

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЛЕЮЩЕГО ГОРЕНИЯ В ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

М.И. Зайкина.

**Отдел надзорной деятельности Московского района
УНД ГУ МЧС России по г. Санкт-Петербургу.**

М.А. Галишев, доктор технических наук, профессор;

Г.Л. Шидловский, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предложена методика экспериментальной оценки термодинамических характеристик тлеющего горения при внешнем тепловом воздействии, а также проведены экспериментальные исследования по изучению динамики роста температуры в различных пористых системах. Рассмотрены температурные характеристики горения древесных насыпных материалов. Также изучен рост температуры в объеме материала на различных уровнях. На поверхности всех изученных образцов рост температуры представляет собой экспоненту. На глубине изученных образцов зависимость роста температуры от времени представляет собой сигмоидальную функцию Больцмана. Предложенная методика может использоваться для оценки пожароопасных свойств пористых материалов.

Ключевые слова: тлеющее горение, термодинамические характеристики, пористые материалы

THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF SMOLDERING COMBUSTION IN POROUS MATERIALS

M.I. Zaykina. The supervisory department of the Moscovski district.

M.A. Galishev; G.L. Shidlovsky.

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

In work, the proposed method of experimental evaluation of thermodynamic characteristics of smoldering combustion under external thermal stimulation, as well as experimental studies of the dynamics of the temperature increase in different porous systems. Considered temperature characteristics of the combustion of wood bulk materials. Also studied the growth temperature in the bulk material at various levels. On the surface of all the studied samples, the growth temperature is an exponent. The depth of the studied samples the dependence of the growth temperature on time is a sigmoidal Boltzmann function. The proposed method can be used to assess the fire properties of porous materials.

Keywords: smoldering combustion, thermodynamic characteristics, porous materials

Тлеющим горением или тлением называется процесс сгорания горючего материала при отсутствии визуально наблюдаемого пламени [1]. При тлеющем горении теплота сгорания горючих материалов реализуется не полностью, следовательно, тлеющее горение с точки зрения опасности теплового воздействия достаточно ниже пламенного горения. Однако стоит отметить, что при тлеющем горении неполное сгорание материалов – это причина образования большого количества продуктов неполного окисления, которые являются, как правило, наиболее токсичными, чем высшие окислы, а также способны к дальнейшему горению уже в виде газозоодушных смесей. При этом возникают опасные вторичные процессы при пожаре, такие, как пробежка пламени, общая вспышка, которые

могут привести и к образованию вторичных очагов горения. Часто такие пожары сопровождаются взрывами [2].

Исключительно пористые материалы, образующие при нагреве твердый углистый остаток, могут самостоятельно претерпевать поддерживаемое тлеющее горение. Пористые материалы – это твердые тела, которые содержат в необходимом количестве малые пустоты. Количество пористых материалов, а также их распространенность в природе и различных видах производств достаточно большая. К пористым материалам можно отнести почвы, различные горные породы, растительные материалы и материалы, созданные руками человека (керамика, порошки, ткани и др.). Основные признаки, характеризующие пористые материалы: наличие пустот, в основном, заполненных газом или жидкостью, имеющие сложную форму и различные размеры.

Среди автотранспортных материалов большую часть также занимают пористые материалы, к которым относятся различные резиновые изделия, такие как колеса автомобиля, поролоновые сидения, древесина кузовов грузовых автомобилей. Переменная пожарная нагрузка в автомобилях составляет существенную долю. В качестве перевозимых грузов используются различные насыпные материалы, такие как древесные отходы, зерновая и мукомольная продукция, минеральные удобрения и многое другое. Следовательно, как в самом автомобиле, так и среди перевозимых грузов могут находиться пористые материалы, которые имеют склонность к тлеющему горению. В связи с вышесказанным стоит отметить, что изучение процессов тлеющего горения является необходимой частью при исследовании пожаровзрывоопасности автотранспорта.

Транспорт – совокупность всех видов путей сообщения, транспортных средств, технических устройств и сооружений на путях сообщения, обеспечивающих процесс перемещения людей и грузов различного назначения из одного места в другое [3]. Из широкой гаммы объектов, входящих в понятие «автотранспорт», в данной работе рассматриваются транспортные средства и средства технического обеспечения, к которым, в частности, относятся авторемонтные мастерские.

Наиболее частая причина пожаров на автотранспорте – нарушение правил устройства и эксплуатации (ПУиЭ) транспортных средств (рис. 1) [4]. По этой же причине погибло и наибольшее количество людей при пожарах на автотранспорте (рис. 2).

