

*О.В. Савченко, наук. співр., УЦЗУ,
О.О. Кіреєв, канд. хім. наук, доцент, УЦЗУ*

**ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ
ГЕЛЕУТВОРЮЮЧОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ
ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВОГО СЕКТОРУ**

(представлено д-ром техн. наук Ю.О. Абрамовим)

На основі математичної моделі гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження визначено оптимальний склад ГУС для гасіння об'єктів житлового сектору.

Постановка проблеми. В Україні, пожежі у житловому секторі складають $\approx 80\%$, а кількість загиблих на них більше 90% . Тому розробка та впровадження вогнегасних складів підвищеної ефективності являється актуальною проблемою. Її вирішення можливо при використанні на пожежах у житлових будівлях гелеутворюючих складів (ГУС) [1]. Визначення оптимального складу вогнегасної речовини (ВР) – важливе питання. Загальноприйнятим принципом його вирішення є проведення експериментальних досліджень з визначення його вогнегасної дії при ліквідації модельних осередків пожежі. Недоліком цього підходу є необхідність проведення великого обсягу експериментальних досліджень, які є дуже коштовними.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В роботі [2] для ГУС було використано узагальнений критерій оптимальності, який, у даному випадку, включав в себе охолоджуючу та вогнезахисну дію ГУС. Недоліком цього підходу є те, що вогнезахисна дія гелевих складів була відома лише для деревини, що враховуючи різноманітний склад горючого завантаження, у квартирах не буде коректним. Крім того, не використовується загальноприйнятий критерій оптимальності ВР – час гасіння.

Для оцінки ефективності різних складів ГУС розроблена модель гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження [3, 4].

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є визначення оптимального складу ГУС для гасіння об'єктів житлового фонду на основі розробленої математичної моделі. Для вирішення поставленої задачі були проведені теоретичні розрахунки часу гасіння пожежі постійної площі.

Визначення оптимального складу відбувалось шляхом порівняння розрахованого часу гасіння різними складами при однакових умовах подачі ГУС, постійної кількості та складу ТГМ. Виходячи з наведених в літературі [5, 6] даних, було прийнято наступний склад горючого завантаження в квартирі:

- деревина – 15,7%;
- ДВП – 15,7%;
- ДСП – 15,7%;
- ПВХ – 11,1%;
- хімічне текстильне волокно (лавсан) – 20,9%;
- натуральне текстильне волокно (вовна) – 20,9%.

При однаковому часі гасіння на перше місце виводився склад, який має меншу вартість.

В роботах [2, 7, 8, 9] одержані поліноми вогнезахисної дії ГУС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$ для наведених горючих матеріалів. Сумуванням цих поліномів з урахуванням частки кожного горючого матеріалу, було одержано вираз для середньозваженого часу повторного займання

$$\begin{aligned} \tau_{\text{ср.п.з.}} = & 379,87 \cdot x_1 + 679,49 \cdot x_2 + 154,49 + 735,57 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2x_1 - 1 + x_2) + \\ & + 1022,77 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) - 851,1 \cdot x_2 \cdot x_1 \cdot (x_2 - x_1) + \\ & 3606,65 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2x_1 - 1 + x_2)^2 - 178,57 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - 2x_2)^2 + \\ & + 1766,21 \cdot x_2 \cdot x_1 \cdot (x_2 - x_1)^2 + 5164,98 \cdot x_1^2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + \\ & + 4282,72 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2)^2 + 3581,83 \cdot x_1 \cdot x_2^2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + \\ & + 71,26 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) - 965,72 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot x_2 - 231,63 \cdot x_2 \cdot x_1. \end{aligned} \quad (1)$$

Після аналізу отриманої моделі за допомогою пакету прикладних програм Maple 7 на ПЕОМ було визначено екстремум функції відклику, який склав 844 с при концентрації ГУС $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - 3,8\%$, $\text{CaCl}_2 - 11,4\%$ (рис. 1).

Розраховане значення функції відклику знайденої концентрації порівнювалось зі значенням функції відклику при концентрації запропонованої в роботі [10], яка є оптимальною для гасіння деревини.

