



**Министерство внутренних дел Республики Казахстан  
Комитет по чрезвычайным ситуациям  
Кокшетауский технический институт**



**«Азаматтық қорғау мәселелері: басқару, алдын алу, авариялық-құтқару  
және арнайы жұмыстар»  
V Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының жинағы**

**Сборник материалов  
V Международной научно-практической конференции**

**«Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы».**

**17 наурыз 2017 жыл  
Көкшетау қаласы**

УДК 699.81  
ББК 68

Проблемы гражданской защиты: управление, предупреждение, аварийно-спасательные и специальные работы. Материалы Международной научно-практической конференции. 17 марта 2017 г. – Кокшетау, РГУ «КТИ КЧС МВД Республики Казахстан». – 2017.

**Редакционная коллегия:** д.т.н. Шарипханов С.Д. (главный редактор), к.ф.-м.н. Раимбеков К.Ж. (заместитель главного редактора), Тимеев Е.А., к.т.н. Альменбаев М.М., к.т.н. Макишев Ж.К.

Печатается по Плану работы Кокшетауского технического института Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел Республики Казахстан.

© Кокшетауский технический институт  
КЧС МВД Республики Казахстан, 2017

*Д.Г. Трезубов - к.т.н., доцент, Д.Н. Рогачук - курсант  
Национальный университет гражданской защиты Украины, г.Харьков*

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЗАЖИГАНИЯ ГОРЮЧИХ СИСТЕМ

Проблема обеспечения пожарной безопасности и анализ возможных причин пожара в значительной степени связаны с определением минимальных энергий зажигания  $E_{\min}$  веществ, которые используются [1]. Однако этот показатель зависит от внешних условий и, в первую очередь, связан с температурой среды. Так, при увеличенных температурах исходной горючей смеси значения  $E_{\min}$  уменьшаются, что соответствует увеличению степени пожарной опасности. Такое положение дел формирует научную задачу поиска путей определения зависимости параметров зажигания веществ от температуры.

Большинство данных для значений  $E_{\min}$  приведены в справочниках [2] и установлены для стандартных условий по методике [1]. Снижение  $E_{\min}$  при увеличенных температурах окружающей среды подтверждают справочные данные [2], однако они известны для незначительного количества веществ. Поскольку при температурах больше стандартной –  $E_{\min}$  уменьшается, соответственно, увеличивается и пожарная опасность. Т.е. справочные данные не всегда отображают реальную пожарную опасность горючего вещества при фактических температурных условиях и воздействии конкретного источника зажигания.

Методики экспериментального определения  $E_{\min}$  и концентрационных пределов распространения пламени (КПРП) изложены А.М. Баратовым и В.Т.Монаховым [3, 4]. Однако в этих работах не показана зависимость КПРП от значения энергии источника зажигания. Энергия насыщения  $E_{\text{нас}}$  процесса вынужденного зажигания вообще не учитывается как важный параметр, хотя также характеризует степень опасности и вещества, и источника зажигания. Не показано и дополнительное сужение КПРП при температурах меньших, чем стандартная, когда энергия источника зажигания меньше энергии насыщения.

Нами проведены предварительные исследования в данных направлениях. Так, в работе [5] установлено, что интенсивность сужения КПРП  $\Delta\Phi$  (относительно справочных данных) для массива веществ зависит от степени "ненасыщенности" источника зажигания ( $0 < \Delta\Phi < 100\%$  для  $E_{\text{из}} < E_{\text{нас}}$ ):

$$\begin{aligned} \text{для } E_{\text{из}} = 0,7 \text{ мДж:} & \quad \Delta\Phi = 61,72\ln(E_{\min}) + 115; (R = 0,95), \\ \text{для } E_{\text{из}} = 1,0 \text{ мДж:} & \quad \Delta\Phi = 56,35\ln(E_{\min}) + 88,6; (R = 0,98). \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Delta\Phi = \frac{\Delta\Phi_{\text{спр}} - \Delta\Phi_{\text{ф}}}{\Delta\Phi_{\text{спр}}} \cdot 100$  – отношение разности справочных и

экспериментальных диапазонов взрывоопасности  $\Delta\phi$  к  $\Delta\phi$  по справочнику, %;  
 $\Delta\phi$  – ширина области взрывоопасных концентраций, %.

Также, определена зависимость [6] изменения  $E_{\min}$  газообразного горючего вещества в диапазоне температур до температуры самовоспламенения  $T_{\text{св}}$ :

$$E_{\min,\phi} = E_{\min}^{\circ} \left( 1 - \frac{T_{\phi} - 298}{T_{\text{св}} - 273} \right), \text{ мДж}, \quad (2)$$

где  $E_{\min,\phi}$  – фактическая  $E_{\min}$  горючего вещества при данной температуре, мДж;

$E_{\min}^{\circ}$  –  $E_{\min}$  горючего вещества при стандартных условиях, мДж;

$T_{\phi}$  – фактическая температура для которой определяется  $E_{\min}$ , К.

