

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

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

¹Центральноукраїнський національний технічний університет

²Вінницький національний технічний університет

Наведено аналіз особливостей дослідження ефективності транспортних систем на етапах їх життєвого циклу. З'ясовано, що життєвий цикл системи відбивається поетапним розвитком узагальненої операції як процес поступового накопичення інформації про властивості створюваної транспортної системи, умови обстановки і способи її використання як активного засобу в операції.

Запропоновано формалізований науковий підхід до оцінки поточної і перспективної ефективності функціонування транспортних систем, на основі показників агрегування оцінки ефективності об'єктів в підсистемах на різних етапах життєвого циклу, що дають можливість при прийнятті рішень побачити тенденції внутрішнього розвитку складної системи в цілому, а також інтегрувати знання групи експертів при формуванні штучних еталонних меж ефективності.

Виявлено, що у міру накопичення інформації про транспортну систему уточнюється оцінка ефективності операції, що приводить до повнішого обґрунтування рішень, що приймаються на кожному етапі життєвого циклу системи.

Зазначено, що на стадії зовнішнього проектування вибір раціональних вимог до системи здійснюється на основі досить загальних критеріїв ефективності, що не призводять до занадто сильного звуження безлічі допустимих стратегій. А отже використання «сильного» принципу оптимізації та невеликого числа оптимальних стратегій, що приводять до вибору, не завжди виправдано тому, що на ранніх етапах життєвого циклу простежити хід розвитку операції в усіх деталях не можна. Запропоновано, що на стадіях зовнішнього і внутрішнього проектування транспортної системи доцільно організувати послідовний обмін інформацією між представниками цих стадій проектування, що може відбуватися за певною схемою.

Виявлено, що об'єкти, які знаходяться на межі ефективності, є найбільш ефективними тільки в конкретній групі об'єктів. Оскільки задати теоретичні еталонні межі ефективності без залучення експертів не є можливим, а отже зусилля необхідно спрямовувати на підвищення міри обґрунтованості і надійності експертних оцінок, в результаті виконання яких і формуються штучні еталонні межі ефективності.

Ключові слова: транспортна система, підсистема, життєвий цикл, операція, ефективність, зовнішнє проектування, внутрішнє проектування.

Вступ

Ефективність є однією з найважливіших якостей, що характеризують будь-яку систему, у тому числі і таку складну, як транспортна [1]. Тому проблемі дослідження ефективності функціонування систем в усіх сферах діяльності людини останнім часом приділяється підвищена увага [2–6]. Для проведення таких досліджень використовуються різні підходи, залежно від предметної області. Проте розроблено і низку методів і методик, які використовуються для оцінки ефективності об'єктів в досить широких класах систем. Проте вони мають низку недоліків і дозволяють оцінювати тільки відносну ефективність об'єктів, тобто ефективність їх у порівнянні один з одним. Отже, необхідна розробка такого наукового підходу, щоб отримувані оцінки ефективності можна було вважати абсолютними (з деякою часткою умовності). Тоді з'явилася б можливість агрегування оцінки ефективності об'єктів в підсистемах на різних етапах життєвого циклу в єдину інтегральну оцінку внутрішньої ефективності досліджуваної транспортної системи.

Для отримання більше обґрунтованої оцінки поточної ефективності функціонування транспортної системи і прогнозування її майбутньої ефективності бажано взяти до уваги структуру системи [7]. У тому випадку, коли система є ієрархічною, це означає, що необхідно враховувати ефективність підсистем на різних рівнях життєвого циклу для того, щоб отримати обґрунтовану оцінку ефективності усієї системи. Очевидно, що процедуру оцінки ефективності складних ієрархічних систем було б доцільно представити у вигляді формалізованого підходу, який міг би служити інструментом підвищення надійності функціонування, а відповідно і якості управління транспортними системами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблема підвищення ефективності в усіх сферах діяльності людини нині набуває все більшого значення. У техніці ефективність пов'язана з поняттям операції, під якою розуміється впорядкована сукупність взаємопов'язаних дій, спрямованих на досягнення певної мети [5, 8]. Ефективність операції є мірою відповідності фактичного або очікуваного результату операції потрібному (бажаному) і характеризується мірою досягнення мети операції [9].

