

УДК 614.843 (075.32)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.010920.39.652

ГАРАНТУВАННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ НА ВІДКРИТИХ СКЛАДАХ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ

ГУЛИДА Є. М.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ШАРИЙ В. В.²

^{1*} Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35, 79007, Львів, Україна, тел. +38 (067) 270-50-93, e-mail: vollost@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2184

Анотація. Постановка проблеми. У сфері пожежної безпеки користуються терміном «пожежний ризик», тобто це міра можливості реалізації пожежної небезпеки об'єктів захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Гарантування пожежної безпеки об'єктів захисту складається з визначення, аналізу та оцінювання пожежного ризику, що дозволяє розробляти і впроваджувати відповідні заходи для його зменшення до прийняттого значення. Найбільш небезпечні пожежі на відкритих складах виробничих об'єктів. Вони в більшості випадків у разі невчасного їх виявлення встигають розповсюдитись на значні площі і завдати великих матеріальних збитків. У більшості випадків протипожежний захист на відкритих складах виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику практично не виконується. Тому дослідження питання гарантування пожежної безпеки на цих об'єктах з урахуванням пожежного ризику і застосування автоматичної пожежної сигналізації та системи сповіщення про пожежу – актуальне завдання. **Мета дослідження** – розробити методологію гарантування пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику і використанням автоматичної пожежної сигналізації та сповіщення. Поставлено і розв'язано задачу з визначення площі обслуговування пожежними сповіщувачами та сповіщувачами на відкритих складах виробничих об'єктів. Крім того, отримано залежності для визначення складових пожежного ризику. Розглянуто приклад визначення пожежного ризику для відкритого складу лісоматеріалів. Результати розрахунків, які виконувалися для наведеного прикладу, підтвердили достовірність розробленої методології забезпечення пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів. **Висновки та конкретні пропозиції.** 1. Розроблено методологію гарантування пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику і тим самим забезпечення недопустимості тяжких наслідків від пожежі для працівників складу. 2. Наведений комплекс протипожежних засобів і систем забезпечує допустимий пожежний ризик для об'єкта захисту протягом майже 10 років їх експлуатації. Тому облаштування відкритих складів такими протипожежними засобами і системами обов'язкове. 3. Розроблені залежності для визначення складових пожежного ризику базувалися на основних положеннях теорії надійності і показали високу надійність та адекватність дійсним значенням, які розглядалися в прикладі.

Ключові слова: відкриті виробничо-складські об'єкти; пожежа; пожежний ризик; протипожежні засоби; протипожежний захист

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОТКРЫТЫХ СКЛАДАХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

ГУЛИДА Е. М.^{1*}, докт. техн. наук, проф.,
ШАРИЙ В. В.²

^{1*} Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская, 35, 79007, Львов, Украина, тел. +38 (067) 270-50-93, e-mail: vollost@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2184

Аннотация. Постановка проблемы. В сфере пожарной безопасности пользуются термином «пожарный риск», то есть это мера возможности реализации пожарной опасности объектов защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей. Обеспечение пожарной безопасности объектов защиты состоит из

определения, анализа и оценки пожарного риска и позволяет разрабатывать и внедрять соответствующие меры для его уменьшения до приемлемого значения. Наиболее опасными являются пожары на открытых складах производственных объектов. Такие пожары в большинстве случаев при несвоевременном их обнаружении успевают распространиться на значительные площади и нанести соответствующие материальные убытки. В большинстве случаев противопожарная защита на открытых складах производственных объектов с учетом пожарного риска практически не выполняется. Поэтому исследование вопроса обеспечения пожарной безопасности на этих объектах с учетом пожарного риска и применения автоматической пожарной сигнализации и системы оповещения о пожаре является актуальной задачей. **Цель исследования** – разработать методологию обеспечения пожарной безопасности для открытых складов производственных объектов с учетом пожарного риска и использованием автоматической пожарной сигнализации и оповещения. Поставлена и решена задача по определению площади обслуживания пожарными извещателями и извещателями на открытых складах производственных объектов. Кроме того, получены зависимости для определения составляющих пожарного риска. Рассмотрен пример определения пожарного риска для открытого склада лесоматериалов. Результаты расчетов, выполненных для приведенного примера, подтвердили достоверность разработанной методологии обеспечения пожарной безопасности для открытых складов производственных объектов. **Выводы и конкретные предложения.** 1. Разработана методология обеспечения пожарной безопасности для открытых складов производственных объектов с учетом пожарного риска и тем самым обеспечения недопустимости тяжелых последствий пожара для работающих склада. 2. Приведенный комплекс противопожарных средств и систем обеспечивает допустимый пожарный риск для объекта защиты в течение почти 10 лет их эксплуатации. Поэтому обустройство открытых складов такими противопожарными средствами и системами обязательно. 3. Разработанные зависимости для определения составляющих пожарного риска базировались на основных положениях теории надежности и показали высокую надежность и адекватность реальным значениям, рассмотренным в примере.

