

Збірник наукових праць

інформаційних систем і технологій НАН України та МОН України, 2015. – Випуск № 20. – С. 48-66.

12. Макарова М.В. Основні аспекти створення системи моніторингу діяльності господарюючого суб'єкта /М.В. Макарова// Збірник наукових праць Черкаського державного технологічного університету. Серія: Економічні науки. – Черкаси: ЧДТУ, 2012. – Вип. 31. – Ч. II. – Т. 2. – С. 15-20.
13. Макарова М.В. Запровадження інформаційних систем управління персоналом в діяльність страхової компанії/М.В. Макарова, Т.І. Ручка // «Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: економічна». – Донецьк.: ДНТУ, 2014.– № 4. – С.155-163.
14. Макарова М.В. Інформаційне забезпечення системи моніторингу діяльності господарюючого суб'єкта/М.В. Макарова// Збірник наукових праць III-а міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології і системи в документознавчій сфері». – Донецьк, ДонНУ, 2013 р. – С. 56-58.
15. Макарова М.В. Інформаційні системи у сучасній системі менеджменту промислових підприємств/ М.В. Макарова // Моделювання регіональної економіки. Збірник наукових праць. – Івано-Франківськ: Плай, 2012. – № 2. – С.402-407.
16. Макарова М.В. Метод аналізу ієрархій у плануванні та прийнятті управлінських рішень при запровадженні інновацій у нафтосервісних підприємствах/ М.В. Макарова, А.А. Щербань// Збірник наукових праць «Економіко-математичне моделювання соціально-економічних систем». – К.: Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних систем і технологій НАН України та МОН України, 2013. – № 4. – С. 122-130.

УДК 338.47

Л.І. Бажан

ФОРМУВАННЯ ІМОВІРНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКОНОМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНО- ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Описано математичну модель формування імовірнісних характеристик економічної стійкості транспортно-логістичної системи на основі аналізу

Збірник наукових праць

функціонування зовнішнього і внутрішнього середовища, в якому ризик розвитку системи визначає ефективність кінцевого результату.

Ключові слова: *імовірнісні характеристики, транспортно-логістична система, економічна стійкість, ризик розвитку.*

Описана математическая модель формирования вероятностных характеристик экономической устойчивости транспортно-логистической системы на основе анализа функционирования внешней и внутренней среды, в которой риск развития системы определяет эффективность конечного результата.

Ключевые слова: *вероятностные характеристики, транспортно-логистическая система, экономическая устойчивость, риск развития.*

Mathematical model of probability characteristics of economic sustainability of transport and logistics system based on the analysis of functioning of internal and external environment wherein a risk of system development determines effectiveness of final result is described.

Keywords: *probabilistic characteristics, transport and logistics system, economic sustainability, risk of development.*

Вступ.

Одним із проявів процесу глобалізації світової економіки є розвиток господарських взаємозв'язків між державами. Зростаючий товарообіг між країнами, трансформація матеріальних потоків, викликана змінами геополітични умов, вимагають підвищення транзитного потенціалу транспортно-логістичних систем. Ефективність функціонування транспортно-логістичних систем недостатньо висока, внаслідок чого їй властива нездатність впоратися з існуючими матеріальними потоками.

Аналіз проблематики розвитку транспортно-логістичних систем з позицій підвищення прибутковості обумовлює доцільність подальших досліджень щодо поліпшення роботи та створенню таких економічних умов, які забезпечують її стійке функціонування.

Огляд останніх досліджень.

Концептуальні засади логістики відображені в зарубіжних працях Б. О. Анікіна, Д. Бауерсокс, А. М. Гаджинський, В. В. Дибська, Д. Клосса, В. С. Лукинський, Ю. М. Неруша, Д. Т. Новикова, Т. В. Пархоменко, С. М. Резер, А. Н. Родникова, А. І. Семененко, В. І. Сергєєва, Р.В. Шеховцова та інших вчених.

Серед вітчизняних вчених слід відзначити праці М.Ю. Григорак, А.Г. Кальченко, Є.В. Крикавського, Р.Р. Ларіна, В.Є. Ніколайчука, М.А. Окландер, В.С. Пономаренко, Ю.В. Пономарьової, О.М. Трідіда, А.П. Хромова, Н.І.Чухрай та ін.

Разом з тим недостатньо розглянуто забезпечення стійкості транспортно-логістичної системи під впливом зовнішньоекономічних факторів в умовах невизначеності зовнішньої ситуації, викликаній глобалізаційними процесами. Актуальність проблеми, її багатогранна значимість і недостатня розробленість визначили необхідність дослідження злагодженої роботи окремих підсистем для забезпечення задоволення у високій якості транспортного обслуговування клієнтів і збалансованості показників витрати-прибуток.

Постановка проблеми.

Забезпечення стійкості транспортно-логістичної системи є найважливішою проблемою сучасного періоду економічного розвитку. Ігнорування факторів, що впливають на стійкість транспортно-логістичної системи, призводить до посилення економічних диспропорцій, до

прискорення спаду виробництва, збільшення безробіття, інфляції та багатьох інших негативних наслідків, викликаних порушеннями в області виробництва і бізнесу в результаті несвоєчасної доставки вантажу споживачам. Сукупність цих явищ, в свою чергу, веде до зниження і втрати економічної безпеки держави і різкого зниження рівня життя населення.

У сучасній теорії управління розроблені питання стратегічного управління моделі аналізу і прийняття рішень по конкретним оперативним проблемам функціонування економічних систем. Вони добре працюють в стабільних усталених умовах. Але в невизначеній ситуації господарська діяльність системи супроводжується підвищеною нестабільністю і ризиками, знижується їх економічна стійкість. Все це стосується транспортно-логістичної системи. Для зведення до мінімуму ризиків необхідно дослідження системи стратегічного і оперативного управління, пошук форм і методів забезпечення економічної стійкості.

