

УДК 614.841.41:311.42

О. В. Савченко, к.т.н., с.н.с., доц. каф. (ORCID 0000-0002-1305-7415)

С. В. Гарбуз, к.т.н., доцент, нач. каф. (ORCID 0000-0001-6345-6214)

*Н. О. Гарькава, здобувачка вищої освіти (ORCID 0009-0001-9565-4036)
Національний університет цивільного захисту України, м. Черкаси, Україна*

СМЕРТНІСТЬ ВІД ПОЖЕЖ В УКРАЇНІ (1993–2021): ЛОНГІТЮДНИЙ АНАЛІЗ ІЗ КРАЇНАМИ-КОМПОРАТОРАМИ

Представлено динаміку показника смертності від пожеж M_{100} (кількість загиблих на сто зареєстрованих пожеж) в Україні за 1993–2021 роки. Інформаційною базою є офіційні звіти СТІФ, що охоплює понад 50 країн. Аналіз охоплює двадцять дев'ять років спостережень і виявляє п'ять характерних структурних фаз зміни показника. Перша фаза (1993–1999 роки) – поступове зростання від 3,30 до 4,94. Друга фаза (2000–2008 роки) – найбільш критична: показник досяг максимуму 8,39 у 2005 році. Третя фаза (2009–2013 роки) – перша хвиля системного зниження (середнє значення 4,92). Четверта фаза (2014–2018 роки) – пришвидшений спад, зумовлений реструктуризацією ДСНС (середнє значення 2,58). П'ята фаза (2019–2021 роки) – стабілізація на рівні 2,00. Лінійний регресійний аналіз підтверджує статистично значущий спадний тренд за 2003–2021 роки (нахил $-0,413$ на рік, $R^2=0,839$, $p<0,001$); критерій Манна–Кендалла підтверджує монотонний спад за 2009–2016 роки ($\tau=-0,74$, $p<0,001$) та відсутність монотонного тренду за 2017–2021 роки ($\tau=-0,20$, $p=0,63$). Загальне зниження M_{100} за 2003–2021 роки становить 71 відсоток. Порівняльний аналіз з країнами-компораторами – США, Польщею, Францією та Німеччиною – охоплює щорічну динаміку за 2013–2021 роки та фазовий аналіз за 1993–2021 роки. Середній M_{100} в Україні (2,55) перевищує відповідні значення США у 9,7 рази, Польщі – у 6,9 рази, Німеччини – у 13,9 рази, Франції – у 26,0 рази. Виявлено точки структурних змін тренду та встановлено їх кореляцію з інституційними перетвореннями системи цивільного захисту. Встановлено, що потенціал оперативних заходів для подальшого зниження показника в Україні практично вичерпано; перспективним напрямком є структурна реорганізація мережі пожежно-рятувальних підрозділів за моделлю місцевої та добровільної пожежної охорони.

Ключові слова: смертність від пожеж, трендовий аналіз, критерій Манна-Кендалла, лонгитюдний аналіз

1. Вступ

Пожежна небезпека залишається однією з найбільш масштабних загроз у сучасному урбанізованому суспільстві: щорічно у світі відбувається понад мільйон пожеж, що забирають десятки тисяч людських життів і завдають збитків на сотні мільярдів доларів [1, 2]. Ефективність реагування на цю загрозу значною мірою визначається рівнем розвитку систем цивільного захисту та пожежної охорони кожної окремої країни.

Для оцінки пожежної безпеки використовуються різні показники. Абсолютні показники – загальна кількість пожеж та загиблих – залежать від площі країни, щільності населення, рівня урбанізації та методології обліку і не забезпечують коректного порівняння між країнами або часовими інтервалами зі змінним рівнем пожежної активності. Кількість загиблих на 100 зареєстрованих пожеж (M_{100}) – характеризує – характеризує здатність системи реагування обмежувати наслідки кожної окремої пожежі і є більш чутливим до організаційно-технічних змін у системі пожежного захисту. Показник загиблих на 100 000 населення відображає масштаб соціального збитку відносно демографічного потенціалу і використовується як контрольний.

Лонгитюдний аналіз M_{100} дозволяє ретроспективно оцінювати результативність управлінських рішень і нормативних змін, відокремлювати реальний прогрес від артефактів зміни методології обліку та виявляти структурні обмеження

для подальшого вдосконалення. Попри значний масив даних СТІФ щодо України з 1993 року [1], систематичний лонгітюдний аналіз динаміки M_{100} на основі повного ряду спостережень із виявленням точок зміни тренду до цього часу не проводився [3–5].

Актуальність дослідження зумовлена відсутністю систематичного лонгітюдного аналізу динаміки M_{100} в Україні що є базою для обґрунтування стратегічних напрямів реформування як ДСНС так і в цілому системи забезпечення пожежної безпеки в Україні.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Питання аналізу довгострокових тенденцій смертності від пожеж розглядається в науковій літературі переважно крізь призму окремих чинників ризику. Значна частина досліджень зосереджена на впливі часу реагування підрозділів. У [3] нелінійним регресійним аналізом шведських даних за 2005–2013 роки встановлено значущий вплив часу реагування підрозділів на смертність від пожеж у житловому секторі; цей аналіз охоплює переважно добровільні підрозділи зі стабільними часами виїзду та не відображає умов країн із хронічним дефіцитом депо. У [4] встановлено нелінійний характер залежності між часом реагування та кількістю загиблих; однак дослідження обмежено одним регіоном і не охоплює постсоціалістичний транзитний контекст. Таким чином, вплив дефіциту просторового охоплення мережі на динаміку M_{100} в перехідних економіках залишається нез'ясованим.

