

Предко В.А., Мишенина О.С., Стрелец В.М.

Определение границ использования существующих методов расчета профессионального риска

Показано, что статистический метод целесообразно использовать как для страны в целом, так и для крупных отраслей экономики; статистический метод по объединенной выборке – как для подотраслей экономики, так и для отдельных регионов; вероятностно-статистические – для крупных предприятий; экспертно-статистический – для малых предприятий и участков; экспертный метод - для рабочего места

Ключевые слова: профессиональный риск, методы расчета, статистическая оценка, несчастный случай рабочего места

Predko V.A., Mishenina O.S., Strelec V.M.

Delimitation of the use of existing methods for calculating the occupational risk

It is shown that the statistical method should be used for the whole country or large industries; statistical method to the joint sample – for sub-industries, and individual regions; probabilistic and statistical – for large enterprises; statistical expert – for small businesses and sites; expert method - for the workplace

Key words: professional risk, calculation methods, statistical evaluation, workplace accidents

УДК 681.5

*Рогозін А.С., канд. техн. наук, докторант, НУЦЗУ,
Левченко Р.Т., ад'юнкт, НУЦЗУ*

**АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНОГО ПРОЦЕСУ ЗМІНИ ЙМОВІРНОСТЕЙ
ЗНАХОДЖЕННЯ СИЛ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В СТАНІ
ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

(представлено д-ром техн. наук Чубом І.А.)

Визначено характер перехідного процесу зміни станів залучення сил цивільного захисту до ліквідації надзвичайних ситуацій, розглядаючи залучення, як однорідний марковський процес

Ключові слова: залучення, сили цивільного захисту, ліквідація, зміна ймовірності, надзвичайна ситуація

Постановка проблеми. Забезпечення безпеки населення та території нашої країни від надзвичайних ситуацій

Аналіз перехідного процесу зміни ймовірностей знаходження сил цивільного захисту в стані ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

різного характеру є однією з головних функцій держави. Для забезпечення цивільного захисту країна витрачає відповідні матеріальні та людські ресурси. Ефективність заходів цивільного захисту залежить від адекватності ресурсного забезпечення функцій цивільного захисту існуючим загрозам різного характеру на території країни. В якості показників об'ємів завдань в плані забезпечення цивільного захисту населення та території доцільно використовувати ймовірності знаходження сил цивільного захисту регіону у стані ліквідації різної кількості надзвичайних ситуацій (НС). Для підвищення ефективності використання сил, при нарощуванні останніх за рахунок суміжних регіонів, також необхідно спиратись на ймовірності знаходження сил цивільного захисту регіонів у відповідному стані процесу ліквідації НС. Відповідно розробка підходів щодо визначення ймовірності знаходження сил цивільного захисту регіону у стані ліквідації різної кількості надзвичайних ситуацій є актуальною науковою задачею.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Групування регіонів України за показниками що характеризують територіальні особливості регіонів, інтенсивність реалізації загроз та масштабність їх наслідків розглядалися в роботі [1]. Формалізація процесу реалізації загроз природного та техногенного характеру в регіонах України присвячені роботи [2-3]. Питання пов'язані з розробкою підходів щодо визначення ймовірності знаходження сил цивільного захисту регіону у стані ліквідації різної кількості надзвичайних ситуацій не розглядалися.

Постановка завдання та його вирішення. Якісний аналіз статистичних даних щодо реалізації загроз на території країни, вказує на суттєву різницю в інтенсивності виникнення надзвичайних подій різного характеру по регіонах, зумовлену особливостями відповідних територій, рівнем їхньої урбанізації, розвитком промисловості, природними характеристиками регіону тощо [4]. Для побудови оптимізаційних моделей розподілу сил та засобів цивільного захисту якісного аналізу недостатньо, отримані результати [2, 3] щодо визначення законів розподілу виникнення надзвичайних ситуацій на території адміністративних одиниць не дають можливість об'єктивно оцінити масштабність залучення сил та засобів цивільного захисту до ліквідації НС. Отже є необхідність формалізації знаходження сил ЦЗ в стані ліквідації НС, також для побудови

оптимальних планів нарощування сил та засобів ЦЗ, для ліквідації НС, необхідно мати розрахункові співвідношення змін ймовірностей знаходження сил на території в стані ліквідації певної кількості НС. Виникнення НС на території регіону можна розглядати як дискретний випадковий процес, з постійною інтенсивністю виникнення НС [2]. Враховуючи що випадкова величина «кількість НС, яка виникає на інтервалі часу» розподілена за законом Пуассона [2, 3], процес виникнення НС на території регіону можна розглядати як марковський ланцюг. Випадковий процес виникнення НС в цьому випадку характеризується послідовністю станів

$$s_0, s_1, s_2, \dots, s_n \quad (1)$$

де s_0 – стан, коли на території регіону сили та засоби цивільного захисту не залучені до ліквідації жодної НС; s_1, s_2, \dots, s_n – стан, коли на території регіону сили та засоби цивільного захисту залучені до ліквідації одної, двох та n НС відповідно.