Показано, что процесс зажигания связан с теплоемкостью среды, поэтому, исходя из теплоемкости влажного воздуха получена формула [7]:

$$E_{\min} = \frac{\pi}{6} d_{\text{кр}}^3 \cdot 1,45 \cdot 10^6 (T_{\text{св}}^{0,12} - T_{\phi}^{0,12}), \text{ Дж}, \quad (3)$$

это выражение предусматривает знание  $d_{\text{кр}}$  – величины критического зазора.

С целью установления влияния температуры среды на возникновение горения под действием источника зажигания проведено исследование: в горизонтальной взрывной трубе: размещалось расчетное количество исследуемой жидкости для образования стехиометрической концентрации  $\phi_{\text{стм}}$  и создания в реакционном объеме наиболее взрывоопасных условий. Рассматривалось действие электрического разряда энергоемкостью 0,7 и 1 мДж на горючую смесь при разных концентрациях горючего вещества, температурах 288 и 298 К и нормальном атмосферном давлении. В процессе анализа учитывали, что при  $T_{\text{св}}$  для всех горючих веществ  $E_{\min}$  приближается к 0 мДж. Если считать температурную компенсацию единственным фактором влияния температуры на изменение  $E_{\min}$ , то зависимость должна иметь линейной характер, что отвечает характеру полученных раньше результатов [6]. Однако, между параметрами вынужденного зажигания и самовоспламенения ( $E_{\min}$  и  $T_{\text{св}}$ ) нет прямой связи. Для первых семи членов гомологического ряда алканов –  $E_{\min}$  находится в диапазоне 0,22-0,28 мДж с минимумом для пентана [8], см. табл. 1, а  $T_{\text{св}}$  имеет максимум для метана. Это связано с тем, что в гомологическом ряду с уменьшением  $T_{\text{св}}$  одновременно увеличивается теплоемкость веществ.

Таблица 1 - Параметры опасности горючих веществ и процесса зажигания

Вещество ( $T_{всп}/T_{кип}$ , К)	$E_{из}$ , мДж	$\varphi_n - \varphi_v$ , (ширина КППП), %		Сужение КППП, %	$T_{стм}$ , К	$E_{min}$ , мДж [2]
		по справочнику [2]	по опыту			
Ацетон (255/330)	1,0	2,7 - 13,0	3,3 - 9,8 (6,5)	37,0	261,6	0,41
	0,7	(10,3)	4,8 - 9,4 (4,6)	55,3		
Гексан (250/342)	1,0	1,24 - 7,5	1,3 - 6,4 (5,1)	18,6	255,6	0,25
	0,7	(6,26)	1,4 - 5,4 (4,0)	36,1		
Циклогексан (256/354)	1,0	1,3 - 7,8	1,3 - 7,7 (6,4)	0,2	257,8	0,22
	0,7	(6,5)	1,3 - 5,5 (4,2)	35,4		
Пентан (229/309)	1,0	1,47 - 7,7	1,3 - 7,7 (6,4)	-2,7	232,3	0,22
	0,7	(6,23)	1,7 - 7,0 (5,3)	15,0		
Изопропиловый спирт (287/355)	1,0	2,23 - 12,7	2,3 - 6,0 (3,7)	64,6	293,4	0,65
	0,7	(10,47)	3,0 - 5,2 (2,2)	88,4		

Для установления  $E_{min}$  необходимо было обеспечить испарение исследуемой жидкости до значения  $\varphi_{стм}$ . Все исследованные вещества по температуре вспышки  $T_{всп}$  относятся к классу постоянно опасных легковоспламеняющихся жидкостей. Для исследуемых веществ  $T_{всп}$  меньше температуры опыта, см. табл.1, поэтому образование взрывоопасного пара возможно. Температуру, при которой над поверхностью жидкости образуется  $\varphi_{стм}$  насыщенного пара, назовем "стехиометрической"  $T_{стм}$ . Такая температура наиболее опасна для хранения жидкостей в закрытом пространстве; определить ее можно по формуле Антуана [8]. Сравнивая полученные  $T_{стм}$  с температурой проведения опыта, можно увидеть, что из исследованных веществ для изопропилового спирта будут сложности в испарении до  $\varphi_{стм}$ . Т.е. его насыщенный пар может образовать  $\varphi_{стм}$  при температуре 288 К лишь при наличии ветра, что в опыте обеспечивалось с помощью магнитной мешалки. Также, можно увидеть, что  $T_{всп}$  и  $T_{стм}$  отличаются незначительно.

