

В. О. Вдовиченко

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ  
СИСТЕМНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ  
МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО  
ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ  
В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**





Міністерство освіти і науки України  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

**В.О. Вдовиченко**

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ  
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО  
ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО  
ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ СТАЛОГО  
РОЗВИТКУ**

*Монографія*

Харків  
ХНАДУ  
2017

Рецензенти: *П.Ф. Горбачов*, д.т.н., професор,  
завідуючий кафедрою транспортних систем і логістики  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет);  
*І.О. Таран*, д.т.н., професор,  
завідуючий кафедрою управління на транспорті  
(Національний гірничий університет);  
*М.М. Мороз*, д.т.н., професор,  
завідуючий кафедрою транспортних технологій  
(Кременчуцький національний технічний університет)

В 28

**Вдовиченко В.О.**

Методологічні основи формування системної ефективності міського громадського пасажирського транспорту в умовах сталого розвитку. – Харків: ХНАДУ, 2017. – 212 с.

**ISBN 978-966-303-678-3**

Розроблена концепція формування ефективності міського громадського пасажирського транспорту з позицій сталого розвитку міського середовища. Основу монографії складають теоретичні розробки з використанням теорії систем і управління, спрямовані на вибір інноваційних рішень щодо організації технологічних процесів міського громадського пасажирського транспорту з метою формування високого рівня мобільності населення при забезпеченні її сервісно-ресурсної ефективності, екологічності та безпечності. Обґрунтоване системне представлення міського громадського пасажирського транспорту, проведений аналіз сучасних умов і тенденції його функціональних процесів у міському просторі, проаналізовано існуючі методи оцінки його ефективності, виділені умови формування розвитку його структурних елементів, розроблені функціональні моделі визначення його системної ефективності, сформована ризик-система оцінки дестабілізації його стану та запропоновані механізми забезпечення його сталого розвитку в умовах міського середовища. Для інженерно-технічних робітників, аспірантів і студентів, які спеціалізуються в області стратегічного і оперативного планування міських пасажирських транспортних систем.

**ISBN 978-966-303-678-3**УДК 656.025.2  
© Вдовиченко В.О., 2017

## ВСТУП

Основне призначення транспорту, висунуте людством на етапі формування економічних відносин полягає в забезпеченні своєчасного переміщення матеріальних і пасажирських потоків. Висока концентрація міського населення, обмеження ресурсних можливостей транспортних підприємств, висока енергоємність транспортного процесу поряд зі стрімкими темпами зростання рівня автомобілізації привели до виникнення ряду проблем у забезпеченні основних функцій міського транспорту. Серед цих проблем одне з ключових місць займають питання забезпечення ефективної організації міських пасажирських перевезень. Проблеми організації міських пасажирських перевезень давно представляють інтерес для наукового товариства, як транспортного профілю, так і для напрямків досліджень в області техніки, соціології, економіки, менеджменту та інших наукових напрямів. До сьогоднішнього дня залишаються актуальними завдання дослідження природи формування транспортних потоків, формування раціональних маршрутних систем, вдосконалення технології роботи транспортних засобів на маршрутах, розробки ефективних систем управління, консолідації транспортних підприємств, визначення зон економічної ефективності роботи транспортних підприємств. Наявність широкого спектру актуальних напрямків досліджень міських пасажирських транспортних систем обумовлено складністю і значною невизначеністю умов роботи міського пасажирського транспорту.

Міський громадський пасажирський транспорт (МГПТ) є найважливішою складовою частиною територіальної структури господарства і значно впливає на соціально-економічній та матеріально-просторовий розвиток міст. Проблема підвищення ефективності роботи МГПТ має важливе господарське значення і стосується не лише технічних та економічних аспектів, але й не меншою мірою впливає на соціальні умови розвитку міського середовища (МС). МГПТ займає значну роль у формуванні соціально-економічного простору міста та в значній мірі оказує вплив на всі сфери його життєдіяльності. Умовами ефективного функціонування сучасного

МГПТ є забезпечення високого рівня сервісної якості транспортних послуг при забезпеченні раціонального використання ресурсів та обмеженні його негативного впливу на МС. Така форма представлення вимог до МГПТ повністю відповідає умовам і принципам сталого розвитку, які в оновленій стратегії розвитку ЄС, зазначені в якості гаранту задоволення транспортними системами економічних, соціальних та екологічних потреб суспільства. Проблема забезпечення сталого МГПТ набуває широкого інтересу і вимагає виділення форм його представлення, розробки сучасних методів та принципів формування, створення методів оцінки ефективності та механізмів підвищення.

# **1. СУЧАСНИЙ СТАН МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ**

## ***1.1 Сучасні проблеми міських пасажирських транспортних систем та напрями їх вирішення***

У 20 столітті урбанізація стала головним чинником економічного розвитку і зміни територіальної організації суспільства. Протягом останніх десятиріч різко зросла чисельність городян, збільшилася кількість міст, особливо великих. Якщо на початку двадцятого століття всього лише 14 % населення Землі проживало в містах і налічувалося 16 міст-мільйонерів, то протягом наступних п'ятдесяти років частка урбанізованого населення зросла більш ніж у 2 рази, а число міст-мільйонерів – майже у 5 разів. За даними фонду Організації Об'єднаних Націй в області народонаселення в 2014 році більше половини жителів Землі є городянами, а число міст-мільйонерів перевищило 450 [1]. В Україні частка населення, яке живе у містах, щороку збільшується, що підтверджується даними Державної служби статистики України. Станом на 1 січня 2013 року частка міського населення склала 68,9 %, у 2014 – 69,0 %, а у 2015 – 69,1 %, що на 1,6 % більше ніж у 2004 році [2].

Сучасне місто має велике значення та відіграє важливу роль у всіх сферах життя суспільства виконуючи функції центру розвитку потенціалу та добробуту населення. Концентрація населення, економічного і політичного життя у великих містах, яке спостерігалось впродовж двадцятого століття призвела до формування уявлення про світову економіку, сконцентровану виключно в містах, кожен з яких оточений «серцеподібним» регіоном з максимальними змінами природних ландшафтів, перехідною зоною і великою мало порушеною досягненнями сучасної цивілізації периферією. Міста – це динамічні об'єкти, життєздатність та належне функціонування яких вимагає відповідного рівня розвитку їх інфраструктури: забезпечення водотопа електропостачання, комунікацій і задоволення зростаючих потреб суб'єктів господарювання та населення у просторових переміщеннях. Міста і агломерації, з'єднані транспортними магістралями, стають опорним каркасом розселення населення. Формування великих

агломерацій і об'єднання населення в міських системах, бурхливий розвиток транспортної індустрії, дефіцит енергетичних ресурсів призвели до того, що сьогодні дуже гостро стоїть проблема організації переміщення всіх видів і форм потоків усередині територіальних структур міст. Сьогодні сучасний міський транспорт став основним системоутворюючим суб'єктом від рівня ефективності якого залежить забезпечення розвитку всіх функціональних середовищ міст.

Швидка урбанізація та орієнтація пріоритетів на формуванні високого рівня якості життя населення сучасних міст призводить до збільшення потреб у його мобільності, яка проявляється через зростання рухомості населення, кількості поїздок, змін напрямів основних маршрутів сполучення та зміщенні центрів його тяжіння, що потребує відповідних містобудівних і організаційних змін. Реалії сьогодення вказують на те, що інфраструктура та обслуговуючі суб'єкти міських транспортних систем розвиваються повільніше ніж змінюються транспортні потреби населення, виникає так зване «просторове застарювання» міського транспорту. Особливо гострою ця проблема стає для видів МГПТ де неможливо оперативно перебудувати їх інфраструктуру та обслуговуючу підсистему у відповідності до нових вимог, найбільший рівень такої фіксованості спостерігається у таких підсистемах громадського транспорту, як метрополітен, залізниця та трамвай. Найпоширенішою відповіддю на зростання мобільності населення було будівництво нових та розширення існуючої міської транспортної інфраструктури [3]. У результаті таких дій почали формуватися просторові структури міст, які за своїм характером мали чітку орієнтацію на потреби транспорту. Структура міста в значній мірі формує можливості його транспорту і виділяє перспективи його розвитку. За характером просторових структур відносно їх орієнтації у роботі [4] автором виділені чотири основних типи:

Тип I – повністю автомобільна мережа. Являє собою міста які повністю залежать від автомобіля. Характеризується низької або середньою щільністю населення території міста. Ці міста, повністю орієнтовані на реалізацію переміщень за допомогою індивідуального автомобіля. Об'єкти формування та тяжіння транспортних потреб розташовані по всій території міста. Територіальна структура таких міст не має чітко вираженої центральної частини, переміщення відбуваються через всі райони міста. МГПТ у таких містах має

залишкову функцію, його частка у реалізації мобільності населення не перевищує 10%. Структура МГПТ представлена лише автобусними маршрутами, траси яких проходять по значній кількості вулиць, інтервали руху складають більше 30 хв, період роботи маршрутів протягом доби значно обмежені за часом. В той час значну частку території міста займають структури, що забезпечують обслуговування індивідуальних автомобілів, особливо магістралі та великі паркінги. Такий тип міської структури потребує високої розгалуженості мережі автомобільних доріг з високою пропускнуою здатністю, так як ефективність міських перевезень повністю залежить від індивідуального транспорту. Другорядні дороги сходяться до магістралей і забезпечують транспортний зв'язок з маленькими центрами тяжіння. Така просторова структура характерна містам США розвиток яких розпочався у другій половині ХХ століття, таким як Лос-Анджелес, Фенікс, Денвер і Даллас та ін.

Тип II – слабкий центр. Такі міста характеризуються середньою щільністю землекористування та низько концентричною структурою. Об'єкти транспортного тяжіння розподілені по периферійним районам, концентрація їх у центральній діловій частині не має чіткого вираження, що робить цей район досить доступним для автомобілів. У результаті такого розподілення об'єктів тяжіння спостерігається низький рівень використання МГПТ, який за таких умов стає економічно нерентабельним і у більшості випадків вимагає субсидіарної відповідальності і підтримки місцевих органів влади. Наявність відповідних передумов низького попиту на послуги МГПТ обумовлює неможливість обслуговування всієї території міста за допомогою МГПТ, таким чином послуги пасажирського транспорту часто направлені вздовж основних транспортних коридорів міста. Ця система часто пов'язана зі старими містами, які з'явилися в першій половині ХХ століття та формування їх простору відбувалося під значним впливом автомобілізації, таких як Мельбурн, Сан-Франциско і Монреаль та ін.

Тип III – сильний центр. Характеризує міста, що мають високу щільність землекористування та високий рівень доступності міського транспорту. У таких містах невисокі потреби в автомобільних дорогах і місцях паркування у центральному районі, де МГПТ з високою пропускнуою здатністю задовольняє більшість потреб у мобільності. Продуктивність цієї міської території, таким чином, в основному



пов'язана з ефективністю системи громадського транспорту. Зближення радіальних і кільцевих доріг сприяє розташуванню вторинних центрів. Ця система характеризує міста з важливими комерційними і фінансовими функціями, які з'явилися в дев'ятнадцятому столітті, наприклад, Париж, Нью-Йорк і Токіо та ін.

Тип IV – обмеження трафіку. Ці міста мають високу щільність землекористування, високу концентрацію місць тяжіння у центрі який не може бути реконструйований з різних причин у тому числі в зв'язку з необхідністю збереження його історичного характеру. Рух транспорту у центральній частині дуже ускладнений внаслідок обмеження пропускної здатності вулиць. Розповсюдженим заходом щодо вирішення транспортних проблем таких міст є обмеження використання автомобіля в центральних зонах і пріоритетна організація обслуговування потреб у пересуваннях за допомогою МГПТ. Громадський транспорт використовується в центральних районах, в той час як приватні автомобілі мають більше значення для поїздок у периферії. Між периферійними районами та центральною частиною міста знаходяться транспортно-пересадочні вузли (ТПВ) в яких відбувається сполучення індивідуального і громадського транспорту або громадського транспорту з низькою та високої місткістю (метро, залізниця). Реалізація такої стратегії дозволяє стримати рух автомобілів у центральних районах, надаючи перевагу реалізації мобільності за допомогою МГПТ. Громадський транспорт у таких містах стає основним видом забезпечення мобільності населення, має високий рівень розгалуженості і реалізується за допомогою всіх його видів серед яких провідну роль займають магістральні сполучення які проходять через центральну частину міста. Ця система є типовою для міст з довгою історією планування серед яких в якості еталонного зразка виступають такі міста як Лондон, Сінгапур, Гонконг, Відень, Стокгольм та ін.

Незважаючи на тип просторової структури міст головною транспортною проблемою міських середовищ у глобальному масштабі є зіткнення міста та автомобілів [4]. Основним проявом цього конфлікту викликаного надмірною автомобілізацією є транспортні колапси. Серед першочергових причин цього явища є транспортні затори які виникають в наслідок перевищення транспортного попиту над можливостями транспортної інфраструктури. Боротьба з заторами та їх негативними наслідками стала однією з найважливіших

задач забезпечення життєдіяльності міського середовища. Для вирішення цієї задачі були запропоновані дві протилежні транспортні стратегії. Ідея першої стратегії, яка передбачає концентрацію дій на забезпеченні вільного та безперешкодного руху індивідуальних автомобілів, яка набула найбільшого розповсюдження в містах США, полягає у збільшенні пропускної здатності вулично-дорожньої мережі (ВДМ) шляхом створення відповідної транспортної інфраструктури та будівництва величезних паркінгів. Друга стратегія яку з точки зору транспортного пріоритету можна назвати протилежною, базується на розвитку МГПТ та збільшенні частки немоторизованих переміщень. Причина виникнення таких різних уявлень про забезпечення мобільності міського населення полягає у ресурсних можливостях міст та їх транспортно-територіальному потенціалі. Європейські та азіатські міста у порівнянні з містами США мають набагато скромніші можливості для освоєння зростаючого трафіку шляхом розширення проїжджих частин та будівництва паркінгів. Історично склалося, що це міста з компактною забудовою, в яких рух між ключовими центрами діяльності можливо здійснити на велосипеді або пішки. З часом стало очевидним, що екстенсивні методи боротьби з заторами через збільшення транспортної пропозиції шляхом розширення доріг, не дали очікуваного ефекту зі скорочення різниці між пропускною здатністю ВДМ та попитом на перевезення. Навпаки таке планування стало каталізатором росту кількості автомобілів, утворюючи «порочне коло»: підвищення пропускної здатності магістралей провокує ще більшу залежність від автомобілів, що призводить не лише до зростання інтенсивності їх руху, а й до перевищення негативних наслідків їх експлуатації відносно критичної межі можливостей поглинання їх міським середовищем. Такий досвід вирішення проблем зростання транспортної автомобілізації довів необхідність пошуку альтернативних підходів, щодо забезпечення задоволення зростаючої мобільності міського населення. Основа пошуку дієвих способів вирішення транспортних проблем яскраво відображена у словах видатного вченого-транспортника В. Вучика: «Завдання транспортної системи – переміщення людей, а не транспортних засобів». Ця фраза стала постулатом формування стратегій розвитку сучасних міських транспортних систем та дозволила визначити його ефективний напрям, який знаходиться в площині соціальної значущості міського транспорту. Основна концепція

такого підходу полягає у створенні якісної транспортної послуги спрямованої на задоволення транспортних потреб людини, а не її автомобіля. Така форма передбачає орієнтацію заходів транспортного планування на забезпечення високого рівня якості послуги яку потрібно розглядати як складовий елемент якості життя міського населення. Перехід від вирішення проблем автомобіля до вирішення проблем людини потребує створення новітніх підходів до представлення міського транспорту в структурі міського середовища, розробки відповідних механізмів забезпечення його функцій та впровадження інноваційних систем управління.

Основний стратегічний напрям такого підходу полягає у мінімізації залежності послуги від транспортного засобу. Такий спосіб передбачає процедуру скорочення використання транспортних засобів при реалізації пересувань. В якості оціночного параметра інтенсивності використання автомобіля виступає середній рівень питомого транспортного навантаження на ВДМ, який визначається співвідношенням потрібної транспортної роботи на реалізацію одного переміщення. В залежності від способу реалізації пересувань цей показник для однакових територіальних структур може приймати значення які відрізняються в 40–50 разів. Прикладом є значення питомого транспортного навантаження на ВДМ для міст України які наведені в табл. 1.1.

*Таблиця 1.1*

Рівень транспортного навантаження на ВДМ

Місто	Реалізація пересувань на індивідуальному транспорті	Реалізація пересувань на МГПТ
Київ	33,7 авт.км./пас.	0,71 авт.км./пас.
Харків	17,3 авт.км./пас.	0,46 авт.км./пас.
Дніпро	21,8 авт.км./пас.	0,52 авт.км./пас.
Львів	16,4 авт.км./пас.	0,44 авт.км./пас.
Одеса	24,3 авт.км./пас.	0,64 авт.км./пас.

Особливої уваги в останні часи набуває задача пошуку методів підвищення ресурсної ефективності транспорту [5–13]. Проблема раціонального використання ресурсів у всіх сферах діяльності є глибокою, важкою та має світовий масштаб. Транспортна система міста є потужним споживачем ресурсів. У загальному понятті

ресурси – це запаси чого-небудь, що можна використовувати у разі потреби. Найбільшим викликом для вчених-транспортників стала задача забезпечення належного функціонування міської пасажирської транспортної системи (МПТС) в умовах дефіциту ресурсів.

Необхідність вирішення проблем пов'язаних з погодженістю розподілу ресурсів МПТС між учасниками дорожнього руху привело до появи наукового напрямку присвяченого дослідженню перерозподілу пасажиропотоків між МГПТ та індивідуальним транспортом. Ключовим аспектом у цих роботах є виявлення закономірностей вибору варіанта переміщення пасажирів, визначення перерозподілу потоків пасажирів між транспортом загального користування та індивідуальним, пошук форм їх раціонального поєднання. Дослідження структури реалізації пересувань населення в містах показало, що у економічно розвинених країнах світу питома вага пересувань реалізованих за допомогою індивідуальних моторизованих транспортних засобів становить від 65% до 92%. Використання індивідуального транспорту в порівнянні із транспортом загального користування призводить до збільшення перш за все екологічних проблем з якими сьогодні активно зіштовхуються жителі великих міст. Одним з варіантів вирішення цих проблем є забезпечення перерозподілу потоків пасажирів між індивідуальним і громадським транспортом. Використання МГПТ дає значні переваги перед індивідуальним транспортом з погляду забезпечення ефективності функціонування як МПТС так і міського середовища в цілому. Серед таких переваг слід зазначити можливість гармонійного поєднання якості пересування пасажирів з раціональним використанням ресурсів. Реальність таких можливостей може бути підтверджена системним розглядом сукупності: пасажир – місто – транспорт.

Інтенсифікація використання МГПТ вирішує не лише проблему транспортних заторів, а в значній мірі дозволяє забезпечити екологічну, транспортну та ресурсну безпеку міського середовища. Однак проблема формування пріоритету МГПТ у виборі його основним способом пересувань ґрунтується на ряді актуальних вимог населення до нього, серед яких основними є:

- високий рівень доступності;
- індивідуальний підхід до задоволення потреб населення, який полягає у врахуванні особистих вимог щодо пересувань;

- забезпечення відповідного рівня сервісної якості транспортного обслуговування, який відповідає соціально-маркетинговим потребам різних груп пасажирів;
- гарантування надійності та безпечності транспортного обслуговування;
- цінова мотивація;
- адаптивність до особистих вимог пасажирів.

Представлені вимоги висунуті для МГПТ відображають його споживчі властивості і формуються на основі результативних параметрів. Результати які досягаються в ході функціональних процесів у значній мірі залежать від умов реалізації та стану їх організованості. Низька ефективність внутрішніх процесів призводить до їх неадекватності вимогам зовнішніх результатів які висуваються споживачами транспортних послуг в якості критеріїв вибору способу реалізації переміщень.

Збитковість та неефективність – таку характеристику можна надати роботі сучасних вітчизняних систем міського громадського пасажирського транспорту. Однією з проблем МГПТ є те, що досить часто рівень якості транспортного обслуговування населення не відповідає очікуванням пасажирів, особливо це стосується таких критеріїв, як час поїздки та регулярність руху, а переповненість транспортних засобів, що виникає у години «пік», створює додатковий дискомфорт для користувачів. Відсутність інформації на зупиночних пунктах щодо трас маршрутів, інтервалів руху, розкладу руху і т.д. значно погіршує привабливість МГПТ.

Існують певні економічні передумови виникнення поточної ситуації у сфері надання транспортних послуг. Соціальне значення МГПТ, вимога бути доступним для усіх верств населення не дозволяє перевізникам встановлювати ринкові тарифи, тому вартість проїзду часто нижче собівартості перевезень, також значна частка населення є пільговиками, що при низькому рівні загального пасажиропотоку призводить до економічної нерентабельності перевезень. Збитковість пасажирських перевезень частково компенсується коштами бюджету, але низький рівень їх наповнення та постійний дефіцит не дозволяють розглядати ці джерела в якості дієвих інструментів покращення економічної ефективності перевезень.

Надзвичайно актуальною проблемою в умовах низької економічної ефективності перевезень є забезпечення відповідного техніч-



ного стану рухомого складу пасажирських транспортних підприємств. Через низькі темпи оновлення рухомого складу темпи його зношення значно опереджають рівень оновлення. Застарілий, зношений рухомий склад стає джерелом зниження комфортабельності перевезень, їх надійності, безпеки перевезень та призводить до зростання рівня екологічного забруднення довкілля.

Джерелом зниження ефективності МГПТ є неузгодженість руху транспортних засобів на спільних ділянках маршрутів, невідповідність пропускнуої здатності зупиночних пунктів інтенсивності обслуговування транспортних засобів та відсутність координації взаємодії маршрутного транспорту з індивідуальним в межах ВДМ міста. Такі умови призводять до зростання непродуктивних простоїв транспортних засобів, зниження їх енергоефективності, зростання собівартості перевезень, зниження транспортної та екологічної безпеки.

Серед проблем можливо виділити низький рівень інтеграції у системах громадського транспорту. Різні види МГПТ працюють незалежно один від одного, відсутня або нерозвинена технічна, технологічна, організаційна та правова форми взаємодії. Основним завданням МГПТ є задоволення потреб населення у здійсненні трудових, культурних, ділових поїздок тощо, тобто результатом роботи МГПТ є забезпечення доступу до місць праці, об'єктів соціального, культурного, медичного та іншого призначення. Крім створення умов для просторового переміщення населення, важливим є якість наданих послуг, оскільки від організації перевізного процесу залежить психофізіологічний стан користувачів МГПТ. До основних якісних показників належать витрати часу на поїздку та наповнення рухомого складу, що найбільше впливають на транспортну стомлюваність населення і, як наслідок, його подальшу працездатність та продуктивність.

Формування пасажирських транспортних систем потребує побудови відповідної інфраструктури: шляхів сполучення, зупиночних пунктів, транспортних вузлів, споруд для технічного та енергетичного забезпечення роботи МГПТ та ін. Для створення цих об'єктів витрачається міський простір, який належить міській спільноті, який повинен раціонально розподілятися між його призначенням. Відчуження землі під будівництво об'єктів транспортної інфраструктури має негативні наслідки для екологічного середовища міста. Це проявляється у вигляді вимушеного знищення екосистем, вирубки

парків, зон відпочинку, ділових об'єктів, поглинання господарських земель тощо. Вилучення землі відбувається не лише шляхом прямого залучення її під будівництво транспортної інфраструктури, а у значній мірі відбувається за рахунок створення непридатних екологічних умов для життєдіяльності на ній. Серед основних впливів МГПТ на довкілля можливо виділити забруднення повітря, води, землі та шумове забруднення, а також доведеним та статистично підтвердженим фактом є те, що транспорт, до якого входить і підсистема громадського транспорту, є одним з крупніших споживачів не відновлюваних енергетичних ресурсів. На сьогодні транспорт має виключно негативну дію на екологічне середовище яка значно посилюється через застарілий рухомий склад, не екологічно чисте паливо, неекологічний режим руху та застарілі технології перевезень.

Вагомий внесок має МГПТ у розвиток економічного середовища: створює власний сегмент на ринку праці та розширює діапазон можливих місць праці, забезпечуючи доступ до них. Економічне зростання може стримуватись через незабезпечення рівня мобільності трудових ресурсів, що вимагається. Позитивно впливають на економічне середовище обов'язкові платежі у вигляді податків та інших відрахувань, що сплачують зв'язані зі сферою пасажирських перевезень підприємства. Витрати пасажирів, необхідні для оплати транспортних послуг, пропонується віднести до негативного впливу на економічне середовище, оскільки транспортні витрати є прямим вилученням коштів з бюджетів населення та впливають фінансові можливості забезпечення їх добробуту.

Негативний соціальний наслідок МГПТ проявляється через його дорожню аварійність. Як для будь-якого учасника дорожнього руху, проблема заторів також актуальна і для МГПТ. Наслідком заторових ситуацій стає зростання транспортних витрат через непродуктивні простої транспортних засобів та збільшення витрат енергетичних ресурсів. МГПТ є учасником загального руху, який використовує єдиний транспортний простір і в значній мірі впливає на рівень аварійності на транспорті. Недотримання правил дорожнього руху водіями громадського транспорту, наприклад, здійснення посадки/висадки пасажирів не у встановлених місцях, а на проїжджій частині, великі габаритні розміри, низька швидкість руху та відсутність узгодження розкладів руху транспортних засобів різних маршрутів по спільних ділянках траси зумовлюють виникнення заторів. Мож-

ливі ДТП за участі МГПТ є причиною появи грошових витрат для відшкодування збитків та проведення необхідних заходів з ремонту, при виникненні ДТП за участі пасажирів витрати зв'язані також із відновленням працездатності.

Розвиток, поява та запровадження нових технологій перевезень пасажирів вимагають синхронної зміни в нормативно-правовій базі. На сьогодні особливо актуальним є задача створення умов для формування інтермодальних перевезень, створення договору на перевезення, визначення прав та обов'язків сторін та відповідальності за надання неякісних послуг, крім того окремим питанням є розподіл доходів між підприємствами при запровадженні «єдиного квитка». З огляду на обрану стратегію розвитку держави та розроблену транспортну політику необхідно внести корективи у вимоги до рухомого складу, палива з метою створення більш «екологічно дружніх» перевезень.

Наземні види МГПТ поряд з індивідуальним транспортом в процесі реалізації своїх функцій використовують єдиний транспортний простір, що обумовлює їх взаємний вплив і дає можливість об'єднати їх проблеми у єдину систематизовану композиційну структуру, яка за своїми напрямками може бути розподілена на соціальні, екологічні, економічні, інституціональні та техніко-технологічні напрями (рис. 1.1).

На основі аналізу фундаментальних проблем розвитку міського транспортного комплексу та ролі МГПТ у їх вирішенні можна сформулювати коло сучасних стратегічних задач, вирішення яких дозволяє забезпечити реалізацію концепції «транспортна система для переміщення людей», яка передбачає орієнтацію його цільової мети на забезпеченні якості життя міського населення, складовою частиною якої є доступна мобільність населення реалізована за умов мінімізації її негативних наслідків. До таких задач відносяться:

- інтеграція міського пасажирського транспорту у структуру простору міського середовища як системоутворюючого структурного елемента;

- пошук найбільш раціональних варіантів структурної організації транспортної системи міста як єдиного цілого;

- формування способів ефективної взаємодії споживачів транспортних послуг з елементами обслуговуючої підсистеми міського пасажирського транспорту;

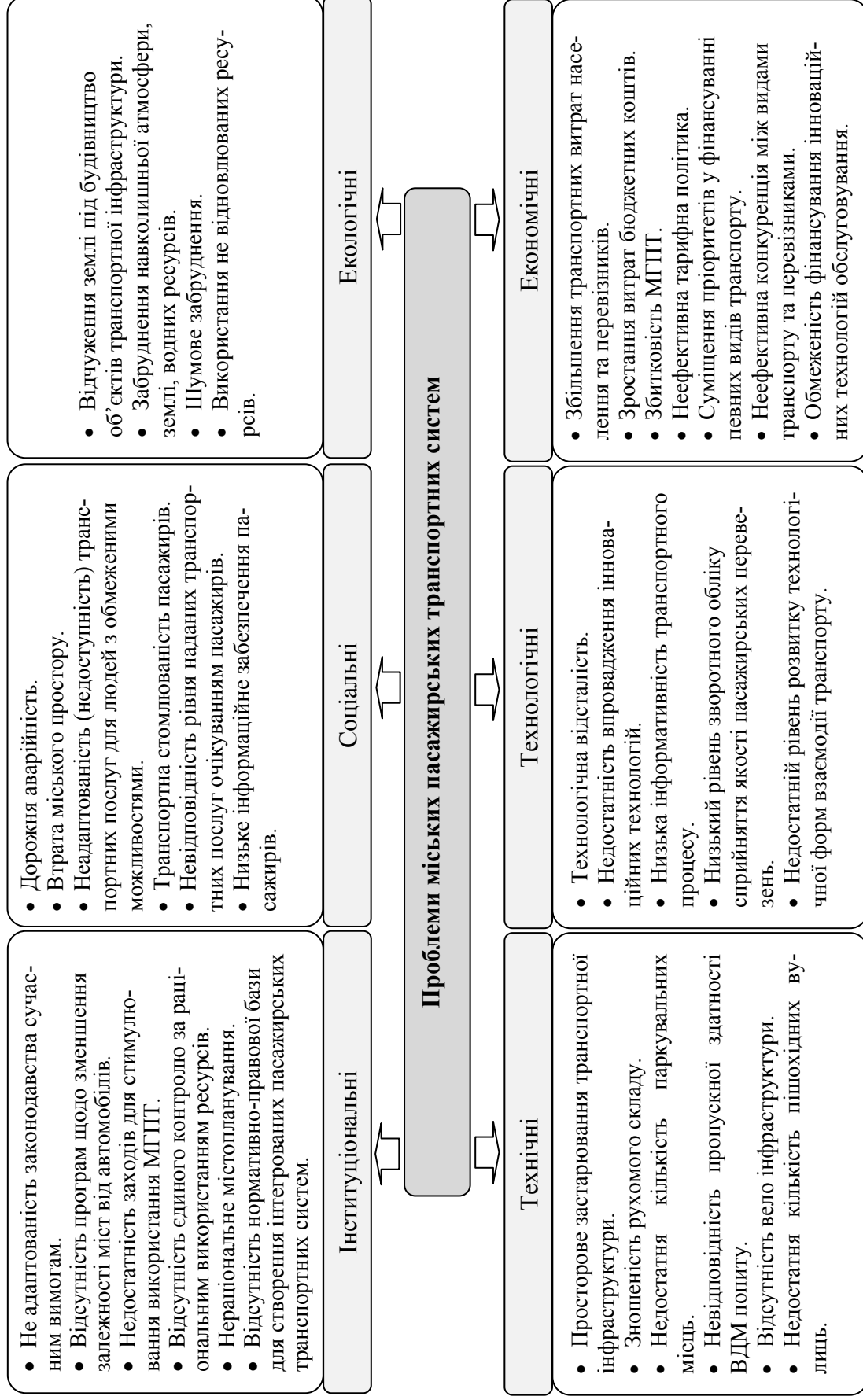


Рис. 1.1. Проблеми сучасних міських пасажирських транспортних систем (джерело – [4])

- впровадження механізмів забезпечення раціонального балансу складу міського пасажирського транспорту;
- створення раціональних форм ринкових відносин між суб'єктами міського пасажирського транспорту;
- раціональний розподіл та використання ресурсів транспорту та міського середовища.

Системні особливості функціонування МПТС свідчать про те, що існує чіткий взаємозв'язок між її ресурсами і використанням їх учасниками системи, який визначає ефективність її функціонування. Ефективність управління МПТС в значній мірі визначається ефективністю управління її ресурсами. Тільки чітке уявлення про сутність і склад всіх ресурсів дає можливість домогтися максимального ефекту управління транспортною системою. На основі аналізу робіт стосовно виділення ресурсів транспортних систем [14-18], можна зробити висновок про те, що поняття ресурси транспортної системи представляється у спрощеному вигляді. Використання спрощеного підходу щодо визначення ресурсів МПТС було виправдано за часів, коли в якості її основна мети визначалася лише її внутрішнім середовищем і полягала лише у необхідності забезпечення ефективності її поточного функціонування без обліку впливів на інші елементи міського середовища. Розгляд ресурсів як окремих складових транспортного підприємства не дозволяє розглядати питання ресурсозбереження як системну задачу здатну забезпечити реальне підвищення ефективності МПТС. На сучасному етапі при оцінці ресурсоефективності МПТС не можливо обмежитися окремими наборами показників внутрішніх ресурсів транспортних підприємств та транспортної інфраструктури. Сучасні умови забезпечення ресурсної ефективності МПТС вимагають від вчених-транспортників виділення більшого кола складових її ресурсних потреб. Незважаючи на наявність наукових праць, які торкаються зазначеної задачі [16–19], це питання ще недостатньо вивчено, не сформовані загальноприйняті компоненти ресурсів МПТС та майже не дослідженні характеристики їх взаємозв'язків. Такий стан обумовлює необхідність пошуку та розробки нових підходів щодо забезпечення ресурсної ефективності МПТС. В умовах обмеження існуючих ресурсних можливостей впровадження принципів сталого розвитку є результативним інструментом, що дозволяє забезпечити підвищення ефективності МПТС [20–24]. Основною умовою впровадження принципів сталого розвитку в роботі



МПТС є гармонійне поєднання результатів її роботи та обсягу використаних ресурсів.

Окрім ресурсної направленості стратегія сталого розвитку має своєю метою забезпечення скорочення екологічного та негативного соціального впливу міського транспорту на умови життєдіяльності міського населення. Особливо гостро вирішення цих задач стає в умовах мегаполісів, де екологічне забруднення стає дійсною загрозою для життя населення. Основним джерелом екологічного забруднення в таких містах виступає індивідуальний пасажирський транспорт. В наслідок цього сьогодні муніципальні органи ставлять високий пріоритет на розробці заходів зі скорочення кількості викидів шкідливих речовин та зменшення аварійності на дорогах, крім того, одним з головних завдань муніципалітетів стало створення умов для зміни співвідношення кількості поїздок, реалізованих на приватному автомобілі та на МГПТ, велосипеді, у бік збільшення частки останніх. Створення ефективних пасажирських транспортних систем з орієнтацією їх на МГПТ дозволяє вирішити актуальні екологічні та ресурсні проблеми міст та забезпечити підвищення якості життя їх мешканців.

Дієвим способом вирішення проблем МГПТ може стати ретельне вивчення досвіду закордонного транспортного планування та підтримка розвитку нової транспортної стратегії. Серед зразків організації МПТС можна виділити місто Гельсінкі – еталонне місто у Європейському Союзі, де за підсумками 2014 року майже 80% його мешканців виказали задоволення функціонуванням МГПТ і погодилися віддати йому свій пріоритет у виборі способу реалізації своїх транспортних потреб. Женева та Стокгольм також у трійці лідерів, вони мають високий рівень безпеки, технічного стану парку транспортних засобів, розвитку маршрутної мережі та дотримання розкладу руху МГПТ [25].

При вирішенні транспортних проблем, необхідно враховувати нові напрями розвитку Європейських транспортних систем. Основні стратегічні положення на шляху до сталої мобільності та рекомендації щодо рішень у транспортному секторі відображаються у так званих «Білих книгах». За останні 20 років було видано три такі книги: «*The Future Development of the Common Transport Policy – A Global Approach to the Construction of a Community Framework for Sustainable Mobility*» (1992), «*European transport policy for 2010: time to decide*» (2001) та «*Roadmap to a single European transport area –*

*towards a competitive and resource-efficient transport system»* (2011). Біла книга Європейської Комісії «План розвитку Єдиного Європейського Транспортного Простору – на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи» формує вектор розвитку європейського міського транспорту до 2050 року. Ця Біла книга містить 10 основних завдань, які спираються на 40 конкретних ініціатив, що згруповані за такими розділами [26]:

- ефективна та інтегрована система мобільності;
- інновації для майбутнього – технологія та організація роботи;
- сучасна інфраструктура та інтелектуальне управління;
- раціональне фінансування.

Однією з ініціатив цієї книги є «Безшовна мобільність «від дверей до дверей» яка відображає вимоги щодо якості транспортного сервісу який надається населенню і містить такі положення [26]:

– визначити заходи, необхідні для подальшої інтеграції різних видів пасажирського транспорту для забезпечення безшовного мультимодального переміщення від дверей до дверей;

– створити нормативні умови для сприяння розробці та використанню інтелектуальних систем складання інтеперабельних та мультимодальних графіків, інформаційних систем, систем он-лайн бронювання та інтелектуального управління транспортними послугами;

– реалізація законодавчого процесу, який забезпечує доступ приватних постачальників послуг до інформації про пересування пасажирів та рух МГПТ у режимі реального часу.

Також Європейська Комісія представила Зелену книгу «До нової культури міської мобільності» (*«Towards a new culture for urban mobility»*), в якій відображено стратегію прийняття інноваційних транспортних рішень щодо гарантування мобільності, захисту навколишнього середовища та підвищення якості життя. Переосмислення міської мобільності включає в себе оптимізацію використання всіх різних видів транспорту і організації «спільної модальності» (*co-modality*) між різними видами громадського транспорту (потяг, трамвай, метро, автобус, таксі), а також різних видів індивідуального транспорту [27].

Крім того, рамковими програмами Європейського Союзу фінансуються різноманітні проекти та ініціативи, направлені на забезпечення сталого розвитку МПТС. Відомою та успішною ініціативою є програма *CIVITAS*, яка була започаткована у 2002 році для надання підтримки містам, зацікавленим у розвитку їх сталої міської мобільності [29].

Також неможливо не відзначити низку дієвих ефективних програм, що допомагають розвивати транспорт у європейських містах та забезпечувати новий рівень їх мобільності:

– *THE PEP (the Transport, Health and Environment Pan-European Programme)* – загальноєвропейська програма з транспорту, навколишнього середовища та охорони здоров'я [30];

– *Poly-SUMP (Polycentric Sustainable Urban Mobility Plans)* – програма метою якої є розвиток методології сталого планування мобільності в поліцентричних регіонах [31];

– *Polis* – програма взаємодії мережі європейських міст і регіонів, що працюють разом з метою розвитку інноваційних технологій та політики для місцевого транспорту [32];

– *BUMP, boosting urban mobility plans* – програма створення команди експертів, які допомагають місцевим органам влади у плануванні та управлінні мобільністю [33];

– *Cities for Mobility* – метою програми є промоція прямого співробітництва між місцевими органами влади, транспортними компаніями і корпораціями, університетами та іншими партнерами з конкретним інноваціями в області мобільності [34];

– *European mobility week* – програма, яка спрямована на поширення заходу «Європейський тиждень мобільності» направлений на стимулювання населення в обмеженні поїздок приватними автомобілями через використання МГПТ або велосипеда, у 2014 році 9 українських міст взяло участь у цій ініціативі [35];

– *BYPAD* – програма яка реалізується більш ніж у 22 країнах світу яка передбачає розвиток велосипедного руху у містах [36].

В Україні основні напрями та пріоритети МПТС затверджені у транспортній стратегії України на період до 2020 року, мета якої є визначення концептуальних засад формування та реалізації державної політики щодо забезпечення стабільного та ефективного функціонування галузі транспорту, створення умов для соціально-економічного розвитку країни, підвищення конкурентоспроможності національної економіки і рівня життя населення [37]. Впровадження розробленої транспортної стратегії допомагають Європейські фахівці у рамках проекту «Підтримка впровадження Транспортної стратегії України», що імплементується в партнерстві з Міністерством інфраструктури України [38].

Виходячи зі складу сучасних проблем МПТС та існуючих підходів до їх вирішення можливо виділити структуру і склад задач підвищення їх ефективності (рис. 1.2).

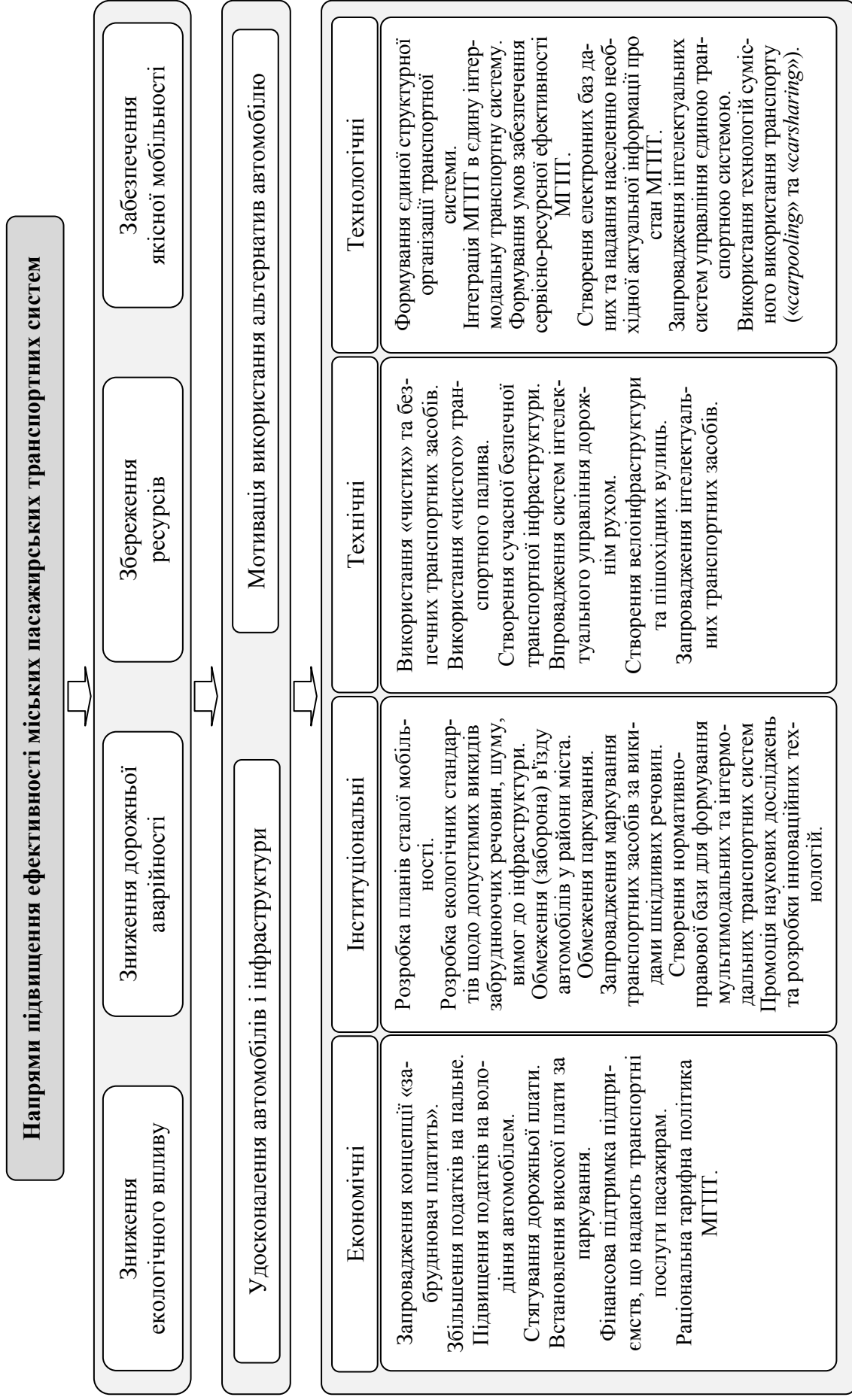


Рис. 1.2. Структурна композиція напрямів підвищення ефективності МГПТ

Методологія дослідження об'єктів зі складними до прийняття й одержання властивостями передбачає представлення таких об'єктів у вигляді цілеспрямованих систем і дослідження взаємодії між метою і засобами їх реалізації [39]. Системний підхід щодо розгляду МГПТ може бути представлений як методологія проектування, загальна наукова концепція, науковий метод аналізу організації та системного управління МГПТ. Використання для дослідження такого складного об'єкту як МГПТ, методології системного підходу в значній мірі розширило представлення поглядів на його структуру і дозволило обґрунтувати його розгляд як складної системи.

## **1.2. Розвиток системного представлення МГПТ**

Соціальний та економічний прогрес сучасних міст прямо залежить від функціонування пасажирського транспорту. Збільшення вимог до міських транспортних систем обумовлене зростанням негативного впливу міського транспорту як на виробничу сферу, так і на умови життя міського населення.

Еволюція підходів до організації міських пасажирських перевезень, ускладнення умов роботи МГПТ, зростання його рівня значущості в структурі життєдіяльності міського суспільства, укрупнення міст і збільшення рівня автомобілізації призвели до необхідності впровадження системного підходу в дослідження процесів функціонування МГПТ [40–46]. Підставою для розгляду МГПТ як єдиного цілого є наявність його структурованості, взаємозв'язку між складовими елементами внутрішнього і зовнішнього середовища, цільової підпорядкованості організації, його розмірність і складність.

Системний підхід є прогресивним інструментом дослідження складних систем і являє собою сукупність методологічних положень, що передбачають розгляд об'єкта дослідження як цілого (системи), а кожен його елемент у зв'язку і взаємодії з іншими елементами. Відповідно до принципів системного підходу дослідження МГПТ як складної системи передбачає чотири основні етапи:

– формування мети функціонування, визначення функцій об'єкту, визначення взаємодії з навколишньою середою;



– розподілення об’єкту дослідження на підсистеми, визначення ролі, місця і функцій елементів виходячи з загальної мети системи, визначення основних взаємозв’язків між елементами;

– дослідження властивостей елементів і їх взаємозв’язків, факторів що керують поведінкою елементів;

– синтез загальних властивостей і поведінки об’єкту на основі синтезу властивостей його і поведінки його елементів.

У загальному випадку для будь-якої системи потрібно три різні способи її опису:

– з точки зору властивих їй зовнішніх, цілісних властивостей (макроопис);

– з погляду її внутрішньої будови і «внеску» її компонентів у формування цілісних властивостей системи (мікроопис);

– з точки зору розуміння даної системи як підсистеми більш високого рівня (ієрархічний опис).

МГПТ – це стійка система регулярних перевезень пасажирів у межах міста і за його межами відповідно з соціальними і економічними концепціями і планами розвитку міста [46].

На основі аналізу робіт [47–49], присвячених формуванню загальної концепції підходів щодо вдосконалення міських пасажирських перевезень можна виділити наступні види представлення МГПТ як системи, які за своїм рангом відповідають рівню структурного представлення МГПТ:

– мікрорівень (МГПТ як технічна система);

– мезорівень (МГПТ як соціально-економічна система);

– макрорівень (МГПТ як складова підсистеми міського середовища).

Мікрорівень представлення МГПТ передбачає його представлення у вигляді окремої виробничої системи. Представлення МГПТ у вигляді виробничої системи знайшло відображення у роботах [50–55], присвячених питанням розробки та вдосконалення технології міських перевезень пасажирів для окремих локальних суб’єктів МГПТ (транспортні підприємства, маршрути, транспортні вузли та ін.). Ці роботи відносяться до періоду індустріального розвитку транспортних систем і спрямовані на удосконалення окремих елементів транспортного процесу. Такий підхід має цільовою орієнтацією його дослідження з метою забезпечення ефективності поточної експлуатації суб’єктів МГПТ без обліку системних наслідків його

роботи, що обмежує його можливості щодо оцінки перспектив його розвитку та системного представлення у структурі міського середовища. Складність і розмірність процесів, що відбуваються при організації міських пасажирських перевезень, розгляд МГПТ у вигляді сукупності окремих елементів, таких як технічні засоби і пристрої, показав свою обмежену ефективність і не дозволив отримати розвитку у подальших дослідженнях.

Якість транспортних послуг впливає на значні складові соціальної сфери життя населення (здоров'я, психофізіологічний стан пасажирів, стомлюваність та ін.). Наявність такого впливу визначило умови розгляду МГПТ як соціально-економічної системи, що передбачає виділення сукупності взаємодіючих та взаємопов'язаних між собою елементів, які мають певну структуру та визначають якісний стан пасажирських транспортних послуг. У такій постановці МГПТ представляється сукупністю компонентів до складу яких входять як внутрішні так і зовнішні елементи (транспортні підприємства, маршрутна мережа, споживачі транспортних послуг, навколишнє середовище). Дослідження МГПТ з соціально-економічних системних позицій реалізовано в багатьох роботах вчених, а саме: А.Х. Зильбертала, В.А. Черепанова, Л.В. Кантаровича, Т.С. Хачатурова, М.С. Фишельсона, Д.С. Самойлова, А.О. Аррака, Г.В. Болоненкова, В.М. Лившица, М.П. Улицкого, В.М. Парахиної, В.Я. Ткаченко, І.М. Якушкина, Е.А. Сафронова, Л.Б. Міротіна, С.А. Ваксмана, В.К. Долі, П.Ф. Горбачова, О.В. Шабанова, А.О. Сорокіна, Н.У. Гюлева, Ю.О. Давідіча, Г.В. Бойко, І.Ф. Шпильового, В.С. Марунича та ін.

Вивчення МГПТ як соціально-економічної системи дозволяє виділити і сформулювати поняття «пасажирська послуга». В основі представлення МГПТ як суб'єкту системи соціальних послуг лежать його об'єктивні соціальні чинники [56]:

- потреба населення у захисті від нестабільного соціально-економічного становища;
- зростання потреб населення у соціальних послугах;
- необхідність забезпечення соціальної та екологічної безпеки держави шляхом контролю за девіантною транспортною поведінкою окремих елементів;
- потреба у формуванні та реалізації моделі соціального партнерства державних організацій і транспортних підприємств;
- розвиток соціальної згуртованості суспільства та зміцнення його соціальної стабільності.

У ході функціональних процесів МГПТ повинен бути забезпечений раціональний розподіл результатів його роботи між всіма його учасниками. Проблема цільових протиріч основних учасників транспортного процесу (пасажирів і транспортних підприємств), має в своїй основі типову форму протиріччя інтересів учасників ринкових відносин. Протиріччя цільових інтересів учасників транспортного процесу представляє одну із стрижневих задач у формуванні ефективності роботи МГПТ як системи. Серед робіт, присвячених визначенню умов оптимальності взаємодії учасників МГПТ, можна виділити роботи [57–59]. У роботі [58] пошук компромісного стану МГПТ виконується за допомогою теорії ігор, яка є ефективним інструментом пошуку компромісних станів соціально-економічних систем в умовах протиріч. У роботі [60] на основі структури рівнів розгляду МГПТ виділена наступна ієрархія мети транспортної галузі при перевезенні пасажирів:

- досягнення найбільшої продуктивності праці;
- пропорціональне функціонування перевізних ланок;
- максимальна ефективність перевізного процесу;
- ефективність функціонування транспортних комплексів;
- повне і своєчасне задоволення потреб інших галузей і населення у перевезеннях;
- відповідність провізних можливостей транспорту потребам галузі і населення;
- пропорційний розвиток матеріального виробництва.

Прагнення протягом багатьох років різних авторів прийти до єдиної структури оцінки соціально-економічної складової організації та управління МГПТ у вигляді формування єдиного критерію якості відображено в багатьох роботах вчених. Однак до теперішнього часу серед авторів різних робіт немає єдиної думки у виборі єдиного критерію або їх сукупності. Тим не менш, свої поправки привносить час, постійно мотивуючи цінність тих чи інших факторів що впливають на визначення вектору оцінки ефективності МГПТ. Формування єдиного критерію ефективності досі є одним з невирішених завдань розгляду МГПТ з позицій соціально-економічної системи. Різноманіття підходів і методологій до вибору єдиної форми оцінки ефективності МГПТ, наявність широкого кола взаємних впливів та неоднорідність у формалізації єдиної мети функціонування дозволяють обґрунтувати необхідність розгляду його як складового елемента

системи більш високого рівня. Також важливим аргументом у бік розгляду МГПТ як елемента системи більше високого рівня обумовлюється його роллю в транспортній системі міста. МГПТ поряд з вантажним і спеціальним видами транспорту є складовим елементом міського транспорту, який використовує єдиний транспортний простір і у значній мірі визначає ступінь благоустрою міста та зручності проживання в ньому. Адекватний розвиток МГПТ сприяє збільшенню темпів економічного росту, підвищення культури та добробуту населення.

Одним з інноваційних підходів щодо представлення МГПТ як складової частини системи більш великого рівня – системи загального виробництва, є розгляд його з позицій логістичних принципів [60–73]. Логістичний принцип передбачає розгляд МГПТ з одного боку як елемента макрологістичних систем, що забезпечує зв'язок між ланками логістичного ланцюга, а з іншого боку як споживача окремих матеріальних потоків. З цієї точки зору послуги МГПТ визначаються як діяльність, спрямована на задоволення потреб населення в переміщенні і характеризуються наявністю необхідного технологічного, фінансового, інформаційного, правового та ресурсного забезпечення. Використання логістичних принципів при організації міських пасажирських перевезень знайшло своє відображення у формуванні принципів удосконалення МГПТ і надало подальшого розвитку представлення його як підсистеми складної соціально-економічної системи. Традиційно логістика була зорієнтована до вирішення завдань оптимізації транспортних процесів розподілу матеріалопотоків. Адаптація логістичних принципів до міських пасажирських перевезень вимагає на першому етапі загальної формалізації поняття логістики громадського транспорту та відокремлення структури і цілей її функціонування. Форма логістики громадського пасажирського транспорту надана Л.Б. Міротіним і розглядається як «сукупність проектних рішень, технічних засобів інфраструктури, методів системного аналізу, планування, організації та управління, яка забезпечує заданий рівень обслуговування пасажирів, їх безпечну, надійну і безперервну доставку, «від дверей до дверей» у визначені терміни при оптимальних витратах» [62].

Можливість і результативність застосування логістичних методів при організації міських пасажирських перевезень відображені у ряді досліджень таких вчених: В.А. Бережнова, Д. Бауэрсокса,

В.А. Гудкова, В. Дуф-Риддела, О.С. Ігнатенка, Д. Клосса, В.М. Курганова, Л.Б. Миротина, В.В. Зирянова, С.М. Резера, М.А. Чернишова, В.А. Шабанова, С.А. Ширяева, Є.О. Рейцена, М.М. Дмитрієва, В.С. Марунича, А. Йонкіса, П.Р. Левковця, О.С. Ігнатенка, Р. Баллоу, В. Барди, Д. Боверсокса, М. Кристофера, Д. Клосса, Дж. Койла, Дж. Купера, Д. Ламберта, С. Лэнгли, Р. Шапіро та інших вчених.

МГПТ як будь-яка самодостатня система наділена сукупністю властивостей: автономність, емерджентність, варіантність поводження, структурованість, наявність внутрішніх і зовнішніх зв'язків, у тому числі інформаційних, керованість і наявність органа керування для координації й інтеграції ланок системи, адаптивність. Поряд із цим, будучи одночасно й об'єктом, і суб'єктом логістичного управління, для системи пасажирського транспорту характерні наступні риси [64–67]:

- динамічність, стохастичність і високий ступінь невизначеності, обумовлені одночасним впливом безлічі факторів, частина з яких має елементи випадковості;

- відмінність ланок системи за формою власності, виробничої потужності, характеру й цілям функціонування;

- функціональна роз'єднаність інтересів взаємодіючих ланок системи;

- спрямованість логістичних систем на задоволення попиту споживачів, що формує механізм зворотного зв'язку системи.

Удосконалення логістичних підходів підвищення ефективності транспортного процесу міських перевезень привело до появи окремого напрямку досліджень «міська логістика» (*City-Logistik*). Міська логістика є інноваційним механізмом керування транспортними потоками у містах. Аналіз вітчизняних і закордонних робіт [74–84] дозволив виявити роль міської логістики як науково-практичного напрямку підвищення ефективності транспорту з позицій його інтеграції у міське середовище. Мета міської логістики визначається основними вимогами щодо транспортної системи міста й може бути визначена у вигляді раціональної організації у просторі й у часі матеріального і соціального потоків при забезпеченні орієнтації всіх форм взаємодії суб'єктів міського середовища на задоволення потреб населення [78]. До основних завдань міської логістики можна віднести:

- інтеграція міста в єдине креативне ціле;

- раціоналізація матеріальних і соціальних потоків у муніципальному господарстві;
- максимізація завантаження виробничих потужностей підприємств муніципального господарства;
- економія матеріальних ресурсів на всіх стадіях матеріального потоку і соціального потоку;
- оптимізація витрат на виробництво й реалізацію готової продукції й послуг населенню;
- зниження викидів токсичних і парникових газів у навколишнє середовище.

Виділення цілей і завдань, що розв'язуються міською логістикою, визначило модель транспортно-логістичного комплексу, як утворюючої одиниці великого центра. Існує ряд визначень міського логістичного середовища, які перебувають в одному змістовому полі й деталізують різні аспекти середовища міської логістики. На думку автора у роботі [79] міська логістика це процес спрямований на досягнення оптимізації роботи транспортних компаній різних форм власності при забезпеченні підтримки їх інформаційними системами, адаптованими до ритму життя муніципальних утворень. При цьому необхідно враховувати вплив на даний процес таких зовнішніх факторів як стан навколишнього середовища, безпека й енергозбереження транспорту в рамках ринкової економіки.

Міська логістика включає стратегії, технології й логістичні рішення, що підтримують усі ланки які забезпечують життєдіяльність складної системи муніципальних утворень і їхньої функції, незалежно від їхнього розміру й чисельності, області й меж, відповідно до їхніх індивідуальних інтересів і меті [84].

Застосування принципів міської логістики при розгляді МГПТ дозволило сформулювати інноваційний напрям удосконалення транспортного обслуговування населення міст. Удосконалення транспортного обслуговування населення в умовах міської логістики базується на врахуванні провізних можливостей міської транспортної системи та передбачає впровадження принципів забезпечення своєчасного задоволення попиту населення на перевезення пасажирів, при обов'язковому обліку якості транспортного обслуговування.

В цілому можна відмітити, що міська логістика є ефективним інструментом вирішення поточних транспортних проблем міст, дозволяє підвищити ефективність функціонування транспортної інф-

раструктури міста, забезпечити своєчасність і якість транспортного сервісу, враховує вплив транспорту на екологічне середовище міста але існуючи підходи в сфері пасажирських перевезень мають лише узагальнений концептуальний характер.