Порівняльні дослідження рівня M_{100} базуються переважно на матеріалах СТІФ – єдиної уніфікованої міжнародної системи пожежної статистики, що охоплює понад 50 країн [1, 5]. У порівняльному аналізі систем пожежної статистики та організації протипожежного захисту в країнах ЄС [6] підтверджено суттєві системні відмінності між державами; постсоціалістичні держави демонструють стійко вищий рівень смертності від пожеж, а структурні особливості їх мереж пожежних підрозділів залишаються поза рамками уніфікованого порівняльного аналізу. У [7] на підставі даних СТІФ [5] встановлено, що у 2014 р. M_{100} в Україні (3,3) перевищував середній рівень країн ЄС (0,2) у 16,5 рази; виявлено структурну відмінність: 894 депо проти 82 509 у виборці ЄС, відношення машин до депо 4,0 проти 1,3 у ЄС. Водночас [7] охоплює лише один рік спостережень (2014) та не проводить лонгітюдного аналізу динаміки M_{100} .

Вплив превентивних заходів на смертність від пожеж підтверджено у низці досліджень. В роботі [8] встановлено, що масове впровадження автономних детекторів диму в США знизило смертність у житловому секторі на 54 % за двадцять років; здобутий ефект характеризує систему з усталеним рівнем пожежної безпеки, тому безпосереднє перенесення отриманих оцінок на умови України у перехідний період потребує додаткового верифікаційного аналізу. Зазначений дефіцит у наукових дослідженнях є предметом цього дослідження: лонгітюдний порівняльний аналіз M_{100} на єдиному тридцятирічному горизонті для України та чотирьох країн-компараторів, що перебувають на різних рівнях розвитку систем забезпечення пожежної безпеки, дозволяє диференціювати внесок оперативних і структурних чинників у формування рівня M_{100} .

Таким чином, невирішеною частиною проблеми є лонгітюдний аналіз динаміки M_{100} на тридцятирічному горизонті для України з виявленням структурних точок зміни тренду та їх кореляції з інституційними перетвореннями системи цитованої літератури. DOI: 10.52363/2524-0226-2026-43-6

вільного захисту, а також кількісне порівняння досягнутого рівня з країнами-компораторами, що перебувають на різних рівнях розвитку систем пожежної безпеки.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є комплексний лонгitudний аналіз динаміки показника M_{100} в Україні за 1993–2021 роки, виявлення точок зміни тренду та аналіз впливу ключових інституційних перетворень, а також кількісне порівняння досягнутого рівня з чотирма країнами-компораторами – США, Польщею, Францією та Німеччиною.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1) Визначити довгострокові тенденції кількісних характеристик значення M_{100} та абсолютні показники смертності від пожеж для України за 1993–2021 роки.

2) Встановити точки зміни тренду M_{100} та виконати їх порівняння з ключовими подіями інституційного середовища системи цивільного захисту України.

3) Провести порівняльний аналіз M_{100} в Україні та країнах-компораторах за 2013–2021 роки та фазовий аналіз за 1993–2021 роки.

4. Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження є показник смертності від пожеж M_{100} та його складові (загальна кількість пожеж та загиблих) в Україні та чотирьох країнах-компораторах за 1993–2021 роки. Основна гіпотеза полягає в тому, що спостережувана динаміка M_{100} відображає реальні зміни ефективності системи реагування на пожежі та корелює з ключовими інституційними перетвореннями системи цивільного захисту. Прийняті припущення: дані World Fire Statistics (СТІФ) є порівнянними між країнами та роками; методологія обліку пожеж та загиблих у кожній країні залишається стабільною впродовж аналізованого періоду. Прийняті спрощення: міжкраїнові відмінності методологій обліку розглядаються як стабільні систематичні похибки, що не впливають на тенденції.

Статистичною базою дослідження є офіційні звіти СТІФ – єдиної уніфікованої міжнародної системи збору пожежної статистики, що охоплює понад 50 країн [1]. Як опорне значення для початку XXI ст. використано зведені дані таблиці 11,1 [9]. Звіти NFPA [8, 10] залучені для характеристики організаційних параметрів американської системи пожежного захисту. Основний показник – M_{100} – визначається як відношення кількості загиблих у пожежах (D) до кількості зареєстрованих пожеж (F) за рік, помножене на 100.

Дослідження реалізоване у рамках феноменологічного підходу: аналіз зосереджений на описі спостережуваних закономірностей у часовому ряді M_{100} та їх порівнянні з зовнішніми інституційними подіями, без побудови формальної причинно-наслідкової моделі. Такий підхід є загальноприйнятим для ретроспективного аналізу адміністративної статистики, де причинно-наслідковий зв'язок ускладнений відсутністю контрольної групи та можливими ефектами одночасних змінних.

