

*Калугін В.Д.¹, д-р хім. наук, професор, Коврегін В.В.¹, канд. техн. наук, доцент,
Тютюник В.В.¹, канд. техн. наук, ст. наук. співр., Черногор Л.Ф.², д-р фіз.-мат. наук, проф.,
Шевченко Р.І.¹, канд. техн. наук, ст. наук. спів.*

*(¹ Національний університет цивільного захисту України
² Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна)*

ОЦІНКА РІВНЯ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СТАНУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

У роботі представлено підхід до оцінки рівня пожежної небезпеки України на основі аналізу її інтегрального показника стану життєдіяльності – енергії техногенного походження, яка споживається в процесах функціонування регіонів держави. Цей підхід є основою для оцінки ступеня ризику життєдіяльності природно-техногенно-соціальної системи України та розробки ефективної комплексної системи запобігання надзвичайним ситуаціям (НС) природного та техногенного походження.

Ключові слова: пожежна небезпека, пожежний ризик, небезпека життєдіяльності, енергетичний підхід, комплексна система запобігання надзвичайним ситуаціям

Обґрунтування проблеми. Сучасні умови існування, розвитку та взаємодії природного, техногенного та соціального середовищ [1 – 3] вказують на необхідність забезпечення умов життєдіяльності в Україні відповідному рівню безпеки шляхом створення ефективної системи моніторингу, запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру [4].

Одним з актуальних напрямків розробки такої системи безпеки є забезпечення стану стабільного функціонування природно-техногенно-соціальної системи (ПТС системи) України в умовах прояву пожежної небезпеки, який потребує комплексного вивчення як безпосередньо умов зародження та розвитку пожежної небезпеки, так і взаємозв'язків, що впливатимуть надалі на каскадні прояви небезпек різного характеру. Для цього необхідне формування об'єктивних критеріїв, які, по-перше, мають визначати рівень доцільності застосування запропонованих заходів з підвищення рівня безпеки ПТС системи, по-друге, будуть основою для створення відповідної системи захисту.

У якості критерію оцінки стану пожежної небезпеки ПТС системи пропонується використовувати показник ступеня пожежного ризику, поєднавши його з внутрішніми соціально-промислово-енергетичними показниками системи.

Аналіз останніх досліджень. Відомі в науковій літературі [5 – 8] методи до оцінки ризику небезпеки функціонування ПТС системи базуються на двох підходах: ймовірностатистичному й експертному аналізах і не враховують фізико-хімічних основ процесів, що протікають при виникненні попередніх факторів небезпеки, розвитку НС та їх енергетику руйнівного впливу. Тому, вказані в [5 – 8] підходи виконують функцію декларативності небезпек за рівнем їх можливого руйнівного впливу на стан нормального функціонування ПТС системи.

При розв'язанні проблеми формування системи комплексних заходів для запобігання НС різної природи виникає необхідність дослідження особливостей процесів зародження та виникнення НС і їх взаємного впливу в умовах територіально-часового розподілу джерел небезпеки [9, 10].

Своєю чергою, проведення відповідних досліджень оцінки пожежного ризику необхідно проводити на основі вивчення кінетики й енергетики рознесених по території України джерел пожежної небезпеки, що дає змогу сформулювати мету роботи.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою цієї роботи є розвиток уявлень про оцінку пожежного стану (ступеня пожежного ризику) ПТС системи України на основі дослідження ди-

наміки й енергетики її функціонування за умов рознесення у просторі та часі джерел пожежної небезпеки й їх небезпечного впливу на нормальні умови життєдіяльності держави.

Статистичні дані за рівнем пожежного стану, відповідно до [11], в областях України представлено на рис. 1.

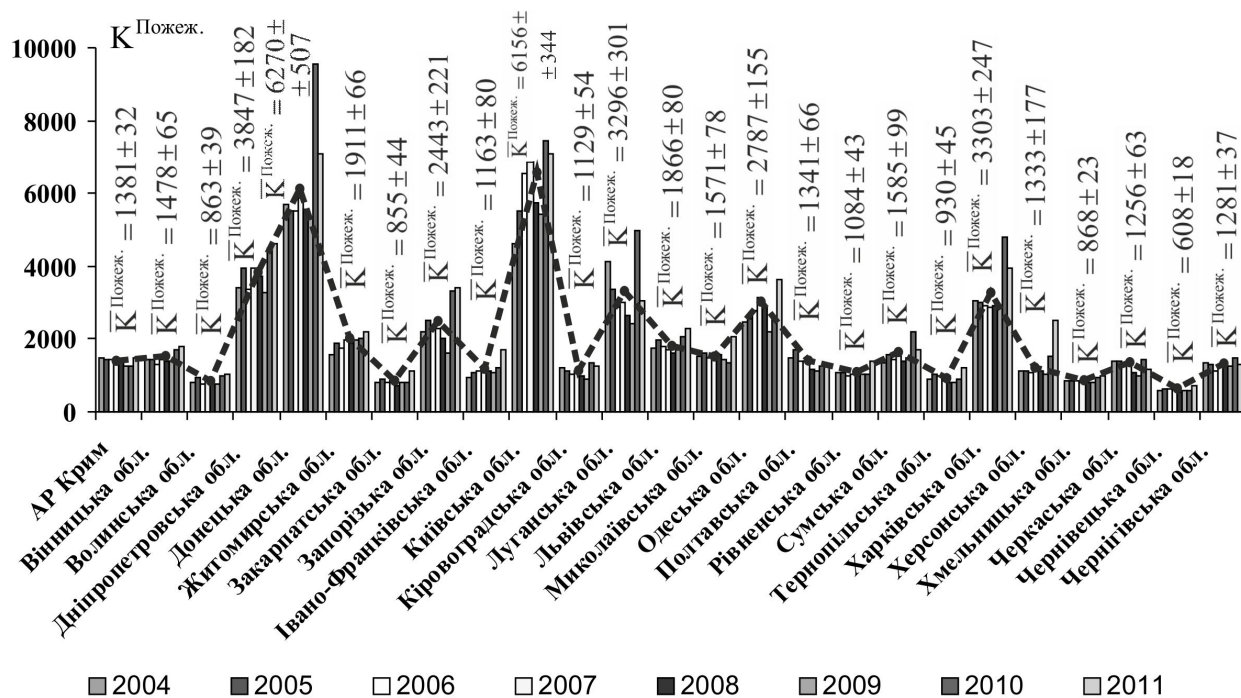


Рис. 1. Розподіл номінальної кількості ($K^{\text{Пожеж}}$) та середньорічної кількості ($\bar{K}^{\text{Пожеж}}$) виникнення пожеж і загорянь в областях України за період 2004 – 2011 рр.

Розподіл співвідношення кількості пожеж за місцем виникнення представлено на рис. 2.

