

Д. В. Голуб¹
В. В. Аулін¹
В. В. Біліченко²
А. С. Замуренко¹

РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СКЛАДНИХ РЕГІОНАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

¹Центральноукраїнський національний технічний університет
²Вінницький національний технічний університет

Наведено основні принципи дослідження ефективності складних регіональних транспортних систем в сучасних умовах функціонування. Виявлено, що основою вивчення таких транспортних систем служать принципи їхньої поведінки, що дозволяють встановити вагомні моменти роботи, в залежності від рівня складності.

Схематично представлено класифікаційну залежність принципів поведінки складних регіональних транспортних систем. З'ясовано, що вони здатні організовувати свою поведінку на основі раціонального вибору альтернативних рішень з деякої множини вибору рішень, що обумовлює реалізацію їхньої індуктивної поведінки. Зроблено низку припущень, що організація поведінки регіональної транспортної системи ґрунтується на попередніх етапах свого функціонування, які в майбутньому не можуть істотно відрізнятись від минулих. Маючи місткий буфер обміну пам'яті і прогнозуючи подальший хід розвитку ситуацій на основі ретроспективного аналізу, регіональна транспортна система здатна до передбачення майбутніх кроків і планування своєї подальшої поведінки. Застосовано поняття рефлексії щодо організації поведінки складних регіональних транспортних систем та наведено принципи такої поведінки.

З'ясовано методологічні рівні дослідження ефективності регіональних транспортних систем, наведено їхню схему та розглянуто сутність. Проаналізовано, що системний підхід об'єднує дослідження на різних методологічних рівнях. Виявлено, що при цьому досліджувану регіональну транспортну систему представляють у вигляді деякої цілісності, що складається з певних структурних елементів та розглядається з точки зору метасистеми, її цілей, на досягнення яких спрямована вся функціональна діяльність.

Показано системні дослідження ефективності транспортних систем залежно від міри узагальнення факторів, що враховуються, які можна поділити на узагальнені і детальні, та в залежності від цілей аналізу виділити концептуальний і операційний рівні дослідження. Наведено дерево декомпозиції показників ефективності транспортних систем, що забезпечує змістовність і раціональний взаємозв'язок усіх інших етапів дослідження.

Ключові слова: регіональна транспортна система, підхід, ефективність, принципи, поведінка, етапи, показники.

Вступ

Використання методології системного аналізу обумовлене передусім метою і глибиною дослідження, складністю об'єкта, що вивчається, мірою невизначеності його поведінки та іншими обставинами [1–4]. Системний підхід до дослідження ефективності транспортних систем реалізується в різних формах і проявах [2, 5]. Це пов'язано з великою різноманітністю транспортних систем за їхнім складом структурою, цільовим призначенням, способами використання, умовами функціонування, а також за принципами їхньої поведінки, що ускладнюється.

Основою вивчення складних систем служать принципи їхньої поведінки, що ускладнюються [5, 6]. Ці принципи дозволяють встановити істотні моменти їхнього функціонування, початкові положення, що лежать в основі поведінки тієї або іншої системи залежно від рівня їхньої складності.

Зазначене дає підстави щодо актуальності розробки основних принципів дослідження ефективності функціонування транспортних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Поділ регіональних транспортних систем на прості і складні є умовним, оскільки немає чітких граней між рівнями складності таких систем [7, 8]. Однією з ознак складної регіональної транспортної

системи (РТС) є те, що вони мають розділені в просторі елементи різної фізико-технічної природи, зв'язок і управління між якими здійснюється за допомогою інформаційних потоків. Об'єднані інформаційними зв'язками в цілісну сукупність компоненти РТС функціонують погоджено, забезпечуючи вирішення характерних для них завдань [9].

Іншою ознакою РТС є передбачуваність поведінки, властивостей і реакцій на зовнішні дії [10]. Системи із слабо передбачуваною поведінкою відносять до складних систем. Складним системам властива здатність приймати рішення. В цьому полягає визначальна відмінність складних систем від простих. Прості системи не мають такої можливості.

Основою проектування, побудови і експлуатації РТС є системний підхід [11], в основі якого лежить прагнення вивчити об'єкт (предмет, систему, проблему, явище, процес) як щось цілісне і організоване, в усій його повноті і в усьому різноманітті зв'язків між елементами. Згідно з системним підходом кожен компонент РТС повинен розроблятися так, щоб для РТС в цілому забезпечити досягнення поставленої перед нею мети і при цьому з необхідною ефективністю [12, 13].

