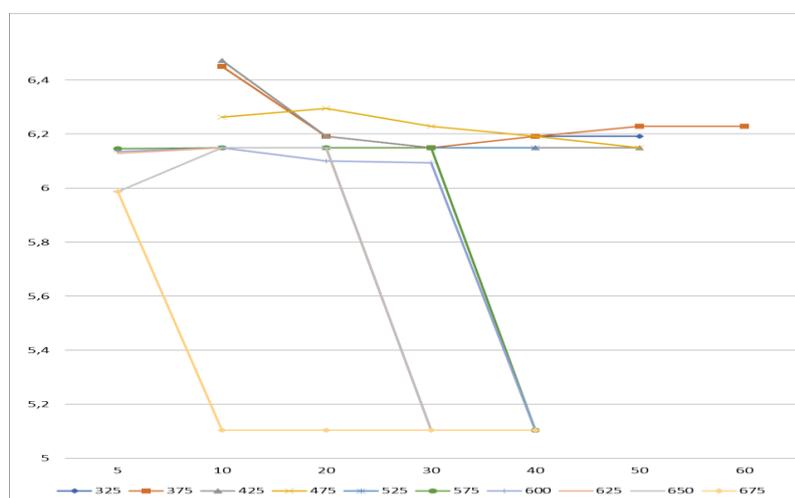


Рис. 5. Зависимость удельного электросопротивления от длительности теплового воздействия (дополненный)

На полученном графике можно увидеть, что наиболее интенсивное снижение удельного электросопротивления происходит при воздействии на образцы более высоких температур. Важным фактором является и то, что с уменьшением температуры (с 675 до 575 °С) увеличивалось время воздействия этих температур на образцы. Время увеличивалось соответственно температуре. Для резкого уменьшения электросопротивления при температуре 675 °С понадобилось всего 5 мин – с 5 до 10 мин выдержки при данной температуре; при температуре 650 °С для резкого скачка значения электросопротивления вниз потребовалось 30 мин выдержки; при температурах 600 и 575 °С – 40 мин.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что время длительности теплового воздействия и величина температуры в значительной степени влияют на измеряемое электросопротивление полимерных материалов.

Заключение

В заключение можно отметить, что значения электросопротивления действительно меняются в зависимости от температуры и длительности теплового воздействия на исследуемые образцы полимерных материалов (в данном случае OSB-плит). С повышением температуры пиролиза коксового остатка электросопротивление снижается в широких пределах. Наиболее значительное снижение показателей электросопротивления фиксировалось в температурном интервале 525–675 °С.

По итогам анализа был сделан вывод о том, что наиболее интенсивное падение значений электросопротивления наблюдается в интервале времени выдержки 30–40 мин, в результате чего кривая сдвигается в сторону меньшего электросопротивления.

Значения электросопротивления помогают пожарно-техническому эксперту (специалисту) при производстве экспертизы выявлять места наибольшего и наименьшего теплового и временного воздействия, что в дальнейшем поможет ему в установлении очага пожара.

Также авторы отмечают, что при низких температурах (до 225 °С) видимых термических повреждений не зафиксировано.

Список источников

1. Актуальность развития экспертных исследований по оценке ущерба от пожара (взрыва) / Ю.Н. Елисеев [и др.] // Вестник Воронежского института ФСИИ России. 2019. № 2. С. 134–136.
2. Федоров П.А., Тухватшин С.В. Перспективы развития производства OSB плит в России // Теория и практика современной науки. 2018. № 5 (35). С. 862–865.
3. Войнова Н.В., Постой Л.В. Влияние состава плит OSB на их экологичность и безопасность применения в строительстве // Приволжский научный вестник. 2015. № 2 (42). С. 19–23.
4. Тарасов М.А. Аспекты применения полимерных строительных материалов во внутриотделочных работах // Научный журнал молодых ученых. 2023. № 3 (33). С. 47–52.
5. Плотников С.М., Руденко Б.Д., Савельева В.Г. Совершенствование поперечного ориентирования частиц в плитах OSB // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2012. № 32. С. 96–99.
6. Bogdanova V.V., Kobets O.I., Buraja O.N. Directional regulation of the fire-protective and extinguish efficiency of n-p-containing fire retardants in synthetic and natural polymers // Combustion and Explosion. 2019. Vol. 12. № 2. С. 106–115.
7. Gur'ev V.V., Nikitin V.I., Kofanov V.A. Investigation of heat-humidity transfer in high-porous gas-filled polymers to calculate its heat conductivity // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. 2019. Vol. 15. № 1. С. 67–77.

8. Research and development of effective compositions of anti-corrosion composite polymer materials and coatings / S. Negmatov [et al.] // *Universum: технические науки*. 2023. № 3–5 (108). С. 52–58.

9. Glukhikh V.V., Shkuro A.E., Krivonogov P.S. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // *Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series*. 2021. № 3 (103). С. 83–92.

10. Ignition of cellulosic materials: measurement of characteristics of ignition / A.V. Kargin [et al.] // *Бутлеровские сообщения*. 2015. Vol. 42. № 6. С. 17–24.

