

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 004.9: 001.5-047.36

<https://doi.org/10.31713/vt4202115>

Давиденко Н. В., к.т.н., Ліщина В. О., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

АРХІТЕКТУРА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКІВ МІСЬКИХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ

Запропоновано принципи урахування багатofакторних ризиків функціонування міських інженерних систем. Обґрунтовано доцільність побудови інформаційної технології їх моделювання як складової інформаційної системи моніторингу. Розроблено архітектуру типової інформаційно-аналітичної системи моніторингу функціонування міської інженерно-технічної системи. Розроблено алгоритм процесу аналізу ризиків нештатних ситуацій, який передбачає: моделювання режимів роботи мережі та об'єктів інженерно-технічної системи відповідно до попиту; аналіз фактичного стану та фактичних параметрів мережі та об'єктів; контрольні процедури дій та сценаріїв.

Ключові слова: критична інфраструктура; небезпека; ідентифікація; система моніторингу.

Вступ. Основою ефективно функціонуючого суспільства є системи цивільної інфраструктури – основні об'єкти та системи, що обслуговують країну, місто чи область, включаючи послуги та засоби, необхідні для функціонування її економіки та є важливою ланкою у всіх сферах людської діяльності для функціонування суспільства як єдиного цілого. Широке застосування таких систем висуває підвищені вимоги до забезпечення їх стійкості, надійності та безперебійної роботи. Для забезпечення функціонування таких мереж необхідним є планування режимів їх роботи відповідно до потреб, а також ідентифікації нештатних ситуацій та впровадження низки заходів для їх попередження та ліквідації.

Аналіз останніх досліджень. Системи цивільної інфраструктури належать до так званих критичних інфраструктур (КІ), оскільки є життєво важливими точки зору забезпечення ефективної життєдіяльності міста [1]. До таких систем згідно [2] належать транспортні систе-

ми, системи електро-, газопостачання, системи життєзабезпечення та комунальних послуг тощо. КІ є складною системою, яка містить низку взаємопов'язаних підсистем. Її складність залежить від кількості характеристик, в яких неоднорідність компонентів, масштабованість та розмірність підключених компонентів відіграють головну роль [3]. Діяльність складної системи вимагає прийняття певних рішень, а це в свою чергу пов'язане з оцінюванням майбутнього [4] її стану. Проте, часто неможливо передбачити поведінку будь-якого конкретного компонента і його вплив на поведінку всієї системи [5]. Основну стурбованість викликає експлуатаційна безпека, пов'язана з аваріями або інцидентами, що виникають в результаті інтеграції підсистем. Управління безпекою включає в себе усунення небезпеки (якщо це можливо) та зниження ймовірності, пов'язаної з небажаними подіями і сценаріями, які потенційно призводять до аварій або інцидентів, а також зниження тяжкості потенційних випадків. Створення програми втручання вимагає знання ймовірних прямих і непрямих наслідків (тобто ризику) різних небезпечних подій, які можуть статися для того, щоб мати можливість пом'якшити їх наслідки [6]. Тобто, оцінювання майбутнього функціонування системи та попередження негативних наслідків виникнення нештатних ситуацій, адаптація системи до зміни умов функціонування тощо реалізується шляхом максимального врахування невизначеностей та ризиків [4]. Обробка ризику досягається за допомогою різних стратегій пом'якшення, механізмів стійкості. Однак складні взаємозалежні сценарії розвитку подій, зумовлені притаманними особливостями функціонування КІ, робить процес аналізу та оцінки ризику доволі складним. Якщо ж розглядаються сценарії з кількома ризиками, проблема стає ще складнішою [7].

