

В.А. Андронов, О.А. Бурменко, О.І. Сошинський, Р.І. Шевченко

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

## СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ НАДЗВИЧАЙНОЮ СИТУАЦІЄЮ РЕГІОНАЛЬНОГО РІВНЯ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНИХ ОПЕРАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ

*В роботі розглянута проблема формування структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.*

*Під час дослідження розглянута послідовність робіт з прийняття управлінського рішення в умовах обмежених оперативних можливостей та сформоване коло функціональних обмежень яке дозволяє чітко визначити інформаційне поле існування структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією та параметризувати прямі та зворотні зв'язки в межах реалізації останньої.*

*Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості розробити, на базі сформованої структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів, методику розрахунку оперативного потенціалу та оперативної здатності територіального підрозділу, виходячи з наявних та прогнозних рівнів потенційної небезпеки природного, техногенного, соціального та воєнного характеру та врахувати їх взаємовплив.*

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, оперативний потенціал, оперативна здатність, структурно-логічна модель, управління надзвичайними ситуаціями.

### Актуальність проблеми

Аналіз існуючого стану питання щодо прогнозування ефективності дій аварійно-рятувальних підрозділів дозволив визначити наявну проблему в сфері цивільного захисту, а саме відсутність на цей час адекватного математичного апарату, який дозволив би формувати короткострокові та довгострокові прогнози динаміки змін оперативного потенціалу та оперативної здатності аварійно-рятувальних підрозділів виходячи до постійно змінної інформації щодо кількості та якості регіональних небезпек. Автори вважають, що наведене питання можливо вирішити шляхом формування комплексної експертно-статистичної методики, яка у свою чергу базується на сучасній уяві щодо процесу управління надзвичайними ситуаціями в умовах складних природно-техногенно-соціальних трансформацій, що відбуваються в Україні [1].

На сьогодні в ДСНС України відсутня єдина методика розрахунку потреб оперативного потенціалу та оперативної здатності основних підрозділів, яка б базувалася на сучасній уяві процесів управління надзвичайними ситуаціями з метою забезпечити стійке не переростання останніх на більш значні рівні поширення.

Таким чином, формування структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів є актуальною задачею дослідження.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема дослідження та розрахунку ефективності залучення оперативного потенціалу аварійно-рятувальних підрозділів – одна з найскладніших, що вирішуються менеджерами підприємств та працівниками управління територіальними підрозділами реагування на надзвичайні ситуації [2]. Науковим підґрунтям ефективних дій з цього напрямку слід вважати низку фундаментальних робіт з моделювання операцій пожежогасіння через моделювання потоків дискретних викликів [3-5], моделювання розподілу ресурсів для проведення заходів з ліквідації пожеж різного характеру походження та протікання [6-8], моделювання процесу прийняття стратегічних з використанням еволюційних алгоритмів в задачах ліквідації пожеж [9-11]. Як бачимо оперативні завдання основних підрозділів іншого характеру розглядаються не системно та без їх взаємовпливу на рівень, як оперативного потенціалу, так і оперативної здатності. Питання прогнозування

виникнення територіальних небезпек [12,13] хоч і розглянуті дослідниками у досить повній мірі, з рівнем оперативного потенціалу та оперативної здатності не пов'язувався. Такий підхід не дозволяє використовувати наявний математичний апарат та потребує досліджень з його удосконалення, апробації, визначення його достовірності та адекватності щодо вирішення наявних задач підрозділів управління.

### Мета та завдання дослідження

Виходячи з наведеного, метою дослідження є формування структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

Для забезпечення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Визначити послідовність робіт з прийняття управлінських рішень в умовах інформаційних обмежень оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

2. На базі отриманої послідовності сформулювати структурно-логічну модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

### Виклад основного матеріалу

Розробляема структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів спирається на класичну схему прийняття командирського рішення в умовах виникнення критичної ситуації управління, до яких у повній мірі слід віднести управління АРП під час НС техногенного та природного характеру.

