

Научная статья
УДК 543-573
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.23.34.010

Исследование термодеструктивной стойкости древесных плит, применяемых для изготовления корпусной мебели

Елена Валерьевна Чернушевич¹
Максим Николаевич Сидоренко²

¹Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия
<https://orcid.org/0000-0001-7502-1082>

²Главное управление МЧС России по Омской области, Омск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Елена Валерьевна Чернушевич,
e.v.chernushevich@gmail.com

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты работы, целью которой явилось исследование термодеструктивной стойкости древесных плит, применяемых для изготовления корпусной мебели. Для достижения цели были проведены экспериментальные исследования образцов наиболее часто применяемых древесных плит для изготовления корпусной мебели: древесно-волокнуистая плита сухого способа производства средней плотности (МДФ), древесно-стружечная плита (ДСП) и плита из цельной древесины (сосны). Исследование термодеструктивной стойкости древесных плит осуществлялось в соответствии с разработанным ранее автором методом контроля термодеструктивной стойкости. По результатам проведенного исследования определен класс термодеструктивной стойкости исследуемых материалов и оценена степень участия древесных плит в формировании опасных факторов пожара. Установлено, что наиболее подвержены термической деструкции плиты МДФ и ДСП, а наименее - плита из цельной древесины (сосны). Полученные опытные данные свидетельствуют о том, что рассмотренные древесные плиты являются склонными к термической деструкции и при воздействии температуры они разрушаются с образованием пожаровзрывоопасных и токсичных газообразных веществ, что важно учитывать при моделировании динамики пожара и расчете времени достижения предельно допустимых значений концентраций токсичных газообразных продуктов на путях эвакуации.

Ключевые слова: древесная плита, термическая деструкция, термодеструктивная стойкость, древесно-стружечная плита, термогравиметрия

Для цитирования: Чернушевич Е.В., Сидоренко М.Н. Исследование термодеструктивной стойкости древесных плит, применяемых для изготовления корпусной мебели // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 2 (37). С. 133-140. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.23.34.010>.

Original article.

Study of thermodestructive resistance of wood boards used for the production of cabinet furniture

Elena V. Chernushevich¹

Maksim N. Sidorenko²

¹*Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia*

<https://orcid.org/0000-0001-7502-1082>

²*The Main Directorate of the Ministry of Emergency Situations of Russia in the Omsk region, Omsk, Russia*

Corresponding author: *Elena V. Chernushevich, e.v.chernushevich@gmail.com*

Abstract. This article presents the results of the work aimed at studying the thermal destruction resistance of wood boards used to manufacture cabinet furniture. To achieve this goal, experimental studies were conducted of samples of the most commonly used wood boards for making cabinet furniture: medium-density fiberboard (MDF), particle board and solid wood (pine) board. The thermodestructive resistance of wood boards was studied in accordance with the method of thermodestructive resistance control developed earlier by the author. Based on the results of the study, the class of thermodestructive resistance of the materials under study was determined and the degree of participation of wood boards in the formation of dangerous fire factors was assessed. It was found that MDF and particleboards are most susceptible to thermal destruction, and solid wood (pine) boards are the least susceptible. The obtained experimental data indicate that the wood boards under consideration are prone to thermal destruction and when exposed to temperature they are destroyed with the formation of fire-explosive and toxic gaseous substances, which is important to take into account when modeling the dynamics of a fire and calculating the time it takes to reach the maximum permissible concentrations of toxic gaseous products on escape routes.

Keywords: wood board, thermal destruction, thermodestructive resistance, particle board, thermogravimetry

For citation: Chernushevich E.V., Sidorenko M.N. Study of thermodestructive resistance of wood boards used for the production of cabinet furniture // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 2 (37). С. 133-140. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.23.34.010>.

В современном мире древесные плиты нашли широкое применение в таких сферах как строительство, мебельное производство и отделка помещений. Производство древесных плит увеличивается с каждым годом. В 2024 г. объем производства древесно-стружечных плит увеличился на 20,9% и составил 13,9 млн. усл. м³, древесноволокнистых плит – на 1,9% и составил 712 млн. усл. м², а фанеры – на 5,1 % и составил 3425 тыс. м³ [1].

Спрос на древесные плиты вызван в первую очередь их дешевизной, простотой применения, легкостью конструкции и эксплуатации. Наибольшее распространение в вышеуказанных отраслях получили следующие виды древесных плит:

- древесно-стружечная плита (далее – ДСП);
- древесно-волокнуистая плита (далее – ДВП);
- древесно-волокнуистая плита сухого способа производства средней плотности (далее – МДФ);
- ориентированно-стружечная плита (далее – ОСП);
- фанера [2].