Згідно [1] «аналіз ризику» означає розгляд відповідних сценаріїв загроз з метою оцінення вразливості і потенційного впливу порушення функціонування або знищення КІ. Аналіз і моделювання ризику, пов'язаного з функціонуванням КІ як складних інженерно-технічних систем (ІТС), останнім часом отримали значний інтерес. Такий всебічний розвиток вимагає інноваційних теорій, підходів і технологій для безпечного проектування та зниження ризику для складних систем і мереж в системному масштабі [5]. При цьому наголошено, що управління ризиками КІ вимагає цілісного підходу до оцінки її вразливості, починаючи від визначення внутрішніх і зовнішніх джерел впливу ризику, закінчуючи аналізом небезпек і ризиків,

моніторингом та діагностикою, моделюванням і прогнозування, управління знаннями, реагування на ризики та пом'якшення ризиків, а також ліквідації наслідків [8]. Такий підхід вимагає урахування технічних, технологічних, просторових та соціальних аспектів функціонування ІТС, низки міжоб'єктних та міжсистемних зв'язків. Урахування всіх аспектів потребує організації відповідного інформаційного забезпечення для формування бази даних, аналізу даних для виявлення прихованих закономірностей та формування бази знань для прийняття відповідних рішень.

Постановка завдання. Метою роботи є формування принципів урахування невизначеності та багатофакторних ризиків функціонування міських інженерних систем та побудови архітектури технології їх моделювання як складової інформаційної системи моніторингу.

Виклад основного матеріалу. Системи міської інфраструктури – це складні ІТС, які складаються з взаємопов'язаних підсистем зі складною взаємодією, функціонування яких передбачає урахування багатьох факторів і системних обмежень. Міська інфраструктура містить низку ІТС (систему електро-, газопостачання, централізованого тепlopостачання, централізованого водopостачання та водовідведення), які не лише складаються з окремих підсистем (які теж є складними технічними системами), а й знаходяться у взаємозв'язку між собою та функціонують в певних умовах, що визначаються впливом кліматичних, територіальних, соціальних чинників та укладом життя населення міста. Стійкість таких систем залежить не тільки від фізичних аспектів систем, але й від спільноти, в якій вони розташовані. Системи інфраструктури є високодинамічними системами; здатність інфраструктури змінюватися в часі має вирішальне значення для адаптації до збоїв. Однією з головних проблем аналізу надійності таких систем є визначення стабільності та стійкості, аналіз впливу заходів контролю на пристосованість до непередбачуваних змін, збереження здатності надавати необхідні послуги [9].

Складність в ІТС зумовлена колективним ефектом дуже великої кількості компонентів. Сучасні міські ІТС стають все більш складними і динамічними, вони включають множину автономних підсистем і людських акторів, які взаємодіють між собою. Складність, пов'язана з міськими ІТС, значно зростає, коли первинні підсистеми (включаючи обладнання, мережі, зв'язки, комунікації, людей тощо), інтегровані в цілому, включаючи не тільки механічні та електричні компоненти, але і модулі управління та інтерфейси людини-машини.

Складна система має множину окремих компонентів і агентів, які взаємопов'язані і взаємозалежні, в тій мірі, в якій виникають поведінкові явища. При цьому слід враховувати [10]:

- властивості рівня агента: окремі особи, домогосподарства та фірми демонструють адаптивні зміни поведінки, обумовлені зміною як умовами попиту так і умовами пропозиції. Споживачі (приватні домогосподарства, організації, установи тощо), що визначають попит, та постачальники інфраструктурних послуг мають неоднорідні атрибути. Загальною характеристикою, яка визначає сторону попиту, є демографічна група конкретних споживачів;

- властивості на мережевому рівні: розвиток інфраструктури є поступовим, фізична мережа відповідно до поточного і очікуваного попиту зазнає постійного розширення, модифікації в різних точках простору. Крім того, потоки через фізичну мережу також змінюються відповідно до цих процесів. Фактори, що впливають на попит і пропозицію інфраструктури, схильні до постійних динамічних змін;

- властивості системного рівня: оскільки складна система складається з різноманітних адаптивних агентів, існує розподілений контроль по всій системі, а до інфраструктурних мереж приєднується цілий ряд різних фізичних і інформаційних взаємозалежностей. У складній системі функціональність виникає як від множини (часто нелінійних) взаємодій між фізичними компонентами і діючими агентами системи, так і від взаємодії з навколишнім середовищем.