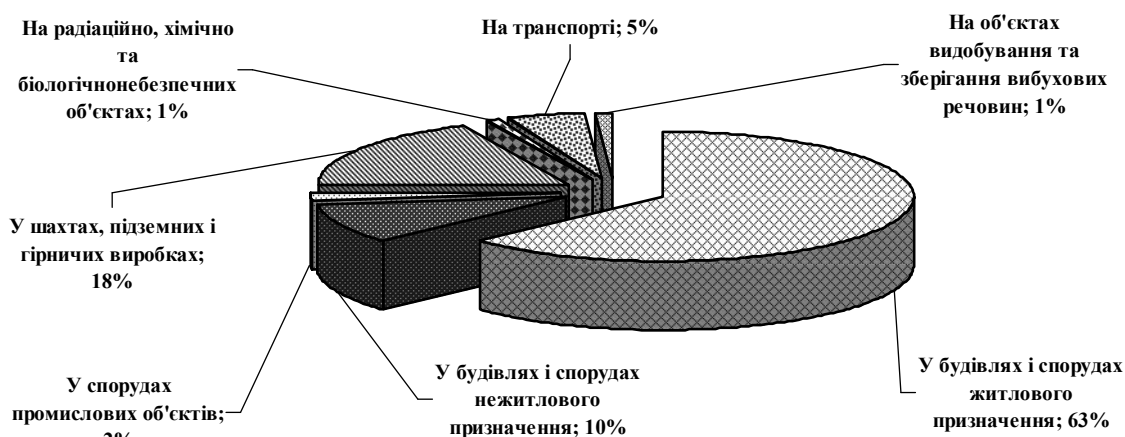


Рис. 2. Розподіл співвідношення кількості пожеж за місцем виникнення [11]

Як видно з рис. 2, основна кількість пожеж – це пожежі у будівлях і спорудах житлового та нежитлового призначення ($\approx 73\%$). Решту становлять техногенні пожежі на різного типу потенційно-небезпечних об'єктах ($\approx 27\%$).

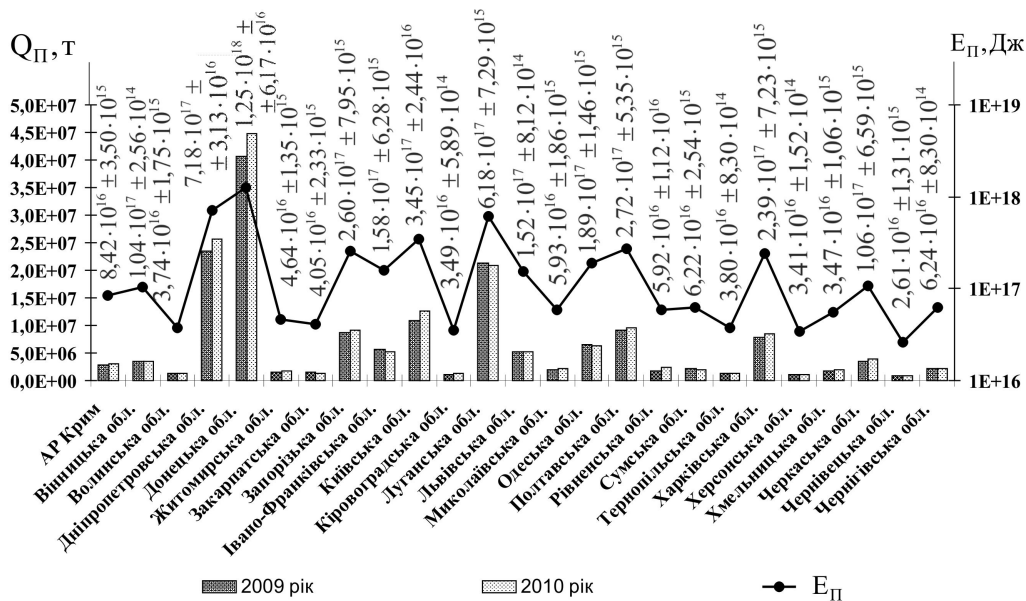


Рис. 3. Об'єми (в тоннах умовного палива) використаного протягом 2009 та 2010 років різного роду палив в областях України та їх середня енергія [12]

Процеси життєдіяльності соціумів і функціонування потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) визначають рівень енергетичного завантаження регіонів. Це уявлення цілком узгоджується з нашими уявленнями про те, що умови нормального функціонування ПТС системи визначаються умовами балансу енергій природного та техногенного походження, необхідних для протікання процесів життєдіяльності на всіх життєвих рівнях [9, 10], та дає змогу класифікувати енергетичний запас за об'ємами енергії техногенного походження областей України як інтегральний показник рівня пожежної небезпеки території держави.

Енергію техногенного походження представимо як суму ($E^T = E_{П} + E_E$) енергій усіх видів палив ($E_{П}$) та електричної енергії різного походження (E_E).

Енергію загального об'єму різного роду палива, що використано протягом року в регіонах державі, за даними, які оприлюднені Державним комітетом статистики України [12], представлено на рис. 3. Усі види палива перераховано з натуральних значень в умовні значення за вугільним еквівалентом ($7000 \text{ ккал/кг} \approx 29,3 \text{ МДж/кг}$).

Кількість електричної енергії (E_E), спожитої в Україні, за даними [12] представлено на рис. 4.

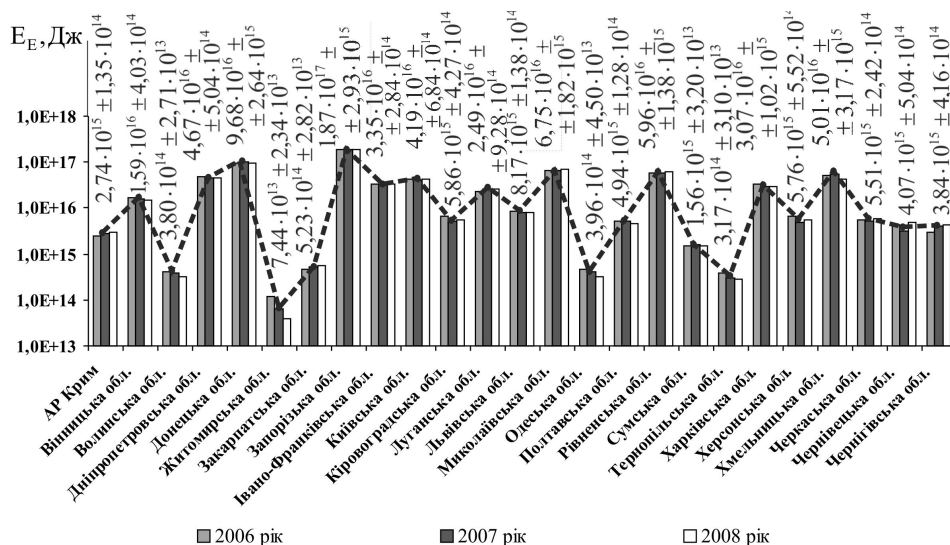


Рис. 4. Кількість електричної енергії, спожитої протягом 2006 – 2008 років в Україні [12]

Наведені на рис. 3 дані за об'ємами (Q_{Π}) та енергією (E_{Π}) різного роду палива, що використано протягом року регіонами України, вказують на те, що щорічно кожним регіоном використовується приблизно $10^5 - 10^7$ тонн умовного палива, що становить $E_{\Pi} \approx 10^{16} - 10^{18}$ Дж. Найбільшим споживачем палива виступає Донецька обл. ($E_{\Pi} \approx 1,25 \cdot 10^{18}$ Дж), а найменшим – Чернівецька обл. ($E_{\Pi} \approx 2,61 \cdot 10^{16}$ Дж).