В силу постійності інтенсивності переходів системи із стану в стан процес є однорідним [5]. Зображення, графа процесу виникнення та ліквідації НС на території регіону, для загального випадку, представлено на рис.1.

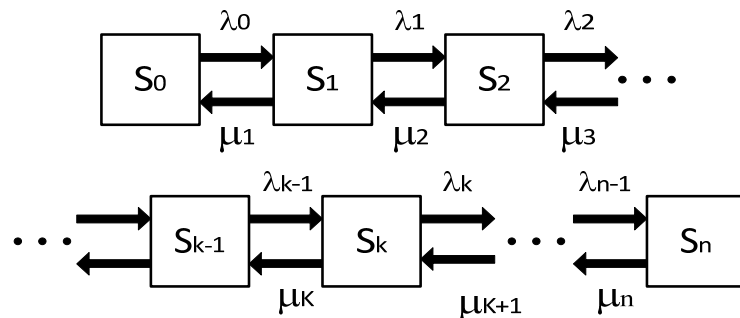


Рис. 1 – Граф станів процесу виникнення надзвичайних ситуацій на території регіону. На рисунку прийняті наступні позначення: λ_i - інтенсивність переходів системи від стану i до стану $i+1$; μ_i - інтенсивність переходів системи від стану i до стану $i-1$

Для випадку коли система має кінцеву кількість станів s_i знаходження ймовірності $p_i(t)$ перебування системи у i -ому стані здійснюється за допомогою рівнянь Колмогорова

Аналіз перехідного процесу зміни ймовірностей знаходження сил цивільного захисту в стані ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

$$\frac{dp_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n \mu_{ij} p_j(t) - p_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}; \quad (2)$$

Враховуючи нормуючу умову $\sum_{i=0}^n p_i(t) = 1$, для процесу, граф якого представлено на рис.1, рівняння (2) можна записати наступним чином

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0(t)}{dt} = \mu_1 p_1(t) - \lambda_0 p_0(t) \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = 2\mu_2 p_2(t) - \lambda_1 p_1(t) \\ \dots\dots\dots \\ \frac{dp_{n-1}(t)}{dt} = n\mu_n \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} p_i(t) \right) - \lambda_{n-1} p_{n-1}(t) \end{array} \right., \quad (3)$$

Система рівнянь (3) дозволяє задавшись початковими умовами, визначити ймовірності можливих станів процесу виникнення та ліквідації НС.

При $t \rightarrow \infty$, $\frac{dp_i(t)}{dt} \rightarrow 0$, ймовірності стану процесу виникнення та ліквідації НС отримуються в результаті рішення системи алгебраїчних рівнянь та мають наступний вид

$$\begin{aligned} p_1 &= \frac{\lambda_0}{\mu_1} p_0; \quad p_2 = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{1\mu_1 \cdot 2\mu_2} p_0; \quad p_k = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_{k-1}}{1\mu_1 \cdot 2\mu_2 \cdot \dots \cdot k\mu_k} \\ p_0 &= \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} p_0; \quad p_n = \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_{n-1}}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \dots \cdot \mu_n} p_0 = \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} p_0; \end{aligned} \quad (4)$$

$$p_0 = \left(1 + \frac{\lambda_0}{\mu_1} + \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1}{\mu_1 \cdot \mu_2} + \dots + \frac{\lambda_0 \cdot \lambda_1 \cdot \dots \cdot \lambda_{n-1}}{\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \dots \cdot \mu_n} \right)^{-1} = \left[1 + \sum_{k=1}^n \frac{\lambda^k}{\mu^k k!} \right]^{-1}$$