Статистичний аналіз включав такі методи. Лінійна регресія методом найменших квадратів застосовувалась для трьох послідовних часових інтервалів; статистична значущість нахилу перевірялась за t-критерієм; R^2 (коефіцієнт детермінації) відображає частку дисперсії M_{100} , пояснену лінійною моделлю тренду: $R^2=1$ відповідає ідеальній лінійній відповідності, $R^2=0$ – повній відсутності лінійної залежності. Непараметричний критерій Манна–Кендалла використовувався для пе-

ревірки монотонності тренду без припущення про нормальність розподілу; тест-статистик $S = \sum_{i < j} \text{sgn}(x_j - x_i)$, нормалізований коефіцієнт $\tau = S / [n(n-1)/2]$ набуває значень від -1 до $+1$ та є стійким до екстремальних значень у коротких рядах. Розрахунки виконано у Python 3.12 (scipy.stats, numpy, rymannkendall). Порівняльний аналіз охоплює 2013–2021 рр. – єдиний інтервал з повними даними для всіх п'яти країн, що передують воєнному конфлікту в Україні.

5. Дослідження динаміки показника M_{100} в Україні за 1993–2021 роки та країн-компораторів, встановлення трендів та точок змін

5.1. Аналіз динаміки показника M_{100} в Україні (1993–2021)

Структурні фази. На підставі характеру зміни M_{100} увесь досліджуваний період розподілено на п'ять структурних фаз (табл. 1).

Табл. 1. Основні показники смертності від пожеж в Україні за структурними фазами (розраховано за [1])

Період	Пожеж на рік (середнє)	Загиблих на рік (середнє)	M_{100} (середнє)	Загиблих на 100 тис. нас. (середнє)
1993–1999	46 276	2 084	4,57	4,11
2000–2008	53 743	3 796	7,18	8,03
2009–2013	59 656	2 828	4,92	6,20
2014–2018	77 085	1 970	2,58	4,62
2019–2021	92 551	1 830	2,00	4,37

Фаза 1 (1993–1999 рр.). Поступове зростання M_{100} від 3,30 до 4,94 при відносно стабільній кількості пожеж (41–52 тис. на рік). Середнє M_{100} за фазою – 4,57. Зростання зумовлено погіршенням стану будівельного фонду, скороченням фінансування пожежної охорони.

Фаза 2 (2000–2008 рр.). Найбільш критична. Зростання кількості пожеж до 58–61 тис. на рік, кількість загиблих також зросла (3,9–4,2 тис. осіб на рік). M_{100} у 2005–2008 рр. становив 7,92–8,39, максимум – 8,39 у 2005 р. Середнє за фазою – 7,18.

Фаза 3 (2009–2013 рр.). Перша хвиля зниження. M_{100} скоротився з 7,29 до 4,08 – на 44 % за п'ять років. Кількість пожеж зростала (44–71 тис.), кількість загиблих знижувалась. Середнє за фазою – 4,92.

Табл. 2. Параметри трендів показника M_{100} в Україні за послідовними часовими інтервалами

Часовий інтервал	Кількість років	Нахил лінії регресії (од./рік)	Коефіцієнт детермінації (R^2)	Рівень значущості (p-value)	Характер тенденції
1993–2008	16	+0,342	0,912	< 0,001	Статистично значуще зростання
2009–2016	8	–0,574	0,821	< 0,01	Статистично значущий спад
2017–2021	5	–0,045	0,053	0,709	Статистично незначущий тренд (плато)

Фаза 4 (2014–2018 рр.). Пришвидшений спад. Реструктуризація ДСНС супроводжувалась підтвердженням зниженням M_{100} з 3,26 до 2,50. Кількість пожеж збільшується (до 84–97 тис.). Середнє за фазою – 2,58.

Фаза 5 (2019–2021 рр.). Стабілізація. Абсолютне число загиблих продовжило зниження (1 728 у 2020 р.), але темп падіння M_{100} різко уповільнився. У 2019 р. при 96 812 пожежах M_{100} досяг мінімуму – 1,97. Середнє за фазою – 2,00.

Статистичний аналіз трендів часового ряду. Параметри довгострокових тенденцій отримано лінійною регресією та критерієм Манна–Кендалла для трьох послідовних часових інтервалів (табл. 2), (рис. 1).

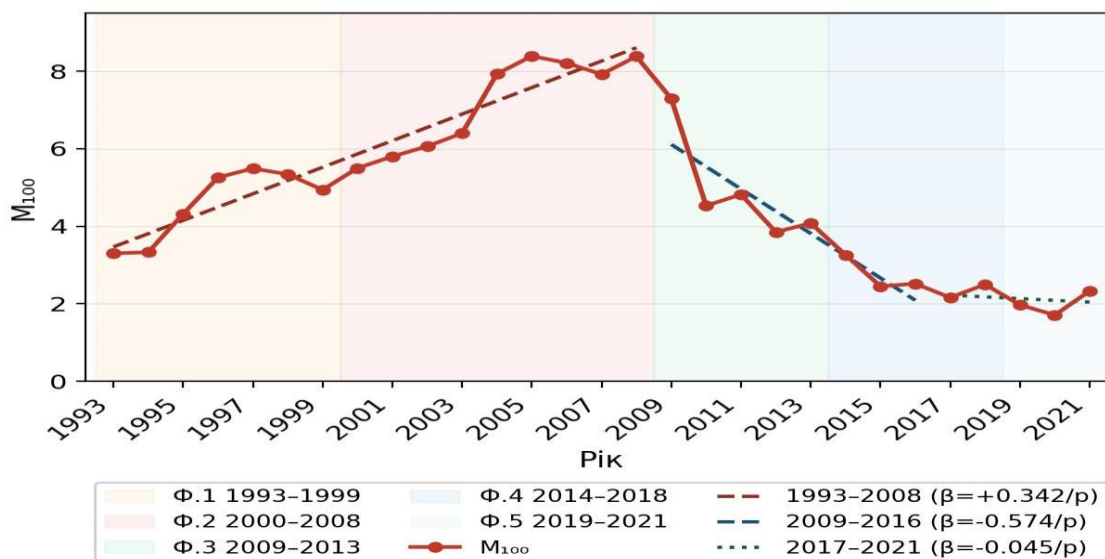


Рис. 1. Динаміка показника M_{100} в Україні за 1993–2021 рр. з виділенням структурних фаз та ліній тренду