### ***1.3. Аналіз існуючих методів оцінки ефективності МГПТ***

Прийняття рішення про корегування маршрутної мережі, розподілення ресурсів, розробка технологічних рішень організації перевезень пасажирів на маршрутах потребує результативної оцінки наслідків таких дій і визначення рівня їх впливу на ефективність МГПТ. Оцінка ефективності МГПТ є однією з ключових задач формування стратегії удосконалення міських пасажирських перевезень і вимагає створення методології об'єктивного представлення результатів транспортного процесу. Визначення раціонального варіанту МГПТ і його компонентів не можливе без аналізу його результатів і передбачає розрахунок значень критерію ефективності, структура і склад якого в значній мірі визначає стратегію удосконалення МГПТ. Необхідність вирішення задачі об'єктивного представлення наслідків роботи МГПТ сформована ще на початку представлення його як системи і підтверджується у ряді науково-практичних робіт, присвячених формуванню базових принципів організації міського пасажирського транспорту [85–91].

Результатом функціонування МГПТ є транспортні послуги, пов'язані із задоволенням потреб населення у просторовому переміщенні. Чим складніше соціально-економічне середовище міста, тим більший вплив відіграє рівень ефективності МГПТ на використання ресурсів та досягнення поставлених суспільством цілей міського середовища. Разом з тим для успішного вирішення проблеми забезпечення ефективного стану МГПТ важливе значення має облік особливостей і розбіжностей всіх видів інтересів учасників транспортного процесу, які в значній мірі визначають основу формування напрямів підвищення його ефективності [87].

Ефективність системи – це властивість системи досягати поставленої мети в заданих умовах використання ресурсів з відповідною якістю. Показники ефективності характеризують ступінь пристосованості системи до виконання поставлених перед нею завдань і є

узагальнюючими показниками оцінки її оптимальності. Базовим у формалізації цього показника для МГПТ є виділення поняття ефективності транспортного процесу, яке може бути представлено як категорія, що характеризує віддачу, результативність перевезень. Транспортна ефективність відображає не лише приріст обсягів перевезень, а й надає можливість визначити, якою ціною і яким обсягом ресурсів досягається цей рівень транспортного сервісу.

Вибір критерію ефективності МГПТ може різнитися у залежності від конкретної наукової задачі, що вирішується. Виділяють такі види критеріїв ефективності пасажирського транспорту [60]:

- ступінь оптимальності за вартісним показником, як певний рівень експлуатаційних витрат;

- ефективність транспортного виробництва, що головним чином втілюється у показниках ефективності використання рухомого складу, від яких залежить продуктивність, собівартість перевезень, прибуток і рентабельність транспортного підприємства;

- ефективність господарських заходів, що ґрунтується на встановленні різниці між результатами їх реалізації та витратами виробничих ресурсів;

- ефективність інвестиційних заходів, яка передбачає врахування як експлуатаційних (поточних), так і інвестиційних (одноразових) витрат та їх порівняння з відповідними економічними результатами і за загальноекономічним підходом, спрямованим на досягнення найкращих кількісно-якісних характеристик та, як наслідок, отримання максимальних доходів;

- соціальна (загальноекономічна) ефективність, яка надає економічну оцінку результатам роботи пасажирського транспорту через вартісну оцінку часу пасажирів на пересування та негативного впливу наслідків його роботи.

Процес перевезення пасажирів у міському сполученні має широкий спектр впливу на міське середовище і може бути охарактеризований значною кількістю показників, загальною чисельністю більше п'ятдесяти, серед яких можна виділити групи економічних, технологічних, соціальних, екологічних параметрів [92]. Автори [60] структурували показники ефективності транспортної системи, при цьому, проведено розподіл чинників, що впливають на її проектування й експлуатацію, за економічними, технічними, соціальними і природно-екологічними показниками.



Групи основних показників, які впливають на ефективність роботи пасажирських транспортних систем можна розподілити наступним чином [93]:

- техніко-економічні показники (фондоозброєність, фондовіддача, ступінь використання виробничих потужностей, потреба в кадрах, продуктивність, витрати палива, енергії і матеріалів);
- техніко-експлуатаційні показники (протяжність транспортної мережі, щільність мережі, частки окремих видів транспорту в перевізній роботі, середня місткість рухомого складу, кількість рухомого складу, інтервал руху в період інтенсивних перевезень, експлуатаційна швидкість, середня швидкість переміщення пасажирів містом);
- організаційно-технічні показники (інтервал руху транспортних засобів, швидкість, місткість, заповнення рухомого складу);
- виробничо-побутові показники (безпека руху, швидкість переміщення, зручність і комфорт поїздки, невелика плата перевезень);
- показники якості обслуговування пасажирів;
- санітарно-гігієнічні показники (рівень забруднення навколишнього середовища, вібрація, шум).

Враховуючи широкий спектр показників, що впливають на ефективність МГПТ, формалізація критерію ефективності функціонування МГПТ може бути представлена як складна багатокритеріальна задача, якій властиві внутрішні протиріччя, викликані протилежною направленістю цільових інтересів учасників.

Наявність широкого кола чинників і можливість варіювання їх структурою призвело до появи значної кількості науково-практичних підходів щодо оцінки ефективності МГПТ. У світі накопичений достатній методологічний і методичний досвід оцінки ефективності крупно масштабних інвестиційних проектів у транспортну інфраструктуру, який знайшов своє відображення у офіційних методиках країн ЄС, США, Японії, Австралії, ПАР і ряду міжнародних організацій [94-98]. Виділення окремо методології оцінки ефективності МГПТ у закордонних розробках майже не представлено. У переважній більшості робіт закордонних вчених питання оцінки ефективності МГПТ у формальному вигляді не розглядається. Однак окремі закордонні автори робили спроби формалізувати оцінку МГПТ на основі оцінки показників якості його роботи. Так у роботі [99] автором запропоновано оцінювати якість роботи МГПТ через поєднання двох показників – ефективність і продуктивність. Ефективність в цьому випадку передбачає

оцінку рівня забезпеченості перевезень населення міст, а продуктивність – рівень використання провізних ресурсів МГПТ. В якості чинників, що впливають на значення критерію ефективності та продуктивності МГПТ, запропоновано використовувати ряд показників, які характеризують умови надання транспортних послуг: вартість проїзду, час, який витрачається пасажиром на поїздку, тип, місткість рухомого складу та ін. Однак, наведений у роботі підхід має вид концепції яка у подальшому не отримала реалізації у вигляді конкретних функцій. Однією зі спроб закордонних вчених представити формальний вид функції ефективності МГПТ є робота [100], в якій запропоновано в якості ефективності транспортних послуг використовувати неперервну функцію ряду чинників: рівня транспортного обслуговування, стану навколишнього середовища, рівня ресурсів системи, що забезпечують транспортний процес, обсяг добових транспортних потоків тощо. Представлена робота також має узагальнений вид і не містить конкретних моделей формалізації критерію ефективності. Для оцінки ефективності МГПТ у роботі [101] автором пропонується використовувати перелік «інтересів суб'єктів ринку автотранспортних послуг». Запропонований перелік має лише констатуючий характер і не отримав подальшого розвитку щодо формалізації. На основі аналізу робіт закордонних вчених можна дійти висновку, що серед закордонних досліджень методики оцінки ефективності МГПТ в явному виді майже не представлені, їх формалізація має узагальнений вигляд, оцінка ефективності функціонування МГПТ покладається на експертів і реалізується, як правило, через суб'єктивну оцінку стану якісних показників транспортних послуг, що надаються мешканцям міст.

У питаннях розробки і дослідження ефективності МГПТ на різних історичних етапах, закономірностей їх розвитку вченими країн СНД, на відміну від закордонних вчених, накопичений значний досвід. Огляд робіт, присвячених оцінці ефективності МГПТ, дозволив виділити принципову схожість у представленні показників, якими може бути оцінена ефективність міських пасажирських перевезень. Одним з найбільш поширених підходів щодо оцінки якості транспортного процесу на міських пасажирських маршрутах є виділення в якості основного показника ефективності транспортного процесу часу, що витрачається пасажиром на реалізацію пересувань. Використання в якості показника ефективності часу пересування може бути представлено у вигляді самостійного критерію [102–113], або як

факторна складова у комплексному критерію ефективності, який представляється у вигляді суми загальних витрат з відповідним значенням вартісної оцінки однієї пасажиро-години. Визначення вартості пасажиро-години має умовний, опосереднений характер, так як включає ряд чинників, фактичне значення яких або взагалі невідоме, або дуже складно визначається [106]. Спроби встановити чисельне значення цього показника мають цілком серйозні підстави, оскільки перебування пасажирів в дорозі являє собою не що інше, як втрату робочого і вільного часу.

Варіантом розвитку підходів використання в якості критерію часу пересування є робота [114], в якій автор пропонує прийняти за критерій значення функціоналу, що формується у вигляді зваженої суми індивідуальних витрат часу пасажирів на пересування з урахуванням емпіричних коефіцієнтів при вимірюваних параметрах пересувань. Однак, час на пересування відображає інтереси лише пасажирів і не відображає всієї специфіки транспортного процесу. Оцінка часу, що витрачають пасажирів на пересування, має нелінійний характер і залежить як від виду витрат часу, так і від рівня комфорту [115]. При оцінці ефективності доцільно також враховувати зменшення часу складових пересування не лінійно, а з урахуванням реальної тривалості пересування та її скорочень [116]. Зведення оцінки ефективності МГПТ до представлення його у вигляді одного показника – часу пересування пасажирів, не дає можливості надання достатньо об'єктивної оцінки стану його елементів, значно спрощує представлення процесів функціонування системи і не враховує взаємний вплив між учасниками. Ефективність організації внутрішньоміських переміщень з точки зору населення не може визначатися лише величиною витраченого часу, а повинне враховувати витрати на їх здійснення і рівень комфорту цих переміщень. Неможливо також розглядати в якості критеріїв оцінки час і вартість переміщень окремо, у відриві один від одного. Піші переміщення мають нульову вартість для суб'єкта переміщення, але дуже високу витратність за часом пересування. Вартість переміщення не є абсолютним вимірником: ціна набуває сенс тільки при зіставленні її з рівнем доходів суб'єктів переміщення і з витраченим на це переміщення часом. Очевидно, що переміщення буде різною мірою сприйнято суб'єктами з різним рівнем доходів і соціальним статусом.

Необхідність врахування комфортабельності поїздок при формуванні критерію ефективності МГПТ доводиться у роботах [117–

123]. При визначенні комфортності використовується рівень якості поїздки, що представляє комплекс її параметрів в окремому виді громадського транспорту. Рівень якості поїздки можна визначити на основі параметрів, до яких відноситься зручність розташування пасажера, зручність входу (виходу), оглядовість, можливість відпочинку в дорозі, інформаційне (спеціальне і розважальне) обслуговування. Якість поїздки також залежить від наповнюваності транспортного засобу, від типу і ступеня зношеності транспортного засобу. Кожен параметр комфортності поїздки визначається шляхом експертної оцінки з подальшою статистичною обробкою даних опитування. На початку визначається ступінь значущості кожного параметра якості, тобто його частка в загальному рівні якості поїздки, а потім – величина цього показника.

Вирішення локальних оптимізаційних задач окремих об'єктів МГПТ дозволило сформулювати ряд показників його ефективності, які дозволяють охарактеризувати окремі суб'єкти транспортного процесу. Так, у роботі [124] об'єктом дослідження є виробнича діяльність автобусного автотранспортного підприємства, яка спрямована на підвищення ефективності роботи міських автобусів на лінії. Соціальна складова ефективності транспортного процесу представлена через якість перевезень. В якості параметрів ефективності запропоновано використовувати ряд експлуатаційних показників, таких як: коефіцієнт регулярності руху, обсяг транспортної роботи, питомі експлуатаційні витрати, втрати лінійного часу. У роботі [125] автор для формування раціональної структури парку міського пасажирського транспорту пропонує використовувати показник ефективності функціонування маршруту, який представлений у вигляді суми узагальнених питомих витрат, до складу яких входять витрати на експлуатацію транспорту, обсяг капіталовкладень у рухомий склад та транспортні споруди, вартісна оцінка зміни швидкості сполучення пасажирів та умовних збитків, які надаються зовнішньому середовищу. Використання таких показників дозволяє врахувати важливі складові транспортного процесу обслуговування пасажирів на окремих маршрутах, але зорієнтований на розгляд ефективності функціонування МГПТ з позицій лише транспортного підприємства і не може бути застосований для визначення його системної ефективності.

У роботі [126] представлено теоретичне обґрунтування та розроблена методика моделювання маршрутної мережі пасажирського

транспорту у містах. Для формування раціонального варіанту маршрутної мережі МГПТ запропоновано використовувати критерій ефективності маршрутної мережі, який враховує значення припустимої непрямолінійності трас маршрутів.

Автори статті [127] запропонували в якості оцінки системи перевезення пасажирів МГПТ використовувати два коефіцієнти, що відображають відносно кількості маршрутів показники питомої ваги виконаних рейсів і транспортних засобів, що використовуються на маршрутах. Застосування такого підходу відображає розподіл провізних можливостей пасажирського транспорту, опосереднено відображає ефективність транспортного процесу та не дозволяє надати повну і об'єктивну оцінку ефективності МГПТ.

Автором у роботі [114] системні аспекти МГПТ передбачається розглядати через вплив розподілу пасажиропотоків у часі на його ефективність. У розглянуту систему включені об'єкти формування та поглинання пасажиропотоків. Обґрунтовано вплив режимів роботи об'єктів формування пасажиропотоків на ефективність роботи МГПТ. Розроблена методика оптимізації режимів роботи об'єктів формування пасажиропотоків пунктів міста на основі впровадження в якості критерію ефективності мінімального значення нерівномірності завантаження вулично-дорожньої мережі. Практична спрямованість роботи полягає в розробці методики визначення початку роботи об'єктів тяжіння пасажиропотоків.

В якості критерію оцінки ефективності у роботі [128] запропоновано використовувати показник транспортної доступності, що відображає якість одиночної поїздки пасажирів. Показник транспортної доступності визначається у вигляді відношення фактичного значення доступності, розрахованого як величини зворотної витратам часу на пересування, до еталонного значення відповідної групи пасажирів.

Серед підходів формування показників оцінки ефективності транспортного процесу слід виділити напрям, який передбачає оцінку через категорію транспортної втоми пасажирів. Дослідженню проблеми транспортної втоми пасажирів присвячені публікації [129–133]. Сучасними умовами життя городян є: прискорений ритм життя в поєднанні з чітко вираженою малорухомістю (гіпокінезією), відірваність городян від природного середовища та збільшення часу перебування в антропогенно зміненому середовищі, необхідність тривалих переміщень в міському транспорті і пов'язана з цим транс-

портна втома. Очевидно, що всі названі фактори, формуючи абіологічні тенденції в умовах життя і життєдіяльності, найістотнішим чином впливають на здоров'я людини, її працездатність і самопочуття. Про вплив транспортної втоми на продуктивність праці говориться в дослідженнях [130–133], але оцінка ступеня впливу залишається мало вивчена. Транспортна втома безпосередньо впливає на характеристики праці [134], існує залежність продуктивності праці від фізіологічного стану водіїв [135]. У роботі [136] представлені залежності транспортної втоми від умов перевезень та проведені дослідження впливу останніх на фізіологічний стан пасажирів. Змінення функціонального стану пасажирів в періоди очікування і здійснення поїздки в роботі [132] описано наступними транспортними параметрами: рівень заповнення салону транспортного засобу під час маршрутної поїздки, час на поїздку, час очікування транспортного засобу. В залежності від умов здійснення поїздки рівень функціонального стану пасажирів може приймати різні значення. Для оцінки використовується бальна система оцінки з наступною градацією її у відповідні якісні характеристики транспортного процесу. Автором визначено, що критичним є стан, оцінений значенням менше 3 балів. При такому стані можливо стверджувати про перенапруження пасажирів, що може свідчить про низьку ефективність організації транспортного процесу.

Ряд авторів у своїх роботах пропонують проводити оцінку не за окремим параметром або групою споріднених показників, а використовують сукупність показників поєднуючи їх в єдину характеристику за допомогою різних підходів. У роботі [137] автор поділяє критерій ефективності МГПТ на дві групи, перша відображає соціальні характеристики транспортного процесу, друга – фінансово-економічний результат його роботи. Соціальні характеристики транспортного процесу представлені такими параметрами, як: приріст використання МГПТ, покращення стану навколишнього середовища, внесок у зайнятість населення, доступність, якість та придатність транспортних послуг. Фінансово-економічний результат, представлений показниками економічної ефективності транспортного процесу і направленості їх на споживача. Запропонована методика має узагальнений вид і не має чіткої формалізації, що затрудняє її використання на практиці.

Оцінку ефективності обслуговування пасажирів на основі порівняння фактичних параметрів транспортного процесу з нормативними запропоновано у роботі [138]. В якості оціночних параметрів транс-

портного процесу запропоновано використовувати складові часу пересування, коефіцієнт непрямолінійності пересувань, коефіцієнт пересадочності, коефіцієнт комфортабельності поїздки. Такий підхід більш орієнтований на оцінку ефективності транспортного процесу, виходячи з вимог пасажирів і не дозволяє отримати кількісну загальну оцінку ефективності МГПТ.

В якості критерію ефективності у роботі [139] використовується соціально-економічні показники, які представлені у вигляді сукупності якісних показників перевезення пасажирів та економічної оцінки ефективності роботи підприємств на маршрутах мережі. Економічна складова ефективності визначається на основі зниження собівартості перевезення пасажирів. Якісні показники оцінюють часові показники обслуговування пасажирів, кількісні провізні можливості МГПТ, стійкість руху транспортних засобів на маршрутах, оцінку пріоритетності використання окремих видів міського транспорту.

У роботі [58] критерієм ефективності виступає співвідношення цільових інтересів учасників системи: для транспортного оператора – прибуток, для пасажиропотоку – втрати, для міста – втрати муніципалітету. Баланс співвідношення цільових інтересів знаходиться за допомогою теорії ігор і представлений у вигляді функції в якій враховується сумарні втрати часу пасажирів і транспортний збиток. Для оцінки використовуються умовні дані про вартість пасажирогодини і умовні дані про збитки міському середовищу від виконання одного рейсу. Такий підхід не враховує транспортні можливості міського середовища, розподіл транспортних потоків по окремих ділянках маршрутної мережі та інфраструктури. Запропонований формат представлення ефективності МГПТ має узагальнений вид що не дозволяє врахувати ряд особливостей його роботи. Основним призначенням цього критерію є виділення можливих зон рівноважного стану МГПТ з позицій конфлікту споживачів та обслуговуючих організацій.

У роботі [140] сформульована наукова концепція розвитку потенціалу автотранспортних систем міста на основі системного підходу щодо постановки завдання удосконалення процесів її функціонування. Модель автотранспортної системи описується сукупністю елементів, які не мають внутрішньої структури. Основний напрямок дослідження – це підвищення ефективності з позицій транспортної інфраструктури. Ефективність транспортної системи міста визначається через п'ять напрямків: паркувальна політика, збереження існуючої

дорожньої мережі, вдосконалення роботи МГПТ, організація і управління дорожнім рухом, вдосконалення транспортно-розподільчої системи міста. Однак основна увага в роботі приділена розгляду питання удосконалення системи управління розвитком і функціонуванням автотранспортної складової. Оцінка впливу роботи МГПТ на ефективність розглянутої системи наведена узагальнено без її формалізації, що не дозволяє використовувати цю методику при оцінці його ефективності.

Розгляд МГПТ з позицій логістичного підходу є інноваційним інструментом, що дозволив виділити новітні підходи щодо вибору показників оцінки ефективності функціонування МГПТ як системи [62–73, 141–144]. Представлення МГПТ у такій постановці передбачає використання системного підходу стосовно виділення ланки логістичної системи громадського транспорту, яка представлена як елемент, що перетворює матеріальні, фінансові та інформаційні надходження у сервісні та супутні фінансові та інформаційні потоки. Відмінною здатністю ланок логістичної системи МГПТ є не тільки перетворення інформаційного та фінансового потоків на виході, але й одержання в якості результату замість матеріального сервісного потоку.

В роботі [67] автором запропоновано ефективність МГПТ оцінювати через інтегральний показник якості пасажирського сервісу. Основними параметрами оцінки якості пасажирського сервісу виступають:

- надійність переміщення точно за графіком (час поїздки);
- доступність (частота руху громадського транспорту);
- безпека (ймовірність безвідмовної роботи громадського транспорту);
- комфортність (якість поїздки);
- вартісний показник (величина транспортного тарифу);
- показник інформаційного сервісу (рівень інформаційного забезпечення).

У роботі [141] на основі логістичних принципів запропонований підхід щодо подання МГПТ у вигляді комплексу послідовно-взаємопов'язаних оптимізаційних моделей, в яких слід враховувати не тільки економічні, але й технічні та соціально-екологічні показники ефективності, імовірнісний характер оцінки витрат часу пасажиром, нестаціонарність і нелінійність пасажиропотоку. Побудовані



в рамках такого підходу моделі спрямовані на визначення обґрунтованих управлінських рішень при регульованому ринку і нестабільному зовнішньому середовищі. Реалізація такого підходу виконана шляхом розширення мультиплікативного показника рівня пасажирського сервісу, запропонованого у роботі [67], за рахунок введення нових складових що характеризують МГПТ як систему – комплексність, доступність та безпечність.

Розвиток логістичних принципів у [67] продовжений у роботі [142], присвяченій удосконаленню організації пасажирського автомобільного транспорту в завантажених частинах міста. Автором пропонується розглядати систему: населення – транспорт – місто. Основна увага в роботі приділяється обліку особливостей взаємодії громадського та індивідуального пасажирського транспорту. У представленій роботі заслуговує уваги спроба надати оцінку ефективності міського пасажирського транспорту через комплексну оцінку стану транспортного обслуговування населення міста. В якості оціночного показника ефективності транспортної системи міста автором запропонований комплексний економічний показник у вигляді суми витрат трьох підсистем: населення – транспорт – місто. Витрати ланки МГПТ визначаються на основі витрат пасажирів на оплату поїздок, вартісної оцінки витраченого часу на пересування та витрат на виконання транспортного процесу. Представлена методика має чітку формалізацію складових критеріїв ефективності, але їх вид має спрощену форму, тому методика може бути використана лише для надання узагальненої оцінки ефективності транспортної системи міста.

Питанням дослідження ефективності перевезень пасажирів приділено уваги спеціалістами суміжних з транспортниками спеціальностей – економіки та менеджменту. У роботі [145] наведено широкий аналіз показників якості транспортного обслуговування населення міст. На основі проведеного аналізу автором встановлено, що наявність широкого кола показників, які відображають якісну характеристику транспортного процесу, призводить не до збільшення об'єктивності оцінки ефективності, а навпаки вносить деякий хаос і не відображає ряд важливих аспектів роботи МГПТ. Автором запропоновано внести у структуру показників ефективності критерій надійності, який повинен доповнити існуючий склад показників. Реалізовано це на основі представлення ефективності міських пасажирських перевезень у вигляді поєднання трьох чинників: наповнення автобуса, безпека руху

та надійність перевезень. Використання такого критерію дозволяє провести оцінку ефективності транспортного процесу на локальному об'єкті. В якості недоліку такого підходу слід визначити його суб'єктивність, обмеженість представлення і відсутність можливості аналізу впливу умов функціонування на складові показника ефективності транспортного процесу.

Автори робіт [146–148] у своїх дослідження також розглядають питання визначення показників оцінки ефективності міських пасажирських перевезень, виходячи з позиції економіки. Але ці спроби мають частковий характер, представлені критерії ефективності в своїй основі мають споріднену природу з розглянутими підходами і не претендують на інноваційність вирішення проблеми формування методики об'єктивної оцінки ефективності МГПТ.

Не менший інтерес ніж аналіз факторів представляє методика формування комплексності оцінки його ефективності МГПТ. Аналіз робіт, присвячених оцінці ефективності міських пасажирських перевезень дозволив виділити три основних підходи щодо формування їх загальної оцінки:

- оцінка ефективності за окремим критерієм;
- багатокритеріальна оцінка ефективності;
- макрорівневий підхід оцінки ефективності.

У науково-практичній літературі досить широке поширення при оцінці ефективності МГПТ набув підхід, що передбачає оцінку його ефективності на основі виділення окремого критерію чи групи споріднених критеріїв. Пошук раціонального стану системи при такій постановці задачі зводиться до визначення параметрів МГПТ, які забезпечують екстремальне значення обраного критерію. Реалізація таких принципів щодо оцінки ефективності на основі одновекторної оптимізації реалізована у багатьох роботах, серед яких слід виділити роботи [103–109, 149–151]. Основним критерієм оцінки ефективності МГПТ у багатьох випадках є величина загальних витрат, які представлені як сумарне значення транспортних витрат і вартісної оцінки якості обслуговування пасажирів. Використання такого підходу дозволяє значно спростити розрахункові процедури. Але зведення всіх факторів до одного показника не дозволяє об'єктивно відображати повний спектр складових ефективності МГПТ. Наявність таких недоліків дозволяє стверджувати про не доцільність використання такого підходу оцінки ефективності МГПТ на практиці у сучасних умовах і потребує подальшого розвитку.

Розвиток підходів щодо оцінки ефективності на основі окремої групи показників отримав у задачах формування раціонального варіанту маршрутної мережі МГПТ [152–161]. Для цього ряд авторів пропонують використовувати сукупність критеріїв ефективності. Задача визначення раціонального стану маршрутної мережі МГПТ у цьому випадку вирішується на основі виділення ієрархії критеріїв ефективності. Розподілення критеріїв ефективності за рангом дозволяє реалізувати процедуру пошуку раціонального варіанту шляхом поетапної оптимізації її параметрів на основі процедури послідовної оптимізації кожного критерію ефективності. За своєю суттю такий підхід може бути представлений як різновид однофакторної оцінки ефективності МГПТ з той лише різницею, що використовується окрема група критеріїв. Цей підхід як і попередній має в якості недоліків обмеженість представлення ефективності МГПТ відносно меж розглянутих об'єктів (розглядається лише внутрішнє середовище).

Варіантом розширення представлення ефективності МГПТ є використання принципів багатокритеріальної оцінки. Реалізація такого підходу стала можливою за допомогою інструментів багатокритеріальної оптимізації. У реальних ситуаціях якість експлуатації досліджуваного об'єкта або системи не може бути оцінена за єдиним критерієм або їх спорідненою групою, а потребує різносторонньої оцінки параметрів [162]. Така постановка приводить до формування задачі оцінки ефективності МГПТ у вигляді оптимізації з векторною цільовою функцією, яка повинна відображати досягнення встановленої мети. Як правило, відносна значимість цих цілей у загальному невідома до тих пір, поки не будуть визначені всі основні властивості системи і не будуть повністю витлумачені всі можливі взаємозв'язки. У міру того, як число можливих цілей зростає, то, очевидно, що ці взаємозв'язки утворюють складну структуру і їх стає важче ідентифікувати. Сукупність всіх груп властивостей пасажирських транспортних послуг створює якісну характеристику ефективності МГПТ. Властивості транспортних послуг можуть бути розподілені на окремі групи, які характеризують просторові, часові, витратні характеристики МГПТ. Складність поєднання різноманітної групи властивостей в межах єдиного критерію пояснюється наявністю конфліктів цільових інтересів. Конфлікти цільових критеріїв у соціально-економічних процесах є звичайним явищем, незалежно від виду системи і типу економіки. Конфлікти виникають у зв'язку з тим, що

різні суб'єкти, що взаємодіють у такому процесі, мають свої локальні критерії ефективності, які можуть перебувати в суперечності один з одним і загальним, глобальним, критерієм всієї системи в цілому (якщо такий є) [163]. Основна суть пошуку компромісного стану полягає у формуванні ряду показників які відображають єдину мету, утворюючи загальний сукупний критерій ефективності, що відображає корисність системи. Загальну корисність пасажирських маршрутних перевезень відображає комплексний критерій ефективності який представляє собою різні варіанти поєднання показників різнобічних аспектів функціонування МГПТ.

Процедура пошуку компромісного стану вимагає використання відповідних методів. Серед методів вирішення багатокритеріальних задач [164–166] можна виділити наступні:

- оптимізація одного критерію (визнаного найбільш важливим інші при цьому відіграють роль додаткових обмежень);
- упорядкування заданої множини критеріїв і послідовна оптимізація по кожному з них;
- зведення багатьох критеріїв до одного шляхом введення апріорних (експертних) вагових коефіцієнтів для кожного з критеріїв.

Використання багатокритеріального підходу до визначення ефективності МГПТ дозволяє підвищити її точність і об'єктивність, однак не виключає основного недоліку всіх попередніх методів - оцінка стану МГПТ спрямована на виділення його внутрішньої ефективності без врахування впливу на інші підсистеми середовища.

Сучасним інноваційним підходом до формування структури критерію ефективності МГПТ можна назвати макрорівневий підхід, який, на відміну від попередніх, дозволяє проводити оцінку ефективності МГПТ не на основі його результатів роботи, а спрямований на оцінку рівня досягнення мети системи більш високого рівня. Особливістю оцінки ефективності складних систем є наявність значного взаємозв'язку між ресурсно-результативними можливостями елементів системи і взаємні обмеження стосовно їх використання. Складні системи серед основних своїх властивостей передбачають наявність гармонійного, самоорганізованого розвитку всіх елементів. Ефективність як властивість притаманна тільки системам (організаційним, технічним, біологічним і т. д.). Визначати ефективність окремих елементів системи не має сенсу, оскільки процеси виконуються всіма підсистемами [167]. Ефективність конкретної системи визначається

через показники якості надсистеми або мегасистеми. МГПТ, в першу чергу, спрямований на вирішення соціально значущих завдань міського середовища через повне, своєчасне, якісне та надійне задоволення потреб населення в просторових переміщеннях. МГПТ репрезентується в якості соціального феномену, який є одним з обов'язкових умов формування та розвитку міського простору, призначений для задоволення потреби людини в мобільності. Історично саме громадський транспорт і його інфраструктура сформували просторовий каркас сучасних міст і мегаполісів [168]. Він виник і інституційно оформився вже на ранніх стадіях формування суспільства, як ефективний спосіб економізації та професіоналізації транспортної послуги, його значимість зростала в міру зростання міст. Функціонуючи як соціальний інститут, МГПТ покликаний забезпечити задоволення потреби суспільства в доступній, зручній, екологічній мобільності. Вона є невід'ємним елементом існування і розвитку міського простору, стратегічно важливим соціальним ресурсом в забезпеченні гідного існування та якості життя міського населення. Органи муніципального управління при реалізації маркетингової діяльності стикаються з проблемою відсутності інформації про якість життя (особливо з позиції населення), що не дозволяє приймати ефективні управлінські рішення та здійснювати функції маркетингу в частині аналізу, стратегічного планування та контролю. Міжнародний досвід показує, що систематичне проведення вимірювань якості життя населення міст сприяло своєчасному виявленню осередків виникнення соціальної напруженості, а також прийняття адекватних соціально-економічних заходів щодо громадського управління і вирішення кризових проблем міського середовища [168, 169]. З урахуванням оцінок якості життя населення в містах, органами муніципального управління цих міст були прийняті ефективні управлінські рішення для стабілізації соціально-економічного становища міста.

Спроба оцінити ефективність міського транспорту через якість життя населення реалізована в ряді робіт [168, 172–174]. Вплив транспорту на якість життя, підтверджується наявністю транспортного компоненту або окремих індикаторів у багатьох методиках оцінки. Наприклад, при ранжуванні міст за якістю життя одним з критеріїв є функціонування транспорту [175]. Індикатор дійсного розвитку враховує у соціальних факторах вартість щоденних трудових поїздок (*Cost of Commuting*) та витрати, що спричиняють ДТП

*(Cost of Automobile Accidents)* [176]. Зустрічаються і такі показники, як довжина шляхів, кількість транспортних вузлів, рівень автомобілізації, кількість ДТП та ін. [175–177]. Всесвітньо відомий експерт в області транспортних проблем у монографії [4] акцентує увагу на першочерговій ролі транспорту у створенні зручних для життя міст, тобто таких, що забезпечують високу якість життя населення, та необхідних трансформаціях у сфері МГПТ для досягнення цієї мети.

Використання в якості критерію ефективності функціонування міста якості життя населення дозволяє врахувати вплив МГПТ на такі суміжні підсистеми міського середовища: екологічне, економічне, соціальне та суспільне. В якості основної ідеї оцінки ефективності МГПТ через оцінку досягнення якості життя населення використовується підхід, в якому оцінка проводиться на основі визначення індикаторів якості, серед яких виділяють групу показників, що визначають якісний рівень транспортних послуг. Індикатори якості життя населення набувають системоутворюючий характер, але в той же час слід констатувати, що ні структурного представлення впливу МГПТ на якість життя населення, ні адекватного дійсного підходу щодо дослідження його впливу на якість життя населення міст в існуючих роботах не представлено. Спроби знайти зв'язок між ефективністю МГПТ та якістю життя розвиваються досить фрагментарно і не мають чіткої науково-практичної реалізації. Існує небезпека, що в умовах непроробленості теоретико-методологічної бази дослідження впливу МГПТ на якість життя населення міст, удосконалення його роботи є лише декларативним і не дає можливостей реального досягнення підвищення ефективності його функціонування.

#### ***1.4. Сучасні тенденції та підходи забезпечення сталості міського пасажирського транспорту***

Транспорт є найважливішою ланкою господарської системи держави, багато в чому є визначальним фактором розвитку як її економіки, так і рівня якості життя населення. З метою підвищення якості життя населення та виходу з глобальної кризової ситуації була розроблена та прийнята стратегія сталого розвитку, що передбачає гармонійне вирішення екологічних, економічних та соціальних проблем. Вперше визначення сталого розвитку було запропоновано у

доповіді «Наше спільне майбутнє», яку підготувала Всесвітня комісія ООН з навколишнього середовища та розвитку: «Сталий розвиток – це розвиток, що задовольняє потреби теперішнього часу, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти власні потреби» [178]. На сьогоднішній день представлено формулювання – це стандартне та найбільш цитоване визначення сталого розвитку.

Рішення задач забезпечення подальшого економічного зростання країни та підвищення якості життя населення потребують в найближчій перспективі значного підвищення ефективності функціонування транспортного комплексу, вдосконалення методів і засобів управління їм. Говорячи про поліпшення роботи транспорту, необхідно відзначити не тільки важливість підвищення показників, що традиційно характеризують обсяги і якість виконання транспортних послуг, але також важливість скорочення втрат суспільства, які викликані негативними наслідками транспортної діяльності (дорожньо-транспортна аварійність, забруднення навколишнього середовища, кліматичні впливи, транспортні затримки в містах і на приміських магістралях, що не компенсується споживачами руйнування транспортної інфраструктури в процесі її експлуатації, та ін.). Оцінки показують, що рівень цих втрат вельми значний – в сумі він може досягати 8–10% величини ВВП країни на рік [179]. Важливо відзначити також те, що системна реалізація заходів з підвищення безпеки та екологічності роботи транспорту, як правило, призводить і до зростання ефективності роботи транспортної системи в цілому. Оскільки економічна і транспортна діяльність концентруються в першу чергу в містах, де проживає більша частина населення, саме міста першими зіткнулися з усім "букетом" транспортних проблем. І саме тут необхідно, в першу чергу, впроваджувати ідеї та підходи, пов'язані із забезпеченням сталого розвитку функціональних систем.

Забезпечення високої якості життя населення є неможливим для жодної країни без створення сталих транспортних систем. Це стало викликом для розробників транспортної політики в усьому світі, оскільки транспортний сектор є одним з найбільших споживачів природних ресурсів, його діяльність спричиняє викиди шкідливих речовин у атмосферу, але з іншої сторони він надає можливість перевозити вантажі та здійснювати трудові, ділові, навчальні та культурно-побутові поїздки. Іншими словами, необхідно, не завдаючи шкоди довкіллю, задовольнити потреби підприємств у переве-

знення та забезпечити мобільність населення. Спеціалісти у транспортній сфері беруть за основу дефініцію сталого розвитку для формування визначення сталої транспортної системи, сталих перевезень та сталої мобільності. Наступне формулювання надано у [179] «сталі транспортні системи задовольняють поточні потреби у перевезеннях, не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти ці потреби». Наведемо найбільш розширене визначення сталої транспортної системи, що запропоновано Радою міністрів транспорту ЄС на їх 2340-й зустрічі у Люксембурзі у 2001 році, як такої системи, яка [180]:

- забезпечує доступність і задоволення потреб окремих осіб, компаній і суспільства у переміщені, не завдаючи шкоди здоров'ю людини та екосистемі, і сприяє встановленню принципу справедливості як всередині соціальних груп і об'єднань, так і між ними;

- є доступною, працює чітко і ефективно, пропонує вибір видів транспорту, підтримує конкурентоспроможність економіки, а також збалансованість регіонального розвитку;

- мінімізує викиди шкідливих речовин та відходи на рівні можливості природи поглинати їх, використовує відновлювані ресурси на рівні або нижче темпу їх відновлення, використовує не поновлювані ресурси на рівні або нижче темпів розвитку поновлюваних замінників, зводить до мінімуму вплив на використання території та знижує шум.

В оновленій стратегії сталого розвитку ЄС, прийнятої Радою Європи у 2006 році, зазначено, що головна мета сталих перевезень – гарантувати, що транспортні системи задовольняють економічні, соціальні та екологічні потреби суспільства при мінімізації небажаних наслідків на економіку, суспільство та довкілля [181]. Окрім наведених визначень сталих транспортних систем та перевезень у світовій літературі можливо побачити десятки інших, оскільки цей процес сьогодні знаходиться лише у початковій стадії та більшість науковців, досліджуючи це питання, формулюють власне уявлення про нього.

Умовою пошуку механізмів забезпечення якості мобільності населення є необхідність оцінки сталості транспортних систем. Оцінка досягнутого рівня сталого розвитку транспортних систем складається з послідовності певних завдань, виконання яких супроводжується необхідністю вирішення послідовності дій. Першочерговим питанням при проведенні оцінки сталості транспортних систем є



визначення її мети, що допоможе обрати основу для формування індикаторів його стану та правильно інтерпретувати результати.

Існуючі індикатори сталого розвитку використовуються для проведення загального порівняння територіальних структур (держави світу, міста, регіони) та формування їх рейтингів. Їх метою також є оцінка динаміки, для цього досліджується зміна індикаторів за роками. Крім того у якості мети обирається визначення ступеня досягнення цільових показників, що можуть розглядатися як стандартні чи порогові. У цьому випадку необхідно розробити систему показників та затвердити їх значення, що стане орієнтиром для оцінки.

Оцінка сталого розвитку транспортних систем ускладнюється відсутністю стандартів в яких чітко був би представлений перелік індикативних параметрів та їх параметричні дані. Певні орієнтири щодо основних цілей, які необхідно досягти до 2050 року, закладені у Білій Книзі транспорту «План розвитку єдиного європейського транспортного простору – на шляху до конкурентоспроможної та ресурсоефективної транспортної системи». Зокрема до 2050 р. скоротити мінімум на 60% викиди парникових газів, пов'язаних з транспортом, до 2030 р. скоротити наполовину використання автомобілів «на традиційних видах пального» у міському транспорті, до 2050 р. поступово відмовитися від них у містах та інші [26].

Сьогодні бар'єром на шляху до встановлення стандартного набору індикаторів та їх нормативних значень є варіювання кількості наявних ресурсів та рівня розвитку кожного виду транспорту у різних країнах. Вирішенням зазначених проблем стане підготовка спеціалістами у транспортній сфері відповідних нормативних документів та затвердження індивідуальних цільових показників для кожної країни у залежності від наявності ресурсів та рівня її розвитку.

Розробка індикаторів та індексів сталої мобільності знаходиться у фокусі сучасних досліджень. У даний час Організація економічного співробітництва та розвитку, Європейська Комісія, Світовий Банк, Євростат, Європейська агенція довкілля (ЕАА) та ін. розробляють системи індикаторів, ця проблема також знайшла своє відображення у роботах авторів *A. Dobranskyte-Niskota, T. Litman, C. Jeon, A. Amekudzi, G. Guensler, R. Gilbert* та ін.

Вибір індикаторів – складний процес, що потребує ретельного дослідження. До кожного індикатора висуваються високі вимоги:

вимірність, якість (точність інформації), інформативність, доступність та економічність збору даних, відповідність цілям та ін. Тому для обґрунтування вибору того чи іншого індикатора важливо розробити набір критеріїв. Оскільки жоден індикатор не зможе оцінити таке комплексне поняття, як сталі транспортні системи та сталі перевезення, використовуються набори індикаторів. Для певної систематизації розроблено декілька структур їх групування. Наступна класифікація таких структур пропонується у дисертаційному дослідженні [182]:

– структура на основі зв'язків: причинно-наслідкові зв'язки, які призводять до прогресу в напрямку сталості або відхилення від нього;

– структура на основі наслідків: наслідки рішень за трьома загальними областями, що визначають сталість, тобто економіка, навколишнє середовище і соціальне благополуччя;

– структура на основі впливів: рівень впливу і контролю над причинними факторами сталості.

Найбільш відомим та поширеним прикладом структури на основі зв'язків є *DPSIR*, назва – це абревіатура від *Driving force – Pressure – State – Impact – Response* (рушійна сила – тиск – стан – наслідок – відповідь (реагування)). Ця структура була прийнята Європейським агентством з навколишнього середовища (*EEA*) для опису взаємодії між суспільством і навколишнім середовищем, (розширення *PSR* моделі, розробленої *OECD*) [183]. Застосовуючи таку структуру науковці намагаються описати наступний зв'язок: діяльність людини (перевезення) чинить тиск на довкілля (викиди забруднюючих речовин), це призводить до зміни стану навколишнього середовища та впливає на здоров'я людини, а держава у відповідь запроваджує заходи.

Найчастіше індикатори структурують за трьома вимірами: економічним, соціальним та екологічним. Декомпозицію зазначеної структури можливо представити наступним чином: три виміри містять категорії, які складаються з індикаторів. Нерідко дослідники розширюють цю структуру, додаються інституційні та інші до базових. Науковці пропонують використовувати інституційний компонент для оцінки діяльності держави щодо сприяння розвитку сталих транспортних систем. Підкреслимо, що не завжди очевидним є визначення виміру, до якого треба віднести ту чи іншу категорію. Категорію «доступність» автори в роботі [184] враховують у соціальному вимірі, на відміну від роботи [185] в якій автор вважає, що цю

категорію має містити економічний вимір. В якості категорій або тематичного розділення індикаторів транспорту використовуються наступні: доступність, ціни та субсидії, інфраструктура, забруднення повітря, безпека, споживання енергетичних ресурсів та ін. Ці індикатори представлені наступними показниками: середній час поїздки пасажира, кількість загиблих у ДТП на 1000 авт. км., річне споживання енергії і викиди CO<sub>2</sub>, щільність дорожньої мережі. При виборі індикаторів окремою проблемою може стати подвійне їх врахування та необхідність забезпечення рівномірного представлення економічного, екологічного та соціального компонентів. Уникнути перерахованих проблем можливо шляхом структурування індикаторів для виявлення причино-наслідкових зв'язків, а розділення обраного набору індикаторів за трьома вимірами сталого розвитку, дозволяє відобразити та прослідити рівновагу між ними. У роботі [186] *Todd Litman* представляє набори індикаторів, що розділені на економічні, екологічні та соціальні, які він рекомендує для використання. Крім того виділяються найважливіші індикатори, які слід використовувати та корисні, які повинні використовуватися при можливості. У табл. 1.2 на основі огляду робіт [184–188] наведені приклади найбільш відомих систем індикаторів для оцінки сталості транспортних систем.

Невирішеною проблемою залишається отримання чисельних значень індикаторів – не завжди доступна інформація або потребується значна кількість ресурсів для її збору. Таким чином кількість індикаторів повинна бути мінімально можливою для охоплення економічного, екологічного та соціального компонентів та у рівній мірі їх характеризувати, щоб гарантувати економічність проведення оцінки. Також для отримання комплексної та адекватної оцінки сталості транспорту повинні бути враховані суб'єктивні показники які здатні відобразити задоволеність населення наданими послугами. Але під час збору таких даних дослідники стикаються з проблемою незацікавленості населення та небажанні брати участь у опитуванні. Необхідними заходами для вирішення зазначених проблем є розробка ефективних інструментів збору необхідних показників та надання учасникам процесу доступу до інформації. Інший захід стосується інформування населення та залучення його до розробки суб'єктивних показників, отримання оцінок, а також врахування його позиції при прийнятті нових транспортних рішень. Неоднозначною є потреба у розрахунку комплексного індикатора сталих транспортних систем.

Таблиця 1.2

## Склад наборів індикаторів для оцінки сталості транспортних систем

Назва набору індикаторів	Характеристика
Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) (The European Union)	<p>Два виміри:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– показники роботи транспорту і навколишнє середовище;</li> <li>– фактори, що характеризують систему транспорту та навколишнє середовище.</li> </ul>
Performance Indicators for Transport (the World Bank)	<p>9 категорій (доступ, доступність, якість (технічний вимір), якість (сприйняття), ефективність (вартість), ефективність (економічна), бюджетні витрати, фінансова автономія, інституційний розвиток). Індикатори також розділені за видами транспорту.</p>
Sustainability Assessment Indicators	<p>Виміри: ефективність транспортної системи, екологічна сталість, економічна сталість, соціальна сталість, вказуються цілі, які необхідно досягти. Використовуються для розрахунку композитного індексу сталості (CSI).</p>
Sustainable Transportation Performance Indicators	<p>Сім основних категорій (екологічні наслідки транспорту та вплив на здоров'я, пропозиція транспортної інфраструктури і послуг, транспортна діяльність та ін.) і включає в себе майбутні удосконалення за наборами індикаторів, від первинних індикаторів до короткострокових і довгострокових доповнень.</p>
Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities	<p>Тривимірна структура індикаторів з додаванням технічного та інституційного виміру. 5 вимірів, 17 категорій та 55 індикаторів. Агрегування індикаторів на основі рівної ваги кожного.</p>
Recommended Indicator Sets	<p>Рекомендований перелік індикаторів для оцінки сталості транспорту, тривимірна структура, індикатори розподілені на найважливіші (зазвичай слід використовувати), допоміжні (повинні використовуватися, якщо це можливо).</p>

З однієї сторони, такі показники піддаються підзвітності, їх легше тлумачити та виявляти тенденції, але з іншої сторони при використанні комплексного індикатора важко виявити проблеми окремих аспектів, оскільки недоліки одних можуть бути компенсовані позитивними оцінками інших. Спроби розрахунку загального індикатору сталості представлені у закордонних дисертаційних дослідженнях [182, 189], в яких використовується модифікована тривимірною структура індикаторів для розрахунку композитного індексу сталості (*CSI*), що являє собою зважену суму індикаторів. Серед проблем виділяється задача вибору способу інтеграції показників, що може значно вплинути на отримане значення. Доцільним є проведення порівняльного аналізу методик розрахунку та отриманих результатів, що допоможе обрати ту форму інтеграції яка найбільш точно відображає стан системи. Оцінка досягнутого рівня сталого розвитку транспортних систем складається з послідовності певних завдань, їх виконання супроводжується необхідністю вирішення зв'язаних з ними задач. Структура відокремлених завдань визначення рівня сталості транспортних систем та проблеми їх реалізації представлені на рис. 1.3.

У сталому розвитку транспортних систем міст на одному з перших місць стоїть задача створення ефективного МГПТ, який би задовольнив вимоги міського населення до пересувань за умов раціонального використання ресурсів міського середовища. Відповідно до основоположних принципів сталий МГПТ повинен створювати умови забезпечення його розвитку та зростання потенціалу [190–191].

Впровадження підходів сталого розвитку для вирішення задач підвищення ефективності МГПТ передбачає першим етапом є виділення її структурної композиції. Взагалі слід визначити що поняття системи має достатню варіативність формулювання. Найбільш повним і придатним для МГПТ є визначення системи «як набір об'єктів, які мають відповідні властивості і набір зв'язків між об'єктами і їх властивостями» [192].

Складні системи серед основних своїх властивостей передбачають наявність гармонійного, самоорганізованого розвитку всіх її елементів. Наступним кроком формування концепції сталого МГПТ є визначення стратегії та загальних принципів її реалізації. Розробка стратегії починається з визначення місії системи.

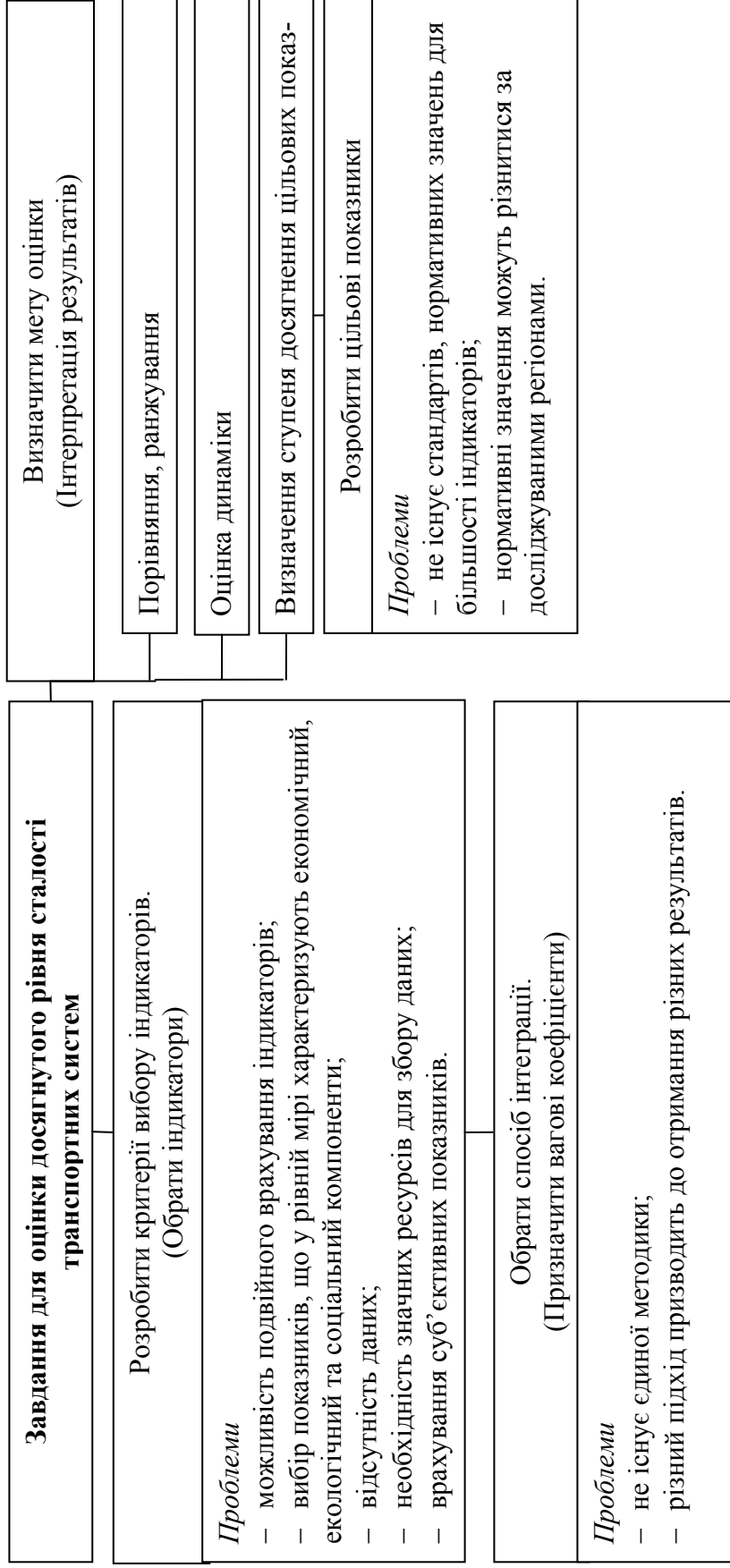


Рис. 1.3. Структура проблемних аспектів оцінки сталості транспортних систем

Місія МГПТ – це сукупність узагальнених установок і принципів, що визначають його роль у життєдіяльності міського середовища, взаємовідносини з іншими соціально - економічними суб'єктами. Для МГПТ можна сформулювати основну місію наступним чином – найбільш повне і якісне задоволення потреб міського населення у територіальних переміщеннях в умовах їх комплексного обслуговування при забезпеченні раціонального використання наявних ресурсів та обов'язковому наданні можливостей розвитку міського середовища. Стратегія сталого МГПТ формується з трьох основних напрямків: соціальний прогрес (забезпечення зростання якості перевезень пасажирів), економічний розвиток (забезпечення рентабельності перевезень), відповідальність за навколишнє середовище (зменшення обсягу шкідливих викидів).

Осмислення сучасних проблем міського транспорту та шляхів їх вирішення дозволило виділити наступні основоположні принципи організації роботи МГПТ з позицій сталого розвитку:

- кожний пасажир має право на отримання якісної й плідної послуги в гармонії із можливостями учасників транспортного процесу;

- соціально-економічний розвиток повинен бути спрямований на поліпшення якості життя населення;

- розвиток повинен реалізуватися таким чином, щоб рівною мірою забезпечити можливість задоволення основних потреб як у внутрішньому так і зовнішньому середовищі при раціональному використанні наявних ресурсів;

- збереження навколишнього природного середовища повинне становити невід'ємну частину процесу розвитку й не повинне розглядатися у відриві від нього, в одне ціле повинне бути з'єднане економічний розвиток, справедливий розвиток соціальної сфери й екологічна безпека;

- поліпшення якості транспортних послуг повинне забезпечуватися в тих межах ємності інфраструктури, перевищення яких не приводить до їхнього руйнування або блокування їх роботи;

- заборона використання неефективних в соціально-економічному й небезпечних в екологічному планах технологій і моделей обслуговування;

- істотне посилення взаємозв'язку технологій й формування соціально-економічної системи розвитку, що забезпечує й вписується в умови розвитку міста в цілому;

– використання і розвиток ринкових процесів при організації взаємодії учасників транспортного процесу;

– провідна роль у створенні умов, що забезпечують реалізацію завдань і цілей сталого МГПТ, повинна належати державі як гарантові забезпечення економічного розвитку, соціальної справедливості й охорони навколишнього природного середовища;

– забезпечення учасникам транспортного процесу вільного доступу до інформації;

– ведення господарської діяльності повинне здійснюється переважно на вже освоєних територіях міста з відмовою від будь-яких проектів, що наносять непоправний збиток навколишньому середовищу, або екологічні наслідки яких недостатньо вивчені.

На етапі впровадження підходів сталого розвитку при вирішенні задач підвищення ефективності міських пасажирських систем виникає ряд проблем. Аналіз структури взаємозв'язків між елементами системи дозволив визначити основні проблеми які стають перед вченими-транспортниками на етапі втілення механізмів сталого розвитку МГПТ:

– розробка стратегії переходу;

– оцінка можливості поліпшення якості;

– формування системи оцінки якості;

– створення новітніх технологій;

– створення єдиного управління.

Розробка стратегії переходу до сталого МГПТ передбачає формування фундаментальних положень теорії його розвитку, що схвалюються всіма учасниками транспортного процесу. Поки що немає чітких визначень цього поняття і його вмісту. Це обумовлюється причинами, пов'язаними зі значною складністю проблеми і наявністю розбіжностей у формуванні базових понять сталого МГПТ. Також виникає ряд питань стосовно можливості забезпечення підвищення ефективності МГПТ. Ця проблема виникла на фоні існуючого дефіциту ресурсів, який був сформований у попередні періоди саме з-за того, що в той період використовувалися принципи виживання – забезпечувалося лише поточна експлуатація і розвиток не відбувався. Яскравим прикладом цього є зростання рівня автомобілізації при відсутності розвитку транспортної інфраструктури. У цьому випадку ми можемо спостерігати такий приклад розвитку окремих елементів транспортної системи при якому загальний розвиток системи не



відбувається, а навпаки її ефективність значно знижується. При вирішенні цієї проблеми необхідно визначити шляхи забезпечення розвитку системи в цілому, а не окремих її елементів. Іншими словами можна сказати: «Чи існує можливість розвитку МГПТ і за рахунок чого?».

Створення нової системи оцінки якості перевезень пасажирів є складовим етапом у переході до сталого МГПТ. Головне завдання на цьому етапі – формування системи індикаторів оцінки транспортних послуг на основі їх інтеграції у глобальний критерій оцінки ефективності міського середовища (якість життя). При цьому потрібно визначити, що набір показників повинен надавати повностороню оцінку сприйняття її споживачами послуг.

Проблема новітніх технологій полягає у тому чи зуміє система впоратися з конфліктними ситуаціями які виникають у МГПТ під час взаємодії учасників транспортного процесу. Сталий МГПТ в умовах конфлікту інтересів учасників процесу потребує розробки нових технологій взаємодії учасників системи. Розробка нових ефективних технологій взаємодії учасників транспортного процесу, які повинні прийти на зміну існуючим технологіям є прикладним інструментом впровадження механізмів забезпечення сталості МГПТ. На першому кроці в цій задачі необхідно увагу приділяти визначенню основних технологічних задач ефективної взаємодії і створення технологічних методів вирішення конфліктних ситуацій у межах структурних об'єктів МГПТ.

Досягнення сталого МГПТ це керований процес. Успіх управління залежить від структури системи, взаємовідносин між її елементами та своєчасного використання наявних можливостей. Серед перших етапів вирішення цієї задачі можна виділити необхідність створення єдиного координаційного центру спрямованого на забезпечення технологічної, технічної, економічної, інформаційної, організаційної і правової форми взаємодії учасників транспортного процесу. Обов'язковим є забезпечення контролю процесів і моніторинг їх тенденцій на основі критеріїв управління. Для цього потрібно створити в управлінні МГПТ інформаційну систему моніторингу. Основними завданнями моніторингу є: регламентація інформаційних потоків між учасниками взаємодії, формування системи отриманих інформаційних потоків про стан внутрішнього і зовнішнього середовища, організація інформаційного обміну з метою формування

управлінських рішень. Система управління, що існує в даний час, не була орієнтована на сталий МГПТ та потребує визначення ряду параметрів, серед яких є ті що діють в існуючому управлінні, так і спеціалізовані які, в майбутньому ще доведеться розробляти.

### **1.5. Висновки по розділу**

На сучасному етапі розвитку міських пасажирських транспортних систем виникає гостра необхідність реформування їх організації та пошуку інноваційних підходів забезпечення підвищення їх ефективності. Потреба в реформуванні міських транспортних систем ґрунтується на вимогах суспільства щодо економії усіх видів існуючих ресурсів, зниження рівня негативного впливу транспорту, впровадження стратегії соціально-економічного зростання, яка орієнтована на підвищення якості життя населення та розвиток майбутнього потенціалу міського середовища.

