

Олег Мельничук

аспірант кафедри глобалістики, євроінтеграції
та управління національною безпекою НАДУ при Президентіві України
ORCID ID: 0000-0003-3615-3730

УПРАВЛІННЯ КРИТИЧНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ: МОДЕЛЬ ТА ЇЇ ВПРОВАДЖЕННЯ

У статті визначено основні завдання при прийнятті управлінських рішень щодо об'єктів критичної інфраструктури та розроблено модель управління такими об'єктами. Зосереджено увагу на застосуванні системного підходу при прийнятті рішень щодо планування та розбудови системи безпеки об'єктів критичної інфраструктури на регіональному рівні, сформовано загальні принципи її управління, що можуть бути застосовані в Україні.

Визначено особливості впровадження системою управління критичною інфраструктурою регіону, основні її етапи, такі як: ідентифікація об'єктів критичної інфраструктури, їх захист та стійкість, а також складові цих етапів. Розглянуто основні методологічні підходи до моделювання взаємозалежності інфраструктури на місцевому рівні, а саме: емпіричний, мережевий, системна динаміка та агентне моделювання. Розроблено схему впровадження системою управління критичною інфраструктурою регіону, що може бути використана зацікавленими сторонами які, беруть участь у прийнятті управлінських рішень відносно об'єктів інфраструктури. Крім того, зазначено проблему вдосконалення законодавства України щодо визначення поняття «стійкість об'єкту інфраструктури».

Ключові слова: критична інфраструктура; управління критичною інфраструктурою; ідентифікація об'єктів критичної інфраструктури, захист та стійкість критичної інфраструктури.

Oleg Melnychuk

PhD student of the Global Studies, European Integration
and State Security Management Chair of the NAPA under the President of Ukraine
ORCID ID: 0000-0003-3615-3730

CRITICAL INFRASTRUCTURE MANAGEMENT: MODEL AND ITS IMPLEMENTATION

The article defines the main tasks in management decisions on critical infrastructure objects and develops a model for managing such objects. The focus is on applying a systematic approach to decision-making regarding the planning and development of a security system for critical infrastructure at the regional level, and generalizing the general management principles, which we can use in Ukraine.

The features of implementation of the system of critical infrastructure management in the region, its main stages are identified, such: identification of critical infrastructure objects, their protection and stability, as well as the components of these stages. The main methodological approaches to modeling the interdependence of infrastructure at the local level, namely: empirical, network, system dynamics and agent modeling. The article defines a scheme for the implementation of the region critical infrastructure management system, which the stakeholders, who involved in the infrastructure objects management, can use. In addition, the problem of improvement of the Ukraine legislation on definition of the term «stability of the infrastructure object» is been mentioned.

Key words: critical infrastructure; critical infrastructure management; identification of critical infrastructure objects, critical infrastructure protection and resilience.

Постановка проблеми

Сучасне суспільство потребує надання послуг та обслуговування життєдіяльності на протязі всього свого циклу існування. Для цього створюється інфраструктура з безперебійним функціонуванням. Однак, останнім часом увага науковців, експертів, журналістів та населення усе частіше зосереджується навколо критичної інфраструктури. Це пов'язано з тим, що інфраструктурі у всьому світі постійно загрожує значна кількість взаємодіючих антропогенних небезпек і природних явищ, які можуть привести до збою роботи життєво важливих її об'єктів, з наслідками у вигляді людських, економічних втрат, екологічних катастроф, тощо.

Тому, провідні країни світу зосереджують ресурси на захисті таких важливих інфраструктурних об'єктів та активно розбудовують системи із забезпечення захисту та стійкості критичної інфраструктури, впро-

ваджують нормативні документи для регламентації діяльності учасників системи, готують відповідні кадри та налагоджують партнерські відносини з приватним сектором та громадою, тощо. Цей напрям безпеки визнано пріоритетним у політиці національної безпеки цих країн.

Потреба постійно захищати критичну інфраструктуру від усіх видів фізичних загроз і небезпек, в тому числі кіберзагроз, обумовлює необхідність побудови системи управління критичною інфраструктурою, спрямованої на забезпечення її захисту, безпеки та стійкості з залученням до відповідних зусиль і заходів усього суспільства: від окремих громадян, місцевих громад, суб'єктів господарювання до органів державної влади.

В Україні, у Концепції створення державної системи захисту критичної інфраструктури (далі – ЗКІ) заува-

© Мельничук О. В., 2020.

жено на потребі нормативно-правового врегулювання основоположних принципів функціонування державної системи ЗКІ, запровадження єдиних підходів до організації управління об'єктами системи на державному та місцевому рівні, визначення засад взаємодії залучених до ЗКІ державних органів та суб'єктів господарювання, суспільства та громадян. Водночас, захист об'єктів, які згідно зі світовою практикою належать до критичної інфраструктури, законодавством, наразі, регламентується численними нормативно-правовими актами, що носять переважно відомчий характер. Тому, для подальшої розбудови системи ЗКІ необхідною є розробка правових, організаційних, методологічних, технологічних та інших інструментів [1].

Зазначені чинники характеризують актуальність наукового дослідження механізмів публічного управління національною безпекою, та у межах цього напрямку – системи управління об'єктами критичної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед вітчизняних вчених, які розглядали питання сутності управління безпекою та критичної інфраструктури можна віднести таких авторів: В. Абрамов, Д. Бірюков, Д. Бобро, В. Горбулін, С. Іванюта, Г. Ситник,

О. Суходоля, В. Лядовська, С. Кондратов, І. Уряднікова, С. Чумаченко та інші. Крім того, дослідженню проблемних питань безпеки критичної інфраструктури присвячені праці А. Bialas, M. Cavelty, A. Fekete, D. Gritzalis, P.Hokstad, M. Hromadab, T. Kelly, A. Lazari, J. Markucia, V. Maurer, D. Rehaka, S. Rinaldi, I.Utneand, J.Vatn, A. Wenger, T. Wilbanks та ін.

Разом з тим, кількість публікацій, де розглядається система управління об'єктами критичної інфраструктури у вітчизняній та зарубіжній літературі обмежена, тому дана тема дослідження є актуальною.

Мета

Мета статті – вивчення існуючих теоретичних засад системного управління, узагальнення основних завдань управління об'єктами критичної інфраструктури та розробка моделі управління такими об'єктами з визначенням етапів її впровадження.

Виклад основного матеріалу

Протягом останніх кількох десятиліть ми спостерігали збільшення кількості стихійних лих у світі, які зачіпають мільйони людей. Природні небезпеки, такі як землетруси, повені, пожежі, урагани, можуть завдати значної шкоди нашим інфраструктурним системам, що призводить до короткочасних або тривалих перебоїв у наданні життєво важливих послуг. Наслідками таких подій є фінансові і людські втрати, екологічні та епідеміологічні катастрофи, а зміна клімату робить їх більш частими і тяжкими.