Ефективність системи не можна визначити повністю тільки з властивостей системи, необхідно враховувати також і властивості підсистем [10]. Як відзначається в роботі [8], ефективність неможливо спостерігати безпосередньо, її можна лише виміряти непрямими методами.

Підходи до дослідження ефективності в різних сферах народного господарства відрізняються великою різноманітністю. Як приклад можна навести методи оцінки ефективності інвестиційних проектів [2, 11]. Питання виміру технологічної ефективності проектів і програм розглядаються в роботі [12]. Підхід до оцінки ефективності системи замовлень продукції військового призначення запропонований в роботі [13]. У цьому підході використовуються не лише детерміновані показники, але також і ймовірнісні.

Проте існують і більш загальні підходи, що використовуються для оцінки ефективності дуже широких класів складних об'єктів підсистем таких, як транспортні системи, важливим поняттям теорії ефективності яких є показник ефективності [14]. Ефективність, як і всяка властивість системи, має певну інтенсивність свого прояву [15]. Міру інтенсивності прояву ефективності називають показником ефективності [9]. У роботі [16] наведено більше універсальне поняття показника ефективності великої системи, що характеризується кількісною характеристикою кінцевого результату її функціонування і розвитку впродовж обумовленого періоду порівняно з цільовим нормативом і витратою ресурсів при заданих характеристиках стану системи і дії зовнішнього середовища, а також при заданому векторі управління. Такий показник ефективності пропонується називати узагальненим показником ефективності великої системи [16].

Для ухвалення рішення про досягнення необхідної мети транспортної системи, потрібний критерій ефективності, тобто правило, що дозволяє зіставляти стратегії, що характеризуються різною мірою досягнення мети, і здійснювати спрямований вибір стратегій з безлічі допустимих [9, 10, 17, 18]. Критерій ефективності транспортної системи вводиться на основі певної концепції раціональної поведінки (прийняття рішень): придатності, оптимізації, адаптації [17, 19].

Отже, особливу важливість набуває сучасний і своєчасний розвиток теорії ефективності транспортних систем, без використання якої важко отримати реальний практичний результат. Розвиток теорії ефективності розглядається у великому числі робіт як в технічній сфері, в економіці, так і в інших областях [2, 3, 4, 5, 6, 12, 13, 20]. Проте, незважаючи на значні успіхи в розвитку цієї теорії, є питання, які вимагають подальшого дослідження, розвитку і уточнення.

Метою роботи є розробка формалізованого наукового підходу оцінки поточної і перспективної ефективності функціонування транспортної системи на основі агрегування оцінки ефективності об'єктів в підсистемах на різних етапах життєвого циклу в єдину інтегральну оцінку внутрішньої ефективності досліджуваної транспортної системи.

Результати дослідження

В процесі становлення і розвитку транспортна система проходить декілька етапів свого життєвого циклу. Єдиної класифікації цих етапів для усього різноманіття транспортних систем не існує.

Часто етапи життєвого циклу системи об'єднують в періоди. Розрізняють два періоди: реалізаційний – період створення системи і експлуатаційний – період корисного функціонування системи (рис. 1).

Аналіз декомпозицій реалізаційного і експлуатаційного етапів свідчать, що в часі етапи можуть частково перекривати один одного. Неоднозначність виділення етапів, стадій або фаз життєвого циклу транспортної системи обумовлено різноманітністю, множинністю їхнього цільового призначення, способів створення і т. д.

Метою управління транспортною системою є забезпечення найбільшої ефективності використання ресурсів і засобів при вирішенні поставлених завдань на кожному етапі життєвого циклу системи.

Завдання, що вирішуються на кожному етапі, мають бути достатньо строго погоджені з глобальною метою, для досягнення якої створюється сама транспортна система.