Для установления процента изменения КППП необходимо обеспечить испарение исследуемой жидкости в серии опытов в последовательных концентрациях в диапазоне от нижней до верхней КППП. Если при температуре 298 К зажигание произошло для всех исследованных веществ, то при температуре 288 К – лишь при испытании пентана. Зажигание пентана при мощности источника зажигания 0,7 мДж и температуры 288 К состоялось лишь при стехиометрической концентрации пара. Поэтому можно принять, что в условиях опыта (при температуре 288 К) минимальная энергия зажигания пентана составляет 0,7 мДж. Т.е. сужение КППП при сниженных температурах происходит более интенсивно [6], чем по стандартной зависимости [8].

Существует два параметра, характеризующих ширину области КППП: F-фактор  $F = 1 - (\varphi_n/\varphi_v)^{0,5}$  [9] и  $\Delta\varphi = (\varphi_v - \varphi_n)$ . Нами использован фактор изменения КППП относительно справочных данных. Процент сужения КППП можно рассчитать по группе формул (1). Поскольку зависимость  $\Delta\Phi$  при разных  $E_{из}$  имеет близкий характер, можно предложить общую формулу для  $\Delta\Phi > 0$  и  $E_{из} < E_{нас}$ :

$$\Delta\Phi = \frac{89}{E_{\text{из}}^{0,55}} + 56 \ln E_{\text{min}}, \%. \quad (4)$$

Данная формула прогнозирует сужение КПП с коэффициентом корреляции 0,976. Из формулы (4) можно получить ориентировочное значение для энергии насыщения (т.е. для  $\Delta\Phi = 0$ ):

$$E_{\text{нас}} = \left( -\frac{89}{56 \ln E_{\text{min}}} \right)^{1,818}, \text{ мДж.} \quad (5)$$

для исследованных веществ: ацетон – 2,86 мДж, гексан – 1,28 мДж, циклогексан и пентан – 1,09 мДж, изопропиловый спирт – 10,7 мДж..

Также, по результатам обработки экспериментальных и справочных данных получена математическая зависимость, характеризующая изменение  $E_{\text{min}}$  газообразного горючего вещества при разных температурах:

$$E_{\text{min}} = 15E_{\text{min}}^{\circ} \cdot e^{-0,038(T_{\phi}-232)}, \text{ мДж,} \quad (6)$$

где  $E_{\text{min}}^{\circ}$  –  $E_{\text{min}}$  горючего вещества при стандартных условиях, мДж;

232 К – расчетная температура  $T_{\text{стм}}$ , при которой над поверхностью пентана образуется стехиометрическая концентрация насыщенного пара;

$T_{\phi}$  – фактическая температура окружающей среды, К.

Формула (6) прогнозирует изменение  $E_{\text{min}}$  в сравнении с экспериментальными результатами с коэффициентом корреляции  $R = 0,994$ . Однако, следует отметить, что характер полученной зависимости существенно отличается от формулы (2). При температурах меньших, чем стандартная, наблюдается более интенсивный рост  $E_{\text{min}}$ , что можно объяснить ростом диффузных осложнений в готовой горючей смеси.

#### Список литературы

1. Инструкция по определению минимальной энергии зажигания / Под ред. Монахова В.Т. и др. – М.: ВНИИПО. – 1977. – 54 с.
2. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения, в 2 частях / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Пожнаука, 2004. – 1448 с.
3. Баратов А.Н. Пожарная безопасность. Взрывобезопасность. Справочник / А.Н. Баратов, Е.Н. Иванов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Химия, 1987. – 272 с.
4. Монахов В.Т. Методы исследования пожарной опасности веществ / В.Т. Монахов. – М.: Химия, 1979. – 424 с.
5. Трегубов Д.Г. Дослідження впливу енергії джерела запалення на концентраційні межі поширення полум'я / Д.Г. Трегубов, Я.В. Щетінін // Проблеми пожарной безопасности. - Х.: АГЗУ, 2006. - Вып. 19. - С. 161-165.

Режим доступа: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol19/tregubov%2006-19.pdf>.

6. Трегубов Д.Г. Дослідження залежності мінімальної енергії запалювання від температури / Д.Г.Трегубов // Проблемы пожарной безопасности. - Х.: УГЗУ, 2007. - Вып.21. - С. 275-278.

7. Тарахно Е.В. Розрахункове визначення мінімальної енергії запалювання при проведенні судових пожежно-технічних експертиз / Е.В. Тарахно, Д.Г. Трегубов, В.М. Сирих / Проблемы пожарной безопасности. - Х.: УГЗУ, 2007. - Вып. 22. - С. 190-193.

8. Тарахно О.В. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. У 2-х частинах / О.В. Тарахно, Д.Г. Трегубов, К.В. Жернокльов та ін. - Х.: НУЦЗУ, 2010. – 822 с.