Поряд з цим, через взаємозв'язок інфраструктурних систем збільшилась їх взаємозалежність. Під взаємозв'язком ми маємо на увазі, що інфраструктурні системи використовують продукти один одного і працюють разом для надання спільних послуг. Взаємозалежність двох систем або компонентів, з іншого боку, стосується ефекту зниження продуктивності однієї системи або компонента на іншу. Отже, порушення одного елемента інфраструктури може поширюватися і на інші, що, в кінцевому підсумку, впливатиме на

можливість надання послуг, які мають вирішальне значення для добробуту громад. Інфраструктурні системи, такі як телекомунікаційна, виробнича, транспортна та енергопостачання стали більш розгалуженими та є складовими системи інфраструктури держави в цілому. Так, порушення в одній інфраструктурній системі може мати каскадний ефект з впливом на інші системи, та впливати на безпеку держави [2].

Наведемо декілька прикладів збоїв роботи інфраструктурної системи:

- в 2003 році відключення електроенергії в Північній Америці вплинуло на 50 мільйонів людей в північно – східному і середньому заході США і в Онтаріо (Канада). Відключення електроенергії призвело до зупинки водоочисних споруд та насосних станцій. Стічні води розлилися по водних шляхах, що змусило місцеві органи влади видавати замовлення на кип'ятіння води для забезпечення близько 8 мільйонів людей [3].
- в 2012 році від урагану «Сенді», що утворився та зачепив Ямайку, Кубу, Багамські Острови, Гаїті та узбережжя Флориди постраждали 50 мільйонів людей у 12 штатах США. Перебої з електроенергією відчули близько 8,7 млн. абонентів, було завдано шкоди бездротовій та інтернет-інфраструктурі. Збій в енергопостачанні викликав масові затоплення тунелів станцій метро і вулиць, паралізував роботу повітряного транспорту. Також, відключення електроенергії вплинуло на видобуток нафти і природного газу, його транспортування, закрились нафтопереробні заводи, нафтові термінали та газові заправки [4].
- в грудні 2013 року в США та Канаді в результаті крижаного дощу та снігу відбулись масові пошкодження ліній електропередачі і дерев, що призвело до відключення електроенергії. Системна аварія тривала 7 днів та вплинула на 1 мільйон людей [5].
- в грудні 2018 року за інформацією Державної служби України з надзвичайних ситуацій, через снігопад, місцями мокрий сніг та пориви вітру, спрацювала автоматична система захисту ліній електропередачі. В результаті відключення електроенергії знеструмлено 170 населених пунктів, а саме: Чернігівська 85, Київська 40, Сумська 30, Херсонська 9, Кропивницька 4, Миколаївська 2.

Для розбудови надійної системи безпеки інфраструктури вирішальне значення має розуміння ступеня взаємозалежності національної та регіональної інфраструктури. Проте, дослідження взаємозалежності на місцевому та регіональному рівні є обмежені. В Україні, державні регулятори, місцеві органи влади, підприємства та громади є найважливішими агентами на такому рівні, оскільки вони, як правило, контролюють (тобто планують, впроваджують, експлуатують, використовують) більшість регіональних та місцевих систем інфраструктури, такі як: передача електроенергії, газу, водопостачання, водовідведення, дороги. Зазначені зацікавлені сторони часто стикаються з проблемами роботи об'єктів інфраструктури під час стихійних лих. Відповідальними за планування та реалізацію безпеки об'єктів інфраструктури від впливу загроз, як внутрішніх, так і зовнішніх є регіональні та місцеві органи влади.

Таким чином, вплив на управління діяльністю об'єктами інфраструктури має низка зазначених зацікавлених сторін, при цьому питання узгодженості дій та відповідальності за прийняті ними рішення є недостатньо врегульовано законодавством України [6].

Для планування відповідних заходів, а також у процесі прийняття управлінських рішень використовуються переліки об'єктів інфраструктури, які мають вирішальний вплив на безпеку громадян – об'єктів критичної інфраструктури. Безпека інфраструктурної системи як на національному, так і на регіональному рівні буде дієвою саме при ідентифікації таких об'єктів для подальшого системного управління ними [2].

Розглянемо застосування системного підходу при прийнятті рішень щодо планування та розбудови системи безпеки об'єктів КІ на регіональному рівні, який дозволить місцевим органам влади:

- визначити перелік об'єктів КІ;
- здійснити планування заходів щодо забезпечення безперервності та стійкості функціонування цих об'єктів в штатному режимі;
- розробити план заходів для забезпечення функціонування об'єктів КІ в кризовій ситуації та відновлення роботи у випадку реалізованих загроз;
- забезпечити виконання та оперативне внесення змін до визначених планів заходів щодо об'єктів КІ відповідальними виконавцями;
- запровадити ефективну взаємодію органів публічної влади з найважливішими агентами для забезпечення стійкості та захисту об'єктів КІ;
- оптимізувати розподіл ресурсів для нових інфраструктурних розробок.

Зазначимо, що важливим для нашого розгляду є дослідження взаємозв'язків систем регіональної та місцевої інфраструктури.

Кожна інфраструктурна система, будь то водопостачання, водовідведення, газопостачання, дороги, тощо, залежить від функціонування декількох компонентів – об'єктів інфраструктури. Наприклад, станція позначається як об'єкт системи електропостачання, тоді як певна підстанція, розташована в певному географічному положенні, позначається як елемент об'єкту інфраструктури.

В свою чергу, різноманітні системи інфраструктури складають ряд сегментів, що поєднуються в сектори інфраструктури. Так, наприклад, О. В. Мельничук запропонував розподілити критичну інфраструктуру на 9 секторів за сферами життєдіяльності, що є природним для інфраструктури в цілому [6].

При дослідженні взаємозв'язків та взаємозалежності інфраструктурних систем слід враховувати, що елемент об'єкту інфраструктури, його працездатність залежить від іншого інфраструктурного елемента в межах одного об'єкту та всієї системи інфраструктури. З іншого боку, взаємозалежність означає залежність між двома об'єктами від різних систем інфраструктури. Наприклад, постачання від однієї електростанції впливає на працездатність підключеної водозабірної насосної станції.

Складність взаємозв'язків інфраструктурних систем різна на національному та регіональному рівнях. Тому, цілі моделювання їх взаємозалежності варіюються від розуміння взаємозв'язку між основними інфраструктурними секторами (наприклад, політичний та

військовий, економічний та соціальний, виробничий та інформаційний, тощо) до аналізу сценаріїв каскадних збоїв однієї або декількох критичних інфраструктурних систем. Загальною метою моделювання взаємозв'язків інфраструктурних систем на національному рівні є забезпечення національної безпеки шляхом виявлення об'єктів КІ. Дослідження взаємозв'язків інфраструктури на регіональному рівні має на меті охарактеризувати наслідки місцевого (внутрішнього) або національного (зовнішнього) збою чи перерви в роботі об'єктів інфраструктурних систем, з рівнем деталізації, що дозволяє вносити корективи в роботу таких місцевих об'єктів. Наступний приклад ілюструє одну з багатьох можливих відмінностей між моделями на національному та регіональному рівнях.