Принциповою характеристикою оперативних дій керівника з ліквідації НС (пожежі) є фактичне виключення з послідовності робіт з прийняття управлінського рішення (рис. 1) плануючого блоку дій з визначення можливих варіантів рішення та їх оцінки.



Рис.1. Послідовність робіт з прийняття управлінського рішення в критичних умовах (→ класична інтерпретація, --→ інтерпретація отримана у ході дослідження).

Це обумовлено рядом особливостей в першу чергу суб'єктивної природи – керівника з ліквідації НС, як людини, яка діє в умовах обмеженості часу та постійної небезпеки життя, як особистої так і особового складу та потерпілих. З другого боку, об'єктивно, це є наслідком підготовки керівника з ліквідації НС, яка базується на алгоритмі прийняття рішення з урахуванням банку даних рішень (рис.2), та поняття опорних рішень (рис. 3).

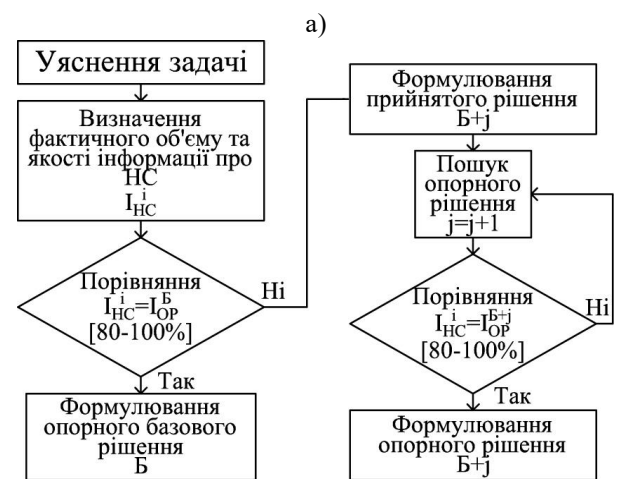
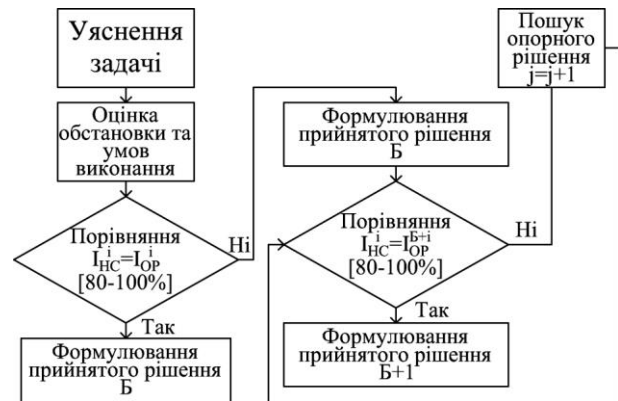


Рис.2. Алгоритм прийняття рішення в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів (а - за класичної процедури; б - за процедури попереднього визначення фактичного об'єму та якості інформації про НС)

Фактично процес визначення можливих варіантів рішення та оцінка здійснюється у процесі локалізації наслідків НС, його якість (ефективність) залежить від досвіду та підготовки керівника з ліквідації НС, та можливостей системи інформаційної підтримки дій, а саме оперативного надання варіантів оперативних рішень в зоні розвитку НС в залежності від динаміки та характеру її розповсюдження.

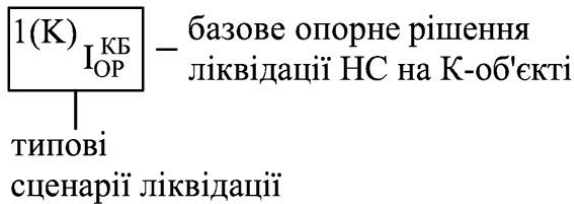


Рис. 3. Формування поняття опорного рішення.