Зростаючий тренд 1993–2008 рр. є статистично значущим ($R^2=0,912$; $\tau=+0,85$, $p<0,001$). Спадаючий тренд 2009–2016 рр. є статистично значущим і найінтенсивнішим у всьому ряді (нахил – 0,574, $R^2=0,821$; $\tau=-0,74$, $p<0,001$). Тренд за 2017–2021 рр. є статистично незначущим ($p=0,709$; $\tau=-0,20$, $p=0,63$), що кількісно підтверджує формування «нового плато».

5.2. Встановлення точок зміни тренду M_{100} (1993–2021) в Україні

Повний річний ряд значень M_{100} та абсолютних показників наведено у табл. 3. Жирним виділено ключові точки: 2005 р. (максимум $M_{100} = 8,39$), 2013 р. (переломний рік структурних змін), 2019 р. (мінімум $M_{100} = 1,97$) та 2021 р. (кінець аналізованого ряду).

Аналіз повного ряду дозволяє виявити дві закономірності. Протягом 2000–2003 рр. різке зростання кількості зареєстрованих пожеж (з 42 до 61 тис.) супроводжувалося одночасним зростанням числа загиблих – M_{100} продовжував зростати, що виключає гіпотезу про суто статистичний стрибок через зміну методики обліку. У 2014–2020 рр. спостерігається протилежна картина: кількість зареєстрованих пожеж зростала (з 69 до 101 тис.), тоді як кількість загиблих знижувалась, – це підтверджує реальне підвищення ефективності реагування.

5.3. Порівняльний аналіз M_{100} в Україні та у країнах-компораторах

Детальний порівняльний аналіз (2013–2021). Для кількісної оцінки досягнутого рівня пожежної безпеки виконано порівняльний аналіз M_{100} в Україні та чо-

тирьох країнах-компораторах за 2013–2021 роки (табл. 4). Країни-компоратори репрезентують принципово різні моделі пожежної охорони: США – децентралізована система (57 000+ депо, 69 % добровільних) з обов’язковими детекторами диму у понад 96 % будинків [10, 11, 12]; Польща – змішана система KSRG (16 907 депо у 2014 р. [7]); Франція – SDIS (70 % добровольців) [13]; Німеччина – Freiwillige Feuerwehr (33 460 депо у 2014 р. [7]).

Табл. 3. Повний часовий ряд показника M_{100} та абсолютних показників смертності від пожеж в Україні, 1993–2021 рр. за [1]

Рік	Пожеж (абс.)	Загиблих (абс.)	M_{100}	Загиблих на 100 тис. нас.
1993	50 936	1 683	3,30	3,24
1994	51 793	1 727	3,33	3,34
1995	47 875	2 067	4,32	4,03
1996	46 819	2 461	5,26	4,84
1997	42 790	2 349	5,49	4,66
1998	41 209	2 203	5,34	4,41
1999	42 513	2 101	4,94	4,24
2000	58 151	3 197	5,50	6,51
2001	60 743	3 524	5,80	7,24
2002	59 686	3 616	6,06	7,50
2003	61 286	3 920	6,40	8,09
2004	47 698	3 784	7,93	7,96
2005	49 944	4 191	8,39	8,83
2006	49 114	4 035	8,21	7,79
2007	50 583	4 005	7,92	7,62
2008	46 480	3 896	8,38	8,45
2009	44 015	3 209	7,29	7,04
2010	62 207	2 819	4,53	6,14
2011	59 501	2 869	4,82	6,27
2012	71 443	2 751	3,85	6,04
2013	61 114	2 494	4,08	5,48
2014	68 879	2 246	3,26	5,22
2015	79 640	1 948	2,45	4,55
2016	74 221	1 872	2,52	4,39
2017	84 083	1 819	2,16	4,28
2018	78 602	1 967	2,50	4,66
2019	96 812	1 909	1,97	4,54
2020	101 279	1 728	1,71	4,14
2021	79 562	1 853	2,33	4,50

Примітка. Жирним виділено роки ключових точок динаміки

Результати засвідчують суттєву диспропорцію між Україною та країнами-компораторами. Середній M_{100} в Україні (2,55) перевищує значення США у 9,7 рази (0,26), Польщі – у 6,9 рази (0,37), Німеччини – у 13,9 рази (0,18) та Франції – у 26,0 рази (0,10). Розбіжності між самими країнами-компораторами (0,10–0,37) є на порядок меншими за розрив між будь-яким з них та Україною (мінімальна різниця – 2,18). Результати засвідчують принципово інший рівень пожежної безпеки в Україні порівняно з країнами-компораторами.