Так, моделювання для визначення критичних активів з забезпечення водної безпеки країни потребуватиме набору даних щодо основних систем водопостачання, гребель, водосховищ, а також будь-якої великої національної електромережі, яка підтримує їх роботу. Крім вхідних даних про діяльність та продуктивність об'єктів цих інфраструктур, потрібна інформація про чотири типи залежності між цими об'єктами. А саме:

- фізичну залежність – матеріального потоку від однієї інфраструктури до іншої;
- інформаційну або кіберзалежність – щодо передачі інформації між секторами інфраструктури;
- просторову залежність – враховує фізичне розташування, близькість між об'єктами;
- логічну – вплив однієї інфраструктури на іншу без фізичного зв'язку, головним чином через людські рішення і дії, та інші залежності, які не підпадають під перші три категорії.

При цьому, інфраструктура регіонального водопостачання зазвичай представлена як декілька окремих чи пов'язаних між собою місцевих вузлів, з рівнем введення, виведення та продуктивності. Така модель не генерує детальну інформацію про продуктивність окремих місцевих вузлів, що може бути корисною для його управління. Однак, моделювання з подібними цілями на регіональному рівні зазвичай описує водопровідну систему, до складу якої входить мережа, станцій, тощо, що дозволяє вивчити внутрішню її роботу та вразливі місця системи.

Таким чином, корисність результатів національних моделей взаємозалежності інфраструктурних систем обмежена в частині управління регіональними системами та місцевими об'єктами.

На національному рівні залежності окремих об'єктів інфраструктури можуть бути досить абстрактні. Це пояснюється головним чином тим, що вимоги до інформації про взаємозалежність, продуктивність об'єктів місцевої інфраструктури можна звузити до елементів таких об'єктів, з подальшою їх конкретизацією, що не можливо зробити на національному рівні [7].

На регіональному рівні застосування системного підходу при прийнятті рішень щодо управління об'єктами КІ обумовлює дослідження кола основних учасників прийняття таких управлінських рішень.

Так, управлінські рішення щодо об'єктів КІ на регіональному рівні базуються на інтересах та проблемах місцевих громад. Тому, ряд зацікавлених сторін які, беруть участь у прийнятті таких рішень, відстоюють реалізацію своїх можливостей, що пов'язані з інвести-

ціями, плануванням, проектуванням, експлуатацією та управлінням об'єктами інфраструктури. Як правило, до таких зацікавлених сторін відносяться: територіальна громада; сільська, селищна, міська рада; сільський, селищний, міський голова; виконавчі органи сільської, селищної, міської ради; староста; районні та обласні ради, що представляють спільні інтереси територіальних громад сіл, селищ, міст; органи самоорганізації населення; комунальні, місцеві підприємства та окремі фізичні особи.

Органи місцевого самоврядування населеного пункту або міста при прийнятті управлінських рішень щодо об'єктів інфраструктури стикаються з проблемами, що впливають на роботу всієї інфраструктурної системи. Для вирішення цих питань важливим є почергове досягнення наведених нижче завдань:

- проведення оцінки вразливості критично важливих інфраструктурних систем з метою ідентифікації об'єктів КІ, які мають вирішальне значення для підтримки загальних послуг під час збоїв у системі, та розробка відповідних стратегій управління ризиками;
- підтримка та розвиток об'єктів КІ шляхом оптимізації інвестицій та визначення пріоритетних напрямків розвитку інфраструктури, які можуть надати найвищі соціально-економічні вигоди, враховуючи вплив цих об'єктів на інші сектори інфраструктури.
- планування сценаріїв катастроф та розробка планів пом'якшення наслідків катастроф, управління та відновлення, щоб звести до мінімуму перебої в наданні послуг з врахуванням соціально-економічних наслідків відмов об'єктів КІ на інші сектори інфраструктури.

Зазначимо, що комунальні підприємства можуть виконувати вищенаведені завдання які збігаються, але можуть відрізнятись, а саме:

- планування, проектування та будівництво нових об'єктів КІ для оптимізації та збільшення продуктивності інфраструктурної системи;
- розробка заходів щодо зменшення ризиків виникнення та захисту об'єктів КІ від наслідків каскадного ефекту;
- розробка заходів надання послуг, через інші об'єкти КІ при пошкодженні інфраструктурної системи.

Поряд з цим, місцеві підприємства, домогосподарства, громада та окремі особи для реалізації своїх інтересів щодо прийняття управлінських рішень по об'єктам КІ можуть здійснити такі заходи:

- ознайомитись з переліком ідентифікованих об'єктів КІ та надати до нього пропозиції;
- розробити бізнес-стратегії та оцінити варіанти інвестицій;
- оцінити ризики для бізнес-операцій в умовах змінного середовища, характерного для об'єкту КІ;
- планування та підготовка до екстремальних подій з метою збереження життя та захисту власності.

Враховуючи вищенаведене визначимо основні завдання при прийнятті управлінських рішень щодо об'єктів КІ регіону: ідентифікація об'єктів КІ; захист та стійкість об'єктів КІ; дієвість.

Управління критичною інфраструктурою регіону як системою дозволяє сформуванню принципів управління, повне або часткове ігнорування яких може призвести до помилкових рішень і незадовільних результатів. До основних принципів управління нами віднесені перелічені нижче.

Плановість. Передбачає, що стратегія та цілі діяльності об'єктів КІ настільки чітко сформульовані, що вони дозволяють приймати управлінські рішення загального характеру щодо нових видів діяльності та виходять за межі сьогоднішніх потреб. За цим принципом управління обумовлено складання програми дій та її реалізація, в тому числі плану захисту об'єктів КІ з визначенням термінів виконання та необхідних трудових ресурсів. Спланованість забезпечує нормалізацію умов роботи, координацію дій виконавців та їх інструктування в умовах небезпеки;

Гнучкість. У даному випадку розуміється здатність об'єкту КІ успішно протистояти зовнішньому середовищу, застосовуючи його потенціал та управлінські рішення з такою швидкістю, як і зміни, що відбуваються в середовищі. Обумовлює включення в структуру об'єкта КІ засобів, пристроїв і чинників, які повинні допомогти передбачати зміни в зовнішньому середовищі та реагувати на них. Об'єкти інфраструктури з негнучкою структурою управління ризикують не впоратися з проблемами, які виникають у зв'язку з технічними, природними, біологічними, політичними і соціальними змінами.

Компетентність. Означає, що основні учасники прийняття управлінських рішень відносно об'єкта управління мають достатні знання та кількість надійних даних, або здатні сприймати компетентну інформацію і консультацію від фахівців, при прийнятті таких рішень. Вся система управління має будуватись на найновіших досягненнях науки. При цьому, важливо робити добір наявних даних таким чином, щоб основні учасники прийняття управлінських рішень мали у своєму розпорядженні тільки ті факти, які їм дійсно потрібні, і не були перевантажені інформацією, матеріалами що не відносяться до справи.