Аналіз наведених на рис. 4 даних за об'ємами споживання електричної енергії протягом року областями України вказує, що щорічно кожна область має у розпорядженні приблизно $2 \cdot 10^7 - 5 \cdot 10^{10}$ кВт·год електричної енергії. За рівнем споживання електричної енергії на першому місці знаходиться Запорізька обл. ($E_E \approx 1,9 \cdot 10^{17}$ Дж). На ступінь нижче знаходяться Донецька обл. ($E_E \approx 9,7 \cdot 10^{16}$ Дж), Київська обл. ($E_E \approx 4,2 \cdot 10^{16}$ Дж), Дніпропетровська обл. ($E_E \approx 4,7 \cdot 10^{16}$ Дж) та Харківська обл. ($E_E \approx 3,1 \cdot 10^{16}$ Дж). На останньому місці знаходиться Житомирська обл. ($E_E \approx 7,4 \cdot 10^{13}$ Дж).

Оцінити соціальні умови функціонування областей України можна за ступенем взаємозв'язку між обсягами споживання ними енергії техногенного походження та кількістю населення. Так, розподіл середньодобової енергії $\bar{E}^T = E^T/365$, як інтегрального показника рівня життєдіяльності, та кількістю населення ($N^{\text{Насел.}}$) в областях України представлено на рис. 5.

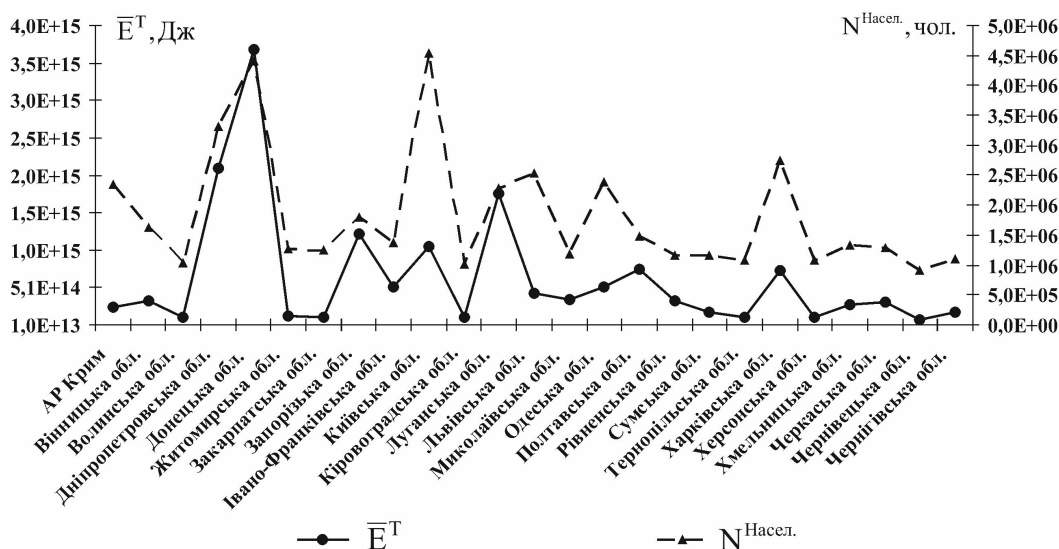


Рис. 5. Розподіл по регіонах України середньодобової енергії техногенного походження та кількості населення

Так, відповідно до представленої на рис. 5 діаграми кількості населення по регіонах України, найбільш заселеними областями є Київська ($N^{\text{Насел.}} \approx 4,5$ млн чол.) та Донецька ($N^{\text{Насел.}} \approx 4,4$ млн чол.). Також, значно заселеними є Дніпропетровська ($N^{\text{Насел.}} \approx 3,3$ млн чол.), Харківська ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,7$ млн чол.) та Львівська ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,5$ млн чол.). Найменш заселеною є Чернівецька обл. ($N^{\text{Насел.}} \approx 0,9$ млн чол.).

Для оцінки рівня кількісної відповідності між показниками \bar{E}^T та $N^{\text{Насел.}}$, значення яких для регіонів України представлено на рис. 5, застосовано кореляційний підхід у вигляді [13]:

$$r_{\bar{E}^T N^{\text{Насел.}}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i^T - \bar{E}^{T*}) (N_i^{\text{Насел.}} - N^{\text{Насел.*}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{E}_i^T - \bar{E}^{T*})^2 \sum_{i=1}^n (N_i^{\text{Насел.}} - N^{\text{Насел.*}})^2}}, \quad (1)$$

де $r_{\bar{E}^T N^{\text{Насел.}}}$ – коефіцієнт кореляції; \bar{E}^T та $N^{\text{Насел.}}$ – середні значення по території України показників \bar{E}^T та $N^{\text{Насел.}}$; n – кількість регіонів України.

Відповідно до виразу (1), динаміка показників \bar{E}^T і $N^{\text{Насел.}}$, яка представлена на рис. 5, характеризується ступенем кореляції на рівні $r_{\bar{E}^T N^{\text{Насел.}}} \approx 0,77$.

Перевірка значимості коефіцієнтів кореляції показала, що спостережуване значення критерію визначається, як:

$$T_C = r_{\bar{E}^T N^{\text{Насел.}}} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{\bar{E}^T N^{\text{Насел.}}}^2}}, \quad (2)$$

де $n = 25$ – об'єм вибірки.

Критична точка розподілу Стьюдента ($t_{\text{кр}}(\alpha; k)$), за заданим рівнем значимості $\alpha = 0,05$ і числом рівнів свободи $k = n - 2 = 23$, дорівнює $t_{\text{кр}}(\alpha; k) \approx 2,07$.

Отримані результати розрахунків свідчать про можливість відкинути нульову гіпотезу ($|T_C| > t_{\text{кр}}(\alpha; k)$) і констатувати наявність кореляції між об'ємами споживання регіонами України енергії техногенного походження (\bar{E}^T) та кількістю населення ($N^{\text{Насел.}}$), яку представлено у графічній залежності на рис. 6. Ця залежність вказує на існування декількох варіантів життєдіяльності регіонів України.

Перший варіант (лінія А) характеризується узагальнено-усередненими показниками споживання енергії \bar{E}^T та чисельністю проживання населення. Так, за цим варіантом функціонує переважна більшість областей України. Виняток становлять деякі регіони у яких соціально-енергетичні ($N^{\text{Насел.}} - \bar{E}^T$) умови життєдіяльності відповідають другому варіанту – лінія Б.