Від так сформуємо інформаційні обмеження ефективності дій АРП в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{попередження, локалізація} \\
 \varphi(I, t) < \varphi(I_{op}, t_{лок}) \\
 t_{лок} \left\{ \begin{array}{l}
 q_{prior}^{(t)} < q_{prioritet}^{(міц)} \\
 I_{op}^j \in [I_{op}^{BK} - I_{op}^{B+jK}] \quad j = 1...mk
 \end{array} \right. \\
 \text{ліквідація} \\
 \varphi(I, t) < \varphi(I_{op}, t_{лік}) \\
 t_{лік} \left\{ \begin{array}{l}
 \Delta q(t)_{prior} = 0 \\
 q_2(t) < q_2^{міц} \\
 I_{op}^j = const
 \end{array} \right.
 \end{array} \right\} \begin{array}{l}
 \text{Інформаційні обмеження дій} \\
 \text{керівника ліквідації НС} \\
 \text{природного та техногенного} \\
 \text{характеру об'єктового рівня} \\
 \text{небезпеки за умов використання} \\
 \text{опорних рішень}
 \end{array}$$

Відповідно структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів повинна включати інформаційні блоки, які забезпечують рішення:

- 1) Задачі з розміщення опорної інформації (опорних рішень) на об'єкті;
- 2) Задачі вибору варіативних факторів опорних рішень  $\gamma(\alpha_1, \alpha_1, \alpha_1, \alpha_1, \alpha_1, \dots, \alpha_m^K)$ ;
- 3) Задачі вибору варіативних факторів для ліквідації типових НС  $\rightarrow$  формування матриці факторів;
- 4) Задачі класифікації ходу ліквідації НС (рис. 4);

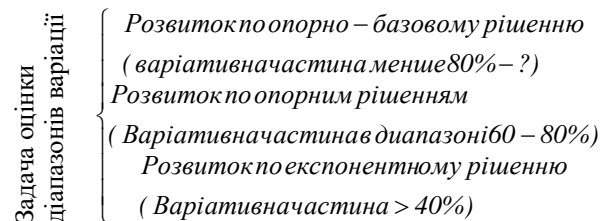


Рис. 4. Варіанти рішення задачі класифікації ходу ліквідації НС в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів

- 5) Задачі розміщення інформації з урахуванням варіації та ємністю конфіденційних обмежень;

- 6) Задачі організації взаємодії системи з банками опорних рішень (рис. 5);

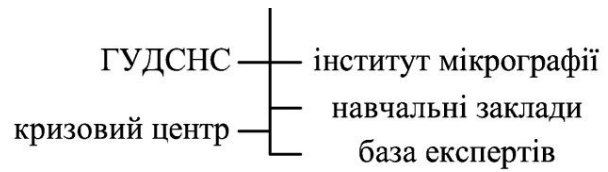


Рис.5. Приклад організації взаємодії системи з банками опорних рішень.

Слід зазначити, що система управління надзвичайною ситуацією в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів повинна мати високу ступінь готовності, забезпечувати надійність функціонування її складових, та можливість як централізованого, так і безпосереднього управління підрозділами.

В умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів основними завдання управління є:

- 1) Підтримання постійної готовності до виконання завдань за призначенням;
- 2) Завчасні планування дій підрозділів ОРС ЦЗ;
- 3) Безперервне збирання та вивчення даних про обстановку в районах НС;
- 4) Свочасне прийняття рішення та доведення їх до підлеглих;
- 5) Організація та забезпечення безперервної взаємодії органів управління та підпорядкованих їм сил цивільного захисту;
- 6) Підготовка підрозділів ОРС ЦЗ до проведення АРІНР;
- 7) Організація всебічного забезпечення підрозділів ОРС ЦЗ, залучених до виконання робіт, та підтримання належного рівня морально-психологічного стану цих підрозділів.

Відповідно структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів повинна базуватися на наступних принципах управління:

- 1) Безперервність управління;
- 2) Послідовність управління;
- 3) Гнучкість управління;
- 4) Стійкість управління.