В останні роки з'явилася достатня кількість робіт, які висвітлюють проблеми сталого розвитку економіки [1-3]. Але не сформована єдина методологія трактування економічної стійкості транспортно-логістичної системи. Відсутня повна класифікація факторів економічної стійкості транспортно-логістичної системи, не уточнена система показників, що характеризують її параметри з позиції діагностики, контролю і цілеспрямованого коригуючого впливу. Необхідно обґрунтування основних зовнішніх і внутрішніх протиріч економічної стійкості транспортно-логістичної системи в умовах невизначеності ситуації і визначення стратегічних і тактичних складових досягнення їх економічної стійкості. У описуваній теорії управління відсутній взаємозв'язок між економічною

стійкістю і ризиком функціонування системи, який обумовлюється невизначеністю ситуації.

Мета статті полягає в описі математичного апарату визначення ризиків економічної стійкості розвитку транспортно-логістичної системи і формуванні на цій основі пріоритетів розвитку потокових процесів в умовах невизначеності ситуації.

Формулювання завдання дослідження.

Оскільки економічна стійкість транспортно-логістичної системи, як і її господарська діяльність, поняття складне, комплексне, склалося велика кількість підходів до визначення сутності економічної стійкості. У той же час єдиного загальноприйнятої думки щодо визначення даної категорії в даний час не існує.

Ряд дослідників характеризують економічну стійкість системи як зміна параметрів внутрішнього і зовнішнього середовища і реакцію на них системи. Вплив на систему зовнішніх і внутрішніх факторів об'єктивно викликає внутрішній опір таким діям. Щоб домогтися стійкості системи необхідно зберегти вже досягнуті на певному рівні параметри своєї господарської діяльності.

В роботі [4] Н.Д. Кондратьєв розглядає динамічний підхід до дослідження систем в процесі зміни їх елементів і їх співвідношень. Звідси випливає, що в динаміці стабільність економічної системи означає її стійкий економічний розвиток. Його можна трактувати як послідовну зміну стійких станів системи, кожне з яких не гірший за попередній.

Отже, економічна стійкість або стійкість економічного розвитку являє здатність економічної системи зберігати стабільне збалансоване зростання. При цьому збалансованість повинна ставитися до всіх елементів системи і проявлятися у взаємодії системи з

макроекономічною системою. У цьому визначенні фокусується трактування стійкості як стану економічної системи відповідно до формулюванням, наведеним комісією ООН [5].

Економічну стійкість необхідно розглядати як складну багаторівневу і багатофакторну характеристику господарської діяльності транспортно-логістичної системи. Не можна домогтися стійкого розвитку всієї транспортно-логістичної системи, якщо окремі її підсистеми не є стійкими.

В рамках підходу до економічної стійкості транспортно-логістичної системи за її станом, який визначається впливом зовнішнього середовища, слід розглянути ресурсно-функціональний підхід. Даний підхід розглядає економічну стійкість транспортно-логістичної системи як стан найбільш ефективного використання ресурсів всіх підсистем для запобігання загрозам і забезпечення стабільного просування матеріального потоку через сортувальну станцію в даний час і в майбутньому.

З цією метою необхідно розглядати всю сукупність процесів, що протікають в системі, з усіма їх характерними рисами й взаємозв'язками, які складають єдиний функціональний процес: обробку вагонів, що надходять на сортувальну станцію; формування нових складів; просування матеріального потоку до споживача в заданий час з мінімальними витратами.

У ресурсно-функціональному підході в якості основних напрямків економічної стійкості транспортно-логістичної системи розрізняють наступні функціональні складові: техніко-технологічна, інформаційна, сервісна, фінансова, економічна, науково-методологічна, інтелектуальна. Ресурсно-функціональний підхід до

економічної стійкості транспортно-логістичної системи забезпечує дослідження найважливіших факторів, що впливають на стан функціональної складової. Ретельне дослідження основних процесів переробки вагонопотоків в різних підсистемах транспортно-логістичної системи, що впливають на забезпечення функціональної складової економічної стійкості, вимагає проведення аналізу розподілу і використання ресурсів системи, розгляду індикаторів, що відображають рівень забезпечення функціональної складової економічної стійкості і розробки заходів щодо забезпечення максимально високого її рівня.

Мета економічної стійкості транспортно-логістичної системи полягає в тому, щоб визначити, наскільки суттєво змінюватися параметри її діяльності в результаті дії незапланованих зовнішніх факторів, виникаючих загроз і ризиків, а також показати потенційні можливості для розвитку системи в перспективі. Економічна стійкість повинна характеризувати прагнення транспортно-логістичної системи до стабільності, відсутності змін в виробничо-господарської і фінансової діяльності, а, з іншого боку, забезпечувати можливість підвищення конкурентоспроможності системи на основі використання нових підходів до управління.

Виробничо-господарська діяльність транспортно-логістичної системи супроводжується постійними змінами в різних областях: виробничої, транспортної, фінансової, управлінської та ін. Тому економічна стійкість транспортно-логістичної системи має дискретний характер. У кожен окремий, фіксований момент часу економічна стійкість системи є статичною стійкістю. З іншого боку, протягом тривалого проміжку часу економічна стійкість носить динамічний характер, тому є динамічною стійкістю. Динамічна стійкість системи

характеризує і оцінює процес її розвитку в постійному русі в часі. Обидва види економічної стійкості - статична і динамічна - в процесі господарської діяльності взаємообумовлені і взаємно доповнюють один одного, існують в єдиному економічному просторі.

Різноманіття умов формування станів і характер матеріальних потоків транспортно-логістичної системи визначає високий рівень невизначеності його функціонування і розвитку.