Так, за другим варіантом (лінія Б) динаміки $N^{\text{Насел.}} - \bar{E}^T$ показників функціонує Київська ($N^{\text{Насел.}} \approx 4,5$ млн чол., $\bar{E}^T \approx 1061$ ТДж), Харківська ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,8$ млн чол., $\bar{E}^T \approx 738$ ТДж), Одеська ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,4$ млн чол., $\bar{E}^T \approx 518$ ТДж), Львівська ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,6$ млн чол., $\bar{E}^T \approx 438$ ТДж) області та АР Крим ($N^{\text{Насел.}} \approx 2,4$ млн чол., $\bar{E}^T \approx 238$ ТДж). У цих регіонах чисельність населення перевищує чисельність населення у регіонах з аналогічним рівнем споживання енергії техногенного походження, які відповідають умовам життєдіяльності за варіантом А.

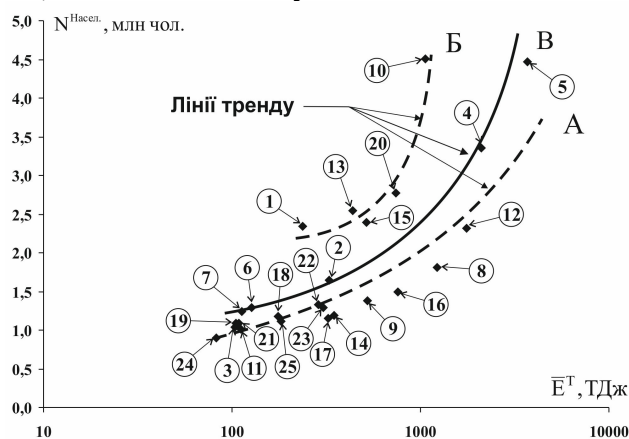


Рис. 6. Графічні залежності між середньодобовою енергією техногенного походження та кількістю населення регіонів України: 1 – АР Крим; 2 – Вінницька обл.; 3 – Волинська обл.; 4 – Дніпропетровська обл.; 5 – Донецька обл.; 6 – Житомирська обл.; 7 – Закарпатська обл.; 8 – Запорізька обл.; 9 – Івано-Франківська обл.; 10 – Київська обл.; 11 – Кіровоградська обл.; 12 – Луганська обл.; 13 – Львівська обл.; 14 – Миколаївська обл.; 15 – Одеська обл.; 16 – Полтавська обл.; 17 – Рівненська обл.; 18 – Сумська обл.; 19 – Тернопільська обл.; 20 – Харківська обл.; 21 – Херсонська обл.; 22 – Хмельницька обл.; 23 – Черкаська обл.; 24 – Чернівецька обл.; 25 – Чернігівська обл.

У варіант В об'єднані масиви даних за якими будувались лінії А і Б.

Апроксимація ліній тренду реалізована на інтервалі $\bar{E}^T = 80 - 3700$ ТДж показниковими функціями у вигляді:

$$N^{\text{Насел.}} = 0,22(\bar{E}^T)^{0,33} - \text{лінія А,} \quad (3)$$

$$N^{\text{Насел.}} = 0,25(\bar{E}^T)^{0,39} - \text{лінія Б,} \quad (4)$$

$$N^{\text{Насел.}} = 0,19(\bar{E}^T)^{0,37} - \text{лінія В,} \quad (5)$$

де \bar{E}^T – в ТДж (1ТДж = 10^{12} Дж), $N^{\text{Насел.}}$ – в млн чол.

Достовірність апроксимації залежності $N^{\text{Насел.}} = \varphi(\bar{E}^{\text{Тех.}})$ регресійними рівняннями (3) – (5) визначена через коефіцієнт детермінації (R^2), який визначає частку розкиду, що враховується регресією ($\hat{N}_i^{\text{Насел.}}$), у загальному розкиді результативної ознаки $N_i^{\text{Насел.}}$, як [13]:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{N}_i^{\text{Насел.}} - N^{\text{Насел.*}})^2}{\sum_{i=1}^n (N_i^{\text{Насел.}} - N^{\text{Насел.*}})^2}, \quad (6)$$

де $N^{\text{Насел.*}}$ – середнє значення $N_i^{\text{Насел.}}$ ($i=1..n$); $\hat{N}_i^{\text{Насел.}}$ – вирівняне значення показника $N_i^{\text{Насел.}}$; n – кількість регіонів України.

Таким чином, значення коефіцієнтів детермінації для ліній тренду представлених на рис. 6 дорівнюють: $R^2 \approx 0,83$ (лінія А); $R^2 \approx 0,65$ (лінія Б); $R^2 \approx 0,69$ (лінія В).

Різниця у характері залежностей $\bar{E}^T - N^{\text{Насел.}}$ (лінії А, Б та В на рис. 6) по регіонах значною мірою визначається тим, що у результаті діяльності соціуму в регіонах України будуються об'єкти різного функціонального призначення, протилежною складовою функціонування яких є те, що більшість таких об'єктів є ПНО об'єктами (рис. 2) та можуть генерувати умови виникнення небезпек різного походження, які дестабілізуюче впливають на загальний стан безпеки держави.

Так, серед широкого спектра розподілених по території України об'єктів функціонування (за даними Державного реєстру потенційно небезпечних об'єктів [14]) фактичну небезпеку для нормального функціонування ПТС системи становлять 14 562 об'єктів ПНО, до складу яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин та ін.

Розподіл по регіонах України кількості ПНО за пожежною небезпекою ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}}$), за даними наведеними у [11, 14], та середньодобовим рівнем споживання енергії \bar{E}^T , як інтегральним показником рівня життєдіяльності, представлено на рис. 7.

Так, наведені на рис. 7 дані за об'ємами \bar{E}^T , що споживається регіонами України, вказують, що найбільшим споживачем виступає Донецька обл. ($\bar{E}^T \approx 3,69 \cdot 10^{15}$ Дж; $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 872$ об'єкти), а найменшим споживачем палива є Чернівецька обл. ($\bar{E}^T \approx 8,28 \cdot 10^{13}$ Дж; $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 170$ об'єктів). Дніпропетровська ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 651$ об'єкт), Запорізька ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 759$ об'єктів) та Харківська ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 1088$ об'єкта) області також характеризуються відносно високим рівнем споживання $\bar{E}^T \approx 7 \cdot 10^{14} - 2 \cdot 10^{15}$ Дж. Ці результати свідчать, що між показниками \bar{E}^T і $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}}$ існує стійка кореляція на рівні $r_{\bar{E}^T K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}}} \approx 0,58$.