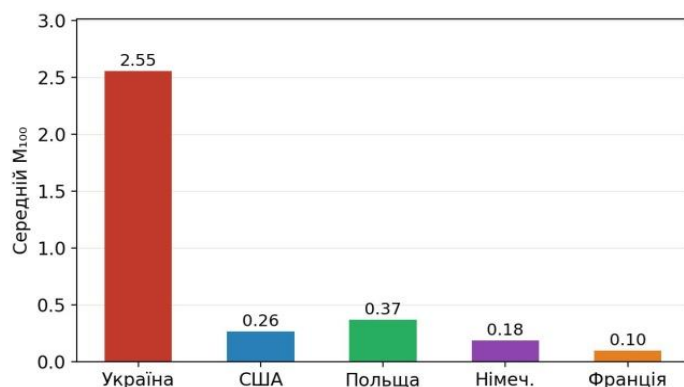
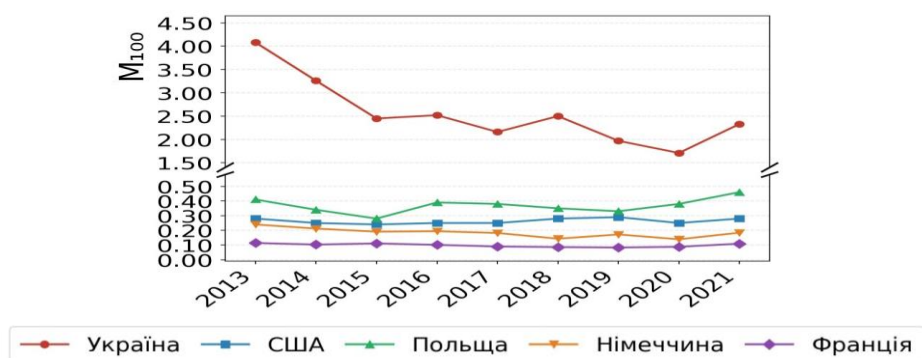
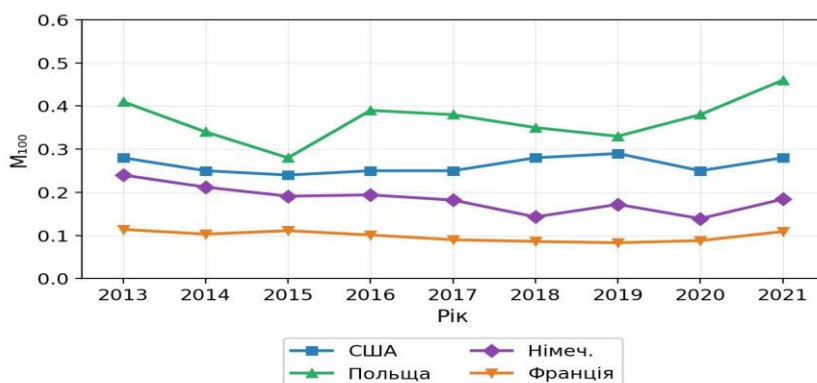
Табл. 4. Порівняльна характеристика M_{100} в Україні та країнах-компораторах, 2013–2021 рр. (за [1,10])

Рік	Україна	США	Польща	Німеччина	Франція
2013	4,08	0,28	0,41	0,240	0,114
2014	3,26	0,25	0,34	0,212	0,103
2015	2,45	0,24	0,28	0,191	0,111
2016	2,52	0,25	0,39	0,194	0,101
2017	2,16	0,25	0,38	0,182	0,090
2018	2,50	0,28	0,35	0,143	0,086
2019	1,97	0,29	0,33	0,172	0,083
2020	1,71	0,25	0,38	0,139	0,088
2021	2,33	0,28	0,46	0,184	0,109
Серед.	2,55	0,26	0,37	0,18	0,10

Структурним корелятом цих відмінностей є щільність мережі депо та рівень оснащення детекторами диму. Україна у 2018 р. мала 894 пожежних депо (1 депо ≈ 674 км²) [7]; після включення підрозділів місцевої пожежної охорони у 2019 р. формальний показник зріс до 2 210, однак оперативна готовність значної частини нових одиниць суттєво відрізняється від підрозділів ДСНС. Для порівняння: у 2014 р. Польща мала 16 907 депо (1 депо ≈ 18 км²), Німеччина – 33 460 (1 депо ≈ 10 км²), Франція – 7 296 (1 депо ≈ 73 км²) [7]. США, незважаючи на більші радіуси обслуговування (≈ 170 км² на підрозділ), компенсують це масовим оснащенням детекторами диму та потужними місцевими добровільними підрозділами [10, 11]. Усі чотири країни-компоратори демонструють стабільні значення M_{100} без значущого тренду, що відповідає режиму технологічного оптимуму.

Табл. 5. Кластеризація країн за рівнем показника M_{100} (2013–2021 рр.; за [1, 7, 10])

Кластер	Країни	M_{100} середнє 2013–2021	Характеристика системи
I – висока ($M_{100} > 2,0$)	Україна	2,55	Централізована; 894 депо ДСНС у 2018 р. (1 депо ≈ 674 км ²); відсутність масового оснащення автономними детекторами диму
II – помірна ($M_{100} = 0,25–0,60$)	Польща	0,37	Змішана (KSRG); 16 907 депо у 2014 р. (1 депо ≈ 18 км ²)
III – низька ($M_{100} < 0,25$)	США, Німеччина, Франція	0,26 / 0,18 / 0,10	Децентралізовані; масове оснащення детекторами диму; щільна мережа добровільних підрозділів

Рис. 2. Середні значення M_{100} за 2013–2021 рр. у кожній країні (за [1, 10])Рис. 3. Динаміка M_{100} в Україні та країнах-компораторах, 2013–2021 рр. (за [1, 10])Рис. 4. Динаміка M_{100} у країнах-компораторах, 2013–2021 рр., деталізований масштаб (за [1, 10])

Для структурування результатів виконано порогову кластеризацію п'яти країн за значенням M_{100} (табл. 5). Середні значення M_{100} за 2013–2021 рр. по кожній країні подано на рис. 2; щорічну динаміку – на рис. 3 та рис. 4.

