

УДК 614.842

ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУР СПАЛАХУ ТА ЗАЙМАННЯ ГОРЮЧИХ РІДИН

*В. В. Федоровський, Р.Б. Веселівський, канд. техн. наук.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

*Надійшла до редакції: 10.11.2016
Пройшла рецензування: 20.12.2016*

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

температура спалаху, температура займання, тигель, метод визначення, експериментальні дослідження.

АНОТАЦІЯ

Проведено порівняльний аналіз існуючих методів визначення температури спалаху та займання горючих рідин. Виявлено чинники, що можуть впливати на результати випробувань з визначення цих характеристик. Представлено зарубіжні та вітчизняні експериментальні та теоретичні підходи щодо визначення температур спалаху та займання горючих рідин. Проведено експериментальні дослідження з визначення температур спалаху та займання олії ріпаку, сої та соняшнику.

Рідини та речовини, що є горючим, характеризуються температурами спалаху та займання.

Температура спалаху – це найменша температура конденсованої речовини, при якій в умовах спеціальних випробувань над її поверхнею утворюються пари, що здатні спалахнути у повітрі від джерела запалювання; стійке горіння при цьому не виникає. Але підвищуючи температуру рідини далі до певного значення, пари спалахують і не гаснуть, що свідчить про досягнення температури займання цієї рідини.

Показники температури спалаху та займання для значної кількості горючих рідин висвітлені у ряді нормативних документів та довідкових літературних джерелах, що стосуються вибухопожежонебезпеки [1-5] тощо.

Відповідно до міжнародних стандартів [6-8] температури спалаху та займання, що є предметом досліджень цієї роботи, не є сталими показниками фізико-хімічних властивостей речовин та матеріалів, оскільки напряму залежить від апаратури та методів її визначення. Окрім того, на кінцевий результат може суттєво впливати значення атмосферного тиску.

У світі існують та застосовуються різні методи та методики, що дозволяють визначати температури спалаху та займання рідин. Враховуючи фізику процесу виникнення спалаху та займання речовин, саме температура спалаху відображає здатність речовин і матеріалів до підтримання горіння. Так, в світі існує ряд нормативних документів та стандартів, що стосуються класифікації займистих, горючих та інших речовин [9-11].

Також існує європейська класифікація (Classification, Labelling and Packaging), де займисті рідини розділяють на категорії. Відповідно до цих документів саме поняття температури спалаху дещо відрізняється. Зокрема в [12-13] зазначено, що температура спалаху рідини це температура рідини, при якій утворюються горючі пари, здатні спалахувати від джерела запалювання. У [6-8] зазначено, що ця температура визначається у спеціальних умовах чи на спеціальному обладнанні, а у [19], вказано, що температура спалаху та температура займання є відмінними між собою. Слід зазначити, що у діючому в Україні нормативному документі [19], поняття температури спалаху найбільш влучно відображає фізичну суть цього явища. Крім того, у світі існують методи та підходи, що дають змогу визначати даний параметр враховуючи зв'язок температури спалаху з теплою згорання та нижньою температурною межею займання [15-17].

Основними підходами для визначення температури спалаху та займання рідин є випробування у закритому та відкритому тиглі. Підхід з відкритим тиглем реалізований у методах Тага, Клівленда, Бренкена, підхід з закритим тиглем – у методах Абея, Пенски-Мартенса, Абеоя-Пенского, Сетафлеш тощо. Також існує модифікація підходу закритого тигля, це є рівноважний метод, в якому використовується апаратура методів Абея, Пенски-Мартенса і Тага.

Характеристики існуючих у світі методів визначення температури спалаху та займання рідин представлено у таблиці 1 [18].

Таблиця 1 - Характеристики існуючих методів визначення температури спалаху та займання рідин