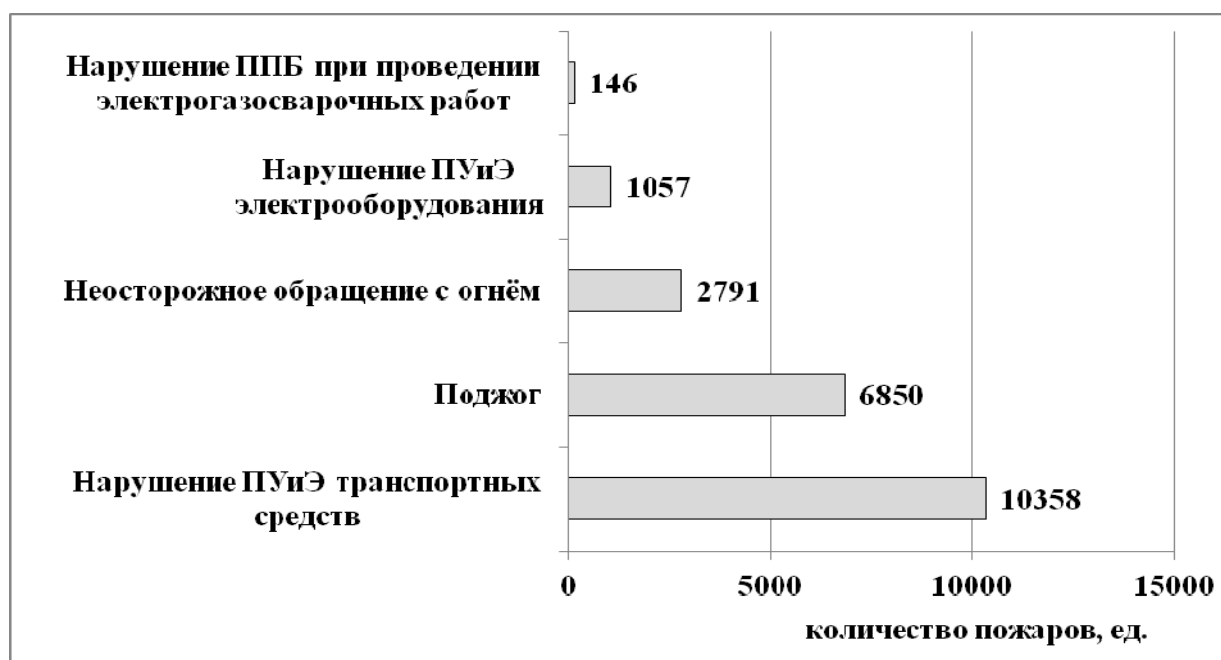


Рис. 1. Количество пожаров на автотранспорте в среднем в Российской Федерации за 2013–2015 гг. по наиболее частым причинам их возникновения (ППБ – правила пожарной безопасности)

