

*А.А. Киреев, к.х.н., доцент, НУГЗУ,
А.Б. Каракулин, адъюнкт, НУГЗУ,
К.В. Жерноклёв, к.х.н., доцент, НУГЗУ*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАССОВОЙ СКОРОСТИ ВЫГОРАНИЯ РЕЗИНЫ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовой В.И.)

Рассмотрены особенности горения резины. Экспериментально определена массовая скорость выгорания резины. Проведено сравнение характеристик горения резины с горением древесины.

Ключевые слова: горение резины, горение древесины, массовая скорость выгорания резины.

Постановка проблемы. Полимерные материалы нашли широкое распространение во всех областях жизни человека. В настоящее время сфера применения их продолжает расширяться. К полимерам относятся как многие природные материалы, так и искусственные и синтетические материалы. Одним из наиболее распространённых полимерных материалов является резина. Более половины изготовленной резины используют для производства автомобильных шин. Также её используют при изготовлении обуви, одежды, труб, прокладок клапанов для герметизации трубопроводов и двигателей, резинотехнических изделий.

Для выбора эффективных средств пожаротушения необходимо знать основные характеристики горючих материалов. Особое значение имеет знание различных характеристик процесса горения этих веществ. Горение полимеров имеет свои особенности. При горении многих из них температура пламени достигает 1500–1700°C, что значительно превышает соответствующую величину для такого распространённого материала, как древесина. Пламя, при горении большинства синтетических полимеров, яркое коптящее с интенсивным тепловым излучением. Ещё одной особенностью горения синтетических полимерных материалов является образование большого количества токсичных и коррозионно-активных продуктов сгорания и густого черного дыма.

Также при выборе огнетушащего вещества (ОВ) большое значение имеет характер его взаимодействия с горючим материалом. Так большинство полимерных материалов гидрофобны, благодаря чему они плохо смачиваются и пропитываются водой. Последний факт объясняет низкую эффективность воды как огнетушащего вещества для полимеров. Для их тушения согласно существующим нормативным положениям [1-2] используют тонкораспыленную воду, воду со смачивателем, низко и среднекратную пену, порошки (АВС). Однако

удельные расходы, отмеченных выше огнетушащих веществ, на тушение синтетических полимерных материалов значительно превосходят показатели для большинства других горючих веществ.

Анализ последних исследований и публикаций. Для резины известны лишь несколько количественных характеристик процесса горения. Так известна теплота сгорания резины, она составляет ~ 33 МДж/кг [1-2], что значительно превышает теплоту сгорания широко распространённого горючего материала – древесины 14 МДж/кг. Температура воспламенения резины сильно зависит от её дисперсности. В компактном состоянии температура воспламенения резины составляет 275°C, а в виде крошки 112°C [1-2]. Такая важная характеристика процесса горения резины, как её массовая скорость выгорания варьирует для разных сортов резины в широких пределах (0,4 - 0,9) кг/(м²·мин) [3]. Для выбранных для дальнейших исследований образцов резины автомобильных шин, эта характеристика не была определена.

Постановка задачи и её решение. Целью работы является экспериментальное определение массовой скорости выгорания образцов резины, из которых изготавливают покрышки автомобильных шин. Одними из наиболее используемых шин в странах СНГ, являются автомобильные шины производства фирмы «Росава», в качестве образцов для эксперимента мы выбрали бескамерные, радиальные автошины марки 155/70R13 БЦ-10 этой фирмы.

Одной из важнейших характеристик определяющей пожароопасные свойства материалов является скорость процесса горения. Она определяет интенсивность тепловыделения и тем самым скорость распространения пожара и интенсивность теплового излучения в зоне, прилегающей к очагу пожара. Интенсивность теплового излучения в свою очередь определяет безопасное расстояние, на которое можно приблизиться для тушения пожара.