Результати розрахунків за (4), для регіонів України, вказують на те, що стану одночасної ліквідації двох НС відповідає ймовірність, яка має порядок 10^{-2} . Рішення (3) для системи, яка може приймати три стани має наступний вид

$$p_0(t) = \frac{2\mu^2}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\sin(\mu t)(2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t} + \frac{\cos(\mu t)(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2)}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} e^{-(\mu+\lambda)t}) \quad (5)$$

$$p_1(t) = \frac{1}{\mu} \left(\frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (-(\mu + \lambda) \sin(\mu t)(2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\cos(\mu t)\mu(2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} ((-\mu + \lambda) \cos(\mu t)(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) - \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\sin(\mu t)\mu(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) + \lambda \left(\frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\sin(\mu t)(2b\mu^2 + 2b\lambda\mu + b\lambda^2 - 2\lambda\mu + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2 + 2a\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) + \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (\cos(\mu t)(2a\mu^2 + 2a\lambda\mu + a\lambda^2 - 2\mu^2)e^{-(\mu+\lambda)t}) + \frac{2\mu^2}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} \right) \right) \quad (6)$$

$$p_2(t) = 1 - p_0(t) - p_1(t) = \frac{1}{2\mu^2 + 2\lambda\mu + \lambda^2} (((2 - 2a - 2b)\mu^2 - 2\lambda(a + b - 1)\mu - \lambda^2(a + b)) \cos(\mu t) + 2((a - 1) - \mu^2 + a\lambda\mu + 0.5a\lambda^2) \sin(\mu t)) e^{-(\mu+\lambda)t} + \lambda^2 \quad (7)$$

де a, b , – початкові умови $p_0(0), p_1(0)$ відповідно.

З рівнянь (5)-(7) слідує що постійна часу перехідного процесу дорівнює $\tau = 1 / (\lambda + \mu)$ діб. На рис.2-4 представлено результати розрахунку зміни ймовірностей стану системи виникнення та ліквідації НС для Київської області з парамет-

рами $\lambda = 0.031$, $\mu = 0.278$, при початкових умовах $p_0(0)=1$, $p_1(0)=0$, $p_2(0)=0$.

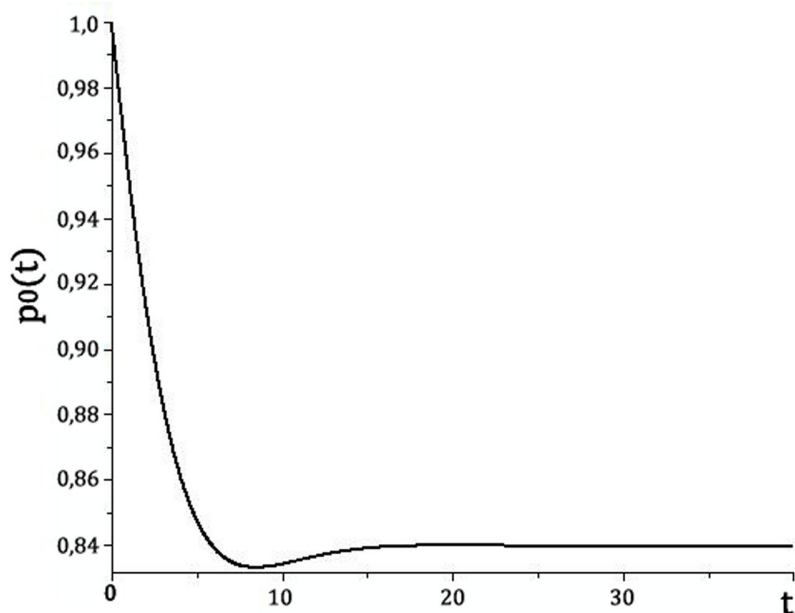


Рис. 2 – Зміна ймовірності стану, коли сили цивільного захисту території не залучені до ліквідації НС

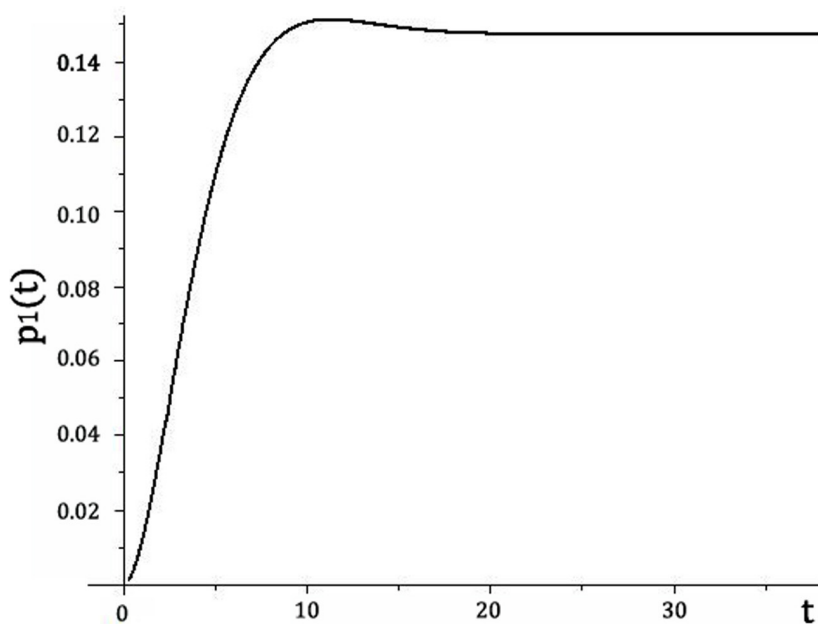


Рис. 3 – Зміна ймовірності стану, коли сили цивільного захисту території залучені до ліквідації однієї НС

