

УДК 519.8

Єремєєв І.С.

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

Дичко А.О.Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНЕ ГОСПОДАРСТВО ЯК СКЛАДНА СИСТЕМА

Пропонується модель функціонування житлово-комунального господарства як складної системи, що здатна до адаптації. Наведено евристики, які описують поведінку системи і необхідні для підвищення її ефективності.

Ключові слова: складна система, адаптація, модель, евристики.

Постановка проблеми. Житлово-комунальне господарство України (ЖКГ) ще перед здобуттям нею незалежності увійшло у смугу суцільної кризи, яка була зумовлена як фізичним зносом технічних засобів, так і соціальними та економічними проблемами. Намагання реформувати галузь поки що не дають очікуваних наслідків, головним чином тому, що програми реформування не базуються на системному підході, який би інтегрально враховував технічні, економічні, соціальні проблеми та проблеми екології, що щільно пов'язані між собою і впливають одна на одну. ЖКГ – складна система, яка перебуває під впливом як внутрішніх (соціальних, політичних, економічних і екологічних), так і зовнішніх (соціально-політичні конфлікти, глобальні екологічні проблеми, зовнішній борг, структурна обмеженість) чинників. Тому ЖКГ важливо розглядати в контексті складних систем, що можуть розвиватися.

Аналіз останніх досліджень. Сьогодні методи аналізу складних систем широко використовуються, але головним чином для технічних, екологічних та економічних систем [1; 2]. Причому йдеться про системи, які описуються або на підставі детермінованих функцій, або з використанням методів математичної статистики. ЖКГ як складна система містить компоненти технічних, соціальних, екологічних та економічних систем, які, як правило, важко формалізувати і які у більшості своїй описуються на рівні лінгвістичних термінів (понять).

Формулювання цілей статті. Метою статті є використання ідеї моделювання складної системи у вигляді «вісімки» [3] для відображення поведінки системи ЖКГ як замкненої циклічно працюючої системи, здатної до адаптації.

Основна частина. Під час аналізу такої складної системи, як ЖКГ треба притримуватися чотирьох головних принципів:

- спрощення (до розумних меж) процесів та структур для їх адекватного розуміння;
- розгляд їх у динаміці та перспективі;
- урахування можливості неоднозначності та непередбачуваності;
- розуміння системи як ієрархічної структури, що здатна до адаптації і розвитку.

Окремі напівавтономні рівні (підсистеми) такої системи формуються за рахунок взаємодій між наборами змінних, які існують у середовищі загальних для кожного рівня швидкостей протікання процесів та просторових меж. Так, функціонування ЖКГ як системи загалом є досить повільним процесом, який відбувається в межах країни протягом життя багатьох поколінь. Водночас функціонування такої, наприклад, підсистеми ЖКГ, як теплопостачання лише за останні 70–80 років змінювалося у межах населених пунктів принципово декілька разів (від індивідуального опалювання пічками до централізованого опалювання від ТЕЦ, від ТЕЦ – до районних котелень, далі – до домових котелень і до індивідуальних газових або електрообігрівачів, причому останнім часом вже успішно розвиваються такі напрями, як вживання теплових насосів, сонячних батарей тощо). Швидкий (відносно) розвиток окремих підсистем ЖКГ дає змогу зробити весь «життєвий» цикл ЖКГ як цілісної системи більш плавним, сталим, тривким. Але для цього необхідна модель розвитку, яка би могла дати пояснення щодо необхідності проведення (передбачення) тих чи інших заходів з метою покращення функціонування системи загалом. Для формування адаптивного циклу розви-

тку (моделі системи) необхідно враховувати такі три головні характеристики, як:

– властивий потенціал системи, який дає змогу виконувати необхідні зміни у разі їх потреби (**ресурс**);

– внутрішня керованість (**зв'язність**) системи, тобто ступінь зв'язності між внутрішніми керованими змінними і процесами (міра, що віддзеркалює ступінь гнучкості або жорсткості такого керування, чутливість або нечутливість до збурень);

– здатність до адаптації, **пружність** системи (міра її вразливості щодо неочікуваних або непрогнозованих стресів).

Зазначені властивості є загальними незалежно від масштабу: від ЖКГ загалом до його окремих підсистем і навіть окремих компонентів підсистем. **Ресурс** встановлює межі можливого, визначає кількість альтернативних шляхів розвитку у майбутньому. Його можна представляти як певним капіталом, так і ефективністю використання цього капіталу. **Зв'язність** або керованість визначає ступінь, до якого система здатна керувати власним функціонуванням, після чого вона може стати жертвою зовнішніх впливів. Її можна виражати як через гнучкість використання ресурсів з метою запобігання зниженню ефективності системи, так і наявністю зворотних зв'язків між окремими ланками системи, а також наявністю альтернативних варіантів функціонування. **Пружність**

системи, що забезпечується здатністю до адаптації, визначає, як система реагує на неочікувані збурення і нештатні ситуації, які можуть вивести систему з ладу. Пружність певною мірою характеризує нечутливість до короткотермінових суттєвих змін параметрів системи, її інваріантність і здатність до коригування стану з метою «фільтрування» збурень.