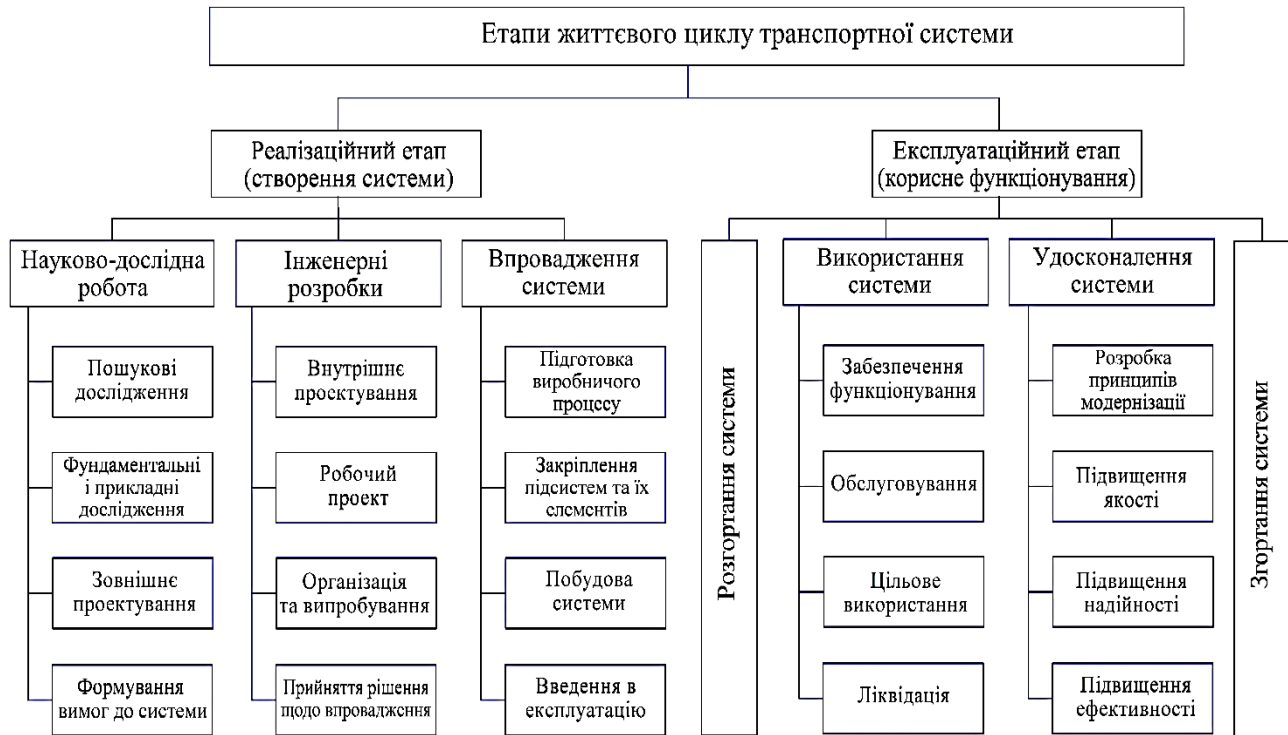


Рис. 1. Поділ етапів життєвого циклу транспортної системи та їх декомпозиція

Основою узгодження завдань і цілей кожного етапу життєвого циклу транспортних систем із спільною метою є дослідження ефективності операцій, спрямованих на досягнення глобальної мети. Оцінка ефективності операції виступає також засобом розробки і ухвалення рішень на кожному етапі життєвого циклу, що у свою чергу є основою управління процесом становлення і розвитку транспортної системи. Дослідження ефективності транспортної системи на етапах життєвого циклу організовуються відповідно до загальної схеми досліджень.

Етап науково-дослідної роботи (НДР) є початковим етапом життєвого циклу транспортної системи. На цьому етапі здійснюється проблемний аналіз у формі:

- пошукових НДР (при пошуку можливих шляхів вирішення проблеми);
- цільових НДР, у рамках яких можуть бути організовані фундаментальні і прикладні дослідження, спрямовані на обґрунтування раціонального вибору засобів досягнення мети в операції.

Прикладні дослідження закінчуються формуванням вимог до системи і розробкою технічного завдання.

У системотехніці [6] етап зовнішнього проектування є системним проектуванням.

Стадії зовнішнього проектування наведені на рис. 2.