Метою роботи є розробка системного підходу визначення ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем.

Результати дослідження

У системології – теорії складних систем [14] встановлено ряд принципів поведінки систем, що ускладнюються: матеріально-енергетичного балансу; гомеостазу; вибору рішень; перспективної активності; рефлексії (рис. 1).

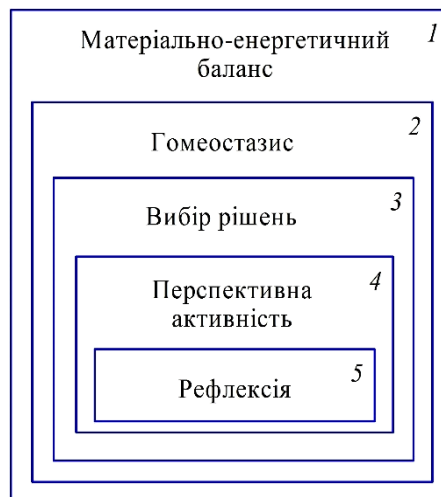


Рис. 1. Принципи поведінки складних транспортних систем:
1 – е-система; 2 – h-система; 3 – с-система; 4 – р-система; 5 – а-система

На рис. 1 схематично відображено принципи поведінки складних транспортних систем у вигляді вкладених прямокутників. Символічно це означає, що якщо поставити точку всередині прямокутника з написом рефлексії, то цю точку міститимуть усередині себе всі інші прямокутники. Це свідчить про те, що всі принципи поведінки реалізують системи, здатні до управління рефлексії.

Поведінка регіональної транспортної системи у будь-яких умовах не призводить до порушення законів збереження речовини, енергії, тобто спостерігається її матеріально-енергетичний баланс. Цей принцип лежить в основі поведінки усіх матеріальних систем – від простих до гранично складних. На практиці важливим є їхнє моделювання. Часто сама модель системи відображається у вигляді рівняння її речовинно-енергетичного балансу. Для простих систем розглянутий принцип є основним і таким, що визначає їхню поведінку. Це так звані е-системи.

Транспортна система, що реалізує у своїй поведінці принцип гомеостазу, повинна мати можливість повертатися в стан стійкої рівноваги, будучи виведеною з нього зовнішньою дією. Стійка гомеостатична поведінка системи обумовлена наявністю в ланці управління негативного зворотного зв'язку. Розглянутий принцип є провідним в поведінці систем регулювання, у т. ч. і транспортних. Системи, що реалізують у своїй поведінці в якості основного принцип гомеостазу, називають гомеостатичними, або h-системами. Управління в цих системах зводиться до функції регулювання.

Складні регіональні транспортні системи здатні організовувати свою поведінку на основі раціонального вибору альтернативних рішень з деякої неединичної множини вибору рішень. Цей

принцип обумовлює реалізацію індуктивної поведінки регіональних транспортних систем, тобто заснованої на безпосередньому досвіді, спостереженні ситуації і ухваленні рішень залежно від ситуацій, що склалися, без передбачення подальшого розвитку подій.

Не маючи достатнього об'єму пам'яті, в таких транспортних системах не можливо передбачати майбутні ситуації, а отже, не можливо заздалегідь, завчасно приймати рішення з урахуванням прогнозування ситуацій. Це є вирішальними (без передбачення) *s*-системами. Теорія статистичних рішень, в основному розглядає саме ці вирішальні системи.

Регіональна транспортна система може організовувати свою поведінку, ґрунтуючись на попередньому досвіді в припущенні, що майбутні ситуації не можуть істотно відрізнятись від минулих. Маючи досить містку пам'ять і прогнозуючи подальший хід розвитку ситуацій на основі ретроспективного аналізу система здатна передбачати майбутнє і планувати свою подальшу поведінку. В ній завчасно можна приймати рішення, що регламентують поведінку в майбутньому. Системи, для яких принцип перспективної активності є провідним в організації їхньої поведінки є прогнозованими, або *p*-системами.