Ключевые слова: *открытые производственно-складские объекты; пожар; пожарный риск; противопожарные средства; противопожарная защита*

PROVIDING FIRE SAFETY IN OPEN WAREHOUSES OF PRODUCTION FACILITIES

GULIDA Yev.M.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,
SHARYY V.V.²

¹ Department of Fire Tactics and Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska St., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (067) 371-96-58, e-mail: gulida24@meta.ua, ORCID ID: 0000-0002-3881-7206

² Department of Fire Tactics and Rescue, Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska St., 79007, Lviv, Ukraine, tel. +38 (067) 270-50-93, e-mail: vollost@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8746-2184

Abstract. Problem statement. In the field of fire safety, the term "fire risk" is used, ie it is a measure of fire danger potential of protection objects and its consequences for people and material values. Safeguarding the fire safety of security objects consists of identifying, analyzing and evaluating fire risk, which allows the development and implementation of appropriate measures to reduce it to an acceptable level. The most dangerous fires are fires in open warehouses of production facilities. In most cases, such fires, if not detected earlier, have time to spread over large areas and cause material damage. In most cases, fire protection in the open warehouses of production facilities, taking into account the fire risk, is practically non-existent. Therefore, investigating the issue of fire safety at these sites, taking into account the fire risk and the use of automatic fire alarms and fire alarm systems, is an urgent and timely task. **Purpose of the article.** To develop a methodology for providing fire safety for open warehouses of manufacturing facilities, taking into account fire risk and using automatic fire alarms and alerts. **Problem and its solution.** The task to determine service area for fire detectors and detectors in open warehouses of production facilities was set and solved. In addition, dependencies were obtained to determine the components of fire risk. An example of determining fire risk for open timber composition was considered. The results of the calculations performed for the above example confirmed the reliability of the developed methodology of ensuring fire safety for open warehouses of production facilities. **Conclusion.** 1. A methodology for ensuring fire safety for open warehouses of production facilities was developed, taking into account the fire risk and thereby ensuring the inadmissibility of serious consequences from the fire for the working warehouse. 2. The following set of fire protection systems and systems provides acceptable fire risk for the object of protection for up to 10 years of their operation. Therefore, the arrangement of open warehouses with such fire-fighting equipment and systems is mandatory. 3. The dependencies developed to determine the components of fire risk were based on the basic principles of the theory of reliability and showed high reliability and adequacy with the true values considered in the example.

Keywords: *open production facilities; fire; fire risk; fire fighting; fire protection*

Постановка проблеми. У сфері пожежної безпеки користуються терміном «пожежний ризик», тобто це – міра можливості реалізації пожежної небезпеки об'єктів захисту та її наслідків для людей і матеріальних цінностей. Гарантування пожежної безпеки об'єктів захисту складається з визначення, аналізу та оцінювання пожежного ризику, що дозволяє розробляти і впроваджувати відповідні заходи для його зменшення до прийняттого значення.

Найбільш небезпечні пожежі – пожежі на відкритих складах виробничих об'єктів. Вони в більшості випадків у разі невчасного їх виявлення встигають розповсюдитись на значні площі і завдати великих відповідних матеріальних збитків. Крім того, для їх ліквідації залучається велика кількість сил і засобів пожежнорятувальних підрозділів та відповідних служб підприємств.