Процес зовнішнього проектування має чотири стадії:

- визначення мети проектування;
- визначення об'єкта проектування;
- синтез математичної моделі системи, що проектується;
- формалізація завдання проектування.

На першій попередній стадії розвитку транспортних систем аналізують прогнозовані зміни зовнішнього середовища і оцінюють розузгодження характеристик діючих систем відносно їхніх необхідних значень, що відповідають допустимому рівню ефективності цих систем. Рішення про розробку нової транспортної системи приймають при істотному зниженні ефективності системи в прогнозованих умовах обстановки.

Після всебічного обґрунтування і ухвалення рішення про розробку перспективної системи формують цілі розробки і проводять їх структурування. Цілі розробки тісно пов'язуються з метою А, для досягнення якої створюється система.

Конкретне проектування елементів і підсистем транспортної системи є внутрішнім проектуванням. Основними стадіями внутрішнього проектування є попереднє, ескізне і робоче проектування. Стадії внутрішнього проектування наведені на рис. 3.



Рис. 2. Схематичне зображення стадій зовнішнього проектування транспортної системи

Створення і доведення дослідної проектованої системи також є стадією внутрішнього проектування, яке закінчується ухваленням рішення про створення системи та її елементів.

Методологія системного аналізу рекомендує розглядати весь процес створення і використання транспортної системи у рамках єдиного підходу. Наслідуючи ці рекомендації, доцільно ввести поняття узагальненої S_{00} -системи, в межах якої реалізуються узагальнені операції (УО), що має два послідовні періоди :

1- й період – створення транспортної системи (реалізаційний період);

2-й період – використання створеної транспортної системи як активного засобу для досягнення мети A_0 операції (період корисного функціонування системи).



Рис. 3 – Схематичне зображення стадій внутрішнього проектування транспортної системи

Для вирішення поставленої проблеми необхідно досягти мети A_0 . Активних засобів досягнення цієї мети немає. Проте виділені або можуть бути виділені матеріальні кошти для розробки і виробництва транспортної системи, використання якої в операціях в якості активного засобу дає можливість вирішувати поставлені проблеми і завдання, тобто досягти мети.

Вимагається вибрати раціональний варіант транспортної системи, спроектувати і організувати процес її функціонування у відповідні терміни так, щоб потенційна її ефективність в операціях, спрямована на досягнення мети, була по можливості найбільш ефективною.

Таким чином, в узагальненій S-системі для досягнення мети A_0 в якості активних засобів використовують виділені ресурси на створення і розвиток перспективної транспортної системи, сили і засоби проектно-конструкторських організацій і виробничих об'єднань.

Способи використання цих активних засобів складають множину стратегій першого періоду узагальнених операцій.

Стратегіями другого періоду операції є способи використання активних засобів, до складу яких входить створена в першому періоді операцій складна транспортна система. Описана методологічна схема, основою якої є узагальнена S_{00} -система, дозволяє обґрунтовано підійти до узгодження цілей і завдань кожного етапу життєвого циклу складної транспортної системи.

Мета A узагальненої операції визначає призначення спроектованої системи і може бути реалізована на етапі її використання. Цілі попередніх етапів життєвого циклу є проміжними цілями узагальненої операції. Таким чином, етапи життєвого циклу системи є етапами узагальненої операції, спрямованої на досягнення мети A_0 , і формуються в результаті декомпозиції останньої. Спосіб декомпозиції узагальненої операції залежить від масштабів вирішуваної проблеми, складності створюваної системи, якості засобів, що залучаються для її створення, становлення і розвитку, а також від інших чинників.

На стадії пошукових НДР формується множина альтернативних потенційних цілей $\{A_0^i\} = \{A_0^1, A_0^2, \dots, A_0^i, \dots, A_0^m\}$, $i = \overline{1, m}$. Вважають, що досягнення будь-якої з цих цілей в тій чи іншій мірі вирішує поставлену проблему. Кожна альтернативна мета пов'язана з певною предметною областю.