Регіональна транспортна система може організовувати свою поведінку з урахуванням можливого уявлення про її дії розпорядника іншої системи, з якою перша знаходиться в певних стосунках. В такому випадку наявна рефлексія. Під рефлексією будемо розуміти відображення розумового процесу іншої системи або особи. Аналізуючи хід думки, наприклад, конкурента (в умовах конфліктної ситуації), особа, що приймає рішення (ОПР) може продемонструвати йому дії (можливо неправдиві наміри), стимулюючи прийняти рішення, що вигідне для ОПР. Якщо конкурент таке рішення приймає, то це означає, що ОПР здійснює управління рефлексії, що змушує конкурентів, нав'язуючи їм свою волю шляхом передачі стимулів для ухвалення рішень. В цьому випадку ОПР знаходиться в першому ранзі рефлексії, а конкурент – в нульовому, оскільки він не аналізує розумовий процес особи, що приймає рішення.

Проте і конкурент може знаходитися в першому ранзі рефлексії й аналізувати хід думки ОПР. В такому випадку управління рефлексії ускладнюється. Але ОПР може піднятися до другого рангу рефлексії, аналізуючи хід думки конкурента про процес мислення ОПР. Виявившись рангом рефлексії вище за конкурента, ОПР знову стає здатним рефлексійно управляти ним.

Транспортні системи, які організовують свою поведінку на основі принципу рефлексії, мають бути наділені інтелектом та містити в ланці управління творчо мислячих людей або системи з штучним інтелектом. Ці системи відносяться до класу дуже складних, інтелектуальних транспортних систем. Такі системи є проникливими, рефлексійними або α -системами.

Принципи поведінки регіональних транспортних систем вказані в порядку їх ускладнення. Система, для якої певний принцип є провідним, реалізує у своїй поведінці усі попередні принципи, але нездатна організувати свою поведінку на основі подальших принципів. Прогнозовані транспортні системи, реалізують перший, другий і третій принципи, а також принцип перспективної активності, але в якості провідного нездатні реалізувати принцип рефлексії.

При аналізі раціональної поведінки регіональних транспортних систем встановлюється провідний принцип, покладений в основу їхньої поведінки, тобто встановлюється тип системи. Потім виявляється концепція формування рішень, що лежить в основі організації раціональної поведінки регіональної транспортної системи, тобто концепцію управління нею.

В роботі також з'ясовано методологічні рівні дослідження ефективності регіональних транспортних систем. Досвід дослідження ефективності транспортних систем свідчить про доцільність введення чотирьох якісно різних рівнів їхнього аналізу.

На рис. 2 відображені ці методологічні рівні аналізу: I – елементарний рівень; II – агрегативний рівень; III – системний рівень; IV – глобальний рівень. Як було з'ясовано, що об'єктом досліджень в теорії ефективності транспортних систем є операції, які проводяться у її рамках. Проаналізуємо сутність зазначених рівнів при дослідженні складних регіональних транспортних систем.

Перший методологічний рівень охоплює прийоми і методи досліджень елементів систем, їхній склад і властивості. На цьому рівні аналізуються різні властивості елементів регіональної транспортної системи, виявляються конструктивні, експлуатаційні, економічні характеристики і т. п. З точки зору теорії ефективності на цьому рівні досліджуються, в основному, якості елементів системи як сукупність корисних властивостей. На цьому рівні поняття ефективності системи ще не вводиться, через те, що система в цілому і цілеспрямований процес її функціонування не розглядаються.