Від так структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів складається з двох контурів управління, а саме контуру управління в умовах достатності оперативного потенціалу (достатній) та контуру управління надзвичайною ситуацією в умовах обмежених оперативних

можливостей аварійно-рятувальних підрозділів (обмежений) (рис. 6).

Основний (достатній) контур управління надзвичайною ситуацією повинен забезпечити:

- 1) Отримання повідомлення;
- 2) Уточнення та оцінку обстановки в зоні НС, прогнозування масштабів;
- 3) Визначення першочергових завдань, надання попередніх розпоряджень для проведення в готовність підпорядкованих підрозділів;
- 4) Подальший аналіз ситуації;
- 5) Здійснення постійного моніторингу обстановки;
- 6) Організацію всебічного забезпечення проведення АРІНР;

Включення додаткового (обмеженого) контуру управління додатково повинно забезпечити:

- 1) Підготовку пропозицій до залучення додаткових сил;
- 2) Координацію дій сил і засобів;
- 3) Організацію повернення залучених сил до міста постійної дислокації.

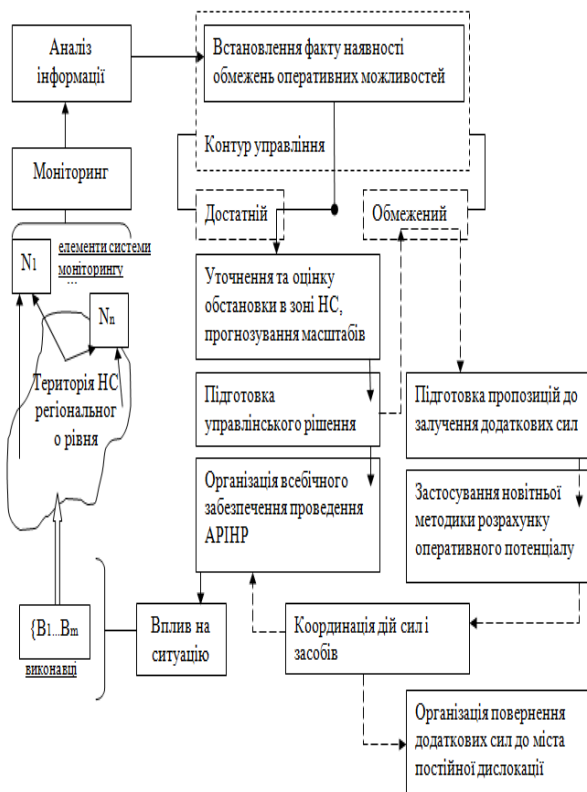


Рис. 6. Структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

Таким чином, структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів,

складається з двох контурів управління: загального контуру (достатнього) та додаткового (обмеженого) контуру, який функціонує у разі встановлення факту наявності обмежень оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів. Він складається з восьми блоків, а саме: встановлення факту наявності обмежень оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів, уточнення та оцінки обстановки в зоні НС, підготовка управлінського рішення, підготовки пропозицій до залучення додаткових сил, застосування новітньої методики розрахунку оперативного потенціалу, координації дій сил та засобів, організація повернення додаткових сил та засобів до міст постійної дислокації.

## Висновки

В роботі вирішена актуальна задача з формування структурно-логічної моделі управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

Визначена послідовність робіт з прийняття управлінських рішень в умовах інформаційних обмежень оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

Сформована структурно-логічна модель управління надзвичайною ситуацією регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів.