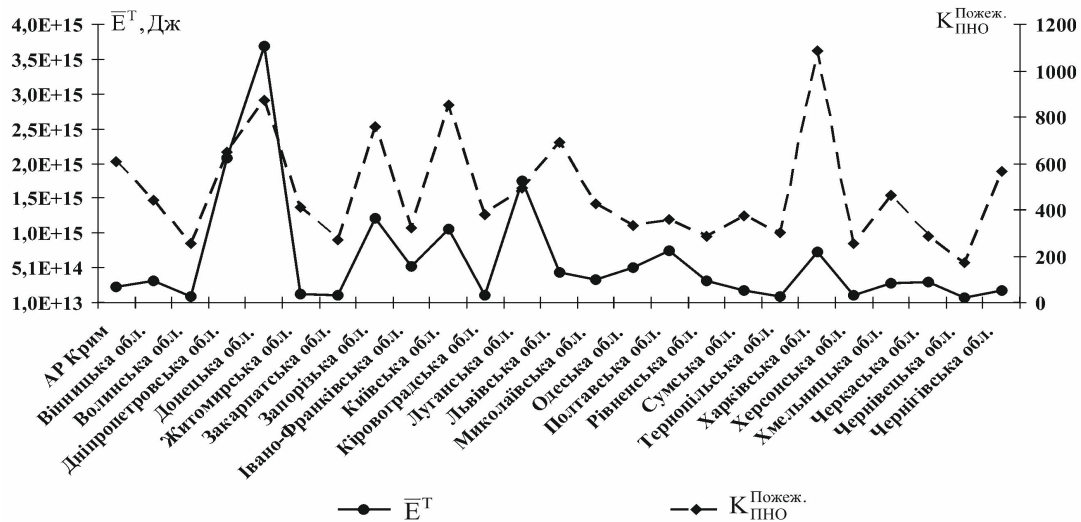


Рис. 7. Розподіл по регіонах України середньодобової енергії техногенного походження та кількості небезпечних пожежних об'єктів

Отримані результати розрахунків $r_{E^T K^{\text{ПНО}}}$ свідчать про можливість відкинути нульову гіпотезу ($|T_C| > t_{кр}(\alpha; k)$) і констатувати наявність кореляції між територіальним розподілом по регіонам України кількістю ПНО ($K^{\text{ПНО}}$) і середньодобовим рівнем споживання енергії (\bar{E}^T), яку представлено у графічній залежності на рис. 8, де функціональна залежність вказує на існування також декількох варіантів техногенної діяльності регіонів України.

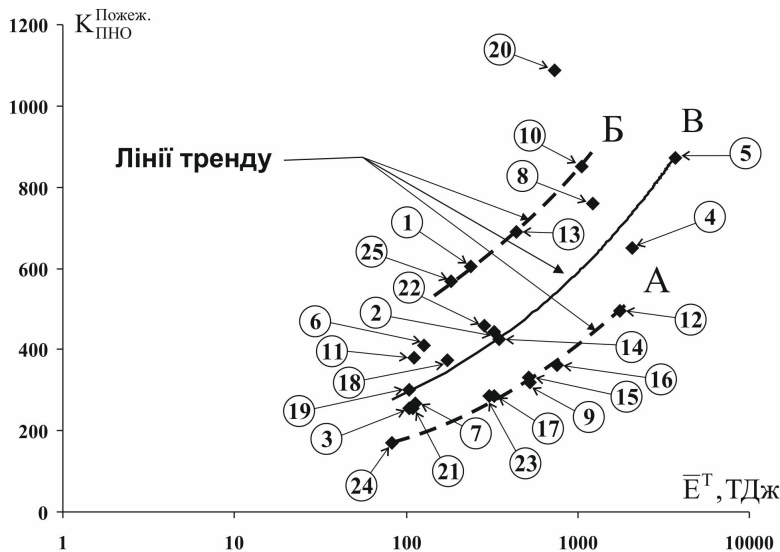


Рис. 8. Графічна залежність між середньодобовою енергією техногенного походження та кількістю небезпечних пожежних об'єктів (нумерація областей наведена у алфавітному порядку і відповідає рис. 6)

Перший варіант (лінія Б) характеризується узагальнено-усередненими показниками споживання енергії \bar{E}^T та кількості небезпечних пожежних об'єктів. Так, за цим варіантом функціонує переважна більшість регіонів України. Винятком будуть ті регіони, у яких промислово-енергетичні ($K^{\text{ПНО}} - \bar{E}^T$) умови життєдіяльності відповідають другому варіанту – лінія А.

Так, за другим варіантом динаміки $K^{\text{ПНО}} - \bar{E}^T$ показників функціонує Київська ($K^{\text{ПНО}} = 850$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 1061$ ТДж), Харківська ($K^{\text{ПНО}} = 1088$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 738$ ТДж),

Запорізька ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 759$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 1224$ ТДж), Львівська ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 690$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 438$ ТДж), Чернігівська ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 568$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 182$ ТДж) області та АР Крим ($K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 606$ об'єктів, $\bar{E}^T \approx 238$ ТДж). У цих регіонах кількість небезпечних пожежних об'єктів перевищує кількість ПНО у регіонах з аналогічним рівнем споживання енергії техногенного походження, які відповідають умовам життєдіяльності за варіантом Б.

У варіант В об'єднані масиви даних за якими будувались лінії А і Б.

Апроксимація ліній тренду реалізована на інтервалі $\bar{E}^T = 80 - 3700$ ТДж показниковими функціями у вигляді:

$$K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 38,67(\bar{E}^T)^{0,34} - \text{лінія А}, \quad (7)$$

$$K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 181,33(\bar{E}^T)^{0,23} - \text{лінія Б}, \quad (8)$$

$$K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 72,54(\bar{E}^T)^{0,30} - \text{лінія В}, \quad (9)$$

де \bar{E}^T – в ТДж, $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}}$ – в одиницях об'єктів.

Достовірність апроксимації залежності $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = \mu(\bar{E}^T)$ регресійними рівняннями (7) – (9) визначена через розрахунок коефіцієнтів R^2 , відповідно до виразу (6). Значення коефіцієнтів детермінації дорівнюють: $R^2 \approx 0,99$ (лінія А); $R^2 \approx 0,56$ (лінія Б); $R^2 \approx 0,49$ (лінія В).

Основними наслідками життєдіяльності населення та функціонування небезпечних пожежних об'єктів є виникнення умов зародження та розвитку пожежної ситуації на території України. У якості інтегрального показника функціонування території держави в умовах пожежної безпеки у роботі запропоновано застосувати показник рівня використання регіонами енергії техногенного походження, як суми електроенергії та енергії різних видів палива. Тому, на основі кореляційного аналізу між об'ємами споживання регіонами України середньодобової енергії техногенного походження та територіально-регіональною динамікою пожеж, надалі у роботі проведено дослідження взаємного впливу техногенно-соціальних складових ПТС системи на стан її пожежної безпеки.

Розподіл середньодобової енергії техногенного походження та середньодобової частоти виникнення пожеж ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} = \bar{K}^{\text{Пожеж.}}/365$) по регіонах України представлено на рис. 9.

Аналіз представленого на рис. 9 регіонального розподілу середньодобової періодичності виникнення пожеж свідчить, що щодоби в регіонах України виникає приблизно від 2-ох до 17-ти пожеж. Найбільшому рівню пожежної небезпеки відповідають Донецька обл. ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 17,18$ пожеж/добу) та Київська обл. ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 16,87$ пожеж/добу). Регіонами, у яких найменший рівень пожежної небезпеки є Чернівецька ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 1,67$ пожеж/добу), Закарпатська ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 2,34$ пожеж/добу), Хмельницька ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 2,38$ пожеж/добу) та Тернопільська ($\bar{F}^{\text{Пожеж.}} \approx 2,55$ пожеж/добу) області. Це корелює з даними рис. 5 по регіональному розподілу чисельності населення та з даними рис. 7 по регіональному розподілу кількості небезпечних пожежних об'єктів: так у Донецькій обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 4,4$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 872$ об'єкта; у Київській обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 4,5$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 850$ об'єктів; у Чернівецькій обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 0,9$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 170$ об'єктів; у Закарпатській обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 1,2$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 268$ об'єктів; у Хмельницькій обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 1,3$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 460$ об'єктів; у Тернопільській обл. – $N^{\text{Насел.}} \approx 1,1$ млн. чол., $K_{\text{ПНО}}^{\text{Пожеж.}} = 302$ об'єктів.