Скорость реакции горения твёрдых горючих материалов (ТГМ) обычно относят к единице площади раздела фаз [4]:

$$V = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{1}{S} \cdot \frac{dn}{d\tau}, \quad (1)$$

где ν – стехиометрический коэффициент, S – площадь раздела фаз, n – количество вещества (выраженное в молях), τ – время.

Резина является полимерным веществом, величины ν и n являются в общем случае неизвестными. В свою очередь из соотношения

$$n = m/M, \quad (2)$$

где M – молярная масса резины, m – её масса, можно заключить, что скорость реакции будет пропорциональна $dm/d\tau$

$$V = \frac{k}{S} \cdot \frac{dm}{d\tau}, \quad (3)$$

где k – коэффициент пропорциональности, включающий постоянные для реакции горения резины величины v и M . В таких случаях, k принимают равной единице

$$V_m = \frac{1}{S} \cdot \frac{dm}{d\tau}. \quad (4)$$

Величина V_m – в литературе получила название массовой скорости выгорания. Для определения массовой скорости выгорания резины достаточно определить изменение массы горящего вещества со временем. Такую информацию дает термогравиметрический (ТГМ) эксперимент. Лабораторная установка для ТГМ исследований описана в работе [5-6] и представлена на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид установки для термогравиметрических исследований

Для проведения термогравиметрического эксперимента были выбраны образцы резины размером $(6 \times 5 \times 1)$ см. Они вырезались из автомобильных шин. Подготовленный образец в вертикальном положении помещался в пламя горелки на расстоянии 10 см от верхнего среза горелки. После начала огневого воздействия начиналась фиксация его массы через равные промежутки времени (30 с). Точность взвешивания с помощью весов ТНВ–600 составляла 0,01 г. Время реакции весов на изменение массы не превышало 1,5 с.

На рис.1 приведены зависимости изменения массы образцов от времени экспозиции в пламени для резины. Одновременно для сравнения на рис. 2 приведена аналогичная зависимость для образца древесины (влажность 8%).