Стилізоване відображення адаптивного циклу складної системи в координатах «ресурс – зв'язність» наведено на рис. 1.

Траєкторія циклу змінюється між довгими періодами повільного накопичення та перетворення ресурсів (**розвиток**) і більш короткими періодами створення можливостей для інновацій (**реорганізація, адаптація**). Перехід від розвитку до реорганізації ініціюється зовнішніми або внутрішніми кризами, катастрофами і супроводжується суттєвими витратами ресурсу і порушенням зв'язності (зменшенням або зміною характеру зв'язків) під час пошуку шляхів подолання проблем, що виникли. Шлях до реорганізації іноді супроводжується певним (але невеликим) накопиченням ресурсу завдяки локальним оптимізаційним процесам. Він не може бути довгим, інакше система не зможе функціонувати. Після завершення етапу реорганізації (якщо вона виявилася прийнятною та ефективною) починається етап адаптації, який вимагає суттєвих витрат ресурсу для оновлення усіх ланок

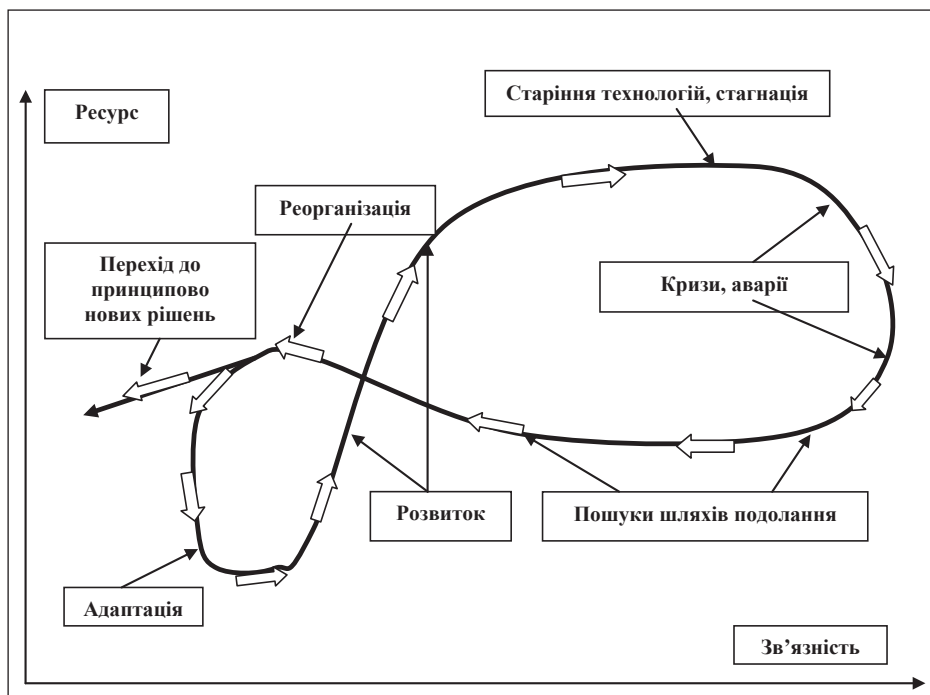


Рис. 1. «Вісімка» циклів функціонування будь-яких складних систем

системи і пристосування до нових умов функціонування. Далі система починає нормально функціонувати, накопичуючи ресурс та збільшуючи зв'язність. У разі, якщо реорганізація системи неприйнятна або неефективна, необхідно здійснити перехід до принципово нової (як із погляду структури, так і з погляду засобів, цілей та методів функціонування і характеру зв'язків) системи. Цей перехід може вимагати суттєвих соціальних та економічних змін (якщо це можливо) та надмірних витрат ресурсу. Саме з цією проблемою і стикнулося в наш час ЖКГ України на етапі реорганізації: стара модель вже не задовольняє вимог часу, спроби її пристосування до нових вимог не дають плідних наслідків, а нова модель поки що бачиться не дуже чітко, оскільки наївні сподівання на приватний капітал, який забезпечить нормальне функціонування системи, поки що не виправдовуються, тому що, з одного боку, вітчизняний інвестор буде інвестувати гроші лише у надприбуткові підприємства, а олігарх, який захопить природну монополію, буде просто «накручувати» тарифи, оскільки «кишеньковий» антимонопольний комітет буде відважно боротися лише з малим та середнім бізнесом. Інакше кажучи, нагальна