Транспортно-логістична система сортувальної станція знаходиться на перетині міжнародних транспортних коридорів, є складною багато структурною системою з активними елементами, що функціонує в умовах ринкового середовища, що динамічно розвивається. Джерелами невизначеності можуть служити коливання попиту, неточність даних про просування матеріального потоку, передача інформації та інтерпретація тих чи інших подій, а також такі крайні випадки, як зміни політичних умов.

У зв'язку з цим облік факторів невизначеності і ризику в складних умовах функціонування є важливим завданням розвитку транспортно-логістичної системи.

Категорія ризику носить складний системний характер: з одного боку, це міра невизначеності в людській діяльності, а з іншого - об'єктивно-суб'єктивна економічна категорія, що відображає ступінь успіху або невдачі в досягненні намічених цілей з урахуванням впливу контрольованих внутрішніх факторів та неконтрольованих зовнішніх факторів.

Під економічним ризиком прийнято вважати витрати або втрати економічного ефекту, пов'язані з реалізацією планового варіанту в умовах, які відрізняються від тих, які відповідали б оптимального варіанту. Господарська

діяльність транспортно-логістичної системи полягає в тому, що б прийняти і реалізувати управлінські рішення. При цьому існують ситуації, коли цілі не завжди досягаються через неможливість здійснити дії, на яке було орієнтоване рішення. Таким чином, управлінське рішення пов'язане з ризиком, який мотивується наявністю цілого ряду факторів невизначеності, заздалегідь непередбачених ситуацій, які можуть відбитися на діяльності сортувальної станції. При цьому відхилення майбутнього результату від запланованого може бути пов'язано як з втратами і з додатковим прибутком, а ризик визначається через подію, яка може відбутися або не відбутися.

Оскільки економічна діяльність транспортно-логістичної системи схильна до невизначеності, пов'язаної зі змінами обстановки на ринках, і, тим самим, в значній мірі - з поведінкою інших господарюючих суб'єктів, які користуються транспортними послугами системи, неясність і невпевненість в отриманні очікуваного результату в цих умовах змушує вже сама непередбачуваність ситуації ухвалення рішень. Крім того недостатня надійність інформації, на основі якої приймаються управлінські рішення, обумовлена господарським ризиком, який необхідно прогнозувати для оцінки ймовірності майбутніх подій.

Проведення аналізу змісту господарського ризику дає конструктивне уявлення ризиків в системі управління транспортно-логістичною системою. Сутність ризику, його місце та роль в системі управління транспортно-логістичною системою найбільш повно і точно відображає уявлення ризику - як заходи потенційно можливого відхилення від встановлених цілей, очікуваних результатів внаслідок порушення динамічної стійкості системи

матеріальних, фінансових та інформаційних потоків в процесі її функціонування.

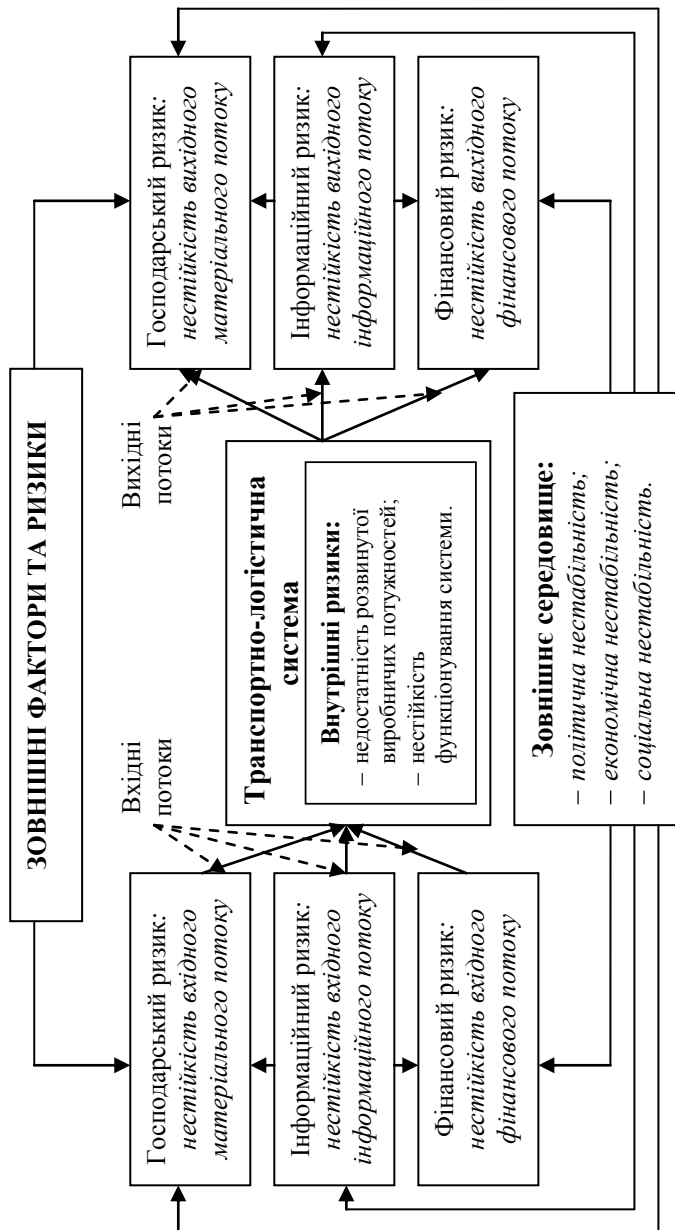
Рішення проблеми аналізу та оцінки ризику вимагає комплексного дослідження всіх факторів, які можуть вплинути на можливості транспортно-логістичної системи в досягненні поставлених цілей. Протягом останніх десятиліть характеризується виразною тенденцією підвищення нестабільності загальної соціально-економічної ситуації, господарського середовища, в якому функціонує транспортно-логістична система.