Пошукова НДР організовується у формі проблемного аналізу, що упереджає концептуальні дослідження ефективності, спрямовані на обґрунтування і вибір цілі A_0 з множини $\{A_0^i\}$, а також засобів її досягнення. Вибрана глобальна мета A_0 породжує множину локальних, часткових цілей і завдань, які відіграють роль засобів досягнення глобальної мети. Дослідження цільових НДР спрямовані на формування впорядкованості часткових цілей і завдань, встановлення способів і засобів їх досягнення. Визначення множини часткових цілей і їх впорядкування є процесом формування програми досягнення глобальної мети A_0 .

Невизначеність у виборі способів і засобів досягнення часткових цілей і вирішення деяких проблемних питань змушує іноді проводити фундаментальні дослідження, результати яких використовують потім в прикладних дослідженнях, що формують теоретичну основу зовнішнього проектування системи.

Процес формування множини проміжних цілей і завдань проводять зазвичай послідовно, починаючи з аналізу чинників, що безпосередньо впливають на досягнення глобальної мети A_0 . При цьому формуються проміжні цілі першого рівня. Потім вибирають цілі другого рівня, досягнення яких обумовлює виконання цілей першого рівня і так далі. Множина проміжних цілей, що призводять до однієї, зручно представити у вигляді орієнтованого графу. У окремому випадку, якщо немає жодної мети, що безпосередньо передує відразу двом цілям і більше, граф буде деревом цілей і завдань.

Якщо глобальна мета або яка-небудь з проміжних цілей може бути досягнута не єдиним способом, то можна використати логіко-ймовірнісні методи дослідження структурно-складних систем, засновані на операціях булевої алгебри. Ці методи дозволяють формалізувати процес впорядкування цілей і завдань.

В якості прикладу далі розглянемо послідовну процедуру формування впорядкованої множини проміжних цілей.

Нехай шляхом логічного аналізу встановлено, що глобальну мету A_0 можна досягти двома шляхами: виконавши або мету A_1^1 , або мету A_1^2 . У свою чергу, для досягнення мети A_1^1 необхідно (і достатньо) виконати цілі A_2^1 і A_2^2 , а для досягнення мети A_1^2 необхідно (і достатньо) виконати цілі A_2^3 і A_2^4 , і так далі (рис. 4).

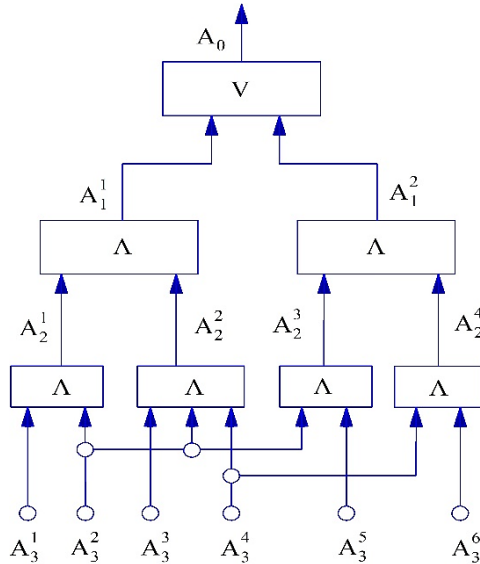


Рис. 4. Дерево досягнення глобальної мети

На схемі блок з індексом \vee - є диз'юнктор, а блоки з індексом \wedge - кон'юнктори. Складаємо логічну функцію досягнення глобальної мети. Для цього спочатку складають проміжні функції з використанням диз'юнктора та кон'юнктора:

$$A_0 = A_1^1 \vee A_1^2, \tag{1}$$

$$A_0 = A_2^1 \wedge A_2^2. \tag{2}$$

Для спрощення останнього запису знак кон'юнкції можна опустити:

$$A_2^1 \wedge A_2^2 = A_2^1 A_2^2. \tag{3}$$

Аналогічно складаються логічні функції для інших рівнів мети:

$$A_1^2 = A_2^3 A_2^4; \tag{4}$$

$$A_2^1 = A_3^1 A_3^2; \tag{5}$$

$$A_2^2 = A_3^2 A_3^3 A_3^4; \tag{6}$$

$$A_2^3 = A_3^2 A_3^5; \tag{7}$$

$$A_2^4 = A_3^4 A_3^6. \tag{8}$$

Підставляючи ці рівності в початковий вираз для мети A_0 , отримаємо:

$$A_0 = A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 \vee A_3^2 A_3^4 A_3^5 A_3^6 = A_3^2 A_3^4 (A_3^1 A_3^3 \vee A_3^5 A_3^6). \tag{9}$$

