

В.А. Пепеляєв, П.С. Кнопов, К.Л. Атоєв, В.Б. Бігдан, Ю.М. Чорний

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛІЗУ КОМПЛЕКСНИХ РИЗИКІВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННИХ ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ ЗАГРОЗ В ГАЛУЗІ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ



Розроблено інформаційну систему для оцінки комплексних ризиків природно-техногенних та соціально-економічних загроз в системі житлово-комунального господарства. Система дає можливість: 1) оцінювати деформації простору безпеки в умовах підвищення невизначеності; 2) досліджувати динаміку ризику надзвичайних ситуацій як функцію техногенних, екологічних, соціальних та економічних змінних; 3) оцінювати ризик природно-техногенних та соціально-економічних надзвичайних ситуацій для аналізу поточної ситуації та прийняття управлінських рішень щодо реформування ЖКГ.

Ключові слова: інформаційні технології, управління складними системами, аналіз ризику.

Висока енергомісткість та незадовільний стан інфраструктури України, перевантаження сучасного виробництва потенційно небезпечними пристроями з великою енергетичною потужністю, подовження причинно-наслідкових зв'язків та посилення системних ризиків є причинами виникнення природно-техногенних та соціально-економічних небезпечних ситуацій [1]. З огляду на ці недоліки назріла потреба створення ефективних інформаційних систем, що дали б можливість вирішувати завдання моніторингу, прогнозу і попередження кризисних явищ, розрахунку стратегічних ризиків в техногенній сфері.

Зростаюча взаємозалежність різних ступенів уразливості системи житлово-комунального господарства (ЖКГ) України потребує розробки нових методів оцінки природно-техногенних і

соціально-економічних загроз та вдосконалення методів моделювання режимів з раптовими змінами, що порушують неперервність та викликають нестабільності, які у багато разів підвищують ціну рішень, що приймаються у сфері управління техногенною безпекою [2].

Прогнозування і попередження природних та техногенних надзвичайних ситуацій стало одним з головних завдань, оскільки для систем, що знаходяться поблизу нестійкого стану рівноваги в зоні біфуркації, більшість сучасних математичних методів для прогнозування і оцінки системних ризиків не адекватні. Суттєве обмеження горизонту прогнозування є одним з основних проявів існуючої кризи сучасних систем управління. Тому питання створення математичного апарату для прогнозування поведінки систем в умовах підвищеної невизначеності, розробки ефективного інформаційного засобу прогнозування динаміки інтегрального ризику виникнення надзвичай-

них ситуацій в системі ЖКГ та його адаптивного управління, ранжирування природних та техногенних загроз, оцінки ефективності управлінських рішень адаптивного управління ризиком виникнення надзвичайних ситуацій в системі ЖКГ сьогодні дуже актуальні [3, 4].

Нами запропоновано новий підхід до оцінки інтегральних ризиків, пов'язаний з використанням методів теорії катастроф. Суть його полягає ось у чому. Настання якогось явища розглядається не як ймовірність події, а як динамічний перехід деякої фізичної системи з одного стану в інший. У такому випадку ризик оцінюється не на підставі статистичних даних про поведінку множини об'єктів, а на підставі спостережень за одним єдиним об'єктом, який переходить з одного свого квазістійкого стану в інший. Мірою ризику виступає ступінь наближеності параметрів системи до їх критичних (біфуркаційних) значень, при досягненні яких здійснюється стрибкоподібний перехід системи з одного стану в інший. Оскільки кожен із зазначених параметрів, в свою чергу, є функцією динамічних величин, то і сам ризик буде змінюватися в часі, будучи при цьому функцією змінних досліджуваної системи. Аналіз компонентів вектору ризику допомагає ранжувати їх відповідно до значень і виявляти внесок кожної складової в загальний ризик. Ефективність управління ЖКГ розглядається як комплекс складних взаємодій у «квадраті безпеки», що визначається економічними, екологічними, техногенними і соціальними факторами, які оцінюються відповідними індексами. Тоді ризик є вектор у 4-вимірному просторі вказаних параметрів.