Наприклад, за даними праці [1], для пожеж на відкритих складах лісоматеріалів властиве розкидання іскор і головешок, що горять, у радіусі до 300 м, а за штормової швидкості вітру – в радіусі понад 1 000 м. У таких умовах пожежа поширюється на територію виробництва та спричиняє її виникнення на відкритій місцевості. Особливо часті такі випадки за відсутності на території відкритого складу автоматичної пожежної сигналізації, що суттєво ускладнює, а в деяких випадках унеможливує виявлення пожежі на початковій стадії. У разі відсутності системи оповіщення значно збільшується тривалість вільного розвитку пожежі.

У більшості випадків протипожежний захист на відкритих складах виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику практично не виконується. Тому дослідження питання забезпечення пожежної безпеки на цих об'єктах з урахуванням пожежного ризику і застосування автоматичної пожежної сигналізації та системи оповіщення про пожежу постає актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я і Постанови Кабінету Міністрів України від

29 лютого 2012 р. № 306, пожежні ризики класифікують так: 1) незначний ризик $\varepsilon \leq 10^{-6}$; 2) середній ризик $\varepsilon = 10^{-6} \dots 5 \cdot 10^{-5}$; 3) високий (терпимий) ризик $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-5} \dots 5 \cdot 10^{-4}$; 4) неприйнятний ризик $\varepsilon > 5 \cdot 10^{-4}$.

Забезпеченню пожежної безпеки на складах присвячена праця О. Б. Андрусейко і Ю. І. Грицюка [2]. В ній розглянуто причини виникнення та розповсюдження пожеж, наведено особливості організації процесу їх гасіння. Ю. Полярин [3] у своїй статті викликає вимоги до встановлення автоматичних пожежних сповіщувачів, їх вибору залежно від призначення складу. А. А. Лісняк та І. Г. Дерев'яно [4] в своїй публікації наводять розрахунки потрібних витрат води для підвищення якості гасіння пожеж на відкритих складах. Досліджуючи причини та наслідки пожеж на складах бавовни, Wenhui Ju [5] зазначає, що відсутність систем автоматичної пожежної сигналізації спричинило поширення вогню на значні площі і великі матеріальні втрати.

Для забезпечення допустимого значення пожежного ризику на відкритих складах розробляються заходи гарантування в них пожежної безпеки, тобто стоїть завдання обладнання їх системою протипожежних засобів. До таких засобів відносять:

- прилад приймально-контрольний пожежний (ППКП);
- пожежні сповіщувачі;
- звукові пожежні сповіщувачі.

Прилад приймально-контрольний пожежний (ППКП). Згідно з ДБН В.2.5-56:2014 [6], ППКП – це складова частина системи пожежної сигналізації, яка призначена для електричного живлення компонентів системи, приймання та оброблення інформації від пожежних сповіщувачів, формування і передавання на інші виконавчі пристрої сигналів про виявлення ознак горіння. ППКП, на якому відображається світлова і звукова сигналізація, згідно з вимогами ДСТУ EN 54-2 розміщується в пункті пожежного спостереження. Цей пункт, з якого у будь-який момент після одержання сигналу пожежної тривоги можна ініціювати

необхідні заходи протипожежного захисту або пожежогасіння, розміщується в межах відкритого складу виробничого об'єкта. Система пожежної сигналізації на базі ППКП «Тірас-16.128П» дозволяє реалізувати пожежну безпеку середніх та великих об'єктів ємністю від 16 до 240 зон та до 32 напрямів пожежогасіння [7].

Час напрацювання на відмову T_B ППКП згідно з ДСТУ EN 54-2:2003 дорівнює 87 600 год., що відповідає інтенсивності відмов $\lambda_{n.k.n} = 1,14 \cdot 10^{-5}$ год⁻¹.