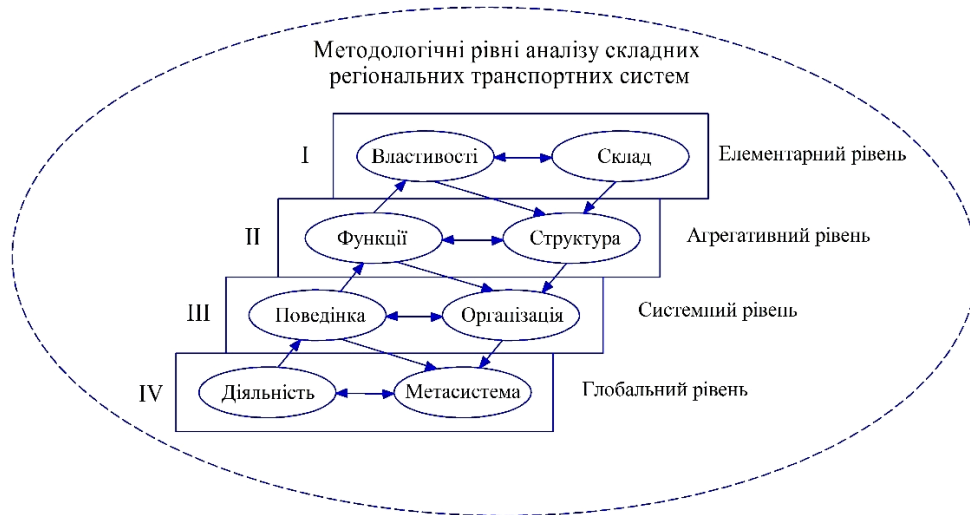


Рис. 2. Схема методологічних рівнів аналізу складних регіональних транспортних систем

Рівень агрегатів «структура-функція» ще називають рівнем підсистем досліджуваної системи. Об'єктом досліджень на рівні «структура-функція» є операції, що проводяться в рамках обмежених за своїми масштабами і різноманітністю функцій S – регіональних транспортних систем. Ефективність систем, що вивчаються на цьому рівні, може бути досить адекватно відображена, як правило, скалярним (узагальненим) показником за метричною шкалою.

Зазвичай мета операцій, що проводяться в рамках цих систем, досить чітко виражена і однозначно визначена. Регіональні транспортні системи цього рівня мають відносно просту структуру, зв'язки між елементами стабільні, їхнє число і різноманітність невеликі, а зовнішнє середовище має порівняно постійний характер. Як правило, в організації поведінки цих систем провідним є принцип перспективної активності. При цьому системи розглядаються як підсистеми деякої більш складної транспортної системи.

Для прикладу розглянемо певну систему управління на транспорті. Для формування дій управління (сигналу, команди, рішення) необхідно, щоб в центральному органі управління транспортною системою відбувалося порівняння інформації про стан зовнішнього середовища і компонентів системи з необхідним або бажаним станом системи в зовнішньому середовищі і управління здійснювалося за принципом зворотного зв'язку по приведенню регіональної транспортної системи в необхідний стан.

Рішення приймаються і в процесі функціонування систем другого рівня. Проте зовнішнє доповнення для цих систем може бути сформоване в рамках досліджень на рівні «організація-поведінка» в такому формалізованому вигляді, який забезпечує вибір рішення в системах другого рівня на основі чітких формальних критеріїв. У цих умовах участь людини в ланці управління таких систем не є обов'язковою. В принципі ці системи можуть бути автоматичними. У рамках досліджень другого рівня формується зовнішнє доповнення для дослідження на першому рівні.

На системному методологічному рівні «організація-поведінка» досліджуються усереднені і великомасштабні операції (S_0 – системи великого масштабу). Зазвичай ефективність таких операцій проявляється як їхня багатовимірна властивість, яку далеко не завжди вдається адекватно відобразити скалярним показником ефективності. Частіше доводиться використати векторний показник. Системи цього рівня іноді називають великими людино-машинними системами (ЛМС), а останнім часом організаційно-технічними системами (ОТС). Організація може включати до свого складу декілька транспортних систем, взаємодії між якими можуть проявлятися в найрізноманітніших формах. В якості прикладу можна навести такі форми: при реалізації показників періодичності; детальності; продуктивності і оперативності.

У свою чергу регіональні транспортні системи із складною ієрархічною структурою, включають до свого складу підсистеми (агрегати), складність яких не перевищує складності систем другого рівня дослідження. Зв'язки між підсистемами нестабільні або лабільні. Їх інтенсивність може змінюватися в часі залежно від ситуацій, що складаються. При цьому зовнішнє середовище, як правило, має мінливий динамічний характер.

Системи цього рівня здатні до самоорганізації (мають Z -якість), і провідним принципом їхньої поведінки часто є принцип рефлексії (α -система). Основа діяльності таких систем будується зазвичай на концепції адаптивізації.

Наявність в системах управління транспортних систем людей, наділених правом ОПП і що мають різні цілі, вносить істотну невизначеність поведінкового характеру, і значною мірою ускладнює формалізований опис S_0^{III} системи третього рівня. Така система може бути формалізованою лише за умови, що досить чітко визначені гіпотези поведінки суб'єктів системи відображають переслідувані ними цілі. Очевидно, ефективність поведінки транспортної системи визначатиметься разом з іншими чинниками стратегіями її суб'єктів, їхніми можливими рефлексіями. При цьому важливим є розуміння того, як уявляють собі цілі даного суб'єкта інші суб'єкти системи.

