СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ У БУДІВЕЛЬНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Лесько В. І.[1], *Клименко М. О.*[2], *Безклубенко І. С.*[3], *Баліна О. І.*[4], *Буценко Ю. П.*[5]
[1–4]*Київський національний університет будівництва і архітектури*
03680, Київ, Повітрофлотський пр.-т, 31
[5]*НТУ України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*
E-mail: [1]*Vitalles1@i.ua,* [2]*klymenko.2012@gmail.com*
[3]*i.bezklubenko@gmail.com,* [4]*elena.i.balina@gmail.com,* [5]*armchairdoc@ukr.net*

Логістичні системи (ЛС) в будівельній індустрії представляють собою сукупність взаємопов'язаних елементів, між якими існує певний стохастичний зв'язок. Вони функціонують в умовах чітко вираженої невизначеності, турбулентності зовнішнього середовища, кон'юнктури ринку, постійного підвищення вимог споживачів, і для їх роботи характерні випадкові процеси. ЛС характеризується специфічним різноманіттям зв'язків між її структурними елементами, неоднозначністю алгоритмів поведінки при різних умовах, наявністю зворотних зв'язків, випадкових впливів та збурень, кореляційним впливом між великою кількістю параметрів.

Як складний техніко-економічний об'єкт, ЛС піддається впливу широкого спектру різноманітної кількості факторів, що можуть змінювати її характеристики, знижуючи чи підвищуючи ефективність системи та показники її надійності. Звідси випливає актуальність встановлення нового критерію для оцінки надійності складних логістичних систем такого виду. Критерієм або узагальненим показником надійності логістичних систем повинна слугувати деяка міра, котра могла би бути характеристикою ступеню доцільності її застосування і кількісно виявляла би ступінь об'єктивної можливості виконання системою заданих функцій в заданих реальних умовах будівельного виробництва. Надійність ЛС необхідно оцінювати не тільки за їх внутрішніми властивостями (надійністю елементів, структурною схемою), але й за інтегральними показниками рівня ефективності функціонування при виконанні конкретних поставлених задач в реальних умовах виробництва з урахуванням конкретних вимог споживача. В загальному випадку ефект функціонування ЛС є розмірною величиною Y, але її можна представити у безрозмірному вигляді (Y_0), пронормувавши Y відносно максимального корисного ефекту $y_{\max}$, тобто:

$$Y = \frac{Y}{y_{\max}}. \qquad (1)$$

Узагальнений показник надійності R системи в цьому випадку представляють як імовірність отримання корисного ефекту Y_0 в деяких межах $[y_0'', y_0'']$, тобто:

$$R = P\left(y_0'' \le Y_0 \le y_0''\right). \quad (2)$$

Стосовно ЛС можна виділити два аспекти надійності – внутрішній і зовнішній. Внутрішній аспект стосується надійності елементів системи і ступеня об'єктивної можливості її безвідмовного функціонування при вирішені поставлених перед нею задач. Зовнішній аспект надійності відображає взаємодію елементів системи із зовнішнім середовищем, тобто реальні можливості досягнення мети в конкретних виробничих умовах.

Надійність логістичних систем будівельного виробництва в основному проявляється в їх результативності та економічності досягнення кінцевих результатів функціонування, а тому у відповідності до вимог системного підходу необхідно враховувати її місце і роль в системі інших характеристик ефективності функціонування. Оскільки ефективність системи визначається головним чином її надійністю, продуктивністю та економічністю експлуатації, то модель формування кінцевого результату ЛС, як випадкової системи, можна представити у вигляді:

$$A = АНПЕ, \quad (3)$$

де A – подія, яка означає отримання деякого кінцевого результату функціонування; $Н$, $П$, $Е$ – події, які означають відповідно надійність, продуктивність та економічність системи.

Характеристиками кожної із випадкових подій A, $Н$, $П$, $Е$ є імовірність збереження певних умов, що характеризують її з точки зору відповідності до заданих вимог.

На основі моделі (3) можна записати:

$$P(A) = P(A/НПЕ)\cdot P(Н)\cdot P(П/Н)\cdot P(Е/НП), \quad (4)$$

де $P(A)$ – повна імовірність отримання кінцевого результату функціонування системи (узагальнений показник ефективності системи);

$P(A/НПЕ)$ – умовна імовірність отримання кінцевого результату функціонування ЛС, визначеної при умові, що система є надійною, продуктивною і економічною;

$P(Н)$ – імовірність безвідмовного функціонування системи із заданими показниками якості (узагальнений показник системи);

$P(П/Н)$ – умовна імовірність забезпечення продуктивності системи за умови, що система безвідмовно функціонує із заданими показниками якості (узагальнений показник продуктивності системи);

$P(Е/НП)$ – умовна імовірність забезпечення економічності системи за умови, що вона надійна і продуктивна (узагальнений показник економічності системи).