Цю схему можна представити орієнтованим графом без петель і циклів (рис. 5). Проте цей граф не є деревом, зважаючи на те, що A_3^2 безпосередньо передує трьома цілями A_1^1 , A_1^2 і A_2^2 ; а мета A_3^4 - двома цілями A_2^2 і A_2^4 .

Розглянемо кількісну оцінку досягнення мети транспортної системи. Зведемо функцію алгебри логіки до досконалої диз'юнктивної нормальної форми [31]:

$$\begin{aligned} A_0 &= A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 (A_3^5 \vee A_3^6) (A_3^5 \vee A_3^6) \vee (A_3^1 \vee A_3^1) A_3^2 (A_3^3 \vee A_3^3) A_3^4 A_3^5 A_3^6 = \\ &= (A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 \overline{A_3^5}) (A_3^5 \vee A_3^6) \vee (A_3^1 A_3^2 \vee A_3^1 A_3^2) \times \\ &\times (A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6) = A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee \\ &\vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee \\ &\vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6. \end{aligned} \tag{10}$$

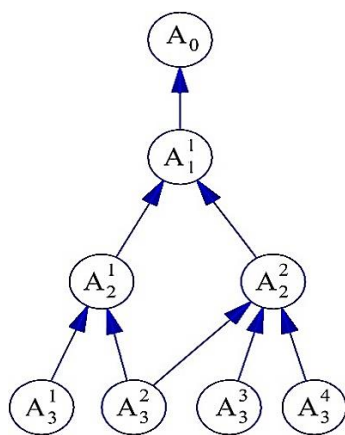


Рис. 5. Граф цілей і завдань

Можна бачити, що перша і п'ята елементарні кон'юнкції однакові. Після видалення однієї з них (п'ятої), отримуємо:

$$A_0 = A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee \\ \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \vee A_3^1 A_3^2 A_3^3 A_3^4 A_3^5 A_3^6 \quad (11)$$

Аналізуючи отриманий вираз, приходимо до висновку, що він є важливим в досконалій диз'юнктивній нормальній формі. Тому можна перейти до імовірнісної функції методом заміщення, а саме: події замінити їхньою ймовірністю, знаки диз'юнкції і кон'юнкції – знаками додавання і множення відповідно. В результаті отримуємо таку імовірнісну функцію:

$$P(A_0) = P_3^1 P_3^2 P_3^3 P_3^4 P_3^5 P_3^6 + P_3^1 P_3^2 P_3^3 P_3^4 (1 - P_3^5) P_3^6 + P_3^1 P_3^2 P_3^3 P_3^4 P_3^5 (1 - P_3^6) + \\ + P_3^1 P_3^2 P_3^3 P_3^4 (1 - P_3^5) (1 - P_3^6) + P_3^1 P_3^2 (1 - P_3^3) P_3^4 P_3^5 P_3^6 + (1 - P_3^1) P_3^2 P_3^3 P_3^4 P_3^5 P_3^6 + \\ + (1 - P_3^1) P_3^2 (1 - P_3^3) P_3^4 P_3^5 P_3^6. \quad (12)$$

За цією функцією можливо визначити ймовірність досягнення мети залежно від ймовірності досягнення цілей на найнижчому ієрархічному рівні даного завдання, з урахуванням віднесення груп цілей і завдань до того або іншого етапу життєвого циклу транспортної системи.

Висновки

1. Запропоновано науковий підхід особливостей дослідження ефективності транспортних систем на етапах життєвого циклу за допомогою розробки комплексу алгоритмів і формалізованої методики формування штучних еталонних меж ефективності на основі узагальнення індивідуальних експертних оцінок.

2. Представлено схематичні зображення стадій зовнішнього та внутрішнього проектування транспортної системи.