Основні переваги даної розробки полягають в тому, що вона дає можливість: 1) проводити оцінку ризику різних стрибкоподібних змін, для яких внаслідок сильної залежності від початкових умов та внаслідок відсутності відповідних статистичних вибірок традиційні методи оцінки ризику не ефективні, тобто дають занижену оцінку ризику; 2) досліджувати динаміку інтегрального ризику як функцію ди-

намічних змінних, що характеризують техногенну, екологічну, економічну та соціальну безпеку; 3) ранжувати різні типи загроз, виявляти слабкі ланки системи ЖКГ, чисельно оцінювати наближеність до критичних значень параметрів, які є індикаторами різкого зростання ризику техногенних катастроф в ЖКГ. Інформаційна система, розроблена в рамках даної роботи, може використовуватися для раннього розпізнавання ризиків. Це дасть змогу істотно підвищити ефективність рішення поточних завдань управління системою ЖКГ. Цінність цієї можливості обумовлена існуванням принципових тимчасових обмежувачів, які знижують швидкість ухвалення рішень і ефективність вживаних заходів в умовах швидких змін ситуацій навіть при ідеально налагодженій системі моніторингу.

Загрози в галузі житлово-комунального господарства України можна розділити на ряд складових: *екологічна* (кількість зсувів, підтоплень, пожеж, вибухів; обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферу; якість питної води), *соціальна* (рівень зареєстрованих злочинів, суїцидів, смертності населення; заборгованість по виплаті заробітної плати; безробіття; диференціації життєвого рівня населення), *техногенна* (аварійність житлового фонду, водо- та теплопроводів, каналізаційних мереж) та *економічна* (рівень покриття витрат отриманими доходами житлово-експлуатаційних організацій, підприємств водопровідно-каналізаційного господарства та комунальної теплоенергетики, середньої собівартості утримання житла, послуг водо- та теплопостачання, освоєння коштів державного бюджету, отриманих ЖКГ). За допомогою статистичних даних [5–8] було проведено тестові іспити інформаційно-аналітичної системи з метою аналізу поточної ситуації в галузі ЖКГ України.

Наведемо інформаційну оцінку стану природно-техногенних та соціально-економічних загроз з метою аналізу поточної ситуації в галузі ЖКГ України та прийняття відповідних управлінських рішень.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ІНФОРМАЦІЙНУ СИСТЕМУ

Інформаційно-аналітична система для аналізу та моделювання комплексних ризиків природно-техногенних та соціально-економічних загроз в галузі ЖКГ України включає: 1) структуроване файлове сховище з вхідними та вихідними даними; 2) модуль підготовки вхідних даних для подальшого їхнього застосування в інформаційно-аналітичній системі з метою аналізу та моделювання комплексних ризиків природно-техногенних та соціально-економічних загроз в галузі ЖКГ України; 3) модуль розрахунку ризиків для проведення аналізу поточного стану регіонів та прогнозу розвитку ситуації; 4) інтерфейс користувача для роботи з даними і проведення аналізу та прогнозування розвитку ситуації; 5) довідкову систему; 6) демонстраційний ролик, що показує, як працювати з програмою; 7) програму для створення презентацій з копій екрану.

Довідка системи включає глосарій, в якому наведені базові терміни та поняття проблемної області, а також деякі ресурси, пов'язані з тематикою ЖКГ та з використанням методів теорії катастроф.

Супроводження системи доповнюється новими сценаріями для аналізу та прогнозу розвитку ситуації в регіонах, наочними засобами для роботи з вхідними та вихідними даними, виправлення помилок, які виявились у процесі роботи з програмою. Програмні засоби призначені для використання на персональних комп'ютерах, керованих операційними системами Microsoft Windows. Система не потребує попередньої інсталяції.

В процесі роботи з системою використовуються вхідні дані двох типів – первинні вхідні дані, зібрані з офіційних джерел, і дані, попередньо оброблені за заданими методиками [9] безпосередньо для обчислення ризиків – індекси економічних, соціальних, техногенних, природних загроз для кожного з регіонів України.

До первинних даних належать: 1) кількість зсувів на забудованій території; 2) площа регіону; 3) площа підтоплення; 4) кількість пожеж та

вибухів (у розрахунку на 10 000 населення); 5) обсяги викидів шкідливих речовин в атмосферу (у розрахунку на 1 людину); 6) частка проб води з комунальних водопроводів, що не відповідає санітарно-хімічним та бактеріальним нормам; 7) кількість зареєстрованих злочинів (у розрахунку на 1000 мешканців регіону); 8) кількість суїцидів (у розрахунку на 100 000 мешканців регіону); 9) кількість померлих (у розрахунку на 1000 мешканців регіону); 10) сума заборгованості по виплаті заробітної плати (у розрахунку на 1 мешканця регіону); 11) кількість зареєстрованих безробітних з причин незайнятості (% від населення працездатного віку); 12) значення децильного коефіцієнту диференціації загальних доходів населення у регіоні; 13) кількість аварій, що трапилися на водопровідних та каналізаційних мережах (у розрахунку на 1 км мережі); 14) частка водопроводів та каналізаційних мереж, що у звітному році потребували невідкладної заміни; 15) частка насосного обладнання водопроводів та каналізаційних мереж, що потребує негайної заміни; 16) питомі витрати умовного палива; 17) частка старих та аварійних мереж тепlopостачання у регіоні; 18) частка котлів з терміном експлуатації більше 20 років; 19) втрати та відпуск теплової енергії; 20) площа старого та аварійного житлового фонду у регіоні; 21) загальна площа житлового фонду у регіоні; 22) кількість непрацюючих ліфтів та ліфтів, яким більше 20 років; 23) загальна кількість ліфтів у n -му регіоні.