Складність, а іноді і неможливість верифікації поведінки регіональних транспортних систем цього рівня підвищує роль теоретичного обґрунтування висунутих гіпотез, що визначає необхідність дослідження їх на більш високому методологічному рівні.

На рівні «метасистема-діяльність» досліджуються глобальні транспортні системи (метасистеми), що включають до свого складу організації разом з зовнішнім середовищем. Складність подібних систем не допускає їхнього формального представлення. Аналіз метасистеми і її діяльності можливий лише на вербальному (описовому) рівні. Сприйняти у такому вигляді зовнішнє доповнення може лише людина. Ось чому ОПП принципово потрібна в ланці управління системами четвертого рівня, формалізуючи зовнішнє доповнення, виходить із завдань регіональної транспортної системи і використовує при розробці рішень певні принципи.

Зовнішнє доповнення дозволяє ввести об'єктивні критерії ефективності для систем четвертого рівня, виходячи з корисності цих систем в діяльності метасистеми. Діяльність метасистеми складається з різних ліній поведінки організацій її складових і переслідує певну глобальну мету. Діяльність метасистеми обумовлена поведінкою організацій, об'єднаних метасистемою, її організаційними формами. У свою чергу, характер діяльності метасистеми, її цілі визначають поведінку організацій, їх взаємні стосунки, а також структурний вигляд метасистеми.

Досліджувана система третього рівня розглядається не ізольовано, а як невід'ємна складова частина метасистеми. З позиції метасистеми визначається корисність досліджуваної системи третього рівня, що виражається її ефективністю. Ця характеристика пов'язана не лише з властивостями цієї системи, але і з властивостями метасистеми.

Зазначене свідчить, що системний підхід об'єднує дослідження на третьому і четвертому методологічних рівнях. При цьому досліджувану транспортну систему представляють у вигляді деякої цілісності, що складається з елементів і наділеною певною структурою, але головним чином тому, що цю систему розглядають з точки зору метасистеми, її цілей, на досягнення яких спрямована її діяльність.

З'ясуємо принципи системних досліджень ефективності регіональних транспортних систем. Принципову неформалізованість метасистем можна пояснити, виходячи, в першу чергу, з теореми Геделя про неповноту формальних систем. Згідно з цією теоремою у рамках деякої формальної системи неможливо вивести всі істинні твердження, що відносяться до об'єктів, які описуються засобами цієї формальної системи. Потрібна інша, більш широка система, в межах якої формуються принципові положення для систем нижчого рівня, тобто потрібне зовнішнє доповнення.

Роль зовнішнього доповнення не зводиться лише до подолання геделівських труднощів, а дозволяє до певної міри: обмежити систему, що вивчається на третьому рівні; вичленувати її з метасистеми як деяку цілісність та висунути гіпотези поведінки суб'єктів системи; перейти до формалізованого опису систем на рівні «організація-поведінка».

Зазначимо, що зовнішнє доповнення погоджує цілі фірми, компанії, підприємства і їхню поведінку з цілями діяльності метасистеми. Зовні цілі діяльності метасистеми і поведінки організацій, що входять в неї, можуть бути суттєво різними.

Системний аналіз, так само як і теорія дослідження операцій, відноситься до нормативних теорій. Нормативна теорія ґрунтується на наукових положеннях, що формуються без спеціального обґрунтування за статистикою та експериментом.

Системний аналіз ефективності транспортних систем в якості початкових тверджень використовує гіпотези, зважаючи на складність об'єкта дослідження і великої міри невизначеності чинників, що визначають його ефективність. Висунення гіпотез здійснюється при дослідженні діяльності метасистеми. Тільки на рівні «метасистема-діяльність» можливо теоретично осмислити поведінку систем третього рівня.

Таким чином, зовнішнє доповнення покликане виключити суб'єктивізм дослідника, викликаний вибором критерію ефективності. Помилка у виборі критерію може звести нанівець усі зусилля дослідника при аналізі ефективності систем [6]. Зовнішнє доповнення є тим логічним завершенням,

яке в сукупності з властивостями (якістю) досліджуваної регіональної транспортної системи, умовами і способами використання складає необхідні умови для визначення її ефективності.