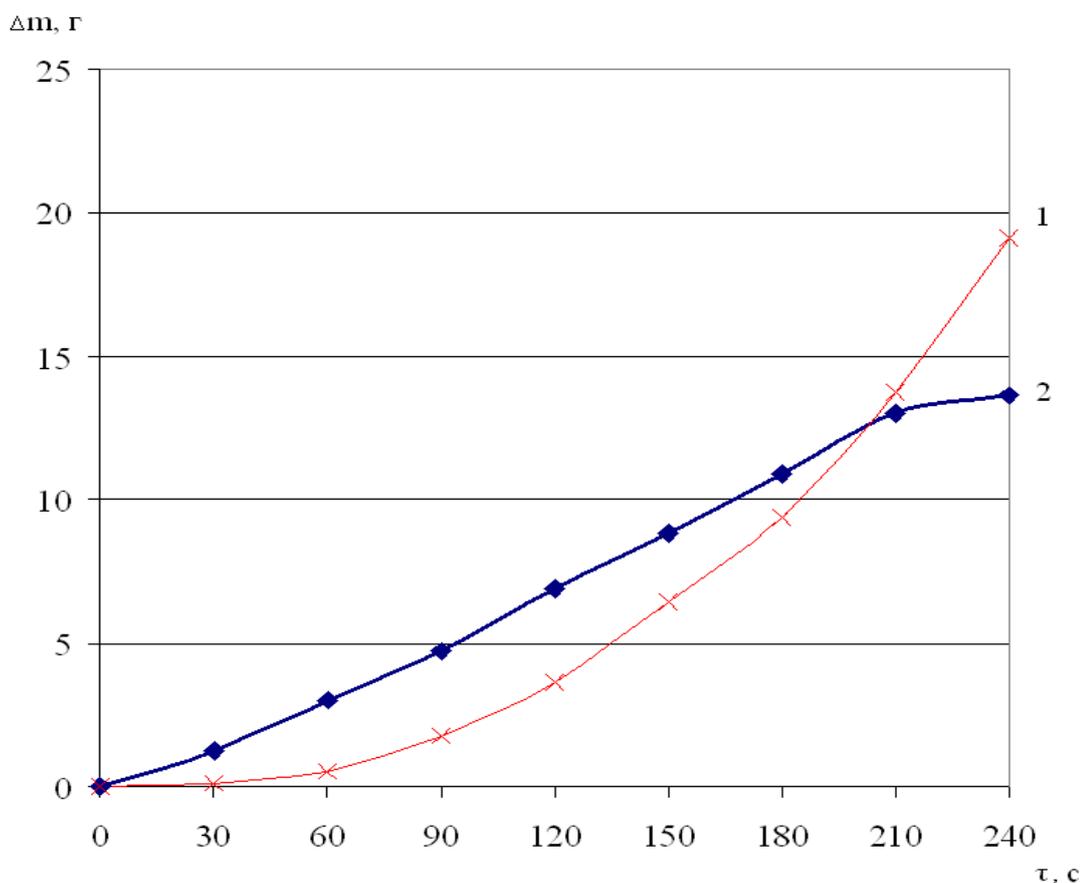


Рис. 2. Зависимость массы образцов (Δm) резины (1) и древесины (2) от времени их экспозиции в пламени (τ)

Одновременно с массой в ходе эксперимента фиксировалась температура пламени на высоте 15 см от верхнего среза исследуемого образца. Соответствующая зависимость приведена на рис. 3.

Анализ полученных данных позволяет заключить следующее. В условиях прямого воздействия пламени воспламенение резины наступает через ~1,5 минуты, тогда как древесина начинает гореть через 0,5 минуты. Через 2,5 минуты горит вся поверхность резины. Вся поверхность древесины горит через время меньшее 1 минуты. Массовая скорость выгорания рассматриваемых материалов рассчитывалась с момента воспламенения всей поверхности. При этом зависимости потери массы от времени в этих временных интервалах близки к линейным.

Массовая скорость выгорания резины составила $0,97 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$, а древесины $0,45 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$. Особенностью горения образцов резины является их постепенная дефрагментация через (4-4,5) минуты после начала огневого воздействия.