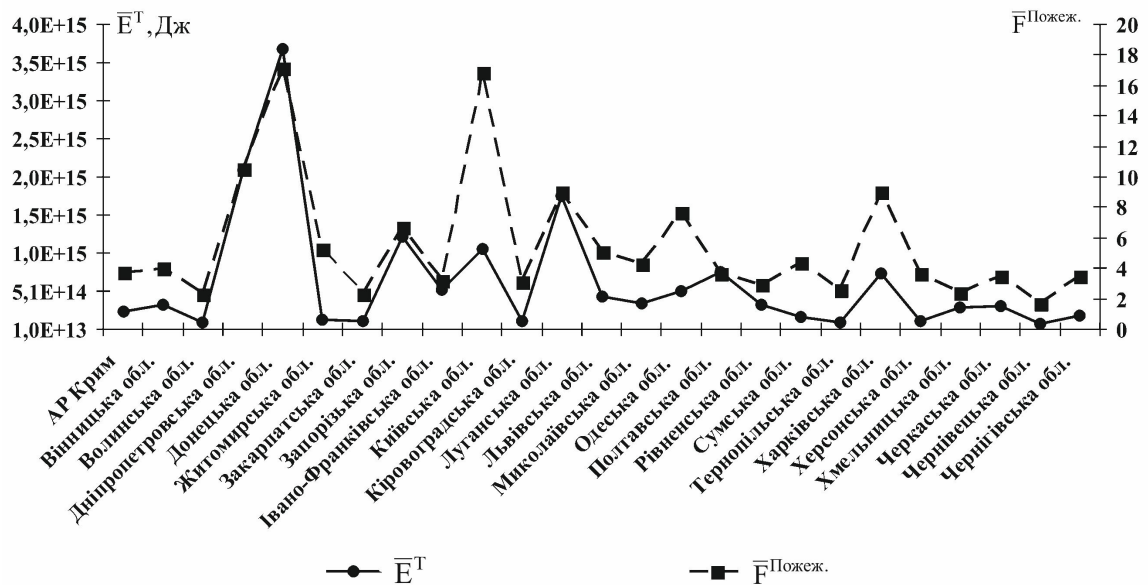


Рис. 9. Розподіл по регіонах України середньодобової енергії техногенного походження та середньодобової частоти виникнення пожеж

Представлена на рис. 9 динаміка показників \bar{E}^T і $\bar{F}^{\text{Пож.}}$. характеризується, у відповідності з виразом (1), ступенем кореляції за умов аналізу всіх областей України на рівні $\Gamma_{E^T \bar{F}^{\text{Пож.}}} \approx 0,82$.

Розбіжності, характерні для деяких адміністративно-територіальних одиниць, що призводять до зменшення кореляції у західних та південних областях України, пов'язані, на наш погляд, з нехтуванням такими факторами: нерівномірністю розподілу по регіонах держави населення та ПНО; нерівномірністю внеску пожежної небезпеки будівель та споруд житлового призначення, а відповідно нерівномірністю розподілу по областях різного рівня населених пунктів та різною ефективністю системи протипожежного захисту.

Перевірка значимості коефіцієнтів кореляції визначила наявність взаємозв'язку між показниками \bar{E}^T і $\bar{F}^{\text{Пож.}}$, яку представлено у графічній залежності на рис. 10.

Як видно з рис. 10, функціональна залежність вказує на існування декількох рівнів стану пожежної небезпеки областей України.

Так, до першого рівня відноситься переконлива більшість областей України, які характеризуються відносно невеликими значеннями показників \bar{E}^T і $\bar{F}^{\text{Пож.}}$.

Другий та третій рівні характеризуються пожежно навантаженими регіонами.

До другого рівня відносяться такі області, як Харківська ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 9,05$ пожеж/добу; $\bar{E}^T \approx 738$ ТДж), Луганська ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 9,03$ пожеж/добу; $\bar{E}^T \approx 1762$ ТДж), Одеська ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 7,64$ пожеж/добу; $\bar{E}^T \approx 518$ ТДж) та Запорізька ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 6,69$ пожеж/добу; $\bar{E}^T \approx 1224$ ТДж).

До третього рівня відносяться такі великі адміністративно-промислові області, як Донецька ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 17,18$ пожеж/добу; $\bar{E}^T = 3695$ ТДж), Київська ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 16,87$ пожеж/добу; $\bar{E}^T = 1061$ ТДж) та Дніпропетровська ($\bar{F}^{\text{Пож.}} \approx 10,54$ пожеж/добу; $\bar{E}^T = 2095$ ТДж).

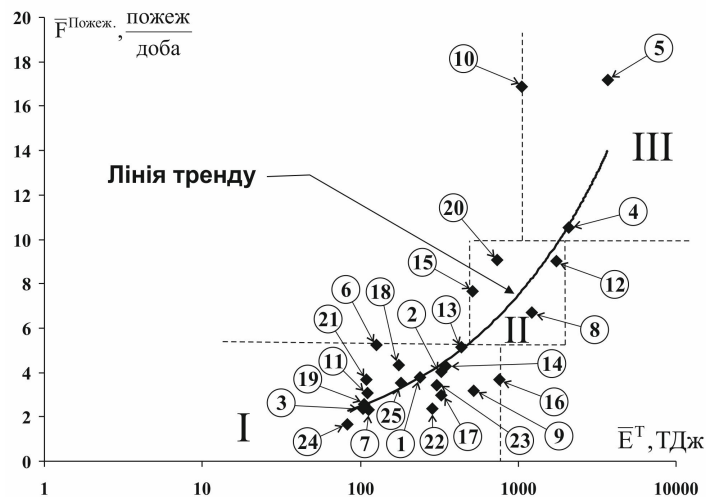


Рис. 10. Графічна залежність між середньодобовою енергією техногенного походження та середньодобовою частотою виникнення пожеж

Апроксимація лінії тренду реалізована на інтервалі $\bar{E}^T = 80 - 3700$ ТДж показниковою функцією у вигляді:

$$\bar{F}^{\text{Пожеж.}} = 0,27(\bar{E}^T)^{0,48}, \quad (10)$$

де \bar{E}^T – в ТДж.

Достовірність апроксимації залежності $\bar{F}^{\text{Пожеж.}} = \phi(\bar{E}^T)$ регресійним рівнянням (10) визначена через розрахунок коефіцієнтів R^2 , відповідно до виразу (6). Значення коефіцієнту детермінації $R^2 \approx 0,69$.