Використання існуючих підходів підвищення ефективності міських пасажирських транспортних систем не відповідає в повній мірі вимогам, що висуваються сьогоднішнім і потребує створення нових форм та методик, які об'єднують наукові, соціально-економічні і правові аспекти функціонування міського пасажирського транспорту. Дієвим способом забезпечення населення доступною високоякісною мобільністю в межах існуючих вимог і можливостей є створення сталих транспортних систем на базі МГПТ, які дозволяють забезпечити екологічну, транспортну, ресурсну ефективність міського середовища та значно підвищити його життєвий потенціал.

Існуючі підходи до розгляду МГПТ як системи, обмежуються його внутрішнім простором та не враховують характер і рівень його зв'язків з зовнішніми елементами міського середовища. Вирішення сучасних задач які стоять перед МГПТ потребують представлення його інтеграції у структурі міського середовища, як системоутворюючого елемента спрямованого на забезпечення ефективних форм і способів реалізації транспортних потреб населення та організації взаємодії складових елементів міста в єдине ціле. Представлення МГПТ з системоутворюючих позицій вимагає створення нових підходів до його розгляду в структурі міського середовища, розробки відповідних механізмів та способів забезпечення його внутрішніх

технологічних процесів та впровадження інноваційних систем його управління в межах єдиного транспортного простору міста.

Оцінка ефективності МГПТ є важливим етапом формування стратегії його управління та у значній мірі впливає на визначення форм і механізмів її підвищення. Ефективність МГПТ відображає його результативність по відношенню до виділених суб'єктів і може бути представлена, як форма відображення рівня досягнення ним їх цільових інтересів. Існуючі підходи до оцінки ефективності МГПТ зорієнтовані на визначення його результативності по відношенню до внутрішніх суб'єктів та представляються у вигляді внутрішніх економічних, технологічних, соціальних, екологічних показників. Така форма представлення показників ефективності МГПТ не дозволяє використовувати їх в повній мірі для оцінки його впливу на зовнішні компоненти міського середовища та не відображає його роль у формуванні глобальної мети міста – забезпечення якості життя населення. Сучасна практика оцінки ефективності МГПТ та реалізації діяльності його управління не скоординовані з індикаторами якості життя міського населення, що неминуче веде до появи невизначеностей у його технологічних процесах та знижує його ефективність. Вирішення задачі пошуку об'єктивних способів оцінки ефективності МГПТ з позицій його інтеграції у міському середовищі лежить в області розвитку теоретичних і методологічних основ виділення рівнів його розгляду та форм представлення його ресурсно-результативних параметрів.

Впровадження стратегії переходу до сталого МГПТ передбачає формування основних положень його дослідження з позицій погодження цільових інтересів всіх суб'єктів транспортного процесу та підпорядкованості глобальній меті міського середовища. Сучасні форми представлення сталого МГПТ мають лише узагальнений вигляд без чіткої їх формалізації відносно вимог до його технологічних процесів і умов їх реалізації. Пошук форм представлення сталості МГПТ вимагає створення нових методів та способів забезпечення його сервісно-ресурсної ефективності, механізмів стабілізації внутрішніх технологічних процесів та зниження ризиків його негативного впливу на елементи міського середовища.

## **2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ СИСТЕМНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

### ***2.1. Методологічні рівні представлення МГПТ у структурі міського середовища***

Створення сучасних транспортних систем на базі МГПТ потребує чіткого уявлення про його поточний стан та перспективність його розвитку. Основою такого процесу є оцінка його ефективності, яка може бути представлена у вигляді ретроспективній або перспективній формі. Виділення ефективності МГПТ є однією з важливих категорій його дослідження і є базою для розробки стратегічних та оперативних планів його розвитку та удосконалення.

Дослідженню ефективності функціонування складних систем приділено багато уваги в різних областях діяльності людини – від реальних систем до абстрактних. Під ефективністю розуміють найбільш обособлене загальне, що визначає властивість будь-якої цілеспрямованої діяльності, яка з пізнавальної (гносеологічної) точки зору розкривається через категорію мети і об'єктивно виражається ступенем її досягнення та дає можливість охарактеризувати рівень витрат ресурсів та часу залучених для цього [193]. При дослідженні ефективності виробничих систем зазвичай виділяють цільову і технологічну ефективність. Цільова ефективність відображає рівень відповідності функцій системи досягненню її призначення і відображає ступінь реалізації поставленої перед нею мети. Основою визначення технологічної ефективності є виробничі процеси системи, які у загальному вигляді можуть розглядатися як спосіб перетворення ресурсів у результат. Технологічна (ресурсна) ефективність системи відображає ступінь інтенсивності використання ресурсів з точки зору співвідношення між отриманими результатами системи, з одного боку, і розмірами витрачених системою для цього ресурсів - з іншого боку [194].

Вибір форм та способів дослідження ефективності систем визначається рівнем розв'язуваного завдання і рівнем їх складності. На основі проведеного у першому розділі аналізу підходів до оцінки ефективності МГПТ можна відзначити, що існуючі методики скон-

центровані на оцінці стану його внутрішнього середовища та в наслідок цього мають суттєву системну обмеженість, яка не дозволяє використовувати їх в умовах дослідження сталого розвитку сучасних міст. Слід відмітити, що всебічне дослідження ефективності МГПТ це нетривіальне завдання, яке для свого вирішення потребує впровадження системного підходу та використання спеціалізованих методик її оцінки на основі обліку внутрішніх та зовнішніх взаємозв'язків та впливів. Необхідність обліку форм і рівнів впливу МГПТ на зовнішнє середовище ґрунтується на його соціально-економічному значенні в структурі сучасного міського середовища та обумовлюється його системоутворюючим характером по відношенню до структурних компонент життєдіяльності міста [195].

При дослідженні ефективності складних багаторівневих систем слід враховувати основні вимоги щодо об'єктивності відображення процесів їх функціонування, які можуть бути сформовані у вигляді сукупності основоположних їх властивостей, а саме [192]:

- загальносистемні властивості (цілісність, стійкість, інформаційність, керованість, детермінованість, динамічність та ін.);
- структурні властивості складу системи (зв'язність, організованість, масштабність, централізованість, розмірність та ін.);
- функціональні властивості (результативність, ресурсомісткість, оперативність, надійність, економічність та ін.).

Якість складної системи проявляється в повній мірі тільки в процесі її функціонування, тобто використання її за призначенням. Найбільш об'єктивна оцінка якості МГПТ може бути отримана за ефективністю його цільового застосування. Дослідження ефективності МГПТ має своєю метою оцінку його стану і формування на її основі стратегії переходу його на новий якісний рівень, який забезпечує можливість його поетапного розвитку та удосконалення. Перехід МГПТ на якісно новий рівень повинен супроводжуватися зростанням його внутрішнього та зовнішнього потенціалу, який забезпечується шляхом створення умов для підвищення його системної ефективності в межах єдиного транспортного простору міста.

Процедура дослідження ефективності МГПТ з позицій забезпечення переходу його на новий якісний рівень вимагає використання багаторівневого аналізу, який за своєю суттю реалізується у вигляді послідовності етапів відповідних видів аналізу (рис. 2.1).

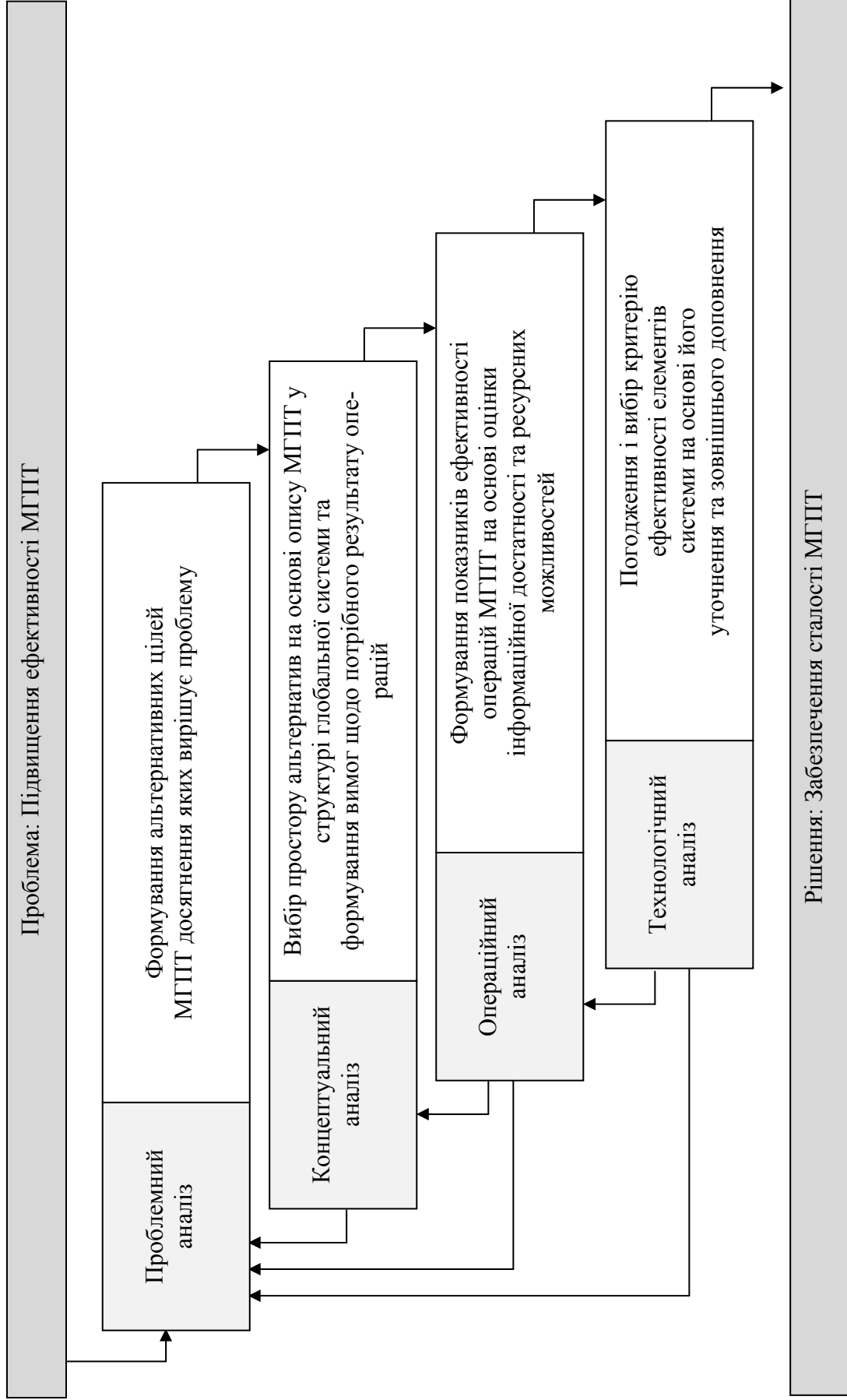


Рис. 2.1. Етапи дослідження ефективності МПП

Ефективність системи не можна вивести повністю тільки з властивостей системи, необхідно враховувати також і властивості надсистеми. Як зазначається в роботі [196], ефективність неможливо спостерігати безпосередньо, її можна лише виміряти непрямими методами. Ефективність МГПТ складається з декількох рівнів, і виходить за рамки його самого. Такі передумови потребують проведення оцінки ефективності МГПТ не лише в межах окремих його внутрішніх елементів, а обов'язковий облік його впливу на зовнішнє середовище. МГПТ є складовим елементом соціального середовища і спрямований на забезпечення задоволення потреб населення у переміщенні території міста. Ефективність МГПТ в значній мірі впливає на стан глобальної надсистеми до складу якої він входить. Надсистема в свою чергу через відповідні трансформаційні процеси впливає на умови роботи МГПТ та рівень його ресурсного забезпечення. У результаті наявності таких тісних циклічних зв'язків між МГПТ та його надсистемою виникає необхідність обліку його ефективності в умовах єдиного параметричного простору. Підхід щодо визначення ефективності МГПТ через показники ефективності системи вищого рівня потребує визначення структури і меж глобальної системи, формалізації зв'язків між її елементами, виділення окремих цільових пріоритетів її елементів, розподілення внутрішніх процесів підсистем та оцінки рівня ресурсних можливостей.

При аналізі складних багаторівневих об'єктів в якості системи вищого рівня використовують поняття метасистеми. Метасистема - це відносно новий термін, під яким найчастіше розуміється масштабна система, ширша, ніж традиційні системи, в яку кожна досліджувана система входить як складова частина. Між елементами будь-якої системи і між різними системами існують зв'язки, за допомогою яких реалізується взаємодія між собою. Крім того, всі системи знаходяться в певному зовнішньому середовищі. Зовнішнє середовище -- це все те, що знаходиться зовні системи, включаючи необхідні умови для її існування і розвитку. Взаємодія зовнішнього середовища з самою системою здійснюється через відповідні її входи і виходи. Метасистема – це взаємодія декількох систем, фактично її можна розглядати, як систему систем, що включає різні, досить неоднорідні підсистеми, які знаходяться у взаємодії між собою особливим чином. Метасистема представляє собою інтеграцію різних сфер діяльності, різних за рівнями господарювання структур і

комплексів, вона відрізняється від структурованої системи наступними особливостями [197]:

- умовою виділення елементів метасистеми є квантифікація цілі її функціонування на основі аналізу умов повноти і достатності підсистем;

- зв'язки між елементами метасистеми на відміну від структурованої системи формуються на основі ресурсно-результативних міжсистемних потоків, що є результатом наявності високого рівня самодостатності її складових частин;

- досягнення глобальної мети функціонування метасистеми забезпечується сукупністю результатів роботи підсистем і реалізується на основі інтеграції роботи окремих підсистем або їх сукупності.

Враховуючи те, що метасистема – це система систем то важливим етапом її дослідження є визначення її меж, представлення її структури і визначення характеру внутрішніх міжсистемних зв'язків. Метасистема до структури якої входить МГПТ являє собою єдність економічної, соціальної, екологічної, інформаційної, технологічної та інших підсистем, які становлять не просто організаційно-технологічне різноманіття, а нову системну конструкцію, що забезпечує поєднання певної самостійності безлічі центрів прийняття рішень та їх скоординовану участь у вирішенні головного завдання – через доступну та якісну мобільність забезпечити якість життя населення. Якість життя населення є основополагаючим критерієм оцінки ефективності всіх структурних компонент міста. У сучасному місті МГПТ є джерелом забезпечення доступності населення до об'єктів економічного, соціального, суспільного простору і виступає в якості їх системоутворюючого елемента. Виходячи з цього, можна виділити доцільність розгляду МГПТ з позицій представлення його у вигляді складової частини метасистеми «міське середовище» (МС).

Визначення ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС вимагає аналізу джерел формування її структурних компонент. Природа формування ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС знаходиться у площини синергетичних відносин і визначається характером її складу і структурою. Склад і структура системи відтворюють зв'язки між її елементами та в значній мірі визначають її якісні властивості. Для формування структури МГПТ в межах метасистеми МС потрібно провести її декомпозицію з виділенням у ній всіх рівнів його аналізу. Така послідовність ієрархічного предс-



тавлення МГПТ дозволяє виділити межі досліджуваних об'єктів, визначити характер внутрішніх та зовнішніх взаємозв'язків, сформулювати напрями пошуку їх ефективного стану.

Досвід досліджень ефективності складних систем показує доцільність виділення чотирьох методологічних рівнів їх аналізу [198]. Якісна різниця методологічних рівнів дослідження має умовний характер і не передбачає їх вихід за межі єдиної мети метасистеми МС, а спрямована на облік відповідних умов забезпечення ефективності кожного її рівня. Структура методологічних рівнів дослідження МГПТ відповідає формам його системного представлення і передбачає виділення елементарного, агрегативного, системного та метасистемного рівнів дослідження. Відповідно до виділених рівнів оцінка ефективності МГПТ проводиться з позицій представлення його у вигляді: сукупності маршрутів МГПТ, міського громадського пасажирського транспорту (МГПТ) як системи, міської транспортної системи (МТС), міського середовища (МС) (рис. 2.2).

4 рівень	Метасистемний рівень	Метасистема	Міське середовище
3 рівень	Системний рівень	Організація	Міська транспортна система
2 рівень	Агрегативний рівень	Структура	Міський громадський пасажирський транспорт
1 рівень	Елементарний рівень	Склад	Маршрути МГПТ

Рис. 2.2. Методологічні рівні дослідження МГПТ

Методологія дослідження МГПТ з позицій метасистемного підходу вимагає формування особливих умов єдності процедур синтезу та аналізу і може бути представлена у вигляді сукупності етапів (рис. 2.3).

Складні функціональні системи представляються у вигляді операційної, споживчої та керуючої підсистем. Операційна підсистема створюється для забезпечення функціональних процесів і у значній мірі визначає перспективи досягнення поставленої перед нею мети.

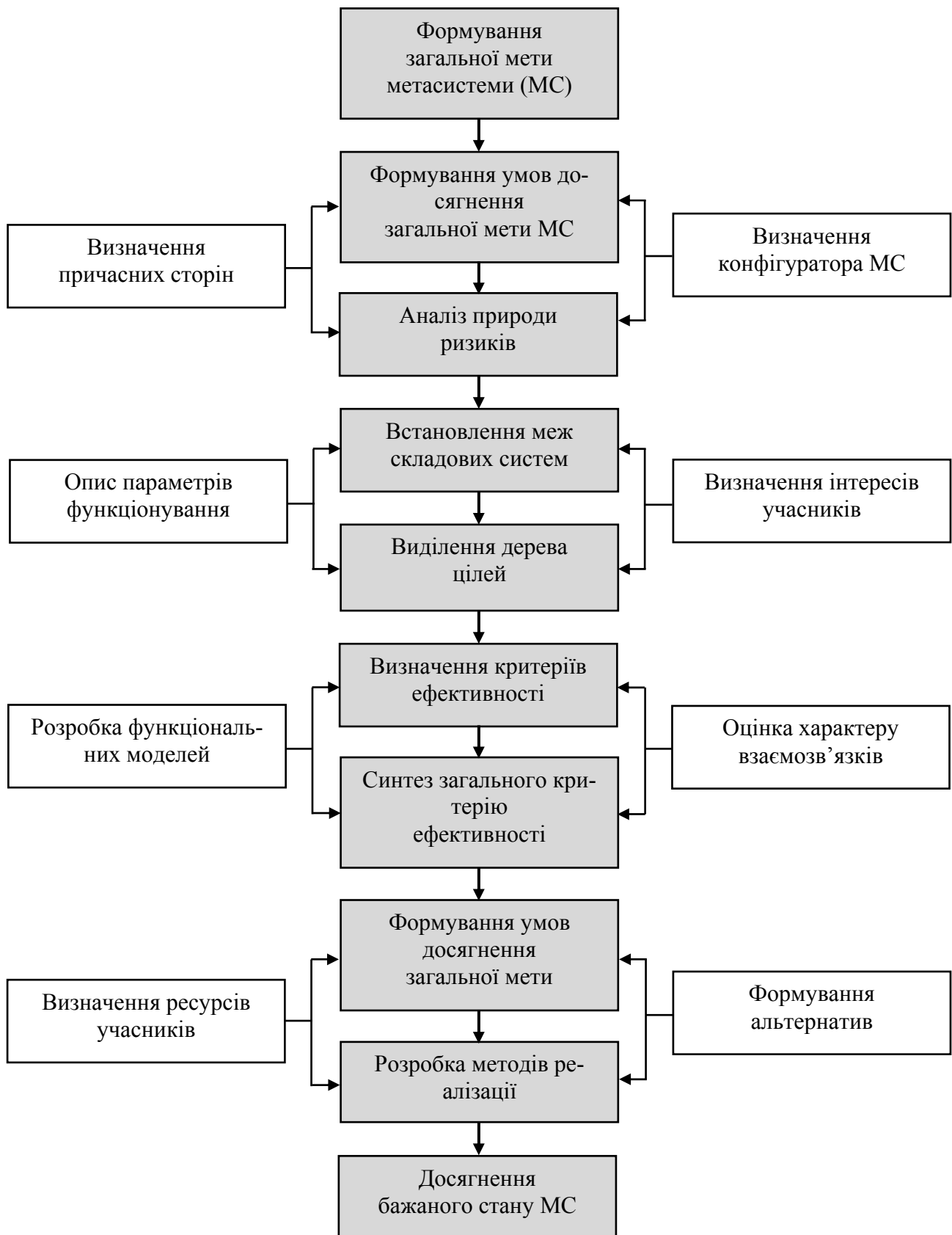


Рис. 2.3. Етапи дослідження МГПТ з позицій метасистеми МС

Склад операційних систем з позицій представлення МГПТ як структурного компоненту метасистеми МС наведений на рис. 2.4.

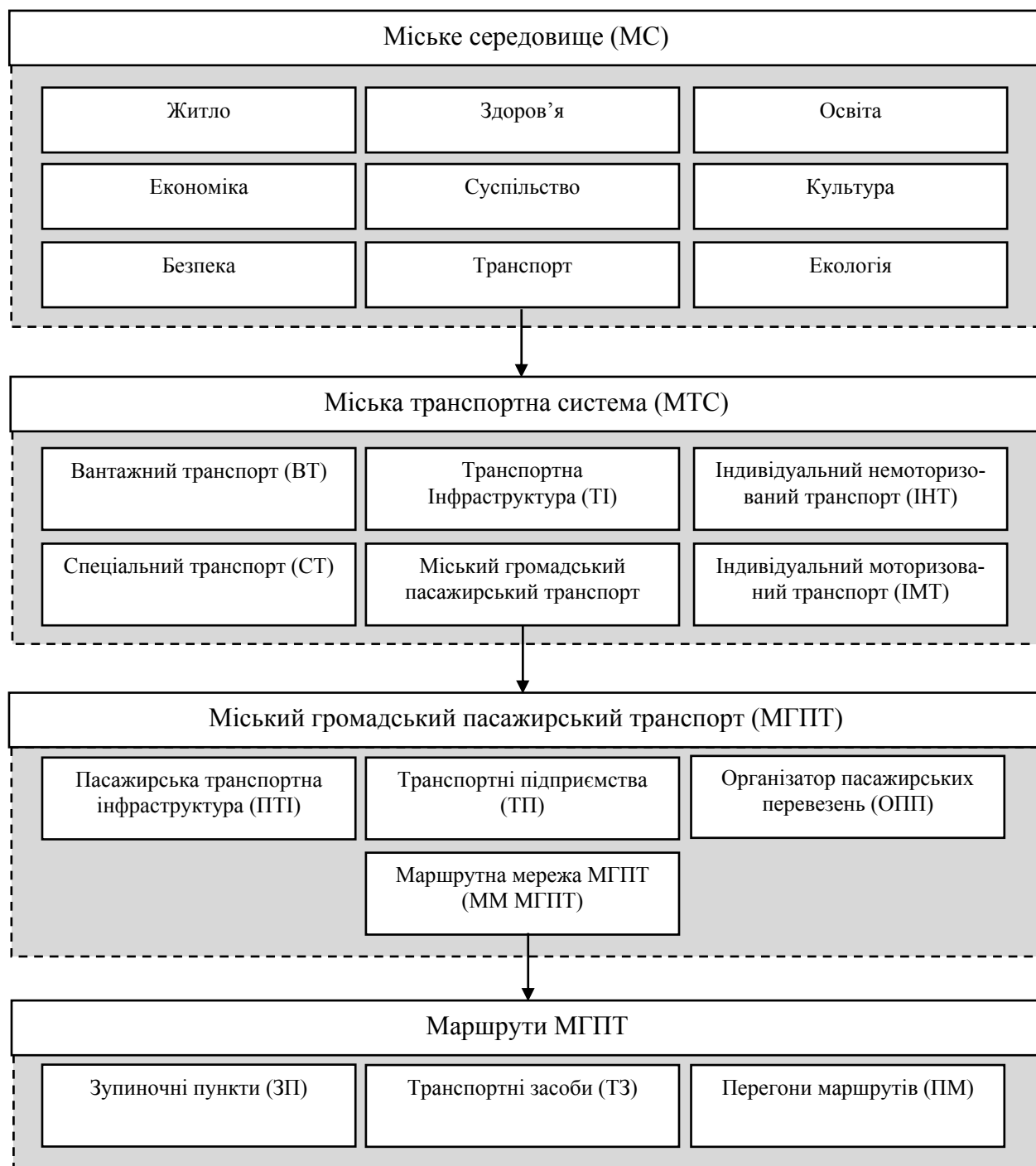


Рис. 2.4. Склад операційних елементів МГПТ у структурі МС

До складу функціональних систем поряд з операційною підсистемою входять споживча та керуюча підсистеми. На основі виділених методологічних рівнів дослідження МГПТ, можна виділити відповідні їх види (рис. 2.5).

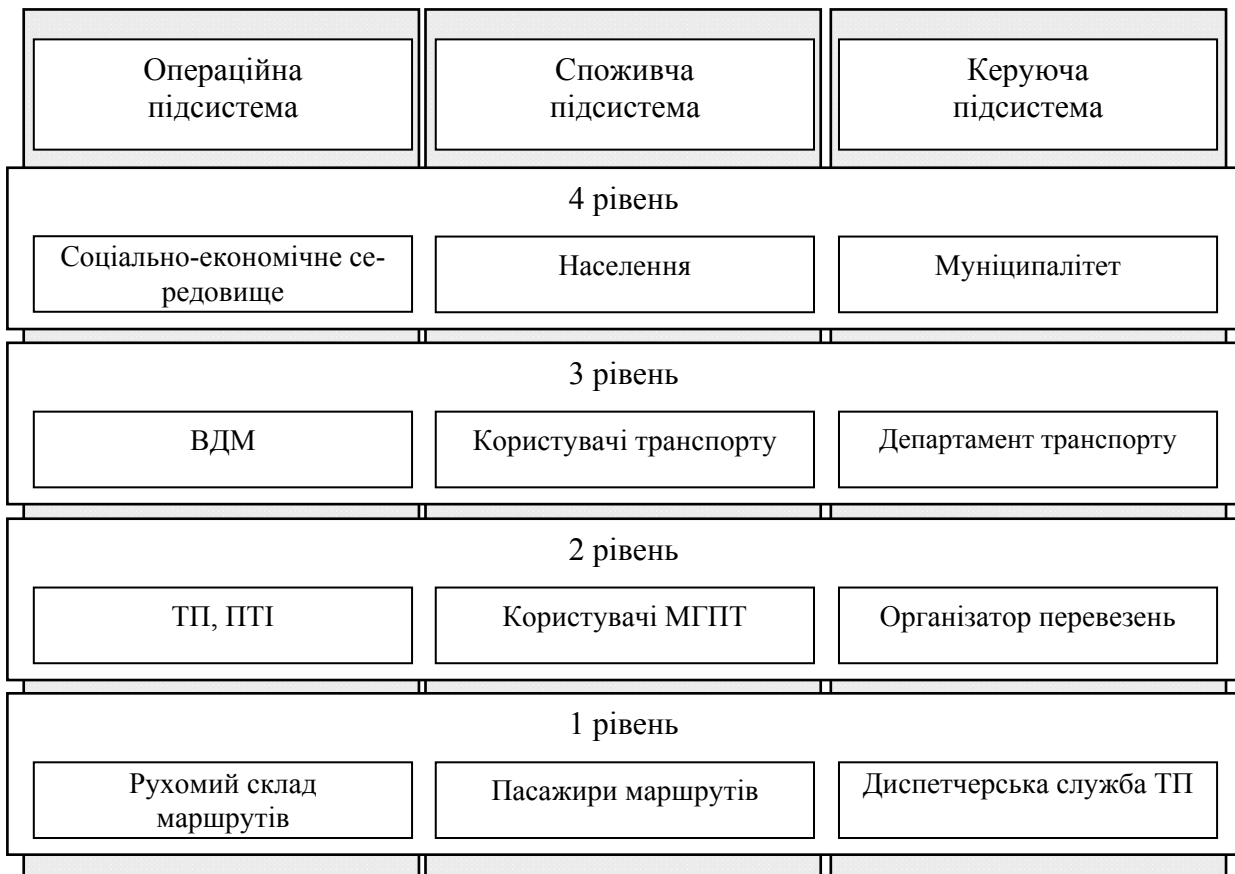


Рис. 2.5. Склад функціональних підсистем МГПТ

Важливим етапом дослідження МГПТ з позицій метасистеми МС є виділення меж внутрішнього та зовнішнього середовища. Критерієм визначення меж внутрішнього середовища є умова забезпечення єдиного керуючого впливу на елементи. Відповідно методології опису функціональних систем [199] у структурі системи потрібно визначити наступні базові компоненти: учасник, елемент, основна та допоміжна діюва особи, варіант системи, обов'язки системи. Учасниками системи є суб'єкти які приймають відповідні дії в процесі її функціонування. У структурі МГПТ в якості учасників виступають: пасажири, транспортні підприємства, оператори інфраструктури, муніципалітет. До елементів системи відноситься та частина яка не підлягає подальшому поділенню на підсистеми і може бути представлена як їх структурна одиниця. Виділення елементів МГПТ проводиться на основі аналізу структури і складу технологічних процесів та може бути розподілене в залежності від середовища де вони виконуються. Важливим етапом визначення структурних параметрів системи є визначення її основних та допоміжних діючих осіб. Під основною діючою особою у системі слід розуміти її

учасника який звертається до неї за послугою, визначає її мету і запускає варіант її використання. При цьому слід зазначити, що окремі основні діючі особи не мають безпосередньої взаємодії з системою.

Для МГПТ основною діючою особою є населення яке звертається за послугою. При цьому вимоги які висуваються до МГПТ пасажирями є основними критеріальними параметрами формування його функціональної мети. До допоміжних діючих осіб відносяться організації які надають відповідні послуги для МГПТ. Вони можуть бути представлені, як у вигляді зовнішньої діючої особи так і внутрішньої. Межі внутрішніх та зовнішніх середовищ МГПТ в структурі МС визначені на основі обліку структури їх взаємодії та наведені на рис. 2.6.

Структура внутрішньосистемних зв'язків МГПТ у складі метасистеми МС має багаторівневий характер, у значній мірі визначає його потенціал і впливає на формування умов забезпечення його ефективного стану. Структурно-організаційна модель зв'язків яка відображає складові підсистеми МГПТ у складі метасистеми МС наведена на рис. 2.7.

Огляд методів оцінки ефективності МГПТ проведений у першому розділі довів, що методи які використовуються для оцінки його ефективності спрямовані, як правило, на оцінку його у вигляді відокремленої структури і не мають достатньої обгрунтованості стосовно їх відповідності загальній меті метасистеми МС. Для ергатичних та соціально-економічних систем, до яких можна віднести МГПТ, визначення єдиного критерію ефективності є досить складна задача яка не може бути вирішена без використання системного підходу. Особливої важливості ця задача набуває при формуванні стратегічних планів розвитку МГПТ.

При вирішенні такої задачі необхідно проводити оцінку реального стану МГПТ та виділення перспектив його розвитку на основі аналізу можливих варіантів змін його компонент. Однак багатогранність впливу внутрішніх та зовнішніх зв'язків, наявність значної кількості зворотних зв'язків, нестабільність у часі не дозволяють знайти досить простого аналітичного опису ефективності МГПТ і вимагають впровадження системної форми її представлення, яка базується на аналізі структурно-організаційного характеру внутрішнього та зовнішнього середовища.

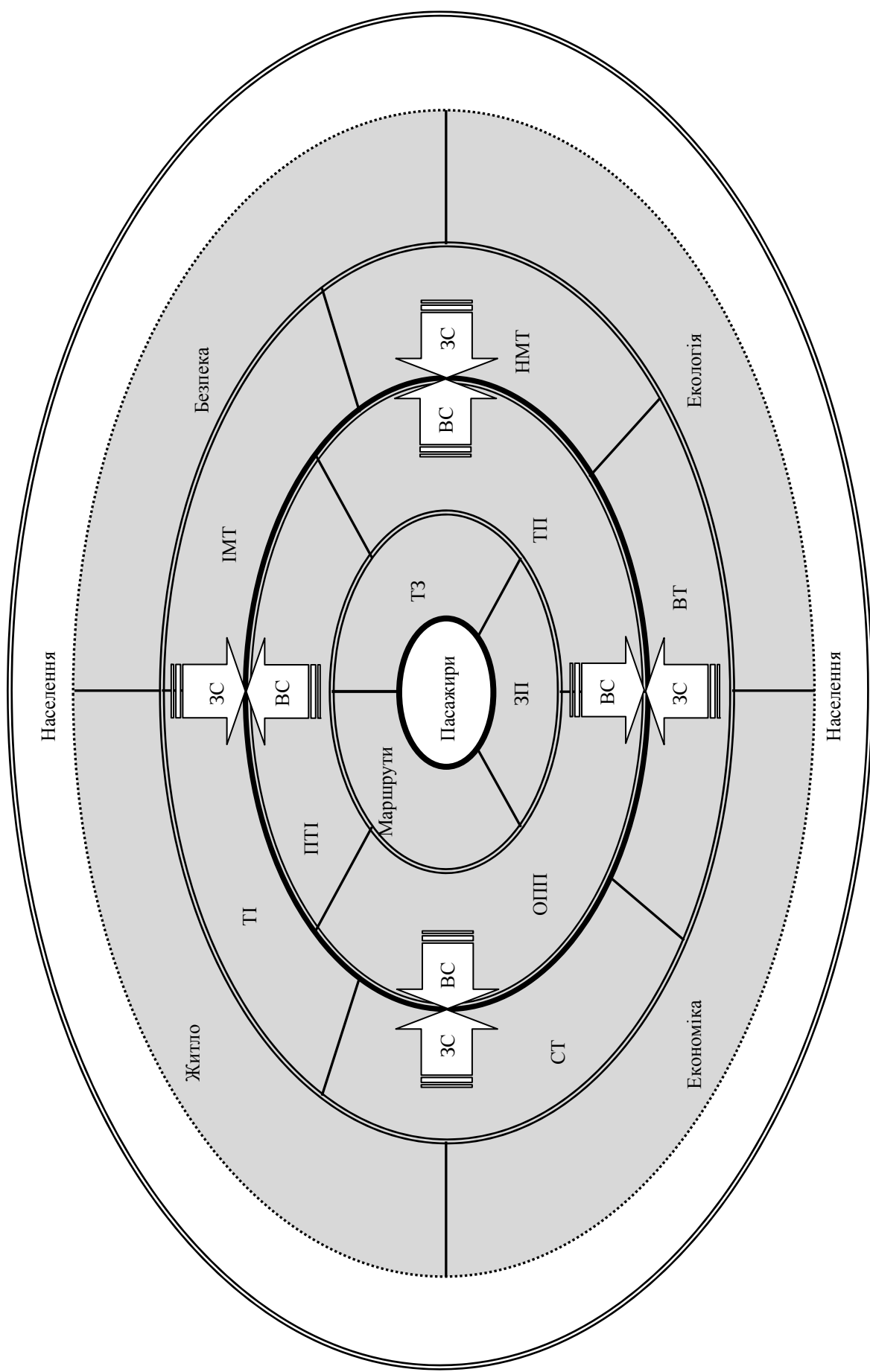


Рис. 2.6. Межі середовищ МГПТ у структурі метасистеми МС

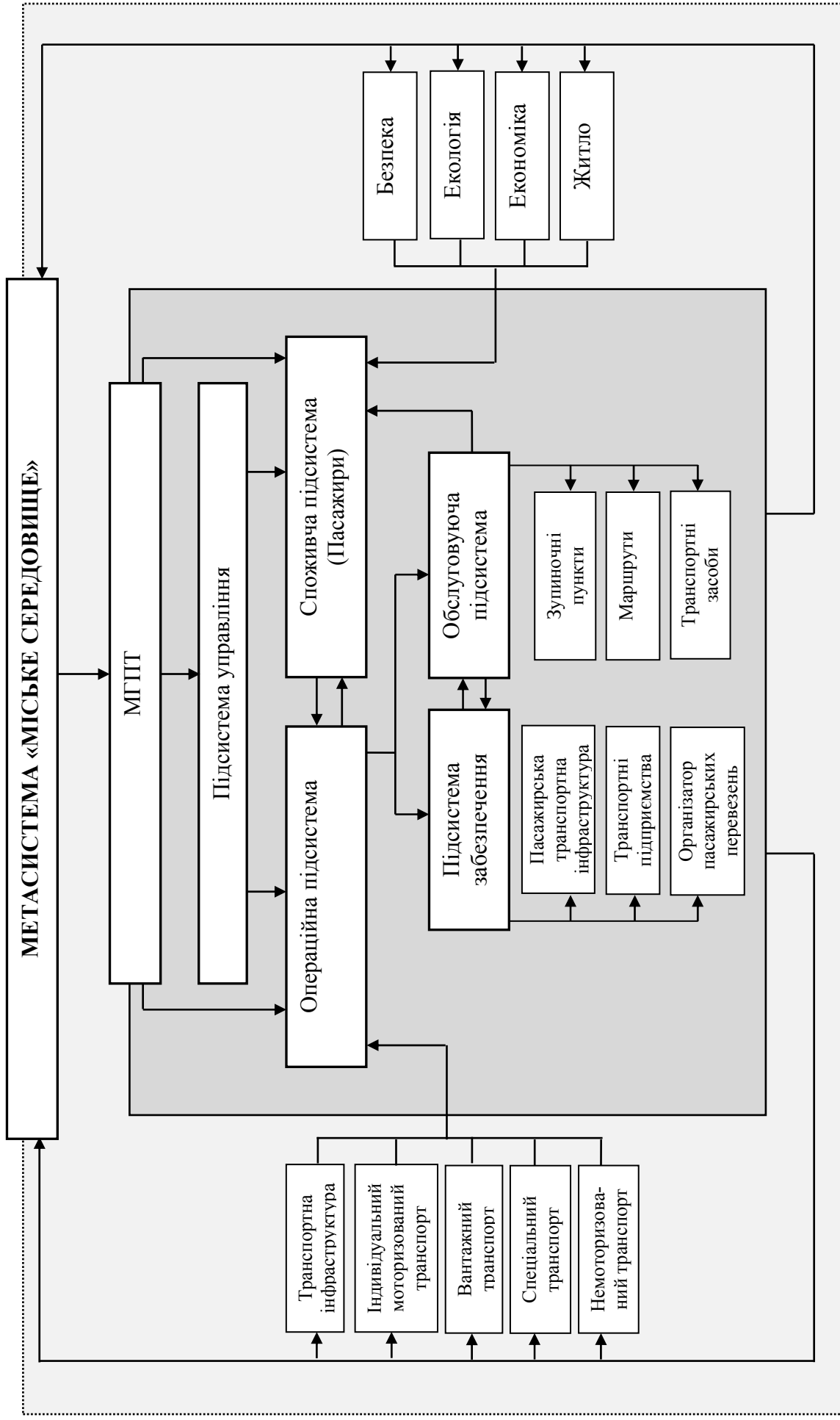


Рис. 2.7. Структурно-організаційна модель зв'язків МПТТ у складі метасистеми МС

Складність виділення показників системної ефективності МГПТ обумовлюється тим, що вона не є інтегральними показником окремих елементів системи і за своїм змістом повинна характеризувати не окремі елементи, а відображати властивості цілісної системи з позицій мета системи МС.

Взяв за основу існуючі дефініції поняття системної ефективності [200] можна сформулювати таку понятійну категорію для МГПТ. Під системною ефективністю МГПТ слід розуміти стан його відповідних структурних елементів, які визначають можливість максимального використання та нарощування його потенціалу в умовах взаємодії зі зовнішньою середою та формують рівень організованості ціленаправленого довгострокового функціонування мета системи «міське середовище» до складу якої він входить. Системна ефективність МГПТ виходить за його межі і базується на виділенні потенціалу всіх рівнів мета системи МС шляхом оцінки стану використання ресурсів всіх її систем, аналізу їх граничних обмежень чуткості, відображає направленість та динаміку процесів його функціонування і розвитку.

Процедура дослідження системної ефективності МГПТ з позицій запропонованого багаторівневого підходу передбачає виконання відповідної послідовності етапів, які підпорядковані вирішенню загальної проблеми. Загальна мета такого процесу полягає у забезпеченні сталого стану внутрішнього та зовнішнього середовища МГПТ при якому досягається максимальна реалізація наявного його потенціалу та реалізується його нарощення в умовах взаємодії зі зовнішнім середовищем. На основі виділених підходів і принципів оцінки системної ефективності МГПТ можливо виділити послідовність його системного дослідження яка базується на принципах інтеграції, ресурсно-результивного балансу та конфліктології складових елементів мета системи (рис. 2.8).

Дослідження МГПТ з позицій багаторівневого підходу починається з аналізу його існуючих проблем і виділення його ролі у досягненні її бажаного стану мета системи МС. На основі сформованої ціннісної орієнтації виділяються задачі удосконалення операційних та керуючих підсистем для кожного його методологічного рівня. Процедура виділення пріоритетів вирішення задач підсистем має своєю метою визначення форм та способів їх реалізації і в значній мірі визначається ресурсними можливостями відповідних рівнів функціональних систем мета системи МС.



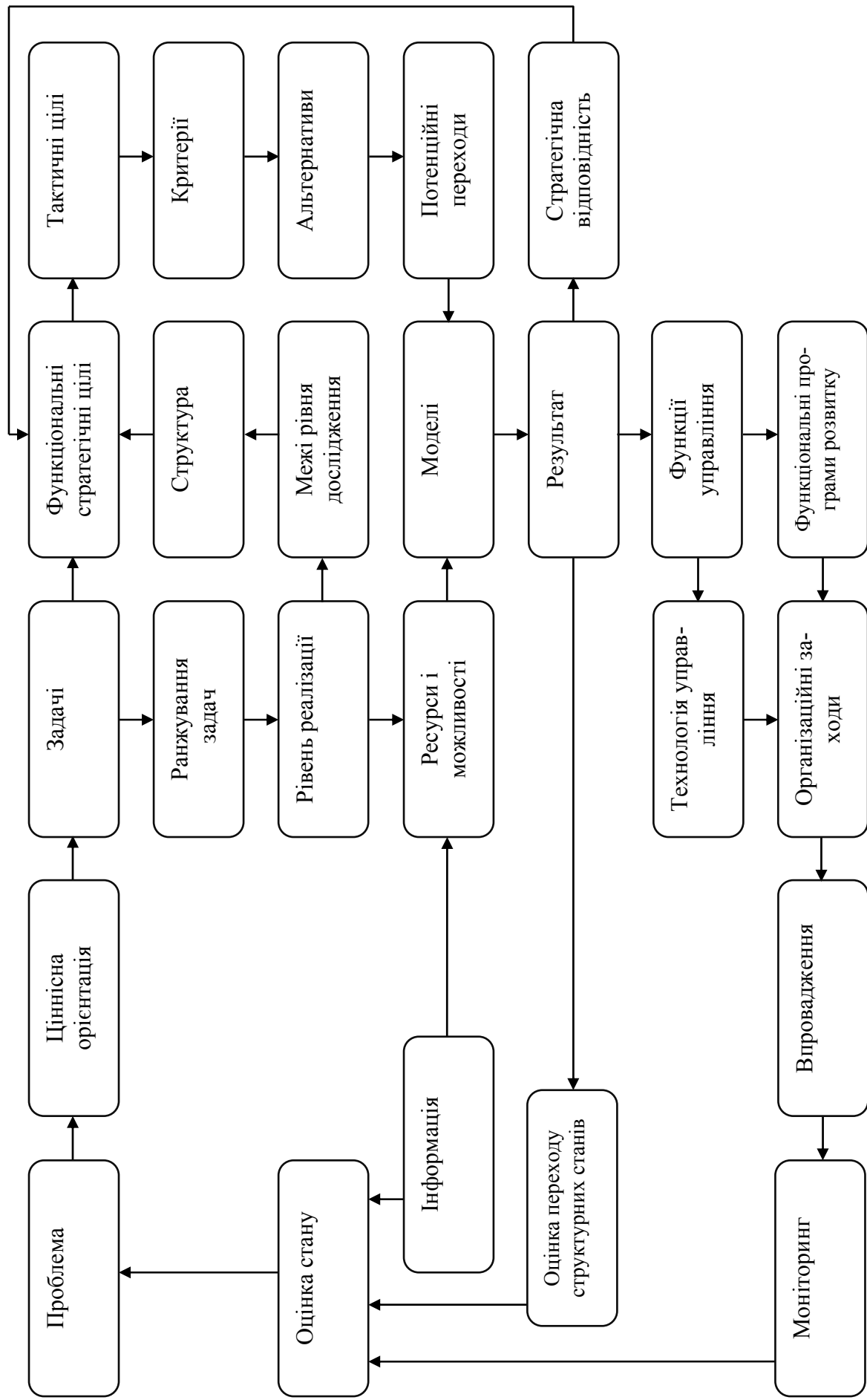


Рис. 2.8. Етапи системного дослідження МГПТ

Виділення функціональних цілей МГПТ проводиться шляхом оцінки структури відповідних рівнів та виділених на їх основі загального відбору конкретних умов реалізації поставлених задач дослідження. Формування альтернатив досягнення поставленої загальної мети мета системи МС передбачає виділення критеріїв їх вибору на основі аналізу потенційних переходів її підсистем на новий якісний рівень. Формування потенційних переходів системи до нового якісного рівня проводиться шляхом визначення рівня бар'єрів, обмеження та оцінки порогів чуткості переходу операційних систем до умов забезпечення сталості мета системи МС та МГПТ.

Процедура формування моделей є ключовим операційним етапом дослідження складних систем. Забезпечення ефективного рівня проведення дослідження МГПТ з позицій мета системи МС можливе на основі використання сукупності під моделей, які формують єдину системну модель шляхом синтезу статичних та динамічних процесів в умовах різних рівнів їх реалізації (рис. 2.9).

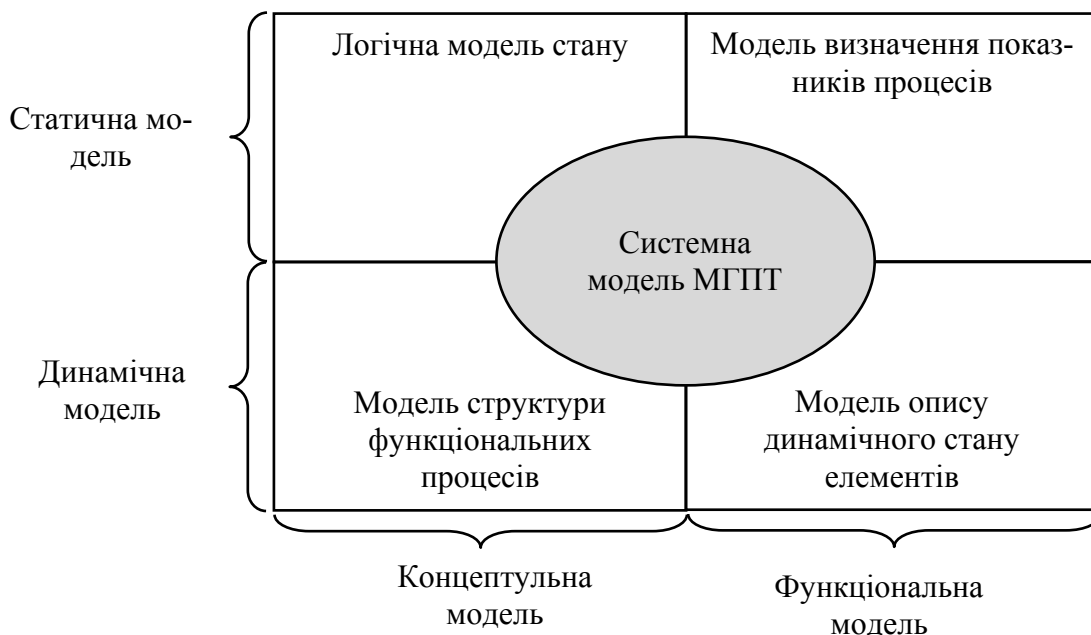


Рис. 2.9. Системна модель МГПТ

Системна модель МГПТ дозволяє представити його у вигляді структурної складової відповідних елементів та підсистем які входять до складу мета системи МС. Така форма створення моделей МГПТ відкриває широкі можливості для формування міжрівневих механізмів управління та визначення функціональних програм розвитку внутрішніх та зовнішніх підсистем. Формування за допомогою

системної моделі МГПТ алгоритмів управління дозволяє виділити організаційні заходи та на основі моніторингу всіх рівнів мета системи МС та провести оцінку переходу структурних його станів в умовах обліку ресурсних можливостей її елементів.

## **2.2. Структура багаторівневої оцінки ефективності МГПТ**

При оцінці системної ефективності МГПТ необхідно визначитися з можливими її напрямками оцінки для кожного методологічного рівня. Напрямок оцінки ефективності МГПТ визначається цільовим характером його функціонування і відповідністю глобальній меті мета системи МС в складі якої він відіграє важливу роль. Виділення рівнів, напрямів і форм оцінки ефективності МГПТ в межах мета системи МС можливо провести на основі визначених методологічних рівнів його дослідження (рис. 2.10).

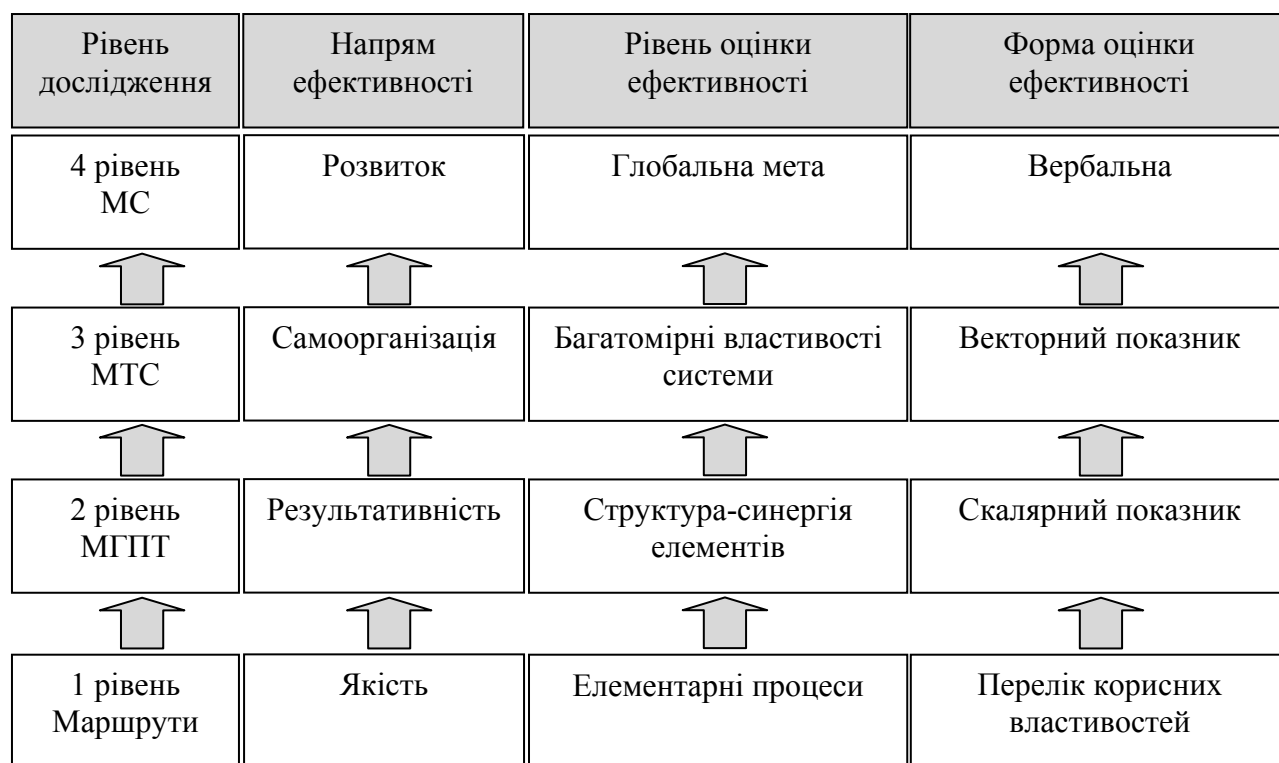


Рис. 2.10. Напрями дослідження ефективності МГПТ

Важливим етапом представлення методичних рівнів дослідження ефективності МГПТ є формалізація форм її оцінки. На пер-

шому рівні оцінка ефективності проводиться шляхом формування переліку корисних властивостей МГПТ, які забезпечуються в умовах маршрутної мережі (ММ) і дає уявлення про ефективність елементарних технологічних процесів з позицій споживачів транспортних послуг – пасажирів. Цей рівень відноситься до елементарного рівня дослідження. На даному етапі розгляд ефективності МГПТ з системної позиції не проводиться внаслідок того, що сукупність елементарних окремих технологічних процесів не дозволяє представити їх як цілісну систему.

Другий рівень дослідження ефективності МГПТ, який за своїм методологічним значенням відповідає рівню відносно простої системи, дозволяє перейти до представлення його ефективності у вигляді єдиного комплексного показника, який відображає його узагальнений результат шляхом обліку сукупності техніко-експлуатаційних, техніко-економічних та якісних показників технологічного процесу. Ефективність МГПТ на даному рівні може бути об'єктивно представлена скалярним показником в узагальненому вигляді. Третій рівень передбачає дослідження ефективності МГПТ з позицій його взаємодії зі зовнішнім середовищем. Дослідження МГПТ на цьому рівні передбачає розгляд його як складової частини міського транспорту. Характерною рисою опису ефективності МГПТ на такому рівні є необхідність оцінки стану її самоорганізації, яка формується на принципах рефлексії. Принцип рефлексії полягає у тому, що МТС самостійно формує свої зміни як відповідь на зовнішні впливи та зміни характеру внутрішніх зв'язків. Принцип самоорганізації базується на формуванні вимог досягнення конкретних узагальнених цілей системи. У випадку представлення МГПТ з такого рівня його мета представляється у забезпеченні надійного та якісного рівня організованості транспорту.

Сучасні умови концентрації населення в містах призводять до виникнення безлічі проблемних питань стосовно забезпечення приємних умов проживання населення міст. Ці процеси призводять до гострої нехватки ресурсів якими володіє сучасне міське середовище. Проблема підвищення ефективності використання міських ресурсів є стратегічною задачею не тільки окремих суб'єктів соціально-економічного простору міст, а і в значній мірі визначає пріоритетні напрями удосконалення всього міста. Така постановка

задачі вимагає вирішення задачі оцінки результатів роботи не окремих систем забезпечення життєдіяльності міського середовища, а формування умов реалізації всього його потенціалу. Важливою рисою в такому аспекті є оцінка можливості розгляду умов формування сталого розвитку мета системи МС за рахунок удосконалення МГПТ. Враховуючи таку ситуацію актуальною стає потреба впровадження четвертого методологічного рівня дослідження ефективності МГПТ при якому вона розглядається з загальних позицій мета системи МС. На цьому рівні необхідно дослідити глобальну мету мета системи МС і визначити рівень впливу МГПТ на її досягнення. Складність представлення такого рівня полягає у неможливості її чіткої формалізації. Аналіз діяльності будь-якої мета системи можливий лише на вербальному рівні [198]. Ефективність мета системи МС формується на основі логіки і може бути формалізована за допомогою булевої алгебри шляхом виділення характеру внутрішніх та зовнішніх взаємозв'язків.

Ефективність МГПТ відображає його якісну характеристику, яка залежить від стану складових елементів і характеру їх взаємодії, як у внутрішньому, так і у зовнішньому середовищі. Кожний елемент МГПТ в ході його функціонування передбачає виконання певних процесів, які призводять до зміни, як його внутрішніх складових, так і мета системи МС в цілому. Функціонування МГПТ передбачає зміну свого стану і одночасно призводить до зміни стану мета системи МС. Таке явище досягається шляхом реалізації процесів, які відбуваються в межах всіх рівнів його ієрархії. Охарактеризувати мета систему МС можна за допомогою сукупності станів її елементів і зв'язків між ними. Сукупність процесів які відбуваються в межах МГПТ мають структуру, яка в повній мірі відповідає структурі її елементів. У загальному вигляді стан мета системи МС можна представити у вигляді поєднання множин станів її складових систем:

$$S_S = S_1 \cap S_2 \cap \dots \cap S_n, \quad (2.1)$$

де  $S_1, S_2, S_n$  - відповідно стан систем 1, 2 і  $n$ .

Стан кожної системи, яка входить до складу мета системи МС, характеризується множиною параметрів до яких відносяться: елементарна структура, внутрішньосистемні взаємозв'язки, ресурсно-результативні можливості, чинники зовнішнього впливу та ін.

Сукупність елементів кожної системи описується її складом і представляється множиною, розмірність якої відповідає кількості структурних елементів системи:

$$E_{cn} = \{e_{ni}\}, i = \overline{1, b_n}, \quad (2.2)$$

де  $e_{ni}$  – кількість елементів рівня  $n$ ;

$b_n$  – кількість суб'єктів процесів у межах системи рівня  $n$ .

Внутрішньосистемні зв'язки формуються на основі структурно-функціональних процесів і описуються множиною параметрів, розмірність якої відповідає кількості взаємозв'язків між внутрішніми елементами системи:

$$Z_{cn} = \{z_{ni}\}, i = \overline{1, d_n}, \quad (2.3)$$

де  $z_{ni}$  – зв'язок між елементами рівня  $n$ ;

$d_n$  – кількість взаємозв'язків між елементами рівня  $n$ .

Процес функціонування МГПТ можна представити, як зміну його стану та суб'єктів метасистеми які знаходяться у взаємодії з ним. Функціонування кожної системи передбачає використання відповідних ресурсів які перетворюються в результат. Результат функціонування – це кількісна оцінка рівня досягнення поставленої мети. Формування мети проводиться для кожного рівня шляхом послідовної трансформації її у глобальну мету метасистеми МС. Метою МГПТ є своєчасне і якісне задоволення потреб населення у реалізації пересувань через забезпечення доступної якісної мобільності. У подальшому в ході трансформації мета МГПТ займає свою частину у глобальній меті метасистеми МС (рис. 2.11).

Рівень досягнення виділеної мети визначається на основі отриманого результату, який може бути представлений множиною показників:

$$A_{cn} = \{a_{ni}\}, i = \overline{1, c_n}, \quad (2.4)$$

де  $a_{ni}$  – результативний показник рівня  $n$ ;

$c_n$  – кількість результативних показників рівня  $n$ .