11. Дробыш А.С., Кудряшов В.А. Исследование на горючесть строительных материалов из полимерных композитов // *Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*. 2013. № 1-1 (2). С. 74–75.

12. Чешко И.Д. Расследование и экспертиза пожаров: метод. пособие. М.: ВНИИПО МЧС России, 2004. С. 455.

References

1. Aktual'nost' razvitiya ekspertnyh issledovaniy po ocenke ushcherba ot pozhara (vzryva) / Yu.N. Eliseev [i dr.] // *Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii*. 2019. № 2. С. 134–136.

2. Fedorov P.A., Tuhvatshin S.V. Perspektivy razvitiya proizvodstva OSB plit v Rossii // *Teoriya i praktika sovremennoj nauki*. 2018. № 5 (35). С. 862–865.

3. Vojnova N.V., Postoj L.V. Vliyanie sostava plit OSB na ih ekologichnost' i bezopasnost' primeneniya v stroitel'stve // *Privolzhskij nauchnyj vestnik*. 2015. № 2 (42). С. 19–23.

4. Tarasov M.A. Aspekty primeneniya polimernyh stroitel'nyh materialov vo vnutriotdelochnyh rabotah // *Nauchnyj zhurnal molodyh uchenyh*. 2023. № 3 (33). С. 47–52.

5. Plotnikov S.M., Rudenko B.D., Savel'eva V.G. Sovershenstvovanie poperechnogo orientirovaniya chastic v plitah OSB // *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2012. № 32. С. 96–99.

6. Bogdanova V.V., Kobets O.I., Buraja O.N. Directional regulation of the fire-protective and extinguish efficiency of n-p-containing fire retardants in synthetic and natural polymers // *Combustion and Explosion*. 2019. Vol. 12. № 2. С. 106–115.

7. Gur'ev V.V., Nikitin V.I., Kofanov V.A. Investigation of heat-humidity transfer in high-porous gas-filled polymers to calculate its heat conductivity // *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2019. Vol. 15. № 1. С. 67–77.

8. Research and development of effective compositions of anti-corrosion composite polymer materials and coatings / S. Negmatov [et al.] // *Universum: tekhnicheskie nauki*. 2023. № 3–5 (108). С. 52–58.

9. Glukhikh V.V., Shkuro A.E., Krivonogov P.S. The effect of chemical composition on the biodegradation rate and physical and mechanical properties of polymer composites with lignocellulose fillers // *Bulletin of the Karaganda University. Chemistry Series*. 2021. № 3 (103). С. 83–92.

10. Ignition of cellulosic materials: measurement of characteristics of ignition / A.V. Kargin [et al.] // *Butlerovskie soobshcheniya*. 2015. Vol. 42. № 6. С. 17–24.

11. Drobysch A.S., Kudryashov V.A. Issledovanie na goryuchest' stroitel'nyh materialov iz polimernyh kompozitov // *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidacii posledstvij chrezvychajnyh situacij*. 2013. № 1-1 (2). С. 74–75.

12. Cheshko I.D. Rassledovanie i ekspertiza pozharov: metod. posobie. М.: VNIIPО MCHS Rossii, 2004. С. 455.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 07.06.2024; одобрена после рецензирования: 14.08.2024;
принята к публикации: 10.09.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 07.09.2024; approved after review: 14.08.2024;
accepted for publication: 10.09.2024

Информация об авторах:

Сысоева Татьяна Павловна, старший научный сотрудник отдела инновационных и информационных технологий в экспертизе пожаров исследовательского центра экспертизы пожаров научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, доцент, e-mail: syisik@mail.ru, РИНЦ ID: 3683-2066, Scopus Author ID: 57216502671, ResearcherID: AAE-9733-2022, <https://orcid.org/0000-0003-0230-465>, SPIN-код: 3683-2066

Федоров Андрей Сергеевич, заместитель начальника научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: andrey.tir@mail.ru, AuthorID: 1224997, SPIN-код: 4254-6867

Лобова Софья Федоровна, старший научный сотрудник исследовательского центра экспертизы пожаров научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sophyf@mail.ru, AuthorID: 601240, SPIN-код: 5123-5511

Information about the authors:

Sysoeva Tatiana P., senior researcher of the department of innovative and information technologies in the examination of fires of the research center for the examination of fires of the research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave, 149), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: syisik@mail.ru, PRINCE ID: 3683-2066, Scopus Author ID: 57216502671, ResearcherID: AEE-9733-2022, <https://orcid.org/0000-0003-0230-465>, SPIN: 3683-2066

Fedorov Andrey S., deputy head of the research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave, 149), e-mail: andrey.tir@mail.ru, AuthorID: 1224997, SPIN: 4254-6867

Lobova Sofya F., senior researcher the research center for the examination of fires of the research institute for advanced research and innovative technologies in the field of life safety of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave, 149), AuthorID: 601240, e-mail: sophyf@mail.ru, SPIN: 5123-5511