Kondo S. Experimental exploration of discrepancies in *F*-number correlation of flammability limits / S. Kondo, A. Takahashi, K. Tokuhashi // J. Hazard. Mater. – 2003. – Vol. 100. – № 1-3. – P. 27-36.

**УДК 666.9.022**

*В.В. Фокин – курсант, Е.В. Христич - к.т.н., ст. преподаватель*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ КАК ИСХОДНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕМЕНТОВ**

Загрязнение окружающей среды различными промышленными отходами производств, вследствие чего, ухудшение экологической ситуации показывает обоснованность поиска новых ресурсосберегающих технологий производства строительных материалов, а также возможность рекуперации твердых отходов химических производств. Токсические отходы, накапливающиеся на значительных площадях вокруг производств, рационально использовать как исходное сырье [1, 2] для получения полифункциональных вяжущих материалов специального назначения, имеющих повышенную коррозионную и температурную стойкость, а также защитные свойства от воздействия ионизирующего излучения.

Сточные воды (химический метод нейтрализации), содержащие неорганические примеси и щелочи необходимо очищать перед использованием в технологическом процессе или сбрасыванием в водоемы. Способы нейтрализации: смешивание кислых и щелочных сточных вод, добавление реагентов, фильтрация, абсорбция и др. Физико-химическими методами установлен вероятный химический состав отходов водоочистки, масс. %: карбонат кальция – 75,00-85,00; карбонат магния – 3,00-9,00; оксид железа (III) – 4,50-8,50; оксид кремния (IV) – 5,00-9,00. Наличие остальных компонентов

пожарных кран-комплектов в жилых зданиях.....	222
<i>Помаза-Пономаренко А. Л.</i> Основные детерминанты и эмерджентность социальной безопасности регионов Украины в обеспечении их развития...	225
<i>Пономаренко Р.В., Мишина В.О., Стадник Д.А.</i> Исследование свойств термостойкой накидки для спасения пострадавших.....	228
<i>Пономаренко С.С., Иотов А.П.</i> Особенности проведения спасательных работ при транспортировке пострадавшего через водное препятствие.....	230
<i>Пономаренко С.С., Калюжный В.В.</i> Эксплуатация пожарных напорных рукавов в подразделениях государственной службы гражданской защиты Украины.....	231
<i>Попов В.Н.</i> Психокоррекция личностной беспомощности у спасателей.....	233
<i>Прокушин А.В., Гудин С.В.</i> База данных объектов закупок, используемых пожарно-спасательными подразделениями.....	236
<i>Рахметкалиев Д. А. Куттыбаев Е.М.</i> История и роль метрологии и технического регулирования в деятельности уполномоченного органа управления гражданской защиты Республики Казахстан.....	241
<i>Рашкевич А. С., Рашкевич Н.В., Вамболь В.В.</i> Исследование особенностей лазерного метода для контроля атмосферного воздуха в зоне чрезвычайных ситуаций.....	245
<i>Савельев Д.И. Киреев А.А.</i> Повышение эффективности тушения лесных пожаров путем применения бинарных огнетушащих систем.....	248
<i>Савченко А.В.</i> Возможность использования гелеобразующих систем для охлаждения стенок резервуаров и цистерн с углеводородами от теплового воздействия пожара.....	250
<i>Сагимбай А., Берденова Д.К.</i> Математическая интерпретация эпидемии гриппа.....	254
<i>Сейілбек М.</i> Өртті сөндіру кезінде бөлімше жеке құрамының қауіпсіздігін қамтамасыз ету.....	257
<i>Сибиряков М.В.</i> Анализ автоматизированных систем управления пожарно-спасательными подразделениями.....	259
<i>Тарадуда Д.В. Шулика В.А.</i> Об опасности чрезвычайных ситуаций террористического характера.....	262
<i>Торопов Д.П. Иванов А.В.</i> Использование наножидкости в качестве огнетушащего вещества.....	264
<i>Тохти А. Исин Б.М.</i> Роль физической подготовки спасателей. Развитие специальных умений и навыков спасателей.....	267
<i>Трегубов Д.Г., Рогачук Д.Н.</i> Влияние температуры на параметры зажигания горючих систем.....	270
<i>Фокин В.В., Христич Е.В.</i> Исследование возможности использования отходов химических производств как исходного сырья для получения специальных цементов.....	274
<i>Фроленков С.В., Черкинский С.В., Теребнев В.В., Кусаинов А.Н.</i> Сравнение данных двух независимых групп при исследованиях оперативно-тактических действий пожарных подразделений.....	276
<i>Харитончик А.В., Маханько В.И., Морозов А.А.</i> Средства защиты личного	