Однією з проблем, які виникають під час розробки моделей ІТС міської інфраструктур, є потреба відображення їх найбільш істотних особливостей, тобто побудова моделі, яка здатна охопити важливі складності, водночас бути достатньо надійною, щоб узагальнити різні сценарії ризику. Оскільки окремі компоненти складної ІТС взаємопов'язані і взаємодіють один з одним, неврахування взаємного впливу відмов систематично недооцінює ймовірність виникнення збоїв [9]. Взаємозалежності КІ є мультиплікатором ризику: вони самі по собі можуть бути загрозою чи небезпекою, впливати на стійкість та ефективність захисту критичної інфраструктури та призводити до збоїв. При цьому слід враховувати такі категорії взаємозалежності міських ІТС: географічні (дві або більше систем розташовані у фізичному просторі); фізичні (фізичний вихід з однієї системи є необхідним входом для іншої); інформаційні (інформація, отримана системою, впливає на роботу іншої); взаємодія агентів (організаційні чи соціальні системи). Важливо визначити та змоделювати всі можливі за-

лежності, включаючи ті, які не є очевидними при першому аналізі.

Проведення оцінки ризиків може допомогти виявити ймовірні події безпеки та оцінити їх вплив на мережі та споживачів послуг. Разом з тим, проведення таких оцінок може бути особливо складним завданням через велику кількість сценаріїв (тобто ланцюжків взаємопов'язаних подій), які необхідно враховувати, моделювання цих подій, взаємозв'язків між ними та наявність інструментів підтримки для комплексного запуску моделей [6]. При цьому, необхідно враховувати кілька типів небезпек, поряд зі складним характером мереж, зокрема їх великою кількістю об'єктів, їх просторовим розподілом і функціональними взаємозв'язками [6].

До ризику інфраструктури підходять з точки зору, що він в основному пов'язаний з небажаними подіями і пов'язаний з перспективою бути загрозою [8]. Визначення інфраструктурного ризику ускладнюється тим, що його можна розкласти на дві складові: ймовірність і вплив [8]. Оцінка ризиків необхідна для виявлення загроз, оцінки вразливостей і оцінки впливу на матеріальні активи, інфраструктуру або системи з урахуванням ймовірності виникнення цих загроз. Оцінка ризиків є невід'ємною частиною процесу управління ризиками та передбачає три ключові процеси [11]:

- ідентифікація ризиків розвиває глибоке розуміння структури системи та активів. Щоб визначити ризики, наявні в середовищі SoS, він потім визначає джерела загроз і вразливі елементи системи, засоби контролю та потенційні наслідки;

- аналіз ризиків визначає ймовірність і серйозність наслідків від ідентифікованих ризиків, що впливають на елемент системи, окремі підсистеми та систему в цілому;

- оцінка ризику враховує критерії ризику та контекст, засоби контролю та нормативні вимоги, щоб приймати рішення на основі ризику для майбутньої діяльності.

При аналізі ризику нештатних ситуацій в міській інженерно-технічній системі існує необхідність приймати дані з різних джерел з різним рівнем деталізації (рис. 1).

Архітектура типової інформаційно-аналітичної системи моніторингу функціонування міської інфраструктурної ІТС (рис. 2) повинна містити такі функціональні підсистеми, які є основою інтелектуальної системи виявлення та підтримки прийняття рішень для попередження нештатних ситуацій та ліквідації їх наслідків [12]: підсистема збору та обробки первинної інформації; підсистема учета і зберігання

даних (СУБД); підсистема геовізуалізації (ГІС); підсистема інтелектуального аналізу даних; підсистема моделювання і прогнозування; підсистема планування; комунікаційна підсистема, що забезпечує передачу даних та зв'язок між підсистемами ІТС, її об'єктами, пунктами обліку та системами управління.