Пожежні сповіщувачі – це елементи системи пожежної сигналізації, призначені для виявлення пожежі за її первинними ознаками і надання про неї інформації, можливої для подальшої передачі. На сучасному етапі найбільше поширення отримали комбіновані автоматичні сповіщувачі, які реагують на декілька ознак пожежі. Крім цього, такі сповіщувачі повинні бути адресованими, що передбачається можливість установа для кожного з них індивідуального коду (адреси), яка передається на ППКП і дозволяє судити про стан середовища та власну працездатність сповіщувача.

Звукові пожежні сповіщувачі генерують звукові сигнали попередження про пожежу при подачі на них сигналу управління. Найбільш поширена модель пожежного сповіщувача – сповіщувач «Сирена» С-03-12. Рівень звукового тиску на відстані 1 м не менше 95 дБ. Згідно з ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.4 час напрацювання сповіщувача на відмову $T_B = 100$ год, а інтенсивність відмови $\lambda_{n.o} = 10^{-2}$ год⁻¹.

Результати аналізу праць із сучасного стану пожежної безпеки на відкритих складах виробничих об'єктів показують, що досі відсутні нормативні вимоги щодо їх облаштування пожежною сигналізацією та системою мовного сповіщення. Тому ставиться завдання розробити заходи для забезпечення протипожежної безпеки на складах виробничих об'єктів.

Мета дослідження – розробити методологію гарантування пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику і

використанням автоматичної пожежної сигналізації і сповіщення.

Постановка задачі та її розв'язання. Згідно з рекомендаціями будівельних норм і правил (СНиП 21-03-2003) для відкритих складів (п. 11.2), ручні пожежні сповіщувачі необхідно встановлювати по протипожежних розривах на негорючих опорах на висоті 1,35 м від землі. Але в цих нормах і правилах не вказується площа, яка обслуговується одним пожежним сповіщувачем. Наприклад, площа, яку контролює один пожежний сповіщувач в закритому приміщенні, згідно з ДБН В.2.5-56:2014 п. 7.2.11 [8] $S_{n.c}$ дорівнює 49 м².

Беручи за основу рекомендації [6] та будівельних норм і правил, а також результати аналізу практичних даних, приймаємо площу обслуговування одним пожежним сповіщувачем для відкритих складів виробничих об'єктів, яка не повинна перевищувати $S_{n.c} = 300$ м².

Аналогічно розглянемо площу обслуговування одним пожежним сповіщувачем. Враховуючи рекомендації ДСТУ EN 54-3:2003 п. 4.6.2, в яких вказується, що площа, яку обслуговує один сповіщувач у закритому приміщенні $S_{n.o} = 72$ м², приймаємо виходячи з існуючих практичних результатів аналізу для відкритих складів виробничих об'єктів площу обслуговування у сорок разів більшу, тобто не більше $S_{n.o} = 2 880$ м². Крім цього, пожежні сповіщувачі розміщуємо з рівномірним кроком по периметру відкритого складу або його кварталів.

Забезпечення пожежного ризику для відкритих складів виробничих об'єктів будемо виконувати на основі того, що на таких складах згідно зі штатним розкладом в одну зміну працює не більше 10 чоловік. Склад працює в дві зміни. Тому будемо використовувати залежність для визначення індивідуального пожежного ризику $\varepsilon_{o.z}$ для об'єкта захисту [8; 9]:

$$\varepsilon_{o.z} = \varepsilon_n P_l \varepsilon_{n.k.n} \varepsilon_{n.c} \varepsilon_{n.o} (1 - P_e) K_{c.n.z} \leq [\varepsilon_{o.z}], \quad (1)$$

де ε_n – ризик виникнення пожежі на складі протягом року (розраховується на підставі статистичних даних для розглядуваного складу; у випадку відсутності статистичних