3. Визначено рекомендації щодо перерозподілу обмежених ресурсів в підсистемах з метою підвищення їх ефективності.

4. Сформовано теоретичні передумови прогнозу рівня ефективності системи на основі тенденцій зміни ефективності в підсистемах.

5. Наведено класифікацію об'єктів в підсистемах для підвищення наочності представлення результатів дослідження ефективності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, і В. В. Біліченко, «Методологічний підхід до визначення рівня якості функціонування транспортних систем», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 1(7), с. 4-9, 2018.

[2] С. А. Смоляк, *Оценка эффективности инвестиционных проектов в условиях риска и неопределенности (теория ожидаемого эффекта)*. М. : Наука, 2002.

[3] В. М. Курганов, «Управление эффективностью и надежностью функционирования систем доставки», *Грузовое и пассажирское автомобильное хозяйство*, № 6, с. 8-13, . – 2009.

[4] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, А. В. Гриньків, і С. В. Лисенко, *Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем*. Кропивницький: КОД, 2017.

- [5] В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий, С. В. Лисенко, Д. В. Голуб, та ін. *Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем*, проф. В. В. Аулін, Ред. Кропивницький: ФОП В. Ф. Лисенко, 2020.
- [6] О. Н. Моргунова, и Е. П. Моргунов, «Теория эффективности сложных систем: некоторые вопросы и предложения» на *X Международная научно-практическая конф. Системный анализ в проектировании и управлении*, СПб.: Изд-во Политехнич. ун-та, 2006, ч. 1, с. 119–122.
- [7] V. Aulin and other, “Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system, Communication”, *Scientific Letters of the University of Zilina*, vol. 21 (2), pp. 5-14, 2019.
- [8] Г. Б. Петухов, В. И. Якунин, *Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем*. М.: АСТ, 2006.
- [9] М. Интрилигатор, *Математические методы оптимизации и экономическая теория*. М.: Айриспресс, 2002.
- [10] L. Simar, V. Zelenyuk, “Statistical inference for aggregates of Farrell-type efficiencies”, in *Discussion Paper 0324*. Louvain, Belgium: Institut de Statistique, Universite Catholique de Louvain, 2003.
- [11] К. А. Багриновский, М. А. Бендилов, Е. Ю. Хрусталева, *Современные методы управления технологическим развитием*. М.: РОССПЭН, 2001. – 272 с.
- [12] В. Н. Волкова, и А. А. Денисов, *Основы теории систем и системного анализа*, 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2005.
- [13] В. М. Буренок, Г. А. Лавринов, и Е. Ю. Хрусталева, *Механизмы управления производством продукции военного назначения*. М.: Наука, 2006. – 303 с.
- [14] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, і В. В. Біліченко, і А. С. Замуренко, «Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень», *Вісник машинобудування та транспорту*, № 11(1), с. 4-10, 2020.
- [15] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків, «Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності», *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*, вип. 1, с. 47-57, 2020.
- [16] Е. П. Моргунов, и О. Н. Моргунова, «Многомерная классификация сложных объектов на основе оценки их эффективности», в *Вестник НИИ СУВПТ: сб. науч. тр.* Н. В. Василенко, Ред. Красноярск : НИИ СУВПТ, 2003, вып. 14, с. 222–240.
- [17] М. В. Грязнов, «Подходы к надежности транспортных систем», *Мир транспорта*, № 2, с. 14-19, 2010.
- [18] В. В. Аулін, Д. В. Голуб, В. В. Біліченко, і 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.
- [19] В. В. Аулін, і 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.
- [20] V. Aulin and other, “Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the «UVK Ukraine» company transport and logistics center”, *Communications*, vol. 22 (2), pp. 3-14, 2020.

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

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

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

Features of research of efficiency of transport systems at the stages of the life cycle

¹Central Ukrainian National Technical University

²Vinnitsa National Technical University

The analysis of features of research of efficiency of transport systems at stages of their life cycle is resulted. It is found that the life cycle of the system is reflected in the gradual development of the generalized operation as a process of gradual accumulation of information about the properties of the created transport system, environmental conditions and ways to use it as an active tool in the operation.