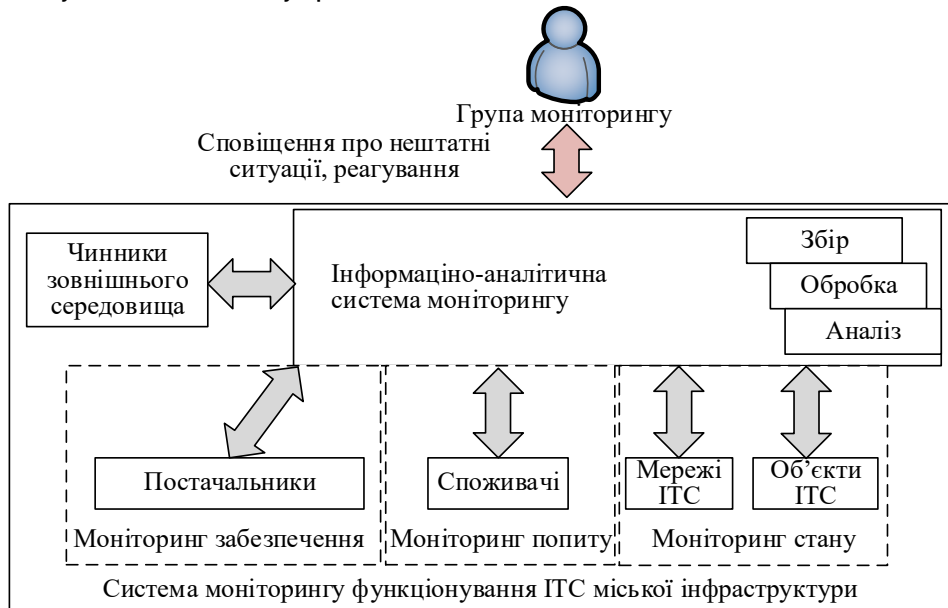


Рис. 1. Урахування інформації, отриманої від суб'єктів міської інфраструктурної системи

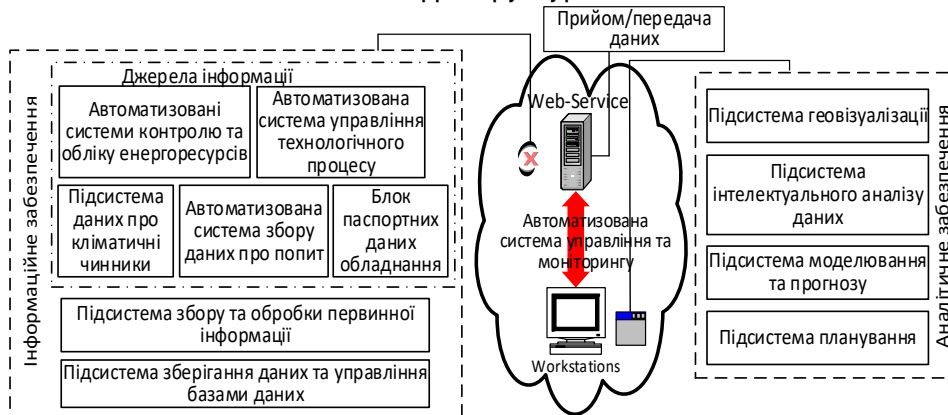


Рис. 2. Архітектура інформаційно-аналітичного забезпечення моніторингу міської ІТС

Основними джерелами інформації, які можуть бути представлені як у неструктурованому, так і в структурованому вигляді, є авто-

матизовані системи контролю і обліку енергоресурсів, автоматизовані системи управління технологічного процесу, інтегровані із SCADA-системами, автоматизовані системи обліку об'ємів наданих послуг споживачам, метеодані, а також паспортні дані обладнання та параметрів мережі інженерно-технічної системи.

