

УДК 536.46

А.В. Сухов, Т.А. Рудакова, Д.В. Прохоров**ВОСПЛАМЕНЯМОСТЬ ВСПЕНЕННОГО ПОЛИУРЕТАНОВОГО
ЭЛАСТОМЕРА И ТВЕРДОГО ПЕНОПОЛИУРЕТАНА НА ЕГО ОСНОВЕ**

Исследованы условия воспламенения жесткого пенополиуретана и пенополиуретановой пены до и после отверждения. Обнаружено отличие условий воспламенения жесткого пенополиуретана и пенополиуретановой пены. При воздействии на жидкую пенополиуретановую пену падающим тепловым потоком не менее ~ 10 кВт/м² обнаружен эффект проскока пламени по газообразным продуктам деструкции от источника воспламенения до образца на расстояние 120±150 мм. Было также обнаружено сильное отличие характера горения жидкой пены и жесткого пенополиуретана на ее основе. Жесткий пенополиуретан горит до коксового состава, с другой стороны время остаточного горения жидкой пены $\sim 10\div 15$ с, после чего горение прекращалась, при этом на обгоревшей поверхности образуется «карамелизированный слой» темного цвета.

Пенополиуретан; воспламенение; проскок пламени.

A.V. Sukhov, T.A. Rudakova, D.V. Prohorov**INFLAMMABILITY OF THE FOAMING POLYURETHANE ELASTOMER
AND RIGID POLYURETHANE FOAM ON ITS BASIS**

Conditions of ignition of rigid polyurethane and polyurethane foam before and after an polymerization are investigated. Difference of conditions of ignition of rigid polyurethane foam and polyurethane foam before and after an polymerization is revealed. At influence on liquid polyurethane foam foams the falling thermal stream not less than ~ 10 kW/sq.m found jumping flame effect on gaseous products of destruction from an ignition source to a sample on distance of 120–150 mm. Strong difference of nature of burning of liquid foam and firm polyurethane foam on its basis was also revealed. Rigid polyurethane foam burns to coke structure, on the other hand time of residual burning of liquid foam 10–15 seconds then burning stopped, thus on the scorched surface "the caramel layer" dark color is formed.

Polyurethane foam; ignition; termogravimetry; jumping flame.

В настоящее время одним из наиболее высокоэффективных и долговечных вспененных материалов для теплоизоляции являются жесткие пенополиуретаны (ППУ). Ежегодно в России, как и во всем мире, происходит большое количество пожаров, в том числе с человеческими жертвами, где одним из основных элементов горючей нагрузки является тот или иной вид полимерного материала. Температура воспламенения ППУ различных марок составляет $325\div 345$ °С, самовоспламенения – $600\div 650$ °С. При температуре выше 170 °С ППУ начинают разлагаться с выделением токсичных и сгораемых летучих продуктов. Среди них содержатся пары изоцианатов, цианистый водород, оксид и диоксид углерода, метан, этан, бутан и другие насыщенные и ненасыщенные углеводороды. Согласно данным [1] скорость распространения горения по ППУ при пожарах в помещениях достигает 0,7–0,9 м/мин, при массовой скорости 0,9 кг/(м² *мин) и теплоте 24 300 кДж/кг. При этом дымообразующая способность также высока.

Однокомпонентная монтажная пена – это полиуретановый герметик в аэрозольной упаковке. В исходном состоянии он представляет собой смесь нескольких химических веществ. Основа пены – форполимер (преполимер), синтезированный из полиола и изоцианата. В результате реакции полимеризации, частично происходящей внутри баллона, а в основном – на воздухе, после выхода наружу, эти вещества образуют вспененный полиуретановый эластомер. Растворителем, а так-

же пенообразователем для вязкого форполимера служит сжиженный газ-пропеллент (точнее, несколько газов: пропан, бутан, изобутан). Он же вытесняет форполимер из баллона.

Как при исследованиях, так и справочной литературе обычно указываются параметры воспламеняемости для уже отвержденного ППУ [2]. Однако, при использовании в строительстве и быту, ППУ поставляется в жидком состоянии, упакованным в баллоны со сжатым углеводородным газом. После нанесения ППУ из баллона он достаточно длительное время находится в состоянии жидкой пены, при этом мало изучены его воспламеняемость и горючесть в неотвержденном состоянии.

В связи с этим в данной работе исследованы показатели пожароопасности отвержденного и неотвержденного ППУ, выпускаемого в промышленных объемах. Воспламеняемость в данной работе оценивалась по методу ГОСТ 30402 [3]. Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

В качестве объекта исследования была выбрана широко распространенная монтажная пена фирмы «Soudal».

