

**УДК 614.84**

*Б.В. Болібрух, д.т.н., доцент, професор каф., НУ «Львівська політехніка»,  
Ю.М. Сенчихін, к.т.н., професор, професор каф., НУЦЗУ,  
С.Л. Куськовець, к.т.н., доцент, НУВГП,  
І.М. Грищина, к.т.н., доцент, заст. нач. каф., НУЦЗУ,  
Ю.С. Безугла, к.т.н., викладач, НУЦЗУ*

**УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ  
СИЛ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ  
НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ У РЕЗЕРВУАРАХ**

(представлено д.т.н. Басмановим О.Є.)

Розроблено та представлено удосконалену, зручну у використанні, методику розрахунку сил і засобів для гасіння пожеж нафти та нафтопродуктів у резервуарах вертикальних сталевих. Запропоновано використання даної методики у довіднику керівника гасіння пожежі

**Ключові слова:** резервуар, нафта та нафтопродукти, охолодження, гасіння, пінна атака, нормативні показники, сили і засоби, оперативні дії.

**Постановка проблеми.** Пожежі у резервуарних парках характеризуються: розривами резервуарів (РВС), закипанням і викидом нафтопродуктів, утворенням у результаті обвалення покрівлі РВС зон, що ускладнюють подачу вогнегасних речовин (ВГР); швидким розвитком і поширенням вогню по технологічних лотках, каналізаційних та інших системах; змінами напрямів потоків продуктів горіння і теплової дії залежно від метеорологічних умов; особливостями горіння залежно від фізико-хімічних властивостей горючих речовин [1]. В таких умовах, на керівника гасіння пожежі (КГП) покладається значна роль у визначенні потрібної кількості сил і засобів (СіЗ) для здійснення оперативної роботи в умовах, що визначає обстановка. При цьому, однією із проблем є те, що існуючі методики розрахунку СіЗ не відповідають сучасним вимогам, які визначають діяльність КГП на пожежах у резервуарних парках.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У [2–5] порядок визначення нормативних показників, а в цілому сил і засобів ґрунтується на особистому досвіді КГП та об'явленням номеру виклику, за яким прибуває визначена кількість відділень на основних пожежно-рятувальних автомобілях (ПРА) та спеціальних підрозділів без врахування умов та обстановки на пожежі. Представлений у [6–8] порядок визначення СіЗ для гасіння пожеж у резервуарах з нафтою та нафтопродуктами базується на підставі норм виконання оперативних дій за умов на пожежі, достатньо розкриває порядок їх обґрунтування, але в цілому не дає можливість, як завчасно так і оперативно, в умовах здійснення оперативних дій розрахувати потрібну кількість СіЗ для виконання оперативних дій під час гасіння пожеж в умовах і обстановці, що характеризують особливості розвитку пожеж у РВС. До того ж, методики мають протиріччя, що призводить до визначення необґрунтованих показників.

**Постановка завдання та його вирішення.** На підставі технічного завдання на НДР (державний реєстраційний № 0114U002477) «Провести дослідження та розробити довідник керівника гасіння пожежі» одним з очікуваних результатів є методика розрахунку сил і засобів для гасіння пожеж нафти та нафтопродуктів у резервуарах».

Враховуючи досвід гасіння пожеж на різноманітних об'єктах, умов і обстановки на пожежах, експериментальних та теоретичних досліджень [8, 9], тактико-технічних характеристик пожежно-рятувальної техніки та обладнання пропонується удосконалена аналітична методика розрахунку СіЗ.

Однією з умов здійснення розрахунку СіЗ, є вибір вихідних даних для розрахунку, який включає: встановлення розрахункового параметру гасіння пожежі залежно від умов та обстановки; вибір ВГР, способів і засобів подавання ВГР та показників їх роботи [10].

Вихідними даними розрахунку СіЗ для гасіння пожеж нафти та нафтопродуктів у РВС будуть наступні:

1. За розрахунковий параметр гасіння пожежі приймають площу поверхні дзеркала горючої рідини, що горить у РВС, за розрахунковий параметр охолодження РВС що горить та сусідніх приймають периметр РВС який визначають за геометричними розмірами РВС.

2. Охолодження РВС, як правило здійснюють потужними струменями води, що подаються ручними стволами «А», стволами «А» зі звернутими сприсками або лафетними стволами з інтенсивністю подавання води на охолодження РВС. Інтенсивність подавання ВГР та показники витрати стволів визначають за табличними даними.