Відкритість та прозорість. Відкритість прийняття управлінських рішень характеризується прозорістю, доступністю та чутливістю до нових ідей. Цей принцип дозволяє кожному дізнатися про механізми прийняття управлінських рішень та забезпечує контроль громадськості за дотриманням верховенства права, рівності всіх громадян перед законом. Так, публічне повідомлення і обґрунтування органами місцевого самоврядування своїх рішень допомагає зрозуміти закономірності, яких вони дотримувалися у процесі їх прийняття. Застосовуючи цей принцип, однак, потрібно враховувати обмеження щодо інформації, яка містить державну таємницю та стосується об'єктів інфраструктури включених до переліку підприємств, що мають стратегічне значення для економіки та забезпечення безпеки держави;

Зворотній зв'язок між користувачами і власниками інфраструктури. Полягає в одержанні та аналізі основними учасниками прийняття управлінських рішень інформації про результати виконання прийнятих ними рішень. Це дає можливість порівнювати фактичний стан з планом та бути підґрунтям при прийнятті подальших рішень. Суть принципу полягає у тому, що

будь-яке порушення цілісності системи веде за собою виникнення дії спрямованої на її відновлення або підтримання в працездатному стані. Застосування в процесі управління принципу зворотного зв'язку дозволяє спрямувати увагу на прийняття першочергових управлінських рішень, які можуть реально вплинути на ситуацію, та визначити ефективну стратегію і тактику управління об'єктами КІ, за необхідності, вчасно їх скорегувати.

Індивідуальна відповідальність. Принцип означає, що особа несе відповідальність згідно законодавства в разі, якщо вона є виконавцем або іншим співучасником протиправного діяння. Правове забезпечення безпеки КІ поряд з національною складовою має і міжнародну [8].

Міжнародна складова правового забезпечення безпеки КІ передбачає регламентування сукупності принципів і норм, визначених міжнародними договорами і визнаних державою, що регулюють питання міжнародного співробітництва в цій сфері. В силу принципу індивідуальної відповідальності осіб, очевидно, що будь-яка людина, незалежно від її демографічних, соціальних, майнових чи інших характеристик, підлягає відповідальності за вчинення протиправного діяння, в тому числі і за нормами міжнародного права. Це не дозволяє фізичним особам, в тому числі державним службовцям та представникам органів місцевого самоврядування, уникнути відповідальності.

Усі принципи управління тісно взаємозалежні та взаємообумовлені, неможливо домогтися чіткого функціонування системи управління критичною інфраструктурою регіону без їх комплексного застосування. Так само, як не можна забезпечити цілеспрямовану діяльність окремих об'єктів КІ, ігноруючи такі принципи управління як плановість, гнучкість, компетентність, відкритість та прозорість, зворотній зв'язок і індивідуальна відповідальність.

Дія цих принципів поширюється на всю систему управління критичною інфраструктурою регіону яку можна представити схематично через сукупність узагальнених компонентів, необхідних для її функціонування (Рис. 1. Модель системи управління критичною інфраструктурою регіону).

В наведеній моделі основною метою управління критичною інфраструктурою є забезпечення безпеки через управління об'єктами КІ регіону.

Досягнення цієї мети реалізується через виконання зазначених вище завдань:

- ідентифікація об'єктів КІ, яке передбачає визначення об'єктів інфраструктури регіону, які відповідають критеріям «критичності», що повинні бути попередньо узгодженими зацікавленими сторонами. При цьому, доцільно застосовувати базові методи і критерії оцінки критичності об'єктів інфраструктури, визначені О. В. Мельничуком [2];
- захист та стійкість об'єктів КІ, виконання цих завдань потребує значного часу, ресурсів та уваги всіх суб'єктів управління, складається з низки окремих заходів, що спрямовані на формування та реалізацію планів захисту окремих об'єктів КІ регіону та стратегій їх розвитку;
- дієвість, перегляд і актуалізації стратегій розвитку об'єктів КІ за результатами її моніторингу.

Передбачає реалізацію заходів моніторингу системи управління критичною інфраструктурою регіону та коригування планів захисту окремих об'єктів КІ регіону та стратегій їх розвитку відповідно до реальних змін внутрішнього та зовнішнього середовища. Виконання цього завдання має забезпечити функціонування системи управління критичною інфраструктурою регіону не на папері, а в реальних умовах.

Застосування системного підходу до управління критичною інфраструктурою регіону неможливо домогтися без чіткого визначення його функцій. А саме:

- інформаційно-аналітична функція, за якою здійснюється контроль та аналіз стану об'єктів інфраструктури регіону;
- управлінська функція, яка включає планування, організацію, мотивацію, моніторинг усіх процесів, пов'язаних з діяльністю об'єктів КІ регіону;
- функція безпеки, яка передбачає розробку та впровадження заходів забезпечення захисту та стійкості об'єктів КІ регіону, їх елементів і організацію охорони, правил утримання та експлуатації.

На наш погляд, реалізація запропонованої моделі системи управління критичною інфраструктурою регіону має декілька циклічних етапів впровадження, які можна відобразити у вигляді схеми. (Рис. 2. Схема впровадження системи управління критичною інфраструктурою регіону).

Таким чином, управління об'єктами критичної інфраструктури носить складний характер та передбачає залучення максимальної кількості зацікавлених сторін. Насамперед, для виокремлення об'єктів КІ необхідно дослідити всю інфраструктуру регіону та ідентифікувати критичні об'єкти. Для цього доцільно створити робочу групу з представників всіх зацікавлених сторін та експертів. Це перший етап впровадження системи управління КІ регіону – етап ідентифікації.

У більшості випадків оцінювання критичності інфраструктури є лише іншим визначенням оцінки вразливості, або оцінки ризику та стійкості інфраструктури. Адже, однією з особливостей інфраструктури є те, що її об'єкти практично непомітні для кінцевого користувача-замовника вдома, незважаючи на технічну складність більшості таких об'єктів. Критичність об'єктів інфраструктури стає найбільш очевидною та помітною у випадку невдачі, коли об'єкт раптово не виконує свої функції. Аналіз наукових праць у галузі нашого дослідження допоміг визначити основні методологічні підходи до ідентифікації об'єктів КІ, а саме: ризик-орієнтований, модельний, експертний, соціологічний та комбінований [2].

Слід зазначити, що деякі дослідники вважають певні інфраструктури критичними чи важливими, і, навіть, життєво важливими незалежно від будь-якого уявного впливу.