Вибір одного з запропонованих гелеутворюючих складів зумовлюється економічною доцільністю. CaCl_2 є багатотоннажним відходом при виробництві соди, що зумовлює його низьку вартість [11]. Відповідно, ГУС з надлишком хлориду кальцію будуть мати меншу вартість. За станом на 01.11.2007 р. вартість за 1 кг сухої речовини склала $\text{CaCl}_2 - 0,89$ грн., $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95\text{SiO}_2 - 1,53$ грн.

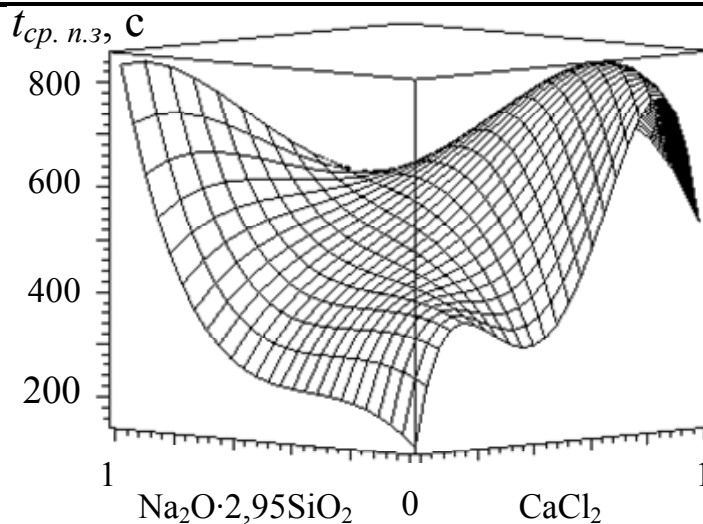


Рисунок 1 – Поверхня відклику середньозваженого часу повторного займання ($t_{cp. n.z.}$) квартири з середньостатистичним горючим завантаженням при його обробці ГУС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - CaCl_2$

Була розрахована вартість запропонованого складу ГУС та складу оптимального для деревини (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення функцій відклику, вартість та склад ГУС

| Гелеутворюючий склад | $Na_2O \cdot 2,95SiO_2$, % | $CaCl_2$, % | \tilde{y} | Вартість 1 тони ГУС, грн. |
|-------------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|---------------------------|
| ГУС, оптимальний для деревини | 12,4 | 3,8 | 555 | 113 |
| Запропонований склад | 3,8 | 11,4 | 844 | 81 |

За допомогою математичної моделі гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження, було проведено математичне порівняння часу гасіння отриманого складу з водою та складом, запропонованого в роботі [10]. Для розрахунків використовувався час вогнезахисної дії встановлений експериментально для кожного матеріалу при наведених концентраціях ГУС. Ліквідація пожежі у житлових будівлях, як правило, починається на стадії розвиненого горіння. В цей час вогнем охоплено практично увесь об'єм приміщення. Тому при розрахунках площа пожежі варіювалась від 100 до 300 м². Коефіцієнт використання ВР в усіх випадках було прийнято рівним 1. Витрату було обрано 1л/с. Слід відзначити, що запропонована модель гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження при заданих припущеннях не дає різниці у часі гасіння між ГУС, які розглядаються, при площах пожежі <100 м².

Розрахунками встановлено, що незважаючи на штучно збільшений коефіцієнт використання води, прийнятий за 1, вже з площі пожежі 4 м² час гасіння водою стає більшим за час гасіння ГУС (в першу чергу в наслідок невеликого часу вогнезахисної дії води на лавсан). Отже, порівнювався сумарний час, необхідний для гасіння пожежі та площа повторного займання після першого нанесення ВР (табл. 2).

Таблиця 2 – Час гасіння та площа повторного займання при використанні різних видів та складів ВР

| Вид та склад ВР | | Площа пожежі, м ² | | | | |
|-------------------------------------|---|------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 |
| ГУС, оптимальний для деревини | Час гасіння, с | 300,7 | 464 | 634,91 | 814,77 | 1005 |
| | Площа повторного займання, м ² | 0,68 | 14,03 | 34,91 | 64,77 | 104,95 |
| Запропонований склад | Час гасіння, с | 300 | 451,7 | 609,5 | 777,37 | 953,5 |
| | Площа повторного займання, м ² | 0 | 1,69 | 9,54 | 27,37 | 53,52 |
| Вода | Час гасіння, с | 388 | 602,3 | 820,8 | 1039,4 | 1258,9 |
| | Площа повторного займання, м ² | 79,16 | 129,16* | 179,16* | 229,2** | 279,2** |

Примітки:

* – гасіння досягається у 2 етапи; ** – гасіння досягається у 3 етапи.