3. Гасіння пожеж у РВС, здійснюють повітряно-механічною піною (ПМП) середньої і низької кратності, що подається за допомогою стволів-генераторів піни (ГПС). Інтенсивність подавання робочого розчину піноутворювача (ПУ) для гасіння пожеж у РВС залежно від їх об'єму та показники витрати ГПС за їх характеристикою визначаються за табличними даними.

4. Розрахункову тривалість подавання піни рекомендується приймати не менше за вказану в табличних даних.

5. Запас ПУ потрібний для забезпечення подавання піни протягом розрахункового часу повинен бути не менше 3-х кратного.

6. У разі гасіння ПМП середньої кратності, генерованою з робочих розчинів ПУ загального або спеціального призначення, а також у разі гасіння ПМП низької кратності, генерованою з робочих розчинів ПУ спеціального призначення, якщо далекобійність пінних струменів недостатня, для подавання ПМП до РВС використовують АКП-50, АКП-30, АД-45, АД-30 тощо.

Розрахунок СіЗ для гасіння пожеж у РВС з нафтою та нафтопродуктами пропонується здійснювати за методикою, у ході якої визначають наступні показники у відповідній послідовності:

1. Кількість стволів для охолодження РВС, що горить (як правило, ручних стволів «А» або лафетних):

$$N_{\text{ств}}^{\text{п.г.}} = \frac{P_{\text{п.г.}} I_{\text{п}}^{\text{п.г.}}}{Q_{\text{ств}}}, \quad (1)$$

де  $N_{\text{ств}}^{\text{п.г.}}$  – потрібна кількість стволів «А» або лафетних для охолодження РВС, що горить, але не менше трьох, шт;  $P_{\text{п.г.}}$  – периметр РВС, що горить, м;  $I_{\text{п}}^{\text{п.г.}}$  – інтенсивність подавання води на охолодження РВС, що горить, л/(м·с);  $Q_{\text{ств}}$  – витрата ствола «А» або лафетного, л/с.

Для охолодження РВС, що горить, перші стволи необхідно подавати на навітряну і підвітряну ділянки стінки РВС. Охолодження РВС об'ємом 5000 м<sup>3</sup> і більше необхідно здійснювати лафетними стволами.

2. Кількість стволів для охолодження сусідніх РВС з тим, що горить:

$$N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}} = \left( \frac{0,5P_{\text{п.с.}} I_{\text{п}}^{\text{п.с.}}}{Q_{\text{ств}}} \right) n_{\text{рез}}, \quad (2)$$

де  $N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}}$  – потрібна кількість стволів «А» або лафетних для охолодження сусідніх РВС, шт;  $n_{\text{рез}}$  – кількість сусідніх РВС однакового діаметра, які знаходяться на відстані, що не перевищує двох діаметрів РВС, що горить, шт;  $N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}}$  – потрібна кількість стволів «А» або лафетних для охолодження сусіднього РВС, але не менше двох, шт;  $P_{\text{п.с.}}$  – периметр сусіднього РВС, м;  $I_{\text{п}}^{\text{п.с.}}$  – інтенсивність подавання води на охолодження сусіднього РВС, л/(м·с);  $Q_{\text{ств}}$  – витрата ствола «А» або лафетного, л/с.

Охолодження сусідніх РВС необхідно починати з того, який знаходиться з підвітряного боку від РВС, що горить.

Якщо сусідні РВС різні за геометричними характеристиками (різні за діаметром), то кількість стволів на охолодження визначають на кожний РВС окремо.

Передбачають водяні стволи що забезпечують захист особового складу на оперативних позиціях та захист ПРА, які беруть безпосередню участь у гасінні пожежі (АПП, АД та АКП). У розрахунках передбачають чотири – п'ять стволів «А» за умов безпеки праці ( $N_{\text{ств}}^{\text{б.п.}}$ ) в одній групі ( $n_{\text{гр}}^{\text{б.п.}}$ ) на один РВС, що горить, де  $N_{\text{ств}}^{\text{б.п.}}$  – потрібна кількість стволів для захисних дій, шт;  $n_{\text{гр}}^{\text{б.п.}}$  – кількість груп, що забезпечують безпеку праці під час гасіння пожежі, шт.