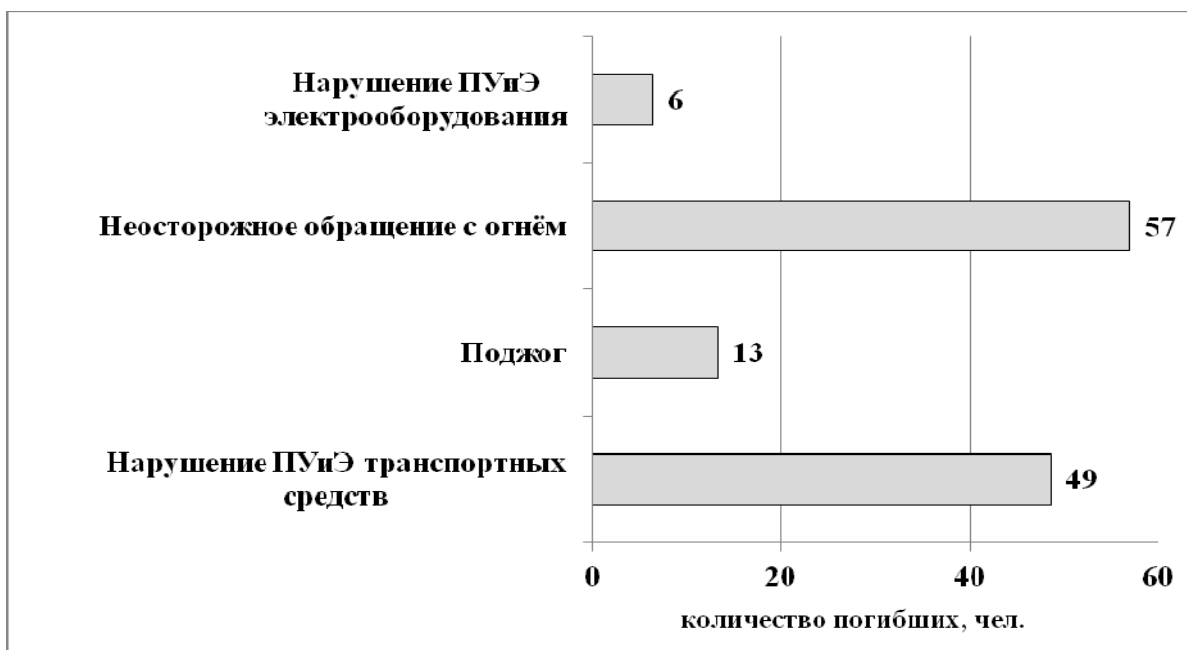


Рис. 2. Количество погибших при пожарах на автотранспорте в среднем в Российской Федерации за 2013–2015 гг. по наиболее частым причинам их возникновения

По данным статистики основной и одной из более опасных с точки зрения гибели людей причиной является нарушение ПУиЭ транспортных средств. Под эксплуатацией, в общем понимается стадия жизненного цикла транспортного средства, включающая промежуток времени, когда транспортное средство используется по назначению, с момента его приобретения для использования по назначению до момента утилизации [5]. С другой стороны, наиболее частые места возникновения пожаров на автотранспорте – это помещения для хранения и ремонта транспорта (рис. 3) [4]. Следовательно, наиболее пожароопасной стадией эксплуатации автотранспорта можно уверенно считать ремонт и техническое обслуживание автомобилей.



Рис. 3. Количество пожаров на автотранспорте в Российской Федерации в 2015 г. в зависимости от наиболее частых мест их возникновения

В данной работе для экспертного исследования динамики роста температуры при горении отходов переработки древесины была сконструирована экспериментальная установка, а также разработана методика эксперимента [6]. Древесные насыпные материалы – отходы деревообрабатывающей промышленности, которые имеют широкое применение в изготовлении прессованных строительных материалов, а также являются самым дешевым сырьем, которое применимо для создания системы утепления хозяйственных, жилых и других типов построек. Обладая хорошей сорбирующей способностью, опилки широко используются в качестве подстилки в производственных помещениях.

Основной целью работы было определение зависимости характера горения пористых материалов (на примере древесных опилок) при различной пористости материала. Проведены эксперименты по развитию горения на различных механических фракциях древесных насыпных материалов (опилок). При проведении эксперимента использовались древесные опилки, предварительно разделенные на четыре фракции по крупности зерен. При помощи метода водопоглощения в каждой из фракций была установлена пористость материалов (табл. 1), указывающая, что при меньшей фракции пористость материала больше.

Таблица 1. Результаты определения пористости фракций древесных опилок

№ образца	Фракция > 4 мм	Фракция 2÷4 мм	Фракция 1÷2 мм	Фракция 0,5÷1 мм
1	10,6	11,1	13,7	13,9
2	8,4	11,8	15,6	14,5
3	9,6	12,4	12,8	15,8
4	11,8	9,4	12,7	14,2
5	9,3	10,8	11,6	15,6
6	10,3	9,6	13,8	15,4
Среднее	10,1	10,6	13,2	14,9
Среднее квадратичное отклонение	1,7	1,9	1,4	0,7

Температурный режим во всех фракциях древесных опилок, а также динамика развития горения были разнообразными. Фракция опилок с крупностью более 4 мм уже через три–четыре минуты после начала нагрева проявила обильное выделение густого черного дыма с поверхности материала, а также ощущался достаточно сильный запах тлеющей древесины. На 15 минуте эксперимента произошло пламенное горение с поверхности опилок (рис. 4).

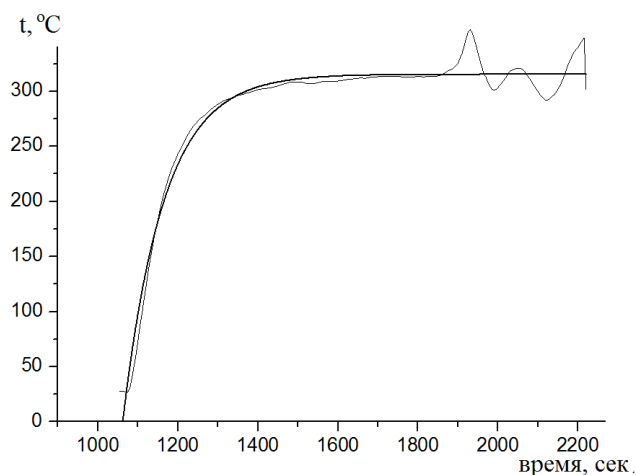


Рис. 4. Фракция опилок крупнее 4 мм

Фракция опилок, с крупностью $2\div 4$, мм начала проявлять похожие внешние признаки горения, однако проявились они несколько позже. Наиболее сильные процессы тлеющего горения происходили внизу объема емкости. Данная фракция не выгорела полностью по площади, некоторые участки материала остались не затронутые горением. Воспламенение началось в нижней части объема реакционной емкости (рис. 5).