Ми вважаємо, що багато інфраструктурних об'єктів є важливими, але вони можуть бути віднесені до критичних лише тоді, коли досягли певної межі, що, зазвичай, передбачає зміну стану. Критичність об'єкта інфраструктури пов'язана з дослідженням характеристик, властивостей, процесів і взаємозв'язків об'єкта в нормальному робочому стані, та в разі невдачі. Наслідками в разі невдачі можуть бути кількості загиблих,

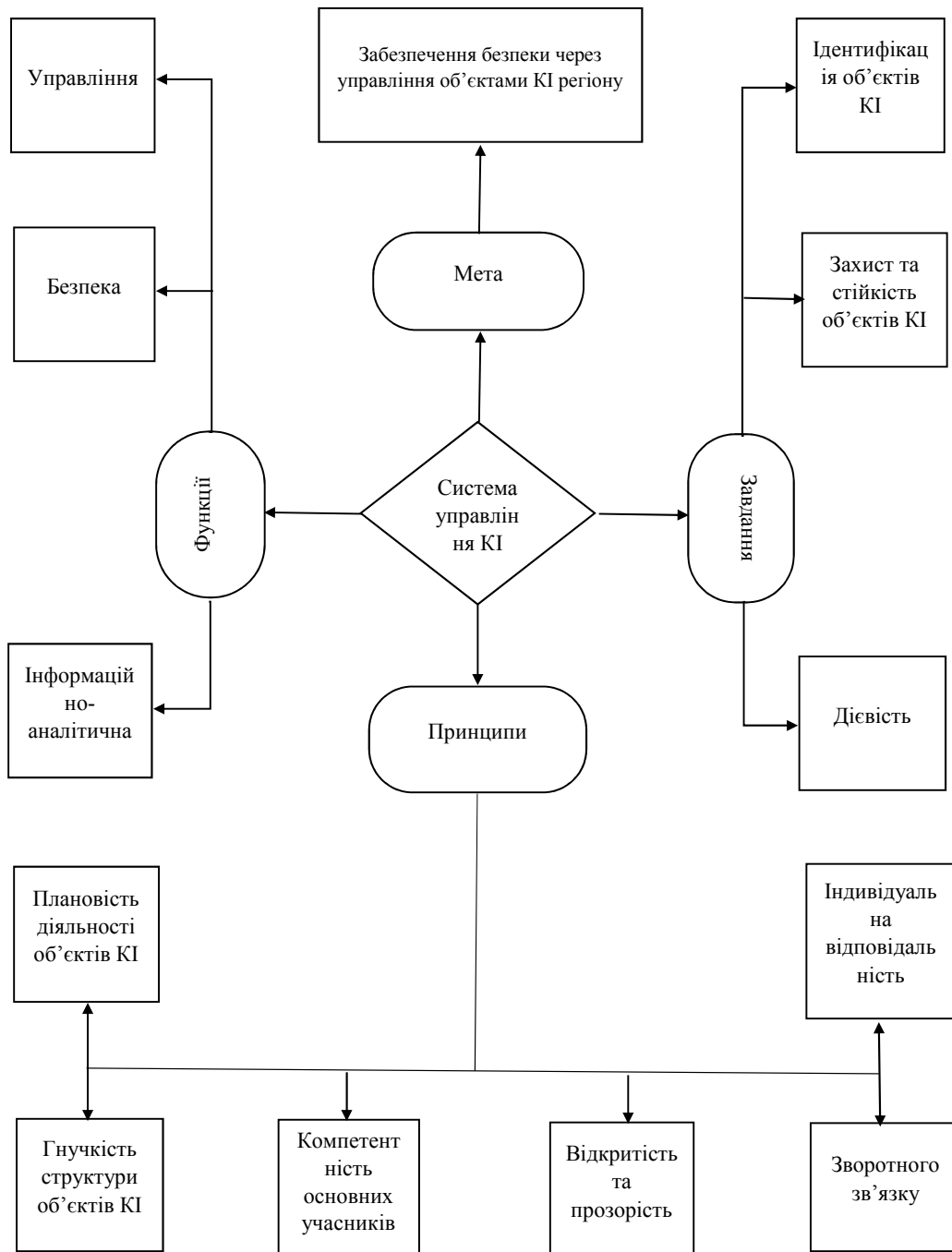


Рис. 1. Модель системи управління критичною інфраструктурою регіону (Представлений автором)

шкода людям, економічні та репутаційні збитки, тощо. При проведенні дослідження щодо критичності об'єкта інфраструктури інтереси робочої групи можуть бути зосереджені як на одному з можливих наслідків, так і на їх комплексі.

Для ідентифікації критичних об'єктів інфраструктури доцільно адаптувати концептуальні загальні характеристики критичності до фізичних, системних та просторових властивостей об'єктів інфраструктури, що досліджуються. Ці загальні аспекти критичності щодо критичної частки, часу та якості включають багато типових характеристик критичної інфраструктури,

що сприяє в подальшому розробці специфічних критеріїв, які повинні бути: послідовними та інтегрованими, відобразити основні види загроз безпеки та мати мінімальний розмір [2].

За результатами ідентифікації об'єктів КІ робоча група складає перелік об'єктів КІ місцевого рівня. Для забезпечення ознайомлення громадськості такий перелік може бути оприлюднений шляхом розміщення на офіційному веб-сайті громади чи в місцевих засобах інформації.

Ідентифікований об'єкт КІ, що перебуває в офіційному переліку місцевих об'єктів КІ потребує особливої