3. Загальну витрату води на охолодження та захист:

$$Q_{\text{води}}^{\text{охол}} = N_{\text{ств}}^{\text{п.г.}} Q_{\text{ств}} + N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}} Q_{\text{ств}} + N_{\text{ств}}^{\text{б.п.}} Q_{\text{ств}}, \quad (3)$$

де  $Q_{\text{води}}^{\text{охол}}$  – загальна витрата на охолодження РВС, що горять, сусідніх) та

здійснення захисних дій, л/с;  $N_{\text{СТВ}}^{\text{р.г.}}$ ,  $N_{\text{СТВ}}^{\text{р.с.}}$ ,  $N_{\text{СТВ}}^{\text{б.п.}}$  – потрібна кількість стволів "А" або лафетних для охолодження РВС, що горять, сусідніх та захисних дій, шт;  $Q_{\text{СТВ}}$  – витрата ствола "А" або лафетного, л/с.

4. Кількість ПРА загального призначення потрібних для роботи стволів з охолодження РВС та захисних дій:

$$N_{\text{АЦ}}^{\text{заг}} = \frac{N_{\text{СТВ}}^{\text{р.г.}}}{N_{\text{СТВ}}^{\text{сх}}} + \frac{N_{\text{СТВ}}^{\text{р.с.}}}{N_{\text{СТВ}}^{\text{сх}}} + \frac{N_{\text{СТВ}}^{\text{б.п.}}}{N_{\text{СТВ}}^{\text{сх}}}, \quad (4)$$

де  $N_{\text{АЦ}}^{\text{заг}}$  – загальна потрібна кількість ПРА (АЦ) для охолодження РВС та захисних дій, шт;  $N_{\text{СТВ}}^{\text{р.г.}}$ ,  $N_{\text{СТВ}}^{\text{р.с.}}$ ,  $N_{\text{СТВ}}^{\text{б.п.}}$  – потрібна кількість стволів "А" або лафетних для охолодження РВС, що горять, сусідніх та захисних дій, шт;  $N_{\text{СТВ}}^{\text{сх}}$  – кількість стволів "А" або лафетних, згідно схеми оперативного розгортання від одного ПРА, шт.

5. Кількість ГПС (генераторів піни середньої кратності), лафетних або СПП (стволів повітряно-пінних) для гасіння РВС:

$$N_{\text{ГПС(СПП)}} = \frac{S_{\text{рез}} I_s}{Q_{\text{ГПС(СПП)}}}, \quad (5)$$

де  $N_{\text{ГПС(СПП)}}$  – потрібна кількість ГПС–600, ГПС–2000, ПУРГА, лафетних або СПП, шт;  $S_{\text{рез}}$  – площа поверхні рідини в РВС, що горить, м<sup>2</sup>;  $I_s$  – інтенсивність подавання робочого розчину ПУ на гасіння пожежі в РВС, л/(м<sup>2</sup>·с);  $Q_{\text{ГПС(СПП)}}$  – витрати одного ГПС, лафетного чи СПП за розчином ПУ, л/с.

6. Запас піноутворювача для гасіння пожежі:

$$V_{\text{ПУ}} = N_{\text{ГПС(СПП)}} Q_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{пу}} 60 \tau_{\text{гас}} K_3, \quad (6)$$

де  $V_{\text{ПУ}}$  – потрібний запас ПУ, л;  $N_{\text{ГПС(СПП)}}$  – кількість ГПС, лафетних або СПП для гасіння РВС, шт;  $Q_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{пу}}$  – витрата одного ствола-генератора піни за ПУ, л/с;  $\tau_{\text{гас}}$  – розрахунковий час подавання піни на гасіння РВС, хв;  $K_3$  – коефіцієнт запасу ПУ ( $K_3 = 3$ ).

7. Кількість пожежних автопідіймачів (АКП) для подавання стволів-генераторів піни:

$$N_{\text{АКП}} = \frac{N_{\text{ГПС(СПП)}}}{n_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{сх}}}, \quad (7)$$

де  $N_{\text{АКП}}$  – потрібна кількість АКП на яких встановлено гребінки для

ГПС, СПП тощо, шт;  $N_{\text{ГПС(СПП)}}$  – кількість ГПС, лафетних стволів, СПП, шт;  $n_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{сх}}$  – кількість стволів-генераторів піни певного типу, яку здатний подати один АКП.