даних допускається приймати $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$ [10]); P_n – імовірність присутності людей в приміщенні диспетчерської служби складу:

$$P_n = \frac{\tau_n}{24}; \quad (2)$$

де τ_n – час присутності людей на складі, год. (на складських об'єктах роботи виконуються у дві зміни, тобто $\tau_n = 16$ год); $\varepsilon_{n.k.n}$ – ризик відмови приймально-контрольного приладу пожежної сигналізації; $\varepsilon_{n.c}$ – ризик відмови ручного пожежного сповіщувача; $\varepsilon_{n.o}$ – ризик відмови звукового пожежного сповіщувача; $K_{c.n.z}$ – коефіцієнт, який враховує необхідну кількість систем протипожежного захисту для виробничо-складських об'єктів промислових підприємств:

$$K_{c.n.z} = \prod_{i=1}^3 \frac{N_i}{N_{i,d}}, \quad (3)$$

де N_i , $N_{i,d}$ – відповідно необхідна та дійсна кількість систем протипожежного захисту для виробничо-складських об'єктів промислових підприємств (у разі відсутності на об'єкті дійсної кількості відповідної системи протипожежного захисту, наприклад, пожежних сповіщувачів, або інших систем, це співвідношення приймають таким, що дорівнює 1 (одиниці)): P_e – імовірність евакуювання персоналу із складу у випадку виникнення пожежі:

$$P_e = 1 - (1 - P_{e,n}), \quad (4)$$

де $P_{e,n}$ – імовірність евакуації людей, які перебувають у приміщенні диспетчерського пункту складу, по евакуаційних шляхах за реалізації сценарію пожежі.

Імовірність евакуації людей $P_{e,n}$ по евакуаційних шляхах визначають за залежністю:

$$P_{e,n} = \frac{0,8 \tau_k - \tau_e}{\tau_{n,e}}, \quad (5)$$

де τ_k – критичний час пожежі, хв; (критичний час пожежі визначають з урахуванням небезпечних факторів пожежі, але, як показують результати аналізу даних статистики пожеж у закритих і

напівзакритих виробничо-складських об'єктах, його значення коливається в межах 5...10 хв); τ_e – час евакуації, хв; $\tau_{n,e}$ – час від початку пожежі до початку евакуації, хв (за наявності системи сповіщення про пожежу $\tau_{n,e} = 2...4$ хв); $[\varepsilon_{o.z}] = 10^{-6}$ – допустиме нормативне значення індивідуального пожежного ризику для об'єкта.

Для з'ясування імовірності евакуації людей $P_{e,n}$ по евакуаційних шляхах у зоні виникнення пожежі за залежністю (5) необхідно враховувати:

1) у випадку, коли $\tau_e < 0,8 \cdot \tau_k < \tau_e + \tau_{n,e}$, $P_{e,n}$ визначають за залежністю (5);

2) у випадку, коли $\tau_e + \tau_{n,e} \leq 0,8 \cdot \tau_k$, $P_{e,n} = 0,999$;

3) у випадку, коли $\tau_e \geq 0,8 \cdot \tau_k$, $P_{e,n} = 0$.

Час евакуації τ_e визначають так:

$$\tau_e = \frac{l_e}{k_g V_{e,d}}, \quad (6)$$

де l_e – шлях евакуації, м;

$$l_e = k_{кр} \sqrt{L_{np}^2 + B_{np}^2}, \quad (7)$$

де $k_{кр} = 1,4$ – коефіцієнт, який враховує кривину шляху евакуації в зоні виникнення пожежі; L_{np} – довжина проходу в зоні виникнення пожежі, м; B_{np} – ширина проходу, м; $V_{e,d}$ – дійсна середня швидкість евакуації, м/хв:

$$V_e = 49,5 - 9,27 \ln[-\lg(0,1 + 1,284 k_{em})], \quad (8)$$

де k_{em} – коефіцієнт, який враховує емоційний стан людей, що евакууються; значення цього коефіцієнта перебуває в межах $k_{em} = 0...0,7$ (за відсутності емоційного стану $k_{em} = 0$); k_g – кількість евакуаційних виходів.

Результати розгляду протипожежних засобів показали, що головним чином їх напрацювання на відмову підпорядковуються експоненціальному та нормальному законам розподілу.