Всі вхідні дані зберігаються у текстових файлах з коментарями та книгах Excel. На сьогодні первинні дані використовуються з різних офіційних джерел. Формати та перелік цих даних різняться між собою, у зв'язку з чим реалізовані відповідні модулі генерації первинних даних.

Загальна модель протестована на реальних даних, зібраних з офіційних джерел Держкомстату та Міністерства ЖКГ України.

Вихідними даними системи є значення узагальнених індексів природних, техногенних, соціальних та економічних загроз, а також соціально-економічних, природно-техногенних

цькій, Луганській областях. Найменш загрозлива ситуація у м. Києві, Закарпатській та Івано-Франківській областях. За індексом економічних загроз найбільш небезпечною є ситуація у Закарпатській, Кіровоградській областях та м. Києві. Найменш загрозлива ситуація у Чернігівській, Волинській, Рівненській областях.

Було здійснено інформаційну оцінку стану природно-техногенних та соціально-економічних загроз з метою аналізу поточної ситуації в галузі ЖКГ України та прийняття відповідних управлінських рішень. Результати тестового обчислення показали, що регіони України діляться на дві групи. *Першу групу* складають регіони підвищеного рівня загроз системи ЖКГ. До цієї групи відносяться Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Київська, Луганська, Миколаївська, Одеська, Чернігівська області та м. Київ.

Другу групу складають регіони відносно низького рівня загроз. До цієї групи відносяться АР Крим, Вінницька, Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Кіровоградська, Львівська, Полтавська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Харківська, Херсонська, Хмельницька, Черкаська та Чернівецька області та м. Севастополь.

Проекцію поверхні стану системи ЖКГ для регіонів України на площину параметрів управління a і b , які характеризують відповідно соціально-економічні та природно-техногенні загрози, наведено на рис. 3. Регіони першої групи позначені трикутником, регіони другої – кружечком.

Було проведено обчислення індексів соціально-економічних та природно-техногенних загроз (відповідно A і B), а також інтегральних ризиків переходу регіонів з групи відносно низького рівня загроз у групу підвищеного рівня загроз R_r , а також їх соціально-економічних R_{SE} та їх природно-техногенних R_{PT} складових. Результати обчислення, наведені у табл. 1, показують, що досягання біфуркаційної кривої можливе тільки при зміні показників, які характеризують природно-техногенні загрози, оскільки $R_{SE} = 0$ для всіх регіонів першої групи. Тому зростання