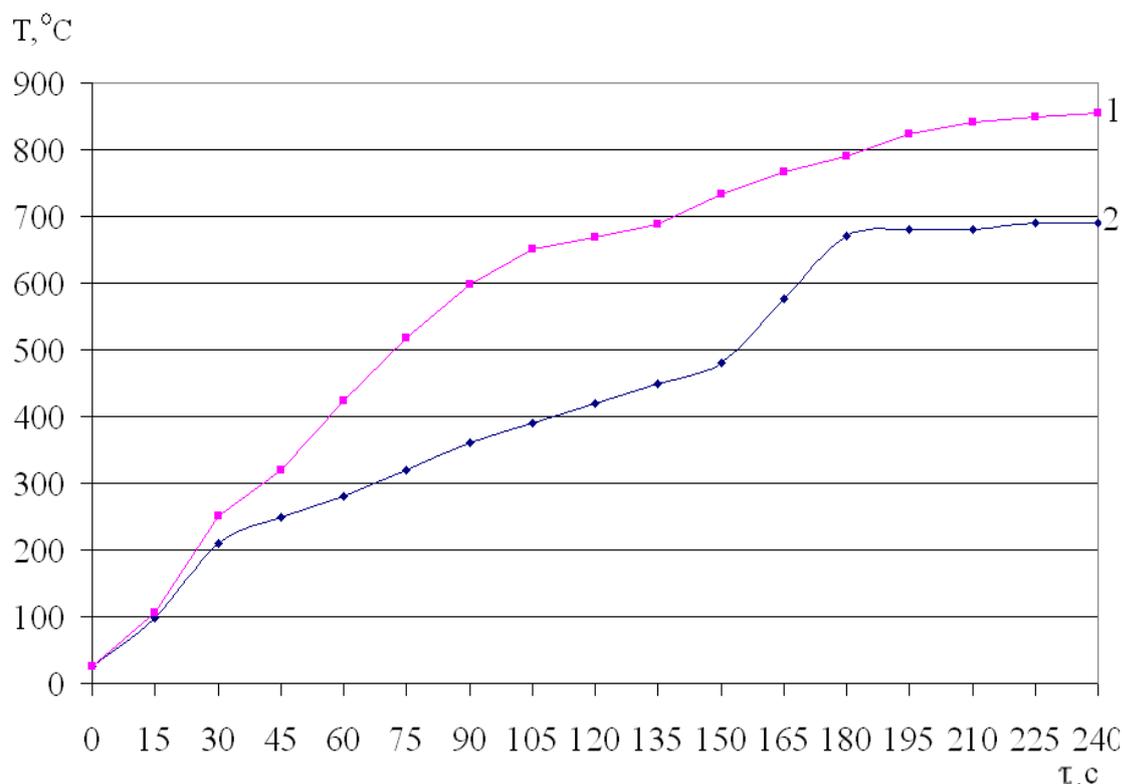


Рис. 3. Зависимость температуры пламени резины (1) и древесины (2) от времени их экспозиции в пламени (τ)

Температура пламени при горении резины превышает соответствующую температуру для древесины на $(150-250)^\circ\text{C}$.

Выводы. Массовая скорость выгорания резины составляет $0,97 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{мин}^{-1}$, что более чем в два раза превышает соответствующую характеристику для древесины. Резина воспламеняется на 1 минуту позже, чем образцы древесины. Температура горения резины на $(150-250)^\circ\text{C}$ выше, чем температура горения древесины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баратов А.Н. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочное издание. Кн 1. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
2. Щеглов П. П. Пожароопасность полимерных материалов./ П.П. Щеглов, В.П. Иванников. – М.: Стройиздат, 1992. – 110 с.
3. Повзик Я.С. // Справочник: М. ЗАО «СПЕЦТЕХНИКА», 2004.- 361 с.
4. Эммануэль М.Н. Курс химической кинетики / Н.М. Эммануэль, Д.Г. Кнорре. –М.: Высш. Школа, 1984.– 463 с.
5. Киреев А.А. Термогравиметрические исследования огнетушащих и огнезащитных гелей / А.А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности. –2006. – Вып. 20. – С. 81-85.

6. Абрамов Ю.А. Термогравиметрические исследования огнезащитного действия на древесину гелей системы $MgCl_2+Na_2O \cdot 2,7SiO_2$ / Ю.А. Абрамов, А.А. Киреев, О.Н. Щербина. // Пожежна безпека. – 2006. – № 9. – С. 42-47.

О.О. Кіреєв, О.Б. Каракулін, К.В. Жернокльов

Експериментальне визначення масової швидкості вигорання

Експериментально визначена масова швидкість вигорання зразків гуми, з яких виготовляють покриття автомобільних шин. Наведено залежності зміни маси зразків від часу експозиції в полум'я для гуми. Так само для порівняння наведена залежність зразка деревини (вологість 8%). Одночасно з масою в ході експерименту фіксувалася температура полум'я досліджуваного зразка.

Ключові слова: масова швидкість вигорання гуми, масова швидкість вигорання деревини, температура полум'я гуми, температура полум'я деревини.

A.A. Kireev, O.B. Karakulin, K.V. Zhernoklov

Experimental determination of the mass burn rate

Experimentally determined mass velocity burnout rubber samples of construction for tires. Dependences of mass change of samples from the exposure time, spilling rubber. Just for comparison shows the dependence of the sample timber (8% moisture). Along with a mass in the experiment was fixed flame temperature of the sample.

Keywords: mass velocity burnout rubber, mass velocity burnout wood, flame temperature condition of rubber, the temperature of the flame of wood.