Підсистема збору та обробки первинних даних забезпечує прийом, пошук та реєстрацію інформації, а також подальшу передачу результатів попередньої обробки в операційне ядро аналітичної системи для подальшого аналізу. Підсистема зберігання даних та управління базами даних забезпечує постачання, структурування та пошук за запитом необхідної інформації про стан об'єктів міської інженерно-технічної системи, попит та кліматичні чинники. Інформація накопичується в спеціалізованих електронних архівах, спільно з якими використовуються класифікатори. Всі дані представлені у вигляді інформаційних блоків: блок даних про об'єкти (табл. 1): призначений для опису станів суб'єктів інженерно-технічної системи для проведення подальших розрахунків, та містить інформацію про суб'єкти предметної області, джерела інформації, нормативні документи тощо; блок даних про параметри об'єктів (табл. 2): призначений для опису показників, що відображають стан суб'єктів предметної області і характеризуються наборами чисельних значень. До цих показників належать: вхідні нормативні параметри; технологічні параметри-константи розрахунків; розрахункові параметри тощо; блок даних про алгоритми розрахунків, призначений для опису схем та алгоритмів розрахунків, за якими формуються значення розрахункових параметрів об'єктів; блок даних про результати розрахунків; блок даних про форми звітних документів. Множина існуючих в системі структурних та функціональних відносин буде виступати елементом алгоритму інформаційного пошуку, тобто, вказувати послідовність вибірки інформації, порядок необхідних розрахунків та контрольних процедур, а також формування звітів.

Дані з багаторівневих електронних архівів надходять в інші підсистеми моніторингу, де піддаються інтенсивному аналітичному опрацюванню. Система управління базами даних забезпечує управління інформаційними ресурсами та автоматизацію процесів обміну даними між усіма категоріями користувачів системи моніторингу.

Таблиця 1

Елементи блоку даних про об'єкти

№ з/п	Позначення	Призначення
1	OBJ_TYPES	Класифікатор типів об'єктів
2	OBJ_PROP_TYPES	Класифікатор типів властивостей об'єктів
3	OBJ_LINK_TYPES	Класифікатор типів підпорядкованості об'єктів
4	OBJS	Класифікатор об'єктів
5	OBJ_PROPS	Класифікатор властивостей об'єктів
6	OBJ_LINKS	Класифікатор ієрархії об'єктів
7	OBJ_TYPE_REF	Класифікатор ієрархії типів об'єктів

Таблиця 2

Елементи блоку даних про параметри

№ з/п	Позначення	Призначення
1	PAR_TYPES	Класифікатор типів параметрів
2	PAR_PROP_TYPES	Класифікатор типів властивостей параметрів
3	PAR_LINK_TYPES	Класифікатор типів приналежності параметрів об'єктам
4	PARS	Класифікатор параметрів
5	PAR_PROPS	Класифікатор властивостей параметрів
6	PAR_LINKS	Класифікатор приналежності параметрів об'єктам
7	DATA_TYPE	Класифікатор інформаційних типів даних
8	UNIT	Класифікатор одиниць вимірювання параметрів
9	D_LIST	Класифікатор одиниць дискретності часу

Підсистема геовізуалізації забезпечує роботу з динамічною атрибутивною інформацією про територіально-розподілені об'єкти міської інженерно-технічної системи, та її інтерактивне представлення в картографічному вигляді. Основою підсистеми є геоінформаційна система (ГІС), що забезпечує збір, обробку, зберігання, графічне відображення, систематизацію даних про топологію та структуру мережі, фактичний стан обладнання, режим роботи мережі для їх використання під час вирішенні завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням та прогнозуванням параметрів мереж та параметрів режиму роботи обладнання.

Підсистема інтелектуального аналізу даних забезпечує пошук

прихованих закономірностей і тенденцій у великих масивах первинної інформації. Результати роботи цієї підсистеми використовуються в процесі ідентифікації нештатних та кризових ситуацій у багатомірному просторі. Отримані дані передаються в підсистему прогнозного моделювання для комплексної оцінки безпеки та ризику.

Підсистема моделювання та прогнозування представляє собою взаємопов'язану сукупність моделей і алгоритмів для ідентифікації нештатних ситуацій та дослідження різних сценаріїв розвитку кризових ситуацій, оцінки ризиків, виявлення тенденцій та планування заходів для попередження негативних наслідків.