Метод випробування	Тигель	Швидкість нагрівання, °C/хв	Крок перевірки	Робочий діапазон, $t_{спал.}$ °C	Стандарт
Пенски-Мартенса (А)	Закритий	5...6	1...2	< 370	ASTM D 93; BS EN ISO 2719; BS 2000-34
Пенски-Мартенса (Б)	Закритий	1...1,5	2	< 93	
Тага	Закритий	1...3	0,5...1	0...110; кімнатна т-ра...300	ASTM D 56; ГОСТ Р 53717
Сетафлеш	Закритий	-	0,5	-30...70	ASTM D 3278; ASTM D 3828
Абеля	Закритий	1	0,5	-15...360	BS EN ISO 13736; ISO 13736
Закритий тигель	Закритий	5...6; 0,3 (для лаків). Різниця температур зразка і бані ≤ 2 °C	1...2; 0,5 (для лаків)	-15...360	ГОСТ 12.1.044-89*
Рівноважний	Закритий	Різниця температур зразка і бані ≤ 2 °C 0,3 -0,1	0,5	0...110 -18...165 -30...110	ASTM D 3924; ASTM D 3941 BS EN ISO 1523; ISO 1516
Прискорений рівноважний	Закритий	Різниця температур зразка і бані ≤ 2 °C	0,5...1	-30...300	BS EN ISO 3679; BS 2000-523; ISO 3679
Клівленда	Відкритий	5-6	2	>79	ASTM D 95; ISO 2592; ГОСТ 4333-87
Бренкена	Відкритий	4	2	-	ГОСТ 4333-87
Тага	Відкритий	1	1	-18...165	ASTM D 1310
Відкритий тигель	Відкритий	5...6; 0,3 (для лаків і в'язких рідин)	1-2	-15...360	ГОСТ 12.1.044-89*

Аналізуючи методи, які представлені у таблиці 1, слід зазначити, що у всіх представлених методах визначення температур спалаху та займання рідин проводиться в закритому та відкритому тиглі, шляхом піднесення джерела запалювання до поверхні досліджуваної рідини. Відмінними є робочі діапазони температур методів, що коливаються від мінус 30 °C до плюс 370 °C, але при цьому не спостерігається якась закономірність діапазонів температур в залежності від того, як метод реалізований, у відкритому чи закритому тиглі. Також, враховуючи те, що температура спалаху деяких речовин визначається при температурі нижче 20 °C, важливим є факт застосування засобів для охолодження рідини. Також, загальним недоліком представлених методів є те, що у більшості з них не враховується значення атмосферного тиску на момент проведення експерименту, а в деяких це відбувається

опосередковано.

Поряд з експериментальними методами існують і розрахункові методи визначення температури спалаху горючих рідин. Одним із таких методів є метод визначення температури спалаху через тиск насиченого пару рідини [20]. Суть цього методу полягає у припущенні, що спалах виникає за температури, при якій тиск насичених парів рідини відповідає тиску насичених парів при нижній концентраційній межі займання. Даний підхід припускає, що температура спалаху і нижня концентраційна межа займання приблизно однакові.

Також у роботі [21] представлено один із методів прогнозування температури спалаху. Суть прогнозування базується на основі фізико-хімічних і пожежонебезпечних властивостей горючих рідин, індикаторних змінних та топологічних індексах.

У працях [22, 23] наведено порівняльні методи

визначення температури спалаху та займання горючих рідин.

Враховуючи вищезазначене, очевидним є факт, що при застосуванні різних підходів щодо визначення температур спалаху та займання рідин можуть бути отримані суттєво різні результати для однакових речовин. Чинниками, що впливатимуть на результат є швидкість нагрівання випробуваної речовини, конструктивні особливості приладів, що забезпечують умови охолодження, а також урахування поправки на атмосферний тиск.

Важливим завданням на сьогодні є уніфікація методів визначення пожежонебезпечних характеристик рідин як у національних так і

міжнародних стандартах.

З метою порівняння даних довідкових джерел та даних отриманих експериментальним шляхом, авторами проведено ряд експериментальних досліджень з визначення температур спалаху та займання деяких видів рослинних олій із застосуванням стандартизованого в Україні обладнання. А саме, проведено дослідження температур спалаху та займання зразків олії ріпаку, сої та соняшника згідно з [19] на установці ТВ-2, загальний вигляд якої представлений на рисунку 1.



Рисунок 1 – Загальний вигляд установки ТВ-2

Основні складові елементи установки: нагрівна ванна, металевий чи фарфоровий тигель, тримач та штатив, газовий пальник, термометр, азбестова прокладка

Крім того, під час проведення досліджень використовували термометр типу ТН-2 (клас точн. 1) з відповідним діапазоном вимірювання та секундомір (клас точн. 2).