Порівняльний аналіз фазової динаміки (1993–2021). Для перевірки гіпотези про те, чи є поточний рівень M_{100} в Україні наближенням до траєкторій країн-компораторів або ж структурний розрив зберігається упродовж усього тридцятирічного горизонту, проведено фазовий порівняльний аналіз за 1993–2021 рр. Результати наведено у табл. 6.

Усі чотири країни-компоратори демонструють стійку низхідну або стабільну тенденцію протягом 1993–2021 рр. без структурних розривів. В Німеччині показник знизився з 0,28 (1993–1999 рр.) до 0,17 (2019–2021 рр.) – на 39 %; Польща – з 0,50 до 0,39 – на 22 %; США зберігають стабільний рівень 0,23–0,27; Франція демонструє найвиразніший спад – з 0,20 до 0,09 – вдвічі, що є наслідком запрова-

дження обов'язкових детекторів диму у 2015 р. [9]. Для порівняння: Україна здійснила найбільше абсолютне зниження M_{100} (з 4,57 до 2,00 – на 2,57 одиниці), однак досягнутий рівень у 5–22 рази перевищує відповідні фазові значення країн-компораторів. У даних по США за 2001 р. зафіксовано аномальний рівень M_{100} (0,36) унаслідок включення до статистики жертв подій 11 вересня 2001 р.

Табл. 6. Середні значення M_{100} за структурними фазами, 1993–2021 рр. (за даними [1, 9, 10, 14])

Фаза / Роки	США	Польща	Німеччина	Франція
Поч. XXI ст. (СТІФ сер.)	0,20	0,40	0,30	0,20
1993–1999	0,23	0,50	0,28	н/д*
2000–2008	0,24	0,34	0,25	0,14**
2009–2013	0,23	0,36	0,21	0,12
2014–2018	0,25	0,35	0,18	0,10
2019–2021	0,27	0,39	0,17	0,09

Примітки: * – дані Франції за 1993–1994 рр. неповні; ** – середнє за 2002–2008 рр.

Табл. 7. Показники пожежної небезпеки на початку XXI ст. та у 2017–2021 рр. (за [1,9])

Країна	Пожеж/рік		Загиблих/рік		M_{100}		ΔM_{100}
	поч. XXI	2017–2021	поч. XXI	2017–2021	поч. XXI	2017–2021	
США	1700000	1340300	3 700	3 612	0,20	0,27	+35 %
Україна	58 000	88 100	3 500	1 855	6,00	2,11	–65 %
Польща	145 000	132800	550	503	0,40	0,38	–5 %
Німеччина	200 000	220 900	550	359	0,30	0,16	–47 %
Франція	330000	293 000	650	265	0,20	0,09	–55 %

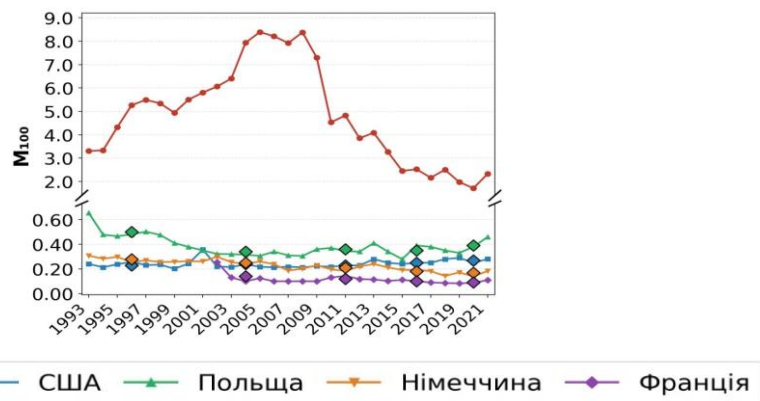


Рис. 5. Динаміка M_{100} в Україні та у країнах-компораторах за 1993–2021 рр.

Табл. 7. містить агреговані показники на початку XXI ст. та у 2017–2021 рр., що дозволяє безпосередньо порівняти абсолютну і відносну динаміку смертності для всіх п'яти країн.

6. Обговорення результатів лонгітюдного аналізу динаміки M_{100} та порівняння з країнами-компораторами

Зафіксовано, що досягнуте зниження M_{100} є реальним і масштабним: за 2005–2021 рр. показник знизився з 8,39 до 2,33 – у 3,6 рази; абсолютне число за-

гиблих скоротилось з 4 191 у 2005 р. до 1 853 у 2021 р. – у 2,26 рази. Протягом 2014–2020 рр. кількість зареєстрованих пожеж зростала (з 69 до 101 тис.), тоді як кількість загиблих знижувалась. Це виключає гіпотезу про «статистичне» поліпшення та підтверджує реальне підвищення ефективності реагування підрозділів.