## Література

1. Аналітичний огляд стану техногенної та природної безпеки в Україні за 2018 рік. Київ. 2019. Available at: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoyi-ta-prirodnoyi-bezpeki-v-Ukrayini-za-2018-rik.html>
2. Шевченко, Р. І. Визначення теоретичних основ інформаційно-комунікативного підходу до формування та аналізу систем моніторингу надзвичайних ситуацій. Системи обробки інформації. 2016. 5 (142). С. 202–206.
3. Aleisa, Esra, and Mehmet Savsar. Modeling of Firefighting Operations through Discrete Event Simulation. // International Journal of Computer Theory and Engineering 5.4. 2014: 678.
4. Lee, Yohan, Byungdoo Lee, and Kyung Ha Kim. Optimal spatial allocation of initial attack resources for firefighting in the republic of Korea using a scenario optimization model. // Journal of Mountain Science 11.2. 2014: 323-335.
5. Clarke, Alastair, and John Christopher Miles. Strategic Fire and Rescue Service decision making using evolutionary algorithms. // Advances in Engineering Software 50. 2012: 29-36.
6. Castillo, E., and Francisco Rodriguez. Determining responsetimes for the deployment of terrestrial resources for fighting forestfires: A case study: Mediterranean-Chile. // Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura 42.1. 2015: 97-107.



7. Claridge, Ed, and Michael Spearpoint. *New Zealand fire serviceresponse times to structure fires.* // *Procedia engineering* 62. 2013:1063-1072.
8. Tabirca, Sabin, Laurence T. Yang, and Tatiana Tabirca. *Fire Hazard Safety Optimization.* // *Procedia Computer Science* 51. 2015: 2759-2763
9. Miles JC, Sisk G, Moore CJ. *The conceptual design of commercial buildings using a genetic algorithm.* // *Comput Struct.* 2001. 79 :1583–92.
10. Shaw D, Miles J, Gray A. *Determining the structural layout of orthogonal framed buildings.* // *Comput Struct.* 2008. 86:1856–64.
11. Coello Coello C, Rivera D, Cortes N. *Job shop selection using the clonal selection principle.* // In: Parmee I, editor. *ACDM VI.* 2004. p. 113–24.
12. Stalker ID, Bates RA. *Informing the design of special section roll sets.* // In: Parmee I, editor. *ACDM VII.* 2006. p. 81–90.
13. Bovenkamp E, Dijkstra J, Bosch J, Reiber J. *Multi-agent segmentation of IVU Simages.* // *Pattern Recog .* 2004. 37(4):647–63.

### References

1. *Analitichnyi ohliad stanu tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini za 2018 rik (2019).* Kyiv. Available at: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Analitichniy-oglyad-stanu-tehnogennoi-ta-prirodnoi-bezpeki-v--Ukrayini-za-2015-rik.html>
2. Shevchenko, R. I. (2016). *Vyznachennia teoretychnykh osnov informatsiino-komunikatyvnoho pidkhodu do formuvannia ta analizu system monitorynhu nadzvychainykh sytuatsii.* *Systemy obrobky informatsii.* 5 (142). P. 202–206.
3. Aleisa, Esra, and Mehmet Savsar. (2014) *Modeling of Firefighting Operations through Discrete Event Simulation.* // *International Journal of Computer Theory and Engineering* 5.4. 678.
4. Lee, Yohan, Byungdoo Lee, and Kyung Ha Kim. (2014) *Optimal spatial allocation of initial attack resources for firefighting in the republic of Korea using a scenario optimization model.* // *Journal of Mountain Science* 11.2. P. 323-335.
5. Clarke, Alastair, and John Christopher Miles. (2012) *Strategic Fire and Rescue Service decision making using evolutionary algorithms.* // *Advances in Engineering Software* 50. P. 29-36.
6. Castillo, E., and Francisco Rodriguez. (2015) *Determining responsetimes for the deployment of terrestrial resources for fighting forestfires: A case study: Mediterranean-Chile.* // *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura* 42.1. P. 97-107.
7. Claridge, Ed, and Michael Spearpoint. (2013) *New Zealand fire serviceresponse times to structure fires.* // *Procedia engineering* 62. P.1063-1072.
8. Tabirca, Sabin, Laurence T. Yang, and Tatiana Tabirca. (2015) *Fire Hazard Safety Optimization.* // *Procedia Computer Science* 51. P. 2759-2763
9. Miles JC, Sisk G, Moore CJ. (2001) *The conceptual design of commercial buildings using a genetic algorithm.* // *Comput Struct.* 79 :1583–92.