Процеси глобалізації світової системи господарювання об'єктивно зумовлюють наростання невизначеності ситуації і нестабільності соціально-економічного середовища, в якій діють економічні системи. Внаслідок цього знижуються можливості прогнозування, погіршується якість прогнозів і в результаті, зростає ризик, як можливість відхилення від заданої мети. На рис 1 представлена схема впливу дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища на ризику транспортно-логістичної системи.

Розроблено математичну теорія стійкості, в рамках якої досліджуються і формалізуються такі поняття, як стійкість положення рівноваги, стабілізація системи, стійкість функціонування до впливу на вході, стійкість по відношенню до імпульсних впливів і т. п.

Що стосується аналізу поняття стійкості транспортно-логістичної системи може бути використано для характеристики стабільності становища в умовах нестабільного зовнішнього середовища.

Будемо розрізняти стійкість середовища і стійкість транспортно-логістичної системи.



Джерело: розроблено автором.

Рис 1. Схема впливу дестабілізуючих факторів зовнішнього середовища на ризики транспортно-логістичної системи.

Стійкість транспортно-логістичної системи - це такий стан структури реалізації транспортних послуг і така її динаміка, при якій забезпечується стабільно високий результат функціонування системи.

В основі досягнення стійкості лежить принцип активного реагування на зміну внутрішніх і зовнішніх факторів.

Стійкість середовища розуміється, перш за все, в аспекті її стабільності, детермінованості дії факторів, що визначають її базові характеристики стану. Зовнішня по відношенню до транспортно-логістичної системи стійкість визначається, перш за все, стабільністю економічного середовища, в рамках якої здійснюється її діяльність: вона досягається відповідними механізмами управління ринковою економікою в масштабах всієї системи.

Стійкість транспортно-логістичної системи може розглядатися в якості свого роду компенсаційного механізму, що дозволяє системі адаптуватися до дестабілізуючого впливу як внутрішньої, так і зовнішнього середовища в процесі досягнення своїх цілей.

Тому стійкість транспортно-логістичної системи необхідно розглядати в двох аспектах - як внутрішню і як зовнішню стійкість. При цьому внутрішні і зовнішні ризики, так само як і стійкість, впливають на один і той же процес - досягнення цілей, але діють при цьому в протилежних напрямках: чим вище стійкість системи, тим менше ризик в сенсі можливого відхилення від очікуваного результату і навпаки.

Стійкість транспортно-логістичної системи передбачає такий рух матеріальних, фінансових та інформаційних потоків, яке забезпечує стабільність системи в умовах нестабільності зовнішнього середовища. Для кількісної оцінки нестійкості значення параметрів

системи може бути використана статистична оцінка коливання показників, що характеризує міру коливання можливого результату.

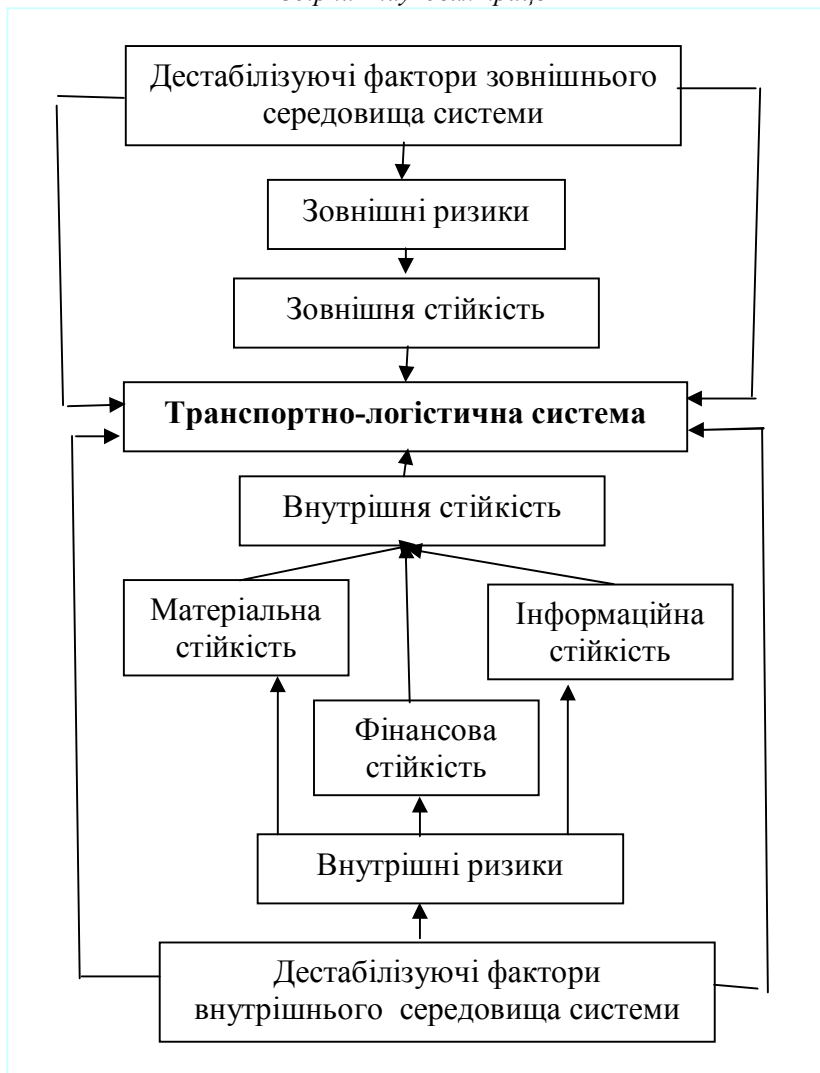
Колівання можливого результату є ступінь відхилення очікуваного значення від середньої величини. Для цього на практиці звичайно застосовують два близько пов'язаних критерії: дисперсію і середнє квадратичне відхилення, які є заходами абсолютного коливання. Для аналізу зазвичай використовують коефіцієнт варіації, за допомогою якого можна порівнювати коливання ознак, виражених у різних одиницях виміру [6].