Статистично підтверджено, що формування «нового плато» після 2017 р. ($p=0,709$, $\tau=-0,20$) означає вичерпання резерву підвищення ефективності в рамках існуючої організаційної моделі. Цей висновок узгоджується з даними [7], де виявлено структурну невідповідність між параметрами мережі підрозділів в Україні та країнах ЄС як ключовий чинник, що обмежує ефективність реагування. Подальший прогрес вимагає переходу від оперативних заходів до структурних: збільшення щільності мережі депо та розвиток місцевої і добровільної пожежної охорони.

Встановлено, що діапазон значень M_{100} серед країн-компораторів (0,10–0,37) є на порядок меншим за розрив між будь-яким компоратором та Україною (2,18 одиниці). Аналіз фазової динаміки за 1993–2021 рр. підтверджує, що ця різниця зберігається на всьому тридцятирічному горизонті: країни-компоратори функціонують у режимі стабільного технологічного оптимуму, тоді як Україна завершила перший реформаційний цикл і стоїть перед необхідністю переходу до структурних змін.

Обмеження дослідження. Модель M_{100} не враховує тип житлового фонду, вікову структуру населення та рівень оснащення детекторами диму – показники, що мають самостійний вплив і потребують окремого аналізу. Аномалія 2019 р. щодо кількості облікованих депо в Україні (зростання з 894 до 2 210 унаслідок включення місцевих підрозділів різного рівня готовності) ускладнює точне порівняння просторових параметрів за цей рік. Для Франції дані 1993–1994 рр. неповні.

7. Висновки

1. За результатами лонгітюдного аналізу даних ЄСІФ (1993–2021) виявлено п'ять структурних фаз динаміки M_{100} в Україні: зростання 1993–1999 рр. (M_{100} : 3,30 → 4,94); критичний максимум 2000–2008 рр. (сер. 7,18, пік 8,39 у 2005 р.); системне зниження 2009–2013 рр. (сер. 4,92); пришвидшений спад 2014–2018 рр. (сер. 2,58); стабілізація 2019–2021 рр. (сер. 2,00). Загальне зниження M_{100} за 2003–2021 рр. становить 71 %.

2. Встановлено точки зміни тренду M_{100} в Україні. Статистична значущість спадного тренду за 2009–2016 рр. підтверджена лінійною регресією (нахил $-0,574$ на рік, $R^2=0,821$, $p<0,01$) та критерієм Манна–Кендалла ($\tau=-0,74$, $p<0,001$). Відсутність значущого тренду за 2017–2021 рр. (нахил $-0,045$, $p=0,709$; $\tau=-0,20$, $p=0,63$) підтверджує формування “нового плато” та вичерпання потенціалу оперативно-організаційних заходів. Вузловою точкою найінтенсивнішого інституційного впливу є 2013–2015 рр.: реструктуризація ДСНС та оновлення оперативних стандартів забезпечили зниження M_{100} з 4,08 до 2,45 – на 40 % за два роки, що підтверджує кореляцію виявлених точок зміни тренду з ключовими інституційними перетвореннями системи цивільного захисту.

3. Детальний порівняльний аналіз M_{100} за 2013–2021 рр. України та країн-компораторів засвідчує, що M_{100} в Україні (2,55) у 9,7 рази перевищує рівень США (0,26), у 6,9 рази – Польщі (0,37), у 13,9 рази – Німеччини (0,18) та у 26,0 рази – Франції (0,10); розрив між Україною та найближчим компоратором (2,18 одиниці) перевищує діапазон значень M_{100} серед країн-компораторів (0,27 одиниці) у 8 разів і зберігається на всьому тридцятирічному горизонті (1993–2021 рр.). Отримані результати засвідчують, що потенціал оперативно-організаційних заходів для подальшого зниження M_{100} в Україні практично вичерпано; перспективним напрямом є структурна реорганізація мережі пожежно-рятувальних підрозділів через розвиток

місцевої та добровільної пожежної охорони (за моделлю польської KSRG, американської NFPA 1720 або французької SDIS), поєднана з оптимізаційним моделюванням розміщення підрозділів на рівні територіальних громад.

Література

1. Brushlinsky N., Sokolov S., Wagner P., Hall J. R. World Fire Statistics: Reports № 1–30. Berlin: CTIF Center of Fire Statistics, 1995–2025. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
2. Hall J. R. Jr. The Total Cost of Fire in the United States. Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2014. 40 p.
3. Jaldell H. How Important is the Time Factor? Saving Lives Using Fire and Rescue Services. *Fire Technology*. 2017. Vol. 53. № 2. P. 695–708. doi: 10.1007/s10694-016-0592-4
4. Challands N. The relationships between fire service response time and fire outcomes. *Fire Technology*. 2010. Vol. 46. № 4. P. 665–676.
5. Brushlinsky N. N., Sokolov S. V., Wagner P., Hall J. R. World Fire Statistics. Report № 21. Berlin : CTIF Center of Fire Statistics, 2016. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
6. Lovreglio R., Wang X., Rein G. Closing Data Gaps and Paving the Way for Pan-European Fire Safety Efforts: Part I – Overview of Current Practices for Fire Statistics. *Fire Technology*. 2023. Vol. 59. № 6. P. 3551–3588. doi: 10.1007/s10694-023-01415-6
7. Borys O. P. Review of Fire Statistics Data in Ukraine. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*. 2017. Vol. 47. № 3. P. 62–67. doi: 10.12845/bitp.47.3.2017.4
8. Fahy R. F. U.S. Fire Deaths, Fire Death Rates, and Risk Factors. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2019. 32 p.
9. Brushlinsky N., Sokolov S., Wagner P., Hall J. R. World Fire Statistics: Report № 10. 2nd ed. Berlin : CTIF Center of Fire Statistics, 2005. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
10. Karter M. J., Molis J. L. U.S. Fire Department Profile 2020. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2022. 72 p.
11. NFPA 1710: Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2020.
12. NFPA 1720: Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Volunteer Fire Departments. Quincy, MA : National Fire Protection Association, 2020.
13. Ministère de l'Intérieur. Les statistiques des services d'incendie et de secours. Paris: Direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises, 2022. 98 p.
14. Brushlinsky N., Sokolov S., Wagner P., Hall J. R. World Fire Statistics: Report № 28. Berlin : CTIF Center of Fire Statistics, 2023. URL: <https://ctif.org/world-fire-statistics>