Підсистема стратегічного та оперативного планування на основі результатів моделювання та сформованої аналітичної інформації забезпечує планування режимів роботи мереж та об'єктів ІТС, розробку стратегії та планів попередження кризових ситуацій.

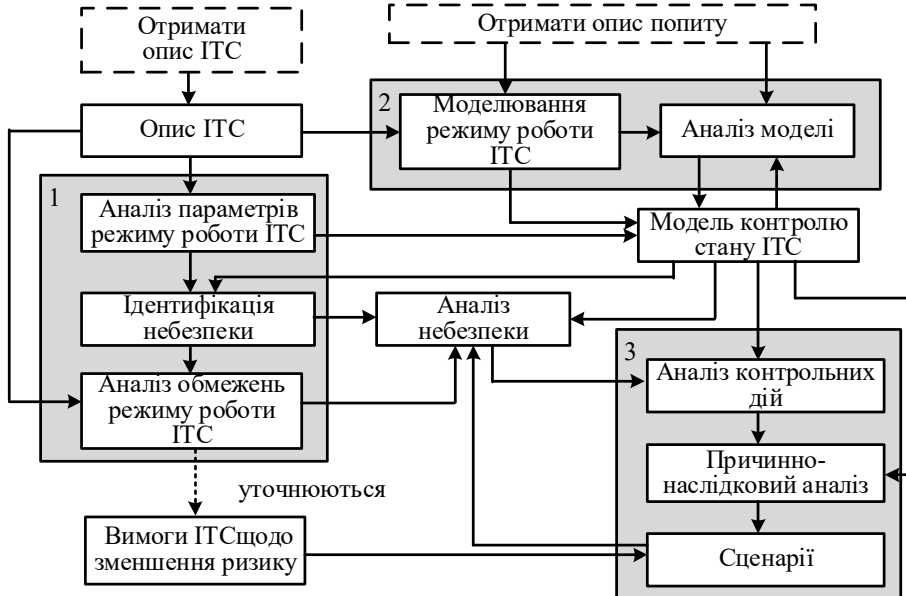


Рис. 3. Алгоритм процесу аналізу ризиків нештатних ситуацій ІТС

Ідентифікація ризику передбачає визначення всіх пов'язаних небезпек, вразливостей та небажаних інцидентів. Процес ідентифікації та аналізу ризиків виникнення нештатних ситуацій (рис. 3) передбачає виконання окремих та в той же час взаємопов'язаних блоків: моделювання режимів роботи мережі та об'єктів ІТС відповідно до попиту; аналіз фактичного стану та фактичних параметрів мережі

та об'єктів ІТС; контрольні процедури дій та сценаріїв. Призначенням кожної складової даного процесу є ідентифікація нештатних ситуацій (зумовлених як появою аварійних станів обладнання, так і нетиповою зміною попиту на послугу міської ІТС) та попередження і мінімізація негативних наслідків від появи цих ситуацій.

Реалізація кожного компоненту процесу аналізу можливих ризиків передбачає застосування відповідних алгоритмів та моделей, що базуються на отриманні інформації про параметри режиму роботи мереж та об'єктів ІТС, попит на послугу, а також виявлення прихованих закономірностей та причинно-наслідкових зв'язків, що визначають стан ІТС та умови її функціонування.

Висновок. Ідентифікація ризиків функціонування міських інженерно-технічних систем вимагає комплексного аналізу стану суб'єктів ІТС, їх взаємозв'язків, а також впливу чинників зовнішнього середовища (кліматичних, сезонних, соціальних, територіальних), що визначають зміну попиту. Крім того, потребує урахування взаємозв'язків з іншими ІТС міської інфраструктури. Запропонована архітектура інформаційної технології аналізу ризиків базується на базі даних про стан та умови функціонування ІТС та передбачає виявлення прихованих закономірностей між суб'єктами ІТС для виявлення нештатних ситуацій, ризиків їх впливу на надійність функціонування системи та попередження негативних наслідків.

1. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 2008. L 345. P. 75–82.
2. Перелік секторів (підсекторів), основних послуг критичної інфраструктури держави : Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109.
3. Kumar R., Kumar A. Novel risk assessment framework for SMART GRID. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 2017. Vol. 8 Is. 7. Pp. 1051–1054. doi.10.26483/ijarcs.v8i7.4538.
4. Поліщук В. В., Келемен М., Млавець Ю. Ю., Тимошенко О. А., Келемен М. Концептуальна модель оцінювання рівня керованості процесами у складних системах враховуючи ризик-орієнтовані фактори. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Математика і інформатика*. 2021. Вип. 39(2). С. 158–171. doi.10.24144/2616-7700.2021.39(2).
5. De Souza G., Trindade M. A. Special Section on Risk Analysis and Management of Complex Systems. *ASME. ASME J. Risk Uncertainty Part B*. 2019. Vol. 5(4). 040301. doi.10.1115/1.4044666.
6. Hackl J., Lam J. C., Heitzler M., Adey B. T., Hurni L. Estimating network related risks: A methodology and an application in the transport sector. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. 2018. Vol. 18.

Pp. 2273–2293. doi.10.5194/nhess-18-2273-2018. **7.** Theocharidou M., Giannopoulos G. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II, A new approach. Publications Office, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen. 2015. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/621843>. **8.** Stapelberg R.F. Infrastructure Systems Interdependencies and Risk Informed Decision Making (RIDM): Impact Scenario Analysis of Infrastructure Risks Induced by Natural, Technological and Intentional Hazards. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2008. Vol. 6. Pp. 21–27. **9.** Eusgeld I., Nan C., Dietz S. “System-of-systems” approach for interdependent critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*. 2011. Vol. 96. Iss. 6. Pp. 679–686. doi.10.1016/j.res.2010.12.010. **10.** Oughton E. J., Usher W., Tyler P., Hall J. W. Infrastructure as a Complex Adaptive System. *Complexity*. 2018. Vol. 2018. 3427826. doi.10.1155/2018/3427826 **11.** Ki-Aries D., Dogan H., Faily S., Whittington P., Williams C. From Requirements to Operation: Components for Risk Assessment in a Pervasive System of Systems. *2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*. 2017. Pp. 83–89. doi: 10.1109/REW.2017.36. **12.** Маслобоев А. В. Информационно-технологическая архитектура ситуационного центра управления комплексной безопасностью региона. *Информационно-технологический вестник*. 2019. № 1(19). С. 107–117.

REFERENCES:

1. Council Directive 2008/114/EC of 8 December 2008 on the identification and designation of European critical infrastructures and the assessment of the need to improve their protection (Text with EEA relevance). *Official Journal of the European Union*. 2008. L 345. P. 75–82. **2.** Перелік секторів (підсекторів), основних послуг критичної інфраструктури держави : Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109. **3.** Kumar R., Kumar A. Novel risk assessment framework for SMART GRID. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*. 2017. Vol. 8 Is. 7. Pp. 1051–1054. doi.10.26483/ijarcs.v8i7.4538. **4.** Поліщук В. В., Келемен М., Млавець Ю. Ю., Тимошенко О. А., Келемен М. Концептуальна модель оцінювання рівня керованості процесами у складних системах враховуючи ризик-орієнтовані фактори. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Математика і інформатика*. 2021. Вип. 39(2). С. 158–171. doi.10.24144/2616-7700.2021.39(2). **5.** De Souza G., Trindade M. A. Special Section on Risk Analysis and Management of Complex Systems. *ASME. ASME J. Risk Uncertainty Part B*. 2019. Vol. 5(4). 040301. doi.10.1115/1.4044666. **6.** Hackl J., Lam J. C., Heitzler M., Adey B. T., Hurni L. Estimating network related risks: A methodology and an application in the transport sector. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*. 2018. Vol. 18. Pp. 2273–2293. doi.10.5194/nhess-18-2273-2018. **7.** Theocharidou M., Gian-