Тому залежності для визначення ризиків ε_i відмови засобів протипожежного захисту мають вигляд:

– за експоненціальним законом розподілу:

$$\varepsilon_i = 1 - \exp(-\lambda_i \tau), \quad (9)$$

де λ_i – інтенсивність відмови відповідного засобу протипожежного захисту;

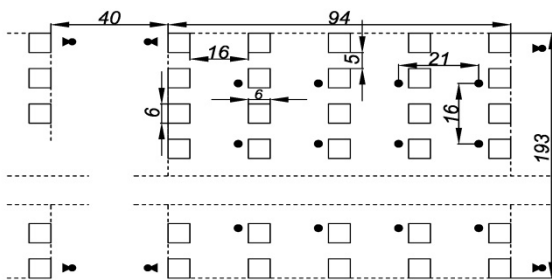
– за нормальним законом розподілу:

$$\varepsilon_i = 0,5 + \Phi(u), \quad (10)$$

де $\Phi(u)$ – функція Лапласа, яка є непарною; $\Phi(-u) = -\Phi(u)$; u – квантиль нормального розподілу:

$$u = \frac{\tau - m_\tau}{S_\tau}. \quad (11)$$

Визначення функції Лапласа полягає у визначенні квантиля нормального розподілу за залежністю (11) для відповідного часу τ , де S_τ – середнє квадратичне відхилення напрацювання τ та m_τ – математичне сподівання напрацювання τ , а потім із використанням довідкової літератури, в якій розміщені таблиці функції Лапласа, вибирають значення $\Phi(u)$.



Умовні позначення

- штабель пиломатеріалів
- пожежний сповіщувач
- гучномовець оповіщення

Розміри відстаней розміщення елементів кварталу наведені в м

Рис. Квартал відкритого складу лісоматеріалів

Для розгляду розробленої методології гарантування пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику і використанням автоматичної пожежної сигналізації і сповіщення розглянемо приклад.

Приклад. За основу для розгляду цього питання приймаємо відкритий склад лісоматеріалів, а саме один з його кварталів, який зображено на рисунку.

Розміри кварталу 193 × 94 м, повздовжня відстань між штабелями 16 м,

поперечна відстань – 5 м. На кварталі складу встановлено 4 сповіщувачі про виникнення пожежі типу «Сирена» С-03-12 і 60 ручних пожежних сповіщувачів типу СПРА-01В, які під'єднані до приладу приймально-контрольного пожежного типу «Тірас-16.128П». Приймально-контрольний пожежний прилад типу «Тірас-16.128П» розміщений у диспетчерському пункті лісоскладу. На складі працюють 10 штатних чоловік у дві зміни (16 год). Відстань для евакуації працівників у разі пожежі – 50 м при ширині проходу 16 м.

Розв'язок. Виходячи зі штатного розкладу працівників відкритого складу лісоматеріалів устанавлюємо, що будемо розглядати індивідуальний пожежний ризик. Для цього визначаємо його складові.

1. Ризик виникнення пожежі на складі протягом року $\varepsilon_n = 4 \cdot 10^{-2}$.

2. Імовірність присутності людей в приміщенні диспетчерської служби складу:

$$P_n = \frac{\tau_n}{24} = \frac{16}{24} = 0,67.$$

3. Ризики ε_i відмови засобів протипожежного захисту за залежністю (9):

– прилад приймально-контрольний пожежний:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{n.k.n} &= 1 - \exp(-1,14 \cdot 10^{-5} \tau) = \\ &= 1 - \exp(-1,14 \cdot 10^{-5} \cdot 8760) = 0,075 \end{aligned}$$

де $\tau = 8760$ год. – час напрацювання прилада приймально-контрольного за один рік;

– пожежні сповіщувачі:

$$\varepsilon_{n.c} = 1 - \exp(-1,14 \cdot 10^{-5} \cdot 8760) = 0,075;$$

– пожежні сповіщувачі:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{n.o} &= 0,5 + \Phi(u); \\ u &= \frac{\tau - m_\tau}{S_\tau} = \frac{5 - 50}{16,7} = -2,69; \end{aligned}$$

$$\varepsilon_{n.o} = 0,5 + (-0,4965) = 0,0035.$$

Визначаємо коефіцієнт $K_{с.п.з}$, який враховує необхідну кількість систем протипожежного захисту:

$$K_{c.n.z} = \frac{N_{n.k.l}}{N_{n.k.n.d}} \cdot \frac{N_{n.c}}{N_{n.c.d}} \cdot \frac{N_{n.o}}{N_{n.o.d}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{60}{60} \cdot \frac{6}{4} = 1,5.$$

Визначаємо шлях евакуації за залежністю (7):

$$l_e = 1,4\sqrt{50^2 + 16^2} = 73 \text{ м.}$$

Час евакуації τ_e визначаємо за залежністю (6):

$$\tau_e = \frac{73}{1,45} = 1,62 \text{ хв,}$$

де $V_{e.d} = 45$ м/хв – дійсна середня швидкість евакуації.