Суть методу визначення температур спалаху та займання полягає в проведенні випробувань в умовах, коли над поверхнею речовини утворюються пари, що здатні спалахувати або горіти в повітрі від джерела запалювання. Швидкість нагріву речовини складає 5-6 °С/хв. У процесі нагрівання рідини полум'я газового пальника рівномірно проводять від одного боку тигля до іншого в горизонтальній площині, не вище ніж на 2 мм від верхнього краю тигля, і тільки в одному напрямку, та фіксують наявність або відсутність чи то спалаху, чи то займання рідини.

За температуру спалаху чи температуру займання ($T_{спал.}$, $T_{займ.}$) приймають середнє арифметичне значення температур, що отримані на трьох зразках однієї рідини з поправкою на атмосферний тиск (Δt), що визначається за формулою:

$$\Delta t = 0,27 \times (101,3 - P_a) \quad (1)$$

де, P_a – атмосферний тиск, кПа.

Результати експериментальних досліджень температури спалаху та займання олії ріпаку, сої та соняшнику представлено у таблицях 2 та 3.

Таблиця 2- Результати експериментальних досліджень температури спалаху

Назва рідини	T _{спал.} , °C	Результат випробування
Олія ріпаку	328	спалах при температурах: 327 °C, 328 °C, 327 °C
Олія сої	332	спалах при температурах: 331 °C, 331 °C, 332 °C
Олія соняшнику	331	спалах при температурах: 331 °C, 332 °C, 330 °C

Таблиця 3- Результати експериментальних досліджень температури займання

Назва рідини	T _{займ.} , °C	Результат випробування
Олія ріпаку	358	займання при температурах: 356 °C, 357 °C, 358 °C
Олія сої	360	займання при температурах: 359 °C, 359 °C, 359 °C
Олія соняшнику	365	займання при температурах: 364 °C, 365 °C, 365 °C

Слід зауважити, що у довіднику [24], наведені температури спалаху олії соняшнику та сої суттєво відрізняються від отриманих експериментально. Зокрема, для олії соняшнику в довіднику вона складає 204-229 °C, а експериментально визначена – 331 °C; для олії сої в довіднику – 120-240 °C, а експериментально визначена – 331 °C. Такі результати вказують або на невідповідність підходів щодо визначення температур спалаху та займання, або на суттєво відмінний хімічний склад речовин, які досліджувались та порівнювались.

Висновки:

1. Встановлено, що у світовій практиці для експериментального визначення температур спалаху та займання рідин переважно застосовується закритий та відкритий тигель.

2. Визначено чинники, що можуть суттєво впливати на результат випробувань, зокрема це швидкість нагрівання рідини, особливості конструктивного виконання випробувальних приладів, атмосферний тиск тощо), та необхідність уніфікації методів визначення пожежонебезпечних характеристик рідин як у національних так і міжнародних стандартах.

3. Експериментально визначено температури спалаху та займання трьох видів рослинних олій та показано їх суттєву відмінність від довідкових джерел.

4. Актуальним є питання проведення подальших експериментальних досліджень з визначення температур спалаху та займання еталонної рідини із застосуванням різних підходів та методів, наведених у таблиці 1.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. НАПБ В.01.057-2006/200. Правила пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України, затверджені наказом Міністерства аграрної політики України та МНС України від 04.12.2006 № 730/770, зареєстровані в Міністерстві юстиції України 05.04.2007 за № 313/13580.
2. НПАОП 15.4-1.06-97 Правила безпеки для олійно-жирового виробництва. – Київ : УкрНДІхарчпром, 1997. – 313 с.
3. НАПБ 07.026-2010 Рекомендації щодо забезпечення пожежної безпеки при транспортуванні та зберіганні насіння олійних культур. – Київ : УкрНДІПБ МНС України, 2010. – 63 с.
4. ДСТУ 3855-99. Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення.
5. НАПБ В.07.013-86/810 (НАОП 8.1.00-2.05-86 (ОСТ 8.12.06-86)) Процессы производственные на предприятиях с хранением и переработкой зерна. Взрывоопасность. Номенклатура показателей пожаровзрывоопасности производственной пыли и пылевоздушной смеси.
6. ISO 3679:2004 (E). Determination of Flash Point-Rapid Equilibrium Closed Cup Method.-Geneva : ISO Copyright Office, 2004.– 18 p.
7. ISO 13736:2008 (E). Determination of Flash Point – Abel Closed Cup Method. – Geneva : ISO Copyright Office, 2008. – 22 p.
8. British Standard. BS EN ISO 13736:2008. Determination of Flash Point–Abel Closed Cup Method (ISO 13736:2008). – London : BSI, 2009. – 22 p.
9. 2006 International Fire Code.
10. 2009 International Fire Code.
11. 2012 International Fire Code.
12. Safe Working with Industrial Solvents. Flammability: A Safety Guide for Users Best Practice Guidelines - 4. - Brussels : ESIG, 2003. - 21 p.
13. JKKP: GP (I) 4 97. Guidelines for the Classification of Hazardous Chemicals. - Putrajaya : Department of Occupational Safety and Health, 1997. - 39 p.