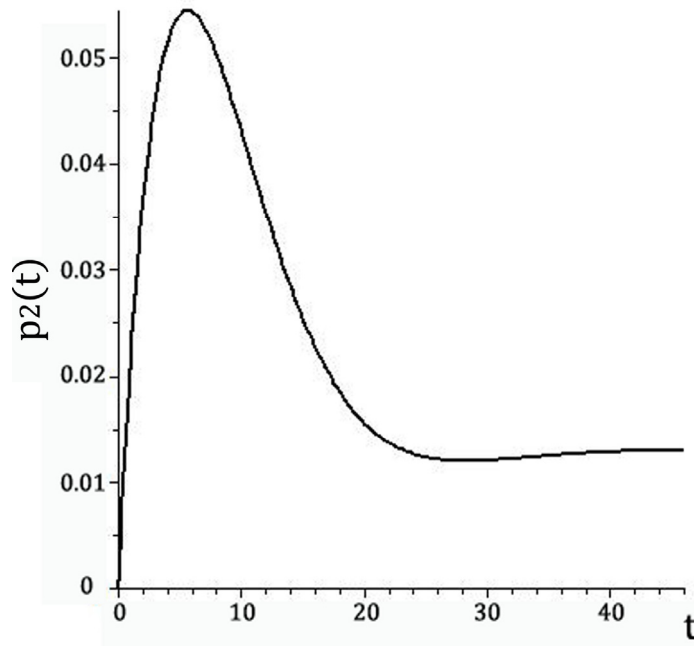


Рис. 4 – Зміна ймовірності стану, коли сили цивільного захисту території залучені до ліквідації двох НС

Для Київської області постійна часу перехідного процесу становить 77,7 годин. Тривалість перехідного процесу та відносно повільна швидкість зміни ймовірностей обумовлює необхідність враховувати це при прийнятті рішень щодо управління силами та засобами цивільного захисту при ліквідації НС.

Висновки. Отримані рівняння перехідного процесу зміни ймовірностей можливого стану знаходження сил та засобів цивільного в процесі ліквідації НС дозволяють здійснювати оптимізацію залучення сил та засобів цивільного захисту з більш високим рівнем адекватності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інтегральна система безпеки регіонів України, як складова державної територіально-часової параметричної системи. Принцип комплексної оцінки небезпеки / Є.М. Грінченко, О.Ю. Кірючкін, В.В. Тютюник [та ін.] // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: УЦЗУ, 2008. – Вип. 7. – С. 58 – 71.
2. Формалізація реалізації загроз природного та техногенного характеру в регіонах з високим рівнем техногенного

- навантаженням/ А.С. Рогозін, В.С. Хоменко, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2013. – Вип. 17. – С. 138 – 145.
3. Рогозін А.С. Аналіз реалізації загроз природного та техногенного характеру на території Донецької області/ А.С. Рогозін //Зб. наукових праць ХУПС. Випуск2(35). - 2013. - С. 206-208.
 4. Розподіл регіонів України за рівнем реалізації загроз природного, техногенного та соціально-політичного характеру/ А.С. Рогозін, В.С. Хоменко, Ю.М. Райз // Проблеми надзвичайних ситуацій. – Харків: НУЦЗУ, 2012. – Вип. 16. – С. 95 – 106.
 5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей/ Е.С. Вентцель. М.: Наука, 1962. 564 с.

Рогозін А.С., Левченко Р.Т.

Анализ переходного процесса изменения вероятностей нахождения сил гражданской защиты в состоянии ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций

Определен характер переходного процесса изменения вероятностей состояний привлечения сил гражданской защиты к ликвидации чрезвычайных ситуаций, рассматривая привлечение сил, как однородной марковский процесс

Ключевые слова: привлечение, силы гражданской защиты, ликвидация, изменение вероятности, чрезвычайная ситуация

Rogozin A.S., Levchenko R.T.

Analysis of transient changes in the probability of finding the forces of civil protection in the state emergency response

The character of the transition process changes state probabilities involvement of civil protection forces to emergency situations, considering the involvement of forces as a homogeneous Markov process

Key words: attraction, civil defense forces, liquidation, change in probability, disaster management