Несмотря на положительные свойства, древесные плиты имеют существенные недостаток – это токсичность [3; 4; 5], которая обусловлена наличием в их составе синтетических смол (карбамидформальдегидная, фенолформальдегидная, меламиноформальдегидная и др.), применяемых в качестве связующего, а также других добавок, позволяющих получить плиты с определёнными свойствами, такими как биостойкость, влагостойкость и огнестойкость. Токсичность готовой продукции

из древесных плит (и самих плит) обусловлена выделением в окружающую среду формальдегида, который является токсичным канцерогенным газом [4].

Оценка санитарной безопасности древесных плит осуществляется следующими методами:

- газоаналитический (при производственном контроле);
- перфораторный (при квалификационных и контрольных испытаниях);
- камерный (при квалификационных и контрольных испытаниях).

По результатам проведенных испытаний древесным плитам присваивается класс эмиссии формальдегида E0,5 / E1/ E2 и определяется их сфера применения. Например, ДСП с классом эмиссии формальдегида E1 используется для изготовления предметов интерьера и продукции, предназначенной для использования в жилых домах и общественных зданиях [6].

Помимо выделения формальдегида для древесных плит в зависимости от их состава санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями [7] устанавливается допустимый уровень миграции в воздушную среду аммиака, метилового спирта и фенола.

При этом определение интенсивности выделения формальдегида и других вредных веществ из древесных плит осуществляется в условиях нормальной эксплуатации. Однако интенсивность выделения токсичных газов связана с температурой и влажностью внутри помещения – повышение температуры и увеличение уровня влажности приводят к значительному усилению данного процесса [8].

Ситуация ухудшается при возникновении пожара, когда на мебель и строительные материалы начинает воздействовать тепловой поток. Под воздействием температуры интенсивность выделения токсичных газов увеличится, а также будут образовываться другие продукты термической деструкции материалов. При этом образующиеся в результате термической деструкции газообразные вещества являются не только токсичными, но и пожаровзрывоопасными. В частности: формальдегид, фенол, метиловый спирт и аммиак, поступающие в окружающую среду из полимерных материалов, имеющих в своем составе фенолформальдегидную или меламинформальдегидную смолу, являются горючими [9]. Исходя из вышеуказанного, можно заключить, что образующиеся в процессе термической деструкции вещества могут оказывать существенное влияние на формирование и развитие опасных факторов пожара (ОФП) [10]. Современные математические модели, которые применяются для прогнозирования опасных факторов пожара, не включают сведения, касающиеся веществ, образующихся в процессе термической деструкции материалов [10]. Соответственно, не учитывается степень влияния таких веществ на скорость наступления предельно допустимых значений ОФП на эвакуационных путях. В связи с этим становится затруднительным всесторонний и объективный анализ реальной ситуации во время пожара [10; 11]. Исследование процессов термической деструкции, образующихся в результате веществ и установление степени их влияния на формирование опасных факторов пожара позволит более качественно оценивать обстановку на пожаре, что обуславливает важность такого исследования.

Данная работа имеет целью исследовать процессы термической деструкции древесных плит, которые наиболее часто применяются в строительстве, отделке и в мебельном производстве. А также оценить степень влияния термической деструкции данных материалов на формирование ОФП.

Материалами для проведения исследования выступают: МДФ (производитель ООО «Свисс Крона»), ДСП (производитель ООО «КРОНОСТАР») и доска из цельной древесины (сосна) (производитель ООО «ЛесПроф-Дерево»). Основные характеристики образцов приведены в Табл.1. Испытания осуществлялись в соответствии с методом, изложенным в работе [11].

Табл.1. Характеристики исследуемых древесных плит

Наименование	Сорт	Толщина, мм	Класс эмиссии формальдегида	Плотность, кг/м ³	Влагостойкость
МДФ	1	6	E1	550	нет
ДСП	1	16	E1	610	нет
Доска из цельной древесины (сосна)	1	25	-	470	нет

Для выяснения значения термической деструкции вышеуказанных материалов, используемых в строительстве, отделке и мебельной промышленности в формировании ОФП применялся метод контроля термодеструктивной стойкости отделочных строительных материалов [11]. Схема данного метода представлена на Рис.1. Его суть заключается в проведении нагрева образцов при постоянных условиях (заданная температура, размер образцов, объем камеры, воздухообмен, влажность) измерении изменения их массы и последующем определении класса термодеструктивной стойкости, который характеризует степень влияния продуктов термической деструкции материала на формирование ОФП [11].