Принцип декомпозиції системного аналізу ефективності регіональних транспортних систем полягає в тому, що складну систему третього рівня можна розділити на низку менш складних підсистем, дослідження яких можуть бути проведені на другому рівні.

В якості прикладу на рис. 3 наведено дерево декомпозиції показників ефективності спостереження за критеріями ефективності у складних регіональних транспортних системах.

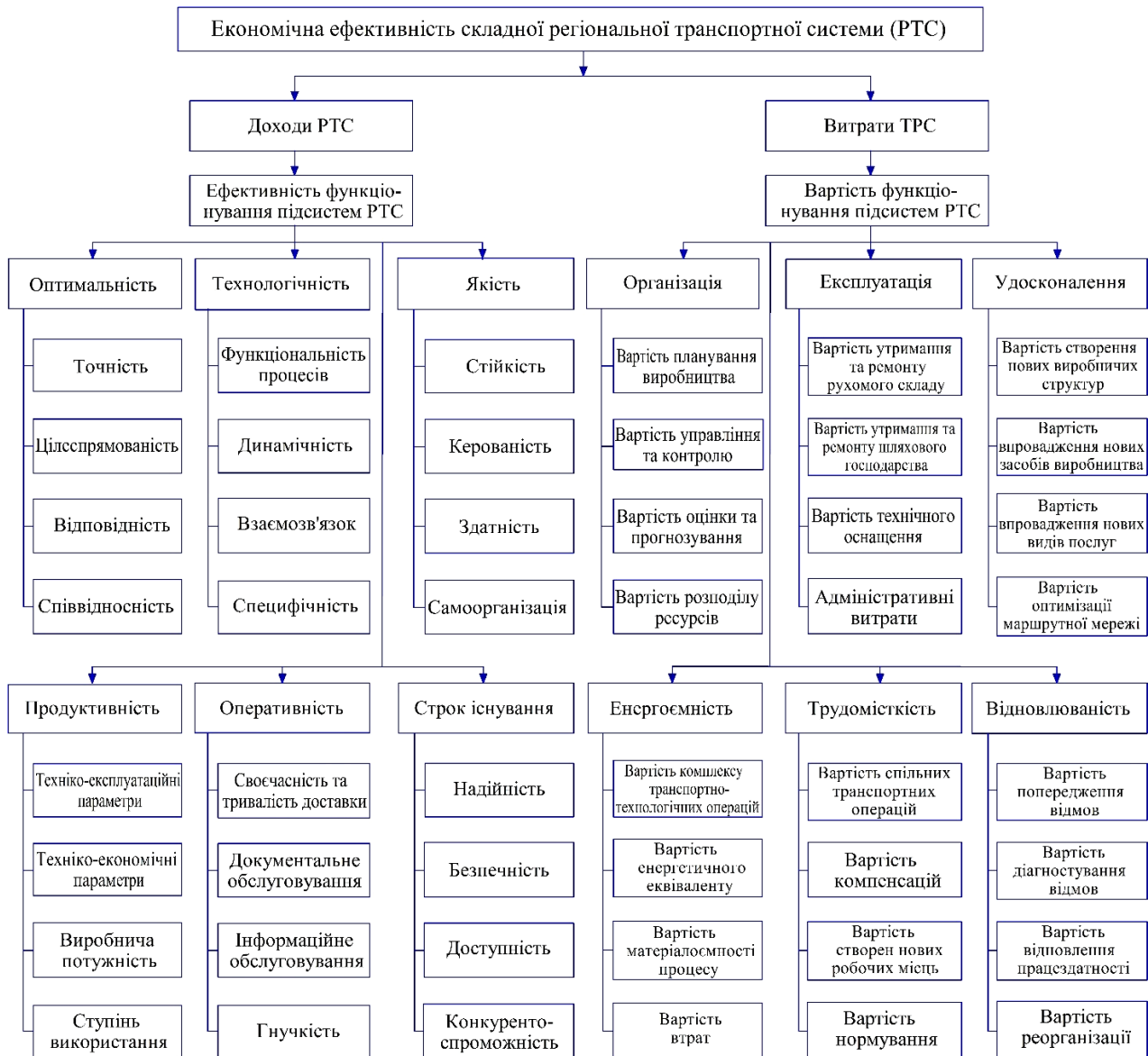


Рис. 3. Дерево декомпозиції показників ефективності складних регіональних транспортних систем