O. Savchenko, PhD, Senior Researcher, Associate Professor

S. Harbuz, PhD, Associate Professor, Head of Department

N. O. Harkava, Student

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

MORTALITY FROM FIRE IN UKRAINE (1993–2021): A LONGITUDINAL ANALYSIS WITH COMPARATOR COUNTRIES

This article examines the dynamics of the fire mortality index M_{100} (number of fire deaths per 100 registered fires) in Ukraine over 1993–2021, based on official data from the CTIF Centre for Fire Statis-

tics (World Fire Statistics, Reports No. 1–30) and the NFPA. The study applies a phenomenological approach: observable patterns in the M_{100} time series are compared with external institutional events, without constructing a formal causal model. Three research tasks are addressed. First, five structural phases are identified in the Ukrainian M_{100} time series: gradual increase 1993–1999 (mean 4.57); critical maximum 2000–2008 (peak 8.39 in 2005); first systemic decline 2009–2013 (mean 4.92); accelerated decrease 2014–2018 (mean 2.58); stabilisation 2019–2021 (mean 2.00). Overall M_{100} declined 71 % over 2003–2021. Second, for three consecutive intervals linear regression confirms a statistically significant rise 1993–2008 (slope +0.342, $R^2=0.912$) and the most intensive fall 2009–2016 (slope -0.574 , $R^2=0.821$, $p<0.01$); the Mann–Kendall test confirms monotonic decrease for 2009–2016 ($\tau=-0.74$, $p<0.001$) and absence of monotonic trend for 2017–2021 ($\tau=-0.20$, $p=0.63$), indicating the formation of a “new plateau.” The 2013–2015 SESU restructuring is identified as the key institutional inflection point, reducing M_{100} from 4.08 to 2.45 (–40 %) within two years. Third, comparative analysis with four comparator countries covers 2013–2021 annual data and 1993–2021 phase-based analysis. Average Ukrainian M_{100} (2.55) exceeds the US by 9.7 \times , Poland by 6.9 \times , Germany by 13.9 \times , France by 26.0 \times . The gap between Ukraine and the closest comparator (2.18 units) exceeds the M_{100} range among comparators (0.27 units) eightfold and is stable across the full 30-year horizon. Operational and organisational reforms have exhausted their potential; structural expansion of the fire-rescue network through voluntary fire protection (KSRG/NFPA 1720/SDIS) with location optimisation at the level of territorial communities is the principal avenue for further progress.

Keywords: fire mortality, trend analysis, Mann–Kendall test, longitudinal analysis

References

1. Brushlinsky, N., Sokolov, S., Wagner, P., Hall, J. R. (1995–2025). World Fire Statistics (Reports № 1–30). CTIF. Available at: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
2. Hall, J. R. Jr. (2014). The total cost of fire in the United States. NFPA.
3. Jaldell, H. (2017). How important is the time factor? Saving lives using fire and rescue services. *Fire Technology*, 53(2), 695–708. doi: 10.1007/s10694-016-0592-4
4. Challands, N. (2010). The relationships between fire service response time and fire outcomes. *Fire Technology*, 46, 665–676.
5. Brushlinsky, N. N., Sokolov, S. V., Wagner, P., Hall, J. R. (2016). World Fire Statistics, Report № 21. CTIF. Available at: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
6. Lovreglio, R., Wang, X., Rein, G. (2023). Closing data gaps and paving the way for pan-European fire safety efforts: Part I. *Fire Technology*. doi: 10.1007/s10694-023-01415-6
7. Borys, O. P. (2017). Review of fire statistics data in Ukraine. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 47(3), 62–67. doi: 10.12845/bitp.47.3.2017.4
8. Fahy, R. F. (2019). U.S. fire deaths, fire death rates, and risk factors. NFPA.
9. Brushlinsky, N., Sokolov, S., Wagner, P., Hall, J. R. (2005). World fire statistics, Report № 10. CTIF. Available at: <https://ctif.org/world-fire-statistics>
10. Karter, M. J., Molis, J. L. (2022). U.S. fire department profile 2020. NFPA.
11. National Fire Protection Association. (2020). NFPA 1710. NFPA.
12. National Fire Protection Association. (2020). NFPA 1720. NFPA.
13. Ministère de l’Intérieur. (2022). Les statistiques des services d’incendie et de secours. DGSCGC.
14. Brushlinsky, N., Sokolov, S., Wagner, P., Hall, J. R. (2023). World fire statistics, Report № 28. CTIF. Available at: <https://ctif.org/world-fire-statistics>

Надійшла до редколегії: 10.03.2026

Прийнята до друку: 13.04.2026

Дата публікації (оприлюднення): 30.05.2026