Коефіцієнт варіації може змінюватися від 0 до 100%. Чим більше коефіцієнт, тим сильніше коливання. В економічній статистиці встановлена така оцінка різних значень коефіцієнта варіації: до 10% - слабке коливання; до 10-25% - помірне коливання; понад 25% - висока коливання.

Відповідно до подання сутності ризику транспортно-логістичної системи як заходи потенційної можливості відхилення від встановлених цілей внаслідок динамічної стійкості системи логістичних потоків, необхідно розглядати такі важливі аспекти проблеми господарської, фінансової та інформаційної стійкості і, відповідно, - господарського, фінансового та інформаційного ризиків підприємства, представлених на рис 2.

Господарська стійкість забезпечує стабільність процесу обробки матеріального потоку і вагопотоків, а також забезпечення працездатності переробних пристроїв.

Фінансова стійкість відображає такий стан фінансових ресурсів, при якому транспортно-логістичної система, вільно маневруючи грошовими коштами, здатне реалізовувати встановлені цілі.



Джерело: розробка автора

Рис. 2. Взаємозв'язок типів стійкості транспортно-логістичної системи та факторів ризику.

Інформаційна стійкість виступає необхідною умовою господарської та фінансової стійкості транспортно-логістичної системи, забезпечуючи адекватну інформаційно-аналітичну базу прийняття управлінських рішень.

При визначенні господарської стійкості використовуються показники, що характеризують динаміку і тенденції руху матеріальних потоків транспортно-логістичної системи. Таким чином, при визначенні господарської стійкості системи необхідно розглядати динамічні співвідношення відновлювальної, ліквідаційної та економічної вартості матеріальних активів для переробки матеріального потоку, що надходить до сортувальної станції, виявити існуючі тенденції і визначити міру потенційно можливих відхилень від встановлених величин, з тим, щоб використовувати їх при системній оцінці ризиків транспортно-логістичної системи.

У комплексної проблеми оцінки стійкості транспортно-логістичної системи особливе місце займає проблема визначення меж фінансової стійкості. Недостатня фінансова стійкість може призвести до неплатоспроможності і відсутності у неї коштів для розвитку і здійснення своєї господарської діяльності, а надлишкова буде перешкоджати розвитку, обтяжуючи витрати підприємства зайвими запасами і резервами.

Особливе значення для фінансової стійкості транспортно-логістичної системи мають рівень, динаміка і коливання платіжного попиту на її послуги, тому що платоспроможний попит визначає стабільність отримання виручки. У свою чергу, платоспроможний попит залежить від стану економіки, рівня доходів споживачів - фізичних та юридичних осіб - і ціни на послуги транспортно-логістичної системи.

Серйозними макроекономічними факторами фінансової стійкості є податкова і кредитна політика, ступінь розвиненості фінансового ринку і системи зовнішньоекономічних зв'язків. Крім цього, економічна і фінансова стабільність транспортно-логістичної системи залежать від загальної політичної стабільності.

До характеристик зовнішнього середовища відносять:

1. взаємопов'язаність факторів зовнішнього середовища - рівень сили, з якою зміна одного фактора впливає на інші фактори;

2. складність зовнішнього середовища – кількість факторів, на які транспортно-логістична система зобов'язана реагувати, а також рівень варіантності кожного з них;

3. рухливість середовища - швидкість, з якою відбуваються зміни в оточенні транспортно-логістичної системи.

Невизначеність зовнішнього середовища - є функцією кількості інформації, якою володіє транспортно-логістична система з приводу конкретного фактора, а також функцією впевненості в цій інформації. Якщо інформації недостатньо і є певні сумніви в її точності, зовнішнє середовище стає менш визначеною і приймати вірні управлінські рішення стає важче.

Особливістю ризиків функціонування транспортно-логістичної системи є спільна дія груп ризиків на кожен вид вантажопотоку. Виявлення наслідків впливу кожного ризику на підсистеми транспортно-логістичної системи є складним процесом, який визначається необхідністю виявлення впливу ризику на кожен підсистему в контексті певних вантажопотоків.

Цей факт зумовлює необхідність визначення впливу ризику на виконання логістичних процесів в підсистемах

переробки вагонопотоків транспортно-логістичної системи і визначення наслідків цього впливу, що знаходяться в причинно-наслідкового зв'язку.

Більшість економічних систем, з якими людина має справу, мають ефект випадковості. Надходження заявок на обслуговування в систему відбувається через випадкові, заздалегідь не певні проміжки часу. Час обслуговування цих заявок також не є постійною величиною, а триває випадковий час, що призводить до необхідності перебування в стані очікування.

Спроба математичного опису подібних систем за допомогою детерміністичних моделей при вирішенні завдань аналізу функціонування і розвитку таких систем призводить до значного спотворення і помилок у висновках і практичних рекомендаціях.

Виходячи з цього для дослідження процесів функціонування та розвитку транспортно-логістичної системи з елементами випадковості, масовості і процесом обслуговування використовується теорія систем масового обслуговування.

Надходження заявок в транспортно-логістичну систему відбувається через випадкові, заздалегідь не певні проміжки часу, утворюючи випадковий потік заявок на обслуговування. Засоби, що обслуговують заявки, є каналами обслуговування. Час обслуговування цих заявок в підсистемах розвантаження і навантаження вагонів також не є постійною величиною, а триває випадковий час.