nopoulos G. Risk assessment methodologies for critical infrastructure protection. Part II, A new approach. Publications Office, Joint Research Centre, Institute for the Protection and Security of the Citizen. 2015. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/621843>. **8.** Stapelberg R.F. Infrastructure Systems Interdependencies and Risk Informed Decision Making (RIDM): Impact Scenario Analysis of Infrastructure Risks Induced by Natural, Technological and Intentional Hazards. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics*. 2008. Vol. 6. Pp. 21–27. **9.** Eusgeld I., Nan C., Dietz S. “System-of-systems” approach for interdependent critical infrastructures. *Reliability Engineering & System Safety*. 2011. Vol. 96. Iss. 6. Pp. 679–686. doi:10.1016/j.res.2010.12.010. **10.** Oughton E. J., Usher W., Tyler P., Hall J. W. Infrastructure as a Complex Adaptive System. *Complexity*. 2018. Vol. 2018. 3427826. doi:10.1155/2018/3427826 **11.** Ki-Aries D., Dogan H., Faily S., Whittington P., Williams C. From Requirements to Operation: Components for Risk Assessment in a Pervasive System of Systems. *2017 IEEE 25th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW)*. 2017. Pp. 83–89. doi: 10.1109/REW.2017.36. **12.** Masloboev A. V. Informatsionno-tehnologicheskaya arhitektura situatsionnogo tsentra upravleniya kompleksnoy bezopasnostyu regiona. *Informatsionno-tehnologicheskiiy vestnik*. 2019. № 1(19). S. 107–117.

Davydenko N. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Lishchyna V. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

INFORMATION TECHNOLOGY ARCHITECTURE FOR RISK MODELING OF URBAN ENGINEERING SYSTEMS

The principles of taking into account multifactorial risks of functioning of urban engineering systems were proposed. The expediency of constructing information technology for their modeling as a component of the information monitoring system, which involves monitoring the condition of facilities and networks of engineering and technical system, resource usage efficiency, demand and environmental factors, was substantiated. The architecture of a typical information-analytical system of monitoring of functioning of the city engineering and technical system was developed. Data from automated energy resources accounting systems, automated control systems of operation modes of engineering and technical system facilities, SCADA systems, as well as automated demand accounting systems and meteorological systems are the sources of both structured and unstructured infor-

mation. All data are presented in the form of information blocks and stored in electronic archives. Classifiers are used in conjunction with archives. Analytical component includes a subsystem of geovisualization to work with information about geographically distributed facilities, a subsystem of data mining to find hidden regularities and trends, a subsystem of simulating and forecasting, a subsystem of strategic and operational planning. Web technologies are used for data transmission and connection between infrastructure facilities, accounting points and management systems. An algorithm for the process of risk analysis of abnormal situations was developed, which provides for: modeling of operation modes of network and facilities of engineering and technical system in accordance with demand; analysis of the actual state and actual parameters of the network and facilities; control procedures for actions and scenarios.

Keywords: critical infrastructure; hazard; identification; monitoring system.

Давыденко Н. В., к.т.н., Лищина В. О., к.т.н., доцент (Луцкий национальный технически университет, г. Луцк)

АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РИСКОВ ГОРОДСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

Предложены принципы учета многофакторных рисков функционирования городских инженерных систем. Обоснована целесообразность построения информационной технологии их моделирования как составляющей информационной системы мониторинга. Разработана архитектура типовой информационно-аналитической системы мониторинга функционирования городской инженерно-технической системы. Разработан алгоритм процесса анализа рисков нештатных ситуаций, который предполагает: моделирование режимов работы сети и объектов инженерно-технической системы в соответствии с спросом; анализ фактического состояния и фактических параметров сети и объектов; контрольные процедуры действий и сценариев.

Ключевые слова: критическая инфраструктура; опасность, идентификация; система мониторинга.