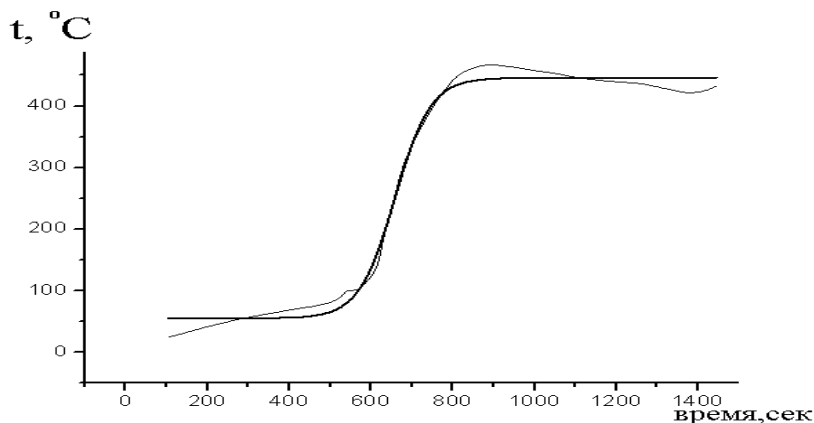


Рис. 5. Фракция опилок $2\div 4$ мм

Фракция опилок с крупностью $1\div 2$ мм проявила тление в верхней части объема и только по центру материала. При этом происходило выделение белого, не густого дыма. Воспламенения не происходило (рис. 6).

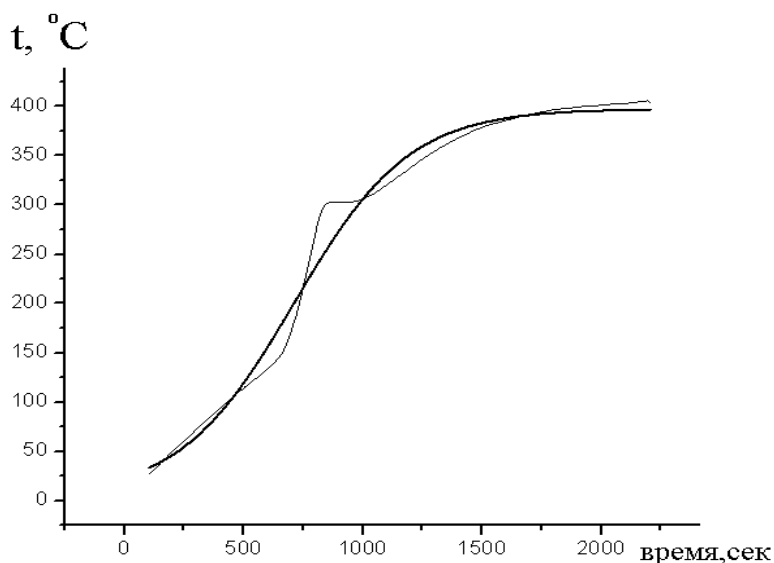


Рис. 6. Фракция опилок $1\div 2$ мм

Во фракции опилок, с крупностью $0,5\div 1$ мм тлеющее горение распространялось очень медленно на весь объем. При исследовании происходило слабое дымовыделение, без запаха тления. Воспламенения не наблюдалось (рис. 7).