Випадковий характер потоку заявок і часу обслуговування призводить до того, що транспортно-логістична система виявляється завантаженою нерівномірно: в якісь періоди часу накопичується дуже велика кількість заявок на обслуговування матеріального потоку, в інші періоди система простоює при нестачі

вільних для навантаження вагонів або ж поломок деяких механізмів.

Транспортно-логістичну систему можна представити як множину об'єктів $A = \{a_i\}_{i = \overline{1, I}}$, що володіють певними властивостями (елементи системи).

$R = \{r_i\}$ - зв'язки між елементами системи;

Z – мета функціонування системи.

Тоді систему S можна визначити як сукупність елементів зі зв'язками і метою функціонування системи, $S = \{A, R, Z\}$.

Транспортно-логістична система є складною оскільки вона складається з різнотипних елементів з різнотипними зв'язками.

Стан системи представляє множину характеристик елементів транспортно-логістичної системи, що змінюються в часі і є важливими для цілей функціонування.

Динаміка транспортно-логістичної системи представляє процес отримання множини значень її станів, що змінюються в часі.

Мета функціонування є завданням отримання бажаного стану транспортно-логістичної системи. Досягнення мети тягне цілеспрямоване втручання в процес функціонування транспортно-логістичної системи, яке здійснюється через управління.

Апарат теорії масового обслуговування дає можливість встановити залежність між характером потоку заявок, числом каналів обслуговування, продуктивністю кожного каналу і ефективним обслуговуванням з метою знаходження найкращих шляхів управління цими процесами.

Основним завданням управління транспортно-логістичною системою є дослідження режиму функціонування обслуговуючої системи та дослідження процесів, що виникають в обслуговування.

Апарат системи масового обслуговування дозволяє визначити такий варіант функціонування транспортно-логістичної системи, при якому буде забезпечено мінімум сумарних витрат на обслуговування просування матеріального потоку і від простоїв каналів обслуговування.

При управлінні транспортно-логістичною системою необхідно встановлення балансу між цілями клієнта, підсистемами, які обслуговують вагонопотік, і самою системою:

- мета клієнта - якомога менше часу витратити на очікування розвантаження-навантаження через брак порожніх вагонів;

- мета обслуговуючих підсистем (каналів обслуговування) - якомога менше часу перебувати в стані вимушених простоїв;

- мета транспортно-логістичної системи - досягти розумного компромісу між вимогами клієнтів і потужністю обслуговуються підсистем.

Транспортно-логістичесая система S знаходиться в одному з станів кінцевої безлічі станів S_1, S_2, \dots, S_n , а перехід з одного стану в інший відбувається випадково. В результаті має місце випадковий процес з дискретним часом t_1, t_2, t_3, \dots .

Потік заявок системи є ординарним з огляду на те, що ймовірність попадання на малий ділянку часу Δt двох і більше заявок досить мала в порівнянні з імовірністю потрапляння однієї події. Інакше, потік ординарний, тому що заявки на обслуговування матеріального потоку надходять поодиноці, а не групами.

Потік заявок системи є стаціонарним, тому що його ймовірні характеристики не залежать від часу.

Потік заявок системи є потоком без наслідків, тобто для будь-яких двох непересічних ділянок часу τ_1 та τ_2 число заявок, що потрапляють на один з них, не залежить від числа заявок, що потрапляють на інші.

Таким чином, потік заявок системи є найпростішим (або стаціонарним пуассоновським), якщо він одночасно стаціонарний, ординарний і не має наслідків.

Стаціонарний потік подій - це такий потік, для якого ймовірність появи тієї чи іншої події на ділянці часу залежить лише від довжини цієї ділянки і не залежить від того, де на осі часу ця ділянка взята [7].

Для найпростішого потоку ймовірність $p_i(t)$ надходження в транспортно-логістичну систему i заявок за час t обчислюється за формулою:

$$p_i(t) = \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t} \quad (1)$$

тобто ймовірності розподілені за законом Пуассона з параметром λt .

Функція розподілу $F(t)$ випадкового інтервалу часу T між двома послідовними заявками дорівнює

$$F(t) = 1 - P(T < t),$$

$$P(T < t) = p_0(t) = e^{-\lambda t}; \quad (2)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (3)$$

Щільність ймовірності $f(t)$ випадкової величини T визначається формулою

$$f(t) = F'(t) = e^{-\lambda t}, \quad t > 0,$$

а математичне очікування, дисперсія і середнє квадратичне відхилення випадкової величини T дорівнюють відповідно

$$M(T) = \frac{1}{\lambda}; \quad D(T) = \frac{1}{\lambda^2}; \quad \sigma(T) = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

Каналом обслуговування заявки в транспортно-логістичній системі є пункти розвантаження-навантаження вагонів, маневрові залізничні лінії. В системі масового обслуговування розглядаються системи з відмовами. Для транспортно-логістичної системи характерним є те, що заявка, що надійшла в систему, повинна бути обов'язково обслугована і не може покинути систему. Таким чином, транспортно-логістична система являє собою систему масового обслуговування розімкнутого типу з необмеженою чергою, в якій відсутнє обмеження на довжину черги, будь-яка заявка повинна бути обслугована, тому $p_{обс} = 1$, а $p_{від} = 0$.