8. Кількість пожежних автомобілів пінного гасіння (АПГ):

$$N_{\text{АПГ}} = \frac{V_{\text{ПУ}}}{V_{\text{Ц}}}, \quad (8)$$

де  $N_{\text{АПГ}}$  – потрібна кількість АПГ, шт;  $V_{\text{ПУ}}$  – необхідний запас ПУ, л;  $V_{\text{Ц}}$  – місткість цистерни для ПУ на АПГ, л.

9. Витрату води на гасіння, для забезпечення пінної атаки:

$$Q_{\text{води}}^{\text{гас}} = N_{\text{ГПС(СПП)}} Q_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{води}}, \quad (9)$$

де  $Q_{\text{води}}^{\text{гас}}$  – загальна витрата води на гасіння для роботи усіх ГПС або стволів лафетних з пінними насадками та СПП, л/с;  $N_{\text{ГПС(СПП)}}$  – кількість ГПС, лафетних або СПП, шт;  $Q_{\text{ГПС(СПП)}}^{\text{води}}$  – витрата води одним пінним стволом-генератором піни, л/с.

10. Можливу відстань установки пожежно-рятувального автомобіля який подає піну:

$$L_{\text{гр}}^{\text{місц}} = \frac{16,7(H_{\text{н}} - H_{\text{ГПС(СПП)}} \pm Z_{\text{ГПС(СПП)}})}{S_{\text{рук}} Q^2}, \quad (10)$$

де  $L_{\text{гр}}^{\text{місц}}$  – гранична відстань установки ПРА, м;  $H_{\text{н}}$  – максимальний робочий напір на насосі ПРА, приймають у межах 90...100 м вод. ст.;  $H_{\text{ГПС(СПП)}}$  – напір перед стволом-генератором піни, приймають 60...80 м вод. ст.;  $Z_{\text{ГПС(СПП)}}$  – висота, на якій працює ствол-генератор піни, м;  $S_{\text{рук}} Q^2$  – втрата напору в одному напірному рукаві, м вод. ст.; 16,7 – показник відстані на місцевості під час прокладання одного пожежного рукава довжиною 20 м,  $(20 / 1,2 = 16,7)$ .

У разі використання усіх типів пінопідіймачів необхідно визначати максимально можливу відстань ( $L_{\text{гр}}^{\text{місц}}$ ) для отримання якісної піни. Напір на насосі ПРА не повинен перевищувати значення робочого напору, а якщо вимагається більше, то необхідно організувати перекачування.

11. Кількість особового складу (ОС) для здійснення оперативних дій виходячи з прийнятих схем подавання ВГР та обсягу інших робіт на пожежі:

$$N_{\text{ос.скл}}^{\text{заг}} = N_{\text{ств}}^{\text{п.г.}} n_{\text{о.с.}} + N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}} n_{\text{о.с.}} + N_{\text{ств}}^{\text{б.п.}} n_{\text{о.с.}} + N_{\text{ГПС}}^{\text{з.обв.}} n_{\text{о.с.}} + N_{\text{АЦ}} n_{\text{о.с.}} + N_{\text{зв}} + \dots, \quad (11)$$

де  $N_{\text{ос.скл}}^{\text{заг}}$  – загальна кількість ОС, осіб;  $n_{\text{о.с.}}$  – нормативна кількість ОС для роботи зі стволами, що подаються на охолодження РВС, що горить ( $N_{\text{ств}}^{\text{п.г.}}$ ), сусідніх РВС ( $N_{\text{ств}}^{\text{п.с.}}$ ), захисту ОС та техніки ( $N_{\text{ств}}^{\text{б.п.}}$ ), роботи з ГПС, що подаються на гасіння пожежі на обвалуванні ( $N_{\text{ГПС}}^{\text{з.обв.}}$ ), роботи з прокладання рукавних ліній і на розгалуженнях від АЦ, що подають воду та піну ( $N_{\text{АЦ}}$ ), забезпечення зв'язку ( $N_{\text{зв}}$ ) – кількість зв'язкових для КГП, НТ, НОД тощо.

12. Кількість відділень для виконання усіх робіт (оперативних дій) на пожежі:

$$N_{\text{від}}^{\text{заг}} = \frac{N_{\text{ос.скл}}^{\text{заг}}}{4} + N_{\text{АКП}} + N_{\text{АПГ}}, \quad (12)$$

де  $N_{\text{від}}^{\text{заг}}$  – загальна кількість відділень на основних та спеціальних ПРА, шт;  $N_{\text{ос.скл}}^{\text{заг}}$ ,  $N_{\text{АКП}}$ ,  $N_{\text{АПГ}}$  – кількісні показники, що визначаються за формулами (11), (7), (8) відповідно, шт; 4 – середня кількість ОС в одному відділенні на АЦ.