Імовірність евакуації людей $P_{e.n}$ по евакуаційних шляхах визначаємо за залежністю:

$$P_{e.n} = \frac{0,8\tau_k - \tau_e}{\tau_{n.e}} = \frac{0,8 \cdot 7 - 1,62}{3} = 1,3,$$

де $\tau_k = 7$ хв – критичний час пожежі; $\tau_{n.e} = 3$ хв – час початку евакуації.

У зв'язку з тим, що $P_{e.n} > 1$, приймаємо $P_{e.n} = 0,999$. Тоді імовірність евакуації за залежністю (4) буде $P_e = 0,999$.

Визначаємо індивідуальний пожежний ризик для відкритого складу лісоматеріалів за залежністю (1):

$$\varepsilon_{o.z} = 4 \cdot 10^{-2} \cdot 0,67 \cdot 0,0075 \cdot 0,0075 \cdot 0,0035 \cdot (1 - 0,999)^{1,5} = 7,9 \cdot 10^{-10} < [10^{-6}]$$

Результати розрахунків показують, що для відкритого складу лісоматеріалів забезпечується пожежний ризик у межах допустимого значення, що дає можливість у випадку виникнення пожежі оперативно реагувати на евакуацію людей, миттєве сповіщення служб ДСНС про пожежу та її локалізацію і ліквідацію з мінімальними збитками для об'єкта захисту.

Висновки

1. Розроблено методологію забезпечення пожежної безпеки для відкритих складів виробничих об'єктів з урахуванням пожежного ризику і тим самим забезпечення недопустимості тяжких наслідків від пожежі для працівників складу.

2. Наведено комплекс протипожежних засобів і систем, який забезпечує допустимий пожежний ризик для об'єкта захисту протягом майже 10 років їх експлуатації. Тому облаштування відкритих складів такими протипожежними засобами і системами обов'язкове.

3. Розроблені залежності для визначення складових пожежного ризику базувалися на основних положеннях теорії надійності і показали високу надійність та адекватність дійсним значенням, які розглядалися у прикладі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Копылов Н. П. Моделирование пожаров на складах лесоматериалов. Моделирование пожаров и взрывов. Москва : «Пожнаука», 2000. С. 189–197.
2. Андрусейко О. Б., Грицок Ю. І. Склади зберігання пиломатеріалів : особливості запобігання виникненню пожеж. [Електронний ресурс]. URL: https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/1_18.pdf
3. Полярин Ю. Пожежна безпека складів. [Електронний ресурс]. URL: <https://sitmag.ru/article/9989-pojarnaya-bezopasnost-skladov-ch-2-meropriyatiya-opoveshchayushchego-haraktera>
4. Лісняк А. А., Дерев'яно І. Г. Аналіз розрахунків потрібних витрат води для гасіння пожеж на відкритих складах лісоматеріалів. [Електронний ресурс]. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5086/1/vidkriti%20skladi%20lisomaterialov.pdf>
5. Wen-hui Ju. Study on Fire Risk and Disaster Reducing Factors of Cotton Logistics Warehouse Based on Event and Fault Tree Analysis. [Електронний ресурс]. URL: <https://pdf.sciencedirectassets.com/278653/1-s2.0-S1877705816X00033/1-s2.0>
6. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Київ : Мінрегіонбуд України, 2014. 185 с. (Державні будівельні норми України).
7. Прилади приймально-контрольні серії «Тірас-П». [Електронний ресурс]. URL: <https://old.tiras.ua/uk/category/katalog-produktsii/priladi-priimalno-kontroln-pozhezhn-ser-t-ras-p-en-54>
8. Гуліда Е. М., Коваль О. М., Шарий В. В. Забезпечення протипожежного захисту виробничо-складських об'єктів промислових підприємств з урахуванням пожежного ризику. *Пожежна безпека : зб. наук. пр.* Львів : ЛДУ БЖД, 2019. № 34. С. 28–34.