Транспортно-логістична система описується деякими параметрами, які характеризують ефективність її господарської діяльності:

n – кількість каналів в системі;

λ - інтенсивність надходження заявок;

μ - інтенсивність обслуговування заявок;

$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ - коефіцієнт завантаження системи;

m – кількість місць в черзі;

$Q = p_{обс}$ – ймовірність обслуговування надійшла в систему заявки - відносна пропускна здатність системи, при цьому

$$Q = p_{обс} \Rightarrow p_{від} = 0; \quad (5)$$

A – середня кількість заявок, що обслуговуються в транспортно-логістичній системі в одиницю часу - абсолютна пропускна здатність системи

$$A = \lambda \cdot Q = \lambda; \quad (6)$$

L_S – середня кількість заявок, що знаходяться в системі S ;

\bar{n}_3 – середня кількість каналів в системі, зайнятих обслуговуванням заявок. Величина \bar{n}_3 визначається як математичне сподівання випадкової кількості зайнятих обслуговуванням n каналів

$$\bar{n}_3 = M(n) = \sum_{k=1}^n k \cdot p_k + \sum_{i=1}^n n \cdot p_{n+1}, \quad (7)$$

де p_k – ймовірність системи в S_k – стані;

$L_{\text{обс}}$ – середня кількість заявок, що обслуговуються системою за одиницю часу;

$$K_3 = \frac{\bar{n}_3}{n} - \text{коефіцієнт зайнятості каналів};$$

$t_{\text{оч}}$ – середній час очікування заявки в черзі;

$$v = \frac{1}{t_{\text{оч}}} - \text{інтенсивність потоку догляду обслужених}$$

заявок з черги;

$L_{\text{чер}}$ – середня кількість заявок в черзі і визначається як математичне сподівання випадкової величини m – числа заявок, які перебувають у черзі:

$$L_{\text{чер}} = M(m) = \sum_{i=1}^m i \cdot p_{n+1}, \quad (8)$$

де p_{n+1} – ймовірність знаходження в черзі i заявок;

$$T_S = \bar{t}_S - \text{середній час перебування заявки в системі } S;$$

$$T_{\text{оч}} = \bar{t}_{\text{оч}} - \text{середній час перебування заявки в черзі.}$$

Таким чином, досліджується n -канальна транспортно-логістична система замкнутого типу з m

джерелами заявок. Максимальна довжина черги дорівнює $(m - n)$. Інтенсивність обслуговування джерел заявок

$$\mu = \frac{1}{t_{\text{обс}}}, \text{ де } t_{\text{обс}} - \text{середній час обслуговування заявок.}$$

Інтенсивність обслуговування вимог кожного джерела дорівнює заявок $\lambda = \frac{1}{t_{\text{роб}}}$, де $t_{\text{роб}}$ - середній час

безвідмовної роботи кожної підсистеми, яка обслуговує матеріальний потік. Якщо під обслуговуванням знаходиться k джерел заявок, то інтенсивність потоку заявок в системі S дорівнюватиме $(m-k)\lambda$.

Процес зародження (надходження) заявки та її загибелі (виконання заявки) в системі S описується в такий спосіб.

Розглядаються величини $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_g$ як інтенсивності переходів системи зі стану в стан, які можна інтерпретувати як інтенсивності народження (виникнення) заявок в системі. Аналогічно величини $\mu_0, \mu_1, \dots, \mu_g$ - інтенсивності переходів системи зі стану в стан, які інтерпретуються як інтенсивності загибелі (виконання) заявок в системі.

Ймовірності системи $p_i(t)$ в граничному стаціонарному режимі. при $t \rightarrow \infty$ є граничними (фінальними) ймовірностями станів.

У теорії випадкових процесів доведено, що якщо число станів системи граничні з них можна (за кінцеве число кроків перейти в будь-який інший стан, то існує гранична ймовірність [8].

Для визначення граничних ймовірностей необхідно вирішити систему рівнянь Колмогорова, в яких невідомими є ймовірності станів системи [9]:

Збірник наукових праць

$$\begin{cases} p_1 + p_2 + \dots + p_m = 1, \\ p_j = \lambda_1 p_1 + \dots + \lambda_m p_m, \quad j = \overline{1, m}. \end{cases}$$

Так як всі стани системи S переходять з одного стану в інший, існує граничний (фінальний) розподіл ймовірностей станів системи.

У стаціонарних умовах для кожного стану потік, який входить в даний стан, повинен дорівнювати потоку, який виходить з даного стану:

для стану S_0

$$p_0 \lambda_0 \Delta t = p_1 \mu_0 \Delta t \Rightarrow \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1; \quad (9)$$

для стану S_1

$$\begin{aligned} p_1 \cdot (\lambda_1 + \mu_0) \Delta t &= p_0 \cdot \lambda_0 \Delta t + p_2 \cdot \mu_1 \cdot \Delta t \Rightarrow \\ \Rightarrow (\lambda_1 + \mu_0) p_1 &= \lambda_0 p_0 + \mu_1 p_2 \end{aligned} \quad (10)$$

Рівняння (10) з урахуванням рівняння (9) можна привести до виду $\lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2$. Аналогічно можна отримати рівняння для інших станів системи. В результаті отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \lambda_0 p_0 = \mu_0 p_1 \\ \lambda_1 p_1 = \mu_1 p_2 \\ \dots \dots \dots \\ \lambda_g p_g = \mu_g p_{g+1} \\ p_0 + p_1 + \dots + p_g = 1 \end{cases} \quad (11)$$

Рішення системи рівнянь (11) має вид:

$$p_0 = \left\{ 1 + \frac{\lambda_0}{\mu_0} + \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} + \dots + \frac{\lambda_0 \lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_{g-1}}{\mu_0 \mu_1 \mu_2 \dots \mu_{g-1}} \right\}^{-1} \quad (12)$$

$$p_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_0} p_0; \quad p_2 = \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_0 \mu_1} p_0; \quad \dots \dots \dots; \quad p_g = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{g-1}}{\mu_0 \mu_1 \dots \mu_{g-1}} p_0 \quad (13)$$