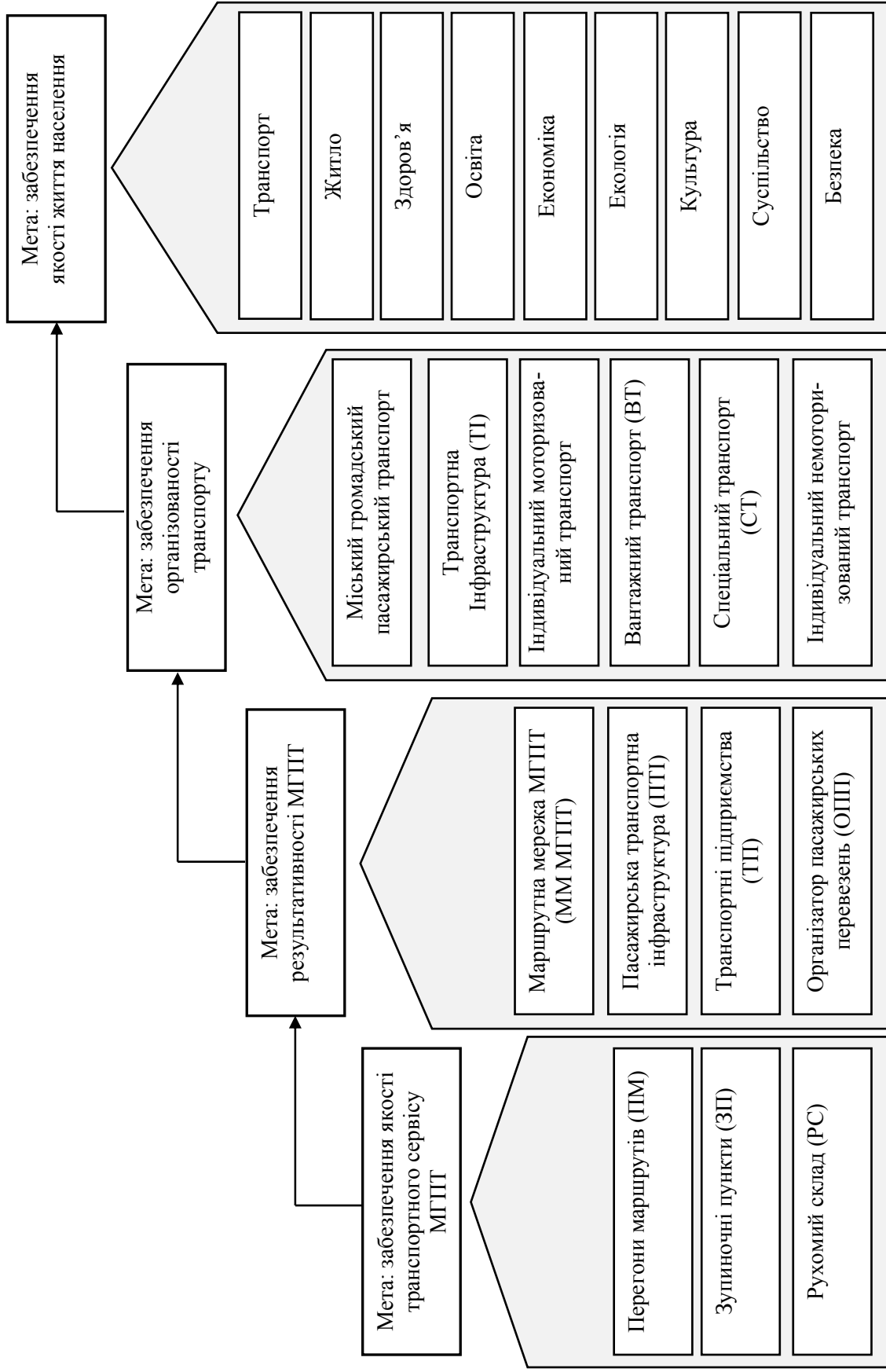


Рис. 2.1.1. Формування загальної мети метасистеми МС

Реалізація функціональних процесів спрямованих на досягнення мети для кожного рівня вимагає використання відповідних ресурсів. Форма ресурсів для кожного рівня має вид який відповідає поставленим задачам. Множина ресурсів визначається кількістю їх видів, які використовуються на відповідному рівні:

$$R_{cn} = \{r_{ni}\}, i = \overline{1, l_n}, \quad (2.5)$$

де  $r_{ni}$  – ресурс елементів рівня  $n$ ;

$l_n$  – кількість видів ресурсів рівня  $n$ .

Важливу роль при забезпеченні умов ефективного функціонування МГПТ відіграють чинники зовнішнього впливу, які мають різний характер і основу їх формування. Множина чинників зовнішнього впливу:

$$G_{cn} = \{g_{ni}\}, i = \overline{1, h_n}, \quad (2.6)$$

де  $g_{ni}$  – стан елементів рівня  $n$ ;

$h_n$  – кількість елементів рівня  $n$ .

Стан систем, які входять до метасистеми МС може бути представлений сукупністю параметрів:

$$S_n = \{s_n | s_n \in E_{cn} \wedge s_n \in Z_{cn} \wedge s_n \in R_{cn} \wedge s_n \in A_{cn} \wedge s_n \in G_{cn}\}, \quad (2.7)$$

де  $s_n$  – множина параметрів стану рівня  $n$ .

Стан мета системи МС з позиції впливу на нього МГПТ може бути представлений у вигляді множини параметрів які формуються на її нижніх рівнях:

$$S_c = \{s_c | s_c \in S_{cc} \wedge s_t \in S_{ct} \wedge s_u \in S_{cu} \wedge s_r \in S_{cr}\}, \quad (2.8)$$

де  $s_c$  – параметри, що визначають стан метасистеми МС;

$s_r$  – параметри стану системи 1 рівня (маршрути МГПТ);

$s_u$  – параметри стану системи 2 рівня (МГПТ як система);

$s_t$  – параметри стану системи 3 рівня (МТС).

Структура ієрархії представлення МГПТ в умовах метасистеми МС наведена на рис. 2.12.



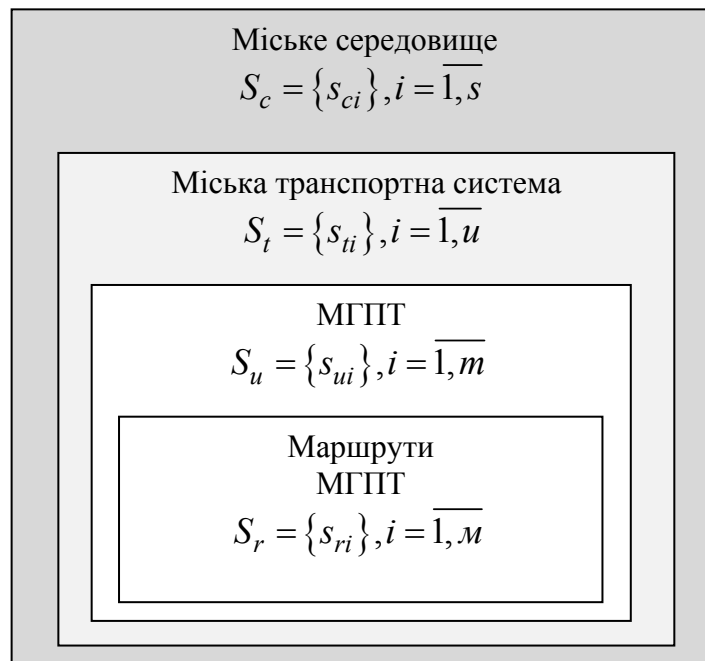


Рис. 2.12. Структура ієрархії МГПТ в складі МС

Розгляд ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС не може бути реалізовано без обліку його рівня корисності для інших систем. Це пояснюється наявністю зв'язку МГПТ зі структурою та властивостями інших рівнів ієрархії метасистеми МС. Така форма представлення МГПТ передбачає трансформацію результатів отриманих від МГПТ у форму загального сприйняття рівня якості життя населення. Трансформація результату МГПТ має ускладнюючий характер і передбачає поетапне його перетворення і доповнення через системи вищого рівня в результат метасистеми МС. Структура результативно-цільових внутрішніх зв'язків МГПТ в умовах метасистеми МС представлена на рис. 2.13.

Ефективність, як і будь-яка властивість системи, володіє певною інтенсивністю своєї прояви. Важливим поняттям теорії ефективності є виділення критерію ефективності, який відображає ступінь відповідності поставленій меті і визначає стан складових елементів системи. Міру інтенсивності прояву ефективності називають показником ефективності [201], який для складних систем має більш розгорнуте визначення [202]: «показник ефективності великої системи – це кількісна характеристика кінцевого результату її функціонування і розвитку протягом обумовленого періоду в порівнянні з цільовим нормативом і витратою ресурсів при заданих характеристиках стану системи і впливу зовнішнього середовища, а також при заданому векторі управління».

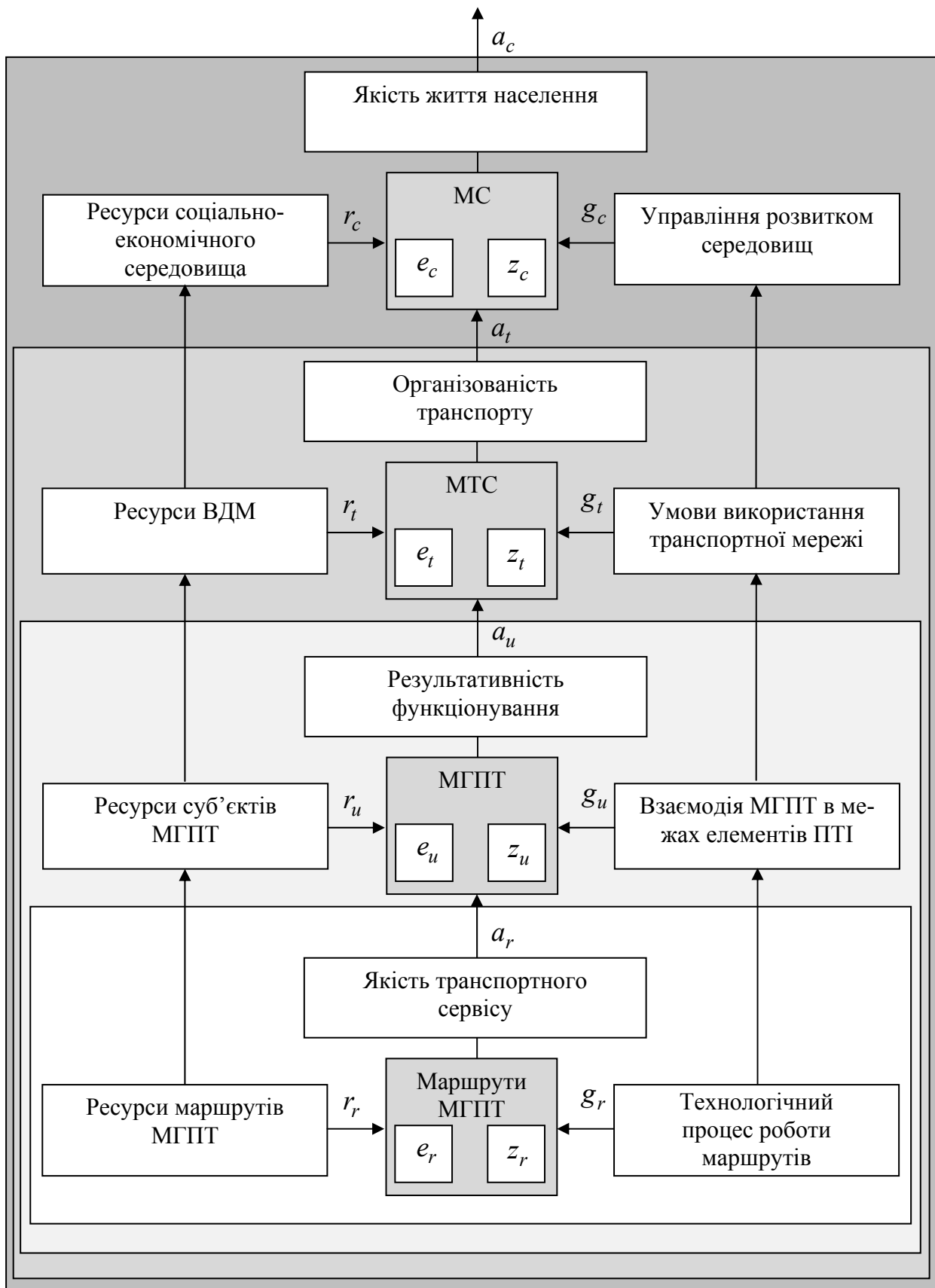


Рис. 2.13. Результативно-цільові зв'язки МГПТ в структурі метасистеми МС

Така форма представлення критерію ефективності повністю відповідає вимогам щодо створення сталого міського середовища і дозволяє визначити ступінь відповідності МГПТ глобальній меті метасистеми МС за окремими визначеними методологічними рівнями його дослідження.

Вагомим чинником який впливає на ефективність МГПТ є її складність, яка характеризується наявністю відповідної кількості елементів та їх станів. Опис ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС передбачає формування сукупності показників ефективності у вигляді кінцевого набору для кожного рівня дослідження і структурованого взаємозв'язку між ними. Особливої уваги при формуванні показників ефективності складних систем слід приділяти їх збалансованості яка досягається шляхом обліку внутрішніх конфліктів та компромісів [203]. Реалізація таких компромісів досягається шляхом впровадження принципів балансу системи. Такий підхід передбачає опис взаємодії елементів системи у загальному вигляді з урахуванням всіх факторів формування конфлікту і можливого характеру їх взаємодії, причин та механізмів конфліктів. Узагальнене представлення ефективності для кожного рівня дослідження може бути реалізовано у вигляді сукупності показників, які формують відповідну множину параметрів оцінки ефективності:

$$Eff \in \{eff_1, eff_2, \dots, eff_n\}, \quad (2.9)$$

де  $eff_1, eff_2, \dots, eff_n$  – параметри оцінки ефективності системи відповідно 1, 2 та  $n$ -го рівня дослідження.

Важливою умовою дослідження системної ефективності МГПТ є забезпечення інтеграційних процесів на всіх рівнях його ієрархії. Впровадження інтеграційних принципів оцінки ефективності МГПТ дозволяє вирішувати задачі формування сталого стану МС шляхом впровадження комплексного підходу, який спрямований на одержання загального системного ефекту з урахуванням цільових інтересів всіх його структур. Реалізація інтеграційних процесів у дослідженні системної ефективності МГПТ досягається використанням принципів системного підходу і може бути представлена у вигляді структурної моделі інтеграції. Вона полягає у забезпеченні міжрівневого зв'язку показників оцінки ефективності і можливості їх трансформації у кінцевий результат мета системи МС. У загальному виді міжрівнева

інтеграція оцінки ефективності МГПТ може бути представлена як об'єднання множин показників ефективності для відповідних рівнів:

$$Eff_c \subset Eff_t \subset Eff_u \subset Eff_r, \quad (2.10)$$

де  $Eff_c$ ,  $Eff_t$ ,  $Eff_u$ ,  $Eff_r$  – множина параметрів оцінки ефективності для рівня: 1-й (маршрути), 2-й (МГПТ), 3-й (МТС), 4-й (МС) відповідно.

Для прийняття рішення про досягнення системою визначеної мети, необхідний критерій ефективності, який представляється як правило, що дозволяє зіставляти стратегії, які характеризуються різним ступенем досягнення мети, і здійснювати спрямований вибір стратегій з безлічі допустимих [204]. Критерій ефективності вводиться на основі певної концепції раціональної поведінки (вироблення рішень): придатності, оптимізації, адаптивізації. При ієрархічному розгляді ефективності МГПТ її оцінка проводиться для кожного рівня її представлення [205] з подальшою інтеграцією у єдине ціле. У загальному вигляді показник ефективності окремого рівня представляється як певна функція або функціонал:

$$Eff_k = \Phi(A_k, R_k, G_k), \quad (2.11)$$

де  $A_k$  – результат функціонування на рівні  $k$ ;

$R_k$  – витрати ресурсів для отримання результату  $A_k$  на рівні  $k$ ;

$G_k$  – чинники впливу на рівні  $k$ .

Функціонування МГПТ може розглядатися, як сукупність процесів перетворення ресурсів у результат, при цьому відбувається зміна його внутрішнього та зовнішнього стану. Під процесом слід розуміти сукупність дій послідовної зміни стану вхідних і вихідних параметрів елементів МГПТ і зовнішніх структур. Під вхідними параметрами розуміється сукупність ресурсів, що використовуються, вихідні параметри – результат процесу який може бути відображений у вигляді набору показників.

Обсяг використаних ресурсів, як правило визначають через значення абсолютного або відносного рівня їх витрат. Однак сучасні умови роботи МГПТ пов'язані з актуальністю його ресурсоефективності вимагають пошуку нових форм оцінки ефективності використання ресурсів. Такі форми повинні забезпечувати можливість оцінки критичності ресурсних параметрів відносно умов надійності технологічних процесів МГПТ. Вирішення цієї задачі досягається шляхом

оцінки ефективності використання ресурсів МГПТ через оцінку їх резервів. Обмеження та диспропорція резервів ресурсів призводить до неможливості забезпечення стабільності технологічних процесів МГПТ, внаслідок чого відбувається зниження його ефективності та суттєво збільшується його негативний вплив на МС. Основним показником який відображає ресурсну ефективність МГПТ за таких умов є рівень їх резервів, які є складовою його потенціалу. Резерв ресурсів МГПТ у загальному вигляді представляється як різниця між обсягом доступного ресурсу і тим, що використано:

$$Vrr_i = Vra_i - Vru_i \quad (2.12)$$

де  $Vra_i$  - обсяг доступного до використання  $i$ -го виду ресурсу;

$Vru_i$  – обсяг  $i$ -го виду ресурсу, який фактично використаний.

Резерв ресурсу є визначальним параметром забезпечення умов переходу МГПТ до нового якісного рівня. Рівень резервів визначає можливості МГПТ до розвитку, безпосередньо оказує вплив на умови забезпечення його надійності, доступності та якості. Рівень наявного резерву ресурсів оцінюється коефіцієнтом резервних можливостей:

$$Krc_i = \frac{Vrr_i}{Vru_i}. \quad (2.13)$$

Представлення системної ефективності МГПТ з позицій мета-системи МС передбачає опис елементів у вигляді кінцевого їх набору і характеру взаємозв'язків між ними. Особливої уваги при формуванні показників ефективності складних систем слід приділяти їх збалансованості, яка досягається шляхом обліку внутрішніх конфліктів та компромісів. Реалізація таких компромісів досягається через впровадження принципів балансу системи. Такий підхід передбачає опис взаємодії елементів у загальному вигляді з урахуванням всіх чинників формування конфлікту і можливого характеру їх взаємного впливу. При формуванні системної ефективності МГПТ слід врахувати можливі конфлікти ефективності різних рівнів. Для цього потрібно побудувати модель формування міжрівневих переваг, як інструмент квантифікації цілей складних систем [203]. Для формалізації такої моделі виділимо поняття «мета рівня». Мета рівня формується на основі якісного призначення елементів системи відповідного рівня.

Умовою досягнення ефективного стану метасистеми МС є погодження результатів складових систем з її загальною метою. Тобто ефективність першого рівня повинна відповідати досягненню мети другого рівня, ефективність другого рівня повинна відповідати меті другого рівня і т.д. Визначення мети різних рівнів формується на основі побудови дерева цілей. Стан кожного рівня забезпечує наближення або віддалення відносно кінцевої мети метасистеми МС. При порівнянні станів одного рівня можливе встановлення чотирьох видів співвідношень [203]:

$$S_k^i \stackrel{M_{k+1}}{>} S_k^j, \quad S_k^i \stackrel{M_{k+1}}{<} S_k^j, \quad S_k^i \stackrel{M_{k+1}}{\cong} S_k^j, \quad S_k^i \stackrel{M_{k+1}}{\neq} S_k^j, \quad (2.14)$$

де  $S_k^i$  – стан  $i$ -го варіанту системи  $k$ -го рівня;

$S_k^j$  – стан  $j$ -го варіанту системи  $k$ -го рівня;

$M_{k+1}$  – мета системи наступного за  $k$ -м рівнем;

$\stackrel{M_{k+1}}{>}$  – рівень переваги  $i$ -го варіанту системи над  $j$ -м відносно досягнення мети функціонування системи рівня  $k+1$ ;

$\stackrel{M_{k+1}}{<}$  – рівень недоліку  $i$ -го варіанту системи над  $j$ -м відносно досягнення мети функціонування системи рівня  $k+1$ ;

$\stackrel{M_{k+1}}{\cong}$  – рівень еквівалентності  $i$ -го варіанту системи з  $j$ -м варіантом відносно досягнення мети функціонування системи рівня  $k+1$ ;

$\stackrel{M_{k+1}}{\neq}$  – рівень неможливості порівняння переваг  $i$ -го варіанту системи над  $j$ -м варіантом відносно досягнення мети функціонування системи рівня  $k+1$ .

На основі визначеного характеру видів співвідношень можливо реалізувати процедуру пошуку раціонального стану рівнів МГПТ. Пошук ефективного стану проводиться з множини доступних альтернатив відповідного рівня шляхом вибору варіанту, який відповідає умовам забезпечення збільшення ефективності системи вищого рівня:

$$S_k^i \stackrel{M_{k+1}}{>} S_k^j \Rightarrow Eff_{k+1}^i > Eff_{k+1}^j, \quad (2.15)$$

Вибір варіанту функціонування МГПТ з позиції метасистеми МС може бути реалізований шляхом побудови графу конгруентності

взаємозв'язків між рівнями системи. Однак така постановка дає можливість визначення лише загальних напрямів розвитку систем і не дозволяє вирішувати окремі локальні задачі пошуку раціональних рішень. Для визначення раціональних альтернатив необхідно забезпечити перехід від бінарних співвідношень до визначення переваг за критеріями ефективності. Ефективність визначається показниками, які мають відповідно для кожного рівня свою шкалу виміру. Зміна ефективності системи на відповідному рівні досягається не лише за рахунок операцій цього рівня, а реалізується через заходи реалізовані на іншому рівні. Зміна системної ефективності МГПТ визначається через оцінку можливого стану системи іншого рівня:

$$\Delta Eff_k^i = Eff_{k+1}^i(A_{k+1}^i, R_{k+1}^i, G_{k+1}^i) - Eff_{k+1}^j(A_{k+1}^j, R_{k+1}^j, G_{k+1}^j), \quad (2.16)$$

де  $\Delta Eff_k^i$  – функція прирощення ефективності системи  $k$ -го рівня, яка досягається за рахунок реалізації  $i$ -го варіанту.

Отримання негативного прирощення ефективності рівня  $k+1$  потребує в якості компенсації використання додаткового обсягу ресурсів рівня  $k+1$ . Досягнення результату рівня реалізується за рахунок внутрішньорівневого його прирощення:

$$A_{k+1}^i = (A_{k+1}^j + \Delta A_{k+1}^j), \quad (2.17)$$

де  $\Delta A_{k+1}^j$  – внутрішньорівневий приріст результату МГПТ на рівні  $k+1$ .

Реалізація таких умов можлива за рахунок використання додатного обсягу ресурсів МГПТ відповідного рівня:

$$A_{k+1}^j + \Delta A_{k+1}^j \Rightarrow R_{k+1}^j + \Delta R_{k+1}^j. \quad (2.18)$$

Прирощення ресурсу для досягнення результату призводить до зниження ефективності:

$$\begin{aligned} & Eff_{k+1}^i(A_{k+1}^i, R_{k+1}^i, G_{k+1}^i) > \\ & > Eff_{k+1}^j(A_{k+1}^j + \Delta A_{k+1}^j, R_{k+1}^j + \Delta R_{k+1}^j, G_{k+1}^j + \Delta G_{k+1}^j). \end{aligned} \quad (2.19)$$

При оцінці ефективності МГПТ з позицій його сталого розвитку використовується в якості показника оцінки сталості коефіцієнт

ресурсних можливостей [206]. При такій постановці залежність переходу станів ресурсного забезпечення набуває вигляд:

$$A_{k+1}^j + \Delta A_{k+1}^j \Rightarrow Vrr_{k+1}^j - \Delta Vrr_{k+1}^j. \quad (2.20)$$

Формування резервів ресурсів має своєю метою забезпечення умов стабільного функціонування МГПТ в межах визначених ресурсних можливостей. Коефіцієнт ресурсних можливостей відображає питому вагу резервів ресурсів і виступає в якості обмежень вибору станів МГПТ із множини допустимих варіантів. Ступінь відповідності отриманого ефекту рівню забезпечення резервів ресурсів визначається умовами їх придатності відносно резервних можливостей:

$$\omega_k = \max \left\{ Krc_k - Krc_k^D; 0 \right\}, \quad (2.21)$$

де  $Krc_k^D$  – коефіцієнт резервних можливостей системи, який відповідає її придатності для рівня  $k$ ;

$Krc_k$  – коефіцієнт ресурсних можливостей системи рівня  $k$ .

Критерій придатності рівня ресурсних можливостей визначається за умов відповідності мінімально допустимому рівню резервів ресурсів, які використовуються на відповідному рівні представлення МГПТ:

$$Krc_k^D = \min \left\{ r_{kn} \in \mu \mid \mu_n \rightarrow r_{kn}^D, n = \overline{1, b} \right\}, \quad (2.22)$$

де  $r_{kn}$  – ресурс МГПТ який використовується на рівні  $k$ ;

$\mu_n$  – область допустимих значень ресурсних можливостей;

$r_{kn}^D$  – допустимі значення ресурсних можливостей, які входять у коло описане радіусом допустимих значень;

$b$  – кількість видів ресурсів, які використовуються на відповідному рівні.

Область допустимих значень ресурсних можливостей для кожного рівня визначається необхідними умовами ресурсних резервів які забезпечують необхідний стан:

$$\mu_n \in \left\{ Vrr_n^D \mid Vrr_n^D \subset Vrr_n^P \right\}, \quad (2.23)$$

де  $Vrr_n^D$  – допустимий рівень ресурсних резервів;



$Vrr_n^p$  – область ресурсних резервів, які забезпечують допустимий стан відповідного рівня.

Враховуючи умови формування сталості МС, системна ефективність МГПТ може бути представлена у вигляді показника його рівня і додаткової складової яка враховує його вплив на інші рівні:

$$Eff_u^s = Eff_r + \sum_{i=1}^n \omega_{i+1} \cdot \Delta Eff_{i+1}, n = \overline{1, (m \vee k)}, \quad (2.24)$$

де  $\Delta Eff_{i+1}$  – приріст ефективності рівня  $i+1$  метасистеми МС який досягається за рахунок МГПТ;

$m$  – загальна кількість рівнів формування прирощення ефективності МГПТ.

Виходячи з наведеної форми представлення системної ефективності МГПТ можна виділити, що умовами її формування поряд з ефективністю внутрішніх технологічних процесів є його вплив на інші складові частини метасистеми МС які позиціонуються на відповідних його методологічних рівнях. Характер такого впливу відображається параметрами ресурсно-результативних показників роботи МГПТ по відношенню до міської транспортної системи та міського середовища. Критичність впливу МГПТ на рівень резервів пропускної можливості елементів пасажирської транспортної інфраструктури (ПТІ), ВДМ та соціально-економічні субсередовища міста, дає можливість відслідити можливість виникнення ризиків порушення внутрішніх технологічних процесів та зниження сталості МС. Така форма представлення ефективності МГПТ дає можливість створення моделей пошуку комплексних рішень і механізмів зростання його потенціалу в умовах забезпечення його позитивного або нейтрального впливу на складові частини метасистеми МС.

### **2.3 Ресурсно-результативні характеристики МГПТ**

Умовою оцінки ефективності МГПТ є облік їх корисних властивостей відносно виділених суб'єктів методологічних рівнів його представлення. Складові показники ефективності МГПТ для виділених методологічних рівнів та їх горизонтальний інтеграційний простір відносно суб'єктів наведені в табл. 2.1.

## Показники системної ефективності МГПТ

Рівень	Показники	Суб'єкти
4 рівень (МС)	Ступінь відповідності меті МС	Соціальне, екологічне та економічне середовище
3 рівень (МТС)	Організованість транспорту	Елементи ВДМ
		МТС
2 рівень (МГПТ)	Результативність перевезень	Елементи МГПТ (маршрути в сукупності з об'єктами ПТІ)
		МГПТ
1 рівень (маршрути)	Сервісна якість транспортних послуг	Маршрути
		Маршрутна мережа

Сервісна якість міських пасажирських транспортних послуг тісно пов'язана з соціальними та маркетинговими чинниками її сприйняття. Зв'язок між якістю і корисними властивостями пасажирських транспортних послуг формується через встановлення функціональної відповідності між властивостями процесу та показниками якості. Обслуговування пасажирів МГПТ є узагальненою характеристикою рівня задоволеності пасажирів транспортним процесом і базується на визначенні показників якості, які утворюють багаторівневу систему оцінки. Формалізація показників якості пасажирських перевезень вимагає чіткої їх структуризації та виділення її складових елементів. Дослідження ефективності міських пасажирських перевезень свідчить про те, що при відповідному рівні розвитку якість транспортних послуг досягається значним приростом ресурсів, які використовуються для її забезпечення. Такий стан дає впевненість визначити, що потрібно знайти раціональний рівень співвідношення «приріст якості – витрати ресурсів». Приріст якості потрібно розглядати не як абсолютний показник, а як умова переходу транспортної послуги на новий рівень її сприйняття споживачами. Реалізація такого концепту можлива через формування нормативів сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг, шляхом виділення їх основних стимулів, які визначаються соціально-маркетинговим сприйняттям транспортної послуги. Поняття стимулів розкривається в концепції оцінки якості сервісної послуги в рамках маркетингової моделі, яка спрямована на визначення задоволеності споживачів комплексом маркетингових послуг які надаються споживачам.

Розробка алгоритмів забезпечення підвищення ефективності МГПТ вимагає застосування адекватних підходів до оцінки якості обслуговування споживачів послуг. Серед таких підходів ефективним для зазначених цілей є використання методики *Servqual*, яка науково обґрунтована, має логічну завершеність і широку практичну апробацію в сфері оцінки якості споживчих послуг [207]. В основу методики *Servqual* покладена ідея формування оцінок сервісної послуги на основі сприйняття її параметрів споживачами послуг через оцінку рівня відповідності їх конкретним вимогам. Вибір показників оцінки сервісної якості МГПТ реалізується шляхом виділення маркетингових критеріїв якості та їх властивостей. Маркетингові стимули сервісної якості транспортних послуг відображають її характер і власності та представлені у вигляді сукупності показників (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Маркетингові стимули сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг

Критерії якості	Властивості	Показники оцінки
Матеріальність	Рівень відчутності впевненості реалізації послуги	Доступність, інформативність
Достовірність	Рівень надійності послуги	Своєчасність
Відповідальність	Адекватна спроможність надати послугу в разі виникнення збоїв у роботі	Надійність
Гарантованість	Компетентність і усвідомлення клієнтської довіри	Безпечність
Емпатія (проникнення у потреби споживачів)	Рівень відповідності потребам споживачів	Комфортність

Інформаційні потреби суб'єктів МГПТ визначаються умовами їх функціонування та у зальному вигляді відображають якість інформаційного обміну з урахуванням структури його ієрархії:

$$Q_{i_c} = (1 - Lv_h)(1 - Lv_x), \quad (2.25)$$

де  $Lv_h$  – рівень відсутності інформаційного обміну у внутрішньому середовищі МГПТ;

$Lv_x$  – рівень відсутності інформаційного обміну у зовнішньому середовищі МГПТ.

Доступність є якісним показником, який відображає рівень використання МГПТ для реалізації транспортних пересувань і може бути визначена у вигляді показника безперешкодної реалізації транспортного пересування:

$$Qi_{av} = (1 - Lv_t)(1 - Lv_d), \quad (2.26)$$

де  $Lv_t$  – рівень відмови реалізації пересувань в наслідок низької інтенсивності руху МГПТ по маршруту;

$Lv_d$  – рівень відмови реалізації пересувань в наслідок дефіциту провізних можливостей МГПТ.

Своєчасність є показником, який відображає узагальнену організацію МГПТ та досягається узгодженням взаємодії його учасників. Вона може бути оцінена показником, що відображає рівень реалізації пасажирями пересувань у заплановані терміни:

$$Qi_{tl} = (1 - Lv_l)(1 - Lv_u), \quad (2.27)$$

де  $Lv_l$  – рівень несвоєчасної реалізації пересувань по маршруту;

$Lv_u$  – рівень несвоєчасності реалізації пересувань в наслідок не ефективної організації взаємодії МГПТ в транспортно-пересадочних вузлах.

Надійність транспортного сервісу визначає можливість МГПТ надати послугу з реалізації переміщень пасажирів у разі виникнення збоїв у роботі його окремих елементів. Вона може бути оцінена рівнем наявності резервів провізних можливостей МГПТ:

$$Qi_r = (1 - Lv_a)(1 - Lv_o), \quad (2.28)$$

де  $P_a$  – рівень дефіциту провізних можливостей на альтернативних варіантах реалізації пересувань;

$P_o$  – рівень дефіциту провізних можливостей в наслідок зниження провізних можливостей маршруту.

Комфортність може бути оцінена рівнем відповідності обсягу транспортної пропозиції вимогам пасажирів:

$$Q_{i_c} = (1 - Lv_c)(1 - Lv_e), \quad (2.29)$$

де  $Lv_c$  – рівень, що відображає можливість виникнення переповнення транспортних засобів на маршруті;

$Lv_e$  – рівень, що відображає можливість виникнення перевищення пропускної здатності об'єктів пасажирської інфраструктури.

Складові визначення показників сервісної якості транспортних послуг визначаються на основі проведення розрахунків за допомогою сервісно-ресурсної моделі функціонування МГПТ.

Відносно основної ідеї оцінки сервісної якості транспортних послуг структура їх споживчої цінності складається з трьох рівнів: технічний рівень, рівень зручності отримання послуги, рівень споживчого потенціалу (рис. 2.14).

Рівень значення цих параметрів може бути визначений на основі виділення стимулів сприйняття сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг з позицій їх соціально-маркетингових особливостей.

Перший технічний рівень визначає мінімальний рівень сервісної якості, необхідних для задоволення транспортних потреб. Він не враховує її сприйняття споживачами та може бути визначений у вигляді техніко-експлуатаційних параметрів МГПТ, що визначають рівень його провізних можливостей та відображають потенційну можливість отримання пасажирами послуги. Рівень якості транспортних послуг першого рівня визначається на основі існуючих ресурсних можливостей МГПТ, якісного рівня їх використання та впливу на них чинників зовнішнього середовища і виступає в якості первинного джерела формування потенціалу МГПТ.

Визначити його значення можливо шляхом проведення розрахунків показників за умов використання наявних планових параметрів функціонування МГПТ при відсутності внутрішнього і зовнішнього впливу на нього.

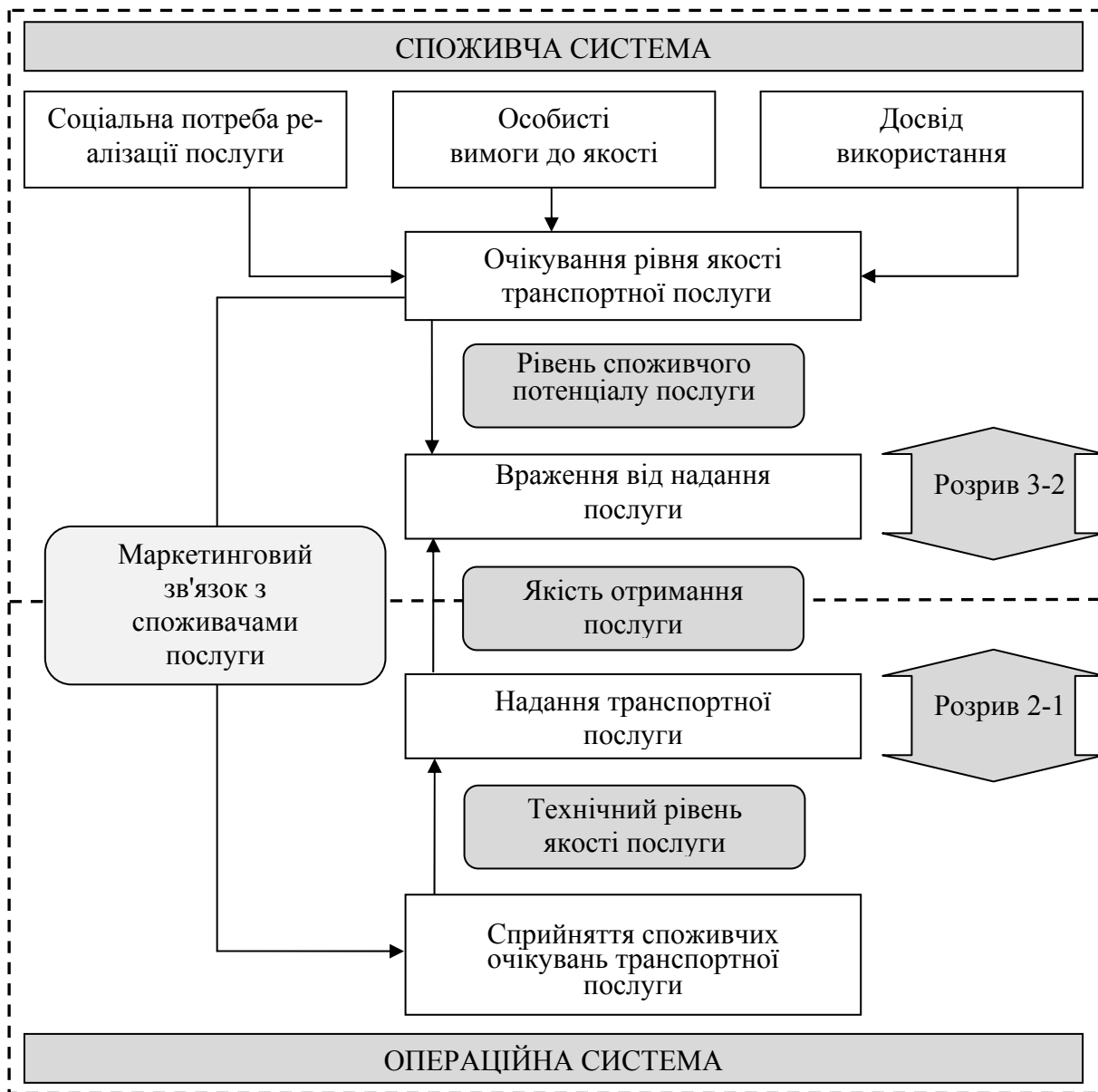


Рис. 2.14. Структура формування сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг

Другий рівень визначає умови надання транспортної послуги через оцінку рівня відповідності у часі пропозиції з попитом. Цей рівень може бути охарактеризований параметрами, які описують співвідношення пропозиції з попитом у часі та визначається шляхом моделювання функціонування МГПТ в реальних умовах. Він передбачає облік впливу внутрішніх та зовнішніх чинників на умови отримання пасажиром транспортної послуги. Його визначення дозволяє оцінити фактичний рівень надання якості транспортних послуг. Розрив між технічним та якісним рівнями формується на основі зниження ресурсної ефективності технологічного процесу і є показником,

який дозволяє надати оцінку ефективності використання ресурсів МГПТ.

Третій рівень відображає стан споживчого потенціалу транспортної послуги, який формується через співставлення якісних вимог, визначених пасажиром для кожного елемента МГПТ в якості їх маркетингових вимог, з фактичним рівнем наданих транспортних послуг. Показники цього рівня є результуючими, до них входить весь перелік параметрів оцінки якості транспортного сервісу, вони відображають ступінь відповідності наданих транспортних послуг рівню висунутих пасажиром маркетингових потреб шляхом формування у них узагальненого сприйняття наданої транспортної послуги.

Важливим елементом оцінки сервісної якості транспортного обслуговування на основі запропонованого соціально-маркетингового підходу є виділення розривів між рівнями його формування. Розрив 2–1 відображає ступінь відповідності технічної пропозиції МГПТ умовам потенційного рівня сервісної якості послуг, який необхідний для забезпечення на технологічному рівні в повному обсязі соціальних потреб пасажирів. Оцінка його значення проводиться шляхом розрахунку міжрівневої відповідності технічній пропозиції МГПТ. Розрив 3–2 відображає ступінь відповідності наданих транспортних послуг маркетинговим очікуванням пасажирів. Цей розрив показує ступінь відповідності транспортних послуг, реалізованих в реальних умовах функціонування МГПТ, рівню споживчого потенціалу транспортної послуги і може бути оцінений за допомогою рівня споживчого потенціалу транспортної послуги. Для визначення відповідних рівнів по кожному розриву використовується залежність:

$$Qri_{x_i-j} = \max \{0, Qi_x^i - Qi_x^j\} \quad (2.30)$$

де  $Qi_x^i, Qi_x^j$  – показник якості транспортних послуг, який забезпечується  $i$ -м та  $j$ -м рівнем.

Виходячи з соціально-маркетингових принципів забезпечення якості транспортного сервісу МГПТ досягається за умов відсутності визначених розривів. Така ситуація відповідає максимально ефективному стану компонент МГПТ. Оцінка якості транспортного сервісу МГПТ може бути проведена шляхом визначення рівня розриву другого рівня:

$$Qsi_x = 1 - Qri_{x_{2-3}} = 1 - Qi_{x_3} + Qi_{x_1} - Qri_{x_{1-2}}, \quad (2.31)$$

де  $Qi_{x_3}, Qi_{x_1}$  – рівень якості транспортних послуг, який відповідає соціально-маркетинговим потребам пасажирів та технічним можливостям МГПТ відповідно;

$Qri_{x_{1-2}}$  – розрив між технічним та якісним рівнем забезпечення транспортних послуг МГПТ.

Загальний рівень сервісної якості транспортних послуг для окремого споживача визначається як середньозважене значення:

$$Qig^s = \sum_{k=1}^n Qsi_k \cdot Wc_k \quad (2.32)$$

де  $Qsi_k$  – загальний рівень якості  $k$ -го показника транспортного сервісу;

$Wc_k$  – ваговий коефіцієнт  $k$ -го показника якості транспортного сервісу;

$n$  – кількість показників оцінки якості транспортного сервісу.

Представлений показник характеризує ступінь соціально-маркетингової відповідності сервісної якості транспортних послуг для окремого споживача. Для маршруту МГПТ він визначається з урахуванням рівня попиту на маршруті:

$$Qis_m^s = \frac{\sum_{p=1}^y \sum_{x=1}^q (1 - Qi_{x_3}^p + Qi_{x_1}^p - Qri_{x_{1-2}}^p) \cdot Wc_x}{Qpi_m} \quad (2.33)$$

де  $y$  – загальна кількість опитувань на маршруті  $m$ ;

$q$  – загальна кількість показників оцінки якості;

$Qpi_m$  – обсяг респондентів по маршруту  $m$ .

Для мережі маршрутів МГПТ показник сервісної якості транспортного сервісу визначається виходячи з питомої ваги маршрутів у загальному обсязі перевезень:

$$Qis_u^s = \sum_{m=1}^z Qis_m^s \cdot Sqm_m \quad (2.34)$$

де  $Sqm_m$  – питома вага маршруту  $m$  у структурі МГПТ;

$z$  – загальна кількість маршрутів МГПТ.



Результативність МГПТ відображає ступінь реалізації запланованої діяльності і оцінюється рівнем досягнення запланованих показників. Планові результати функціонування МГПТ формуються шляхом параметризації мети його функціонування. МГПТ на другому методологічному рівні представляється у вигляді сукупності транспортних підприємств, елементів ПТІ та об'єктів управління. Мета МГПТ полягає у повному та якісному задоволенні транспортних потреб пасажирів при відповідному рівні забезпечення його рентабельності. Оцінка рівня відповідності МГПТ вимогам пасажирів виконується шляхом порівняння фактичного часу на реалізацію пересувань з запланованим. У разі перевищення фактичного часу переміщення над плановим вводиться штраф, який визначається на основі вартісної оцінки пасажирочасу та тривалості перевищення часу пересування:

$$Fin_p = \begin{cases} 0, & \text{при } Tt_p^{ac} \leq Tt_p^{pl} \\ Ct_h \cdot (Tt_p^{ac} - Tt_p^{pl}), & \text{при } Tt_p^{ac} > Tt_p^{pl} \end{cases} \quad (2.35)$$

де  $Tt_p^{ac}$  – фактичний час реалізації переміщення, год;

$Tt_p^{pl}$  – плановий час реалізації переміщення, год;

$Ct_h$  – вартісна оцінка часу пасажирів, грн./год.

З урахуванням штрафів за порушення якості транспортного сервісу показник результативності МГПТ, який за своїм змістом відображає його рентабельність з урахуванням витрат всіх його суб'єктів приймає наступний вигляд:

$$Res_u = \frac{\sum_{m=1}^z \frac{Qvp_m \cdot Rt_m \cdot (1 - Krt_m)}{1 + Kfc_m} \cdot (1 - Ktx_u) - \sum_{p=1}^q Fin_p}{\sum_{m=1}^z Cs_m + \sum_{o=1}^x Cs_o + \sum_{g=1}^y Cs_g}, \quad (2.36)$$

де  $Qvp_m$  – обсяг перевезень на маршруті  $m$ , пас.;

$Rt_m$  – тариф на маршруті  $m$ , грн.;

$Kfc_m$  – коефіцієнт співвідношення безплатних до платних перевезень на маршруті  $m$ ;

$Krt_m$  – рівень відмови реалізації пересувань в наслідок дефіциту провізних можливостей на маршруті  $m$ ;

$Ktx_u$  – питома вага податків та зборів;

$Fin_p$  – штраф за перевищення часу пересування, грн;

$q$  – кількість порушень часу пересування;

$Cs_m$  – витрати на обслуговування маршруту  $m$ , грн;

$Cs_o$  – витрати на обслуговування  $o$ -го об'єкту пасажирської транспортної інфраструктури, грн.;

$Cs_g$  – витрати на обслуговування  $g$ -го об'єкту управління перевезеннями, грн;

$z$  – кількість маршрутів МГПТ;

$x$  – кількість об'єктів ПТІ;

$y$  – кількість об'єктів управління МГПТ.

Складові елементи витрат для кожного елемента підсистеми забезпечення визначаються виходячи з умов виконання функціональних процесів і представляють собою узагальнені експлуатаційні витрати визначенні на основі собівартості виконання елементарних технологічних процесів.

Результат МТС може бути оцінений ступенем її організованості. Сутність організації системи проявляється через поняття системної функціональності. Функціональність є властивість елементів (підсистем) системи. Якщо об'єкт (частина) не володіє таким (якими б іншими властивостями він не володів), він не може бути елементом системи. Функціоналізм є основною вимогою організації системи, її формування. Рівень організованості або впорядкованості системи визначається ступенем її відхилення від максимально неупорядкованого стану. Він обумовлюється достатньою структурною та функціональною складністю системи, ступенем різноманітності її елементів і зв'язків між ними, багатотіпністю, кількістю елементів і зв'язків між ними. В якості протиставлення впорядкованості або організованості системи зазвичай розуміють ступінь відхилення стану системи від її рівноваги.

Організованістю МТС є її спроможність перетворювати неупорядковані і розрізненні функціональні процеси, які відбуваються в межах міської транспортної інфраструктури в упорядкований та цілісний процес, який полягає в забезпеченні надійної та повної реалізації призначення всіх видів міського транспорту. В умовах МТС під станом рівноваги слід розуміти такий її стан при якому буде забезпечено функціонування всіх видів транспорту. Такий стан

досягається шляхом ліквідації дисфункцій елементів МТС. Дисфункція МТС – це такий тип стану, коли наслідки деякого явища, події, дії або процесу виявляються несприятливими для реалізації функціональних процесів її елементів. Організованість МТС може бути визначено на основі оцінки рівня дисфункції елементів транспортної інфраструктури:

$$Org_t = 1 - Lvt_d, \quad (2.37)$$

де  $Lvt_d$  – рівень дисфункції МТС.

$$Lvt_d = Lvt_{d_u} \cdot Sq_u + Lvt_{d_v} \cdot Sq_v, \quad (2.38)$$

де  $Lvt_{d_u}$  – рівень дисфункції маршрутного транспорту;

$Lvt_{d_v}$  – рівень дисфункції немаршрутного транспорту;

$Sq_u$  – питома вага маршрутних транспортних засобів (ТЗ) у загальному русі;

$Sq_v$  – питома вага немаршрутних ТЗ у загальному русі.

Рівень дисфункції для кожного виду транспорту на окремих елементах транспортної мережі визначається на основі оцінки рівня завантаження рухом:

$$Lvt_{d_i} = \begin{cases} 0, & \text{при } \frac{It_i}{Cp_i} > Lv_{th} \\ \min \left\{ 1, \frac{It_i - Cp_i \cdot Lv_{th}}{Cp_i \cdot (Lv_{cr} - Lv_{th})} \right\}, & \text{при } \frac{It_i}{Cp_i} \leq Lv_{th} \end{cases}, \quad (2.39)$$

де  $It_i$  – інтенсивність руху транспорту на  $i$ -му елементі транспортної мережі, авт./год;

$Cp_i$  – пропускна здатність  $i$ -го елемента транспортної мережі, авт./год;

$Lv_{th}$  – порогове значення рівня завантаження дорожнім рухом;

$Lv_{cr}$  – критичне значення рівня завантаження дорожнім рухом.

Результат функціонування міського середовища визначається якістю життя яка формується через його складові системи, у тому числі і за рахунок МГПТ. Параметризація системи виміру якості життя є не можливою в наслідок суб'єктивності її сприйняття та

великого числа чинників впливу. МГПТ через відповідні внутрішні процеси оказує вплив на формування стану метасистеми МС через всі його рівні. Представлення результатів МГПТ з позиції метасистеми МС реалізується у формі концептуального дослідження, спрямованого на оцінку його впливу на її глобальну мету. Обрана глобальна мета метасистеми МС породжує безліч локальних, окремих цілей і завдань, які грають роль механізмів її досягнення. Дослідження цільових функцій МГПТ спрямовані на формування впорядкованості окремих цілей і завдань для всіх його різних рівнів, встановлення способів і засобів їх досягнення. Процес формування безлічі проміжних цілей і завдань проводять зазвичай послідовно, починаючи з аналізу чинників, які безпосередньо впливають на досягнення глобальної мети. При цьому формуються проміжні цілі першого рівня. Потім вибирають цілі другого рівня, досягнення яких обумовлює виконання цілей першого рівня і так далі. Безліч проміжних цілей, що призводять до глобальної мети метасистеми МС, зручно представити у вигляді орієнтованого графа. Якщо глобальна мета або будь-яка з проміжних цілей може бути досягнута не одним способом, то можна використовувати логіко-імовірнісні методи дослідження структурно складних систем, засновані на операціях булевої алгебри. Ці методи дозволяють формалізувати процес упорядкування цілей і завдань. Представлене дерево цілей є основою для формування варіантів погодження цілей. Оцінка результатів впливу МГПТ на результат функціонування МС може бути виконана на основі формування логічних функцій досягнення мети для внутрішнього і глобального рівня. Логічні функції будуються у вигляді функції алгебри логіки і передбачають використання елементарних операцій комбінаторної логіки. Особливістю опису дерева цілей для рівня представлення МГПТ з позицій метасистеми МС є виділення внутрішніх його зв'язків з іншими середовищами. Така форма зв'язків пояснюється його впливом на всі види середовищ, які можуть мати як позитивний так і негативний характер. Логічна функція досягнення глобальної цілі метасистеми МС будується на основі оцінки характеру їх зв'язків:

$$M_0 = M_1 \wedge M_2 \wedge M_3 \wedge M_4 \wedge M_5, \quad (2.40)$$

де  $M_1$  – мета міського транспорту;

$M_2$  – мета економічного середовища;

$M_3$  – мета соціального середовища;

$M_4$  – мета природного середовища;

$M_5$  – мета суспільного середовища.

Внутрішній вплив МГПТ на досягнення мети кожного елемента описується логічними функціями:

$$M_2 = M'_2 \wedge M_{1-2}, \quad (2.41)$$

$$M_3 = M'_3 \wedge M_{1-3}, \quad (2.42)$$

$$M_4 = M'_4 \wedge \overline{M}_{1-4}, \quad (2.43)$$

$$M_5 = M'_5 \wedge \overline{M}_{1-5}, \quad (2.44)$$

де  $M'_2$ ,  $M'_3$ ,  $M'_4$ ,  $M'_5$  – мета економічного, соціального, природного, суспільного елемента МС відповідно, яка формується під впливом нетранспортних чинників;

$M_{1-2}$ ,  $M_{1-3}$ ,  $M_{1-4}$ ,  $M_{1-5}$  – мета економічного, соціального, природного, суспільного елемента МС відповідно, яка формується під впливом транспортних чинників.

Представлені вирази, сформовані у диз'юнктивній нормальній формі, можна представити у вигляді ймовірнісної функції методом заміщення, а саме, події замінити їх рівнем впливу на глобальну мету, знаки диз'юнкцій і кон'юнкція – знаками алгебраїчного додавання і множення відповідно. У результаті такого представлення отримаємо функцію:

$$P(M_0) = P(M_1) \wedge P(M'_2) \wedge P(M_{1-2}) \wedge P(M'_3) \wedge \wedge P(M_{1-3}) \wedge P(M'_4) \wedge P(\overline{M}_{1-4}) \wedge P(M'_5) \wedge P(\overline{M}_{1-5}). \quad (2.45)$$

У представленій функції є зв'язки, які мають форму заперечення. Ці зв'язки сформовані на рівні впливу МГПТ на природне та суспільне середовища. Такий вид логічної функції пояснюється наявним зв'язком у вигляді негативного впливу МГПТ на екологічну складову міського середовища та транспортну безпеку. Рівень цього негативного впливу визначається його ступенем і характеризується

параметрами, що визначають його критичність. Рівень впливу визначається за умов:

$$P(\overline{M}_{1-4}) = \max \left\{ 0, P_{M(1-4)}^k \in p_{mk4} \right\}, \quad (2.46)$$

$$P(\overline{M}_{1-5}) = \max \left\{ 0, P_{M(1-5)}^k \in p_{mk5} \right\}, \quad (2.47)$$

де  $P_{M(1-4)}^k, P_{M(1-5)}^k$  – рівень впливу МГПТ на природне середовище та суспільне середовище відповідно;

$p_{mk4}, p_{mk5}$  – область критичного впливу МГПТ на природне середовище та суспільне середовище відповідно.

У разі збитковості роботи МГПТ відбувається його негативний вплив на економічне середовище міста. За таких умов для забезпечення відповідного рівня транспортного обслуговування населення потрібні будуть дотації на утримання МГПТ та його оновлення. За таких обставин рівень негативного МГПТ на мету МС

$$P(\overline{M}_{1-2}) = \max \left\{ 0, P_{M(1-2)}^k \in p_{mk2} \right\}, \quad (2.48)$$

де  $P_{M(1-2)}^k$  – рівень впливу МГПТ на економічне середовище;

$p_{mk2}$  – область критичного впливу МГПТ на економічне середовище (область збитковості МГПТ).

Виходячи з представлених логічних функцій, результат функціонування метасистеми МС, з позицій впливу на неї МГПТ, може бути визначений ступенем відповідності глобальній меті:

$$A_{wp} = (1 - P(\overline{M}_{1-2})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-4})) \cdot (1 - P(\overline{M}_{1-5})), \quad (2.49)$$

Представлена функція відповідності результатів функціонування МГПТ глобальній меті метасистеми МС дає можливість перейти до вербального опису ефективності функціонування відносно стану МС. В разі коли значення отриманої функції дорівнює менше одиниці, можна зробити висновок про негативний результат МГПТ з позицій стану метасистеми МС.

Відповідно до існуючих понять під ресурсами МГПТ слід розуміти всі види можливостей транспортної системи які необхідні для забезпечення його потреб. На практиці дослідження ресурсів

транспортних систем значну увагу приділено визначенню ресурсів окремих транспортних підприємств. Відповідно до проведеного аналізу робіт у першому розділі можна виділити декілька підходів щодо виділення груп і видів ресурсів транспортних підприємств. У сучасній літературі виділяють чотири типи ресурсів: інформаційні, трудові, матеріальні, фінансові. Слід відмітити, що розгляд ресурсів як окремих складових транспортного підприємства не дозволяє розглядати питання ресурсозбереження суспільства, як системну задачу здатну привести до отримання сталого стану МС.

Ресурси необхідні для реалізації технологічних процесів МГПТ формуються, як у внутрішньому середовищі, так і у зовнішньому. За характером споживання можна виділити прямі та забезпечуючі ресурси. Прямі ресурси безпосередньо використовуються для забезпечення функцій МГПТ, без них не можлива реалізація його технологічного процесу. Побічні ресурси – це ресурси, які використовуються для забезпечення дієздатності основних ресурсів. В умовах задачі забезпечення ефективності МГПТ в межах МС в якості основних виступають загальні ресурсні показники, а забезпечуючими є ресурсні елементи джерел їх формування. Рівень фактичної доступності ресурсів визначається характером зв'язків в межах елементів їх формування та рівнем критичності їх взаємного впливу. Окрім рівня забезпеченості обслуговуючими ресурсами вагому роль у формуванні їх обсягів здійснює їх ресурсна віддача, яка визначає рівень ресурсної ефективності. Вона формується під впливом чинників, які визначають умови їх використання. Контур формування ресурсної ефективності МГПТ представлений на рис. 2.15.

Абсолютне значення параметрів ресурсних елементів визначається виходячи з фактичної наявності ресурсних елементів в межах джерел формування, їх характеристик, умов забезпеченості та рівня їх ресурсної віддачі. Рівень забезпеченості джерел формування ресурсними елементами:

$$Lvp = \min_{j \in n} \left( \min \left( 1, \frac{Rav_j}{Rnc_j} \right) \right), \quad (2.50)$$

де  $Rav_j$  - доступний обсяг ресурсів  $j$ -го виду;

$Rnc_j$  - необхідний обсяг ресурсів  $j$ -го виду;

$n$  – загальна кількість ресурсних елементів.