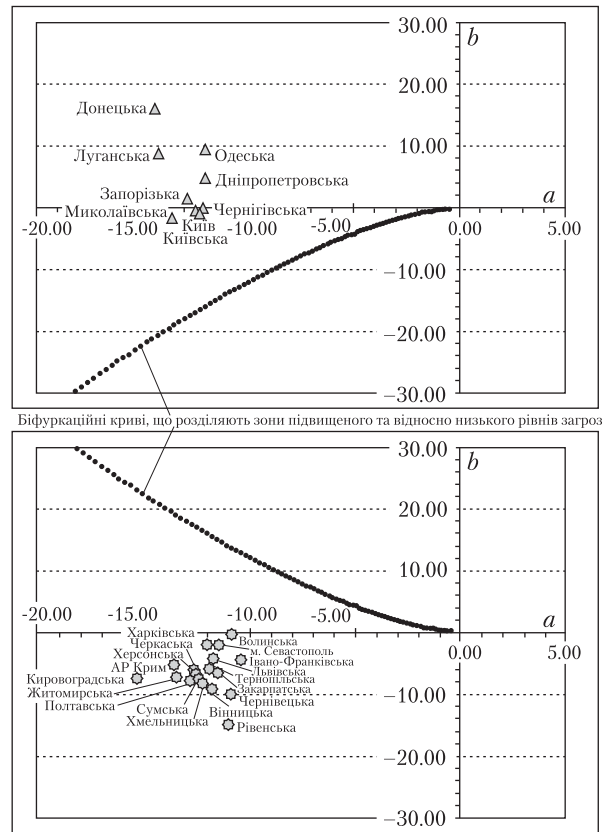


Рис. 3. Проекція поверхні стану системи на площину параметрів управління

тільки соціально-економічних загроз без погіршення параметрів, що впливають на природно-техногенні ризики системи ЖКГ, не можуть викликати перехід системи ЖКГ в зону підвищеного ризику. Водночас фактори, які впливають на соціально-економічні загрози, дають внесок у інтегральний ризик R_r , який істотно відрізняється від ризику природно-техногенної складової R_{PT} . Найбільший рівень інтегрального ризику у Волинській, Харківській областях та м. Севастополі.

Можливість регіону до зниження загроз для системи ЖКГ будемо характеризувати за допомогою інтегрального індексу I . Його компоненти I_{se} та $I_{пт}$ відповідно характеризують можливості регіону до зниження соціально-економічних та природно-техногенних загроз.

Результати обчислення можливості покращення ситуації, тобто переходу регіонів з групи підвищеного рівня загроз у групу відносно низького рівня загроз наведені у табл. 2. Результати обчислення показують, що досягання біфуркаційної кривої (нижня границя триггерної зони) для Київської, Миколаївської, Чер-

нігівської областей та м. Києва можливе як за рахунок покращення тільки соціально-економічних показників, так і за рахунок покращення тільки природно-техногенних показників. Для Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Луганської та Одеської областей перехід в зону відносно низького ризику системи

Таблиця 1

Результати тестового обчислення ризиків в системі ЖКГ

Регіони	A	B	R_{PT}	R_I
АР Крим	0,586812	0,277722	0,0488271	0,0896356
Вінницька	0,514845	0,231440	0,0456869	0,0757910
Волинська	0,466360	0,329460	0,0883962	0,1591489
Житомирська	0,580766	0,253019	0,0445134	0,0792358
Закарпатська	0,482984	0,261585	0,0555156	0,0932838
Івано-Франківська	0,442647	0,286039	0,0694679	0,1167640
Кіровоградська	0,667046	0,250681	0,0381765	0,0714655
Львівська	0,490316	0,285957	0,0621754	0,1081696
Полтавська	0,553310	0,245680	0,0453349	0,0785836
Рівненська	0,468655	0,166866	0,0384213	0,0571466
Сумська	0,552728	0,250153	0,0462255	0,0805072
Тернопільська	0,516186	0,267415	0,0534759	0,0926677
Харківська	0,518860	0,312097	0,0676679	0,1236064
Херсонська	0,548122	0,256185	0,0478155	0,0835931
Хмельницька	0,533091	0,242544	0,0463590	0,0789510
Черкаська	0,547710	0,265525	0,0498569	0,0880733
Чернівецька	0,461254	0,222705	0,0482134	0,0759448
м. Севастополь	0,489648	0,311450	0,0726476	0,1301367

Таблиця 2

Результати тестового обчислення можливості зниження ризиків в системі ЖКГ

Регіони	A	B	I_{SE}	I_{PT}	I
Дніпропетровська	0,526945	0,386487	0,0000000	0,0557027	0,0986889
Донецька	0,621572	0,510071	0,0000000	0,0305092	0,0502911
Запорізька	0,549270	0,347185	0,0000000	0,0655266	0,1228965
Київська	0,554245	0,314425	0,1191745	0,0799785	0,1553728
Луганська	0,617794	0,429913	0,0000000	0,0393560	0,0704682
Миколаївська	0,535893	0,326010	0,1076834	0,0778432	0,1480035
Одеська	0,510948	0,439440	0,0000000	0,0452014	0,0743977
Чернігівська	0,528234	0,332850	0,0967968	0,0759100	0,1426964
м. Київ	0,474172	0,322940	0,1302777	0,0970361	0,1783483

ЖКГ неможливий без покращення параметрів, що впливають на природно-техногенні ризики. Для переходу в зону відносно низького ризику найменших витрат потребує покращення соціально-економічної та природно-техногенної ситуації у м. Києві. Найбільших витрат потребує Донецька область.