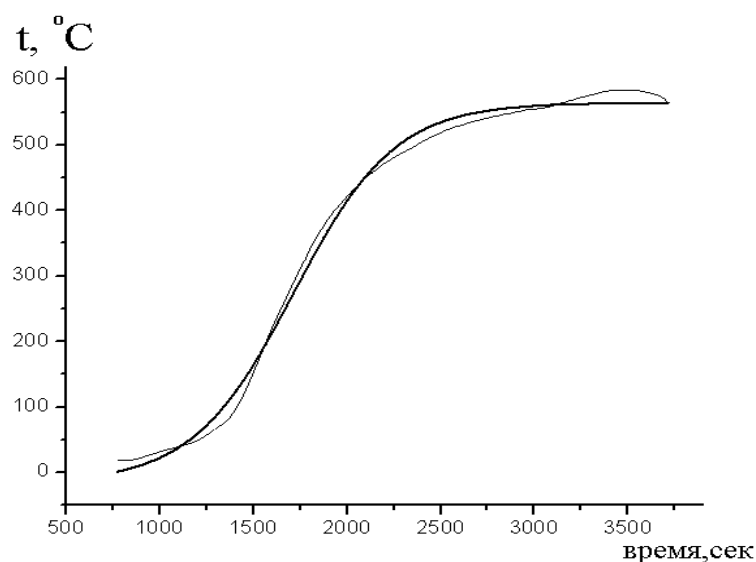


Рис. 7. Фракция опилок 0,5÷1 мм

Во всех проведенных экспериментах температура на поверхности образцов во всех экспериментах росла по экспоненциальной зависимости (табл. 2). Температура в средней и нижней зонах материала росла по сигмоидальной зависимости. Максимальная температура на поверхности составляла 350 °С. Температура в средней и нижней части достигала 600 °С.

Математическая обработка экспериментальных данных была проведена в программном продукте Portable Origin Pro [7]. Были найдены функциональные зависимости роста температуры от времени.

Таблица 2. Динамика роста температуры в различных зонах насыпных древесных материалов

Фракции	t_{\max}	Температура в точке перегиба функции Больцмана, град	Время достижения точки перегиба функции Больцмана, мин
Фракция 1			
Верх	316	–	–
Середина	549	500	33
Низ	546	510	35
Фракция 2			
Верх	270	–	–
Середина	446	400	14
Низ	552	500	24
Фракция 3			
Верх	270	–	–
Середина	397	300	14
Низ	488	400	36
Фракция 4			
Верх	141	–	–
Середина	565	500	58
Низ	547	500	61

Литература

1. ГОСТ Р 54081–2010 (МЭК 60721-2-8:1994). Воздействие природных внешних условий на технические изделия. Общая характеристика. Пожар. М.: Стандартинформ, 2011.
2. Галишев М.А., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А. Пожарно-техническая экспертиза. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014. 352 с.
3. Словарь чрезвычайных ситуаций. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/emergency/2986> (дата обращения: 20.05.2017).
4. Пожары и пожарная безопасность в 2015 году: стат. сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2016. 124 с.
5. Технический регламент о безопасности колесных транспортных средств (в ред. Постановлений Правительства Рос. Федерации от 10 сент. 2010 г. № 706; от 6 окт. 2011 г. № 824; от 22 дек. 2012 г. № 1375). Доступ из справ.-правового портала «КонсультантПлюс».
6. Зайкина М.И., Дементьев Ф.А., Алексеев А.С. Экспериментальная установка для изучения динамики роста температуры при различных режимах горения пористых материалов // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 37–44.
7. Исакова О.П., Тарасевич Ю.Ю., Юзюк Ю.И. Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета «Origin». М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 136 с.

References

1. GOST R 54081–2010 (MIEK 60721-2-8:1994). Vozdejstvie prirodnyh vneshnih uslovij na tekhnicheskie izdeliya. Obshchaya harakteristika. Pozhar. M.: Standartinform, 2011.
2. Galishev M.A., Bel'shina Yu.N., Dement'ev F.A. Pozharno-tekhnicheskaya ehkspertiza. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2014. 352 s.
3. Slovar' cherezvychajnyh situacij. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/emergency/2986> (data obrashcheniya: 20.05.2017).
4. Pozhary i pozharnaya bezopasnost' v 2015 godu: stat. sbornik / pod obshch. red. A.V. Matyushina. M.: VNIPO, 2016. 124 s.
5. Tekhnicheskij reglament o bezopasnosti kolesnyh transportnyh sredstv (v red. Postanovlenij Pravitel'stva Ros. Federacii ot 10 sent. 2010 g. № 706; ot 6 okt. 2011 g. № 824; ot 22 dek. 2012 g. № 1375). Dostup iz sprav.-pravovogo portala «Konsul'tantPlyus».
6. Zajkina M.I., Dement'ev F.A., Alekseev A.S. Ehksperimental'naya ustanovka dlya izucheniya dinamiki rosta temperatury pri razlichnyh rezhimah gorenija poristyh materialov // Nauch.-analit. zhurn. «Vestnik S.-Peterb. un-ta GPS MCHS Rossii». 2016. № 1. S. 37–44.
7. Isakova O.P., Tarasevich Yu.Yu., Yuzyuk Yu.I. Obrabotka i vizualizaciya dannyh fizicheskikh ehksperimentov s pomoshch'yu paketa «Origin». M.: Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2009. 136 s.