потреба в докорінній зміні старої моделі ЖКГ на нову давно «перезріла», а дієвих засобів реалізації нової моделі як не було, так і немає. І все гальмується не просто браком коштів, а нездатністю (або небажанням!) правильно їх використати: якщо би ЖКГ отримало сьогодні \$100 млрд, воно би просто «закопало» ці гроші або витратило «рівномірно» на всі проблеми чи «проїло». Тому варто продумати певні пріоритети витрат, виходячи з проблем, що вже існують. Такі проблеми у всіх на слуху: енергозалежність та екологія, які щільно пов'язані одна з одною. Дійсно, ми витрачаємо силу-силенну природного газу, який змушені купувати за високими цінами. І цей газ спалюємо (або іншим чином використовуємо) з метою отримання енергії або певної продукції. Ефективність використання цього газу в декілька разів нижча, ніж у розвинених країнах світу, а продукти його згорання інтенсивно засмічують атмосферу. З іншого боку, темпи збільшення твердих побутових відходів (ТПВ) вражаючі: сьогодні площі, які зайняті в країні під «полігони» для захоронення ТПВ, дорівнюють сумарній площі державних заповідників, і потреби у подальшому поширенні «полігонів» щорічно зростають. Тому вирішення

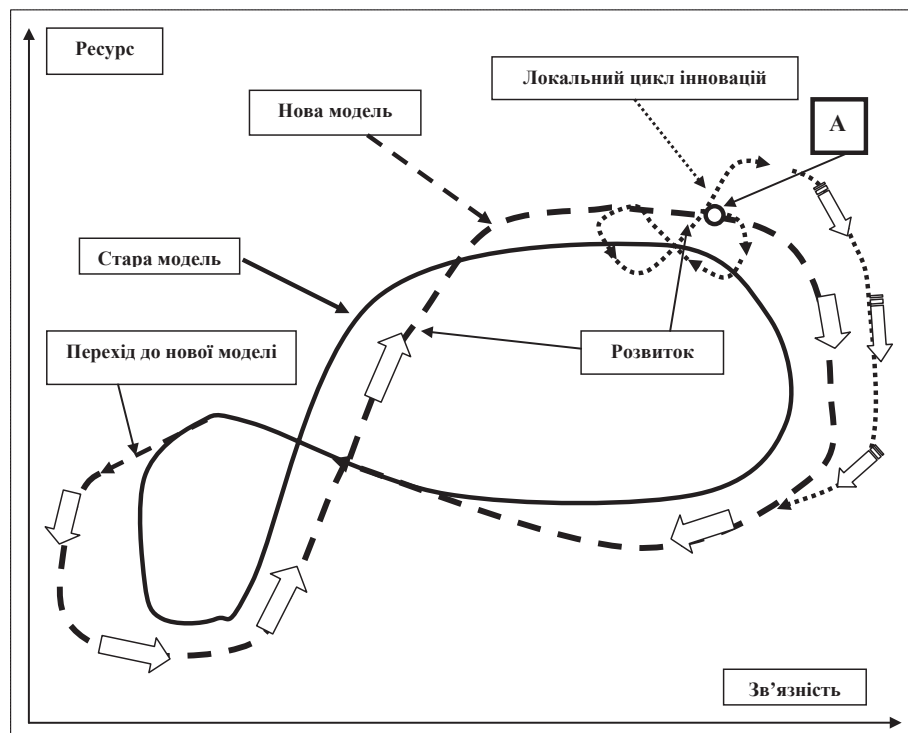


Рис. 2. Функціонування складної системи у разі, коли стара модель вже не відповідає сучасним вимогам і треба її змінити

- Траєкторія руху згідно зі старою моделлю.
- - - Траєкторія руху згідно з новою моделлю.
- Траєкторія локального циклу.

А – точка на траєкторії, в якій ПР має від'ємний знак унаслідок локальних кризових явищ.

проблеми ТПВ (які на 60–80% складаються з органічних компонентів) шляхом їхнього перетворення на енергію в сміттєспалювальних заводах (ССЗ) або на підприємствах газифікації ТПВ (ПГТПВ) дасть можливість суттєво обмежити імпорт природного газу або й зовсім відмовитися від нього і водночас вирішить проблему «полігонів», на яких можна було б захоронувати лише від 20 до 40% тієї частки ТПВ, яка не може бути використана (а за роздільного збирання ТПВ або після попереднього їх сортування така частка буде набагато меншою за рахунок рециклінгу). Отже, фінансування розбудови підприємств для поводження з ТПВ можна вважати першочерговим завданням. Але чи варто розпочинати з розбудови гігантських заводів? Вони дуже дорого коштують, а час будівництва та вводу в експлуатацію (і термін самоокупності) досить значний. Простіше звернути увагу на підприємства для невеликих та середніх міст – саме вони генерують левову частку ТПВ і створюють проблеми несанкціонованих звалищ. Відпрацьовані стандартні модулі таких підприємств будуть коштувати недорого, час вироблення та монтажу – відносно невеликий, а самоокупність може не перевищувати одного року. Одночасно треба терміново стимулювати енергозбереження (у тому числі і шляхом переходу на нові технології та використання альтернативних джерел енергії) і шукати нові ефективні форми відносин між постачальниками послуг ЖКГ та громадами (це теж відноситься до терміну зв'язності). А якщо «процес піде» і після реорганізації та адаптації до нових умов почнеться етап розвитку, то треба відслідковувати рух на цьому етапі таким чином (рис. 2).