Аналіз виразу (4) свідчить про те, що надійність ЛС є визначальною компонентою, яка входить в усі складові означення ефективності і виступає в якості безумовного фактору ефективності логістичної системи, визначеної узагальненим показником надійності $P(H)$. При $P(H) = 0$ інші складові ефективності СТС втрачають своє значення, оскільки при цьому $P(A) = 0$.

Надійність ЛС, як подію, можна представити у вигляді:

$$H = HC\Phi, \tag{5}$$

де C – подія, яка означає збереження параметрів, визначаючих стан системи в заданих межах протягом заданого часу; Φ – подія, що визначає факт якісного виконання системою заданих функцій.

За аналогією із (4) можна записати:

$$P(H) = P(H/C\Phi)\cdot P(C)\cdot P(\Phi/C), \tag{6}$$

де $P(H/C\Phi)$ – умовна імовірність безвідмовного функціонування системи, яка визначена за умови збереження заданого рівня технічного стану елементів системи і виконання системою заданих функцій; $P(C)$ – імовірність збереження заданого технічного стану ЛС протягом заданого часу; $P(\Phi/C)$ – умовна імовірність виконання системою заданих функцій, визначеної за умови збереження заданого технічного стану елементів ЛС.

Складові елементи виразу (6) є функціями технічного стану її елементів і повинні бути головним об′єктом в плані вирішення задач по забезпеченню надійності логістичних систем будівельної індустрії, а методи визначення показників надійності логістичних систем повинні базуватися на реальних моделях надійності конкретної ЛС з урахуванням її ефективності, структурної схеми надійності, взаємодії елементів системи та кореляційних зв’язків між ними . Оскільки вирази (3–6) описують надійність системи у формі подій, то їх можна прийняти за основний аналітичний запис структурної схеми надійності ЛС, а її аналітичну форму представити як систему з послідовним з’єднанням елементів у вигляді добутку випадкових подій:

$$P(A) = P(A_1)\prod_{j=2}^{N} P\left(\frac{A_j}{A_1 A_2 \ldots A_{j-1}}\right), \qquad (7)$$

де $P(A)$ – ймовірність безвідмовного функціонування ЛС при виконанні поставленої задачі та заданому рівні ефективності;

$P(A_1)$ – імовірність безвідмовного функціонування елементу ЛС $j = 1$ або імовірність збереження умови його роботоздатності при виконанні поставленої задачі;

$P(Aj/A_1, A_2, \ldots, A_{j\text{-}1})$ – умовна імовірність збереження j-ї умови роботоздатності або безвідмовного функціонування j-го елементу ЛС, яка визначається за умови безвідмовного функціонування всіх елементів від першого до j-го, з'єднаних послідовно, та збереження всіх умов роботоздатності логістичної системи.

Складність оцінки стохастичних взаємозв'язків між складовими виразу (7) та їх впливу на імовірність безвідмовного функціонування ЛС в умовах виробництва призводить до певних розрахункових проблем, а тому найбільш доцільним і ефективним інструментом оцінки надійності ЛС є використання методів статистичного, імітаційного моделювання на основі імовірністно-фізичних та імовірністно-статистичних моделей надійності окремих елементів та системи в цілому із урахуванням мінливої структури ЛС при її функціонуванні, кореляційних зв'язків між її елементами та умовами роботоздатності системи, аналізу процесів формування показників надійності залежно від заданих умов роботоздатності та рівня ефективності.

Таким чином, при визначенні надійності логістичних систем в реальних умовах будівельної індустрії, необхідні принципово нові методи та підходи, які би враховували специфіку структури і її поведінки залежно від виконуваних функцій, умов експлуатації, ризиків і т. п.

При визначенні надійності логістичних систем важливі не тільки причинно-наслідкові описи і пояснення поведінки її окремих елементів, але й узагальнена картина переходу системи з одного стану в другий, тобто оцінка якості функціонування і рівня ефективності.

Окреслені задачі і специфіка оцінки надійності ЛС припускають розробку відповідних моделей надійності та методів визначення і прогнозування показників надійності логістичних систем на всіх стадіях їх життєвого циклу. Вирішення зазначених проблем та впровадження їх кінцевих результатів дозволить суттєво розширити рамки застосування логістики в будівельній індустрії, сформувати ефективні структури по логістичному керуванню надійністю систем,

дасть можливість успішно реалізовувати управлінські рішення, вирішувати проблеми по підвищенню надійності ЛС, що суттєво впливатиме на інтегральні економічні результати діяльності логістичних систем.

Література

1. Червоный А. А. Надежность сложных систем / А. А. Червоный, В. И. Лукьященко, Л. В. Котин. – М. : Машиностроение, 1976. – 288 с.

2. Гарантийный надзор за сложными техническими системами / Г. Е. Алпаидзе, Л. Г. Романов, А. А. Червоный, Ф. К. Шахтарин. – М. : Машиностроение, 1988. – 232 с.