Таким чином, результати проведених досліджень пожежної небезпеки областей України на основі соціально-промислово-енергетичного підходу дасть змогу раціоналізувати територіальне розміщення центрів моніторингу попередніх факторів небезпек, центрів збору й обробки фактичної інформації, прогнозування надзвичайних ситуацій та розробки антикризових рішень, а також пожежно-рятувальних та аварійно-рятувальних підрозділів, з метою розробки ефективної системи моніторингу, запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій природного, техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки. У якості критерію оцінки ефективності такої системи пропонується, як наголошувалось раніше, використати показник ступеня пожежного ризику.

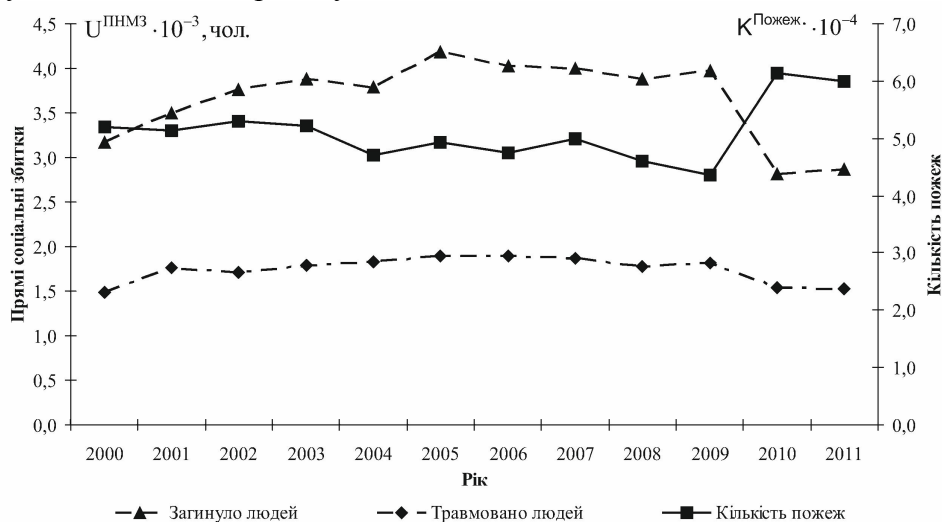


Рис. 11. Динаміка кількості пожеж в Україні та кількості загиблих і травмованих від них за період 2000 – 2011 рр.

Так, оцінити ступінь середньодобового пожежного ризику $\bar{R}^{\text{Пожеж.}}$ території держави, з урахуванням її $N^{\text{Насел.}}$ – $K^{\text{Пожеж.}}$ – \bar{E}^{Γ} властивостей ПТС системи, можна як:

$$\bar{R}^{\text{Пожеж.}} = \bar{F}^{\text{Пожеж.}} \cdot U^{\text{ПЗ}}, \quad (11)$$

де $U^{\text{ПЗ}} = U^{\text{ПМЗ}} + U^{\text{ПНМЗ}}$ – прямий збиток ПТС системи [10], $U^{\text{ПМЗ}}$ – прямий (в умовах безпосередньої дії небезпечних факторів пожежі) матеріальний збиток; $U^{\text{ПНМЗ}}$ – прямий нематеріальний (соціальний) збиток.

Прямий соціальний збиток в умовах пожежі характеризується двома складовими: наслідками, пов'язаними з кількістю загиблих ($U^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Загibl.}}$), та наслідками, пов'язаними з кількістю травмованих ($U^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Травм.}}$). Динаміку загиблих і травмованих осіб від пожеж в Україні, за період 2000 – 2011 рр. за даними [11], представлено на рис. 11.

Представлені на рис. 11 залежності дають змогу визначити питомий рівень соціальних наслідків на одну пожежу, як:

$$\bar{U}^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Загibl.}} = \frac{\sum_{i=0}^{K^{\text{Пожеж.}}} U^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Загibl.},i}}{K^{\text{Пожеж.}}}; \quad \bar{U}^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Травм.}} = \frac{\sum_{i=0}^{K^{\text{Пожеж.}}} U^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Травм.},i}}{K^{\text{Пожеж.}}}, \quad (12)$$

де $K^{\text{Пожеж.}}$ – кількість пожеж.

Результати розрахунків за даними рис. 11, відповідно до виразу (8), представлені у табл. 1.

Таблиця 1
Значення питомого прямого нематеріального збитку від пожеж в Україні за період 2000 – 2011 рр.

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Загинуло людей												
$\bar{U}^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Загibl.}}$	0,061	0,068	0,071	0,074	0,080	0,085	0,085	0,080	0,084	0,091	0,046	0,048
Середнє значення	0,073 ± 0,003											
Травмовано людей												
$\bar{U}^{\text{ПНМЗ}}_{\text{Травм.}}$	0,029	0,034	0,032	0,034	0,039	0,038	0,040	0,037	0,039	0,042	0,025	0,025
Середнє значення	0,035 ± 0,001											

Прямі матеріальні збитки на фоні загальної кількості пожеж в Україні за період 2000 – 2011 рр. представлено на рис. 12.

Представлені на рис. 12 залежності дають змогу визначити питомий рівень матеріального збитку на одну пожежу як:

$$\bar{U}^{\text{ПМЗ}} = \frac{\sum_{i=0}^{K^{\text{Пожеж.}}} U^{\text{ПМЗ}}_i}{K^{\text{Пожеж.}}}. \quad (13)$$

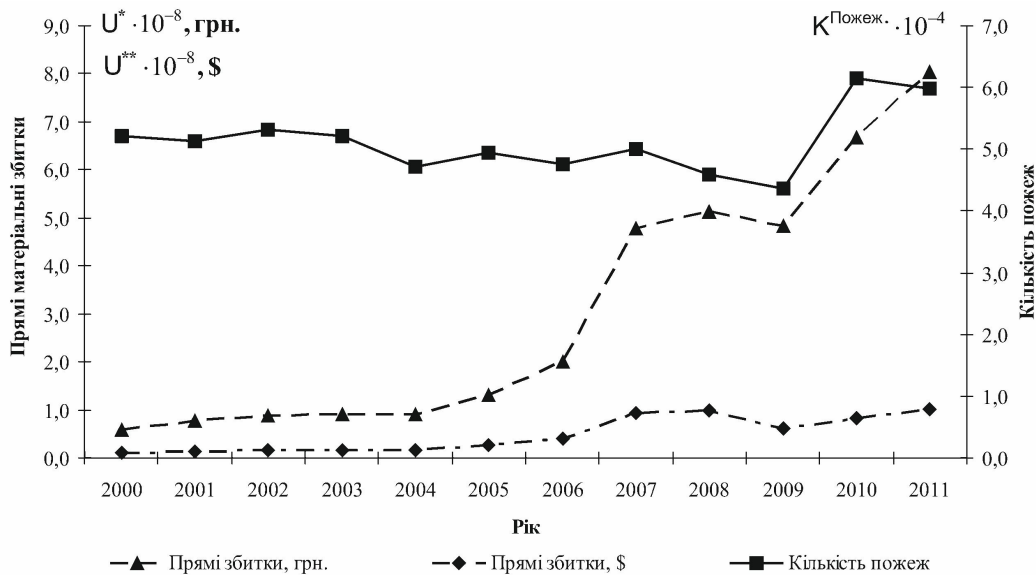


Рис. 12. Динаміка кількості пожеж в Україні та рівня прямого матеріального збитку за період 2000 – 2011 рр.