Поки ресурс зростає одночасно зі зростанням зв'язності, можна вважати, що нова модель функціонує адекватно. Після досягнення «насичення», тобто після того, як процес піде майже без прирощення ресурсу, система може ще довго виконувати свої функції як консервативна система зі зворотнім зв'язком, контролюючи лише

ресурс, точніше, знак його прирощення. Якщо у якійсь точці траєкторії (наприклад А) виявиться, що прирощення ресурсу є від'ємним, тобто ефективність системи знижується, це стає сигналом про необхідність проведення локального циклу інновацій саме у тій підсистемі, де ефективність є найнижчою (або там, де необхідний для цієї інновації ресурс – мінімальний). Цей цикл викликає потребу у споживанні ресурсу для реорганізації та адаптації, після чого система може вийти на більш високий рівень із погляду як ресурсу, так і зв'язності. Такі локальні цикли можуть виникати періодично, і витрати на їх реалізацію можна розглядати як витрати на амортизацію. Їх проведення сприятиме більш ефективному і довгому нормальному функціонуванню системи. Можна сформулювати такі евристики для забезпечення адаптаційних процесів у системі:

ЯКЩО ($(\text{ПР} > 0)$ ТА $(\text{ПЗ} > 0)$), **ТО** (**РЗВ**);
ЯКЩО ($(\text{ПР} \sim 0)$ ТА $(\text{ПЗ} > 0)$), **ТО** (**КС**);
ЯКЩО ($(\text{ПР} < 0)$ ТА $(\text{ПЗ} < 0)$), **ТО** (**КР**);
ЯКЩО ($(\text{ПР} > 0)$ ТА $(\text{ПЗ} < 0)$), **ТО** (**РОР**);
ЯКЩО ($(\text{ПР} < 0)$ ТА $(\text{ПЗ} \sim 0)$), **ТО** (**АД**);
ЯКЩО ($(\text{ПР} < 0)$ ТА $(\text{ПЗ} > 0)$ ТА $(\text{ЦРЗ} \leq \text{ЦРЗ}_{\text{прим}})$),
ТО (**ЛШКР**),

де **НМ** – нова модель; **РЗВ** – розвиток; **ПНМ** – перехід до нової моделі; **РОР** – реорганізація; **КР** – криза; **АД** – адаптація; **ПР** – прирощення ресурсу; **ПЗ** – прирощення зв'язності, **КС** – консервація системи; **ЛШКР** – локальна штучна криза (реорганізація локальної підсистеми з метою її адаптації до нових умов чи вимог), **ЦРЗ** – ціна ризику за умов переходу до **ЛШКР**, **ЦРЗ_{прим}** – максимально прийнятна **ЦРЗ** за наявних умов.

Висновки. Наведена вище модель функціонування ЖКГ як складної системи не суперечить основним економічним, соціальним та фізичним законам і сприяє більш глибокому розумінню процесів, що виникають у надрах системи та дає змогу оперативно шукати і знаходити шляхи забезпечення максимальної ефективності системи в реальних умовах.

Список літератури:

1. Заец Р.В. Концепция экоустойчивого развития и проблемы системного обновления науки и инноватики. «Системный анализ и информационные технологии»: материалы Международной научно-технической конференции САИТ-2011. – К.: УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ», 2011, с. 91.
2. Вишневецький В.І. та ін. Детермінований хаос, глибина і точність прогнозу функціонування складних систем. Вісник НТУ МОНУ №9. – К.: НТУ, 2004, с. 43–47.
3. Holling C.S. Understanding the Complexity of Economic, Ecological and Social Systems. Ecosystems, 2001, #4, pp. 390–405.

ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО КАК СЛОЖНАЯ СИСТЕМА

Предлагается модель функционирования жилищно-коммунального хозяйства как сложной системы, способной к адаптации. Приведены эвристики, описывающие поведение системы и необходимые для повышения ее эффективности.

Ключевые слова: сложная система, адаптация, модель, эвристики.

MUNICIPAL ENGINEERING AS COMPLEX SYSTEM

The pattern of municipal engineering performance as an complex adaptive system is proposed. The heuristics, which describes effective behaviour the system are reduced.

Key words: complex system, adaptation, pattern, heuristics.