УДК 614.841

Д.Г. Трегубов, ктн, викладач, УЦЗУ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ МІНІМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗАПАЛЮВАННЯ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ

(Представлено д-ром техн. наук В.М. Комяк)

Розглянуто вплив температури навколишнього середовища на мінімальну енергію запалювання горючої речовини (E_{min}). За результатами обробки експериментальних та довідникових даних отримана відповідна математична залежність. Показано зниження E_{min} зі збільшенням температури.

Постановка проблеми. Питання визначення імовірності запалювання пароповітряної суміші завжди є актуальним. Відомо, що горіння не виникає навіть за наявності суміші горючої речовини з повітрям, оскільки третьою необхідною умовою виникнення горіння є наявність джерела запалювання. У той же час, і ця остання умова не викликає появи горіння, якщо енергія джерела запалювання мала. Тобто існує деяка мінімальна енергія джерела запалювання за якої вже не може виникнути горіння навіть за найбільш пожежонебезпечної концентрації горючої речовини в суміші з повітрям (стехіометричної) і поширитися на весь об'єм горючої суміші. Але за більших температур навколишнього середовища значення мінімальної енергії запалювання може зменшуватися, що буде визначати ступінь збільшення пожежної небезпеки.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Методикою визначення E_{min} жорстко регламентується тиск при випробуванні (101,3 кПа) та пропонується визначати E_{min} за нормальної температури [1] або температурну залежність в інтервалі температур 298 – 423 К з шагом 25 К [2]. Наявність зниження E_{min} за більших температур навколишнього середовища підтверджують дані, наведені в інструкції [2] та довіднику Баратова А.Н. [3], однак такі дані встановлені лише для декількох речовин. Судячи з усього переважна більшість довідникових даних встановлена за методикою [1]. Але за температур більших за нормальну (273 К) E_{min} зменшується, що визначає збільшення пожежної небезпеки. Тому довідникові дані не завжди відображають реальну пожежну небезпеку горючої речовини за умови наявності даного джерела запалювання.

Постановка задачі та її рішення. Зважаючи на викладене вище, було проведено дослідження для встановлення залежності E_{min} від температури. З метою встановлення впливу температури на можливість виникнення горіння в результаті дії джерела запалювання були проведені досліди по запалюванню горючих пароповітряних сумішей іскровим розрядом енергоємністю 0,7 та 1,0 мДж за

температур 288 і 298 К та нормального атмосферного тиску.

Експеримент був проведений за методикою: у горизонтальній вибуховій трубі розташовувалася розрахункова кількість досліджуваної рідини. Кількість рідини обиралася у відповідності до стехіометричної концентрації для створення в реакційному об'ємі найбільш вибухопожежонебезпечних умов. Повнота випаровування контролювалася візуально. Рівномірність розтікання, випаровування і створення пароповітряної суміші забезпечувалася обертанням вибухової труби. Після кожного досліду виконували продувку труби повітрям для видалення продуктів горіння й утворення чистого повітряного середовища. Зважаючи на те, що за реальних умов (наявність дифузійних ускладнень у готовій горючій суміші) запалення і згоряння багатих сумішей вібувається легше, проводилися додаткові досліди за збільшених концентрацій від стехіометричної.

Досліджували можливість запалювання ацетону, пентану, гексану, циклогексану, ізопропилового спирту. Усі досліджувані речовини за температурою спалаху відносяться до класу постійно небезпечних легкозаймистих рідин, див. табл.1. Якщо за температури 298 К запалювання було відзначено для усіх випробовуваних речовин (табл.1), то за температури 288 К – в умовах досліду відбулося лише при випробуванні пентану. Відсутність запалення циклокгексану можна пояснити як погіршеними умовами випаровування, так і більшою теплоємністю. Запалювання пентану за температури 288 К відбулося лише за оптимальної концентрації – 3,8 % (за розрахунком для пентану $\varphi_{смк}$ = 2,6 %). Можна прийняти, що в умовах досліду енергія запалювання пентану за температури 288 К склала 0,7 мДж.

Таблиця 1 – Властивості горючих рідин [3] та результати досліду (Т = 298 К)

Речовина	$E_{дз}$, мДж	Температура спалаху, $t_{сп}$, К	Температура кипіння, $t_{кип}$, К	Концентраційні межі поширення полум'я $\varphi_н$ - $\varphi_в$, %		E^o_{min}, мДж	E_{min}^* за дослідом, мДж
				за довідником	за дослідом		
Ацетон	1,0	255	330	2,7 - 13,0	3,4 - 9,8	0,41	0,39
	0,7				4,5 - 9,4		
Гексан	1,0	250	342	1,24 - 7,5	1,3 - 6,4	0,25	0,22
	0,7				1,8 - 5,8		
Циклогексан	1,0	256	354	1,3 - 7,8	1,3 - 7,7	0,22	0,4
	0,7				1,5 - 5,7		
Пентан	1,0	229	309	1,47 - 7,7	1,3 - 7,7	0,22	0,2
	0,7				1,7 -6,9		
Ізопропіловий спирт	1,0	287	355	2,2 - 12,7	2,3 - 6,0	0,65	0,59
	0,7				3,3 - 5,2		

* - значення отримані шляхом апроксимації даних досліду $\varphi(E_{дз})$ квадратичною залежністю.