10. Shaw D, Miles J, Gray A. (2008) *Determining the structural layout of orthogonal framed buildings.* // *Comput Struct.* 86:1856–64.
11. Coello Coello C, Rivera D, Cortes N. (2004) *Job shop selection using the clonal selection principle.* // In: Parmee I, editor. *ACDM VI.* P. 113–24.
12. Stalker ID, Bates RA. (2006) *Informing the design of special section roll sets.* // In: Parmee I, editor. *ACDM VII.* P. 81–90.
13. Bovenkamp E, Dijkstra J, Bosch J, Reiber J. (2004) *Multi-agent segmentation of IVU Simages.* // *Pattern Recog .* 37(4):647–63.

**Рецензент:** д.т.н., професор, головний науковий співробітник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки науково-дослідного центру О. Є. Басманов, Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

**Автор:** АНДРОНОВ Володимир Анатолійович  
доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи - начальник науково-дослідного центру  
Національний університет цивільного захисту України  
E mail - [va\\_andronov@ukr.net](mailto:va_andronov@ukr.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7486-482X>

**Автор:** БУРМЕНКО Олександр Анатолійович  
ад'юкт наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E mail – [polik.funny@gmail.com](mailto:polik.funny@gmail.com)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5014-2678>

**Автор:** СОШИНСЬКИЙ Олександр Ігоревич  
кандидат мистецтвознавства, науковий співробітник відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E mail – [soshinsky@ukr.net](mailto:soshinsky@ukr.net)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7921-1294>

**Автор:** ШЕВЧЕНКО Роман Іванович  
доктор технічних наук, старший науковий співробітник, начальник наукового відділу проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки  
Національний університет цивільного захисту України  
E mail – [shevchenko605@i.ua](mailto:shevchenko605@i.ua)  
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9634-6943>

**STRUCTURAL-LOGICAL MODEL OF EMERGENCY MANAGEMENT OF THE REGIONAL LEVEL  
IN THE CONDITIONS OF LIMITED OPERATIONAL POSSIBILITIES OF EMERGENCIES OF  
EMERGENCIES**

V. Andronov, O. Burmenko, O. Soshinskiy, R. Shevchenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*The problem of formation of structural-logical model of emergency management of regional level in the conditions of limited operational possibilities of emergency rescue divisions is considered in the work.*

*The analysis of the current state of the issue of forecasting the effectiveness of emergency rescue units allowed to identify the existing problem in the field of civil defense, namely the lack of adequate mathematical apparatus that would form short-term and long-term forecasts of the dynamics of operational capacity and operational capacity of rescue units based on constantly changing information on the number and quality of regional hazards. The authors believe that this issue can be solved by forming a comprehensive expert-statistical methodology, which in turn is based on the modern idea of the emergency management process in a complex natural-technogenic-social transformations.*

*The study examines the sequence of work on management decisions in terms of limited operational capabilities and formed a range of functional limitations that allows to clearly define the information field of the structural-logical model of emergency management and parameterize direct and feedback within the latter.*

*Structural and logical model of emergency management at the regional level in terms of limited operational capabilities of emergency rescue units, consists of two control circuits: general circuit (sufficient) and additional (limited) circuit, which operates in case of limited operational capabilities of emergency rescue units. It consists of eight blocks, namely: establishing the fact of the existence of limitations of operational capabilities of rescue units, clarification and assessment of the situation in the emergency zone, preparation of management decisions, preparation of proposals for additional forces, application of the latest methods of operational capacity funds, organization of return of additional forces and means to the cities of permanent deployment.*

*The practical significance of the results is the ability to develop, based on the existing structural and logical model of emergency management at the regional level in terms of limited operational capabilities of rescue units, a method of calculating operational capacity and operational capacity of the territorial unit, based on existing and forecast potential levels, man-made, social and military nature and take into account their interaction.*

**Keywords:** *emergency situation, operational potential, operational ability, structural-logical model, emergency management.*