A formalized scientific approach to assessing the current and future efficiency of transport systems, based on aggregation indicators to assess the effectiveness of facilities in subsystems at different stages of the life cycle, allowing decision-making to see trends in internal development of a complex system as a whole, and integrate knowledge groups of experts in the formation of artificial reference limits of efficiency.

It is revealed that in process of accumulation of the information on transport system the estimation of efficiency of operation is specified that leads to fuller substantiation of the accepted decisions, at each stage of a life cycle of system.

It is noted that at the stage of external design the choice of rational requirements for the system is based on fairly general efficiency criteria that do not lead to too strong a narrowing of the set of acceptable strategies. Thus, the use of a "strong" principle of optimization and a small number of optimal strategies that lead to the choice is not always justified because in the early stages of the life cycle it is impossible to trace the progress of the operation in all its details. It is suggested that at the stages of external and internal design of the transport system it is advisable to organize a consistent exchange of information between the representatives of these stages of design, which can occur according to a certain scheme.

It was found that objects that are on the verge of efficiency are most effective only in a specific group of objects. As it is not possible to set theoretical reference limits of efficiency without the involvement of experts, therefore efforts should be directed to increase the degree of validity and reliability of expert assessments, as a result of which artificial reference limits of efficiency are formed.

Key words: transport system, subsystem, life cycle, operation, efficiency, external design, internal design.

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.

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

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

В. В. Аулин¹
В. В. Биличенко²
Д. В. Голуб¹
А. С. Замуренко¹

Особенности исследования эффективности транспортных систем на этапах жизненного цикла

¹Центральноукраинский национальный технический университет

²Винницкий национальный технический университет

Приведен анализ особенностей исследования эффективности транспортных систем на этапах их жизненного цикла. Выяснено, что жизненный цикл системы отражается поэтапным развитием обобщенной операции как процесс постепенного накопления информации о свойствах создаваемой транспортной системы, условиях обстановки и способах ее использования как активного средства в операции.

Предложен формализованный научный подход к оценке текущей и перспективной эффективности функционирования транспортных систем, на основе показателей агрегирования оценки эффективности объектов в подсистемах на разных этапах жизненного цикла, которые дают возможность при принятии решений увидеть тенденции внутреннего развития сложной системы в целом, а также интегрировать знания группы экспертов при формировании искусственных эталонных пределов эффективности.

Выявлено, что по мере накопления информации о транспортной системе уточняется оценка эффективности операции, которая приводит к более полному обоснованию решений, принимаемых на каждом этапе жизненного цикла системы.

Отмечено, что на стадии внешнего проектирования выбор рациональных требований к системе осуществляется на основе достаточно общих критериев эффективности, которые не приводят к слишком сильному сужению огромного количества допустимых стратегий. А следовательно использование «сильного» принципа оптимизации и небольшого числа оптимальных стратегий, приводящих к выбору, не всегда оправданно, потому что на ранних этапах жизненного цикла проследить ход развития операции во всех деталях нельзя. Предложено, что на стадиях внешнего и внутреннего проектирования транспортной системы целесообразно организовать последовательный обмен информацией между представителями этих стадий проектирования, которое может происходить по определенной схеме.

Выявлено, что объекты, находящиеся на грани эффективности, являются наиболее эффективными только в конкретной группе объектов. Поскольку задать теоретические эталонные пределы эффективности без привлечения экспертов не представляется возможным, а следовательно усилие необходимо направлять на повышение меры обоснованности и надежности экспертных оценок, в результате выполнения которых и формируются искусственные эталонные пределы эффективности.

Ключевые слова: транспортная система, подсистема, жизненный цикл, операция, эффективность, внешнее проектирование, внутреннее проектирование.

Аулин Виктор Васильевич – д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: AulinVV@gmail.com.

Биличенко Виктор Викторович – д-р. техн. наук, профессор, ректор, e-mail: bilichenko.v@gmail.com.

Голуб Дмитрий Вадимович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации и ремонта машин, e-mail: Dimchik529@gmail.com.

Замуренко Артем Сергеевич – аспирант кафедры эксплуатации и ремонта машин.