Оскільки за температури 288 К для досліджуваних речовин не

вдалося встановити мінімальну енергію запалювання, була проведена апроксимація отриманої залежності звуження концентраційних меж поширення полум'я. Виходячи з того, що за енергії джерела запалення меншої за енергію насичення ця залежність має параболичний вид, апрокимація була проведена квадратичною фунцією. Таблиця 1 показує, що за обробкою результатів досліду отримані адекватні дані відносно довідникових [3].

Для встановлення загального характеру зміни даного параметру пожежної небезпеки для різних речовин були прийняті викладені нижче узагальнення. Характер даної залежності визначається відносно до мінімальної енергії запалювання речовин за нормальних умов. Дію джерела запалювання можна розглянути як компенсацію температури середовища, що відрізняється від температури самоспалахування (T_{cc}). Тому можна прийняти, що за температури самоспалахування для всіх горючих речовин мінімальна енергія запалювання наближається до 0 мДж. Якщо вважати це єдиним фактором впливу температури на зміну мінімальну енергію запалювання, то залежність повинна мати характер лінійної, що відповідає характеру дослідної температурної залежності мінімальної енергії запалювання бензолу [2].

За результатами обробки дослідних та довідникових результатів була отримана наступна математична залежність, що характеризує мінімальну енергію запалення газоподібної горючої речовини за різних температур (в діапазоні температур від температури плавлення до температури самоспалахування даної горючої речовини):

$$\mathbf{E_{min} = E^{\circ}_{min}\left(1 - \frac{T - 273}{T_{cc} - 273}\right)}, \text{ мДж}, \qquad (1)$$

де E_{min} –мінімальна енергія запалювання горючої речовини за даних температурних умов, мДж;

E^{o}_{min} – мінімальна енергія запалювання горючої речовини за нормальних умов, мДж;

Т – фактична температура навколишнього середовища для якої визначається мінімальна енергія запалювання, К;

T_{cc} – температура самоспалахування даної горючої речовини, К.

На рис.1 наведені отримана розрахункова залежність для органічних речовин та експериментальні дані зміни мінімальної енергії запалювання органічних речовин у відносних координатах (температура віднесена до температури самоспалахування даної горючої речовини та фактична мінімальна енергія джерела запалювання віднесена до мінімальної енергії джерела запалення за нормальних умов). Як показано на рис.1 розрахункова та дослідна

залежності добре корелюють.

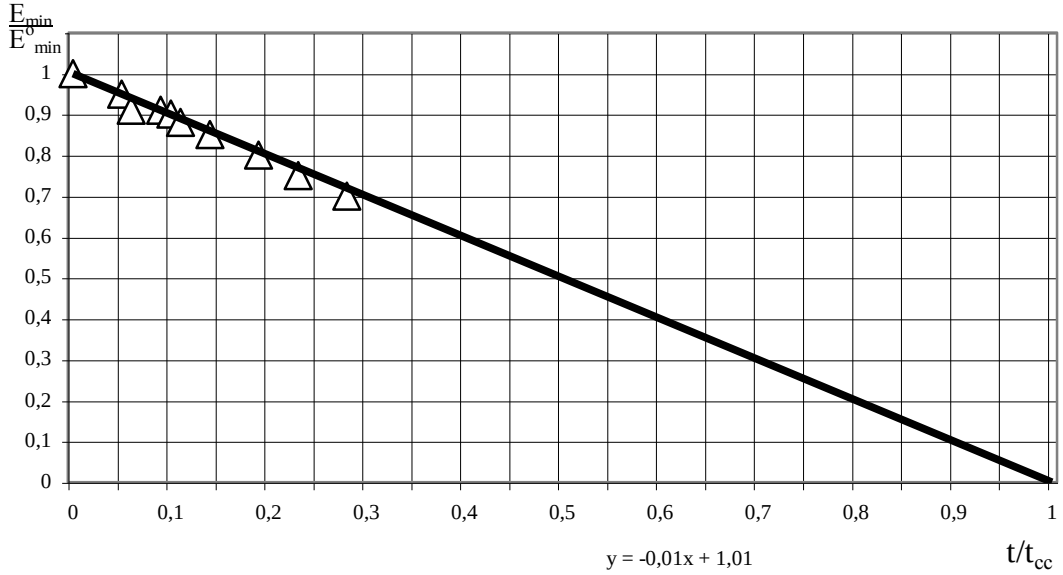

Рис.1. Характеристика зміни E_{min} від температури для органічних речовин:
━ - за розрахунком; Δ - за дослідом.

Крім зазначених умов, мінімальна енергія запалення повинна залежати від теплоємності газо-, паро- та пилоповітряної суміші. За умови визначення та врахування цієї залежності можна уточнити отриманий математичний вираз.

Висновки. 1. За збільшених температур навколишнього середовища значення мінімальної енергії запалювання зменшується, що визначає збільшення пожежовибухонебезпеки.

2. Отримана математична залежність дозволяє прогнозувати за зміни температури навколишнього середовища зміну пожежної небезпеки, що виникає внаслідок дії джерела запалення на пароповітряну суміш, що містить горючі речовини органічного походження.

3. Розрахункова математична залежність має лінійний характер, що співпадає з експериментальними результатами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Временная инструкция по определению минимальной энергии зажигания парогазовых смесей № 10-70. - М.: ВНИИПО. - 1970. - 32 с.

2. Инструкция по определению минимальной энергии зажигания горючих газов, паров и пылей / Под ред. Монахова В.Т. и др. – М.: ВНИИПО. – 1977. – 54 с.

3. Баратов А.Н., Корольченко А.Я. и др. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник в 2-х кн. - М.: Химия. - 1990. –272 с.