9. Самошин Д. А. Основные расчетные величины индивидуального пожарного риска. [Электронный ресурс]. URL: www.academygps.ru

10. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС РФ от 30.06.2009 № 382). Москва : МЧС РФ, 2009. 10 с.

REFERENCES

1. Kopylov N.P. *Modelirovaniye pozharov na skladakh lesomaterialov. Modelirovaniye pozharov i vzryvov* [Modeling fires in timber depots. Modeling fires and explosions]. Moscow : Pozhnauka Publ., 2000, pp. 189–197. (in Russian).

2. Andruseiko O.B. and Gritsyuk Yu.I. *Sklady zberihannya pylomaterialiv : osoblyvosti zapobihannya vynykennyu pozhezh* [Timber storage depots: Features of fire prevention]. [Electronic resource]. (in Ukrainian). URL : https://ldubgd.edu.ua/sites/default/files/files/1_18.pdf

3. Poliariu Yu. *Pozhezhna bezpeka skladiv* [Fire safety of warehouses]. [Electronic resource]. (in Ukrainian). URL: <https://sitmag.ru/article/9989-pojarnaya-bezopasnost-skladov-ch-2-meropriyatiya-opoveshchayushchego-haraktera>

4. Lisnyak A.A. and Derevyanko I.G. *Analiz rozrakhunkiv potribnykh vytrat vody dlya hasinnya pozhezh na vidkrytykh skladakh lisomaterialiv* [Analysis of the calculations of the required water consumption for extinguishing fires at open timber warehouses]., [Electronic resource]. (in Ukrainian). URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/5086/1/vidkriti%20skladi%20lisomaterialov.pdf>

5. Wen-hui Ju. Study on Fire Risk and Disaster Reducing Factors of Cotton Logistics Warehouse Based on Event and Fault Tree Analysis. [Electronic resource]. URL: <https://pdf.sciencedirectassets.com/278653/1-s2.0-S1877705816X00033/1-s2.0>

6. *DBN V.2.5-56:2014. Systemy protypozhezhnoho zakhystu* [DBN B.2.5-56: 2014. Fire protection systems]. Kyiv : Minrehionbud Ukrayiny, 2014, 185 p. (in Ukrainian).

7. *Prylady pryymal'no-kontrol'ni seriyi «Tiras-P»* [Tiras-P Reception and Control Devices]. [Electronic resource]. (in Ukrainian). URL: <https://old.tiras.ua/en/category/katalog-products/addresses-acceptable-control-pozhezhn-ser-t-ras-p-en-54>

8. Gulida E.M., Koval O.M. and Sharyy V.V. *Zabezpechennya protypozhezhnoho zakhystu vyrobnycho-sklads'kykh ob'yektiv promyslovykh pidpryemstv z urakhuvanniam pozhezhnoho ryzyku* [Provision of fire protection of industrial and warehouse facilities of industrial enterprises with consideration of fire risk]. *Pozhezhna bezpeka : zbirnyk naukovykh prats'* [Fire Safety : A collection of Scientific Papers]. Lviv : LDU BZhD Publ., 2019, no. 34, pp. 28–34. (in Ukrainian).

9. Samoshin D.A. *Osnovnyye raschetnyye velichiny individual'nogo pozharnogo riska* [The main calculated values of individual fire risk]. [Electronic resource]. URL: www.academygps.ru

10. *Metodika opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroyeniyakh razlichnykh klassov funktsional'noy pozharnoy opasnosti (Prilozheniye k prikazu MChS RF ot 30.06.2009 № 382)* [Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard (Appendix to the Order of the Ministry of Emergencies of the Russian Federation dated 30.06.2009 no. 382)]. Moscow : MChS RF Publ., 2009, 10 p. (in Russian).

Надійшла до редакції: 12.06.2020.