Проте поділ систем на підсистеми, а у загальних завдань на підзавдання вимагає в подальшому узгодження дій підсистем і вирішуваних ними завдань з метою відновлення емерджентних (інтеграційних) властивостей регіональної системи, що втрачаються при її декомпозиції. При цьому принцип декомпозиції виступає як засіб, що дозволяє знижувати рівень складності досліджень. Зазвичай легше досліджувати декілька систем другого рівня, ніж одну систему третього рівня.

Системні дослідження ефективності регіональних транспортних систем залежно від міри узагальнення чинників, що враховуються, можна поділити на узагальнені і детальні. В рамках узагальнених досліджень залежно від цілей аналізу ефективності виділяють концептуальний і операційний рівні дослідження.

Метою концептуальних досліджень є встановлення загальних тенденцій розвитку процесів, що вивчаються, форм і способів їх організації, розробка концепцій з усіх основних питань організації і

проведення великомасштабних операцій, розробка систем цілей і завдань, принципів застосування великих транспортних систем. Ці дослідження проводяться з позицій метасистеми і організуються в основному, на четвертому, а також на третьому (у загальній частині) методологічних рівнях. Міра узагальнення чинників тут найбільш висока.

Концептуальні дослідження, як правило, проводяться на ранніх етапах ухвалення рішень для визначення областей можливих стратегій на множині концепцій, що встановлюються неформальним шляхом. Це забезпечує змістовність і раціональний взаємозв'язок усіх інших етапів дослідження ефективності транспортних систем.

Операціональне дослідження має на меті більш детальне вивчення напрямів і варіантів дій у рамках концепцій, рекомендованих до подальшого аналізу концептуальними дослідженнями. Міра узагальнення чинників тут нижча, ніж при концептуальних дослідженнях, що дозволяє визначити функціональні структури операцій, технічні засоби, які повинні приводити до досягнення поставлених завдань, а також переліку завдань конкретних підсистем (засобів), показників і критеріїв їх виконання, а також самі підсистеми і зв'язки між ними.

Операційні дослідження організуються на другому і частково на третьому методологічних рівнях із загальним завданням розробки практичних рекомендацій по вибору стратегій систем третього рівня і тактики дій систем другого рівня. Детальні дослідження спрямовані на аналіз якості підсистем, що входять до складу систем, що розглядаються на другому і третьому методологічних рівнях. Вони проводяться, як правило, на першому методологічному рівні і для них характерна низька міра узагальнення чинників.

Детальні дослідження є останнім рівнем декомпозиції узагальненого завдання досліджень ефективності, забезпечуючи вирішення усіх питань, що стосуються вигляду конкретних засобів. Концептуальні, операційні і детальні дослідження, взаємно доповнюючи один одного, утворюють єдине ціле.

Глибоке розуміння методологічних рівнів дослідження ефективності функціонування регіональних транспортних систем, оволодіння методологічними принципами досліджень на кожному рівні дозволяють значною мірою розширити роль методу моделювання і підвищити ефективність прикладних науково-технічних досліджень в цілому.