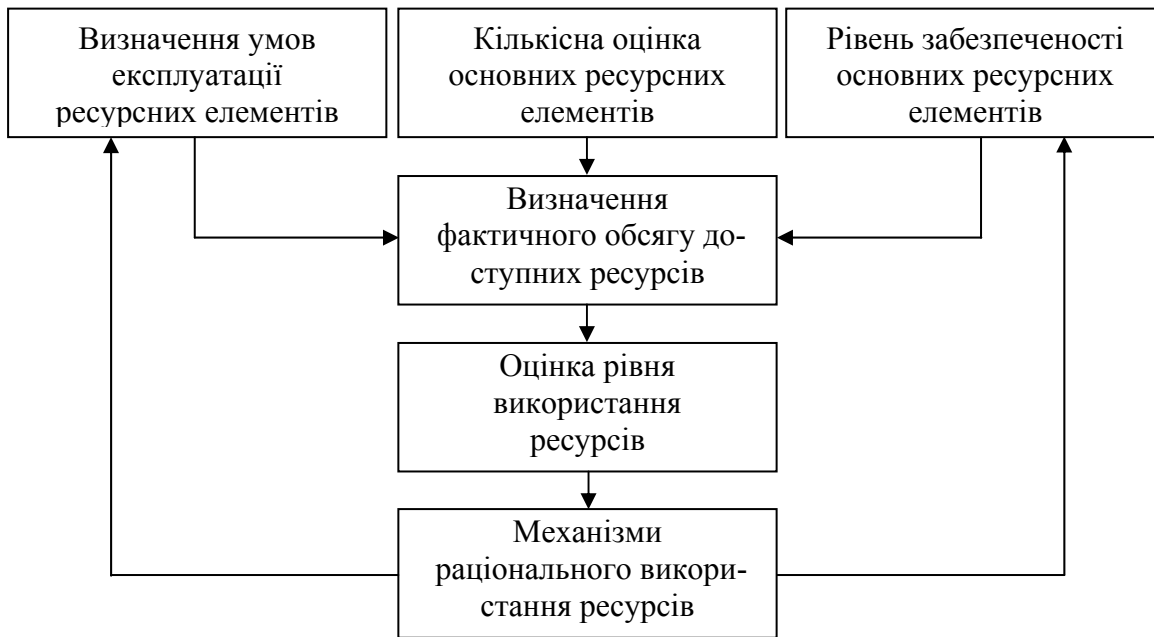


Рис. 2.15. Контур формування ресурсної ефективності МГПТ

Рівень ресурсної віддачі визначається співвідношенням тривалості технологічних операцій які реалізуються в межах відповідних джерел формування ресурсів щодо вільних та фактичних умов:

$$Ref = \min \left( 1, \frac{Dt_{fr}}{Dt_{ac}} \right), \quad (2.51)$$

де  $Dt_{fr}$  – тривалість операцій у вільних умовах експлуатації, год;

$Dt_{ac}$  – фактична тривалість операції у фактичних умовах експлуатації, год.

Фактичний обсяг доступних ресурсів з урахуванням умов їх експлуатації та рівня забезпеченості визначається за формулою:

$$R = Re \cdot Lvp \cdot Ref, \quad (2.52)$$

де  $Re$  – обсяг доступного ресурсу який забезпечується кількісними параметрами основного ресурсного елементу.

В умовах формування макромоделей доцільним є представлення ресурсів МГПТ у вигляді узагальнених параметрів які використовуються в ході його функціонування. Склад і джерела формування необхідних ресурсів МГПТ представлені в табл. 2.3.



## Ресурси МГПТ

Рівень	Ресурсний показник	Джерела формування	Ресурсні елементи
МС	Транспортно-територіальний потенціал	Транспортна інфраструктура	Територія міста, інвестиції в транспортну інфраструктуру
МТС	Пропускна здатність ВДМ	Елементи МТМ	Проїжджа частина ділянок та вузлів ВДМ, спорудження, пристрої управління рухом, інформація
МГПТ	Потік обслуговування МГПТ	Об'єкти ПТІ	Спорудження ПТІ (ділянки маршрутів, зупиночні пункти, ТПВ), пристрої управління, інформація, маршрути
Маршрути МГПТ	Провізні можливості маршрутів	Транспортні підприємства	Виробничі (транспортні засоби, внутрішньовиробничі об'єкти), матеріальні (експлуатаційні матеріали), трудові (водії, обслуговуючий та управлінський персонал), фінансові (кошти від основної діяльності), нематеріальні активи, виробнича інформація

Джерелом перетворення ресурсу у результат є процеси, які реалізуються його учасниками на його відповідних рівнях. Вертикальна та горизонтальна інтеграція процесів МГПТ в структурі метасистеми МС є джерелом формування синергетичного ефекту, при якому загальний ефект отриманий від взаємодії елементів перевищує сумарний ефект, що може бути отриманий від кожного учасника окремо. Умовою забезпечення синергетичного ефекту є формування раціональної структури елементів у внутрішньорівневому та міжрівневому просторі. Така структура потребує визначення характеру взаємозв'язків, що можуть мати різний вплив як на внутрішній так і зовнішній стан МГПТ в складі метасистеми МС. Структура зв'язків ресурсної ефективності представлена на рис. 2.16.

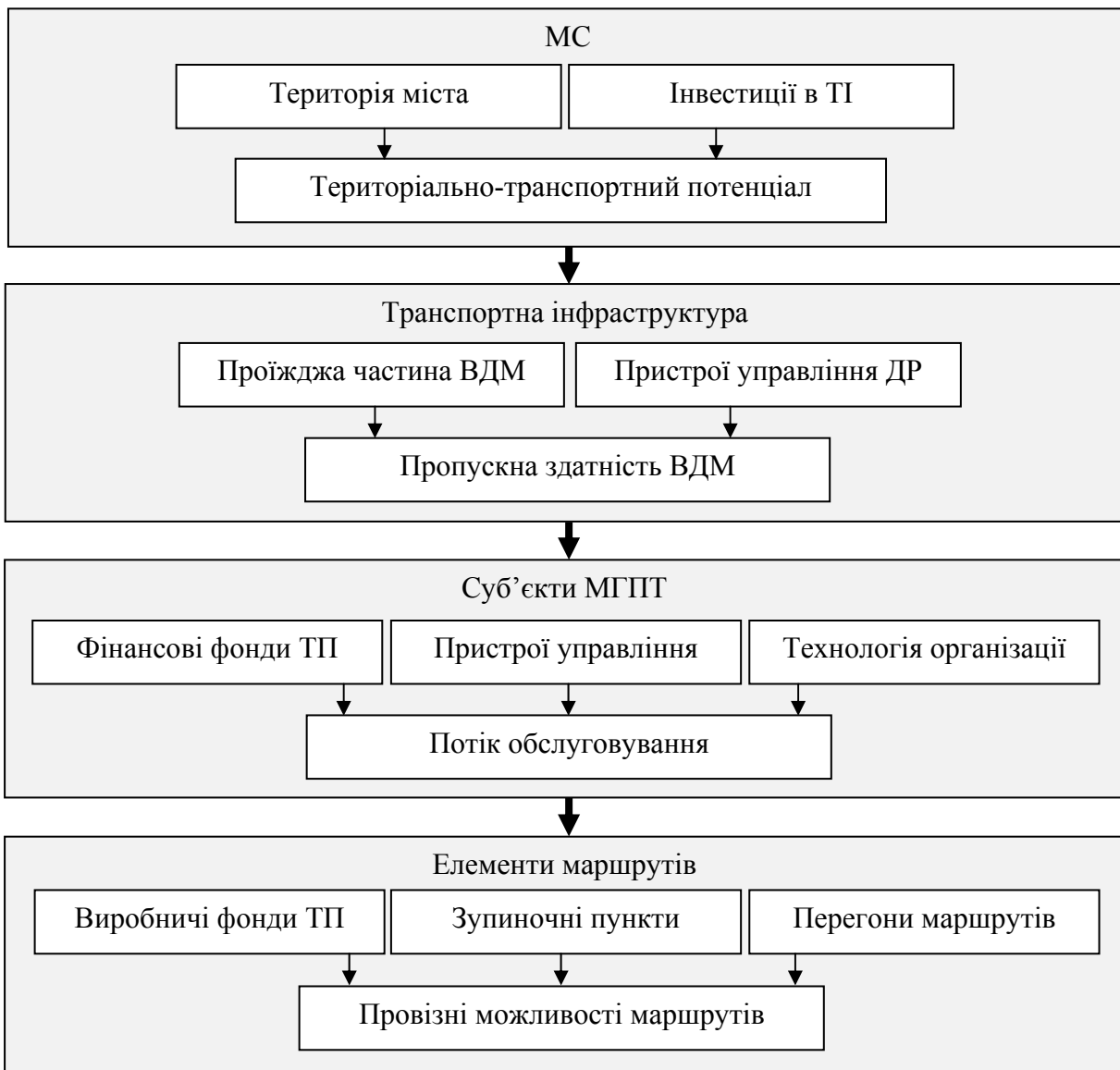


Рис. 2.16. Структура зв'язків ресурсної ефективності МГПТ

Територіально-транспортний потенціал МС відображає можливості забезпечення розвитку ВДМ:

$$Atr_c = \sum_{i=1}^{Ec} Atr_{a_i} \cdot Ref_{atr_i} + \sum_{j=1}^{Esp} Atr_{u_j} \cdot Ref_{atr_j} \cdot Lvp_{atr_j}, \quad (2.53)$$

де  $Atr_{a_i}$  – площа міста зайнята  $i$ -м елементом існуючою ТІ, км<sup>2</sup>;

$Ref_{atr_i}$  – рівень ресурсної віддачі площі міста зайнятої  $i$ -м елементом існуючою ТІ;

$Atr_{u_j}$  – площа міста, яка може бути виділена для створення нового  $j$ -го елемента ТІ, км<sup>2</sup>;

$Ref_{atr_i}$  – рівень ресурсної віддачі площа міста, яка може бути виділена для створення нового  $j$ -го елемента ТІ;

$Lvp_{atr_j}$  – рівень інвестиційної забезпеченості створення нового  $j$ -го елемента ТІ;

$Ec$  – кількість елементів існуючої ТІ;

$Ecp$  – кількість можливих нових елементів ТІ.

Рівень інвестиційної забезпеченості створення нового елемента ТІ:

$$Lvp_{atr_j} = \begin{cases} 0, & \text{при } (Inatr_{av_j} - Inatr_{nd_j}) < 0 \\ 1, & \text{при } (Inatr_{av_j} - Inatr_{nd_j}) \geq 0 \end{cases} \quad (2.54)$$

де  $Inatr_{nd_j}$  – обсяг необхідних інвестицій для створення нового  $j$ -го елемента ТІ, грн.;

$Inatr_{av_j}$  – обсяг доступних інвестицій для створення нового  $j$ -го елемента ТІ, грн.

Пропускна здатність елементів ВДМ відображає можливості МТС щодо забезпечення загального обсягу трафіку у місті:

$$Cpt_t = \sum_{i=1}^{Et} Cpt_i \cdot Ref_{cpt_i} \cdot Lvp_{cpt_i}, \quad (2.55)$$

де  $Cpt_i$  – пропускна можливість  $i$ -го об'єкту ТІ, авт./год.;

$Ref_{cpt_i}$  – рівень ресурсної віддачі  $i$ -го об'єкту ТІ;

$Lvp_{cpt_j}$  – рівень забезпеченості ресурсними елементами  $i$ -го об'єкту ТІ.

Пропускна можливість об'єктів ТІ визначається виходячи з типу та параметрів за допомогою існуючої методики [208].

Потік обслуговування в суб'єктах МГПТ визначається на основі провізних можливостей маршрутів, пропускної здатності пунктів ПТІ та параметрів обслуговування в них маршрутних ТЗ:

$$Cpu_u = \sum_{i=1}^{Em} Cpu_{m_i} \cdot \left( \min \left\{ 1, \frac{Cpu_{a_n} \cdot Ref_{cpu_n} \cdot Lvp_{cpu_n}}{\sum_{j=1}^{Em_u} It_{m_j}} \right\} \right), n = \overline{1, m}, \quad (2.56)$$

де  $Cpu_{a_n}$  – пропускна можливість  $n$ -го об'єкту ПТІ, авт./год.;  
 $Ref_{cpu_n}$  – рівень ресурсної віддачі  $n$ -го об'єкту ПТІ;  
 $Lvp_{cpu_n}$  – рівень забезпеченості ресурсними елементами  $n$ -го об'єкту ПТІ;  
 $Em_u$  – кількість маршрутів, що проходять через об'єкт ПТІ;  
 $m$  – кількість об'єктів ПТІ на маршруті;  
 $Cpu_{m_i}$  – провізна можливість  $i$ -го маршруту, пас./год.;  
 $It_{m_i}$  – інтенсивність руху по  $i$ -му маршруту, авт./год.;  
 $Em$  – кількість маршрутів МГПТ.

Для визначення пропускної можливості об'єктів ПТІ використовується існуюча методика представлена в роботі [209].

Провізні можливості маршрутів МГПТ:

$$Cpu_m = \sum_{i=1}^{Em} \frac{\sum_{j=1}^{Eb_i} Nb_{ij} \cdot Cpb_j \cdot Urc_i}{Ttm_i} \cdot Ref_{cpm_i} \cdot Lvp_{cpm_i}, \quad (2.57)$$

де  $Nb_{ij}$  – кількість ТЗ  $j$ -ої марки  $i$ -го маршруту;  
 $Cpb_{ij}$  – місткість ТЗ  $j$ -ої марки, пас.;  
 $Urc_i$  – коефіцієнт використання місткості ТЗ на  $i$ -му маршруті;  
 $Ttm_i$  – час оборотного рейсу на  $i$ -му маршруті, год.;  
 $Ref_{cpu_i}$  – рівень ресурсної віддачі ТЗ  $i$ -го маршруту;  
 $Lvp_{cpu_j}$  – рівень забезпеченості ресурсними елементами ТЗ  $i$ -го маршруту;

$Eb$  – кількість марок ТЗ на  $i$ -му маршруті.

Оцінка ефективності для відповідних методологічних рівнів вимагає визначення її виду. Форма представлення ефективності складних систем в умовах ресурсних обмежень повинна забезпечувати відтворення її уявлення про якісний рівень використання доступних ресурсів. Такі умови дозволяють представити процедуру проведення оцінки ефективності кожного рівня за допомогою показників ресурсної ефективності та отриманого результату:

$$Eff_k = A_k \cdot Krc_k, \quad (2.58)$$

де  $Krc_k$  – коефіцієнт резервних можливостей  $k$ -го рівня.

Відповідно до відселених елементів методологічних рівнів проводиться визначення набору параметрів ефективності (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

## Параметри методологічних рівнів ефективності МГПТ

Рівень	Результат	Ресурс	Суб'єкти	Ефективність
4 (МС)	Вплив на глобальну мету	Територіально-транспортний потенціал	Середовища МС	$Eff_c$
	$Awp$	$Atr_c$	Екологічне, соціальне, економічне	$Eff_{ci}$
	Організованість руху	Пропускна здатність	Об'єкти ВДМ	$Eff_t$
3 (МТС)	$Org_1$	$Cpt_1$	Вулиця 1	$Eff_{t_1}$
	$Org...$	$Cpt...$	Вулиця ...	$Eff_{t...}$
	$Org_{Et}$	$Cpt_{Et}$	Вулиця $Et$	$Eff_{t_{Et}}$
	Результативність	Потік обслуговування	Об'єкти ППТ	$Eff_u$
2 (МГПТ)	$Res_1$	$Cpu_1$	Елемент 1	$Eff_{u_1}$
	$Res...$	$Cpu...$	Елемент ...	$Eff_{u...}$
	$Res_{Eu}$	$Cpu_{Eu}$	Елемент $Eu$	$Eff_{u_{Eu}}$
	Якість транспортного сервісу	Провізні можливості	Маршрути	$Eff_m$
1 (маршрути)	$Qis_1^s$	$Cpu_1$	Маршрут 1	$Eff_{m_1}$
	$Qis^s...$	$Cpu...$	Маршрут ...	$Eff_{m...}$
	$Qis^s_{Em}$	$Cpu_{Em}$	Маршрут $Em$	$Eff_{m_{Em}}$

Поняття потенціалу МГПТ є базовим у визначенні його ефективності з позицій сталого розвитку МС. Потенціал МГПТ є мірою оцінки його ефективності відносно його поточного та перспективного стану, і є основним у визначенні його розвитку. Слід відмітити, що на сучасному етапі поняття потенціалу транспорту не має чіткої формалізації. У роботі [210] автор пропонує в якості потенціалу транспорту розглядати його провізні можливості, які є відображенням можливостей транспорту. Альтернативною формою представлення транспортного потенціалу є виділення пропускнуої здатності і рівня розвиненості транспортної інфраструктури [211]. Потенціал транспорту є комплексним показником, який формується під впливом внутрішньотранспортних і зовнішніх чинників. До внутрішніх чинників формування транспортного потенціалу відносяться: елементи і засоби транспортної інфраструктури, обладнання, транспортні засоби, технологія, організація, управління і т. ін. До чинників зовнішнього впливу належать: вимоги і можливості споживачів, екологічність, соціальна безпечність. У загальному вигляді потенціал транспорту може бути представлений, як синтезований показник який відображає його можливості і результат. Під потенціалом МГПТ слід розуміти показник, який характеризує можливості розвитку його виробничих функцій при відповідному рівні якості надання транспортних послуг. Він відображає рівень запасів ресурсів МГПТ та визначає ймовірність і напрям його переходу на новий якісний рівень. Підвищення рівня транспортного обслуговування населення МГПТ без зміни технологічних принципів реалізується за рахунок збільшення використання ресурсів. В умовах ресурсних обмежень така ситуація може призвести до їх дефіциту, що є джерелом дестабілізації процесів та зниження його ефективності. Альтернативним варіантом реалізації стратегії переходу на новий більш високий якісний рівень є впровадження ресурсозберігаючих технологій. За таких умов перехід на більш високий якісний рівень забезпечується екстенсивним методом і передбачає утримання резервних можливостей системи на відповідному рівні. Формування умов збільшення потенціалу МГПТ надає можливість його саморозвитку і сприяє досягненню глобальної мети метасистеми МС. Відповідно до визначеного методологічного рівня дослідження МГПТ (2 рівень – як системи), в якості складових його потенціалу виділяють рівень досягнутого результату та резервно-ресурсних можливостей:

$$Pt_u = \left( \frac{A_{o_u}}{A_{q_u}} \right)^{\beta_a} \cdot \left( \frac{Rr_{o_u}}{Rr_{q_u}} \right)^{\beta_r}, \quad (2.59)$$

- де  $A_{q_u}$  – вимоги, які висуваються суб'єктами до результатів МГПТ;  
 $A_{o_u}$  – фактичний рівень результатів МГПТ;  
 $Rr_{q_u}$  – необхідний рівень резервів ресурсів МГПТ для забезпечення його сталості;  
 $Rr_{o_u}$  – фактичний рівень резервів ресурсів МГПТ;  
 $\beta_a$  – калібрувальний коефіцієнт результативної складової;  
 $\beta_r$  – калібрувальний коефіцієнт ресурсної складової.

Представлена форма оцінки потенціалу МГПТ відображає рівень внутрішньої ефективності по відношенню до основних характеристик параметрів, які визначають рівень його надійності та можливості стабілізації технологічних процесів в межах існуючого ресурсного забезпечення. Виділення в якості складових потенціалу МГПТ ресурсно-результативних характеристик дозволяє оцінити рівень його ресурсної ефективності відносно отриманих результатів та є основою для виділення форми представлення його внутрішньої сталості, яка є джерелом підвищення системної ефективності та забезпечення його позитивного впливу на МС.

## **2.4. Модель забезпечення системної ефективності МГПТ**

Дослідження системної ефективності МГПТ можна представити як вирішення триєдиної задачі:

- визначення оцінки ефективності для відповідних його методологічних рівнів;
- внутрішньорівневий аналіз ефективності МГПТ з позицій забезпечення його потенціалу та сталого розвитку МС;
- формування оптимального синтезу станів внутрішніх та зовнішніх елементів МГПТ в межах метасистеми МС з метою підвищення його системної ефективності.

Перші дві задачі відносяться до вирішення прямої задачі і спрямовані на оцінку ефективності існуючого або прогнозного стану відповідних елементів МГПТ в межах їх внутрішніх середовищ. Третя задача відноситься до зворотної і має своєю метою обґрунту-

вання оптимальних параметрів МГПТ на основі синтезу процесів в межах єдиного транспортного простору метасистеми МС.

Задача синтезу оптимальної структури полягає у знаходженні балансу стану транспортних компонент метасистеми МС і зв'язків між ними, множини задач і кількості виконуваних робіт для забезпечення відповідного рівня якості процесів при мінімальних або максимальних значеннях критерію системної ефективності МГПТ.

Основою для визначення ефективного стану МГПТ в умовах виділеної метасистеми МС є формування моделі проблемної ситуації, яка відображає взаємозв'язок основних етапів процесу визначення системної ефективності МГПТ та послідовність формування окремих задач. Дана модель створюється для того щоб охопити проблему визначення системної ефективності в цілому, виділивши при цьому основні напрями дій які необхідно провести для формування кінцевого висновку про ефективність МГПТ з позицій розгляду його як складової частини метасистеми МС.

Для формування моделі проблемної ситуації створюються складові моделі які відображають зв'язок параметрів системи з її результатами. Першочерговою є модель, яка відображає відповідність результатів функціонування МГПТ стану складових МС:

$$Z : S \times R \times G \rightarrow A(a), \quad (2.60)$$

де  $S$  – множина станів елементів;

$R$  – множина доступних ресурсів елементів;

$G$  – множина визначених і невизначених чинників впливу;

$A$  – множина результатів функціонування;

$A(a)$  – вектор характеристик результатів функціонування.

Представлені складові моделі характеризують метасистему МС з позицій впливу на неї МГПТ і розглядаються одночасно для всіх виділених методологічних рівнів. Оператор відповідності  $F$  визначає зв'язок між моделлю результатів та резервно-ресурсними можливостями транспортного середовища:

$$F : S \times A \times G \rightarrow D(d), \quad (2.62)$$

де  $D(d)$  – вектор резервних можливостей елементів.

Показник ефективності описується моделлю співставлення результатів, ресурсів та факторів впливу:

$$W : A \times D \times G \xrightarrow{I} E(e), \quad (2.63)$$



де  $E(e)$  – вектор показників ефективності МГПТ для кожного рівня;  
 $I$  – інформація о проблемній ситуації.

Оцінка ефективності проводиться шляхом порівняння отриманого значення з еталонним значенням критерію ефективності  $K$ . Критерій ефективності представляє собою набір граничних параметрів які визначають умови забезпечення сталості МГПТ на основі аналізу його поточного стану і оцінки рівня їх впливу на сталість міського середовища. Задача підвищення системної ефективності МГПТ відноситься до задач які мають безліч варіантів вибору і у значній мірі ускладнюється протиріччям інтересів внутрішньорівневого і міжрівневого характеру.

Вибір відповідного рішення про реалізацію заходів щодо підвищення системної ефективності МГПТ проводиться шляхом порівняння проектних варіантів та може бути описаний моделлю прийняття рішення  $C$  яка формується на елементах множини допустимих альтернативних станів:

$$V\{S, R, G, A, D, W, K\}, \quad (2.64)$$

У загальному вигляді модель проблемної ситуації забезпечення системної ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС може бути представлена у вигляді сукупності яка описується множиною:

$$L\{S, R, G, A, D, W, K, C, I\}, \quad (2.65)$$

Проблема забезпечення системної ефективності МГПТ в умовах МС пов'язана з встановленням виду функції відповідності результатів  $A(a)$  необхідному рівню забезпечення його потенціалу  $P$ , який формується за рахунок створення умов для одержання високого рівня результатів функціонування при наявності резервів ресурсів, які стають джерелом його розвитку і досягнення сталого стану метасистеми МС. Модель прийняття рішення  $C$  повинна надати формалізовану відповідь на представлення стану МГПТ з позицій метасистеми МС. Така модель дозволяє вирішити багато окремих задач серед яких є:

- формування множини альтернативних станів МГПТ відповідно до можливих станів метасистеми МС;
- визначення можливих результативно-ресурсних показників функціонування МГПТ в умовах метасистеми МС;
- виділення рівня і характеру внутрішніх та міжрівневих чинників впливу;

- розробка локальних показників оцінки ефективності для відповідних методологічних рівнів МГПТ в структурі метасистеми МС;
- формування єдиного показника системної ефективності МГПТ;
- встановлення значення критерію системної ефективності МГПТ.

Наявність міжрівневих зв'язків призводить до ситуації при якій апріорне завдання значення критерію ефективності для МГПТ призводить до одержання на інших рівнях деякої множини станів які не завжди забезпечують допустимий стан метасистеми МС. У такому випадку потрібне формування складового критерію, який включає як формальні так і не формальні судження щодо вибору варіанту. Таке правило задається на множинах міжрівневих зв'язків і може бути представлено у вигляді схеми формування моделі системної ефективності МГПТ (рис. 2.17).

На основі виділених цілей для кожного методологічного рівня представлення МГПТ формується модель прийняття рішень, як сукупність окремих моделей прийняття рішень для відповідних рівнів. Умовою формування ефективного стану кожного елемента метасистеми МС є облік потенційних можливостей взаємного впливу на зміну її стану на кожному рівні. На основі загальної моделі прийняття рішень виділяються моделі прийняття рішень які в межах кожного рівня визначають набір заходів щодо формування позитивного приросту системної ефективності МГПТ. Для кожного  $n$ -го рівня, на основі погодження інформації про чинники впливу  $G_n$  та ресурсні можливості елементів  $R_n$  проводиться формування субмоделей прийняття рішень про розподіл ресурсів  $C_{nR}$  та вплив чинників внутрішнього середовища  $C_{nG}$ .

Аналогічно на основі інформації про можливий результат та рівень резервних можливостей на основі даних про ресурсні можливості та рівень їх використання формуються субмоделі прийняття рішення про забезпечення результатів функціональних процесів  $C_{nA}$  та забезпечення резервного рівня ресурсних можливостей  $C_{nD}$ . Далі на основі інформації про ресурсно-результативні можливості визначаються показники ефективності. Для кожного рівня формується субмоделі прийняття рішення стосовно визначення значення критерію ефективності які в поєднанні з під субмоделлю оцінки ефективності через функції відповідності дозволяє сформулювати висновок стосовно досягнення мети відповідного рівня.

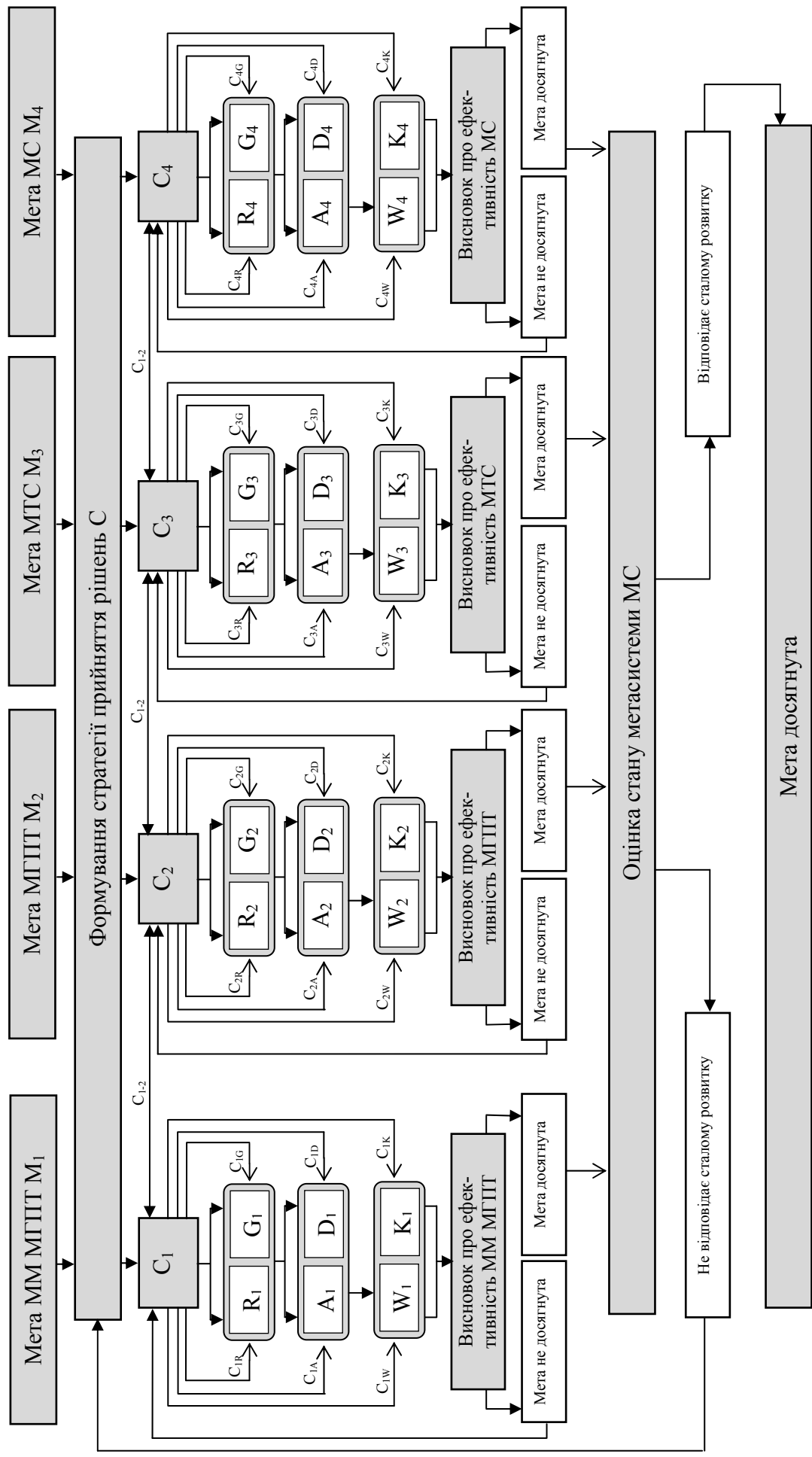


Рис. 2.17. Схема формування системної ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС

В разі отримання незадовільного результату виконується повернення і корегування елементів проблемної ситуації шляхом перегляду її як у межах відповідного рівня  $C_n$  так і у міжпослідовних рівнях  $C_{n-(n+1)}$ . На основі висновків про ступінь досягнення мети проводиться вибір кращої альтернативи  $S_n^b$  для кожного рівня з множини її станів  $S_n$ . В подальшому на основі оцінки сукупності отриманих кращих альтернативних станів елементів метасистеми МС формується рішення щодо оцінки їх відповідно вимог сталості. В разі отримання позитивної відповіді приймається рішення про досягнення мети функціонування МГПТ з позицій метасистеми МС. Негативна відповідь передбачає повтор формування загальної моделі прийняття рішень та процедур пошуку ефективного стану метасистеми МС. При цьому в залежності від концепції удосконалення метасистеми, перегляд формування моделі прийняття рішень може проводитися як з верхнього так і з нижнього рівня.

На основі моделі оцінки системної ефективності МГПТ з позицій метасистеми МС можна сформулювати різні постановки окремих задач, а саме:

- структурування інформації про реалізацію транспортних процесів;
- аналіз невизначеності умов функціонування МГПТ;
- моделювання стану елементів МГПТ;
- розробку моделей переваг вибору альтернатив реалізації технологічних процесів МГПТ;
- формування стратегії функціонування МГПТ з позиції забезпечення сталого розвитку МС.

## **2.5 Висновки по розділу**

Практичне використання методології системного підходу при оцінці ефективності МГПТ обумовлено метою і глибиною його дослідження, складністю досліджуваного об'єкта, ступенем невизначеності його поведінки, значною інтеграцією його у соціально-економічну структуру міського середовища та передбачає зосередження уваги на побудові його у вигляді єдиної інтегрованої частини міського середовища. Виділення в якості глобальної системи відносно МГПТ міського середовища дозволило забезпечити цільове погодження його ефективності з умовами формування сталого розвитку міста.

Методологія дослідження МГПТ з позицій метасистемного рівня вимагає реалізації особливих умов єдності процедур синтезу та

аналізу його процесів, спрямованих на забезпечення умов досягнення глобальної мети міського середовища та реалізується шляхом виділення багаторівневої структури його системної ефективності. Багаторівневе представлення МГПТ в структурі міського середовища дозволило обґрунтувати його розгляд як системоутворюючого елемента життєдіяльності міста та виділити загальні принципи підвищення його системної ефективності, які ґрунтуються на необхідності скорочення протиріч між його внутрішніми та зовнішніми суб'єктами у межах єдиного транспортного простору, покращення його сервісно-споживчої якості, забезпеченні раціонального використання усіх видів ресурсів та забезпечення позитивного впливу транспорту на якість життя населення.

Системна ефективність МГПТ ґрунтується на виділених методологічних рівнях його представлення у структурі МС та за своєю структурою реалізується на основі принципів ускладнюючого представлення організаційних суб'єктів складних систем. Запропонована оцінка системної ефективності МГПТ передбачає її опис у вигляді кінцевого набору параметрів всіх методологічних рівнів його представлення у структурі міського середовища, базується на оцінці характеру міжрівневих зв'язків і впливів та реалізується шляхом обліку міжрівневих конфліктів і компромісів, що дає можливість забезпечити квантифікацію його окремих цілей в межах єдиного функціонального простору. Оцінка ресурсно-результативних параметрів функціонування МГПТ з позицій метасистеми МС реалізується на основі виділених форм їх представлення і за свою мету має визначення сукупності інтегрованих показників, які відображають його стан через оцінку ресурсно-результативного рівня відповідних частин метасистеми МС. Структура поетапного ускладнення ресурсно-результативних параметрів системної ефективності МГПТ передбачає послідовну їх трансформацію, що дозволяє виділити характер їх впливу на всі рівні метасистеми МС.

Пошук ефективного стану МГПТ в умовах МС досягається шляхом створення моделі проблемної ситуації, яка відображає взаємозв'язок основних етапів підвищення його системної ефективності та послідовність формування окремих технологічних задач. Представлена модель дозволяє описати процедуру пошуку альтернативних варіантів формування системної ефективності МГПТ, алгоритмічно формалізувати пошук його ефективного стану, а також є базовою платформою для розробки стратегії його сталого розвитку в межах МС.

### **3. ОСНОВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

#### ***3.1. Формування уявлень про закономірності сталого розвитку МГПТ***

Питання формування оціночних параметрів сталого розвитку транспорту є актуальною задачею, яка протягом останніх років набуває поширення у сфері досліджень присвячених, як загальній оцінці якості життя міського населення [212–214] так і розгляду окремих задач підвищення ефективності транспорту [215–218]. Незалежно від характеру представлені форми не реалізують у повній мірі вимоги щодо об'єктивності представлення в них принципів балансу між споживанням ресурсів та результатами функціонування міського транспорту, що є основоположними стратегії сталого розвитку.

Актуальність проблеми формування уявлень про цільову відповідність МГПТ сталому розвитку МС обґрунтована необхідністю здійснювати системне, комплексне дослідження його внутрішніх і зовнішніх об'єктів і явищ на основі інтеграції окремих елементів і результатів їх функціонування в межах МС [219].

Модель визначення системної ефективності МГПТ з позицій МС, передбачає виділення принципових форм та закономірностей формування умов його сталості шляхом оцінки системної критичності впливу його на стан складових МС. Сталий розвиток МГПТ це відносно нова форма його розгляду. Вона потребує на основі виділення закономірностей та параметрів стану його внутрішнього та зовнішнього середовища, формування основоположних понять та виділення базового понятійного апарату сталості МГПТ, який формується на основі аналізу його системних властивостей та форм його представлення.

Дослідження поняття «сталий розвиток МГПТ» дозволило зробити висновок про те, що для його формування необхідне осмислення та визначення понять «закономірності сталого розвитку МГПТ» та «принципи сталого розвитку МГПТ» на загальнонауковому та спеціальному рівнях. У такі поняття повинні включатися

різні форми відносин між елементами МГПТ, які відображають форму і спосіб досягнення його загального результату та впливу на метасистему МС. Існуючі підходи до представлення сталого міського транспорту [171, 185, 189, 220-225] мають суттєву обмеженість реалізації такого способу опису для МГПТ, які обумовлюються відсутністю в них спільності ставлення до його ознак. Для виділення таких ознак необхідна формалізація функціональних аспектів практичної реалізації закономірностей сталого розвитку МГПТ, серед яких виділяються аспекти: цільовий, прикладний, практичний, стратегічний та системоутворюючий, які в комплексі формують систему основоположних принципів його сталості. Принципи сталого розвитку МГПТ розглядаються у їх єдності з принципами детермінізму функціональних процесів, системності оцінки їх результатів та впливів.

На методологічному рівні осмислення проблеми будемо вважати, що закономірності сталого розвитку МГПТ – це прояв загальних законів, які відображають виділені на технологічному рівні істотні, стійкі, повторювані взаємозв'язки або причинно-наслідкові залежності між процесами, що відбуваються в його зовнішньому та внутрішньому середовищі та сприяють формуванню умов розвитку МС в межах його існуючих ресурсних можливостей. Принцип сталого розвитку МГПТ – це діяльний вираз причинно-наслідкової залежності між функціональними процесами та явищами, які мають системну форму та характер зв'язків, що дозволяють використовувати їх в якості регулятивних норм формування розвитку всіх складових елементів метасистеми МС.

Аналізуючи процеси змін МГПТ в умовах метасистеми МС, можна сказати, що виділені закономірності формують збереження умов забезпечення його системної ефективності шляхом цільової спрямованості на процес розвитку і реалізації його основних функціональних процесів, енергоефективних технологій та потенціалу. Виявлені умови формують збереження загального характеру позитивного розвитку МС через можливість зростання рівня якості життя міського населення, яке досягається завдяки внутрішнім та зовнішнім умовам забезпечення системної ефективності функціонування МГПТ. Осмислення проблеми сталого розвитку МГПТ дозволив сформуванню загальноутворюючий характер цих закономірностей та принципів (рис. 3.1).

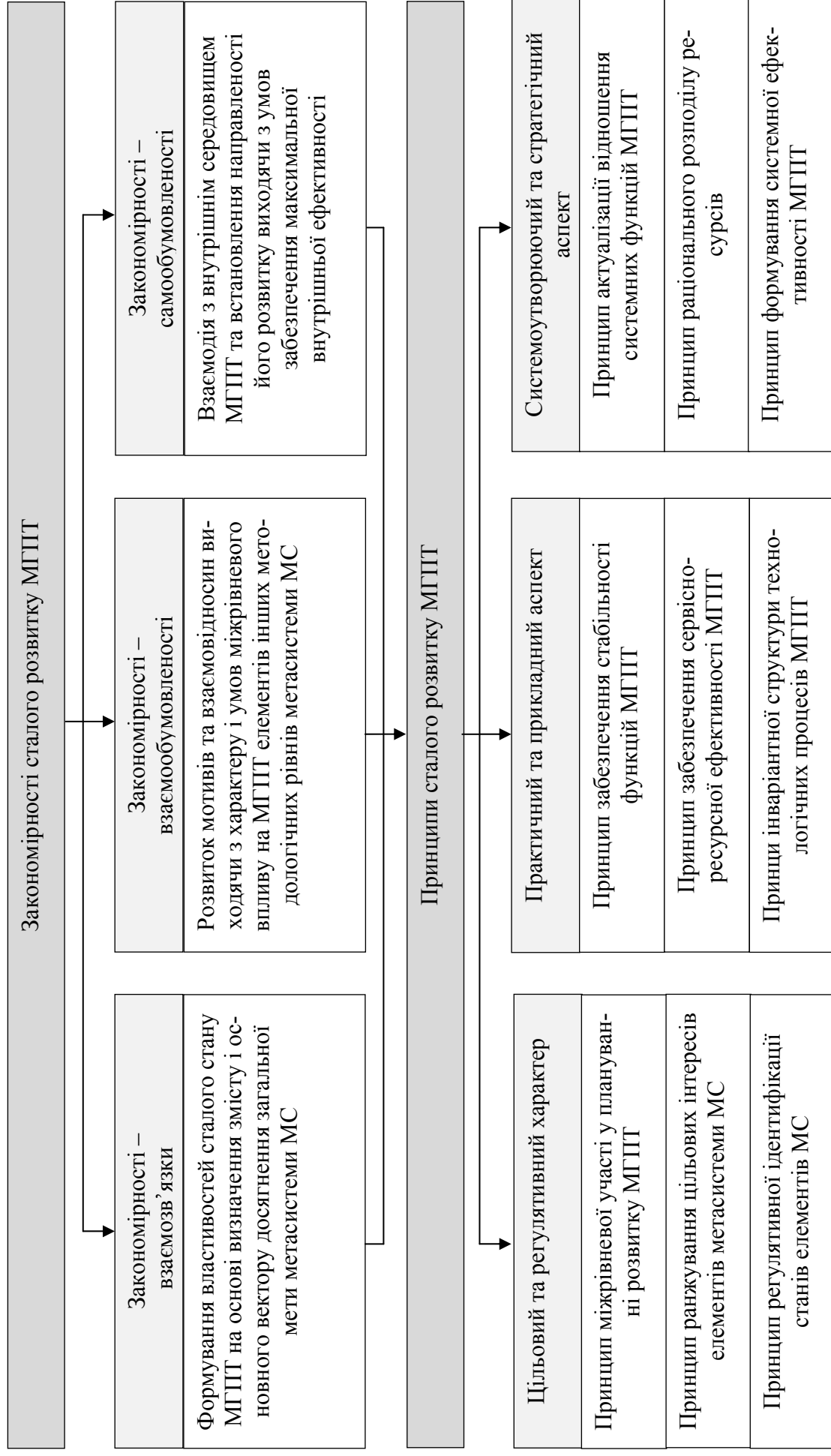


Рис. 3.1. Загальноутворюючий характер закономірностей та принципів сталого розвитку МГПТ



Важливою характеристикою сталого розвитку МГПТ є властивості, які визначають його стан. МГПТ, як люба система, може бути охарактеризований станом, який відображає множину його властивостей і функцій у відповідний період часу або фіксованій точці простору. В якості параметрів стану МГПТ виступають ресурсно-результативні характеристики його функціонування, які під впливом внутрішніх та зовнішніх чинників змінюють його стан, що призводить до формування відповідного рівня позитивного або негативного сприйняття населенням умов життєдіяльності МС.

Визначення загальноутворюючого характеру закономірностей та принципів сталого розвитку МГПТ, крім виділення напрямів і форм його досягнення, потребує дослідження системних властивостей взаємного впливу його окремих елементів внутрішнього і зовнішнього середовища, які формуються в процесі його функціонування. Системні властивості МГПТ характеризуються умовами його функціонування та визначаються на основі опису його динамічних процесів. Динаміка МГПТ – це сукупність всіх змін, які відбуваються в його середовищі під дією внутрішньосистемного та зовнішнього впливу.

Динамічні процеси призводять до змінності МГПТ, яка відображає можливість перетворення його стану, структури, зв'язків, характеру функціонування та наслідків впливу на інші складові елементи метасистеми МС.

Функціонування МГПТ представляє сукупність всіх збалансованих внутрішніх процесів спрямованих на забезпечення задоволення потреб пасажирів у реалізації просторових переміщень шляхом обміну та трансформації всіх видів ресурсів у результат. Умовно процес функціонування МГПТ можна представити у формі об'єкту, який під впливом сукупності керуючих дій  $U$  та зовнішніх чинників  $G$  забезпечує отримання результату  $A$  на основі трансформації ресурсів  $R$ .

При цьому крім отримання позитивного результату функціонування відбувається виділення негативних наслідків його роботи  $B$ , які впливають як на зовнішнє середовище МГПТ, так і на загальний результат метасистеми МС. Негативний вплив МГПТ призводить до зниження загального результату МС який виражається у зниженні якості життя міського населення. Узагальнена структура зв'язків об'єкту дослідження представлена на рис. 3.2.

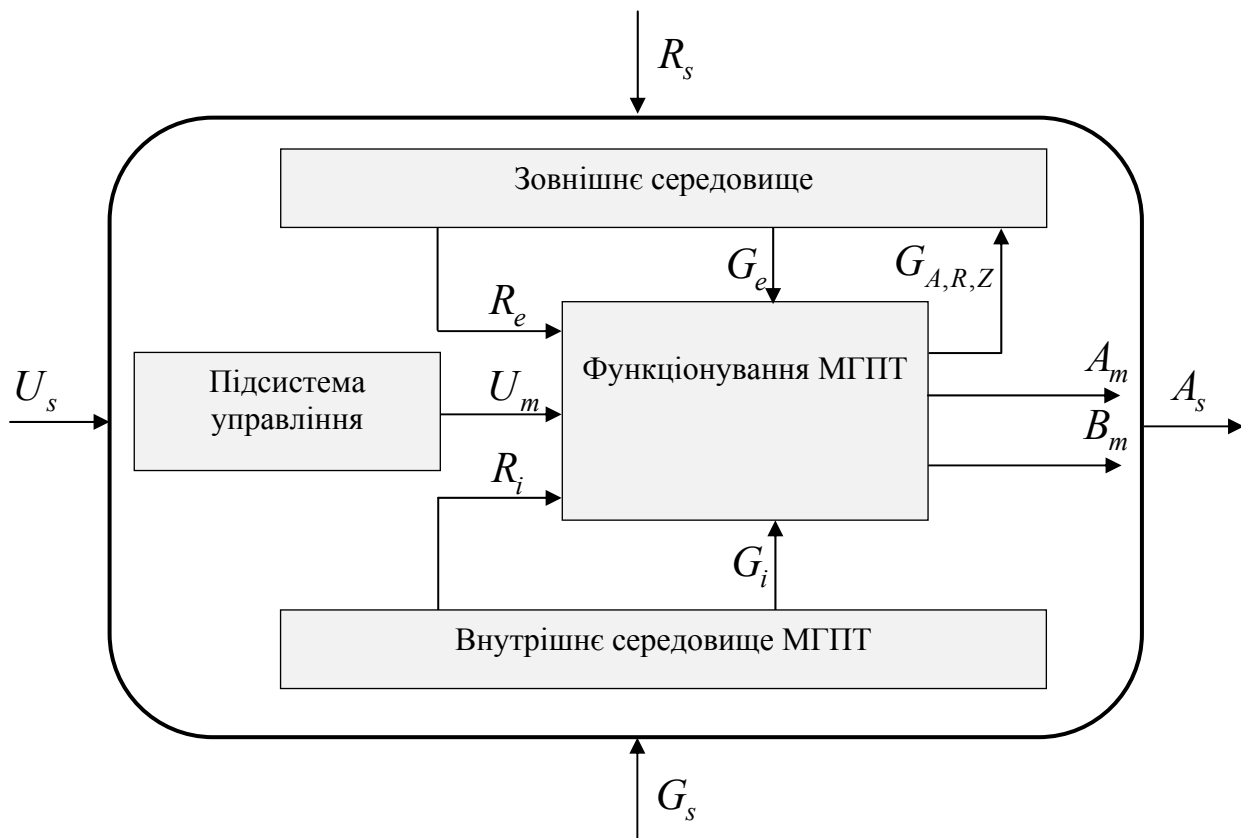


Рис. 3.2. Узагальнена структура зв'язків об'єкту дослідження:

$U_s, U_m$  – сукупність керуючих впливів на МС та МГПТ відповідно;  
 $R_s, R_e, R_i$  – сукупність ресурсів МС, зовнішніх та внутрішніх ресурсів МГПТ відповідно;  
 $G_s, G_e, G_i, G_{A,R,Z}$  – сукупність впливів на МС, зовнішніх, внутрішніх впливів МГПТ, міжрівневого впливу відповідно;  
 $A_s, A_m$  – сукупність результатів МС та МГПТ відповідно;  
 $B_m$  – сукупність негативних наслідків МГПТ на МС

Внутрішнім середовищем МГПТ є транспортні підприємства (ТП), підсистема управління (ПУ) у вигляді організатора пасажирських перевезень (ОПП), пасажирська транспортна інфраструктура (ПТІ). Зовнішнім середовищем виступає міська транспортна система (МТС) та елементи міського середовища (МС). Споживча підсистема (СП), яка представляється пасажирями, входить одночасно до складу внутрішнього і зовнішнього середовища. У внутрішньому середовищі вона представлена у вигляді пасажирів, які користуються МГПТ, а в зовнішньому – в якості міського населення, яке реалізує свій життєвий потенціал у межах всіх підсистем МС. Така форма представлення СП дозволяє реалізувати принцип взаємного впливу

результатів і негативних наслідків функціонування внутрішнього та зовнішнього середовища МГПТ, який є основоположним у формуванні сталого розвитку МС. Загальний результат МС, який оцінюється якістю життя міського населення, формується на основі синтезу отриманих результатів у межах економічного, екологічного, соціального, суспільного простору з урахуванням їх взаємного негативного впливу. У сучасних умовах життєдіяльності МС значний негативний вплив на його складові здійснює міський пасажирський транспорт. Цей негативний вплив проявляється у забрудненні екологічного середовища, збільшенні дорожнього травматизму, обмеженні можливостей використання соціально-суспільного простору МС внаслідок скорочення вільного часу населення з причин значної тривалості транспортних переміщень, вилучення територій міського середовища під будівництво об'єктів транспортної інфраструктури та ін. Перш за все роль МГПТ у зниженні негативних наслідків транспорту обумовлена його високою питомою ресурсною ефективністю, яка полягає у можливості отримання потрібного рівня внутрішнього результату при низькому споживанні ресурсів та забезпечення скорочення негативного впливу міського пасажирського транспорту на МС.

В якості загальних ресурсів МГПТ виступають ресурси операційної підсистеми: провізні можливості ТП (кількість, тип транспортних засобів, режими виробничої діяльності), фінансові ресурси ТП (доходи, дотації), ресурси зупиночних пунктів ПТІ (кількість, пропускна здатність постів обслуговування, рівень технічного оснащення), ресурси МТС (кількість смуг руху, пропускна здатність смуг руху, пропускна здатність перехресть вулиць, тип регулювання на перехрестях, технічне оснащення та рівень організації регулювання), ресурси ПУ (рівень інформаційного обміну, рівень оснащення контролю та зв'язку), ресурси СП (фінансові ресурси міста та пасажирів).

Результат функціонування МГПТ полягає в задоволенні потреб міського населення у реалізації територіальних переміщень, рівень якого в значній мірі впливає на можливості життєвого потенціалу всіх структур МС. Негативні наслідки МГПТ, які утворюються в процесі його функціонування знижують загальну результативність МС через його негативний вплив на компоненти якості життя

населення, серед яких основними є екологічний та соціальний впливи. Представлення МГПТ з позицій сталого розвитку ставить умовами його функціонування вимоги щодо утримання його негативних наслідків у межах умовно допустимого рівня, який по відношенню до мети кожного середовища є прийнятним з позицій існуючого стану або визначений з цільових погоджень інтересів елементів МС. В умовах реалізації стратегії забезпечення зростання рівня транспортного обслуговування утримання негативних наслідків в існуючих межах є формою реалізації загальних принципів сталого розвитку, та може бути прийнято в якості основоположного принципу формування підвищення системної ефективності МГПТ та забезпечення його сталості. Крім мінімізації негативних наслідків, сталий розвиток передбачає забезпечення гармонії між використанням ресурсів та результатами, які досягаються. В умовах дослідження МГПТ важливим є визначення форм і способів забезпечення раціонального результативно-ресурсного балансу, який є складовою частиною його сталості.

У загальному вигляді сталий розвиток МГПТ може бути представлений на основі синтезу концептів, які характеризують його ресурсно-результативні параметри та негативні наслідки функціонування для МС:

$$ST_m = \{K_R, K_A, K_B\}, \quad (3.1)$$

де  $K_R$  – концепт, який характеризує ресурси, що використовуються МГПТ;

$K_A$  – концепт, який характеризує результати МГПТ;

$K_B$  – концепт, який характеризує негативні наслідки МГПТ.

Структура концептів, які характеризують сталий розвиток МГПТ визначається сукупністю множин їх складових параметрів для кожного методологічного рівня представлення МГПТ в структурі метасистеми МС (табл. 3.1).

У ході функціонування МГПТ відбуваються процеси, що призводять до зміни стану його концептів, які за своїм характером можуть мати позитивний або негативний вплив на МС. Структура та характер зв'язків концептів МГПТ представлена на рис. 3.3.

## Структура концептів сталого розвитку МГПТ

Методологічний рівень	Концепт ресурсів $K_R$	Концепт результатів $K_A$	Концепт наслідків $K_Z$
Метасистемний (МС)	$\{R_s\}$ – ресурси МС (територіальний простір, фінансові ресурси МС та СП)	$\{A_s\}$ – цільова кон'юнкція (функція відповідності досягненню загальної мети)	$\{B_s\}$ – вплив на якість життя (рівень екологічного впливу та дорожньої аварійності)
Системний (МТС)	$\{R_u\}$ – ресурси МТС (пропускна здатність ділянок та вузлів мережі)	$\{A_u\}$ – функціональність МТС (рівень організованості)	$\{B_u\}$ – структурна невідповідність МТС (вилучення смуг руху для МГПТ)
Агрегативний (МГПТ)	$\{R_m\}$ – ресурси МГПТ (фінансові ресурси ТП, ресурси зупиночних пунктів ППТ, ресурси ПУ)	$\{A_m\}$ – результативність МГПТ (рентабельність перевезень)	$\{B_m\}$ – дестабілізація функціональності МГПТ (зростання витрат ресурсів)
Елементарний (Маршрути МГПТ)	$\{R_r\}$ – ресурси маршрутів (провізні можливості ТП)	$\{A_r\}$ – сервісна якість транспортних послуг (якісний рівень задоволення потреб пасажирів)	$\{B_r\}$ – соціально-маркетингова невідповідність (зниження обсягу транспортної пропозиції)

Процес функціонування МГПТ передбачає використання відповідного обсягу ресурсів для одержання результату при одночасному формуванні відповідного рівня негативних впливів. Умовою сталого розвитку МГПТ є обмеження його негативних наслідків можливостями їх поглинання внутрішніми та зовнішніми елементами за умов збереження їх якісного рівня. Така форма передбачає виділення допустимих меж для всіх видів концептів сталості на основі оцінки їх критичності. Концепт ресурсів доцільно представляти у формі параметрів які відображають їх резервні можливості (резерв ресурсу). Результати представляються у виді абсолютних значень їх показників на основі виділених форм їх опису відповідно до виділених методологічних рівнів дослідження МГПТ в структурі МС.

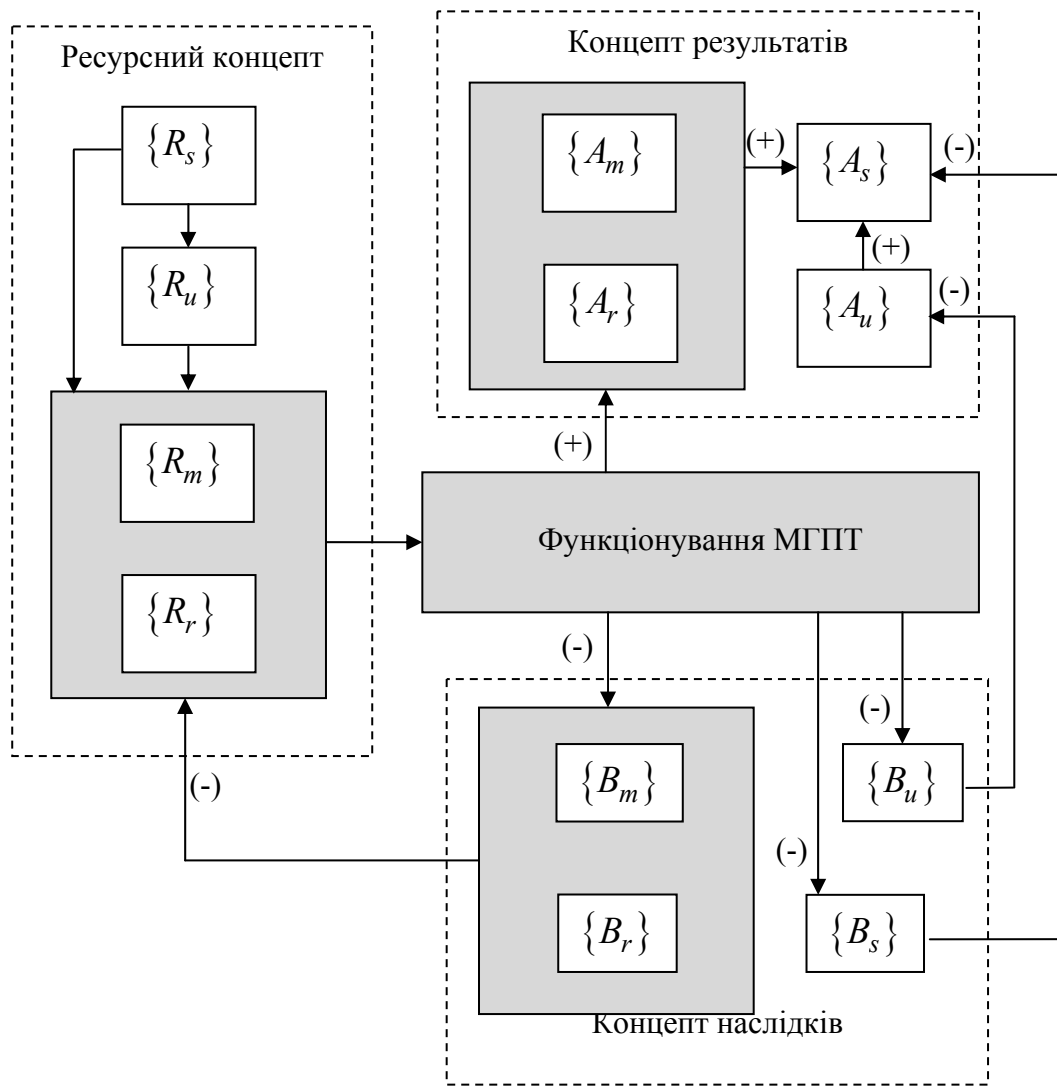


Рис. 3.3. Структура зв'язків концептів МПТТ

Негативні наслідки можуть бути поділені на дві групи: внутрішні та зовнішні. До внутрішніх відносяться наслідки які формуються в межах елементарного та агрегативного рівня МПТТ. До таких наслідків відноситься дестабілізація функціональності МПТТ та соціально-маркетингова невідповідність рівня наданої транспортної пропозиції, що виникають в результаті неможливості компенсації внутрішніх коливань. До зовнішніх негативних наслідків відноситься вплив, який формується в межах елементів МТС і МС. Негативний вплив на МТС пов'язаний з вилученням частини проїжджої частини для руху МПТТ (за умов організації пріоритетного руху МПТТ або повної заборони руху немаршрутного транспорту). Негативний вплив МПТТ на МС може бути представлений у вигляді якісної параметризації рівня шкідливих викидів та рівня транспортної безпеки. Виділення зон формування сталості та їх умов дозволяє

визначити загальну структуру формування сталого розвитку МГПТ (рис. 3.4).