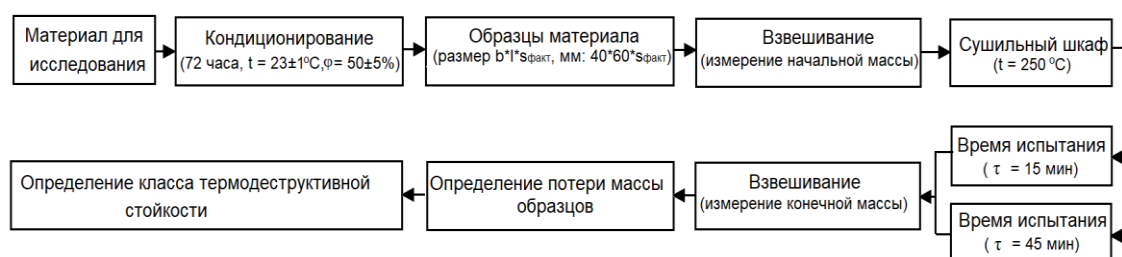


Рис.1. Схема метода контроля термодеструктивной стойкости

В соответствии с методом [11] исследуемым материалам, в зависимости от результатов испытаний, присваивается один из пяти классов термодеструктивной стойкости: ТС1-ТС5. Критерии представлены в Табл.2. Классификация осуществляется от наиболее стойкого до наименее стойкого к воздействию температуры материала.

Табл.2. Классы термодеструктивной стойкости материалов[11]

Класс термодеструктивной стойкости	Средняя потеря массы за $\tau=45$ мин (Δm_{45}), %	Критическое значение потери массы за $\tau=15$ мин (Δm_{15max}), %
ТС1	$\Delta m_{45} \leq 10$	4,33
ТС2	$10 < \Delta m_{45} \leq 20$	8,66
ТС3	$20 < \Delta m_{45} \leq 30$	12,99
ТС4	$30 < \Delta m_{45} \leq 40$	17,32
ТС5	$40 < \Delta m_{45}$	-

Начальная термодеструктивная стойкость материалов определяется значением Δm_{15} . Данное значение также демонстрирует, что скорость термической деструкции нелинейна [11].

Подготовка лабораторного оборудования и выбранных для исследования материалов осуществлялась в соответствии с условиями и параметрами, представленными на Рис.1. Подготовлено по 10 образцов каждого материала. Размер образца 40х60 мм при фактической толщине изготовления.

Дополнительно сушильный шкаф выдерживался в течение 30 минут по достижении заданной температуры с целью ее стабилизации. В соответствии с методикой предусмотрено два этапа испытания, отличающихся временем нагрева образцов: 15 минут и 45 минут. На каждом этапе 5 образцов одного материала подвергались изотермическому нагреву. По окончании испытания образцы выдерживались до полного остывания, после чего осуществлялось их взвешивание. Затем производился расчет средней потери массы образцов на каждом этапе. Средняя потеря массы образцов древесных плит Δm_{τ} , % рассчитывалась по следующей формуле:

$$\Delta m_{\tau} = \frac{\sum_{i=1...5} \left(\frac{m_{iH} - m_{iK}}{m_{iH}} \right) \cdot 100\%}{5} \quad (1)$$

где, τ – время термостатирования образцов, мин; m_{iH} – начальная масса i – го образца, гр; m_{iK} – конечная масса i – го образца, гр.

По итогам испытаний после определения необходимых значений исследуемым древесным плитам присвоен соответствующий класс термодеструктивной стойкости.

На Рис.2 – 4 представлен внешний вид образцов МДФ, ДСП и доски из цельной древесины (сосны) после испытаний в течение 15 минут и 45 минут.



Рис.2. Внешний вид образцов МДФ после испытаний



Рис.3. Внешний вид образцов ДСП после испытаний



Рис.4. Внешний вид образцов доски из цельной древесины (сосны) после испытаний

Диаграммы, демонстрирующие изменение массы образцов при изотермическом нагреве в зависимости от продолжительности испытания представлены на Рис.5.