Розглядаючи транспортно-логістичну систему як багатоканальну систему масового обслуговування з необмеженою чергою при $m \rightarrow \infty$ формули граничних ймовірностей можна отримати з формул (12) і (13) з урахуванням формули $L_{обс} = \rho Q = \rho$

$$p_0 = \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} + \frac{\rho^{n+2}}{n^2 \cdot n!} + \dots + \frac{\rho^m}{n^m \cdot n!} \right)^{-1} =$$

$$\left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m}{1 - \frac{\rho}{n}} \right)^{-1} \quad (14)$$

Оскільки при $\frac{\rho}{n} \geq 1$ ймовірність $p_0 = p_1 = \dots = p_n = 0$, тобто черга необмежено зростає, що не прийнятне для системи, розглядається випадок $\frac{\rho}{n} < 1$. Тоді для решти ймовірностей отримуємо

$$p_k = \frac{\rho^k}{k!} p_0, \quad (k = \overline{1, n}); \quad p_{n+i} = \frac{\rho^{n+i}}{i n!} p_0, \quad (i = \overline{1, 2, \dots}). \quad (15)$$

Черга виникає тоді, коли в момент надходження в систему S заявки все n каналів зайняті, тобто коли в системі буде перебувати або n , або $n + 1$,, або $(n + m - 1)$ заявок. Оскільки ці події несумісні, то ймовірність утворення черги $p_{чер}$ дорівнює сумі відповідних ймовірностей : $p_n, p_{n+1}, \dots, p_{n+m-1}$:

$$p_{\text{чер}} = \sum_{i=1}^{m-1} p_{n+1} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{n}\right)^m}{1 - \frac{\rho}{n}} p_0 \quad (16)$$

Оскільки черга не обмежена, то ймовірність відмови в обслуговуванні

$$p_{\text{від}} = 0. \quad (17)$$

Відносна пропускна здатність

$$Q = p_{\text{обс}} = 1 - p_{\text{від}} = 1. \quad (18)$$

Абсолютна пропускна здатність

$$A = \lambda Q = \lambda \quad (19)$$

Середнє число заявок, що знаходяться в черзі, визначається відповідно до формули (8) при $m \rightarrow \infty$ і має вигляд:

$$L_{\text{чер}} = \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{n}{(n - \rho)^2} p_0 \quad (20)$$

Середнє число обслуговуваних заявок визначається формулою

$$L_{\text{обс}} = \rho. \quad (21)$$

Середній час перебування заявок в системі і в черзі визначається формулами:

$$\bar{t}_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{L_{\text{чер}}}{\lambda} + \frac{Q}{\mu}. \quad (22)$$

$$\bar{t}_{\text{чер}} = \frac{L_{\text{чер}}}{\lambda}. \quad (23)$$

Формули (22) і (23) є формулами Літгла і застосовуються тільки для стаціонарних потоків заявок і обслуговування.

Таким чином, представлені формули (1) - (23) представляють алгоритм визначення граничних розподілів

ймовірностей станів, що дозволяє визначати економічну стійкість транспортно-логістичної системи.

Висновок

Запропонована в статті математична модель визначення імовірнісних характеристик транспортно-логістичної системи дозволяє отримати такі важливі показники, як відносна та абсолютна пропускні спроможності системи, середнє число заявок, що знаходяться в черзі і в системі обслуговування, середній час перебування заявок на обслуговуванні в системі і в черзі.

Окремі підсистеми транспортно-логістичної системи представлені у вигляді послідовності фаз, а перевізний процес в цілому розглядається як система багатофазного масового обслуговування дискретного типу з кінцевою безліччю станів. Закономірність виходу заявок для обслуговування окремими підсистемами підкоряється закону Пуассона, при цьому тимчасові характеристики для системи в цілому можуть бути знайдені як сума затримок в кожній підсистемі.

Мінімізація часу затримок забезпечує сталий розвиток системи за рахунок вирішення таких завдань логістики, як раціоналізація просування в транспортно-логістичній системі матеріальних потоків, максимальне завантаження виробничих потужностей системи заявками споживачів.

Список использованной литературы

1. Клейнер Г.Б. Системный ресурс стратегической устойчивости экономики. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. - № 4(223). – 2015. – С. 10-24.
2. Лыба В.А., Ревенко Д.С. Экономическая устойчивость предприятия: основные понятия и составляющие системы. // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики. - № 1(21). – 2013. – С. 56-64..

3. Бабич Д.В., Шишова І.В. Сутність та особливості стійкого функціонування підприємства. // Сучасна економіка: зб. наук. пр. – Вип.. 42. – 2010. – С. 160-167.
4. Кондратьев Н. Д. Проблемы экономической динамики. – М.: Экономика, 1989. – 526 с.
5. Устойчивое развитие: концепция, принципы, цели Режим доступа:
<http://csrjournal.com/ustojchivoe-razvitie-koncepciya-principy-celi>
6. Орлов А.И., Пугач О.В. ПОДХОДЫ К ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РИСКА. // Управление большими системами: сборник трудов – Вип. 40. – 2012. – С. 49-82.
7. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Теория массового обслуживания в экономической сфере: учебное пособие. — М.: ЮНИТИ, 1998. —
8. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. — М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
9. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. Серия: «Теория вероятностей и математическая статистика». М.: Наука, 1974 – 120 с.

УДК 519.21:681.142

І.А.Глущенко

ЗАСТОСУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ФІНАНСУВАННЯ ДЛЯ ПРОГРАМ РОЗВИТКУ РЕГІОНАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Запропоновано використання різних механізмів фінансування програм регіонального розвитку, при побудові математичної моделі задачі розвитку регіональної енергетики.

Ключові слова: механізми фінансування, регіональний розвиток, фінансові ресурси, розподіл коштів, оцінка ефективності.

Предложено использование разных механизмов финансирования программ регионального развития, при