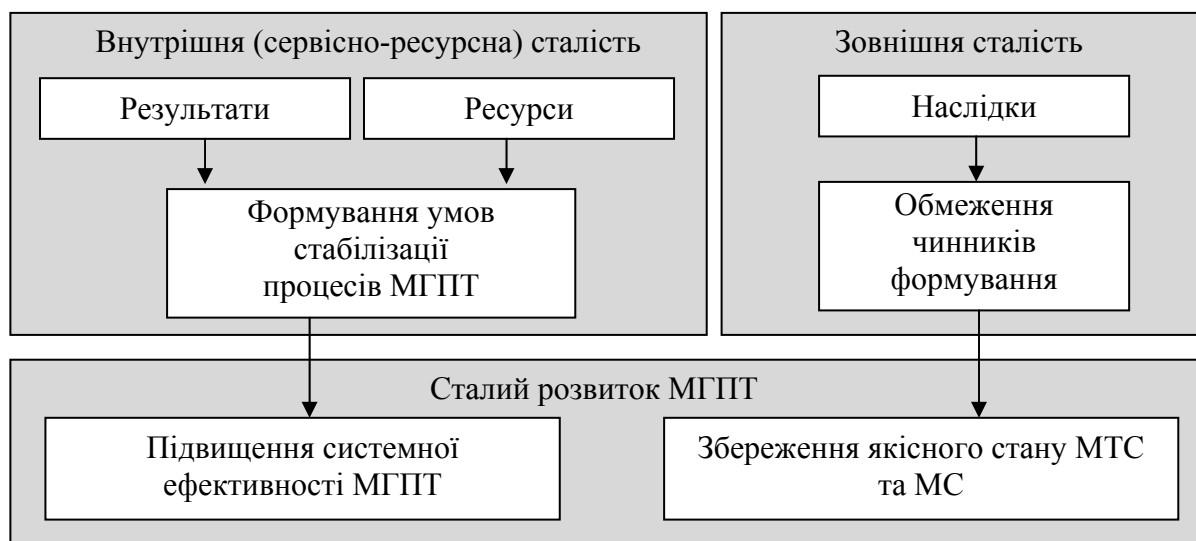


Рис. 3.4. Загальна структура формування сталого розвитку МГПТ

Формування сталого розвитку МГПТ відбувається в ході динамічних процесів, які реалізуються елементами обслуговуючої підсистеми МГПТ в межах внутрішнього та зовнішнього середовища. Під час реалізації цих процесів забезпечується формування переходів до відповідних його динамічних станів. Серед динамічних станів виділяють: змінний, критичний, стаціонарний, рівноваги, сталого розвитку та саморозвитку. Послідовність зміни станів МГПТ в ході реалізації динамічних процесів представлена на рис. 3.5.

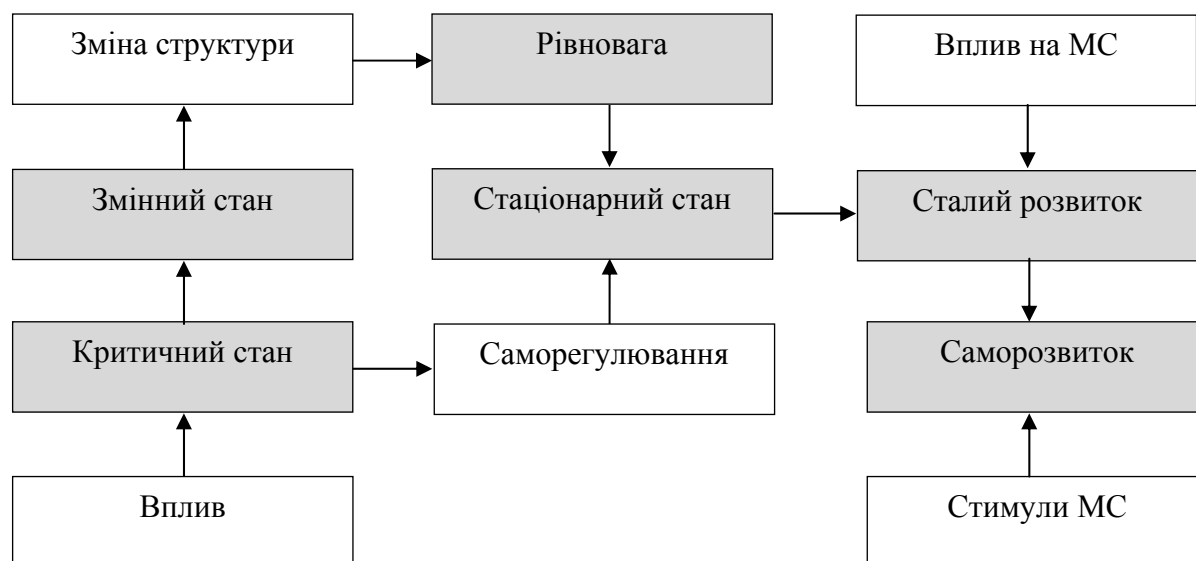


Рис. 3.5. Послідовність формування станів МГПТ

При забезпеченні відповідних умов стимулювання з позиції метасистеми МС реалізується перехід МГПТ до стану саморозвитку. Саморозвиток МГПТ, який досягається синтезом його сталого розвитку та створенням умов стимулювання з боку зовнішнього середовища МС, є процесом створення його нової форми в межах існуючої структури, яка спроможна самостійно забезпечити протидію всім видам зовнішніх та внутрішніх впливів та витримати обрану траєкторію розвитку. Сталий розвиток МГПТ є базовим для формування умов саморозвитку. Він досягається шляхом реалізації переходу МГПТ від стаціонарного стану до стану сталого розвитку за умов одночасного формування його нейтрального впливу на МС. Стан сталого розвитку МГПТ досягається через стаціонарність його внутрішнього середовища, яка проявляється у вигляді стабілізації його технологічних процесів.

За ступенем стабілізації стан МГПТ поділяється на стаціонарний та змінний. Стаціонарний стан МГПТ представляє собою сукупність його послідовних станів протягом відповідного періоду часу, при якому зберігається однорідний характер зміни значення його ресурсно-результативних параметрів, та забезпечується стабільність їх середніх значень та дисперсії:

$$M_{R_i, A_i}(t) = M_{R_i, A_i}, \quad (3.2)$$

$$D_{R_i, A_i}(t) = D_{R_i, A_i}, \quad (3.3)$$

де  $M_{R_i, A_i}$  – математичне очікування ресурсно-результативних параметрів функціонування МГПТ;

$D_{R_i, A_i}$  – дисперсія ресурсно-результативних параметрів функціонування МГПТ.

Одним з шляхів забезпечення стаціонарності МГПТ, що є передумовою його сталого розвитку, є формування стану рівноваги, яка в реальних умовах досягається шляхом його внутрішньої зміни. Така форма досягнення рівноваги в умовах зовнішніх коливань забезпечує адаптацію МГПТ до фактичних умов його функціонування за рахунок зміни структури та системних зв'язків. В якості основного недоліку цього способу стабілізації є втрата цільової мети МГПТ, що іде в протиріч умовам забезпечення ним життєдіяльності МС. Втрата відповідності цільовій меті МГПТ в таких умовах



супроводжується зміною типу його функціонування та заміною внутрішніх елементів зовнішніми. МГПТ у таких умовах перестає бути основним джерелом задоволення транспортних потреб населення. Пасажири вимушені шукати йому альтернативу, яка призводить до значного збільшення рівня негативного впливу транспорту на МС, зниження рівня якості транспортного сервісу та погіршення умов життєдіяльності МС. В наслідок цих недоліків такий варіант формування стаціонарності МГПТ є непридатним для реалізації і не може розглядатися в якості основоположного.

Способом формування стаціонарності МГПТ, що дозволяє забезпечити збереження його структури, типу та орієнтації функціонування, є реалізація механізму саморегулювання. Умовою реалізації такої форми стабілізації є створення умов забезпечення необхідного рівня ресурсного потенціалу МГПТ. Ресурсний потенціал МГПТ – це сукупність доступних ресурсів, які характеризують його можливості щодо реалізації цілеспрямованих функціональних процесів в умовах впливу на них внутрішніх та зовнішніх чинників. Ресурсний потенціал МГПТ є визначальним в оцінці можливостей розвитку його внутрішнього середовища і окремих структурно-просторових елементів метасистеми МС. Джерелом формування ресурсного потенціалу МГПТ є створення резервів ресурсів, які спрямовані забезпечити компенсаторний вплив на нього в ході динамічних процесів, що відбуваються під час функціонування в межах його структурних об'єктів. Форма досягнення сталого розвитку МГПТ шляхом формування його стаціонарності на основі ресурсного потенціалу МГПТ відноситься до внутрішньої (технологічної) сталості. Внутрішня сталість МГПТ – це сукупність цілеспрямованих динамічних процесів у межах його внутрішніх елементів та елементів метасистеми МС, у ході яких забезпечується його закономірний перехід від одного стану до іншого з метою забезпечення умов зростання його внутрішнього потенціалу та системної ефективності. Джерелом технологічної сталості МГПТ є формування ресурсного балансу і протидії всім видам коливань та впливів, які відхиляють його від стаціонарного стану.

Внутрішня (технологічна) сталість МГПТ - це його властивість зберігати під час внутрішніх та зовнішніх впливів протягом тривалого часу, який зіставлений з часом, який змінює систему процесів його рівноважного гомеостатичного стану, структури, характеру

функціонування та забезпечення умов ефективного функціонування МС. Внутрішня сталість МГПТ досягається шляхом формування реакції-відповіді на впливи і в залежності від їх характеру розподіляється на наступні види:

- імпульсна – забезпечується компенсаторною внутрішньою відповіддю на поодинокі впливи і спрямована на повернення до початкового стану;

- монотонна – в ході поступових змін відбувається контроль за параметрами МГПТ, та реалізується програма адаптації його внутрішнього стану до зміни умов функціонування;

- перехідна – після кожного критичного впливу МГПТ виникає перехідний процес, який виводить його на новий рівень, в подальшому після забезпечення рівноваги відбувається повернення до первинного стану;

- ступінчата – після імпульсного впливу відбувається перехідний процес, який переводить МГПТ на новий стаціонарний рівень за рахунок реалізації внутрішніх та зовнішніх змін.

Формування внутрішньої сталості МГПТ, на основі опису його стану через виділені концепти, передбачає проведення процедур реалізації комплексних заходів спрямованих на забезпечення потенціалу зростання його системної ефективності в межах виділених функціональних середовищ, шляхом єдності основних елементарних процедур та процесів. Комплексність цих заходів обумовлена структурними системними вимогами які висуваються перед МГПТ і полягають у формуванні умов цільової кон'юнкції всіх складових систем метасистеми МС. Структура напрямів формування внутрішньої сталості МГПТ представлена на рис. 3.6.

Важливим етапом формування внутрішньої сталості МГПТ є визначення сервісно-ресурсних умов його забезпечення. Необхідність цього обумовлена динамічним характером його функціонування, який призводить до змін його стану. Змінний стан МГПТ відображає його властивості щодо зміни структури та характеристик на основі реалізації процесу переходу його через критичне значення параметричних сервісно-ресурсних властивостей за межі допустимого рівня системної ефективності. Критичним станом МГПТ є стан при якому можливий його вихід з допустимої області системної ефективності.



Рис. 3.6. Напрями формування внутрішньої сталості МГПТ

Перехід до такого стану супроводжується якісними перетвореннями внутрішніх технологічних процесів та відображає умовну межу при якій починаються процеси руйнування її внутрішнього і зовнішнього середовища, та стає неможливим забезпечення встановлених меж ресурсно-результативних параметрів функціонування як МГПТ, так і окремих елементів його зовнішнього середовища (метасистеми МС).

Критичний стан внутрішнього середовища МГПТ визначається межею допустимих значень ресурсно-результативних показників всіх рівнів МС на який він здійснює вплив. Межа критичного рівня для кожного методологічного рівня визначається на основі оцінки ресурсного потенціалу окремо для маршрутів, МГПТ, МТС, МС та їх результатів. У загальному вигляді критичну межу сервісно-ресурсних параметрів внутрішньої сталості МГПТ має вигляд:

$$SE_n = \inf \{ \rho_{dn} (RR_{dn}, A_{dn}), RR_{dn} \in RR_n, A_{dn} \in A_n \}, \quad (3.4)$$

де  $\rho_{dn}$  – критичний рівень ресурсно-результативних параметрів  $n$ -го рівня МС;

$RR_{dn}$  – межа допустимих значень резервів ресурсів  $n$ -го рівня МС;

$A_{дн}$  – межа допустимих значень результатів  $n$ -го рівня МС.

Умовно критичним станом МГПТ є стан, який досягається в результаті реалізації його динамічних процесів, при якому він перестає задовольняти критеріальним вимогам вищих рівнів метасистеми МС, а лише відповідає внутрішнім вимогам:

$$SE_m = \inf \{ \rho_{дм} (RR_{дм}, A_{дм}), RR_{д} \in RR_m, A_{д} \in A_m \}, \quad (3.5)$$

де  $\rho_{дм}$  – критичний рівень ресурсно-результативних параметрів МГПТ;

$RR_{дм}$  – межа допустимих значень резервів ресурсів МГПТ;

$A_{дм}$  – межа допустимих значень результативних параметрів МГПТ.

Властивості внутрішньої сталості МГПТ характеризуються областю сталості, її запасом та зоною сталості. Область внутрішньої сталості МГПТ визначається інтервалом зміни його результативно-ресурсних параметрів при яких забезпечується його стаціонарне положення без переходу до критичного стану. Запасом сталості МГПТ виступає умовна відстань між точкою реального рівня його ресурсно-результативних параметрів та критичною точкою при якій відбуваються динамічні процеси його переходу до критичного стану. Зона внутрішньої сталості МГПТ відображає умовний простір в якому динамічні процеси призводять до стану рівноваги за умов забезпечення його внутрішньої сталості. Графічне представлення параметрів внутрішньої сталості МГПТ наведено на рис. 3.7.

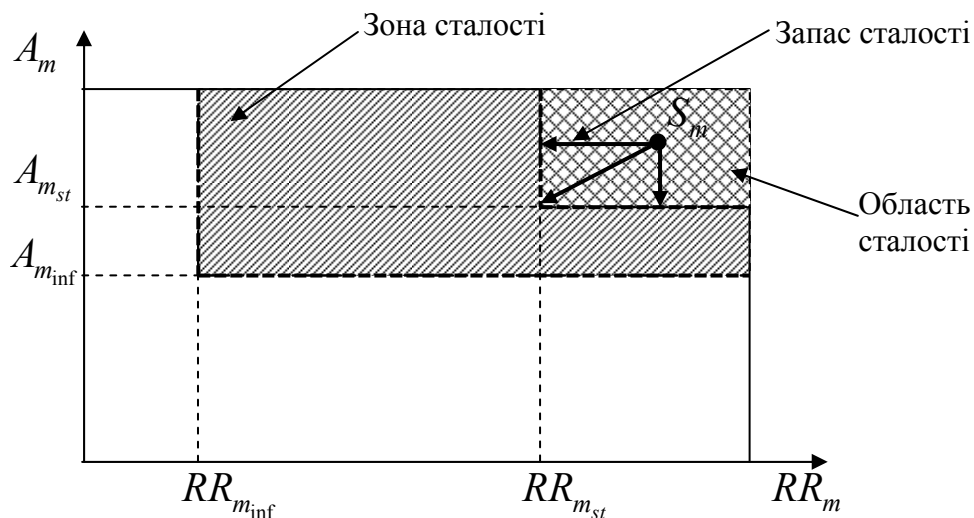


Рис. 3.7. Сервісно-ресурсні умови внутрішньої сталості МГПТ

Загальна схема внутрішньої сталості МГПТ може бути представлена у вигляді сукупності множин:

$$ST_{em} = \{X, N, F, D, E\}, \quad (3.6)$$

де  $X$  – множина вихідних даних;  
 $N$  – множина простору рішень;  
 $F$  – відображення множини вихідних даних на простір рішень;  
 $D$  – показник сталості;  
 $E$  – сукупність допустимих відхилень.

Відображення множини вихідних даних на множині простору рішень є моделлю функціонування, яка дозволяє визначити стан МГПТ і ступінь його сталості. Результат функціонування може бути представлений у вигляді сукупності множин:

$$F = \{L, V\}, \quad (3.7)$$

де  $L$  – множина експлуатаційних параметрів функціонування;  
 $V$  – множина сервісно-результативних параметрів.

Множина сервісно-результативних параметрів функціонування МГПТ є відображенням множини попиту на множині експлуатаційних параметрів функціонування МГПТ.

Для оцінки внутрішньої сталості МГПТ використовується форма метричної параметризації. В якості показника сталості може бути використана функція  $d(N)$ , яка має значення на множині простору рішень  $N$ :

$$d(N) = \sup \{ \psi_n(n_{1n}, n_{2n}), n_{1n} \in N_{1n}, n_{2n} \in N_{2n} \}, n = \overline{1, m}, \quad (3.8)$$

де  $\psi_n$  – показник, що відображає ступінь близькості до сталого стану для  $n$ -го рівня метасистеми МС;

$n_{1n}, n_{2n}$  – нижня та верхня межа допустимого простору рішень для  $n$ -го рівня МС;

$m$  – кількість рівнів МГПТ в умовах МС.

Сталий стан забезпечується в області сталості яка може бути представлена у вигляді множини допустимих відхилень  $E$ :

$$E_{\text{int}} = \{E_n(x_n, v_n), x_n \in X_n, v_n \in V_n\}, n = \overline{1, m}, \quad (3.9)$$

де  $E_n$  – сукупність допустимих відхилень при відповідних вихідних та сервісно-результативних параметрах  $n$ -го рівня МС;

$x_n$  – вихідні дані для  $n$ -го рівня МС;

$v_n$  – сервісно-результативні параметри функціонування МГПТ для  $n$ -го рівня МС;

$X_n$  – множина вихідних даних для  $n$ -го рівня МС;

$V_n$  – множина сервісно-результативних параметрів функціонування МГПТ для  $n$ -го рівня МС.

Абсолютним показником сталості МГПТ у відповідній точці на просторі вихідних даних  $X$  для  $n$ -го рівня метасистеми МС є число:

$$d(x_n, E_n) = \inf \{d_n(x_n, E_n(x_n, v_n)), x_n \in X_n, v_n \in V_n\}, \quad (3.10)$$

де  $d_n$  – показник сталості  $n$ -го рівня МС.

Абсолютний мінімум сталості забезпечується на межі критичного стану:

$$d_b(x_n, E_n) = \inf \{d_n(x_{bn}, E_{bn}(x_{bn}, v_{bn})), x_{bn} \in X_n, v_{bn} \in V_n\}, \quad (3.11)$$

де  $x_{bn}, v_{bn}$  – вихідні дані та результат функціонування МГПТ для критичного стану  $n$ -го рівня МС.

Рівень запасу сталості відображає властивості МГПТ протидіяти різним впливам, забезпечуючи при цьому можливість отримання результату який не виходить за межу критичного стану:

$$Rd(x_n, E_n) = \frac{d_n(x_n, E_n) - d_{bn}(x_n, E_n)}{d_{bn}(x_n, E_n)}, \quad (3.12)$$

Необхідною передумовою сталого розвитку МС є забезпечення локальної стійкості кожної її складової системи. Загальна сталість метасистеми МС формується через послідовну її трансформацію шляхом її мультиплікації. Ступінчата апроксимація кривої формування сталості МС через системний розвиток МГПТ, де на кожній сходинці повинна виконуватися умова сталості, представлена на рис. 3.8.

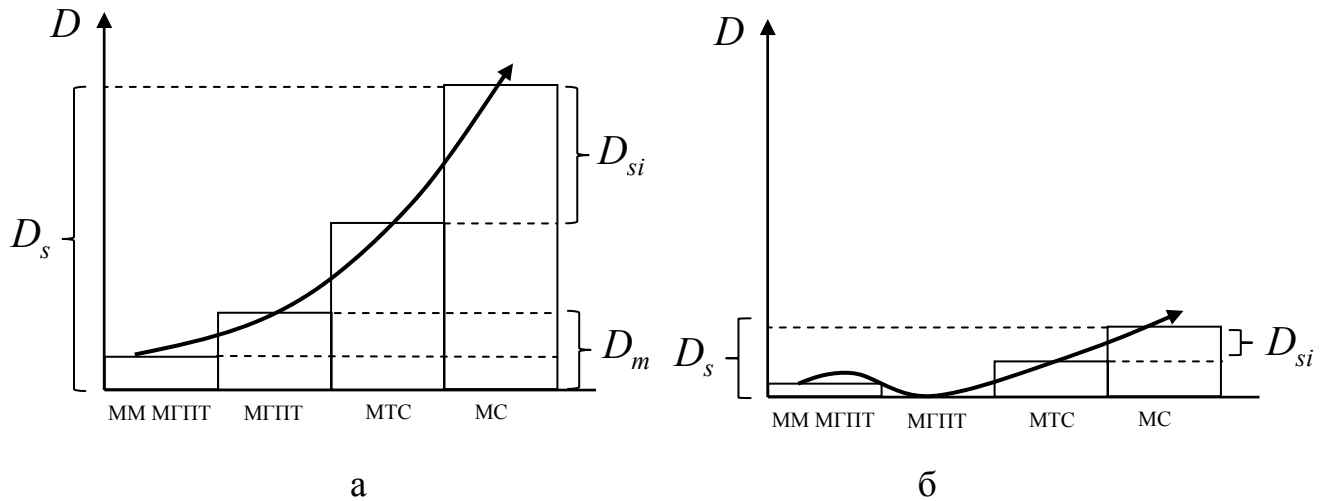


Рис. 3.8. Зміна загальної сервісно-ресурсної сталості МС:  
а – системний розвиток; б – локальний розвиток

З урахуванням ієрархії представлення МГПТ з позицій метасистеми МС та принципів формування його системної ефективності показник рівня запасу сталості МГПТ набуває наступного вигляду:

$$\begin{aligned}
 Rd_m(x_m, E_m) = & \frac{d_m(x_m, E_m) - d_{bm}(x_m, E_m)}{d_{bm}(x_m, E_m)} + \\
 & + \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot Rd_n(x_n, E_n), n = \overline{1, (k \underline{v} m)},
 \end{aligned}
 \tag{3.13}$$

де  $k$  – загальна кількість рівнів формування прирощення системної ефективності МГПТ.

Загальні умови формування сталого розвитку МГПТ передбачають наявність внутрішньої і зовнішньої сталості. Зовнішня сталість забезпечує погодження негативних наслідків з можливостями елементів МТС та МС. Для використання цього принципу необхідно забезпечити мінімальну ймовірність їх виникнення. Елементи концепту негативних наслідків функціонування МГПТ можуть бути представлені у вигляді сукупності чинників, які впливають на їх виникнення. Чинники дорожньої аварійності: ступінь конфліктності умов руху маршрутних ТЗ та немаршрутних ТЗ в межах елементів ПТІ та МТС, рівень завантаження рухом елементів МТС.

Оцінка транспортної безпеки ґрунтується на виділенні і систематизації умов і чинників ризику настання аварійних подій. При

формуванні цих принципів необхідно визначити основні параметри безпеки пасажирських перевезень. Вид їх показників залежить від характеру роботи системи, її структурних властивостей, типу небезпечних подій, які в значній мірі характеризують можливість відновлення робочого стану МГПТ, визначають нанесені збитки та впливають на якісну характеристику транспортного сервісу. Для оцінки цих показників можливо використання кількісних та якісних оцінок безпеки пасажирських перевезень. Кількісні показники характеризують безпеку безпосередньо за допомогою деяких числових величин які можуть приймати детермінований або ймовірнісний вигляд. Серед причин, що обмежують використання детермінованих показників оцінки безпеки слід виділити те, що ці показники не відображають ймовірнісну природу процесів експлуатації та обслуговування МГПТ, мають зазвичай обмежену сферу застосування, носять окремий особистий характер та не можуть бути визначені аналітичними методами. Загальний характер проблеми використання кількісних показників оцінки безпеки пасажирських перевезень на МГПТ пояснюється багатофакторною природою впливу чинників на умови безпеки руху, складністю їх обліку та розрахунку, ретроспективним характером їх отримання та неможливістю їх застосування для аналізу перспективного стану перевезень. Альтернативою кількісної оцінки безпеки пасажирських перевезень є якісні показники, які дають можливість проведення непрямої оцінки безпеки за рахунок виділення імовірнісних показників та дозволяють за допомогою аналітичних досліджень визначити можливі умови забезпечення відповідного рівня безпеки пасажирських перевезень на МГПТ.

Ймовірність виникнення небезпечної ситуації під час пасажирських перевезень залежить від чинників ризику які визначаються умовами реалізації транспортного процесу, станом дорожньої мережі, технічним станом транспортних засобів, людськими чинниками та ін. Відповідно до існуючих підходів можна виділити групи чинників ризику безпеки пасажирських перевезень МГПТ на суб'єктивні і об'єктивні види. До складу суб'єктивних чинників відноситься:

– чинники стану водія МГПТ, які визначаються якостями водія (особисті, психофізіологічні якості, працеспроможність, підготовленість, мотивація, вік, досвід роботи, інформованість, небезпечний стан);



– чинники стану водіїв транспортних засобів та пішоходів (економічні, демографічні, соціальні, особисті, психофізіологічні якості, вік, досвід, інформованість, небезпечний стан);

До складу об'єктивних чинників відноситься:

– чинники транспортних засобів (конструктивні і динамічні параметри, розмір, маса, технічний стан);

– чинники транспортної інфраструктури (тип дороги, кількість смуг, геометричні параметри, рівень перетинань, обладнання перехресть, дорожня розмітка, рівень транспортної конфліктності об'єктів пасажирської інфраструктури);

– чинники формування умов руху (допустима і фактична швидкість руху, інтенсивність і склад транспортних потоків, рівень транспортної конфліктності на елементах транспортної інфраструктури, рівень завантаження рухом);

– чинники зовнішньої середовища (погодні умови, час доби, стан доріг, наявність штучних перешкод, наявність освітлення).

При проведенні якісної оцінки транспортної безпеки необхідно визначити характер впливу визначених чинників на ризик виникнення аварійних ситуацій. Показник якісної оцінки рівня безпеки може бути визначений на основі оцінки ризику виникнення ситуації яка сприяє настанню негативних (аварійних) подій. Показники ризику починають все ширше використовуватися в області безпеки дорожнього руху. Особливо це стає актуальним у ході аудиту безпеки існуючих автомобільних доріг, коли необхідно провести експрес-аналіз небезпеки ділянок доріг або дати оцінку безпеки руху на конкретних автомобільних дорогах. Схема реалізації принципу якісної оцінки транспортної безпеки на МГПТ представлена на рис. 3.9.

На основі аналізу можливих загроз і їх характеристики, відповідно обраного об'єкту дослідження формується матриця чинників ризику аварійних ситуацій, яка у подальшому трансформується у матрицю ризиків. Складовим елементом матриці ризиків є функціонал, який визначає рівень небезпечності і може бути визначений на основі обліку настання можливих аварійних подій. Складним питанням при дослідженні транспортної безпеки є визначення його допустимого рівня. Впровадження нормативних значень цього показника не має сенсу тому, що основна задача організації пасажирського транспортного сервісу полягає у забезпеченні

абсолютного рівня його безпеки. Такий стан можливий лише за умов повної адаптації чинників ризику до вимог забезпечення безпеки.

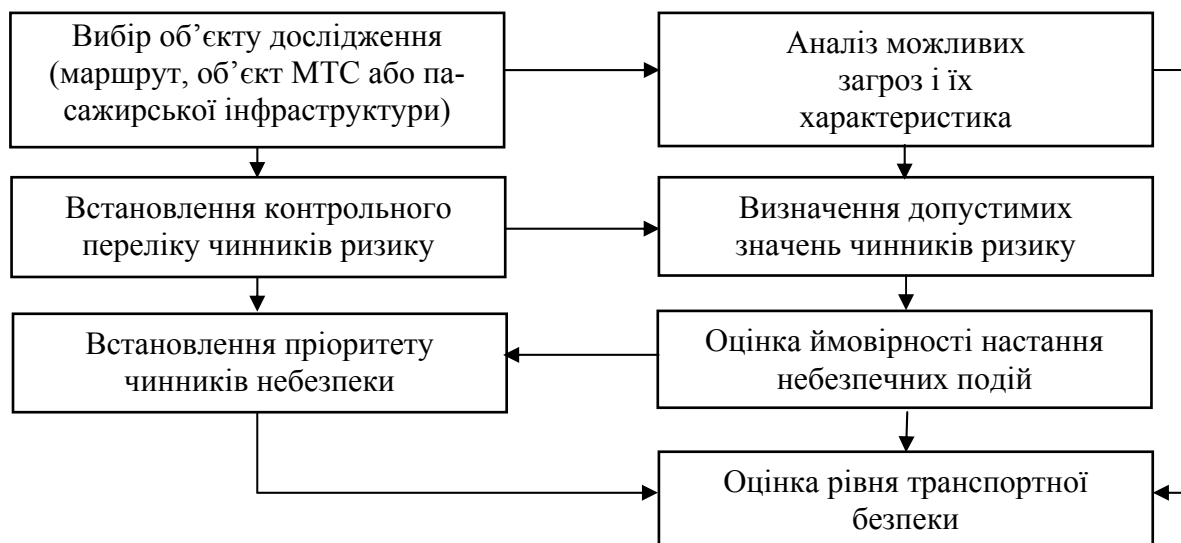


Рис. 3.9. Схема оцінки транспортної безпеки

Рівень настання аварійних подій має складну природу і може бути визначений на основі обліку множини її розподілу. Передбачимо, що розподіл виникнення аварійних подій має випадковий характер, який визначається складовою шуму її розподілу. Однак є інформація про межі розподілу цієї імовірності відносно нижньої та верхньої межі настання подій, які можуть бути описані у вигляді функції розподілу випадкових величин. Межі розподілу функції формуються на основі оцінки пріоритету чинників небезпеки і визначають групу чинників, що мають вагомий вплив на рівень безпеки. Процедура вибору чинників впливу проводиться на основі аналізу умов функціонування досліджуваного об'єкту. Визначення гранично допустимих значень чинників ризику проводиться шляхом визначення рівня корисності обраних показників. Функція ризику настання аварійної ситуації окремих чинників визначається на основі оцінки можливого його впливу з урахуванням умов забезпечення абсолютного рівня безпеки:

$$S(u_i) = S_i - f(w_i) \quad (3.14)$$

де  $S_i$  – рівень значення  $i$ -го чинника який забезпечує абсолютний рівень безпеки на об'єкті дослідження;

$f(w_i)$  - функція ризику  $i$ -го чинника впливу на безпеку.

Визначення значень абсолютного рівня безпеки визначається шляхом вибору найкращої функції  $f(w_{0i})$  з параметричної множини  $f(w_i)$  на множині параметрів  $W = \{w_i\}, (i = \overline{1, n})$ . Функція розподілу величини виникнення аварійної події  $i$ -го фактору впливу на безпеку перевезень пасажирів  $P(u_i)$  визначається з множини  $P = \{p_i\}, (i = \overline{1, g})$  яка визначає відповідні функції щільності настання аварійних подій.

Враховуючи неможливість визначення чіткого значення виникнення аварійної події для відповідного об'єкту дослідження пропонується оцінку рівня безпеки пасажирських перевезень проводити виходячи з мінімаксної (песимістичної) моделі. Використання такого виду моделі є досить обґрунтованим в умовах невизначеності, коли процес обліку функцій розподілу має складний ймовірнісний характер. Основна ідея використання такого методу при оцінці безпеки пасажирських перевезень ґрунтується на гіпотезі про необхідність обліку в якості критерію дисперсії розподілення ймовірності виникнення аварійної ситуації. Показник транспортної безпеки перевезень може бути представлений як сумарна мінімаксна функція, що відображає рівень ризику та рівень настання аварійної події:

$$Z_s = \sum_{i=1}^m \min_{w_i \in W} \max_{p(u_i) \in P} \int S(u_i) P(u_i) du_i \quad (3.15)$$

де  $m$  – кількість чинників впливу на безпеку перевезень.

Кількість чинників впливу на безпеку перевезень визначається за умов їх відповідності встановленому контрольному переліку чинників ризику, які обираються з області допустимих значень:

$$w_i^m = \min \left\{ w_i \in y \mid y_j \rightarrow y_j^k, j = \overline{1, h} \right\}, \quad (3.16)$$

де  $y_j$  – область контрольного переліку чинників ризику;

$y_j^k$  – допустимі значення чинників області контрольного переліку.

Область контрольного переліку чинників ризику визначається на основі аналізу умов руху транспортних засобів в залежності від структури об'єкту дослідження і матриці впливу чинників аварійності на умови функціонування об'єкту дослідження. На формування

ризиків аварійності впливає стан організованості руху транспорту МТС та експлуатаційні параметри роботи МГПТ. Рівень безпеки визначається для ділянок, вузлів МТС та об'єктів ПТІ (зупиночні пункти). На ділянках та вузлах МТС рівень безпеки залежить від показників які визначають умови їх функціонування (рівень завантаження рухом, середня швидкість руху транспортного потоку, ступінь конфліктності перехресть та ін.). В межах об'єктів ПТІ безпечність визначається на основі рівня конфліктності руху в їх межах.

У процесі формування сукупності заходів забезпечення сталого розвитку МГПТ може відбуватися зміна умов і стану організації дорожнього руху МГПТ та немаршрутних ТЗ. Такі заходи в умовах сталого розвитку можливі лише за умов, що це не призведе до збільшення небезпеки всіх видів міського транспорту. При оцінці рівня безпеки через їх чинники виникнення можливо оцінити їх зміну відносно базового (існуючого) стану організації дорожнього руху. Зміна рівня транспортної безпеки через оцінку зміни чинників є критерієм визначення області допустимих рішень:

$$\Delta Z_n = Z_{n_d} - Z_{n_x}, \quad (3.17)$$

де  $Z_{n_d}$  – базове значення показника транспортної безпеки  $n$ -го рівня;

$Z_{n_x}$  – фактичне значення показника транспортної безпеки  $n$ -го рівня.

Показником допустимого рівня транспортної безпеки є функція  $ts(N)$ , яка приймає позитивне значення на множині простору рішень  $N$ :

$$ts(N) = \sup \{ \psi_s(z_{dm}, z_{du}), z_{dm} \in Z_m, z_{du} \in Z_u \}, \quad (3.18)$$

де  $\psi_s$  – показник, що відображає область допустимих параметрів за умов їх відповідності граничному впливу на безпеку руху;

$z_{dm}, z_{du}$  – межа простору допустимих параметрів забезпечення відповідності транспортної безпеки для МГПТ та немаршрутні ТЗ відповідно;

$Z_m, Z_u$  – множина станів чинників безпеки МГПТ та немаршрутні ТЗ відповідно.

Виділення простору рішень які забезпечують умови безпечності МГПТ та МТС можна через визначення рівня відповідності параметрів чинників ризику аварійності:

$$E_{ts} = \{E_n(x_n, z_n), x_n \in X_n, z_n \in Z_n\}, n = \overline{1, m}, \quad (3.19)$$

де  $E_n$  – сукупність допустимих відхилень при відповідних вихідних параметрах та значенні чинників транспортної безпеки  $n$ -го виду транспорту (МГПТ, немаршрутні ТЗ);

$z_n$  – значення чинників транспортної безпеки  $n$ -го виду транспорту;

$Z_n$  – множина значень чинників транспортної безпеки  $n$ -го виду транспорту.

Вплив транспорту на навколишнє середовище включає в себе різні види забруднення повітря і води, шум, виснаження невідновлюваних ресурсів, деградацію ландшафту, ефект локального перегріву (підвищення температури навколишнього середовища від нагрівання тротуарів і доріг) та ін. Сьогодні існує безліч методик для ідентифікації та вимірювання їх впливу. Однак жоден з підходів не дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з переведенням впливу перерахованих вище чинників у кількісні показники. Для цього можуть знадобитися, наприклад, прийняті за еталон рівні забруднення повітря і рівні шуму навколишнього середовища, а також спеціально розроблені коефіцієнти або бали. Більшість методик не претендує на повноту охоплення всіх екологічних витрат. Вони можуть включати тільки окремі з шкідливих викидів або розглядати тільки наслідки для здоров'я людини, опускаючи вплив транспорту на сільськогосподарські землі, дику природу і біорізноманіття.

Як правило, методики оцінки впливу на навколишнє середовище різняться в залежності від цілей, для яких розробляється методика. У зв'язку з цим може відрізнитися набір індикаторів. Для оцінки впливу МГПТ на екологічне середовище доцільно використовувати стандартизований підхід до розрахунку екологічного впливу транспортних проектів *EcoTransit World*, який розроблений в Європейському союзі і показав свою придатність для вирішення задач оцінки екологічних наслідків транспорту. Розробники ресурсу відзначають, що вплив транспорту на навколишнє середовище є комплексним – від споживання енергоресурсів до токсичного впливу

на екосистеми, смогу і шуму. Проте, тільки деякі з цих впливів можуть бути оцінені кількісно. У зв'язку з цим в рамках методології *EcoTransit World* вибір індикаторів, що впливають на навколишнє середовище, був обмежений декількома категоріями. Структура індикаторів екологічного впливу за допомогою яких визначається його рівень включає наступні Індикатори екологічного впливу МГПТ [226]: первинні енергоресурси (в еквіваленті дизельного пального), викиди парникових газів ( $\text{CO}_2$ ), викиди оксидів азоту ( $\text{NO}_x$ ), викиди діоксинів сірки ( $\text{SO}_2$ ), неметанові вуглеводи (NMHC), викиди твердих частин (*Particles*).

Для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря важливим є визначення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі населених пунктів. Для всіх об'єктів, які забруднюють атмосферу, розраховують і встановлюють гранично допустимі викиди. Гранично допустимі викиди – це кількість шкідливих речовин, яка не повинна перевищуватися під час викиду в повітря за одиницю часу, щоб концентрація забруднювачів на межі санітарної зони не була вищою, ніж гранично допустима концентрація [227]. Для того щоб визначити стан забруднення повітря, спричинений одночасно декількома речовинами, часто використовують комплексний показник – індекс забруднення атмосфери [228] який представляє собою комплексну оцінку рівня відповідності обсягу викидів гранично допустимій їх концентрації. Забезпечення зовнішньої сталості МГПТ передбачає формування такого його рівня при якому індекс забруднення атмосфери буде знаходитися в межах допустимих значень які визначаються шкалою його якісних оцінок створеною у вигляді термів які характеризують стан навколишнього середовища міста [229]. До чинників які призводять до екологічного впливу міського транспорту відносяться: інтенсивність руху та загальний пробіг за відповідними категоріями ТЗ, структура розподілу режимів руху і простою ТЗ, загальний обсяг пробігу ТЗ по ділянках МТС, час простою ТЗ в межах елементів МТС. Обсяг шкідливих викидів залежить від параметрів процесів і визначаються сукупністю експлуатаційних показників МГПТ.

Відповідність екологічним умовам сталості МГПТ може бути визначена у вигляді області допустимих множин на просторі рішень  $N$  які задовольняють вимогам їх відповідності області придатних рішень:

$$e(N) = \sup \{ \psi_e(l_{едт}, l_{еду}), l_{едт} \in L_m, l_{еду} \in L_u \}, \quad (3.20)$$

де  $\psi_e$  – показник, що відображає область допустимих параметрів функціонування транспорту з умов відповідності граничним викидам шкідливих речовин;

$l_{едт}, l_{еду}$  – межа допустимого простору множини експлуатаційних параметрів для МГПТ та МТС з умов забезпечення екологічної відповідності;

$L_m, L_u$  – множина експлуатаційних параметрів для МГПТ та МТС.

Виділення простору рішень які забезпечують умови відповідності допустимому обсягу шкідливих викидів:

$$E_{ec} = \{ E_n(x_n, l_n), x_n \in X_n, l_n \in L_n \}, n = \overline{1, m}, \quad (3.21)$$

де  $E_n$  – сукупність допустимих відхилень при відповідних вихідних даних та значенні експлуатаційних параметрів  $n$ -го виду транспорту;

$l_n$  – значення експлуатаційних параметрів  $n$ -го виду транспорту;

$L_n$  – множина значень експлуатаційних параметрів  $n$ -го виду транспорту.

Умовою пошуку варіанту стану  $N_m$  його концептів з множини рішень  $N$  є забезпечення відповідності області його допустимих станів, яка формується за умов її відповідності простору допустимих сервісно-ресурсних, екологічних та відхилень транспортної безпеки шляхом їх перетину:

$$E_m = E_{int} \cap E_{ts} \cap E_{ec}, \quad (3.22)$$

Цільова функція пошуку стану МГПТ з позицій забезпечення його сталого розвитку полягає у максимізації рівня його внутрішньої сталості:

$$Rd_m(N_m) \rightarrow \max, \quad (3.23)$$

за умов:

$$N_m \in N(E_m), \quad (3.24)$$

Формування сталості передбачає пошук його стану на просторі можливих рішень при якому буде забезпечене виконання відповідних вимог щодо забезпечення мінімізації чинників безпечності транспор-

ту, утримання шкідливих викидів в межах допустимих норм та забезпечення максимальної сервісно-ресурсної сталості МГПТ для всіх методологічних рівнів його представлення в структурі мета-системи МС (рис. 3.10).

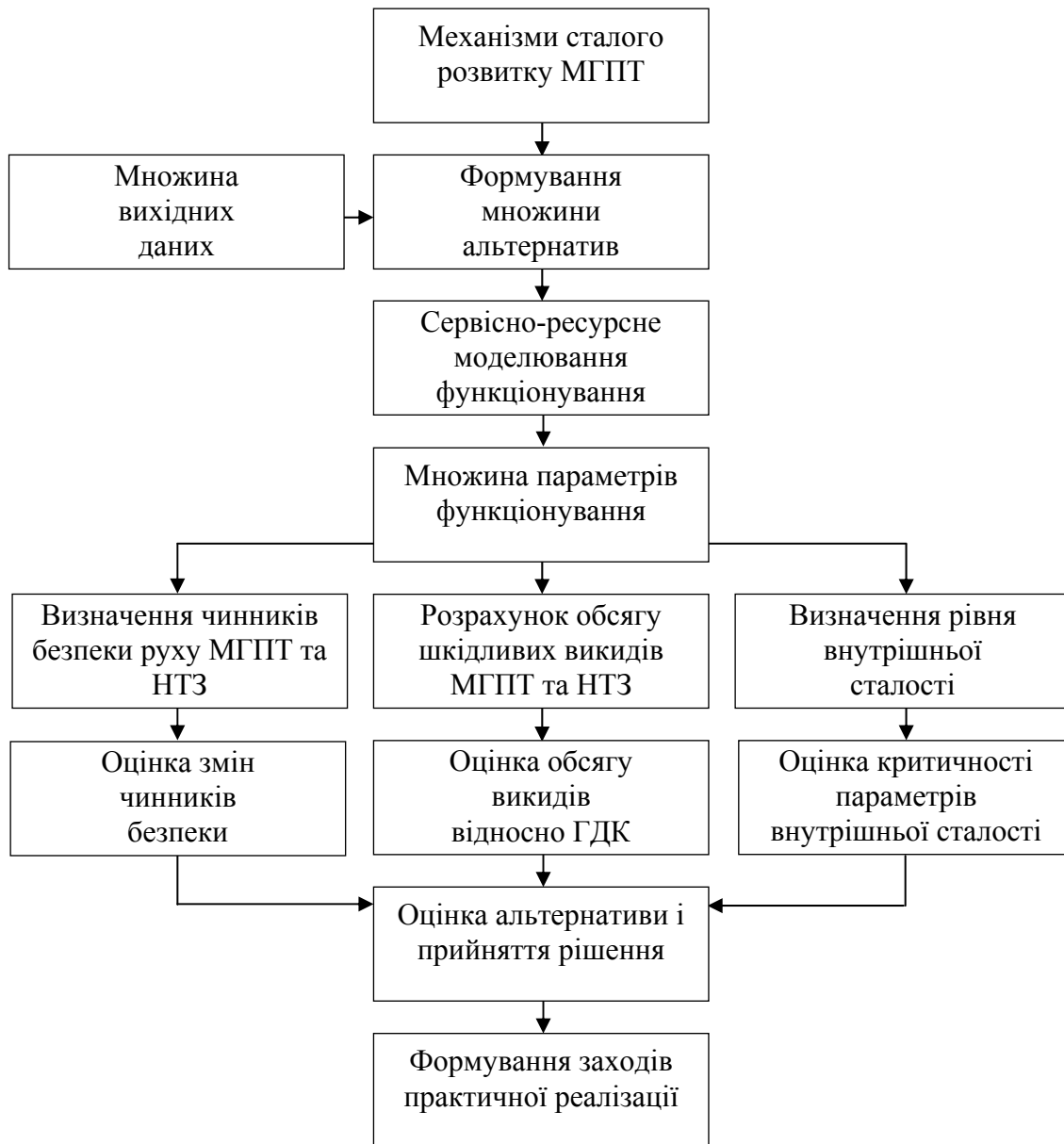


Рис. 3.10. Етапи формування сталого розвитку МГПТ

Запропонована послідовність пошуку раціонального стану внутрішнього та зовнішнього середовища МГПТ спрямована на забезпечення формування максимального рівня сервісно-ресурсної сталості при одночасному утриманні рівня транспортної безпеки на рівні не більше існуючого та обмеженні загального обсягу шкідливих викидів можливостями їх поглинання МС. Оцінка негативних наслід-



ків проводиться для внутрішнього (МГПТ) та зовнішнього середовища (МТС, МС). Задача прийняття рішення про реалізацію варіанту функціонування МГПТ вирішується шляхом розробки системи прийняття рішень, яка входить складовою частиною системи загального управління МГПТ.

### ***3.2. Оцінка впливу дестабілізації технологічних процесів на сталість МГПТ***

Стаціонарність функціонування МГПТ є необхідною умовою формування стану його внутрішньої сталості, який у подальшому за умов зовнішнього стимулювання може трансформуватися у його сталий розвиток з послідовним переходом до стадії саморозвитку. Стаціонарні процеси МГПТ характеризуються в умовах випадкового характеру зміни вхідних параметрів їх властивостями забезпечувати сталість математичного очікування та дисперсії ресурсно-результативних показників його функціонування. При дослідженні сталості МГПТ необхідним є проведення процедури виділення чинників їх впливу, оцінки ризиків зміни стану МГПТ та проведення аналізу їх системності, повноти та взаємопов'язаності. Проблема визначення чинників впливу на стаціонарність МГПТ пояснюється складністю опису взаємодії його внутрішніх та зовнішніх елементів, потребує проведення аналітичних та експериментальних досліджень. У зв'язку з тим, що на практиці важко врахувати одночасний вплив всіх чинників, стаціонарність МГПТ можна представити у вигляді функції причино-наслідкової залежності яка описується характеристиками основних параметрів технологічного процесу. Виділення основних чинників з усієї досліджуваної сукупності може бути здійснено кількісним аналізом ступеня впливу того чи іншого чинника на величину його сталості.

Метою аналізу чинників дестабілізації МГПТ є отримання даних про рівень фактичної або прогнозованої сталості. Ці дані є необхідними для визначення його стану, оцінки рівня достатності заходів, спрямованих на забезпечення відповідного рівня сталості та мінімізації ресурсів, що виділяються на вирішення завдань якісного транспортного обслуговування, у т. ч. для обґрунтування пріоритетів

при розподілі ресурсів метасистеми МС. Всі методи аналізу дестабілізуючих чинників можна поділити на три види – апостеріорний (аналіз експериментальних даних), апіорний (аналіз суджень, висловлювань експертів) і байєсовський (синтез експериментальних та теоретичних даних). Дослідження чинників дестабілізаційного впливу на стаціонарність МГПТ в умовах розгляду метасистеми МС доцільно проводити з використанням останнього методу, так як він дозволяє провести багаторівневий аналіз їх впливу за рахунок аналізу реальних елементарних процесів і аналітичних досліджень в межах його зовнішнього середовища.

Аналіз чинників дестабілізації передбачає процедуру до складу якої входять наступні етапи:

- виділення області аналізу;
- ідентифікація дестабілізуючих чинників та їх частотний аналіз;
- ідентифікація небезпечних станів та їх частотний аналіз;
- ідентифікація наслідків дестабілізуючих чинників та їх частотний аналіз;
- формалізація ризиків виникнення дестабілізуючих чинників.

Дослідження сталості МГПТ в умовах метасистеми МС має недостатній рівень вивчення і до сьогоднішнього часу представлено лише у загальних рисах.

За таких умов визначення чинників дестабілізації в значній мірі залежить від виділення області аналізу, яка спрямована на правильну орієнтацію напряму дослідження шляхом систематизації та розподілу їх за групами формування. Виділення області аналізу дестабілізуючих чинників має своєю метою формування структури їх зв'язків і в залежності від сфери поділяються на наступні об'єкти: маршрутна мережа, пасажирська транспортна інфраструктура, вулично-дорожня мережа. Узагальнено стаціонарність МГПТ в умовах визначених областей дослідження характеризується наступними групами:

- транспортним попитом споживчої підсистеми;
- ресурсними можливостями обслуговуючої підсистеми;
- ресурсними можливостями підсистеми забезпечення;
- організованістю функціональних процесів обслуговуючої підсистеми.

Цінність у визначенні областей і груп чинників представляє можливість проведення факторного аналізу, який дозволяє виділити структурну схему дестабілізації МГПТ, яка наведена на рис. 3.11.

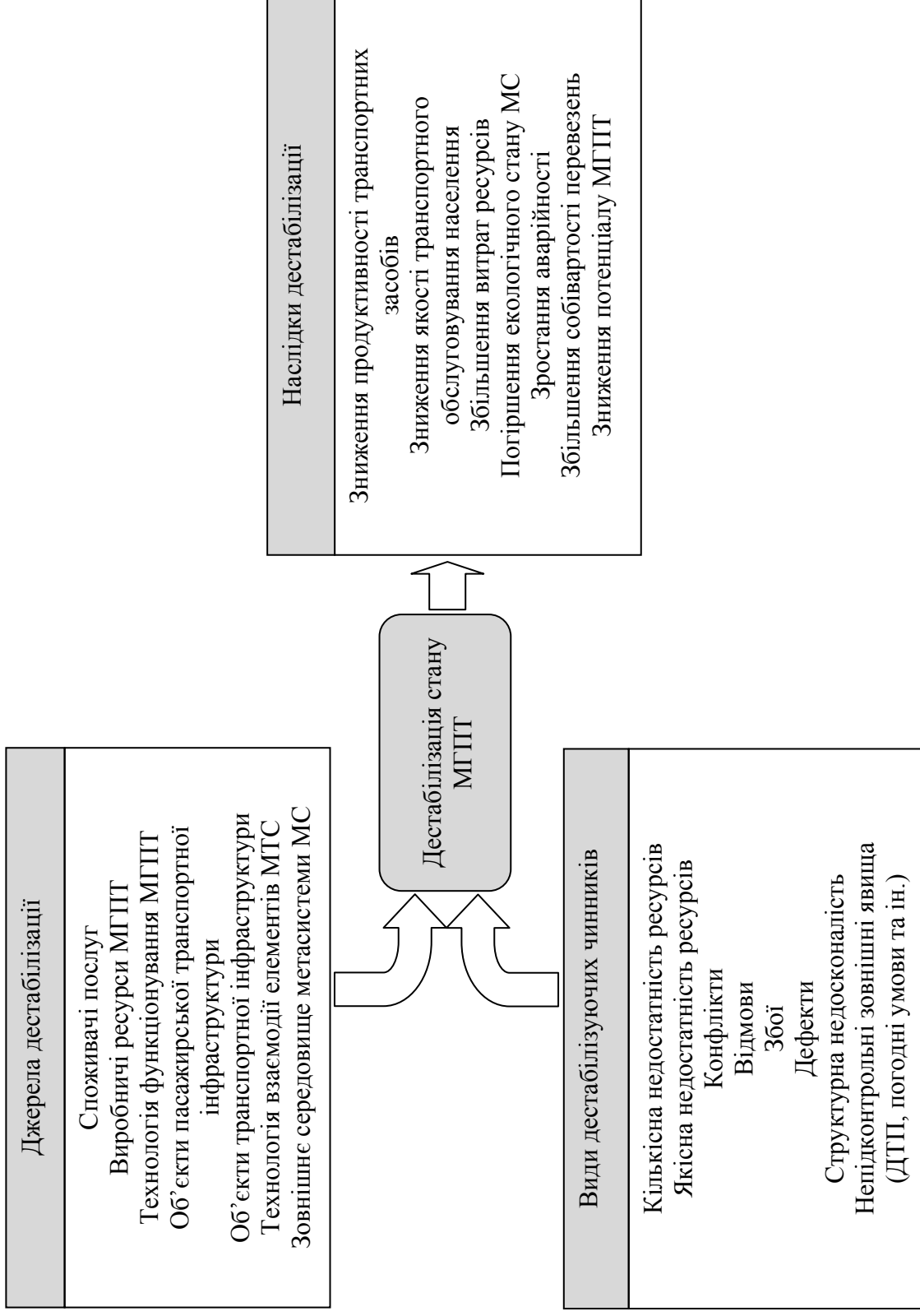


Рис. 3.11. Структурна схема дестабілізації МГПТ

Дестабілізацією стану МГПТ є результат зовнішньої та внутрішньої дії чинників впливу, які призводять до втрати його стаціонарності шляхом порушення рівномірності та рівноваги його технологічних процесів. До основних видів дестабілізуючих чинників відносяться: кількісна та якісна недостатність ресурсів, конфлікти, відмови, збої, дефекти, структурна недосконалість, невідконтрольні зовнішні явища (ДТП, погодні умови та ін.). Характеристика чинників дестабілізації МГПТ наведена в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Характеристика чинників і показників дестабілізації МГПТ

Чинники	Характеристика
Кількісна недостатність ресурсів	Фізична недостатність компонентів для забезпечення функціональних потреб МГПТ
Якісна недостатність ресурсів	Невідповідність параметрів пристроїв, споруд, засобів вимогам функціональних потреб МГПТ
Структурна недосконалість	Невідповідність умов функціонування МГПТ необхідній сукупності процесів та механізмів керування
Конфлікт	Ситуація взаємного очікування звільнення ресурсів для виконання елементами МГПТ своїх функціональних процесів
Дефект	Некоректне (одноразове або регулярне) виконання елементами МГПТ своїх функціональних завдань
Збій	Тимчасове порушення дієздатності елементів МГПТ
Відмова	Порушення дієздатності елемента МГПТ, яке призводить до неможливості виконання своїх функціональних завдань
Невідконтрольні зовнішні явища	Ситуації раптового порушення функцій елементів МГПТ які вимагають втручання зовнішніх резервних можливостей та систем керування

Взаємозв'язок і взаємовплив чинників дестабілізації МГПТ має системну природу формування, яка пояснюється їх структурною інтеграцією в загальному середовищі. Важливим етапом дослідження чинників дестабілізації МГПТ є виділення послідовності формування її стану через закономірності їх розвитку. Схема взаємозв'язку і взаємовпливу чинників дестабілізації МГПТ наведена на рис. 3.12.

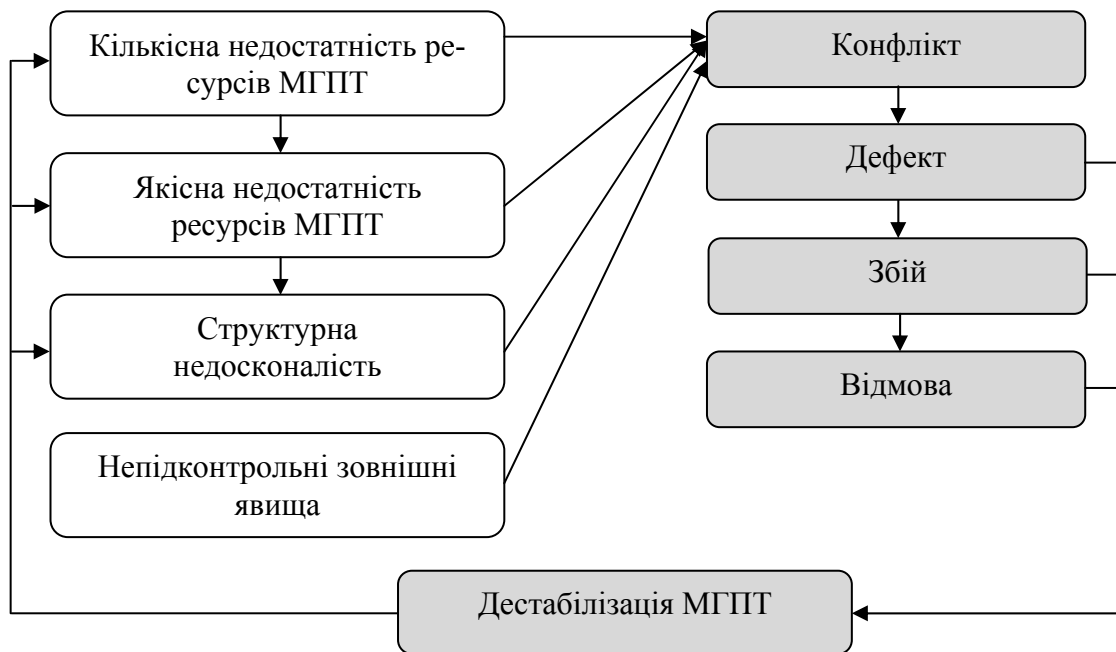


Рис. 3.12. Взаємозв'язок і взаємовплив чинників дестабілізації МГПТ

Базовим чинником дестабілізаційного процесу є виникнення конфлікту, який у подальшому може призвести до дефектів, збоїв та відмов елементів. Події які можуть викликати дестабілізацію МГПТ називаються загрозою. Можливість виникнення загроз визначається наявністю та специфічними якісними характеристиками місць та критичних ресурсних зон у структурі внутрішнього та зовнішнього середовища МГПТ, його організаційною структурою і топологією, рівнем організації та керування його взаємодії. Класифікація загроз та їх наслідків для методологічних рівнів розгляду МГПТ у структурі метасистеми МС представлені в табл. 3.3.