1. Исследование ППУ в незаполимеризованном состоянии.

На горизонтально расположенную теплоизолирующую подложку наносилась пена. К поверхности пены направлялось пламя пропановой горелки. Время экспозиции составляло 4-6 с. Время остаточного горения пены ~10÷15 с, после чего горение прекращалась, при этом на обгоревшей поверхности образуется «карамельизированный слой» коричневатого цвета.

При действии внешнего теплового потока, его критическое значение для самовоспламенения составляло 40 кВт/м^2 . При этом период индукции составил 18 с. При меньших значениях потока самовоспламенения в течение 15 мин не происходило.

В ходе исследований был отмечен эффект проскока пламени – когда образец пены воспламенялся от пламени горелки, до момента ее приближения непосредственно к поверхности образца. Воспламенение образца в виде проскока пламени вниз по газообразным продуктам деструкции происходило при задании на установке «В» режима с тепловым потоком не менее 10 кВт/м^2 , при этом температура над образцом составляла порядка $400 \text{ }^\circ\text{C}$.

После приближения игольчатого пламени пропановой горелки к верхнему срезу конуса радиационной панели установки, происходил проскок от пламени горелки до образца на расстояние до $\Delta L=120\div 150 \text{ мм}$. Проскок пламени происходил по газообразным продуктам деструкции и газификации образца пены. Горение образца после его удаления из установки происходило устойчиво. При уменьшении теплового потока вынужденного воспламенения не происходило.

2. Исследование образцов ППУ после отверждения.

Как следует из результатов испытаний, ППУ после полного отверждения в течение 24 ч, также относится к легковоспламеняемому.

При воспламенении не происходило проскока пламени по продуктам – образец воспламеняется только при приближении источника пламени непосредственно к поверхности, посредством подвижной горелки на $\Delta L=10 \text{ мм}$.

Результаты испытаний приведены в сводной таблице.

Образец	Минимальный тепловой поток при самовоспламенении, кВт/м ²	Минимальный тепловой поток при воспламенении, кВт/м ²	Воспл. при нормальных условиях, T=20 °C	ΔL при воспламенении, мм
ППУ жидкий	40	10	самозатухает	120÷150
ППУ твердый	45	15	горит	10÷15

Выводы:

1. Исследованы условия воспламенения пенополиуретана до и после отверждения.
2. Обнаружено отличие условий воспламенения ППУ до и после отверждения. Воспламенение жидкого образца пены происходило в виде проскока пламени по газообразным продуктам деструкции при приближении источника воспламенения на расстояние до 120÷150 мм. Воспламенение отвержденного образца пены происходило только при приближении источника пламени непосредственно к поверхности образца на расстояние до 10÷15 мм.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Иванников В.П., Ключ П.П.* Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
2. Пожарная опасность строительных материалов / Под ред. А.Н. Баратова. – М.: Стройиздат, 1988. – 380 с.
3. ГОСТ 30402 – 96. Межгосударственный стандарт материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.П. Савостьянов.

Сухов Алексей Валентинович – ФБУ Российский Федеральный центр судебной экспертизы при Минюсте РФ; e-mail: schwarcwald@mail.ru; г. Москва, Хохловский пер., 13 стр. 2; тел.: 84959174749; старший эксперт.

Прохоров Дмитрий Виталиевич – e-mail: dimprovit@mail.ru; ведущий эксперт.

Рудакова Татьяна Алексеевна – Учреждение Российской академии наук ИСПМ им. Н.С. Ениколопова РАН; e-mail: tetrudakova@yandex.ru; г. Москва, ул. Профсоюзная, 70, тел.: 84953325818; с.н.с.; к.х.н.

Sukhov Alexsey Valentinovich – Russian Federal Center of Forensic Examinations (Ministry of Justice RF); e-mail: schwarcwald@mail.ru; 13, Hokhlovsky Lane, str. 2, Moscow, Russia; phone: +74959174749; senior expert.

Prohorov Dmitry Vitaliyevich – e-mail: dimprovit@mail.ru; leader expert.

Rudakova Tatiana Alekseevna – Enikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials, a foundation of the Russian Academy of Sciences (ISPM RAS); e-mail: tetrudakova@yandex.ru; 70, Profsoyuznaya street, Moscow, Russia; phone: +74953325818; cand. of chem. sc.; reserch worker.