

Результати динамічних натурних випробувань на будівельному майданчику показали наступне: за відсутності системи віброзахисту розрахункові рівні вібрацій перекриттів перевищують допустимі значення в 1,5-4,0 рази (від 2,9 до 13,0 дБ). Для забезпечення комфортного проживання нормування рівнів віброприскорень надано в нормах згідно з [2].

Такі системи віброізоляції будівель дуже ефективні: розрахункова частота власних вертикальних коливань віброізованих будівель знаходиться в межах 6,3-7,2 Гц, а горизонтальних коливань – 1 Гц. Це значно менше частоти вимушених коливань ґрунту за впливом поїздів метрополітену (20-80 Гц); у цьому випадку рівні вібрацій перекриттів не перевищують допустимих санітарних норм [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. *Eurocode 8: Seismic design of buildings, worked examples*, Publications Office of the European Union, 2012. Available: https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2022-06/EC8_Seismic_Design_of_Buildings-Worked_examples-annex_only.pdf
2. State Building Codes of Ukraine SBC B.1.1-12-2014. Construction in seismic areas of Ukraine 2014 (Kyiv: Ukraine)
3. Bulat A, Lysytsia M, Lapin V, Grebenyuk S, Marienkov M, Ahaltsov H, Novikova A, Kalhankov Y and Lysytsia N 2024 Development and implementation of vibroseismic protection of buildings and structures from external dynamic loads *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 1348 012066 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1348/1/012066>

УДК 351.861

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ЛІКВІДАЦІ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Ігор НЕКЛОНСЬКИЙ, канд. військ. наук
Національний університет цивільного захисту України

В умовах збройної агресії рф зростає значимість спільних дій різнорідних сил (сили цивільного захисту, сили сектору безпеки і оборони, міжнародні організації тощо) під час виконання завдань при ліквідації пожеж та інших надзвичайних ситуацій (НС) спричинених обстрілами цивільної інфраструктури. Це потребує системного підходу щодо дослідження системи управління з урахуванням сучасних еволюційних процесів розвитку форм і способів застосування відповідних формувань [1]. Незамінним методом дослідження функціонування складних процесів є моделювання.

Для дослідженні організаційної структури системи управління процесом ліквідації наслідків НС пропонується використати мультигентну [2,3] та структурно-функціональну [4] концепції. Згідно з мультиагентною концепцією будь-яка складна система представляється у вигляді множини взаємопов'язаних і взаємодіючих агентів як активних елементів, що мають

свої локальні цілі та ресурси, які узгоджені з глобальною метою системи та наявними загальними ресурсами. Використання структурно-функціональної концепції дозволяє здійснити перехід від одного об'єкта управління (надзвичайної ситуації) до іншого об'єкта (обсягу робіт, функцій, способів дій).

Поєднання мультиагентної та структурно-функціональної концепцій організації управління під час ліквідації наслідків НС дозволяє створити ефективну систему оперативного управління. Так в роботі [5] запропонована структурно-функціональна модель взаємодії, яка являє собою сукупність шести множин двох суб'єктів взаємодії: структурних елементів, функціональних елементів, завдань. Для дослідження моделі запропоновані методи формалізації та математичного моделювання. Введені елементи теорії графів, що дозволило відобразити зв'язність формальної моделі, наочним чином представити встановлені зв'язки між суб'єктами взаємодії.

Разом з тим, першочерговим у моделюванні процесу ліквідації наслідків НС є побудова системної моделі, яка дасть можливість пояснити та взаємопов'язати основні фази розвитку НС, процеси локалізації та ліквідації небезпечних факторів НС, ліквідації їх наслідків тощо.

В процесі моделювання визначено сім основних елементів, які утворюють модель системи ліквідації наслідків НС:

$$S = \{Z, A, L, F, R, V, T\}, \quad (1)$$

де Z – множина завдань при ліквідації наслідків НС; A – множина агентів, які беруть участь у ліквідації наслідків НС; L – множина зав'язків між агентами (функціональних підрозділів (ФП)), що утворюють множину оргструктур; F – множина функцій, що виконуються агентами; R – множина ресурсів, призначених для ліквідації наслідків НС; V – множина обсягів робіт, необхідних для ліквідації наслідків НС; T – множина технологій виконання аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

З множини (1) можна утворити $S_{sub} = \frac{7!}{3!4!} = 35$ окремих підсистем,

що відображають ті чи інші властивості системи ліквідації наслідків НС, які, у свою чергу, можна об'єднати у п'ять груп (табл. 1).

Таблиця 1 – Складові системної моделі

Група	Підсистема (S_{sub})														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	ARZ	ARV	ARF	ART	ARL	AFZ	AFV	AFT	AFL	ALZ	ALV	ALT	AVZ	AVT	ATZ
B	RZV	RZF	RZT	RZL	RVF	RVT	RLV	RFT	RFL	RTL	-	-	-	-	-
C	FZV	FZT	FZL	FVT	FVL	FTL	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	TVZ	TVL	TZL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E	ZLV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Підсистеми групи А відображають роль ФП, їх професійних можливостей, у формуванні властивостей системи.

Підсистеми групи В розкривають роль ресурсного забезпечення у формуванні властивостей системи.

Підсистеми групи С характеризують узгодження множини функцій з множиною завдань, обсягів робіт, технологій і оргструктур.

Підсистеми групи D характеризують узгодження множини технологій з множиною завдань, переліком робіт та оргструктур.

Підсистема групи Е відображає узгодження множини завдань з множиною обсягів робіт та оргструктур, що виконують ці роботи.

Таким чином, представлена системна модель охоплює певний перелік організаційних проблем, які необхідно вирішувати органу управління в процесі ліквідації наслідків НС. Побудова такої моделі дозволяє класифікувати поточну фазу ліквідації наслідків НС та дає можливість на якісному рівні прогнозувати обстановку, оцінювати ресурси та способи дій, необхідні для реалізації того чи іншого плану дій.

Дослідження поведінки підсистем в умовах НС доцільно проводити з використанням методів динамічного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Семененко О., Митченко С., Добровольський Ю., Ремез А., Ярмольчик М., Твердохліб Є. Еволюція форм і способів застосування угруповань військ (сил): тенденції збройної боротьби. *Social Development and Security*. 2024. 14(3), С. 33-52. URL: <https://doi.org/10.33445/sds.2024.14.3.3>
2. Будур І.М., Бойко С.А. Мультиагентна модель системи підтримки прийняття рішення по управлінню розподіленими об'єктами. Системи озброєння і військова техніка. 2020. № 3(63). С. 54-61. DOI: <https://doi.org/10.30748/soivt.2020.63.08>.
3. Olga Konovalenko, Vitalij Brusentsev. Мультиагентні системи управління та підтримки прийняття рішень Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Машинознавство та САПР. 2019. №1. С. 18-27. DOI: <https://doi.org/10.20998/2079-0775.2019.1.03>
4. Гута С.С. Структурно-функціональна модель системи державного управління в умовах кризових ситуацій, зумовлених воєнно-політичними чинниками. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2020. № 2. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1578>
5. Неклонський І.М. Модель взаємодії при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. V Міжнародна наукова конференція «Воєнні конфлікти та техногенні катастрофи: історичні та психологічні наслідки», 15-16 квітня 2025 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 118–120. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25630>