Для здійснення оперативних дій передбачають виклик підрозділів на ПРА загального та спеціального призначення. Застосування та кількість підрозділів на пожежних насосних станціях (ПНС) та автомобілях рукавних (АР) залежить від тактичних можливостей гарнізону.

13. Кількість допоміжної техніки визначається залежно від виду та обсягу допоміжних робіт.

У ході здійснення розрахунку, поетапно викреслюється можлива обстановка пожежі та розташування СіЗ згідно розрахунку, що проводиться.

**Висновки.** В цілому розрахунок СіЗ для гасіння пожеж на нафти та нафтопродуктів у РВС відповідає загальній методиці [2-7], особливість розрахунку полягає у визначенні нормативних показників кількості СіЗ, необхідних для виконання окремих етапів гасіння нафти та нафтопродуктів у резервуарних парках (охолодження, захист, пінна атака), а також видів робіт, які потребують визначення допустимого часу роботи особового складу у небезпечній зоні та кількості змін особового складу, цільової та спеціальної пожежної техніки, спеціальних ВГР потрібних для ліквідації пожежі.

Ці показники дають можливість КГП обґрунтовано та оперативно визначити потрібну кількість СіЗ пожежно-рятувальних підрозділів для прогнозування та здійснення оперативних дій на різноманітних етапах.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов / А.Ф. Шароварников и др. Москва, 2002. 448 с.

2. Сировой В.В., Сенчихін Ю.М., Лісняк А.А., Дерев'яно І.Г. Основи тактики гасіння пожеж. Харків, 2015. 216 с. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/377>

3. Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовой А.С., Сенчихін Ю.М., Сировий В.В. Пожежна тактика. Харків, 1998. 592 с. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/1192>

4. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. Москва, 1987. 287 с.

5. Дендаренко Ю.Ю. Особенности тушения пожаров в резервуарах вертикальных стальных // Проблемы пожарной безопасности. 1999. Вып. 5. С. 80-82.

6. Сировий В.В., Сенчихін Ю.М., Ушаков Л.В., Бабенко О.В. Аналітичні розрахунки для обґрунтування оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів. Харків, 2010. 262 с. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/4008>

7. Голендер В.А., Сенчихін Ю.М., Сировой В.В., Дендаренко Ю.Ю. Про сучасний підхід до вирішення завдань пожежної тактики // Коммунальное хозяйство городов. 1998. Вып. 15. С. 142-145.

8. НАПБ 05.035-2004. Інструкція щодо гасіння пожеж у резервуарах із нафтою та нафтопродуктами. Київ, 2004. 77 с.

9. Пожежна безпека як складова техногенної безпеки резервуарних парків складів нафти та нафтопродуктів / М.А. Касьянов та ін. Луганськ, 2006. 144 с.

10. Сенчихін Ю. М., Сировой В. В., Росоха С. В. Обґрунтування вибору вихідних даних розрахунку сил та засобів для гасіння пожеж // Проблемы пожарной безопасности. 2014. Вып. 36. С. 224-230. – Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/880>

*Отримано редколегією 11.10.2019*

Б.В. Болибрух, Ю.Н. Сенчихин, С.Л. Кусковец, И.Н. Грицина

#### **Усовершенствованная методика расчета сил и средств для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах**

Разработано и представлено усовершенствованную, удобную в использовании, методику расчета сил и средств для тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах вертикальных стальных. Предложено использование данной методики в справочнике руководителя тушения пожара.

**Ключевые слова:** резервуар, нефть и нефтепродукты, охлаждение, тушение пожара, пенная атака, нормативные показатели, силы и средства, оперативные действия.

B. Bolibrukh, Y. Senchykhin, S. Kuskovets, I. Hrytsyna

#### **Improved methodology for calculating forces and means for extinguishing oil and oil fires in tanks**

An improved, easy-to-use, methodology for calculating forces and means for fighting fires of oil and oil products in vertical steel tanks was developed and presented. The use of this technique in the directory of a fire extinguishing manager is proposed.

**Keywords:** reservoir, oil and petroleum products, cooling, extinguishing, foam attack, regulatory indicators, forces and means, operative actions.