Висновки

1. Запропоновано системний підхід дослідження ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем.
2. Представлено схему класифікаційної залежності принципів поведінки складних регіональних транспортних систем.
3. Розглянуто методологічні рівні дослідження ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем.
4. Показано розподіл системних досліджень ефективності транспортних систем на узагальнені і детальні, в залежності від міри узагальнення чинників, що враховуються, та в залежності від цілей аналізу – на концептуальний і операційний рівні дослідження.
5. Сформовано дерево декомпозиції показників ефективності складних регіональних транспортних систем, що забезпечує змістовність і раціональний взаємозв'язок усіх інших етапів дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- [1] В. В. Аулін, В. В. Біліченко, Д. В. Голуб, А. С. Замуренко, «Особливості дослідження ефективності транспортних систем на етапах життєвого циклу», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 13(1), с. 4-12, 2021.
- [2] N. Carrasco, "Quantifying public transport reliability in Zurich" in *11th Swiss Transport Research Conference*, Monte Verita, Ascona, Switzerland, 2011, pp. 26.
- [3] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко, *Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем*. – Кропивницький: КОД, 2017, 370 с.
- [4] П. В. Нікітін, *Ефективність логістичного управління перевезеннями вантажів в умовах взаємодії різних видів транспорту*. Київ: ВД Дмитра Бураго, 2008, 104 с.
- [5] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, А. С. Замуренко, «Побудова моделі проблемної ситуації в транспортних системах», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 14(2), с. 4-9, 2021.
- [6] О. М. Горяїнов, «Вплив техніко-експлуатаційних показників роботи автотранспорту на ефективність логістичної системи», автореф. дис. канд. техн. наук, Національний транспортний ун-т, Київ, 2004.
- [7] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, Д. О. Великодний, «Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 2, с. 4-14, 2017.
- [8] T. C. Lam, K. A. Small, "The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment", *Transportation Research*, Part E 37, pp. 231-251, 2001.

- [9] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, А. С. Замуренко, «Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 11(1), с. 4-10, 2020.
- [10] H. S. Levinson, "The reliability of transit service: an historical perspective", *Journal of Urban Technology*, no. 12:1, pp. 99-118, 2005.
- [11] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, "Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем", *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, вип. 81, с. 3-10, 2018.
- [12] K. Lyman, "Travel Time Reliability in Regional Transportation Planning", Master of Urban and Regional Planning Candidate, Field Area Paper, June 2007.
- [13] K. Nichols, "Hampton roads regional travel time reliability study", *Presentation for the Transportation Technical Advisory Committee Meeting*, Agenda Item no. 14, June 5, 2013. – 18 p.
- [14] М. Ф. Дмитриченко, «Основи теорії систем і управління, кн. 1», в *Системологія на транспорті*. К.: Знання України, 2005, 343 с.

Голуб Дмитро Вадимович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: Dimchik529@gmail.com

Аулін Віктор Васильович – д-р. техн. наук, професор, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, e-mail: AulinVV@gmail.com

Замуренко Артем Сергійович – аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Біліченко Віктор Вікторович – д-р. техн. наук, професор, ректор, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

D. Golub¹
V. Aulin¹
V. Bilichenko²
A. Zamurenko¹

Implementation of system approach in determining the efficiency of functioning of complex regional transport systems

¹Central Ukrainian National Technical University
²Vinnitsa National Technical University

The basic principles of research of efficiency of difficult regional transport systems in modern conditions of functioning are resulted. It was found that the basis for the study of such transport systems are the principles of their behavior, which allows to establish the important moments of their work, depending on the level of their complexity.

The classification dependence of the principles of behavior of complex regional transport systems is schematically presented. It was found that they are able to organize their behavior on the basis of rational choice of alternative solutions from a set of choice of solutions, which determines the implementation of their inductive behavior. A number of assumptions have been made that the organization of the behavior of the regional transport system is based on the previous stages of its operation, which in the future may not differ significantly from the past. With a large memory buffer and predicting the future of situations based on retrospective analysis, the regional transport system is able to anticipate future steps and plan their future behavior. The concept of reflection on the organization of the behavior of complex regional transport systems is applied and the principles of such behavior are given.

The methodological levels of research on the efficiency of regional transport systems are clarified, their scheme is given and the essence is considered. It is analyzed that the systems approach combines research at different methodological levels. It was found that the studied regional transport system is represented in the form of some integrity, consisting of certain structural elements and considered in terms of metasystem, its goals, which are aimed at achieving all functional activities.

Systematic studies of the efficiency of transport systems are shown, depending on the degree of generalization of the factors taken into account, can be divided into generalized and detailed, and depending on the objectives of the analysis to distinguish conceptual and operational levels of research. The tree of decomposition of indicators of efficiency of transport systems is given that provides content and rational interrelation of all other stages of research.

Key words: regional transport system, approach, efficiency, principles, behavior, stages, indicators.

Golub Dmitro – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor, Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: Dimchik529@gmail.com.

Aulin Viktor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Operation and Repair of Machines, e-mail: AulinVV@gmail.com

Bilichenko Viktor – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Rector, e-mail: bilichenko.v@gmail.com

Zamurenko Artem – Postgraduate student of the Department of Operation and Repair of Machines.