Результати розрахунків за даними рис. 12, у відповідності з підходом (9), представлені у табл. 2.

Таблиця 2

Значення питомого прямого матеріального збитку від пожеж в Україні за період 2000 – 2011 рр.

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
$\bar{U}_{\text{ПМЗ}}^{**}, \$$	204,9	282,2	314,5	321,7	361,1	514,0	835,3	1893,5	2122,1	1423,8	1368,5	1681,1
Середнє значення	943,6 ± 205,0											

У рамках оцінки пожежного ризику за даними табл. 1 та 2 встановлено, що: а) чисельність загиблих на пожежах, за суттєво великий інтервал часу (2000 – 2011 рр.), вдвічі більша від кількості травмованих; б) матеріальні збитки за вказаний період (за 12 років) у доларовому еквіваленті збільшилися у 8 – 10 разів. З цього виходить, що для істотного зниження величини матеріального та нематеріального збитку необхідно в систему протипожежного захисту включати підсистеми раннього виявлення осередків пожеж та підвищувати ефективність підсистеми пожежогасіння.

У підсумку необхідно вказати, що загальна методологія оцінки рівня пожежної небезпеки, яку представлено у роботі на прикладі рис. 6, 8 і 10 (графічні залежності між об'ємами й енергією використання палива, кількістю використання електричної енергії, чисельністю населення, кількістю ПНО, середньодобовою частотою виникнення пожеж) та математичні апроксимації у вигляді виразів (3) – (5) та (7) – (10), є основою для розробки комплексної схеми заходів для забезпечення раннього моніторингу, прогностичного аналізу, ефективного запобігання та ліквідації наслідків техногенних небезпек різної природи в Україні.

Висновки

1. У роботі продемонстровано ефективність енергетичного підходу до оцінки рівня пожежної небезпеки життєдіяльності на території України.
2. На основі розгляду енергетичних параметрів стану природно-техногенно-соціальної системи у процесах життєдіяльності населення та функціонування небезпечних пожежних об'єктів та їх негативного впливу на соціальне середовище, розроблено системний підхід і принцип територіальної оцінки пожежного ризику в Україні.
3. Встановлено аналітичні залежності між енергетичними параметрами техногенної складової ПТС системи, чисельністю населення, кількістю потенційно небезпечних об'єктів і рівнем пожежної небезпеки в областях України.
4. Представлено енергетичний підхід і отримані нові аналітичні залежності є основою для проведення подальших досліджень, спрямованих на розробку ефективної системи моніторингу та протидії надзвичайним ситуаціям техногенного характеру в Україні.

Література:

1. **Черногор Л.Ф.** Физика и экология катастроф / Л.Ф. Черногор – Х.: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2012. – 556 с.
2. **Осипов В.И.** Природные опасности и стратегические риски в мире и в России / В.И. Осипов // Экология и жизнь. – 2009. – № 11 – 12 (96 – 97). – С. 5 – 15.
3. **Азімов О.Т.** Огляд поточного стану природно-техногенної безпеки в Україні та перспективи розвитку аналітичної інтерактивної системи моніторингу надзвичайних ситуацій засобами дистанційних, телематичних та ГІС-технологій / О.Т. Азімов, П.А. Коротинський, Ю.Ю. Колесніченко // ГЕОІНФОРМАТИКА – 2006. – № 4. – С. 52 – 66.
4. **Тютюник В.В.** Основні принципи інтегральної системи безпеки при надзвичайних ситуаціях / В.В. Тютюник, Р.І. Шевченко // Зб. наук. праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2008. – Вип. 3(18). – С. 179 – 180.
5. **Питулько В.М.** Научное обеспечение управлением риска аварий и катастроф / В.М. Питулько // Инженерная экология. – 1996. – № 3. – С. 36 – 44.
6. **Сліпченко В.Г.** Еколого-економічні збитки: кількісна оцінка / В.Г. Сліпченко, Є.В. Брикун, В.В. Дергачова [та ін.]; За ред. І.В. Недіна. – К.: ІВЦ «Видавництво Політехніка», 2001. – 216 с.
7. **Гражданкин А.И.** Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов / А.И. Гражданкин, М.В. Лисанов, А.С. Печеркин // Безопасность труда в промышленности. – 2002. – № 2. – С. 12 – 20.
8. **Кондратьев В.Д.** Комплексная оценка уровня риска опасного объекта / В.Д. Кондратьев, А.В. Толстых, Б.К. Уандыков, А.В. Щепкин // Системы управления и информац. технологий. – 2004. – № 3(15). – С. 53 – 57.
9. **Тютюник В.В.** Системний підхід до оцінки небезпеки життєдіяльності при територіально-часовому розподілі енергії джерел надзвичайних ситуацій / В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, В.Д. Калугін // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Х.: НУЦЗУ, 2011. – Вип. 14. – С. 171 – 194.
10. **Калугін В.Д.** Системний підхід до оцінки ризиків надзвичайних ситуацій в Україні / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – 1/6 (55). – С. 59 – 70.
11. **Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс]** – Режим доступу: <http://www.mns.gov.ua>
12. **Паливно-енергетичні ресурси України: Статистичний збірник.** – К.: Державний комітет статистики України, 2009 – 443 с.

13. Кибзун А.И. Теория вероятностей и математическая статистика. Базовый курс с примерами и задачами / А.И. Кибзун, Е.Р. Горяинова, А.В. Наумов, А.Н. Сиротин – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 224 с.

14. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2009 році. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2011. – 383 с.

В.Д. Калугин, В.В. Коврегин, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.И. Шевченко

ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В работе представлено подход к оценке уровня пожарной опасности Украины на основе анализа ее интегрального показателя состояния жизнедеятельности – энергии техногенного происхождения, которая потребляется в процессах функционирования регионов государства. Данный подход является основой для оценки степени риска жизнедеятельности природно-техногенно-социальной системы Украины и разработки эффективной комплексной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного происхождения.

Ключевые слова: пожарная опасность, пожарный риск, опасность жизнедеятельности, энергетический подход, комплексная система предупреждения чрезвычайных ситуаций.

V.D. Kalugin, V.V. Kovregin, V.V. Tyutyunik, L.F. Chornogor, R.I. Shevchenko

ASSESSMENT OF FIRE DANGER LEVEL OF UKRAINE ON THE BASIS OF ANALYSIS OF POWER INDICATORS OF CONDITION ACTIVITY

The work presents an approach to assessment of fire danger level of Ukraine on the basis of the analysis of its integrated indicator of condition activity – energy of man-caused origin which is consumed in processes of functioning of state regions. This approach is a basis for a risk degree assessment of activity of natural, man-caused and social system of Ukraine and development of effective complex system of emergency situation (ES) prevention of natural and man-caused origin.

Key words: fire danger, fire risk, danger of activity, power approach, complex system of emergency situation prevention