Висновки. Аналіз проведених розрахунків засвідчив: використання запропонованого складу ГУС дозволяє швидше гасити пожежу в житловому секторі, ніж склад, який було запропоновано як оптимальний для деревини. Тому на основі проведеного порівняння зроблено висновок про доцільність використання для гасіння пожеж у житловому секторі ГУС Na₂O·2,95SiO₂ 3,8% – CaCl₂ 11,4%.

Використання гелеутворюючої системи оптимізованого складу дозволить підвищити ефективність пожежогасіння об'єктів житлового сектору при одночасному зменшенні економічних витрат на пожежогасіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Киреев А.А., Жерноклёв К.В., Савченко А.В. Перспективные направления снижения экономического и экологического ущерба при тушении пожаров в жилом секторе // Научный вестник строительства: Зб. наук. праць. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ, АБУ, 2005. – Вип. 31– С. 295–299.

2. Кіреєв О.О., Муравйов С.Д., Бабенко О.В. Використання гелеутворюючих складів для попередження та гасіння пожеж рослинних матеріалів // Тези доповідей науково-практичної конференції “Наглядно-профілактична діяльність в МНС України” – Харків: АЦЗУ, 2004. С. 38 – 39.
3. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Шаршанов А.Я. Модель гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: УГЗУ, 2007. – Вып. 22. – С. 161 – 165.
4. Савченко А.В., Киреев А.А. Адекватність моделі гасіння пожежі постійної площі з урахуванням часу повторного займання, кількісного та якісного складу горючого завантаження // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. УГЗ Украины - Вып. 24 – Харьков: УГЗУ, 2008. – С.155 – 159.
5. Ми Зуи Тхань Горючая загрузка в современных жилых помещениях // Пожаровзрывобезопасность. – 2005. Т. 14, №4 – С. 30-37.
6. Самойлов Д.Б. Управление системой обеспечения пожарной безопасности человека в жилом здании: Дис.. канд.. техн.. наук. – М.: МИПБ МВД РФ, 1999.
7. Савченко О.В., Кіреєв О.О. Тригуб В.В., Жернокльов К.В. Попередження надзвичайних ситуацій при горінні полівінілхлориду // Проблеми надзвичайних ситуацій: Сб. наук. пр. УЦЗ України – Вип. 5 – Харків: УЦЗУ, 2007. – С. 177 – 181.
8. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Альбоций В.М., Данільченко В.А. Дослідження вогнезахисної дії гелевих плівок на матеріалах розповсюджених у житловому секторі // Проблеми пожарной безопасности: Сб. науч. тр. АГЗ Украины - Вып. 19. – Харьков: Фолио, 2006. - С. 127 –131.
9. Савченко О.В., Кіреєв О.О., Луценко Ю.В. Вогнезахисна дія гелеутворюючої системи силікат натрію – хлорид кальцію на вироби з текстилю // Проблеми пожарной безопасности: Сб. науч. тр. УГЗ Украины - Вып. 21 – Харьков: УГЗУ, 2007. – С.228 – 233.
10. Кіреєв О.О., Бабенко О.В. Оптимізація складу гелеутворюючих вогнегасних систем// Проблеми пожарной безопасности: Сб. науч. тр. – Харьков: “Фолио”, 2004. – Вып.15. – С. 103 – 106.
11. Кіреєв О.О., Тарасова Г.В., Тарахно О.В., Савченко О.В. Вогнегасні та вогнезахисні засоби на основі промислових відходів // Сборник материалов 3-й Международной конференции "Сотрудничество для решения проблемы отходов" – Харьков: АО «Фолио», 2006. – С. 141.

nuczu.edu.ua

Стаття надійшла до редакції 10.03.2009 р.