Для оцінки ризику настання дестабілізуючих подій необхідно визначити можливість виникнення цих подій та надати оцінку їх негативних наслідків. Ризик дестабілізації МГПТ – це можливість виникнення конфліктної ситуації, яка може призвести до дефекту, збою або відмови його процесів. Під час оцінки ризику дестабілізації МГПТ необхідно встановити абсолютні або відносні можливі негативні наслідки, рівень яких визначає внутрішню та зовнішню його сталість. Визначення зон ризику дестабілізації може бути проведено виходячи з його категорій і характеру впливу. У відповідності до основ теорії ризику можна виділити наступні його зони: безризикова, зона допустимого ризику, зона критичного ризику, зона катастрофічного ризику.

Таблиця 3.3

## Наслідки загроз дестабілізації МГПТ

Передумови формування загрози	Загроза	Наслідки загроз за рівнями			
		ММ МГПТ	МГПТ	Міська транспортна система	Міське середовище
Коливання попиту	Дисбаланс пропозиції	Зниження якості транспортного обслуговування пасажирів	Зменшення резервів внутрішніх ресурсів МГПТ	Зростання навантаження на транспортну інфраструктуру через альтернативні варіанти реалізації пересувань	Збільшення екологічного навантаження на міське середовище, погіршення соціального рівня, зниження якості життя населення
Обмеженість ресурсних можливостей ММ та об'єктів ПТІ МГПТ	Ресурсний дефіцит МГПТ	Дефекти транспортного обслуговування пасажирів	Зниження потенціалу МГПТ		
Відсутність координації між елементами МГПТ	Неузгодженість взаємодії елементів МГПТ	Дефекти руху транспортних засобів	Зниження продуктивності МГПТ	Зниження рівня організованості міського транспортної системи	
Нераціональний розподіл ресурсів МТС	Зниження швидкісного режиму руху	Збої у роботі окремих елементів МГПТ	Зміна режимів функціонування МГПТ		

Безризикова зона відповідає умовам відсутності виникнення загроз настання негативних дестабілізуючих подій. Зона допустимого ризику відповідає прийнятому рівню при якому можуть виникати дефекти, що не призводять до переходу їх у стан збоїв та відмов. Зона критичного ризику характеризується переходом стану елементів МГПТ до збоїв при яких виникає тимчасове порушення їх роботи. Зона катастрофічного ризику відображає стан відмови елементів МГПТ і характеризується тривалою неможливістю виконання процесів. Представлення про зони ризику дестабілізації дає крива зміни ймовірності яка у типовому вигляді має вигляд представлений на рис. 3.13.

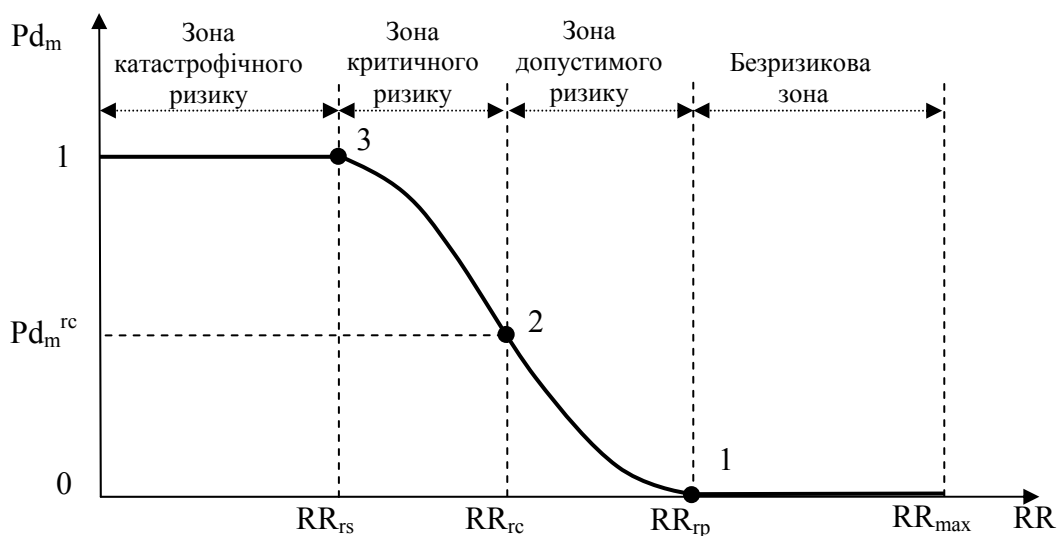


Рис. 3.13. Типова крива розподілу ймовірності дестабілізації

На рис. 3.10 точкою 1 позначений рівень мінімальної ймовірності дестабілізації стану МГПТ, який забезпечується за рахунок наявності резервів ресурсів МГПТ, що відповідають умовам його сталості з позицій ресурсно-результативних параметрів його функціонування. Точка 3 відображає максимальну межу ймовірності дестабілізації стану МГПТ, що відповідає початку зони катастрофічного ризику в якій рівень резервів ресурсів МГПТ нижче критичного рівня. Точка переходу ймовірності з допустимої зони до критичної позначена цифрою 2 і характеризує ймовірність виникнення збоїв у роботі елементів МГПТ. Значення величин ймовірності у вказаних точках є достатньою умовою для обґрунтування допустимого ризику дестабілізації і подальшої оцінки його впливу на сталість МГПТ. Аналіз формування ймовірності дестабілізації МГПТ дозволяє

зробити висновок, що показники рівня резервних можливостей є визначальними при формуванні характеру кривої. Побудова кривої ймовірності виникнення дестабілізуючих чинників є основною задачею дослідження їх ризиків і може бути реалізована статистичними, експертними, розрахунково-аналітичними або експериментальними способами.

У процесі прийняття рішень о допустимості ризику дестабілізації важливим є виділення меж зон ризику. В умовах забезпечення сталості МГПТ важливим є визначення граничної ймовірності переходу у зону критичного ризику. Значення фактичної ймовірності ризику дестабілізації відносно точки переходу у критичний стан є показником який відображає її потенціальну сталість. Виходячи з показників ризику та критерію його граничності можна сформулювати загальні умови сталості МГПТ з позицій забезпечення стаціонарності його процесів:

$$Rr(x_n) \geq Rr_n^{rc}, \quad (3.25)$$

де  $Rr(x_n)$  – рівень ресурсних резервів  $n$ -го рівня в точці  $x$ ;

$Rr_n^{rc}$  – граничний рівень ресурсних резервів  $n$ -го рівня.

Оцінити ймовірність ризику дестабілізації можливо на основі розрахунку станів технологічних процесів, що відбуваються в межах елементів внутрішнього середовища МГПТ (об'єкти пасажирської транспортної інфраструктури) та зовнішнього (елементи міської транспортної системи). Для цього потрібно розробити критерії оцінки станів процесів. Основним елементом МГПТ для яких проводиться оцінка стану є процеси які відбуваються на об'єктах маршруту. На маршруті протягом рейсу виконуються технологічні операції пов'язані з рухом по перегонах та простоем на зупиночних пунктах. Оцінка ймовірності дестабілізуючих чинників повинна проводитися на кожному елементі маршруту з подальшим її узагальненням за окремими маршрутами, об'єктами пасажирської транспортної інфраструктури та МГПТ в цілому. Відповідно до визначених чинників дестабілізації та структури технологічних процесів МГПТ оцінку ймовірності станів функціональних процесів можна провести використовуючи принципи теорії масового обслуговування. Для цього представимо стани функціональних процесів об'єктів маршруту у вигляді графу станів (рис. 3.14).



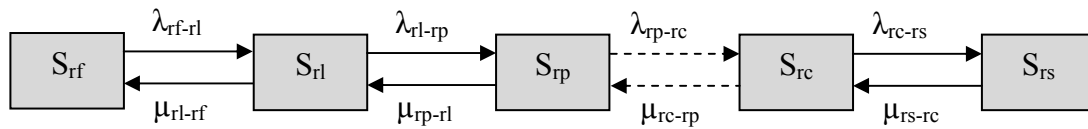


Рис. 3.14. Граф станів об'єктів

Представлений Марківський ланцюг відображає характер зміни станів об'єктів та дозволяє визначити рівень їх дестабілізації. Об'єкт може знаходитися в одному з чотирьох станів:  $S_{rf}$  – стаціонарний (без конфлікту),  $S_{rl}$  – конфлікт,  $S_{rp}$  – дефект,  $S_{rc}$  – збій,  $S_{rs}$  – відмова. Перехід системи між станами у напрямку погіршення дестабілізації:  $S_{rf} \rightarrow S_{rl} \rightarrow S_{rp} \rightarrow S_{rc} \rightarrow S_{rs}$  відбувається під дією простіших потоків з інтенсивністю  $\lambda_{rf-rl}$ ,  $\lambda_{rl-rp}$ ,  $\lambda_{rp-rc}$ ,  $\lambda_{rc-rs}$ , які характеризуються інтенсивністю прибуття транспортних засобів під обслуговування та відображають умови формування відповідних рівнів дестабілізації. Перехід системи у напрямку стабілізації  $S_{rs} \rightarrow S_{rc} \rightarrow S_{rp} \rightarrow S_{rl} \rightarrow S_{rf}$  досягається потоками обслуговування  $\mu_{rs-rc}$ ,  $\mu_{rc-rp}$ ,  $\mu_{rp-rl}$ ,  $\mu_{rl-rf}$  які відображають рівень резервних ресурсних можливостей об'єктів та характеризують умови їх стабілізації. Перебування об'єктів у тому чи іншому стані має ймовірностей характер. Ймовірності  $P_{rf}$ ,  $P_{rl}$ ,  $P_{rp}$ ,  $P_{rc}$ ,  $P_{rs}$  показують ймовірність знаходження у період часу  $t$  об'єкту у відповідних станах  $S_{rf}$ ,  $S_{rl}$ ,  $S_{rp}$ ,  $S_{rc}$ ,  $S_{rs}$  та відображає рівень його дестабілізації.

Для визначення ймовірності знаходження у відповідних станах дестабілізації потрібно їх формалізувати з використанням термінології теорії масового обслуговування. Відповідно до характеристики чинників дестабілізації наведених у табл. 3.2 можна визначити наступну їх відповідність:  $S_{rf}$  – канал обслуговування вільний,  $S_{rl}$  – канал обслуговування зайнятий, але черга відсутня,  $S_{rp}$  – канал обслуговування зайнятий, у черзі одне замовлення,  $S_{rc}$  – канал обслуговування зайнятий, у черзі  $k$  замовлень,  $S_{rs}$  – канал обслуговування зайнятий, вся черга зайнята. Для визначення граничної ймовірності кожного стану по представленому графу складемо систему рівнянь Колмогорова:

$$\left\{ \begin{array}{l}
P_{rf}\lambda_{rf-rl} = P_{rl}\mu_{rl-rf} \\
P_{rl}(\lambda_{rl-rp} + \mu_{rl-rf}) = P_{rf}\lambda_{rf-rl} + P_{rp}\mu_{rp-rl} \\
P_{rp}(\lambda_{rp-rc} + \mu_{rp-rl}) = P_{rl}\lambda_{rl-rp} + P_{rc}\mu_{rc-rp} \\
\cdots, \\
P_{rc}(\lambda_{rc-rs} + \mu_{rc-rp}) = P_{rp}\lambda_{rp-rc} + P_{rs}\mu_{rs-rc} \\
P_{rs}\mu_{rs-rc} = P_{rc}\lambda_{rc-rs} \\
P_{rf} + P_{rl} + P_{rp} + P_{rc} + P_{rs} = 1
\end{array} \right. \quad (3.26)$$

Представлена постановка задачі за своїм принципом відповідає одноканальній системі масового обслуговування з обмеженням черги. У такій постановці простіший потік може бути представлений у вигляді загального потоку  $\lambda_{af}$ , а потік обслуговування –  $\mu_{sf}$ . Співвідношення між потоками замовлення та обслуговування відображають можливі стани системи та визначають рівень її завантаження  $\rho_{lo}$  [230]:

$$\rho_{lo} = \frac{\lambda_{af}}{\mu_{sf}}. \quad (3.27)$$

Для оцінки переходу між станами необхідно сформулювати умови їх визначення. Така процедура може бути виконана з використанням нечіткої логіки, яка передбачає виділення функцій приналежності для відповідних умов формування дестабілізаційних чинників. Розділення функції на кластери передбачає визначення верхньої та нижньої межі в яких функція приналежності займає єдине значення. Відповідно до впливу ймовірності дестабілізації МГПТ від рівня резервних ресурсних можливостей можна виділити наявність характерного зв'язку між функцій приналежності термам стану об'єктів та його значенням.

В якості критерію формування функції приналежності термам стану об'єктів виступає час обслуговування в них маршрутних транспортних засобів. Формування функцій приналежності реалізується на основі аналізу характерних умов дестабілізації МГПТ. В ході виникнення дестабілізуючих чинників відбуваються процеси які призводять до зростання тривалості обслуговування транспортних засобів в

об'єктах інфраструктури. До таких об'єктів відносяться: зупиночні пункти та перегони маршрутів які проходять по ділянках транспортної мережі та перетинань вулиць. Оцінку відповідності умовам стабілізації можна проводити на основі обліку часу їх фактичної тривалості з подальшим наданням порівняльної оцінки відповідно стабільного стану. При стабільному стані відсутні черги і виникнення конфліктних ситуації. За таких умов тривалість операцій, що реалізуються в межах елементів визначаються виходячи з параметрів обслуговування та їх обсягу. У загальному вигляді транспортний процес роботи маршруту МГПТ можна представити у вигляді сукупності технологічних операцій які реалізуються в межах транспортної мережі. Мережа представляється у вигляді графу вершинами якого є елементи в яких виконуються технологічні операції, що відбуваються в стаціонарних елементах мережі (зупиночні пункти, перехрестя вулиць), а ребрами – ділянки мережі в яких реалізуються процеси руху транспортних засобів. Представлений граф є поєднанням елементів міської транспортної системи та об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури. Кожен маршрут характеризується сукупністю вузлів та ребер графу. Кожен елемент характеризується відповідними ресурсними можливостями, рівнем їх використання та умовами реалізації технологічних операцій. Загальний потік який входить до відповідного елемента визначається виходячи з параметрів та їх значень. Для об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури (зупиночні пункти, транспортно-пересадочні вузли) потік замовлень на обслуговування визначається за формулою:

$$AF_{u_i} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{AI_j}, \quad (3.28)$$

де  $AI_j$  – інтервал руху транспортних засобів по  $j$ -му маршруту, год.;  
 $n$  – кількість маршрутів, що проходить через об'єкт.

Потік замовлень який поступає на об'єкти не залежить від його типу і визначається виходячи з інтервалу прибуття:

$$\lambda_{af} = \frac{T_{pr}}{\overline{i_{ar}}}, \quad (3.29)$$

де  $\overline{i_{ar}}$  – середній інтервал прибуття транспортних засобів, год.

Потік обслуговування для кожного типу об'єктів визначається за окремими залежностями. Для об'єктів пасажирської інфраструктури (зупиночні пункти та ТПВ) потік обслуговування визначається на основі обліку тривалості складових елементів:

$$\mu_{af}^{pi} = \frac{T_{pr}}{q_{pt} \cdot \tau_{pt} + \tau_{mn}}, \quad (3.30)$$

де  $\tau_{pt}$  – середня тривалість посадки (висадки) пасажирів, год.;

$q_{pt}$  – пасажирообмін, пас.;

$\tau_{mn}$  – середня тривалість початково-кінцевих операцій, год.

Для ділянок міської транспортної інфраструктури на яких відбувається рух транспортних засобів, потік обслуговування визначається на основі базового часу руху та рівня завантаження рухом:

$$\mu_{af}^{ti} = \frac{T_{pr} \cdot Cp_{ti} \cdot (1 - Ll_{itr})}{\frac{l_{ltn}}{V_{ltn}} \cdot (1 + a_{ltn} \cdot (Ll_{ltn})^{c_{ltn}})}, \quad (3.31)$$

де  $Cp_{ti}$  – пропускна здатність ділянки мережі, що використовується для руху МГПТ, авт./год.;

$Ll_{itr}$  – рівень завантаження рухом індивідуальних транспортних засобів;

$l_{ltn}$  – довжина ділянки, км;

$V_{ltn}$  – швидкість вільного руху по ділянці, км/год.;

$Ll_{ltn}$  – загальний рівень завантаження рухом;

$a_{ltn}, c_{ltn}$  – калібрувальні коефіцієнти.

Для перехресть ділянок транспортної мережі потік обслуговування визначається за умов обліку його завантаження та тривалості проїзду:

$$\mu_{af}^{ti} = \frac{T_{pr} \cdot Cp_{jc} \cdot (1 - Ll_{itr})}{\tau_{jc} \cdot (1 + a_{ltn} \cdot (Ll_{ltn})^{c_{ltn}})}, \quad (3.32)$$

де  $Cp_{jc}$  – пропускна здатність ділянки мережі, що використовується для руху МГПТ, авт./год.;

$\overline{\tau}_{jc}$  – середній час проїзду перехрестя за умов вільного руху, год.

Час обслуговування транспортних засобів залежить від умов реалізації технологічних процесів на які впливає обсяг доступних ресурсів та рівень їх використання. При вільних умовах реалізації технологічних процесів забезпечується мінімальний час їх тривалості. Такий стан відповідає умовам стаціонарності МГПТ. За умов виникнення конфліктів і подальшого переходу їх до стану дефекту та збою відбувається збільшення часу обслуговування. При виникненні відмови взагалі час обслуговування перевищує тривалість розрахункового періоду. Виходячи з цього можна записати умови визначення стану елемента МГПТ відносно тривалості технологічних операцій.

$$\left\{ \begin{array}{l} St_{r_i} \leq St_{rf_i} \Rightarrow Se_i = S_{rf} \\ St_{rf_i} < St_{r_i} \leq St_{rl_i} \Rightarrow Se_i = S_{rl} \\ St_{rl_i} < St_{r_i} \leq St_{rp_i} \Rightarrow Se_i = S_{rp} , \\ St_{rp_i} < St_{r_i} \leq St_{rc_i} \Rightarrow Se_i = S_{rc} \\ St_{rc_i} < St_{r_i} \Rightarrow Se_i = S_{rs} \end{array} \right. \quad (3.33)$$

де  $Se_i$  – стан  $j$ -го об'єкту;

$St_{r_i}$  – фактичний час обслуговування, год.;

$St_{rf_i}$  – граничний час обслуговування при стаціонарному стані, год.;

$St_{rl_i}$  – граничний час обслуговування при конфліктному стані, год.;

$St_{rp_i}$  – граничний час обслуговування при стані дефектному, год.;

$St_{rc_i}$  – граничний час обслуговування при стані збою, год.;

Граничний час обслуговування при різних станах обслуговування визначається на основі якісної характеристики процесів. Його значення визначає умовну межу переходу об'єкта між його станами. Параметризація граничного часу обслуговування передбачає процедуру формування їх умов які відображають рівень використання ресурсних можливостей МГПТ та МТС в реальних функціональних умовах. Така форма представлення критерію визначення стану еле-

ментів дозволяє сформулювати характеристичні умови їх визначення. Умови і характеристики станів об'єктів МГПТ представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристика станів об'єктів МГПТ

Стан	Ресурсні умови	Граничний час обслуговування
Стаціонарний	Відсутній вплив на умови використання ресурсів, резерви ресурсів приймають максимальне значення	Визначається за вільних умов (без непродуктивних простоїв)
Конфлікт	Резерви ресурсів наближуються до нульового значення, але залучення додаткових ресурсів не потрібне	Не перевищує допустиме відхилення, яке не потребує додаткових ресурсів
Дефект	Необхідне залучення додаткових внутрішніх ресурсів для компенсації дефектів обслуговування	Непродуктивний простій знаходиться в межах задовільного сприйняття пасажирями
Збій	Необхідні значні обсяги компенсаційних внутрішніх та зовнішніх ресурсів	Час обслуговування не перевищує тривалість розрахункового періоду
Відмова	Система втрачає свою структурну цілісність, для підтримки її дієздатності потрібні зміни функціонального середовища	Час обслуговування перевищує тривалість розрахункового періоду

Верхня межа граничного часу обслуговування при стаціонарному стані:

$$St_{rf_i} = \sum_{j=1}^n \tau_{ij}, \quad (3.34)$$

де  $\tau_{ij}$  – тривалість технологічних операцій в межах  $i$ -го об'єкту, год.

Верхня межа граничного часу обслуговування при конфліктному стані:

$$St_{rl_i} = \sum_{j=1}^n \tau_{ij} + \sum_{j=1}^n \Delta\tau_{ij}, \quad (3.35)$$

де  $\Delta\tau_{ij}$  – тривалість непродуктивних простоїв при виконанні технологічних операцій в межах  $i$ -го об'єкту, год.

Загальна допустима тривалість непродуктивних простоїв визначається виходячи з резервних можливостей ресурсів та їх питомих витрат на компенсацію дефектів:

$$\sum_{j=1}^n \Delta\tau_{ij} = \frac{Rr_{k_i} \cdot Pr_{k_i}}{\Delta R_{k_i}}, \quad (3.36)$$

де  $Rr_{k_i}$  – резерв  $k$ -го ресурсу в межах  $i$ -го об'єкту;

$Pr_{k_i}$  – питома вага резерву  $k$ -го ресурсу в межах  $i$ -го об'єкту;

$\Delta R_{k_i}$  – питома вага витрат резерву  $k$ -го ресурсу в межах  $i$ -го об'єкту на компенсацію конфліктного стану.

Визначення верхньої межі стану дефекту може бути проведено за допомогою узагальненої функції бажаності Харрінгтона, яка володіє достатнім рівнем придатності для побудови функції відклику в умовах технічних систем. Перетворення визначених параметрів тривалості обслуговування у функцію відклику проводиться за допомогою формули [231]:

$$rsp = \exp[-\exp(-Y)], \quad (3.37)$$

де  $Y$  – параметр специфікації.

Враховуючи те, що МГПТ є соціально-економічною системою для визначення прийнятого рівня тривалості обслуговування може бути використана шкала психологічного сприйняття, яка передбачає зв'язок безрозмірної функції відклику з рівнем бажаності. Відповідно до шкали переходу мінімально приємним рівнем очікування є рівень який відповідає значенню функції відклику 0,37 [231]. Максимальний рівень функції відклику дорівнює 1 і відповідає максимальному рівню бажаності. В умовах обслуговування МГПТ можна зробити припущення, що такий рівень відповідає умовам стаціонарного стану при якому час обслуговування дорівнює  $ST_{rf_i}$ . Виходячи з припущення про можливість використання прямо пропорційного переходу між функцією відклику та значенням часу обслуговування верхня межа стану дефекту може бути визначена за формулою:

$$St_{rpi} = (1 - \zeta_d) \cdot \sum_{j=1}^n \tau_{ij}, \quad (3.38)$$

де  $\zeta_d$  – мінімальний рівень відклику функції бажаності.

При переході стану від збою до відмови відбуваються процеси які призводять до постійного зростання черги та збільшення часу обслуговування, який у цьому випадку перевищує тривалість розрахункового періоду. За таких умов граничний час обслуговування при стані збою визначається тривалістю періоду:

$$St_{rci} = Dp, \quad (3.39)$$

де  $Dp$  – тривалість періоду, год.

Процедура визначення абсолютних значень граничної тривалості потребує аналізу параметрів функціонального об'єкта і реалізується за допомогою імітаційного моделювання. На основі імітаційного моделювання визначається розподіл ймовірностей станів об'єктів протягом розрахункового періоду які визначають рівень функціонування МГПТ. На основі сервісно-ресурсної моделі визначаються відносні та абсолютні показники роботи об'єктів (відносна та абсолютна пропускна здатність, середня кількість замовлень у стаціонарному, конфліктному та дефектному стані, середній час знаходження в черзі та під обслуговуванням).

Оцінка ризику загальної дестабілізації МГПТ проводиться на основі використання методу динаміки середніх, який передбачає визначення математичного очікування стану складної системи через оцінку стану умов реалізації транспортних пересувань пасажирями:

$$M_{dst} = \frac{\sum_{i=1}^n (1 - P_{sf_i} - P_{rl_i}) \cdot Q_{scs_i}}{\sum_{i=1}^n Q_{scs_i}}, \quad (3.40)$$

де  $Q_{scs_i}$  – обсяг споживачів транспортних послуг в  $i$ -му об'єкті, пас.;

$n$  – загальна кількість об'єктів.

Частотний аналіз дестабілізуючих чинників спрямований на виявлення основних закономірностей їх виникнення в реальних умовах. Для проведення частотного аналізу дестабілізуючих чинни-



ків використовуємо данні результатів обстеження за роботою МГПТ м. Харкова. Стан функціонування маршрутів визначається характером елементарних процесів, які відбуваються під час транспортного обслуговування в місцях посадки-висадки пасажирів та руху транспортних засобів. Дослідження проводилася на 11 маршрутах та 2 транспортно-пересадочних вузлах МГПТ міста Харкова протягом добового періоду. Для визначення стану використовувався порівняльний аналіз фактичних витрат часу на виконання відповідних операцій з плановими параметрами. Частота розподілу станів для маршрутів наведена у табл. 3.5.

*Таблиця 3.5*

Розподіл станів об'єктів дослідження МГПТ м. Харкова

Тип об'єкту	Стабільний стан	Дефект	Збій	Відмова
Зупиночний пункт	10112	1228	93	0
Перегін маршруту	7556	1917	469	7
Транспортно-пересадочні вузли	698	121	21	0

На основі проведених досліджень на об'єктах МГПТ можна визначити, що існує практична необхідність розробки механізмів та технологічних рішень щодо зниження рівня дестабілізації технологічних процесів МГПТ. Формування умов забезпечення стабілізації МГПТ є складним системним завданням для оцінки придатності якого необхідно використовувати інструментарій моделювання його процесів.

### **3.3 Сервісно-ресурсна модель функціонування МГПТ**

Дослідження процесів формування сталості МГПТ потребує використання адекватних моделей, які дають змогу реалізувати процедури визначення раціональних стратегій досягнення поставленої його системної мети. Представлення МГПТ через складову частину метасистеми МС є складною багаторозмірною задачею, яка потребує використання принципово нових методів його модельного представ-

лення. Існуючи підходи до моделювання МГПТ мають обмеженість відносно повноти обліку параметрів його функціонування і як правило передбачають процедуру опису структури та складу внутрішніх зв'язків без обліку характеру зовнішнього взаємовпливу. В умовах розробки існуючих моделей МГПТ структура елементарних складових обмежується технологічними процесами, які формують його внутрішній результат.

Виділення ієрархій представлення МГПТ з позицій його впливу на сталий розвиток метасистеми МС потребує використання для його оцінки параметрів метасистеми відносно її ресурсно-результативних характеристик. Використання в якості оціночних характеристик ресурсів та результатів функціонування дає змогу використання апарату створення її сервісно-ресурсної моделі.

Сервісно-ресурсне моделювання це дієвий інструмент, який набуває поширення у сфері прикладних інформаційних технологій і дозволяє забезпечити умови енергоефективності, оптимізації споживання ресурсів, зниження операційних витрат в таких сферах їх застосування, як управління виробництвом і споживанням, стійким розвитком територій, транспортними потоками, сільським господарством та ін. [232].

Сервісно-ресурсна модель функціонування МГПТ спрямована на відображення внутрішньої залежності між його елементами і формується на основі взаємозв'язку між результатами та ресурсами його конфігураційних об'єктів. Побудова сервісно-ресурсної моделі функціонування МГПТ передбачає комплекс процедур пов'язаних з виділенням для кожного внутрішнього елемента структури та величини трансформації ресурсів у результат, який може бути досягнутий при відповідному керуючому рівні. Представлення МГПТ у структурі метасистеми МС передбачає реалізацію принципів інтеграції його конфігураційних складових елементів у всі види її ієрархії шляхом створення багаторівневої структури сервісно-ресурсної моделі. У зальному вигляді методика створення сервісно-ресурсної моделі МГПТ повинна визначати наступні її аспекти:

- формалізація форм та видів її параметрів (термінологія, опис структури, параметризація сервісно-ресурсних ознак та ін.);
- виділення призначення та мети її розробки (декомпозиція мети, розподіл функцій модулів та ін.);

– визначення основних принципів та правил побудови структури моделі (формат моделі, типи компонентів, їх зв'язків, правила обліку та ін.);

– розробка правил використання та підтримки моделі (створення алгоритму процесів, виділення обов'язків та функцій, формування вимог до керуючих органів та ін.).

На даний час в літературі по інформаційним технологіям відсутня чітка загальноприйнята термінологія сервісно-ресурсного моделювання [233]. Сервісно-ресурсне моделювання у сфері МГПТ представляє новий підхід який також потребує виділення її термінології яка може бути реалізована шляхом її методологічної адаптації. Моделлю сервісу МГПТ є абстрактне представлення процесу взаємодії ресурсних можливостей споживачів транспортних послуг з ресурсними активами транспорту в умовах існуючої структури їх взаємних зв'язків. Модель сервісу описує структуру функціональних процесів МГПТ (взаємодія конфігураційних одиниць) і послуги в динаміці (результати, потоки ресурсів, внутрішній та зовнішній зв'язок). Під поняттям транспортного сервісу в умовах МГПТ слід розуміти систему обслуговування, яка дозволяє елементам споживчої підсистеми обирати оптимальний комплекс послуг і робіт, який забезпечує їх територіальне переміщення до місця призначення у визначений час з погодженими відносно їх можливостей витратами. Ресурси МГПТ включають у себе всі форми його внутрішніх та зовнішніх активів які їм використовуються.

Сервісно-ресурсна модель МГПТ – це логічна модель сервісу, яка описує склад, структуру та взаємозв'язок його внутрішніх та зовнішніх ресурсних трансформацій в умовах метасистеми МС, які спільно забезпечують надання транспортного сервісу споживачам послуг на погодженому з їх системними можливостями рівні. Сервісно-ресурсна модель МГПТ представляється у вигляді ієрархічного графу з подальшою декомпозицією її на окремі модулі, в яких за допомогою аналітичних залежностей реалізується процедура формалізації її параметрів. Вузлами ієрархічного графу є конфігураційні одиниці, які задіяні у реалізації транспортного сервісу, а ребрами є ресурсні та результативні зв'язки між ними.

Призначення сервісно-ресурсної моделі МГПТ полягає у описі функціональних процесів у межах визначеної метасистеми МС з метою контролю характеристик транспортного сервісу та оцінки

ефективності розподілу доступних ресурсів. До ситуацій при яких є корисним використання сервісно-ресурсної моделі МГПТ відносяться:

- при стратегічному управлінні МГПТ в межах метасистеми сервісно-ресурсна модель дає можливість ідентифікувати учасників функціонального процесу, рівні їх результативних можливостей та умови використання ресурсів;

- на етапі формування рівня транспортного сервісу провести погодження цільових інтересів, визначити характер взаємозв'язків сервісних та ресурсних потоків;

- на етапі визначення потужності об'єктів транспортної інфраструктури сервісно-ресурсна модель МГПТ дозволяє на основі обліку ресурсних вимог оцінити їх відповідність потребам учасників функціонального процесу;

- в межах операційних процесів визначити ступінь конфліктності внутрішніх та зовнішніх елементів та реалізувати програму комплексної діагностики МГПТ;

- в межах процесу управління доступністю транспортного сервісу дає можливість проводити моніторинг його параметрів та оцінки потенціалу МГПТ;

- при формуванні єдиної системи управління МГПТ сервісно-ресурсна модель є інструментом її структуризації, виділення форм та напрямів керування;

- при формуванні альтернатив МГПТ сервісно-ресурсна модель дозволяє на основі оцінки характеру впливу на внутрішні та зовнішні елементи планувати необхідний комплекс забезпечуючи заходів;

- в процесі економічної оцінки МГПТ сервісно-ресурсна модель забезпечує ефективну можливість обліку його внутрішніх витрат, вартісної оцінки зовнішнього впливу на міське середовище та визначення повної ресурсної собівартості пасажирських перевезень в умовах метасистеми МС.

Використання сервісно-ресурсної моделі є необхідною не лише при описі функціонуванні його елементів, а також є ефективним інструментом проектування, стратегічного та оперативного управління МГПТ. Сервісно-ресурсна модель МГПТ повинна створюватися за умов забезпечення її системності та структурної відповідності виділеним методологічним рівням дослідження МГПТ.

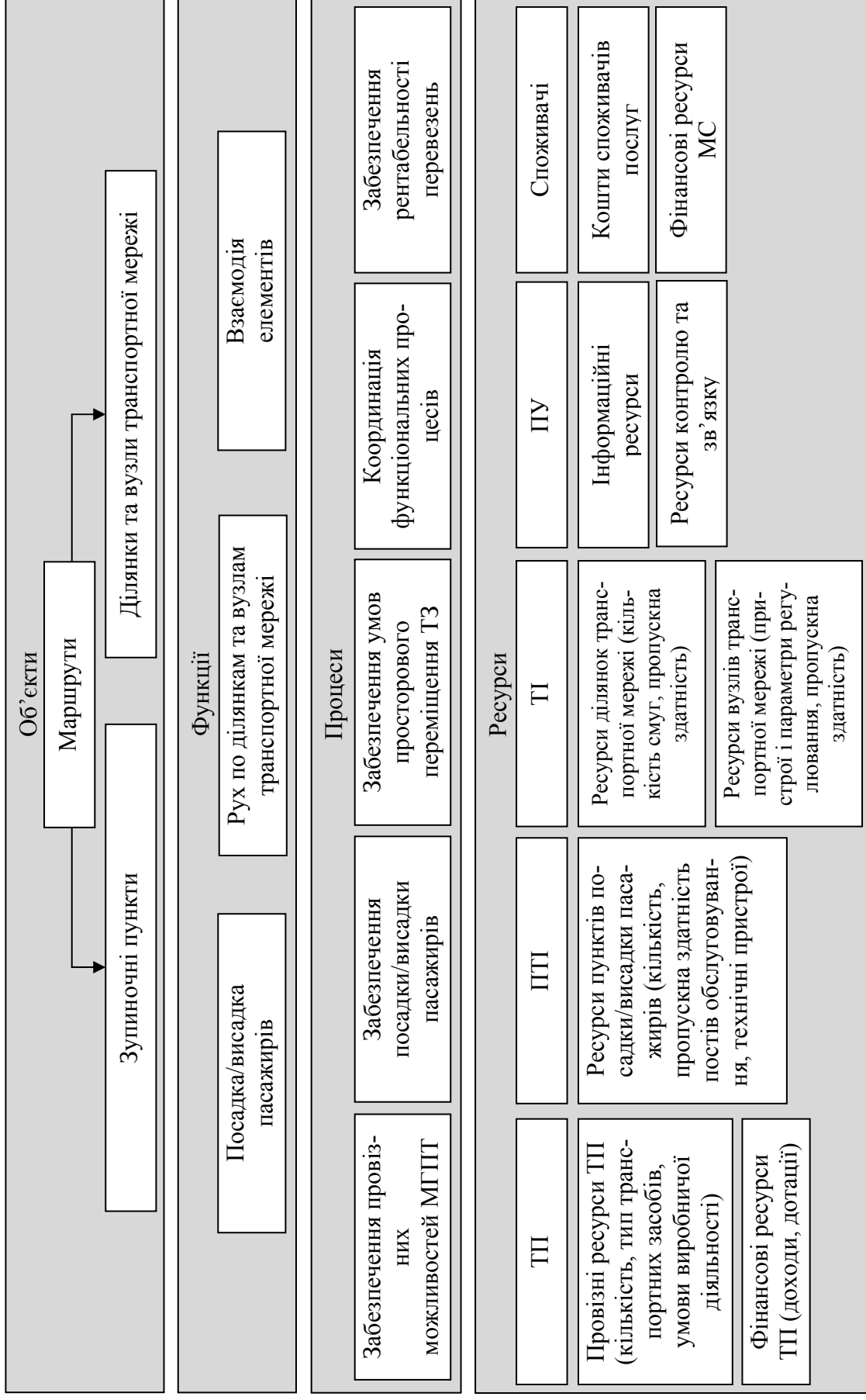


Рис. 3.1.5. Структура середовищ сервісно-ресурсної моделі МГПТ

Послідовність розробки сервісно-ресурсної моделі МГПТ передбачає реалізацію наступних етапів:

- розподілення процесів на функції та визначення об'єктів їх реалізації;
- визначення параметрів оцінки транспортного сервісу для кожної компоненти внутрішнього та зовнішнього середовища;
- проектування топології сервісно-ресурсної моделі та виділення структури міжрівневого переходу сервісного та ресурсного потоку;
- формалізація моделей розрахунку параметрів сервісного та ресурсного потоків для виділених компонент моделі;
- програмна реалізація сервісно-ресурсної моделі;
- автоматизація функцій контролю та управління параметрами транспортного сервісу.

Розподілення процесів на функції та визначення об'єктів їх реалізації передбачає виділення форм і видів типових процесів, які реалізуються у середовищі МГПТ. При проектуванні каталогу сервісу необхідно ідентифікувати ресурсні, об'єктні та функціональні рівні і визначити їх зв'язок. Схема розподілення процесів і функцій елементів МГПТ представлена на рис. 3.15.

Визначив каталог сервісів необхідно провести параметризацію якості функцій для визначених об'єктів моделі. На основі аналізу параметрів функціонування МГПТ для виділених методологічних рівнів можна провести процедуру їх розподілу за рівнями сервісно-ресурсної моделі МГПТ. Умовою розподілу результативних показників є забезпечення їх комплексності та багаторівневості інтеграції через реалізацію принципів поступового ускладнення, багатокритеріальності та єдності. Враховуючи це можна запропонувати структури показників оцінки якості транспортного сервісу МГПТ яка представлена в табл. 3.6.

Проектування топології сервісно-ресурсної моделі МГПТ передбачає розробку структурної схеми взаємодії елементів. Топологічна схема сервісно-ресурсної моделі МГПТ складається з вузлів та графів і має ієрархічну композицію. Вузлами топологічної схеми є об'єкти, а ребрами – їх сервісні, ресурсні та інформаційні зв'язки. Топологічна схема має трьохшаровий вигляд: граф першого шару описує ресурсні параметри, другий – сервісні, третій – інформаційні. Кожна вершина шару характеризується множиною відповідних параметрів, які умовно на графіку можуть бути предс-

тавлені як сектори кола вершини. Зв'язки відображають загальний напрям взаємодії. Структура представлення шарів топологічної схеми наведена на рис. 3.16.

Таблиця 3.6

Показники оцінки якості транспортного сервісу

Елемент	Показники оцінки якості
Об'єкти	
Маршрути	Маркетингові (доступність, інформативність, своєчасність, надійність, безпечність, комфортність), технологічні (час рейсу, швидкість, час затримок, рівень використання місткості, пробіг на маршруті), економічні (собівартість, витрати, доходи, рентабельність), соціальні (екологічний вплив, дотаційність)
Зупиночні пункти	Час обслуговування транспортного засобу, загальний час простою транспортного засобу, час непродуктивного простою
Ділянки та вузли транспортної мережі	Час руху, фактична швидкість руху, час затримок, організованість
Функції	
Посадка/висадка пасажирів	Час посадки-висадки пасажирів, час простою транспортного засобу
Рух по ділянкам та вузлам транспортної мережі	Час руху, час затримок
Взаємодія в об'єктах ПТТ	Час очікування посадки

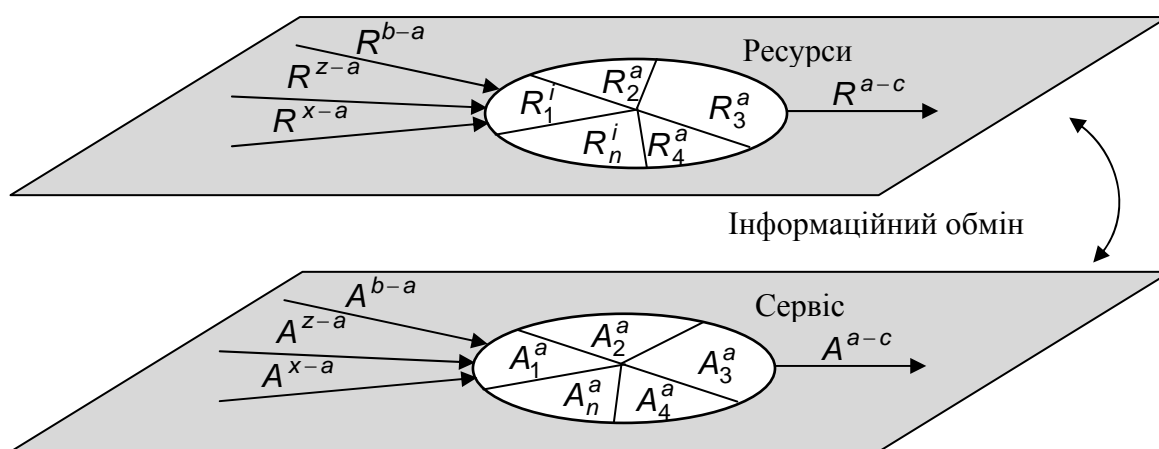


Рис. 3.16. Структура шарів топологічної схеми сервісно-ресурсної моделі МГПТ

Міжрівневий перехід сервісно-ресурсного потоку відбувається через трансформаційні процеси, які перетворюють внутрішні ресурси у внутрішній результат, а при переході між рівнями відбувається трансформація у напрямку результат – ресурс. Результат отриманий на нижчому рівні використовується у якості ресурсу для вищого рівня. Формування просторового графу передбачає використання наступних типових правил створення сервісно-ресурсних моделей [233]:

- проектування потрібно починати зверху – вниз (об’єкти – функції – процеси – ресурси) визначив при цьому логічні рівні моделі;
- зв’язки встановлюють лише між елементами, які здійснюють безпосередній вплив на сервісно-ресурсні параметри вищих елементів;
- між об’єктами моделі можуть бути лише ієрархічні зв’язки;
- розподілення функцій за об’єктами повинні відповідати структурі.

Візуалізація просторового графу сервісно-ресурсної моделі МГПТ представлена на рис. 3.17.

Формалізація моделей розрахунку параметрів сервісного та ресурсного потоків для виділених компонент моделі передбачає математичний опис їх параметрів та процедур трансформації для виділених її рівнів. Моделі визначення базових ресурсів елементів представлені у другому розділі і передбачають їх розрахунок на основі відомих залежностей. Моделі трансформації ресурсів у результат потребують аналітичного опису їх процесів. Оцінка якості сервісного потоку проводиться на основі оцінки якості функцій які реалізуються в структурі технологічних процесів.

Посадка/висадка пасажирів характеризується її тривалістю і часом простою транспортного засобу. Час простою  $i$ -го транспортного засобу під посадкою-висадкою пасажирів визначається за залежністю:

$$Dt_{en-ex_i} = Mc_{en-ex_i} \cdot \left( \frac{\sum_{j=1}^n Cr_{i-j} \cdot Sg_{en_m}}{Nb_{en_i} \cdot Cb_{en_i} \cdot Ort_{en_i}} + \frac{\sum_{j=1}^n Cr_{j-i} \cdot Sg_{ex_m}}{Nb_{ex_i} \cdot Cb_{ex_i} \cdot Ort_{ex_i}} \right), \quad (3.41)$$

де  $Mc_{en-ex_i}$  – коефіцієнт суміщення операцій посадки-висадки;

$Cr_{i-j}, Cr_{j-i}$  – обсяг кореспонденцій пасажирів, пас.;

$n$  – кількість транспортних районів;



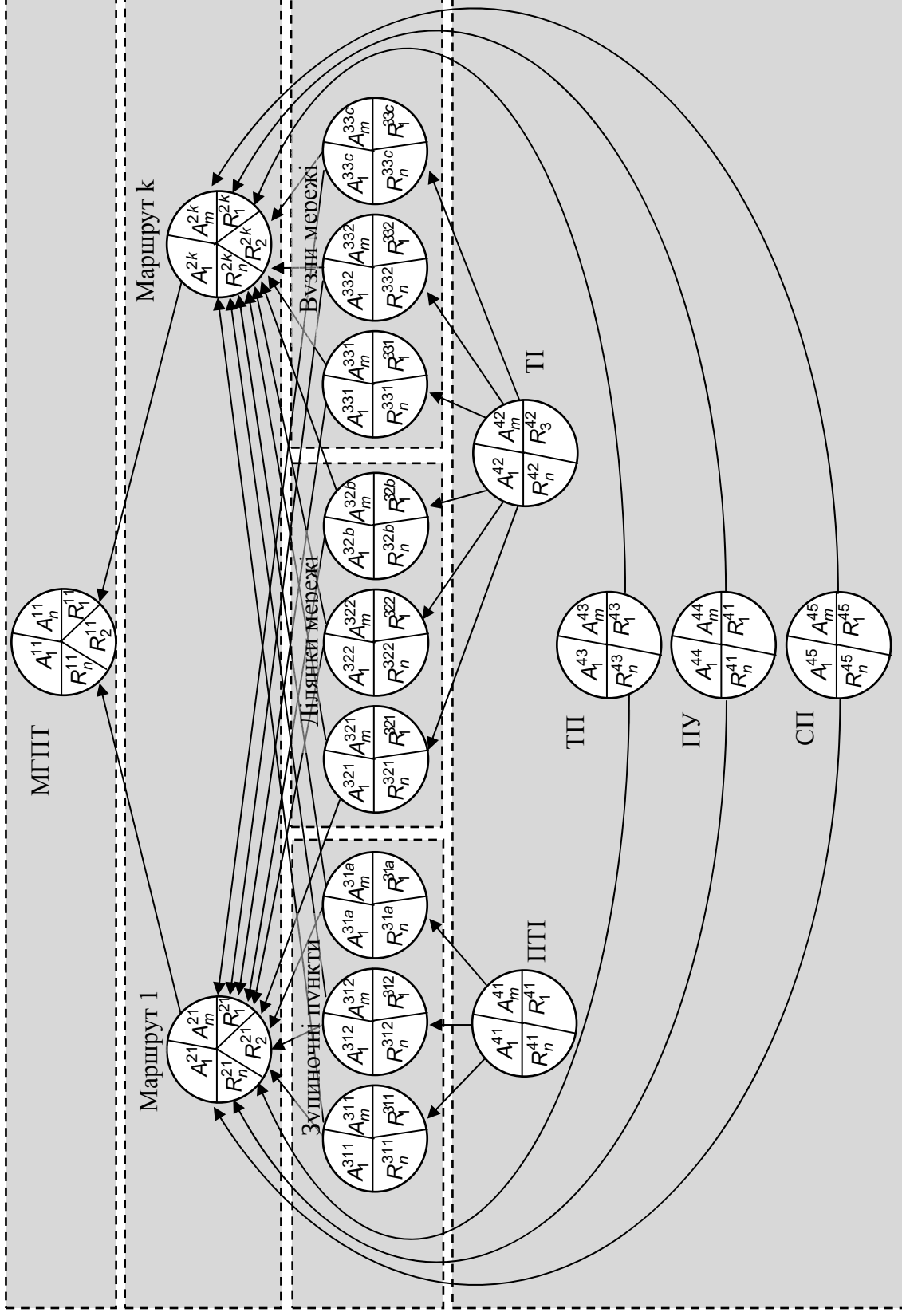


Рис. 3.17. Граф топологічної схеми сервісно-ресурсної моделі МГПТ

$Sg_{en_m}, Sg_{ex_m}$  – питома вага використання маршруту  $m$  для посадки та висадки відповідно;

$Nb_{en_i}, Nb_{ex_i}$  – кількість постів посадки та висадки пасажирів відповідно на зупиночному пункті;

$Cb_{en_i}, Cb_{ex_i}$  – пропускна здатність посту посадки та висадки пасажирів відповідно, пас/год.;

$Ort_{en_i}, Ort_{ex_i}$  – коефіцієнт використання корисного часу для постів посадки та висадки пасажирів відповідно на зупиночному пункті.

Час очікування посадки в  $i$ -й ТЗ, який пов'язаний з координацією часу формування потреб пасажирів та надання транспортного сервісу:

$$Wt_{p_i} = (1 - Sg_{t_{m_i}}) \cdot \overline{Wtl_{m_i}} + Sg_{t_{m_i}} \cdot \overline{Wtt_{m_i}}, \quad (3.42)$$

де  $Sg_{t_{m_i}}$  – питома вага пасажирів, які використовують маршрут  $m$  для реалізації другої або наступної за нею поїздки;

$\overline{Wtl_{m_i}}$  – середній час очікування пасажирами посадки для реалізації першої поїздки на маршруті  $m$ , год.;

$\overline{Wtt_{m_i}}$  – середній час очікування пасажирами посадки для реалізації другої або наступної за нею поїздки на маршруті  $m$ , год.

На час руху транспортних засобів по ділянках мережі впливає значна кількість чинників. Однак огляд робіт присвячених дослідженню їх впливу дозволяє зробити висновок про можливість для моделювання руху МГПТ використовувати спрощену модель, яка базується на описі зв'язку рівня завантаження рухом з швидкістю транспортного потоку. За таких умов час руху  $i$ -го транспортного засобу по ділянці мережі визначається за залежністю:

$$Dt_{l_i} = \frac{Ls_i}{Ts_i} \left[ 1 + A_{cf_i} \cdot \left( \frac{It_{rt_i} + It_{urt_i}}{Cp_{tl_i} \cdot F_{mtl_i}} \right)^{B_{cf_i}} \right], \quad (3.43)$$

де  $Ls_i$  – довжина ділянки, км;

$Ts_i$  – технічна швидкість вільного руху, км/год;

$It_{rt_i}$  – інтенсивність руху маршрутного транспорту, авт./год;

$It_{urt_i}$  – інтенсивність руху немаршрутного транспорту, авт./год;  
 $Sp_{tl_i}$  – пропускна здатність смуги руху, авт./год;  
 $F_{mtl_i}$  – коефіцієнт багатосмуговості;  
 $A_{cf_i}, B_{cf_i}$  – калібрувальні коефіцієнти.

Час проїзду вузлів транспортної мережі виходячи з прийнятих допущень по можливості оцінки впливу завантаження рухом визначається за залежністю:

$$Dt_{u_i} = Fu_i \left[ 1 + A_{cf_i} \cdot \left( \frac{It_{rt_i} + It_{urt_i}}{Sp_{u_i}} \right)^{B_{cf_i}} \right], \quad (3.44)$$

де  $Fu_i$  – час проїзду вузла при вільних умовах руху, год;

$Sp_{u_i}$  – пропускна здатність транспортного вузла, авт./год.

Час затримок транспортних засобів відображає якість функцій руху по ділянкам та вузлам транспортної мережі:

$$Dt_{tnl_i} = Dt_{l_i} - \frac{Ls_i}{Ts_i}, \quad (3.45)$$

$$Dt_{tmu_i} = Dt_{u_i} - Fu_i. \quad (3.46)$$

Отримані значення якості функцій використовуються у вигляді елементів ресурсних можливостей об'єктів МГПТ. Для ділянок та вузлів транспортної мережі, які входять до перегонів маршруту на основі отриманих складових елементів можна запропонувати наступні залежності.

Час руху ТЗ по  $i$ -му перегоні маршруту:

$$Drt_{s_i} = \sum_{k=1}^a Dt_{l_k} + \sum_{n=1}^b Dt_{l_n}, \quad (3.47)$$

де  $a$  – кількість ділянок мережі, які входять до перегону маршруту;  
 $b$  – кількість вузлів мережі, які входять до перегону маршруту.

Час затримок ТЗ на  $i$ -му перегоні маршруту:

$$Dts_i = \sum_{k=1}^a Dt_{tnl_k} + \sum_{n=1}^b Dt_{tmu_n}, \quad (3.48)$$

Фактична швидкість руху на  $i$ -му перегоні маршруту:

$$Tsf_i = \frac{\sum_{k=1}^a Ls_k}{Drt_{s_i}}, \quad (3.49)$$

де  $a$  – кількість ділянок мережі, які входять до перегону маршруту.

Рівень організованості руху транспорту по ділянкам і вузлам транспортної мережі, які входять до перегону маршруту:

$$Org_i = \sum_{k=1}^a (1 - Dst_{tnl_k}) + \sum_{n=1}^b (1 - Dst_{tmu_n}). \quad (3.50)$$

Якість транспортного сервісу в зупиночних пунктах маршруту оцінюється через параметри які характеризують рівень обслуговування транспортних засобів. Час обслуговування транспортного засобу у  $i$ -му зупиночному пункті:

$$Dt_{sv_i} = Dt_{en-ex_i} + Dt_{mn_i}, \quad (3.51)$$

де  $Dt_{mn_i}$  – час маневрування транспортного засобу, год.

Час простою  $i$ -го транспортного засобу в зупиночному пункті розраховується на основі часу посадки-висадки, тривалості додаткового простою пов'язаного з маневруванням транспортного засобу та часу очікування його наповнення:

$$Dt_{sp_i} = Dt_{en-ex_i} + Dt_{mn_i} + Dt_{pe_i}, \quad (3.52)$$

де  $Dt_{pe_i}$  – час додаткового простою транспортного засобу, год.

Час непродуктивного простою транспортного засобу у  $i$ -му зупиночному пункті:

$$Dt_{up_i} = Dt_{sp_i} - Dt_{sv_i}. \quad (3.53)$$

На основі синтезу результативних характеристик функціональних об'єктів у зупиночних пунктах та перегонах маршруту можливо розрахувати якісні показники сервісу для маршруту. Якість сервісу для маршруту поділяється на види в залежності від її характеру. Маркетингова спрямована на оцінку відповідності рівня пропозиції потребам споживачів які сформовані у другому розділі та описується

рядом споживчих параметрів, які наведені нижче. Доступність транспортно-сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Av_m = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k Ls_i \cdot \sum_{j=1}^{k-i} Cr_{i-j} \cdot Sg_{en_{m_i}}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k-i} Cr_{i-j} \cdot Sg_{en_{m_i}}} \right) \cdot \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k Lf_i \cdot \sum_{j=1}^{k-i} Cr_{i-j} \cdot Sg_{en_{m_i}}}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k-i} Cr_{i-j} \cdot Sg_{en_{m_i}}} \right), \quad (3.54)$$

де  $Ls_i$  – рівень дефіциту провізних можливостей у  $i$ -му зупиночному пункті;

$Lf_i$  – рівень відмови поїздки в наслідок низької інтенсивності руху в  $i$ -му зупиночному пункті;

$k$  – кількість зупинок на маршруті;

$n$  – кількість транспортних районів.

Інформативність транспортно-сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Ic_m = \frac{\sum_{i=1}^n Fi_{m_i} \cdot Ai_{m_i} \cdot Vi_{m_i}}{n}, \quad (3.55)$$

де  $Fi_{m_i}$  – рівень повноти інформаційного обміну в  $i$ -му об'єкті маршруту;

$Ai_{m_i}$  – рівень доступності інформаційного обміну в  $i$ -му об'єкті маршруту;

$Vi_{m_i}$  – рівень цінності інформаційного обміну в  $i$ -му об'єкті маршруту;

$n$  – кількість елементів маршруту.

Своєчасність транспортно-сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Tl_m = \frac{\sum_{i=1}^n Tvs_{m_i} \cdot (Dt_{up_i} + Dts_{i-(i+1)})}{\sum_{i=1}^n Tvs_{m_i}}, \quad (3.56)$$

де  $Tvs_i$  – обсяг перевезення по перегону маршруту, пас.

$n$  – кількість перегонів маршруту.

Обсяг перевезення по перегону маршруту:

$$Tvs_{m_i} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{k-i} Cr_{i-j} \cdot Sgen_{m_i}, \quad (3.57)$$

Максимальний обсяг перевезення по перегонам маршруту:

$$Tvs_{m_{\max}} = \max(Tvs_{m_i}), i = \overline{1, n}, \quad (3.58)$$

Надійність транспортного сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Rl_m = \left( 1 - \min \left( 1; \frac{Tvs_{m_{\max}}}{Fp_m} \right) \right) \cdot \left( 1 - \min \left( 1; \frac{\min(1; Tvs_{m_{\max}} - Fp_m)}{\sum_{i=1}^a Rr_{FP_i}} \right) \right), \quad (3.59)$$

де  $Fp_m$  – провізні можливості маршруту, пас/год.;

$Rr_{FP_i}$  – резерви провізних можливостей альтернативних маршрутів, пас/год.;

$a$  – кількість альтернативних маршрутів.

Безпечність транспортного сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Ts_m = \max(Lrs_i), i = \overline{1, n}, \quad (3.60)$$

де  $Lrs_i$  – показник безпечності перевезень на елементі маршруту (зупиночний пункт, перегін);

$n$  – кількість елементів маршруту.

Комфортність транспортного сервісу на  $m$ -му маршруті:

$$Cm_m = \left( 1 - \min \left( 1; \frac{Fp_m}{Tvs_{m_{\max}}} \right) \right) \cdot \left( 1 - \min \left( 1; \max \left( \frac{Fpu_{m_i}}{Tvu_{m_i}} \right) \right) \right), i = \overline{1, n}, \quad (3.61)$$

де  $Fpu_{m_i}$  – пропускна здатність зупиночного пункту, пас/год.;

$Tvu_{m_i}$  – пасажирообмін зупиночного пункту, пас/год.;

$n$  – кількість зупиночних пунктів на маршруті.

Технологічні показники дозволяють оцінити якість елементарних процесів. Фактичний час рейсу на  $m$ -му маршруті:

$$Ft_m = \sum_{i=1}^n Dt_{sp_i} + \sum_{j=1}^k Drt_{s_j}, \quad (3.62)$$

де  $n$  – кількість зупиночних пунктів на маршруті;  
 $k$  – кількість перегонів маршруту.

Час затримок на  $m$ -му маршруті:

$$Dtf_m = \sum_{i=1}^n Dt_{up_i} + \sum_j^k Dts_j, \quad (3.63)$$

Експлуатаційна швидкість на  $m$ -му маршруті:

$$Se_m = \frac{\sum_{i=1}^b Ls_i}{Tf_m}, \quad (3.64)$$

де  $n$  – кількість перегонів маршруту.

Динамічний рівень використання місткості на  $m$ -му маршруті:

$$Urc_m = \frac{\sum_{i=1}^b Ls_i \cdot Tvs_{m_i}}{Fp_m \cdot \sum_{i=1}^b Ls_i}, \quad (3.65)$$

Загальний пробіг на  $m$ -му маршруті за період:

$$TMV_m = \frac{NA_m \cdot RL_m \cdot TP}{TF_m}, \quad (3.66)$$

де  $n$  – кількість транспортних засобів на маршруті;

$RL_m$  – довжина маршруту, км;

$TP$  – тривалість розрахункового періоду, год.