ВИСНОВКИ

Запропоновано новий підхід до прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій в ЖКГ. Основні переваги такого підходу полягають у тому, що він дає можливість: 1) здійснювати моніторинг, прогноз та управління комплексними ризиками в техногенній сфері; 2) ранжирувати різні типи погроз, виявляти слабкі ланки ЖКГ, чисельно оцінювати наближеність до критичних значень параметрів, які є індикаторами різкого зростання ризику техногенних катастроф в ЖКГ; 3) розраховувати за допомогою теорії оптимального управління траєкторії зміни параметрів, що характеризують функціонування системи ЖКГ, з метою ефективного управління, зниження ризиків техногенних катастроф та мінімізації енерговитрат або зниження їх до бажаного рівня при мінімальних витратах ресурсів.

За допомогою даних, які були надані головним управлінням науково-технічної політики Міністерства з питань житлово-комунального господарства України, здійснено інформаційну оцінку стану природно-техногенних та соціально-економічних загроз з метою аналізу поточної ситуації в галузі ЖКГ України та прийняття відповідних управлінських рішень. Використання інформаційної системи, що базується на вказаному підході, дасть змогу органам державного управління аналізувати якість стратегій покращення

стану житлово-комунального господарства України, оцінювати ефективність управлінських рішень з метою вирішення завдань підвищення безпеки системи ЖКГ.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Атоев К.Л., Пепеляев В.А.* Математическая модель для исследования влияния флуктуаций на трансформацию пространства техногенной безопасности // Таврический вестник информатики и математики. — 2006. — № 1. — С. 116–126.
2. *Атоев К.Л., Пепеляев В.А.* Моделирование механизмов возникновения неустойчивости сложных систем // Теория оптимальных решений. — 2007. — № 6. — С. 51–58.
3. *Атоев К.Л., Пепеляев В.А.* Моделирование влияния системных рисков на устойчивое развитие общества // Компьютерная математика. — 2009. — № 1. — С. 37–48.
4. *Атоев К., Томин А., Аксионова Т.* Global changes, new risks, and novel methods and tools of their assessment. Modeling and management of environmental security in Ukraine // Managing Critical Infrastructure Risks (Ed by I. Linkov et al.) — 2007. — Springer Netherlands. — P. 339–351.
5. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році / Шандра В.М., Філіпчук Г.Г., Патон Б.Е. та ін.* — К: Чорнобиль Інтерінформ, 2008. — 229 с.
6. *Качинський А.Б.* Безпека, загрози і ризик: наукові концепції та математичні методи. — К: Інститут проблем національної безпеки, 2004. — 472 с.
7. *Викиди шкідливих речовин та парникових газів у атмосферу від стаціонарних джерел забруднення у 2008 році* — Експрес-випуск Державного комітету статистики № 50 від 11.03.2009
8. *Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2007 році.* // К.: Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства, 2008. — 567 с.
9. *Акимов В.А., Потанов Б.В., Радаев Н.Н.* Сравнительная оценка безопасности регионов по статистическим данным // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1998. — № 11. — С. 79–85.

В.А. Пепеляев, П.С. Кнопов,
К.Л. Атоев, В.Б. Бигдан, Ю.М. Черный

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ
СИСТЕМА ДЛЯ АНАЛИЗА КОМПЛЕКСНЫХ
РИСКОВ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ
И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ
УГРОЗ В ОБЛАСТИ
ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Разработана информационная система для оценки комплексных рисков природно-техногенных и социально-экономических угроз в системе жилищно-коммунального хозяйства, позволяющая: 1) оценивать деформацию пространства безопасности в условиях повышенной неопределенности; 2) исследовать динамику риска чрезвычайных ситуаций как функцию техногенных экологических, социальных и экономических переменных; 3) оценивать риск природно-техногенных и социально-экономических чрезвычайных ситуаций для анализа текущей ситуации и принятия эффективных управленческих решений по реформированию ЖКХ.

Ключевые слова: информационные технологии, управление сложными системами, анализ риска.

V.A. Pepeljaev, P.S. Knopov,
K.L. Atoyev, V.B. Bigdan, Y.M. Tchornyj

INFORMATION-ANALYTICAL SYSTEM
FOR COMPLEX ENVIRONMENTAL-TECHNOGENIC
AND SOCIAL-ECONOMIC RISKS ANALYSES
IN THE FIELD OF HOUSING AND COMMUNAL
SERVICES OF UKRAINE

The information system for complex environmental-technogenic and social-economic risks assessment in the field of housing and communal services is elaborated. It allows: 1) to estimate the deformation of space security under increased uncertainty; 2) to investigate the dynamics of complex risks of disasters as a function of environmental, technogenic, economic and social variables; 3) to estimate the environmental-technogenic and social-economic threats for analysis of current situation and decision making in the field of housing and communal services reforming.

Key words: information technologies, complex system control, risk analysis.

Надійшла до редакції 26.03.10