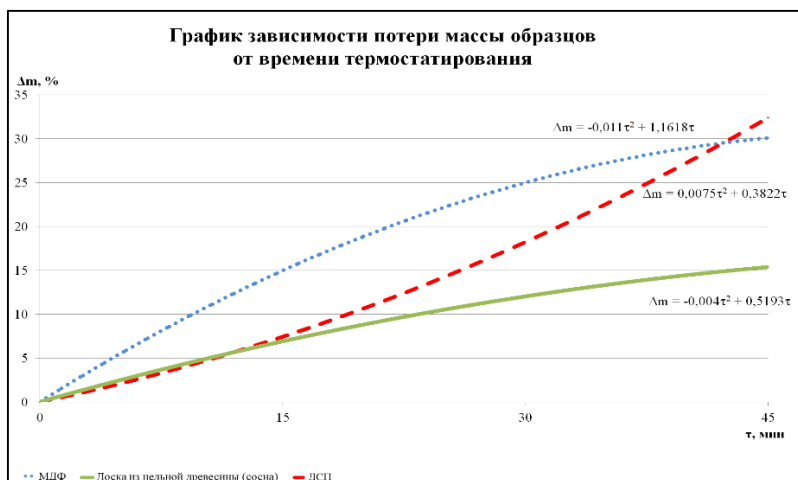


Рис.5. Графики зависимости потери массы образцов от времени термостатирования

Как видно из Рис.5, потеря массы образцов от времени термостатирования описывается уравнением полинома второго порядка. Полученные уравнения потери массы для исследуемых образцов представлены в Табл.3.

Табл.3. Уравнения потери массы исследуемых образцов от времени термостатирования

Наименование образца	Уравнение
МДФ	$\Delta m = -0,011\tau^2 + 1,1618\tau$
ДСП	$\Delta m = 0,0075\tau^2 + 0,3822\tau$
Доска из цельной древесины (сосна)	$\Delta m = -0,004\tau^2 + 0,5193\tau$

В результате термического воздействия в течение времени 15 минут образцы МДФ потеряли свою эластичность, стали более хрупкими, поверхность образцов сильно обуглена. У образцов ДСП наблюдается незначительное изменение цвета и шелушение по краю, при физическом воздействии образцы не крошатся. Образцы из цельной древесины сохранили свой первоначальный цвет практически без изменений. Наибольшей потерей массы за 15 минут испытания обладают образцы МДФ. За то же время потеря массы у образцов ДСП оказалась в 2 раза меньше и составила 7,5%. Наиболее стойкими показали себя образцы из цельной древесины ($\Delta m_{15}=6,9\%$) [12].

В результате термического воздействия в течение времени 45 минут образцы ДВП стали еще более обугленными. Поверхность образцов ДСП сильно обуглилась, края крошатся и осыпаются. Образцы из цельной древесины потемнели, но сажа на пальцах не остается. В результате испытания в течение 45 минут образцы МДФ и ДСП имеют практически одинаковую потерю массы – чуть больше 30%. Образцы из цельной древесины оказались более стойкими: потеря массы составила 15,4% [12].

Испытания показали, что ДСП и МДФ относятся к классу термодеструктивной стойкости ТС4, что свидетельствует о повышенной склонности к термическому разрушению. Закономерным является выделение данными материалами при разрушении большого количества токсичных газообразных продуктов. Между тем древесная плита из массива относится к классу ТС2, что свидетельствует о меньшей склонности к термическому разрушению.

На основании вышеизложенного можно заключить, что из исследуемых древесных плит большее влияние на формирование ОФП будут оказывать ДСП и МДФ. Доска из цельной древесины, напротив – в меньшей степени будет влиять на формирование ОФП.

Получены функциональные зависимости, характеризующие кинетику термической деструкции древесных плит. Применение этих зависимостей при моделировании пожара

позволит более точно оценить время, за которое на путях эвакуации образуются опасные концентрации токсичных газообразных продуктов.

Таким образом, полученные опытные данные свидетельствуют о том, что рассмотренные древесные плиты являются пожароопасными и склонными к термической деструкции. При температурном воздействии происходит процесс их разрушения с образованием пожаровзрывоопасных и токсичных газообразных веществ. По результатам проведенных экспериментов определен класс термодеструктивной стойкости исследуемых материалов. Установлено, что наиболее подвержены термической деструкции плиты МДФ и ДСП (класс термодеструктивной стойкости ТС4), а наименее – древесная плита из массива (класс термодеструктивной стойкости ТС2). Полученные зависимости потери массы древесных плит от времени термостатирования, позволят более точно прогнозировать время, за которое концентрация токсичных веществ на путях эвакуации достигнет опасных значений, при моделировании пожара.