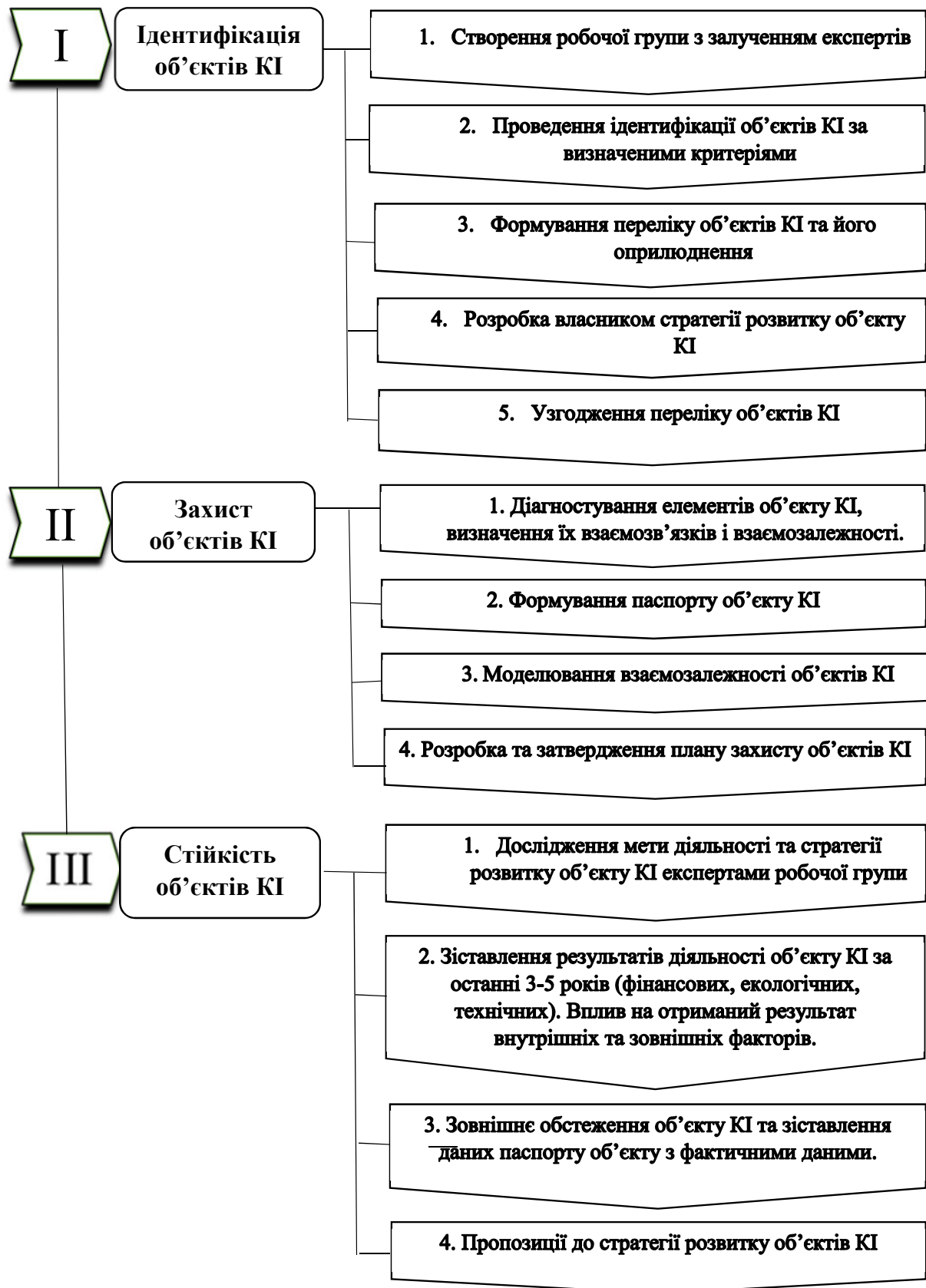


Рис. 2. Схема впровадження системи управління критичною інфраструктурою регіону (Представлений автором)

уваги щодо його управління, як з боку територіальної громади так і його власника. Загально прийнятним у світовій практиці є управління діяльністю об'єктів КІ за розробленою стратегією розвитку, що відповідає меті діяльності підприємства.

Така стратегія спрямована допомогти власнику об'єкту КІ у прийнятті рішень щодо:

- підтримки загальних послуг під час збоїв у системі об'єктів КІ завдяки розробці відповідних заходів управління ризиками та адаптації;
- оптимізації продуктивності інфраструктурного сегмента або об'єкту КІ певного сектору інфраструктури регіону;
- залучення інвестицій для забезпечення стійкості ідентифікованих об'єктів КІ, що може принести найвищі соціально-економічні вигоди, враховуючи їх вплив на інші сектори та об'єкти інфраструктури, як в сфері транспортних послуг, електроенергетики, газу та водопостачання, тощо;
- планування зменшення та запобігання наслідків катастроф, управління та відновлення роботи об'єкту КІ, зведення до мінімуму перебоїв в наданні послуг;
- проектування та будівництво нових інфраструктурних об'єктів, в тому числі комунальних.

Стратегія розвитку може допомогти краще зрозуміти наслідки каскадного ефекту та своєчасно визначити перелік заходів для зменшення ризиків каскадного впливу на об'єкти КІ регіону.

Регіональна група по роботі з об'єктами КІ за результатами розгляду отриманих від власників стратегій розвитку та громадської думки, може змінити попередній перелік об'єктів КІ місцевого рівня, враховуючи взаємозв'язки і можливі наслідки каскадного впливу на об'єкти КІ регіону.

Узгоджений та оприлюднений перелік об'єктів КІ місцевого рівня завершує перший етап впровадження системи управління КІ регіону. Дотримання таких основних демократичних принципів публічного управління як прозорість та відкритість, на етапі ідентифікації при впровадження системи управління КІ регіону, відкриває певні можливості для зацікавлених сторін. Зокрема, підприємствам, приватним особам, домогосподарствам та громадам, допомагає зробити вибір, пов'язаний з інфраструктурою, щодо:

- планування та підготовки до екстремальних подій з метою збереження життя та захисту власності;
- оцінки ризиків для власних бізнес-операцій, що можуть зазнати серйозних змін через діяльність об'єктів КІ;
- розробки нових бізнес-стратегій та оцінки варіантів інвестицій.

Другим етапом впровадження системи управління КІ регіону є захист об'єктів КІ. На початку другого етапу потрібно дослідити об'єкти КІ з метою діагностування їх елементів щодо вразливості, зносостійкості та впливу на продуктивність і безперервність роботи всього об'єкту КІ та інших показників, характерних для певного сектору інфраструктури.

Діагностуванні елементи об'єкту КІ з врахуванням визначених взаємозв'язків і взаємозалежності між ними можна розподілити за трьома категоріями уваги. Наприклад: перша категорія – потребує підвищеної

уваги; друга категорія – потребує уваги; третя категорія – може бути приділено увагу. Для цього можуть бути залучені члени робочої групи або експерти, за ініціативою власника об'єкту КІ.

Результати діагностування елементів об'єкту КІ вносяться до паспорту об'єкту КІ (далі – Паспорт). Враховуючи те, що Паспорт має містити інформацію щодо ризикових елементів об'єкту інфраструктури та перелік заходів щодо забезпечення антитерористичної захищеності об'єкту, населення і територій для запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, загроз публічної безпеки і порядку. Виникає необхідність узгодження дій з органами державної влади та органами місцевого самоврядування, до компетенції яких належить забезпечення охорони прав і свобод людини, підтримання публічної безпеки і порядку, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, посягань з боку окремих організацій, груп та осіб.

Інформація, зазначена в Паспорті, потребує окремого підходу до подання, обробки та зберігання, тому існує потреба в її коригуванні, в межах компетенції органів влади. Обробка та затвердження Паспорту керівником об'єкту КІ, посадовою особою місцевого самоврядування, місцевими представниками органів Державної служби України з надзвичайних ситуацій, Національної поліції України, Служби безпеки України обумовить відповідальність та узгодженість взаємодії органів державної влади, органів місцевого самоврядування та керівництва об'єкта КІ при реалізації заходів запобігання і реагування на критичні ситуації та протидії тероризму.

Після вивчення Паспортів регіональна група по роботі з об'єктами КІ матиме можливість здійснити моделювання взаємозалежності об'єктів КІ. Розглянемо чотири основні підходи до моделювання взаємозалежності інфраструктури на місцевому рівні: емпіричний, мережевий, системна динаміка та агентне моделювання.

Емпіричний підхід передбачає відображення об'єкту здебільшого з позицій зовнішніх зв'язків і відносин, їх систематизацію та класифікацію. Емпіричне дослідження відбувається на основі методів порівняння, виміру, спостерегання, експерименту, аналізу та ін. Ґрунтується на даних про історичні невдачі та експертних судженнях. Вони, як правило, виконуються з метою виявлення вразливості інфраструктурних систем і виявлення альтернативних стратегій зменшення ризиків. Наприклад, використовуючи ймовірнісний метод і експертні висновки та, беручи до уваги взаємозалежність інфраструктури, здійснено характеристику вразливості інфраструктури та стійкості громади у місті Ванкувер, Канада. Про це влада міста на своєму сайті (<http://vanc-uver.ca/>) надає вичерпну інформацію [9].