14. Davletshina T. A. *Industrial Fire Safety Guidebook*. - Westwood : Noyes Publication, 1998. - 531 p.
15. Баратов А. Н., Иванов Е. Н., Корольченко А.Я. *Пожарная безопасность. Взрывобезопасность*. - М. : Химия, 1987. - 272 с.
16. Монахов В. Т. Показатели пожарной опасности веществ и материалов. Анализ и предсказание. Газы и Жидкости. - М. : ВНИИПО, 2007. - 248 с.
17. Тарасов А. В., Степанова И. В. Процессы горения и показатели пожарной опасности 6 учебное пособие. - СПб. : Петербургский гос. ун-т путей сообщения, 2009. - С. 15-16.
18. Алексеев С. Г. Температура вспышки. Часть 1. История вопроса, дефиниции, методы экспериментального определения / С. Г. Алексеев, В. В. Смирнов, Н. М. Барбин // *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов* : научн. техн. журнал – Москва, 2012. – №5. – С. 35-41.
19. ГОСТ 12.1.044-89 “Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения”.
20. Алексеев С. Г. Температура вспышки. Часть 2. Расчет через давление насыщенного пара / С. Г. Алексеев, В. В. Смирнов, Н. М. Барбин // *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов* : научн. техн. журнал – Москва, 2012. – №10. – С. 21-35.
21. Температура вспышки. Часть 4. Дескрипторный метод расчета / С. Г. Алексеев, К. С. Алексеев, В. В. Смирнов, Н. М. Барбин // *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов* : научн. техн. журнал – Москва, 2014. – №5. – С. 18-37.
22. Korol'chenko Ya. A., Bobkov A. S., Zhuravlev V. S., Lantukhova L. V. Calculating the flash point of inflammable liquids *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. — 1969. — Vol. 5, No. 8. — P. 556–558.
23. Шебеко Ю. Н., Иванов А. В., Корольченко А. Я., Алехина Э. Н., Бармакова А. А., Терешина Н. А. Инструкция по расчету температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей «4р-82. - М. : ВНИИПО, 1983. - 36 с.
24. *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд. в 2 книгах* / [Баратов А.Н., Корольченко А.Я., Кравчук Г.Н. и др.]. - М.: Химия, 1990. - 496 с.

APPROACHES TO DEFINITION OF FLASHPOINT AND IGNITION OF COMBUSTIBLE LIQUIDS

*V. Fedorovskyi, R. Veselivskyi, Cand. of Sc (Eng.),
Lviv State University of Life Safety*

KEYWORDS

flashpoint, temperature ignition, crucible, determining method, experimental study.

ANNOTATION

It is performed the comparative analysis of existing methods for the determining of flashpoint and ignition of flammable liquids. It is established the factors that could affect the results of tests to determine these characteristics. It is resented foreign and domestic experimental and theoretical approaches for determination of flashpoint and the ignition of combustible liquids. It is conducted experimental studies to determine the flashpoint and ignition of oil rape, soy and sunflower.

ПОДХОДЫ К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕМПЕРАТУР ВСПЫШКИ И ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

В. В. Федоровский, Р.Б. Веселовский, канд. техн. наук.

Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

температура вспышки, температура воспламенения, тигель, метод определения, экспериментальные исследования.

АННОТАЦИЯ

Проведен сравнительный анализ существующих методов определения температуры вспышки и воспламенения горючих жидкостей. Выявлены факторы, которые могут влиять на результаты испытаний по определению этих характеристик. Представлены зарубежные и отечественные экспериментальные и теоретические подходы к определению температур вспышки и воспламенения горючих жидкостей. Проведены экспериментальные исследования по определению температур вспышки и воспламенения масла рапса, сои и подсолнечника.