Список источников

1. Отчет Росстат «О промышленном производстве в 2024 году». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/10_05-02-2025.html (дата обращения: 05.04.2025).
2. Нифталиев Р.М., Побединский А.А. Виды древесных плит и их применение // Агропродовольственная политика России. – 2020. – №4. – С. 40-45.
3. Зибарев П.В., Зубкова Т.П. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. Анализ газовыделений // Экология промышленного производства. – 2007. – №2. – С. 27-33.
4. Разиньков Е.М. Миграция формальдегида из древесно-стружечных плит // Лесотехнический журнал. – 2013. – №4(12). – С. 117-125.
5. Шкирандо Т.П., Пашук С.Ц., Хмызов И.А. Токсичность древесноволокнистых плит и способы ее снижения // Труды Белорусского государственного технологического университета. Химия и химическая технология. – 1996. – Вып.4. – С.35-39.
6. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. ГОСТ 10632-2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200110850?ysclid=mapg87rite895650564> (дата обращения: 05.04.2025).
7. О применении санитарных мер в Евразийском экономическом союзе: решение Комиссии Таможенного союза от 28.05.2010 № 299. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/57403145/?ysclid=mapgco80ws158377477> (дата обращения: 05.04.2025).
8. Макс А.А., Евдошенко В.С., Загороднов С.Ю. Проблема безопасности жилых помещений в условиях использования строительных материалов с полимерным компонентом // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 1-8. – С. 2065-2069.
9. Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2 книгах. – Москва: Химия, 1990. – 496 с.
10. Чернушевич Е. В. Проблемы моделирования динамики опасных факторов пожара // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Международной научно-практической конференции (Красноярск, 21 октября 2022 г.). – Красноярск, 2022. – С. 154-156.
11. Чернушевич Е.В. Разработка метода контроля термодеструктивной стойкости отделочных строительных материалов: диссертация канд. техн. наук: 2.2.8. Красноярск, 2022. – 170 с.
12. Сидоренко М.Н., Чернушевич Е.В. Исследование древесных плит, применяемых для изготовления корпусной мебели, методом контроля термодеструктивной стойкости // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции (Железногорск, 26 мая 2023 г.). – 2023. – С. 177-178.

References

1. Rosstat Report "On Industrial Production in 2024". [Electronic resource]. - Access mode: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/10_05-02-2025.html (accessed: 05.04.2025).
2. Niftaliev R.M., Pobedinsky A.A. Types of wood boards and their application // Agro-food policy of Russia. – 2020. – No. 4. – Pp. 40-45.
3. Zibarev P.V., Zubkova T.P. Environmental safety of polymer building materials. Analysis of gas emissions // Ecology of industrial production. – 2007. – No. 2. – Pp. 27-33.
4. Razinkov E.M. Migration of formaldehyde from chipboards // Forestry journal. – 2013. – No. 4 (12). – Pp. 117-125.
5. Shkirando T.P., Pashuk S.Ts., Khmyzov I.A. Toxicity of wood fiber boards and methods for reducing it // Proceedings of the Belarusian State Technological University. Chemistry and chemical technology. – 1996. – Issue 4. – Pp. 35-39.
6. Particle boards. Specifications. GOST 10632-2014. [Electronic resource]. - Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200110850?ysclid=mapg87rite895650564> (accessed: 05.04.2025).
7. On the application of sanitary measures in the Eurasian Economic Union: decision of the Customs Union Commission dated 05/28/2010 No. 299. [Electronic resource]. – Access mode: <https://base.garant.ru/57403145/?ysclid=mapgco80ws158377477> (accessed: 05.04.2025).
8. Max A.A., Evdoshenko V.S., Zagorodnov S.Yu. The problem of safety of residential premises in conditions of using building materials with a polymer component // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. – 2011. – Vol. 13, No. 1-8. Pp. 2065-2069.
9. Baratov A.N., Korolchenko A.Ya., Kravchuk G.N. et al. Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their extinguishing: reference ed.: in 2 books. Moscow: Chemistry, 1990. – 496 p.
10. Chernushevich E.V. Problems of modeling the dynamics of hazardous fire factors // Monitoring, modeling and forecasting of hazardous natural phenomena and emergencies: Collection of materials of the International scientific and practical conference, (Krasnoyarsk, October 21, 2022). – Krasnoyarsk, 2022. – Pp. 154-156.
11. Chernushevich E. V. Development of a method for controlling the thermodestructive resistance of finishing building materials: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences: 2.2.8. Krasnoyarsk, 2022. – 170 p.
12. Sidorenko M.N., Chernushevich E.V. Study of wood boards used for the manufacture of cabinet furniture using the method of monitoring thermal destruction resistance // Young scientists in solving urgent safety problems: Collection of materials of the XII All-Russian scientific and practical conference (Zheleznogorsk, May 26, 2023). – 2023. – P. 177-178.

Информация об авторах

Е.В. Чернушевич – кандидат технических наук

Information about the author

E.V. Chernushevich – Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 16.04.2025, одобрена после рецензирования 26.05.2025, принята к публикации 30.05.2025.

The article was submitted 16.04.2025, approved after reviewing 26.05.2025, accepted for publication 30.05.2025.