Однією з сильних сторін емпіричного підходу є чітка визначеність та обґрунтованість фактичними даними та досвіду щодо ризиків. Однак, потрібно враховувати, що аналіз за таким підходом може пропустити способи невдачі, які раніше не зустрічалися та невідомі експертам або членам робочої групи. Крім того, емпіричний підхід важко використовувати для сценаріїв з проектування в майбутніх подій.

Мережевий підхід зазвичай математично описує індивідуальні інфраструктурні системи як мережі, що

містять об'єкти КІ та їх складові елементи. Зазвичай описуються фізичні активи. Наприклад: водонапірні башти, насосні станції, електричні підстанції, які з'єднані такими ланками як водопровідні труби та лінії електропередачі. За допомогою мережевого підходу можливе інтуїтивне представлення місцевих об'єктів КІ шляхом надання детального опису їх складових елементів та структури їх взаємозв'язків. Охопити функціональні взаємозв'язки взаємозалежних об'єктів інфраструктури і забезпечити більш реалістичні описи механізму їх роботи може мережевий підхід. Саме мережевий підхід може змоделювати вплив відмови окремого елемента об'єктів КІ та визначити реакцію інфраструктурної системи [10].

Системна динаміка досліджує поведінку складних систем в часі та взаємодії між ними, в залежності від складових елементів системи. Як правило, досліджуються причинно–наслідкові та зворотні зв'язки, реакції, вплив середовища, тощо. Наразі, здійснюється комп'ютерне моделювання таких систем. Цей підхід застосовується зверху вниз, що вимагає повного та чіткого представлення всіх ідентифікованих місцевих об'єктів КІ та відносин між ними, виражених в кількісних показниках. Модель динаміки системи місцевих об'єктів КІ може відображати такі основні напрями: активи, щодо накопичення ресурсів у системі; час, який враховує швидкісні зміни цих активів; циклічність зв'язків між активами. Аналітики відстежують вплив різних подій на активи та процеси протягом певного часу в моделі системної динаміки та виявляють несподівану поведінку, що не може спостерігатися через прості лінійні причинно–наслідкові зв'язки. Недоліком системних динамічних моделей є те, що точність їх результатів залежить від обробки великого об'єму інформації та даних структурних елементів об'єктів КІ, доступ до яких не завжди є вільний в багатьох практичних ситуаціях [11].

Агентне моделювання базується на аналізі складної архітектури та адаптивної поведінки компонентів інфраструктурних систем, низу вгору. Підходи на основі агентів здатні масштабуватися до рівня одного об'єкту інфраструктурної системи і передбачити поведінку особи, яка приймає рішення щодо управління цим об'єктом або щодо користування його послугами. Агентне моделювання охоплює діапазон взаємозалежностей до рівня деталізації, який може бути корисний для місцевого застосування. Також, підходить для аналізу сценаріїв на причинно–наслідковій основі при оцінці ефективності різних стратегій пом'якшення ризиків. Поряд з цим, підхід, заснований на агентах, має застереження щодо людського фактору. Зокрема, необхідно зробити конкретні припущення про поведінку агента, які іноді можуть спотворювати фактичну його поведінку та негативно вплинути на результат моделювання [7].

Перед обранням підходу до моделювання взаємозалежності інфраструктури на місцевому рівні слід провести попереднє обговорення прийняття такого рішення. Вибір залежить від конкретного контексту, наявності даних, трудових і фінансових ресурсів, які можуть бути витрачені на аналіз. Він може бути обґрунтований відповідністю підходу моделювання взаємозалежності технічним особливостям об'єктів КІ до можливості його реального застосування.

Слід зазначити, що будь-яке моделювання взаємозалежності інфраструктури проводиться на основі даних щодо фізичних характеристик окремих елементів інфраструктури в різних умовах. Крім того, моделі містять інформацію щодо динамічної взаємодії між інфраструктурними системами та людськими агентами (користувачами, менеджерами, особами, що приймають рішення), включаючи вплив збоїв на життя. Саме паспорти об'єктів КІ містять всі зазначені вихідні дані щодо елементів та об'єктів КІ для подальшого опрацювання. Достовірність даних паспортів прямо впливає на результат моделювання взаємозалежності інфраструктури та впровадження системи управління КІ на місцевому рівні.

Орган місцевого самоврядування може бути зацікавлений у розробці плану захисту об'єктів КІ з метою управління надзвичайними ситуаціями та відновлення їх безперебійної роботи. Подібний план має зафіксувати завдання, послідовність дій та механізм координації всіх залучених суб'єктів в різних режимах функціонування об'єктів КІ регіону, враховуючи запобігання можливим загрозам, реагування та відновлення діяльності.

Основними режимами функціонування об'єктів КІ є:

- штатний режим функціонування (проведення оцінки можливих загроз та аналіз ризиків, інформування про імовірні загрози);
- захист та реагування на випадок реалізації загрози (залучення до ліквідації наслідків ресурсів суб'єктів державної системи захисту критичної інфраструктури та власників (розпорядників) об'єктів критичної інфраструктури);
- функціонування в кризовій ситуації (залучення ресурсів з метою забезпечення стійкості функціонування об'єктів критичної інфраструктури);
- відновлення штатного режиму роботи і ліквідація наслідків кризової ситуації [1].

Дії органів влади та місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, що зазначені в плані захисту об'єктів КІ регіону, мають бути спрямовані на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, організацію забезпечення всіх залучених суб'єктів до реагування, у разі загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, переведення суб'єктів господарювання та громадськості у режим підвищеної готовності. До опрацювання планів захисту об'єктів КІ можуть залучатися громадські організації, експерти та науковці для напрацювання загальних схем регіонального оповіщення та сигналів про небезпеку, дії всіх залучених суб'єктів після отримання таких сигналів, маршрути евакуації в безпечні місця. Поряд з цим, план захисту об'єкту КІ повинен передбачати заходи з відновлення штатного режиму роботи і ліквідація наслідків кризової ситуації.

Третім етапом впровадження системи управління КІ регіону є стійкість об'єктів КІ, який фокусується на діяльності зі створення можливостей для підготовки щодо запобігання та реагування на загрози, адаптації до нових умов функціонування, в тому числі інноваційних, та розборці стратегій розвитку об'єктів КІ регіону.

В Україні поняття «стійкість» ще не визначено законодавством, а лише входить у практику використання, так, в Концепції створення державної системи захисту критичної інфраструктури, зазначено, що «створення державної системи захисту критичної інфраструктури спрямоване на забезпечення стійкості критичної інф-

раструктури до загроз усіх видів, включаючи загрози природного і техногенного характеру, загроз, що спричинені протиправними діями, та інших загроз». На наш погляд, стійкість об'єкту інфраструктури означає його спроможність протистояти загрозам та відновлюватися від цілеспрямованих атак, аварій, природних загроз та інцидентів, в тому числі шляхом залучення інвестицій та впровадження інноваційних технологій.

Враховуючи те, що згідно з Концепцією, відповідальність за стійкість функціонування важливих об'єктів інфраструктури несуть їх власники відповідно до законодавства, саме вони мають бути основними учасниками та ініціаторами при розробці планів захисту та стратегій розвитку об'єктів КІ.

Для забезпечення якісної підготовки та розробки стратегії розвитку об'єктів КІ, робоча група з представників всіх зацікавлених сторін та експертів має дослідити мету та результати діяльності об'єкту КІ за останні роки та визначити відповідні та досяжні заходи, обов'язкові для включення до такої стратегії. При цьому, слід також враховувати вплив на отриманий фінансовий, екологічний, технічних результат внутрішніх та зовнішніх факторів.

На цьому етапі для узгодження об'єктивності та дієвості стратегії розвитку об'єкта КІ може знадобитись проведення зовнішнього обстеження його елементів, зіставлення даних паспорту об'єкту з фактичними даними. За результатами зазначених заходів робоча група надає відповідні пропозиції до стратегії розвитку дослідженого об'єкта КІ.

Реалізація стратегії розвитку здійснюватиметься шляхом виконання окремих заходів, передбачених дорожньою картою такої стратегії, відповідно до вищезазначених принципів управління критичною інфраструктурою регіону. Координація та моніторинг виконання заходів може здійснюватися робочою групою із залученням до його роботи керівників регуляторів національного рівня та професійних об'єднань.

Ця стаття узагальнює в собі наукові надбання щодо теоретичних засад системного управління об'єктами критичної інфраструктури та надає концептуальне уявлення про модель управління такими об'єктами.

В роботі досліджено основні завдання та принципи при прийнятті управлінських рішень щодо об'єктів критичної інфраструктури, розглянуто основні методологічні підходи до моделювання взаємозалежності інфраструктури на місцевому рівні, а саме: емпіричний, мережевий, системна динаміка та агентне моделювання. Розроблено схему впровадження системою управління критичною інфраструктурою регіону та представлено основні його етапи, такі як: ідентифікація об'єктів критичної інфраструктури, їх захист та стійкість. Користь моделі системи управління критичною інфраструктурою та схеми її впровадження, полягає в тому, що вони визначають загальні особливості та умови, які є дійсними в більшості наукових підходів до системного управління та можуть бути застосовані зацікавленими сторонами, які беруть участь у прийнятті управлінських рішень відносно об'єктів інфраструктури, в будь-якому регіоні України.

Крім того, запропоновані у статті наукові ідеї в подальших кроках можуть бути безпосередньо вико-

ристані при розробці порядку паспортизації об'єктів критичної інфраструктури, а зазначена проблема в чинному законодавстві України є підґрунтям для подальших наукових досліджень щодо визначення поняття «стійкість об'єкту інфраструктури» на регіональному та загальнодержавному рівні.

Література.

1. Про схвалення Концепції створення державної системи захисту критичної інфраструктури. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 06.12.2017 р. № 1009-р. URL: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1009-2017-%D1%80>
2. Мельничук О. В. Управління критичною інфраструктурою держави: базові методи та критерії ідентифікації об'єктів. *Державне управління та місцеве самоврядування*: зб. наук. праць. Дніпро: ДРІДУ НАДУ, 2019. Вип. 3(42). С. 13–27.
3. Wilbanks T., Bilello D., Schmalzer D., Scott M. Climate change and energy supply and use: Technical report for the US Department of Energy in support of the national climate assessment. Washington, DC: Island Press., 2013. 65 p.
4. Van De Walle, M. Turoff, S. R. Hiltz. Information Systems for Emergency Management. *Advances in Management Information Systems*, 16. Routledge., 2014 424 p.
5. Захист електричних мереж від природних ризиків. ОБСЄ, 2016. URL : <https://www.osce.org/ru/secretariat/293556?download=true>
6. Мельничук О. В. Критическая инфраструктура государства как составляющая национальной безопасности: понятийно-категориальный аппарат. *Zeszyty Naukowe Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej im. Witelona w Legnicy*. Nr 30(1)/2019. P. 249–265.
7. Hasan S., Fahim T., Foliente G., El-Zeinc A. Modelling infrastructure interdependency at a local scale: value, methodologies and challenges. 21st International Congress on Modelling and Simulation. Gold Coast, Australia, 29 Nov to 4 Dec 2015. URL: www.mssanz.org.au/modsim2015.
8. Мельничук О. В. Правові механізми управління критичною інформаційною інфраструктурою України: зб. наук. праць Національної академії державного управління при Президенті України; за заг. ред. А. П. Савкова. Київ: НАДУ, 2018. Вип. 1. С. 42–61.
9. Chang S., McDaniel T., Fox J., Dhariwal R., Longstaff H. Toward Disaster-Resilient Cities: Characterizing Resilience of Infrastructure Systems with Expert Judgments. *Risk Analysis*, 34(3)/2014. P. 416–434.
10. Holden R., Val D., Burkhard R., Nodwell S. A network flow model for interdependent infrastructures at the local scale. *Safety Science*, 53(0) / 2013. P. 51–60.
11. Tonmoy F., El-Zein A. Vulnerability of infrastructure to Sea Level Rise: A combined outranking and system-dynamics approach. *Proc. European Safety and Reliability*, CRC Press / 2013. P. 2407–2414.
12. Суходоля О. М. Організаційні та правові аспекти забезпечення безпеки і стійкості критичної інфраструктури України: аналіт. доп. / Бобро Д. Г., Іванюта С. П., Кондратов С. І., Суходоля О. М.; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ: НІСД, 2019. 224 с.
13. Бобро Д. Г. Методологія оцінки рівня критичності об'єктів інфраструктури. Стратегічні пріоритети. 2016. № 3 (40). С. 77–86.

14. Іванюта С. П. Пріоритети формування реєстру об'єктів критичної інфраструктури та порядку їх обліку. *Стратегічні пріоритети*. 2018. № 3. С. 19.

15. Суходоля О. М. Захист критичної інфраструктури: сучасні виклики та пріоритетні завдання сектору безпеки. *Науковий часопис Академії національної безпеки*. 2017. № 1–2 (13–14). С. 50–80.

16. Кондратов С. І. Про забезпечення координації дій, взаємодії та обміну інформацією при створенні державної системи захисту критичної інфраструктури: аналіт. доповідь. НІСД, 2018.

17. Бобро Д. Г. Урахування проектних загроз у розбудові державної системи захисту критичної інфраструктури. *Стратегічні пріоритети*. 2017. № 3. С. 42–51.

18. Суходоля О. М. Стійкість енергетичної системи чи стійкість енергозабезпечення споживачів: постановка проблеми. *Стратегічні пріоритети*. 2018. № 2. С. 101–117.

19. Kondratov S., Bobro D., Horbulin V. Developing the Critical Infrastructure Protection System in Ukraine; General Editor O. Sukhodolia. Kyiv: NISS, 2017. 184 p.