Економічні показники якості транспортного сервісу дозволяють надати оцінку його стосовно цільових інтересів транспортних підприємств. Витрати на перевезення пасажирів за період на  $m$ -му маршруту:

$$Ex_m = \sum_{i=1}^v Sg_{bm_i} \cdot (Ve_{m_i} \cdot Tmv_m + Se_{m_i} \cdot Tp), \quad (3.67)$$

де  $Sg_{bm_i}$  – питома вага транспортних засобів  $i$ -ої моделі;

$v$  – кількість моделей транспортних засобів;

$Ve_{m_i}, Se_{m_i}$  – змінні та постійні витрати для  $i$ -ої моделі транспортного засобу відповідно, грн/км, грн/год.

Собівартість перевезення одного пасажирів по  $m$ -му маршруту:

$$Cp_m = \frac{Ex_m}{Tv_m}, \quad (3.68)$$

де  $Tv_m$  – обсяг перевезення за період, пас.

Дохід від перевезення пасажирів на  $m$ -му маршруті за період:

$$In_m = Rt_m \cdot Tv_m \cdot (1 - Sg_{sb_m}), \quad (3.69)$$

де  $Rt_m$  – тариф на маршруті, грн;

$Tv_m$  – питома вага пільгових перевезень.

Рентабельність перевезень пасажирів по  $m$ -му маршруту за період:

$$Pr_m = \frac{\max(0; In_m - Ex_m)}{Ex_m}. \quad (3.70)$$

Група соціальних показників якості транспортного сервісу передбачає їх оцінку відповідно до цільових інтересів суспільства. Екологічний вплив визначається на основі оцінки обсягів шкідливого забруднення середовища на  $m$ -му маршруті:

$$Eh_m = \sum_{i=1}^v Sg_{bm_i} \cdot \left( \sum_{k=1}^g Ls_k \cdot Es_{l_{ki}} + \sum_{n=1}^h Dt_{u_n} \cdot Es_{u_{ni}} + \sum_{m=1}^q Dt_{sp_m} \cdot Es_{sp_{mi}} \right), \quad (3.71)$$

де  $Es_{l_{ki}}, Es_{u_{ni}}, Es_{sp_{mi}}$  – питомі обсяги шкідливого забруднення для відповідних режимів руху транспортних засобів;

$g, h, q$  – кількість ділянок мережі, транспортних вузлів та зупиночних пунктів на маршруті відповідно.

Дотаційність роботи маршруту відображає його потенційний рівень потреб для забезпечення транспортного процесу при існуючих тарифах на перевезення:

$$Sb_m = -\max(0; In_m - Ex_m). \quad (3.72)$$



На основі експлуатаційних параметрів які визначаються за допомогою сервісно-ресурсної моделі розраховуються показники, що входять до складу концепту наслідків. Їх структура складається з компонент безпеки руху та екологічного впливу. Рівень чинників транспортної безпеки для ділянок МТС представлені через параметри, які характеризують рівень завантаження дорожнім рухом, швидкість руху на ділянках та перехрестях МТС, рівень транспортної конфліктності об'єктів ПТІ:

$$Ts = \sum_{n=1}^b \sum_{i=1}^q Z_{ni}^l \cdot N_{ni}^l \cdot Sq_{ni}^l + \sum_{n=1}^b \sum_{j=1}^k Z_{nj}^u \cdot N_{nj}^u \cdot Sq_{nj}^u + \sum_{c=1}^g Z_c^{up} \cdot N_{mc}^{up}, \quad (3.73)$$

де  $Z_i^l$  – рівень чинників транспортної безпеки  $i$ -ої ділянки МТС;

$N_{ni}^l$  – інтенсивність руху ТЗ  $n$ -ої групи по  $i$ -й ділянці МТС, авт./год;

$SQ_{ni}^l$  – питома вага ТЗ  $n$ -ої групи в інтенсивності по  $i$ -й ділянці МТС;

$Z_j^u$  – рівень чинників транспортної безпеки  $j$ -му вузлі МТС;

$N_{nj}^u$  – інтенсивність руху ТЗ  $n$ -ої групи в  $j$ -му вузлі МТС, авт./год;

$Sq_{nj}^u$  – питома вага ТЗ  $n$ -ої групи в інтенсивності в  $j$ -му вузлі МТС;

$Z_c^{up}$  – рівень чинників транспортної безпеки  $c$ -му об'єкті ПТІ;

$N_{mc}^{up}$  – інтенсивність руху ТЗ МГПТ в  $c$ -му об'єкті ПТІ, авт./год.

Склад чинників транспортної безпеки, їх зміна визначається на основі оцінки заходів та рівня їх впливу на формування ризиків виникнення ДТП. Така процедура реалізується в процесі визначення умов формування технологічних процесів МГПТ на окремих його структурних елементах.

Екологічні наслідки визначаються обсягом шкідливих викидів які залежать від загального пробігу, норм викиду для відповідних груп автомобілів та видів викидів, швидкості руху ТЗ, часу простою в межах об'єктів МТС та ПТІ:

$$Ahe_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^a \sum_{n=1}^b L_j \cdot M_{kn}^l \cdot N_{nj}^l \cdot K_{nj} + \sum_{x=1}^g \sum_{k=1}^a \sum_{n=1}^b T_{xn} \cdot M_{kn}^u \cdot N_{nx}^u, \quad (3.74)$$

де  $L_j$  – довжина  $j$ -ої ділянки МТС, км;

$M_{kn}^l$  – пробігові викиди шкідливих  $k$ -ої речовини транспортними засобами  $n$ -ої групи, г/км;

$N_{nj}^l$  – інтенсивність руху ТЗ  $n$ -ої групи по  $j$ -й ділянці МТС, авт./год;

$K_{kj}$  – калібрувальний коефіцієнт який враховує фактичну швидкість руху ТЗ  $n$ -ої групи по  $j$ -й ділянці МТС;

$T_{xn}$  – час знаходження ТЗ  $n$ -ої групи в  $x$ -му об'єкті, год.;

$M_{kn}^u$  – питомі викиди шкідливих  $k$ -ої речовини транспортними засобами  $n$ -ої групи під час простою, г/год.;

$N_{nx}^u$  – інтенсивність руху ТЗ  $n$ -ої групи в  $x$ -у об'єкті, авт./год.

Допустимі значення параметрів негативних екологічних наслідків визначаються виходячи з гранично допустимої їх концентрації, питомої ваги міського транспорту та рівня їх розвіювання за методикою [234].

### **3.4 Параметри ризик-системи сталості МГПТ**

Аналіз системності, повноти та взаємопов'язаності ризиків дестабілізації МГПТ полягає у розгляді цілої ризик-системи, єдність якої забезпечується за рахунок взаємозв'язку і взаємодії у процесі його функціонування. При цьому функціональні процеси, які відбуваються в об'єктах підсистем обслуговування та забезпечення МГПТ та зовнішніх системах МС розглядаються як ланка, що повинна відповідати принципам самоорганізації і єдності управління. Ризики в такій системі ототожнюються з внутрішніми флуктуаціями, які виводять систему з рівноваги. Розмах цього виведення визначає величину їх оцінки, а відновлення рівноваги – методи впливу. Складність формалізації системності оцінки ризиків полягає у нечіткості їх представлення та ієрархії їх міжрівневого впливу. Для оцінки ризиків дестабілізації МГПТ в умовах метасистеми МС можливо використати нечітку продукційну модель, яка в основі має нечітку продукційну мережу, що дозволяє реалізувати різні компоненти нечітких моделей та можливість формалізації нечіткого виводу [235]. Побудова нечіткої продукційної мережі передбачає визначення множини  $n$  чинників

виникнення ризиків  $U = \{u_i\}, i = \overline{1, n}$  та множини  $m$  показників ризиків  $O = \{o_i\}, i = \overline{1, m}$ . Визначені множини входять до відповідних методологічних рівнів представлення МГПТ і характеризують його ризик-систему в умовах метасистеми МС. Оцінка рівня параметрів ризик-системи проводиться за допомогою лінгвістичних змінних, які можуть бути представлені у вигляді терм-множин. Терми представлені трьома варіантами, для чинників ризику:  $H$  – низька відповідність,  $Ч$  – часткова відповідність та  $П$  – повна відповідність. Виділення чинників ризиків та їх показників проводиться на основі аналізу структури внутрішніх та зовнішніх зв'язків SADT-моделей МГПТ в межах метасистеми МС. Характеристика чинників ризиків представлена в табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Фактори ризиків сталості МГПТ

Позначення	Найменування лінгвістичної змінної
1 рівень – Маршрутна мережа МГПТ	
$u_{11}$	Перевищення попиту над пропозицією
$u_{12}$	Дефіцит внутрішніх ресурсів підприємств МГПТ
$u_{13}$	Фізичне та моральне старіння транспортних засобів
$u_{14}$	Технічні збої у роботі транспортних засобів
$u_{15}$	Висока собівартість перевезень
$u_{16}$	Ускладнення умов виконання технологічних операцій
2 рівень – МГПТ	
$u_{21}$	Зниження якості транспортного обслуговування пасажирів
$u_{22}$	Відмова обслуговування
$u_{23}$	Порушення режимів роботи транспортних засобів
$u_{24}$	Зниження провізних можливостей МГПТ
$u_{25}$	Зниження рентабельності перевезень
$u_{26}$	Виділення окремих елементів транспортної інфраструктури для МГПТ
$u_{27}$	Використання додаткових ресурсів підприємств МГПТ
$u_{28}$	Обмеженість пропускної спроможності об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури
$u_{29}$	Дискоординація взаємодії елементів МГПТ
3 рівень – МТС	
$u_{31}$	Зниження рівня транспортного обслуговування
$u_{32}$	Збільшення впливу транспорту на екологічне середовище
$u_{33}$	Зниження рівня організованості транспорту

Позначення	Найменування лінгвістичної змінної
$u_{34}$	Виникнення аварійних ситуацій
$u_{35}$	Зростання економічного впливу транспорту
$u_{36}$	Необхідність будівництва нових об'єктів транспортної інфраструктури
4 рівень – Метасистема	
$u_{41}$	Соціальна напруженість
$u_{42}$	Обмеженість потенціалу міського середовища
$u_{43}$	Дестабілізація економічного середовища
$u_{44}$	Непридатність міських територій для проживання
Загальний рівень	
$u_{51}$	Низька якість життя населення

В умовах багаторівневого представлення ризик-системи відбувається переходи від чинників ризику до їх показників. Зв'язок реалізується на основі принципів *MISO* – структури (багато входів – один вихід) та представляє собою каскадне поєднання нечітких продукційних правил, які реалізують відображення вхідних чинників на показник ризику. Структура багаторівневої нечіткої продукційної мережі моделі оцінки ризиків сталості МГПТ представлена на рис. 3.18. Оцінка показників ризику проводиться за допомогою трьох термів: *НОР* – низьке очікування ризику, *СОР* – середній рівень очікування ризику та *ВОР* – високе очікування ризику, *КОР* – критичний стан очікуваного ризику, які за своїм значенням відповідають термам чинників ризику вищого рівня представлення МГПТ.

Для формування оцінок та нечітких продукційних правил моделі використовуються емпіричні форми представлення взаємозв'язків ризик-моделі МГПТ. Нечітке причинно-наслідкове співвідношення між факторами та показниками ризику задається у вигляді нечіткої множини на основі відповідних правил. Для кожного методологічного рівня розробляються свої бази правил *BR*, які визначають стан показників ризиків на основі аналізу чинників та показників ризику.

Нечіткі продукційні правила наведені в табл. 3.5. Міжрівневий перехід між факторами ризику та їх показниками в моделі реалізуються шляхом відповідності лінгвістичних змінних:

$$o_{ki} = u_{(k+1)i}, i = \overline{1, n}, \quad (3.75)$$

де  $k$  – методологічний рівень представлення МГПТ.

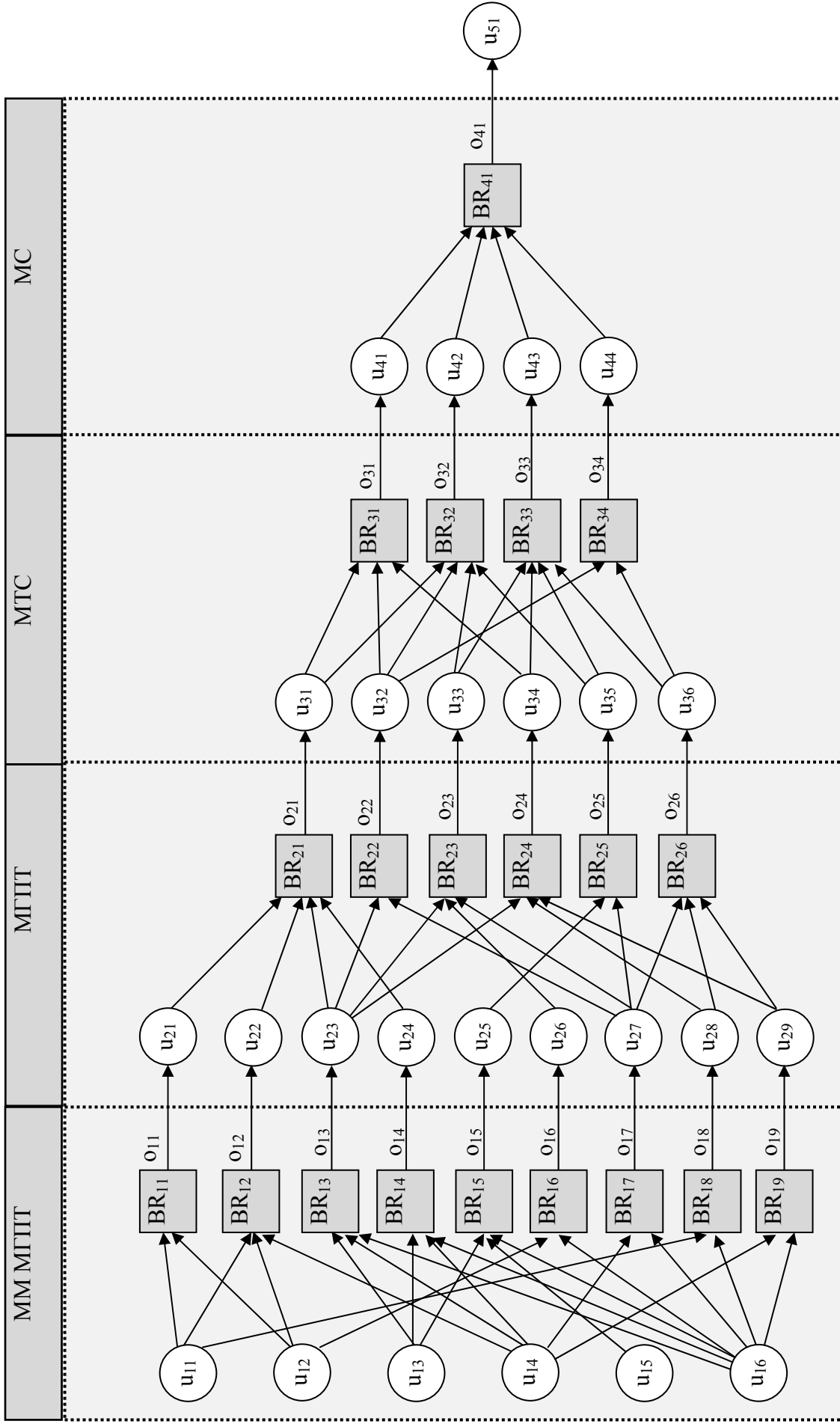


Рис. 3.18. Багаторівнева нечітка продукційна мережа моделі оцінки ризиків сталості МГПТ

Таблиця 3.5

## Нечіткі продукційні правила формування оцінки ризиків сталості МГПТ

База правил	Показник ризику	Оцінка показника ризику		
		НОР	СОР	ВОР
ММ				
BR <sub>1,1</sub>	O <sub>11</sub>	$u_{11} = H \wedge u_{12} = Ч$	$u_{11} = Ч \wedge u_{12} = Ч$	$u_{11} = \Pi \wedge u_{12} = \Pi$
BR <sub>1,2</sub>	O <sub>12</sub>	$u_{11} = H \wedge u_{12} = Ч \wedge u_{14} = H$	$u_{11} = \Pi \wedge u_{12} = Ч \wedge u_{14} = Ч$	$u_{11} = \Pi \wedge u_{12} = \Pi \wedge u_{14} = \Pi$
BR <sub>1,3</sub>	O <sub>13</sub>	$u_{13} = Ч \wedge u_{14} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{13} = Ч \wedge u_{14} = Ч \wedge u_{16} = H$	$u_{13} = \Pi \wedge u_{14} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,4</sub>	O <sub>14</sub>	$u_{13} = Ч \wedge u_{14} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{13} = \Pi \vee u_{14} = Ч \wedge u_{16} = H$	$u_{13} = \Pi \wedge u_{14} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,5</sub>	O <sub>15</sub>	$u_{13} = H \wedge u_{15} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{13} = Ч \wedge u_{15} = Ч \wedge u_{16} = Ч$	$u_{13} = \Pi \wedge u_{15} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,6</sub>	O <sub>16</sub>	$u_{15} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{15} = Ч \wedge u_{16} = Ч$	$u_{15} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,7</sub>	O <sub>17</sub>	$u_{12} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{12} = Ч \wedge u_{16} = Ч$	$u_{12} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,8</sub>	O <sub>18</sub>	$u_{11} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{11} = Ч \wedge u_{16} = Ч$	$u_{11} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
BR <sub>1,9</sub>	O <sub>19</sub>	$u_{14} = H \wedge u_{16} = H$	$u_{14} = Ч \wedge u_{16} = Ч$	$u_{14} = \Pi \wedge u_{16} = \Pi$
МГПТ				
BR <sub>2,1</sub>	O <sub>21</sub>	$u_{21} = H \wedge u_{22} = H \wedge u_{23} = Ч \wedge u_{24} = Ч$	$u_{22} = Ч \vee (u_{21} = Ч \wedge u_{23} = \Pi \wedge u_{24} = \Pi)$	$u_{22} = \Pi \vee u_{21} = \Pi \vee (u_{23} = \Pi \wedge u_{24} = \Pi)$
BR <sub>2,2</sub>	O <sub>22</sub>	$u_{23} = H \wedge u_{27} = H$	$u_{23} = Ч \wedge u_{27} = Ч$	$u_{23} = \Pi \wedge u_{27} = \Pi$
BR <sub>2,3</sub>	O <sub>23</sub>	$u_{23} = H \wedge u_{26} = H \wedge u_{27} = H$	$u_{23} = Ч \wedge u_{26} = H \wedge u_{27} = Ч$	$u_{23} = \Pi \wedge u_{26} = \Pi \wedge u_{27} = \Pi$
BR <sub>2,4</sub>	O <sub>24</sub>	$u_{23} = H \wedge u_{28} = H \wedge u_{29} = H$	$u_{23} = H \wedge u_{28} = Ч \wedge u_{29} = Ч$	$u_{23} = \Pi \wedge u_{28} = \Pi \wedge u_{29} = \Pi$
BR <sub>2,5</sub>	O <sub>25</sub>	$u_{25} = H \wedge u_{27} = H$	$u_{25} = H \wedge u_{27} = Ч$	$u_{25} = \Pi \wedge u_{27} = \Pi$
BR <sub>2,6</sub>	O <sub>26</sub>	$u_{27} = H \wedge u_{28} = H \wedge u_{29} = H$	$u_{27} = Ч \wedge u_{28} = H \wedge u_{29} = Ч$	$u_{27} = \Pi \wedge (u_{28} = \Pi \vee u_{29} = \Pi)$
МТС				
BR <sub>3,1</sub>	O <sub>31</sub>	$u_{31} = H \wedge u_{32} = H \wedge u_{34} = H$	$u_{31} = Ч \wedge u_{32} = Ч \wedge u_{34} = Ч$	$u_{31} = \Pi \wedge u_{32} = \Pi \wedge u_{34} = \Pi$
BR <sub>3,2</sub>	O <sub>32</sub>	$u_{32} = H \wedge u_{33} = H \wedge u_{35} = H$	$u_{32} = Ч \wedge u_{33} = Ч \wedge u_{35} = Ч$	$u_{32} = \Pi \wedge u_{33} = \Pi \wedge u_{35} = \Pi$
BR <sub>3,3</sub>	O <sub>33</sub>	$u_{33} = H \wedge u_{34} = H \wedge u_{35} = H \wedge u_{36} = H$	$u_{33} = Ч \wedge u_{34} = Ч \wedge u_{35} = Ч \wedge u_{36} = Ч$	$u_{33} = \Pi \wedge u_{34} = \Pi \wedge u_{35} = \Pi \wedge u_{36} = \Pi$
BR <sub>3,4</sub>	O <sub>34</sub>	$u_{32} = H \wedge u_{36} = H$	$u_{32} = Ч \wedge u_{36} = Ч$	$u_{32} = \Pi \vee u_{36} = \Pi$
МС				
BR <sub>4,1</sub>	O <sub>41</sub>	$u_{41} = H \wedge u_{42} = H \wedge u_{43} = H \wedge u_{44} = H$	$u_{41} = Ч \wedge u_{42} = Ч \wedge u_{43} = Ч \wedge u_{44} = Ч$	$(u_{41} = \Pi \wedge u_{42} = \Pi \wedge u_{43} = \Pi) \vee u_{44} = \Pi$

Критична оцінка показнику ризику рівня  $k$  незалежно від стану чинників рівня  $(k + 1)$  передбачає надання оцінки його показників ризику на критичному рівні.

Представлена нечітка продукційна модель дозволяє забезпечити широкий спектр обліку чинників ризику та інтегрувати якісні та кількісні їх характеристики в оцінку ризику сталості МГПТ. Представлена нечітка продукційна модель включає 6 чинників ризику першого методологічного рівня (ММ МГПТ), 9 – другого (МГПТ), 6 – третього (МТС) та 4 – четвертого (МС). Модель реалізується на основі 20 правил, які забезпечують можливість проведення лінгвістичного аналізу ризику сталості МГПТ в умовах міжрівневого переходу. Визначені правила дозволяють оцінити пріоритети ризиків (низький, середній, високий, критичний) та визначити характер їх впливу на стан метасистеми МС. Процедура фазифікації чинників та показників ризику сталості МГПТ проводиться на основі визначення функцій приналежності терм-множин вхідних та вихідних величин та потребує проведення досліджень в області формування їх критичності відносно мети метасистеми МС.

Представлена нечітка продукційна модель оцінки ризиків сталості МГПТ базується на реалізації процедури визначення правил переходу станів його внутрішнього та зовнішнього рівня. Необхідною умовою для реалізації такої процедури є виділення функцій приналежності нечітких множин які характеризують фактори ризиків. Представлені терми для їх оцінки мають трьохрівневу форму, які потребують виділення меж визначення їх приналежності. Задача визначення меж приналежності нечітких множин полягає у виділенні виду і характеру функції та параметризації її ключових точок переходу. У загальному вигляді для запропонованої форми термів використовуємо кусково-лінійні функції приналежності. Чинником який визначає ступінь належності елемента до відповідного терму є рівень резервів ресурсних можливостей.

### ***3.5 Напрями управління ризиками сталості МГПТ***

Виконання технологічних процесів МГПТ під час обслуговування пасажирів характеризується високою нестабільністю та динамічністю зміни його внутрішнього та зовнішнього середовища, які в

поєднанні зі складністю і розмірністю контрольних параметрів призводять до формування основних управлінських рішень в умовах невизначеності і ризиків. Задача управління ризиками в таких умовах є однією зі складових концепції формування сталості МГПТ. Необхідність впровадження моделей управління ризиками в технологічні процеси обумовлюється значною розмірністю та складністю представлення МГПТ в структурі МС. Технології управління ризиком в структурно-складних системах – це послідовність процедур і операцій, що призводять до досягнення поставленої мети, яка полягає у мінімізації ймовірності їх виникнення до допустимого або мінімального рівня. Існує зв'язок між ризиком і ефективністю, що представляє собою відповідні кореляційні моделі, які в наслідок структурної складності представлення об'єкту дослідження не можуть бути формалізовані в явному виді, а описуються за допомогою узагальнених форм.

Під ризиком сталості МГПТ слід розуміти можливі несприятливі події які відбуваються в межах його функціональних середовищ, які призводять до критичного зниження його ресурсно-результативних параметрів роботи (вихід з області сталості). Виникнення дестабілізуючих ситуацій є результатом прояву певної сукупності чинників ризику, що породжуються тими чи іншими факторами та джерелами. Серед основних характеристик ризику також слід виділити їх наслідки та ступінь їх впливу на стан внутрішнього та зовнішнього середовища.

Основна мета управління ризиками – це зниження ймовірності настання несприятливих для проекту подій і їх негативного впливу [236]. Реалізація процесу управління ризиками сталості МГПТ передбачає виділення наступних етапів:

- визначення складу і структури зв'язків чинників ризиків;
- виділення системних чинників ризиків;
- ідентифікація джерел ризиків і їх видів;
- визначення класів заходів та розробка заходів до їх усунення;
- оцінка ступеню впливу заходів на ризики;
- розробка моделі системної динаміки управління ризиками;
- моніторинг ризиків.

Основою для формування моделі управління ризиками сталості МГПТ є структура комплексної моделі яка відображає зв'язки між основними компонентами їх формування (рис. 3.19).



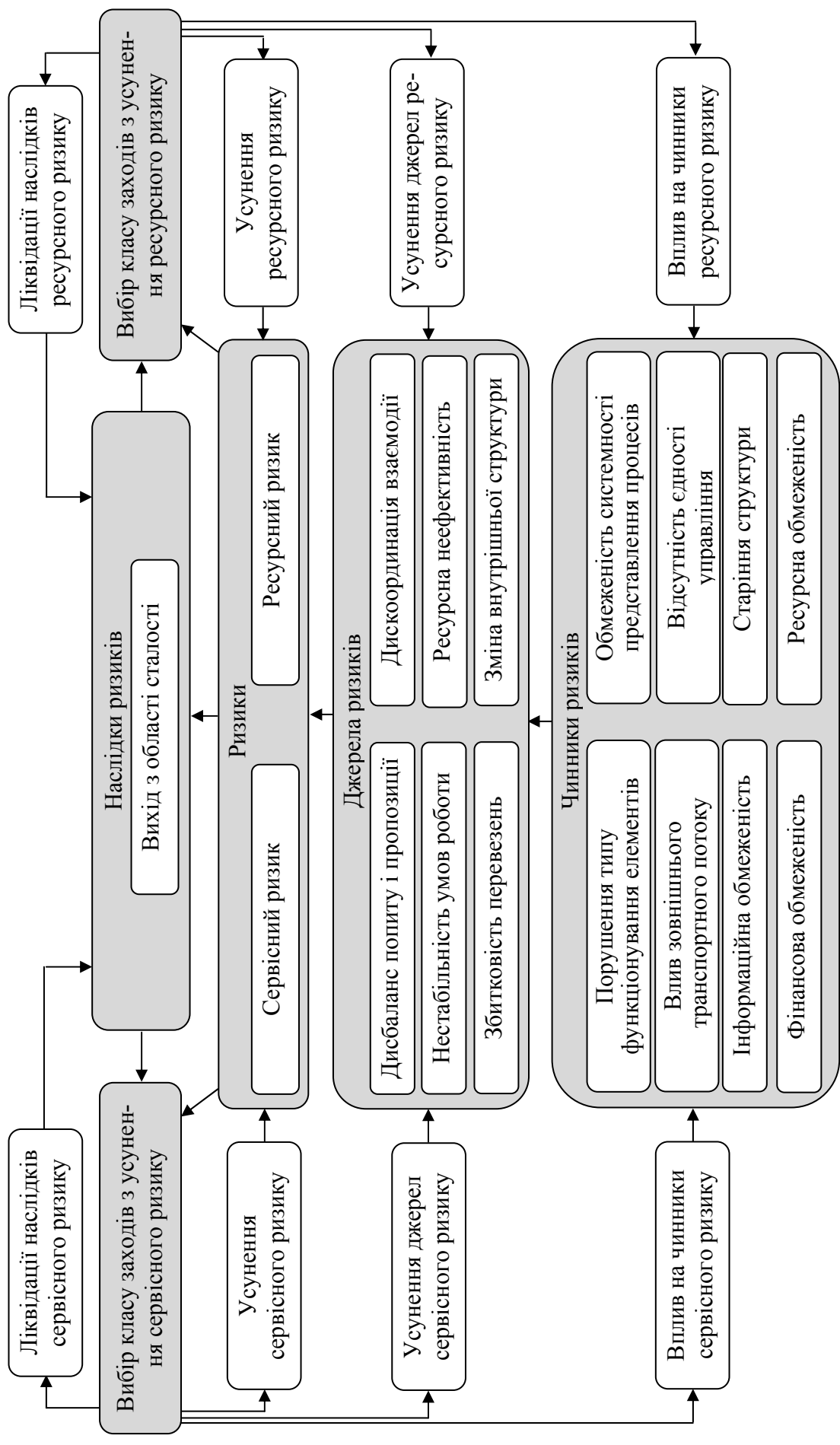


Рис. 3.19. Структура комплексної моделі управління ризиками сталості МГПТ

В умовах при яких зовнішнє середовище МГПТ є джерелом постійних впливів необхідною умовою забезпечення його сталого розвитку є реалізація відповідних механізмів. Теоретичні дослідження в сфері сталості систем [237] дозволяють сформулювати напрями механізмів сталого розвитку МГПТ. Механізми сталого розвитку МГПТ відповідно до закону необхідної різноманітності Ешбі У.Р. за своєю потужністю повинні відповідати сумі впливів і забезпечувати єдність процедур. Використання механізмів сталого розвитку МГПТ передбачає концентрацію всіх видів ресурсних можливостей на вирішенні відповідних задач, які спрямовані на забезпечення приросту його системної ефективності. Основою формування механізмів сталого розвитку МГПТ є концепція посилення його взаємозв'язків у структурі метасистеми МС та формування єдиної цілеспрямованої системи всебічної інтенсифікації, яка забезпечує високий рівень якості життя міського населення.

Необхідним є конкретизація умов і способів їх реалізації для всіх етапів з урахуванням особливостей їх формування. Виходячи з визначених вимог та особливостей можливо виділити структуру механізмів сталого розвитку МГПТ яка наведена на рис. 3.20.

Відповідно до структури сталого розвитку його необхідною умовою є забезпечення стаціонарності функціональних процесів. Задача стабілізації МГПТ безпосередньо виникає з проблеми формування умов його сталості і може реалізовуватися за допомогою механізмів формування його інерційності, обмеження або регулювання. Формування механізмів інерційності реалізується на основі принципу погашення імпульсних коливань за рахунок забезпечення раціонального співвідношення між амплітудою зовнішнього коливання та ресурсними можливостями МГПТ. Цей механізм передбачає створення потужної ресурсної бази МГПТ шляхом залучення відповідних фінансових можливостей транспортних підприємств та органів муніципальної влади.

Створення потужної ресурсної бази передбачає підвищення пропускної здатності елементів транспортної системи міста, розширення об'єктів пасажирської транспортної інфраструктури, збільшення продуктивності парку рухомого складу та ін. Такий механізм в умовах обмеження фінансових можливостей організаторів та учасників транспортного процесу не має можливості практичного впровадження і потребує пошуку альтернативних рішень.



Рис. 3.20. Механізми сталого розвитку МГПТ

В умовах дефіциту ресурсних можливостей альтернативним механізмом забезпечення стабілізації стану МГПТ є обмеження обміну з зовнішнім середовищем. Такий механізм передбачає впровадження заходів щодо відділення від МГПТ інших видів транспорту через виділення смуг руху для МГПТ, заборони руху немаршрутного транспорту, відокремлення транспортної інфраструктури МГПТ та ін. Так форма забезпечення стабільно стану потребує аналізу можливих негативних наслідків для міської транспортної системи і потребує створення моделей розподілу спільних ресурсів в умовах всієї міської транспортної системи.

Механізми регулювання систем через зворотній зв'язок показали свою ефективність і набули поширення в теорії та практиці управління системами. Адаптація такого підходу до умов стабілізації

МГПТ передбачає виконання такої процедури на основі зворотного негативного, позитивного або конкурентного зв'язку. Принцип негативного зворотного зв'язку оснований на формуванні відповіді-реакції на вплив, яка спрямована на ліквідацію або зменшення чинників виникнення такого впливу. В умовах МГПТ такий механізм реалізується через формування впливу на елементи міської транспортної системи. Позитивний зворотній зв'язок передбачає в якості реакції-відповіді збільшення компенсації його ресурсних можливостей і реалізується через використання його оперативних резервів. Особливістю конкурентного зворотного зв'язку є те що він спрямований на формування умов ліквідації впливу лише для МГПТ або його окремого елемента.

Механізми збереження типу функціонування МГПТ спрямовані на підтримку нормального порядку процесів. Дублювання елементів МГПТ є механізмом забезпечення надійності його функціонування і реалізується за допомогою створення структури резервних елементів маршрутної мережі. Важливим є визначення рівня і балансу дублювання маршрутної мережі як складового фактору забезпечення надійності МГПТ. Заміна елементів МГПТ, яка відображає властивості його еластичності, передбачає таку процедуру з елементами які стають неефективними в умовах відповідних впливів. Серед таких форм можна виділити заміну виду транспорту, типу транспортного засобу, траєкторії маршруту сполучення та ін. Важливим за своїм практичним значенням є механізм розосередження, який передбачає взаємну адаптацію використання ресурсів через їх ефективний розподіл за часом використання та територією. В умовах МГПТ така форма реалізується шляхом формування єдиного розкладу руху, погодженням технічних та технологічних умов взаємодії всіх видів транспорту, виділення пріоритетних зон використання МГПТ та ін.

Збереження системної структури МГПТ спрямоване на забезпечення його сталості шляхом формування умов забезпечення інваріантного стану. При значних рівнях впливів структура системи МГПТ може бути принесена в якості жертви для забезпечення її функціонування шляхом заміні окремих складових внутрішніми або зовнішніми елементами. В умовах МГПТ таким прикладом є заміна типу рухомого складу на маршрутах, перетік пасажиропотоку на інші види транспорту, переорієнтація маркетингових потреб пасажирів та ін. Однак такі перетворення призводять до зниження сталості МГПТ і віддаляють його від абсолютної сталості. Збереження системної

структури МГПТ є необхідною умовою для формування передумов його сталого розвитку і реалізується шляхом формування резервних можливостей, тимчасовим включенням резервних програм, адаптацією до нових умов функціонування, реорганізацією зовнішнього середовища та впровадженням синергетичного підходу.

Важливим механізмом забезпечення сталого стану МГПТ є формування орієнтації його розвитку у траєкторії яка спрямована на досягнення стану саморозвитку. Реалізація цього забезпечується за допомогою створення умов для переходу МГПТ на новий якісний рівень, об'єднання ресурсних можливостей в межах відповідних рівнів метасистеми МС та впровадження загального координаційного управління. Процеси які відбуваються в межах МГПТ та МТС під загальним керівництвом дозволяють забезпечити реалізацію всіх форм механізмів його сталого розвитку та підвищити його ресурсно-результативний потенціал, що дає можливим створити умови для зростання якісного рівня життєдіяльності міського середовища.

### ***3.6. Висновки по розділу***

Сформована загальна схема сталості МГПТ, яка базується на представленні його функціонування у вигляді динамічних процесів, у ході яких відбувається зміна його внутрішнього та зовнішнього стану. Умовою формування сталості МГПТ є забезпечення стабілізації процесів відносно сервісно-ресурсних параметрів його роботи. Така форма представлення сталості МГПТ відповідає умовам формування його внутрішнього потенціалу, який є джерелом забезпечення ефективної протидії внутрішнім та зовнішнім впливам на нього, та реалізує принцип гармонійного поєднання в межах його узагальнених характеристик ресурсних та результативних чинників сталості МС. До складу запропонованої загальної схеми сервісно-ресурсної сталості МГПТ входять параметричні області допустимих її значень, які визначаються шляхом відображення множини простору організаційно-функціональних рішень на показники його сталості. Така форма представлення сталості МГПТ дозволяє забезпечити об'єктивність його розгляду, як складового параметра забезпечення сталого розвитку МС. Дестабілізація технологічних процесів МГПТ в межах елементів його операційної підсистеми призводить до зниження його ефективності та виникнення передумов відмов у його роботі. Серед

основних причин виникнення дестабілізації МГПТ виділяється структурна недосконалість ресурсних можливостей та низька організованість взаємодії елементів у межах об'єктів ПТІ та ВДМ міста.

Виділені характеристичні умови визначення станів об'єктів МГПТ відносно розподілу ймовірності їх дестабілізації. На основі аналізу структури і характеру дестабілізуючих чинників виділені критеріальні ознаки формування умов забезпечення внутрішньої сталості МГПТ. Основний вплив на характеристичні умови визначення станів об'єктів МГПТ відносно їх розподілу ймовірності їх дестабілізації оказує рівень резервних ресурсів елементів підсистеми забезпечення.

Підвищення рівня стабілізації МГПТ забезпечується шляхом формування відповідного рівня ресурсних резервів на основі координатції взаємодії суб'єктів транспортного процесу. Визначення раціонального рівня ресурсних можливостей реалізується на основі сервісно-ресурсного моделювання, яке є ефективним інструментом проектування, стратегічного та оперативного управління МГПТ, дозволяє оцінити його системну ефективність та структурну відповідність щодо забезпечення ресурсно-результативних умов його сталості. Розроблена сервісно-ресурсна модель МГПТ є логічною моделю сервісу, яка описує склад, структуру та взаємозв'язок його внутрішніх та зовнішніх ресурсних трансформацій в умовах метасистеми МС, які спільно забезпечують надання транспортного сервісу споживачам послуг на погодженому з їх системними можливостями рівні.

Наведена формалізація допустимих областей сталості дозволяє обґрунтувати склад та структуру ризик-системи оцінки його дестабілізації та реалізувати процедуру формування нечітких продукційних правил визначення сталості МС. Представлена ризик-система оцінки факторів дестабілізації технологічних процесів функціонування МГПТ в умовах взаємного внутрішнього та зовнішнього впливу елементів міського середовища дозволяє реалізувати механізми її сталого розвитку в умовах єдиного середовища транспортної інфраструктури міста.

Запропоновані механізми сталого розвитку МГПТ передбачають концентрацію всіх видів ресурсних можливостей на вирішенні відповідних задач, які спрямовані на забезпечення приросту його системної ефективності та посилення його взаємозв'язків у структурі МС шляхом формування єдиної цілеспрямованої системи всебічної інтенсифікації, спрямованої на забезпечення високого рівня якості життя міського населення.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Brenner N., Schmid C. The 'urban age' in question // *International Journal of Urban and Regional Research*. – 2014. – Т. 38. – №. 3. – С. 731-755.
2. Сайт державного комітету статистики України О. Електронний ресурс // Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua> – 2014.
3. Лазарев Ю. Г., Сеницына Е. Б. Современное состояние проблемы совершенствования транспортной инфраструктуры / Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Сеницына // *Технико-технологические проблемы сервиса*. – 2013. – №4(26) – С. 71-74.
4. Vuchic V.R. *Urban Transit Systems and Technology* / V.R. Vuchic. – New Jersey, 2007. – 602 p.
5. Вдовиченко В. А. К вопросу моделирования провозных возможностей маршрутной сети / В. А. Вдовиченко, В.К. Доля // *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. Наукові праці КДПУ*. – 2002. – №3(14). – с. 62–64.
6. Котляров И. Д. Управление формированием продуктивных ресурсов предприятия городского автомобильного пассажирского транспорта / И.Д. Котляров // *Известия Петербургского университета путей сообщения*. – 2011. – №3.
7. Вдовиченко В.О. Оцінка точності методики розподілу транспортних ресурсів в залежності від рівня дискретизації вхідних даних / В.О. Вдовиченко, Н.В. Потаман, О.П. Калініченко, О.В. Павленко // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2013. – №1/3(61). – С. 30–33.
8. Вдовиченко В.О. Розподіл транспортних потужностей, як задача динамічного програмування / В.О. Вдовиченко, О.П. Калініченко, О.В. Павленко // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2009. – №6/4 (42). – С. 30–33.
9. Hickman R., Banister D. *Transport, climate change and the city*. – Routledge, 2014. – Т. 7.
10. Михальченко А. А. Развитие транспортной системы крупных городов в условиях ограниченных ресурсов / А. А. Михальченко // *Коммунальное хозяйство городов. Серия: Технические науки и архитектура*. – 2010. – №95. – с. 159–163.
11. Pucher J., Korattyswaroopam N., Ittyerah N. The crisis of public transport in India: overwhelming needs but limited resources // *Journal of Public Transportation*. – 2004. – Т. 7. – №. 3. – С. 5.

12. Hjorthol R. Transport resources, mobility and unmet transport needs in old age // *Ageing and Society*. – 2013. – Т. 33. – №. 07. – С. 1190-1211.

13. Church A., Frost M., Sullivan K. Transport and social exclusion in London // *Transport Policy*. – 2000. – Т. 7. – №. 3. – с. 195-205.

14. Вдовиченко В.О. Ресурси міської пасажирської транспортної системи / В.О. Вдовиченко // *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. Том 1. – 2015. – С. 131–132.

15. Хомченко А. Н. Ресурсоэкономичность транспортных систем городов / А. Н. Хомченко, Н. А. Осинцев // *Современные проблемы транспортного комплекса России*. – 2012. – №2. – С. 134–139

16. Щербакова Н.О. Потенціал автотранспортного підприємства як іманентна ознака його ресурсів / Н. О. Щербакова // *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета*. – 2010. – №49. – С. 52–56.

17. Трофименко Ю.В. Транспортное планирование: формирование эффективных транспортных систем крупных городов / Ю.В. Трофименко, М. Р. Якимов. – Москва: Логос, 2013. – 464 с.

18. Якимов М.Р. Концепция транспортного планирования и организации движения в крупных городах : [монография] / М.Р. Якимов. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 175 с.

19. Вдовиченко В. А. Формирование потенциала городской пассажирской транспортной системы на основе её ресурсных возможностей / В. А. Вдовиченко // *Вестник Бел. ГУТа: Наука и транспорт*. – 2015. – №2(31). – С. 76–79.

20. Campbell S. Green cities, growing cities, just cities?: Urban planning and the contradictions of sustainable development // *Journal of the American Planning Association*. – 1996. – Т. 62. – №. 3. – С. 296-312.

21. Banister D., Watson S., Wood C. Sustainable cities: transport, energy, and urban form // *Environment and Planning B: planning and design*. – 1997. – Т. 24. – №. 1. – с. 125-143.

22. Вдовиченко В.О. Сервісно-ресурсні умови формування сталості міського громадського пасажирського транспорту / В. О. Вдовиченко // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. – 2016. – №6/2(32) – с. 47–52.

23. Newman P., Kenworthy J. Sustainable urban form: the big picture // *Achieving sustainable urban form*. – 2000. – С. 109-120.



24. Нагорний Є. В. Концепція підвищення ефективності взаємодії міського пасажирського транспорту з позицій стійкого розвитку / Є. В. Нагорний, В. О. Вдовиченко // Залізничний транспорт України. – Київ, 2014. – №6(109). – С. 3–8.

25. Broberg A., Sarjala S. School travel mode choice and the characteristics of the urban built environment: the case of Helsinki, Finland //Transport policy. – 2015. – Т. 37. – С. 1-10.

26. Gudmundsson. H, Hall R. P., Marsden G., Zietsman J. European Union Transport White Paper //Sustainable Transportation. – Springer Berlin Heidelberg, 2016. – С. 209-232.

27. EU Commission et al. Green paper, towards a new culture for urban mobility //European Union, Brussels. – 2007.

28. Bührmann S., Wefering F., Rupprecht S. Guidelines: Developing and implementing a sustainable urban mobility plan. – Rupprecht Consult-Forschung und Beratung GmbH, 2011.

29. Goldman T., Gorham R. Sustainable urban transport: Four innovative directions //Technology in society. – 2006. – Т. 28. – №. 1. – С. 261-273.

30. Schweizer C., Racioppi F., Nemer L. Developing national action plans on transport, health and environment: A step-by-step manual for policy-makers and planners //Transport Health and Environment Pan European Programme. – 2014.

31. Kocak N., Adell E., Sessa C., Giuffrè G., Pietroni F. Planning sustainable mobility in polycentric regions: testing a participatory approach in six regions of Europe //Transportation Research Procedia. – 2014. – Т. 4. – С. 327-346.

32. Polis. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.polisnetwork.eu/about/about-polis>

33. BUMP. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.bump-mobility.eu/en/home.aspx>

34. Cities for mobility. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.cities-for-mobility.net/index.php/about-cities-for-mobility>

35. European mobility week. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.mobilityweek.eu/home/>

36. ВУРАД. – Режим доступу до ресурсу: [www.bypad.org](http://www.bypad.org)

37. Про схвалення транспортної стратегії України на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р., №2174-р., Київ. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-p>

38. STS. Support for the implementation of the Transport Strategy of Ukraine. – Режим доступу до ресурсу: <http://transport-ukraine.eu/page/pro-proekt-0>

39. Вдовиченко В.О. Сучасні вимоги системної структуризації міського громадського пасажирського транспорту // Перспективи розвитку транспортного комплексу (Проблеми управління, економіки, екології та права щодо розвитку транспортного комплексу України): матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції, м. Дніпропетровськ, НАНУ, МОНУ, МІУ та ін. – Одеса: ІПРЕЕД НАН України, 2015. – с. 57-59.

40. Герами В. Д. Методология формирования системы городского пассажирского общественного транспорта : автореф. дис. на соискание учен. степени доктора техн. наук : спец. 05.22.01 “Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте” / В.Д. Герами. – М., 2001. – 32 с.

41. Блудян Н. О. Структурные методы анализа и совершенствования системы управления региональным пассажирским транспортом: автореф. дис. на соискание учен. степени доктора техн. наук: спец. 05.13.10 “Управление в социальных и экономических системах” / Н. О. Блудян. – М., 2003. – 37 с.

42. Спириин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта : автореф. дис. на соискание учен. степени доктора техн. наук : спец. 05.22.10 “Эксплуатация автомобильного транспорта” / И. В. Спириин. – М., 2007. – 38 с.

43. Вдовиченко В.О. Комплексний підхід підвищення ефективності функціонування міської пасажирської транспортної системи / В.О. Вдовиченко, Г.О. Самчук // Київ: «Smart&Young». – 2016. – №3. – С. 157–164.

44. Мальчикова А.Г. Организация логистических потоков в системе городских пассажирских перевозок: автореф. дис. на соискание учен. степени кандидата экон. наук : спец. 08.00.06 “Логистика” / А.Г. Мальчикова. – Санкт-Петербург, 2000. – 18 с.

45. Основи теорії систем і управління / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.] ; за заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – К. : Знання України, 2005. – 344 с. – (Системологія на транспорті : підручник у 5 кн., кн. 3).

46. Федоров В.А. О необходимости системного подхода к развитию городского пассажирского транспорта (на примере Санкт-

Петербурга) / В.А. Федоров // Наука и техника. – 2014. – №2. – С. 275–280.

47. Ваксман С.А. Социально-экономические проблемы прогнозирования развития систем массового пассажирского транспорта в городах / С. А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 1996. – 296 с.

48. Горбачов П. Ф. Комплексна оцінка функціонування маршрутної мережі міста Кривий Ріг / П. Ф. Горбачов, В. О. Вдовиченко, О. В. Россолов, О. С. Колій // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №38. – С. 4–7.

49. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов / Э. А. Сафронов. – М: Издательство АСВ, 2005. – 272 с.

50. Мамаев Э. А. Пространственно-технологическое развитие городских пассажирских транспортных систем: дис. ... канд. техн. наук / Э. А. Мамаев. – Ростов-на-Дону, 2015. – 150 с.

51. Вдовиченко В. А. Проблемы развития городской пассажирской транспортной системы / В. А. Вдовиченко // Вестник КДПУ. – 2003. – №4. – С. 133–135.

52. Оптимизация структуры подвижного состава городского пассажирского транспорта / И. Т. Ковриков [и др.] // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – №1(41) – С. 206–210.

53. Рассоха В. И. Ситуационное управление автотранспортными системами (часть 3. Идентификация систем городского пассажирского транспорта и дорожного движения) / В. И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2010. – №1(107). – С. 143–150.

54. Москаленко Е. В. Городской пассажирский транспорт: проблемы и решение / Е. В. Москаленко // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2006. – №7(7). – С. 50–53.

55. Шальнова Н. С. Проблемы и перспективы развития пассажирского транспорта / Н. С. Шальнова // Молодой ученый. – 2011. – №35. – С. 61–64.

56. Аксенова Е. С. Развитие пассажирской транспортной системы как одного из условий совершенствования социальной инфраструктуры города (на материалах г. Москвы): дис. ... кандидата социол. наук : 22.00.08 / Аксенова Елена Сергеевна. Москва, 2006. – 254 с.

57. Семенова О. С. Математическое моделирование в задачах оптимизации движения городского пассажирского транспорта с учетом наложения маршрутных схем: дис. ... кандидата техн. наук : 05.13.18 / Семенова Ольга Сергеевна. Новокузнецк, 2009. – 148 с.

58. Корягин М. Е. Оптимизация управления городскими пассажирскими перевозками на основе конфликтно-устойчивых решений: дис. ... доктора наук : 05.13.10 / Корягин Марк Евгеньевич. Новокузнецк, 2011. – 303 с.

59. Зварыч Е. Б. Разработка и исследование равновесных математических моделей рынка городских транспортных услуг: дис. ... кандидата техн. наук : 05.13.18 / Зварыч Евгений Богданович. Братск, 2010. – 157 с.

60. Вельможин А.В. Эффективность городского пассажирского общественного транспорта: монография / А.В. Вельможин, В. А. Гудков, А. В. Куликов, А. А. Сериков. – Волгоград, 2002. – 256 с.

61. Ruske W. City-Logistics-Solutions for urban commercial transport by cooperative operations management //OECD Seminar on Advanced Road Transport Technologies. Proceedings. ТТЗ. – 1994.

62. Ostroukh A. V., Polgun M. B. Automation of processes supervisory control urban passenger transport //International Journal of Advanced Studies. – 2014. – Т. 3. – №. 3. – С. 3-9.

63. Миротин Л.Б. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учебник для студентов экономических вузов / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – М. : Издательство «Экзамен», 2003. – 224 с.

64. Логистика автомобильного транспорта: концепция, методы, модели. / [В. С. Лукинский, В. И. Бережной, Е. В. Бережная и др.] – М. : Финансы и статистика. 2000. – 280 с.

65. Дармограй А. В. Логистическая координация процессов в системе городских пассажирских перевозок: дис. ... кандидата экон. наук: 08.00.05 / Андрей Валерьевич Дармограй. – Саратов, 2003. – 174 с.

66. Красникова Д. А. Логистические принципы организации пассажирских перевозок с нестабильными характеристиками: дис. ... канд. экон. наук : (24) / Д. А. Красникова. Саратов, 2005.

67. Шабанов А. В. Методологические основы и модели формирования и управления региональных логистических систем общественного транспорта, дис. ... доктора наук / А. В. Шабанов. Ростов-на-Дону, 2002.

68. Левковець П. Р. Системні аспекти логістики в проектах пасажирських перевезень: [монографія] / П. Р. Левковець, І. Ф. Шпильовий – К. : НТУ, 2007. – 152 с.

69. Маруніч В.С. Логістичне управління проектами розробки міських пасажирських маршрутних систем / В.С. Маруніч, І.М. Вакарчук // LXVII науково-практична конференція науково-педаг. працівн., аспір., структ. підр. НТУ. : тези допов. – К., 2011. – С. 212.

70. Смирнов І.Г. Міська логістика та створення логістичних парків в Україні / І.Г. Смирнов // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». – 2006. – №69. – С. 137–143.

71. Рейцен Є.О. Міські транспортно-пересадочні вузли і логістика / Є.О. Рейцен, К.О. Томкевич // Містобудування та територіальне планування. – 2004. – №17. – С. 276–291.

72. Маруніч В.С. Синергія технологій пасажирських перевезень в інтегрованих транспортних системах / В.С. Маруніч, М.Г. Іщенко, В.С. Харута, І.М. Вакарчук // Збірник наукових праць. Проблеми транспорту. – 2012. – №9.

73. Игнатенко А.С. Логистическая система пассажирских перевозок / А.С. Игнатенко, В.С. Маруніч, Л.Б. Миротин // Сб. материалов Московского Международного Логистического форума «Бизнес и логистика-96». – М., 1996.

74. Дмитрієв М. М. Концепція сітологістики і пасажирські перевезення / М. М. Дмитрієв, В. Ф. Плошай, Т. А. Воркут, В. П. Матейчик, І. Ф. Шпильовий, О. І. Мельниченко, В. Г. Кабанов, В. С. Маруніч, І. М. Вакарчук В. С. Харута // Вісник Національного транспортного університету. – Київ, 2008, – №17. – С. 76–80.

75. Дмитрієв М. М. Вдосконалення маршрутних систем пасажирських перевезень в контексті прийняття сітологістичних рішень на прикладі м. Донецьк / М. М. Дмитрієв, Т. А. Воркут, В. П. Матейчик, В. Ф. Плошай, В. С. Маруніч, В. С. Харута, І. М. Вакарчук // LXIX наук-практ. конф. наук-пед. прац, асп, студ. та структ. підр. НТУ. : тези допов. – К., 2013.

76. Губенко В. К. Ситологістика муніципального електротранспорту / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, М. В. Хара // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2013. – Ч. 1, №9(198). – С. 41–45.

77. Йонкис А. Применение логистики в сфере оптимизации потоков городского транспорта / А. Йонкис // Праці Одеського політехнічного університету. – 2011. – №1. – С. 295–300.

78. Губенко В.К. City Logistic: імплементація парадигми креативних логістических цепей: [монографія] / В.К. Губенко, І.В. Николаенко. – Мариуполь, 2015. – 493 с.

79. Taniguchi E., Thompson R. Modeling city logistics //Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2002. – №. 1790. – с. 45-51.

80. Witkowski J., Kiba-Janiak M. Correlation between city logistics and quality of life as an assumption for referential model //Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2012. – Т. 39. – с. 568-581.

81. Trentini A. et al. A shared" passengers & goods" city logistics system //4th International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain. – 2012. – 10 p.

82. Trentini A., Mahléné N. Toward a shared urban transport system ensuring passengers & goods cohabitation //Тема. Journal of Land Use, Mobility and Environment. – 2010. – Т. 3. – №. 2.

83. Benjelloun A., Crainic T. G. Trends, challenges, and perspectives in city logistics //Transportation and land use interaction, proceedings TRANSLU. – 2008. – Т. 8. – С. 269-284.

84. Kiba-Janiak M., Cheba K. City Logistics versus Quality of Life in The Area of Public Transport After an Example of a Medium-Sized City //International Logistics and Supply Chain Congress. – 2010. – С. 279-286.

85. Ortuzar, J. D. Modelling Transport. / J. D. Ortuzar, L. G. Wilumsen. Third Edition. John Wiley & Sons Ltd, 2006. – 499 p.

86. Gwilliam K. M. Competition in urban passenger transport in the developing world //Journal of Transport Economics and Policy (JTEP). – 2001. – Т. 35. – №. 1. – С. 99-118.

87. Black A. Urban mass transportation planning. Mcgraw-Hill College – 1995. – 448 p.

88. Доля В. К. Аспекти ефективності пасажирських перевезень / В. К. Доля // Коммунальное хозяйство городов. – 2004. – №.58. – С. 158–163.

89. Вдовиченко В.О. Показники оцінки ефективності взаємодії МПТ у транспортно-пересадочних вузлах / В. О. Вдовиченко // Проблеми розвитку транспортних систем і логістики: Збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. – Луганськ., 2014. – С. 36–37.

90. Гудкова В. П. Сфера пасажироперевезень як узагальнююча соціально-економічна категорія / В. П. Гудкова // Збірник наукових

праць Державного економіко-технологічного університету транспорту: Серія «Економіка і управління». – 2012. – Т.19. – С. 14–20.

91. Pucher J. Urban passenger transport in the United States and Europe: a comparative analysis of public policies: Part 1. travel behaviour, urban development and automobile use //Transport reviews. – 1995. – Т. 15. – №. 2. – С. 99-117.

92. Banister D. Transport planning //Handbook of transport systems and traffic control. – Emerald Group Publishing Limited, 2001. – С. 9-19.

93. Гнедіна К. В. Методичні засади оцінювання економічної ефективності функціонування системи міського пасажирського транспорту / К. В. Гнедіна // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2013. – С. 199–208.

94. Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries. World Road Association, 2004. – Режим доступу до ресурсу: [http://publications.piarc.org/ressources/publications\\_files/1/628-09-07-VCD.pdf](http://publications.piarc.org/ressources/publications_files/1/628-09-07-VCD.pdf).

95. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 1. Current practice in project appraisal in Europe. European Commission EC-DG TREN, 2005. – Режим доступу до ресурсу: <http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/hd1final.pdf>.

96. Improved Decision Aid Methods and Tools to Support Evaluation of Investment for Transport and Energy Networks in Europe. Deliverable 1. Evaluating the state-of-the-art in investment for transport and Energy Networks. 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.eva-tren.eu/Documenti/D1.pdf>.

97. Improved Decision Aid Methods and Tools to Support Evaluation of Investment for Transport and Energy Networks in Europe. Deliverable 3.2. Methodological developments. 2008. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.eva-tren.eu/Documenti/D3.2\\_final.pdf](http://www.eva-tren.eu/Documenti/D3.2_final.pdf).

98. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment. Deliverable 5. Proposal for harmonised guide lines. European Commission EC-DG TREN, 2006. – Режим доступу до ресурсу: [http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/HEATCO\\_D5.pdf](http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/HEATCO_D5.pdf).

99. Hensher D. A. Productive efficiency and ownership of urban bus services //Transportation. – 1987. – Т. 14. – №. 3. – С. 209-225.

100. Sampaio B. R., Neto O. L., Sampaio Y. Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning //Transportation research part A: policy and practice. – 2008. – Т. 42. – №. 3. – С. 445-454.

101. Cowie J., Asenova D. Organisation form, scale effects and efficiency in the British bus industry //Transportation. – 1999. – Т. 26. – №. 3. – С. 231-248.

102. Анализ особенностей выбора пассажирами вида транспорта при городских пассажирских перевозках / В. И. Торкатюк [и др.] // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – №85. – С. 72–78.

103. Горбачёв П. Ф. Влияние условий передвижения на выбор пары «Жилье работа» / П. Ф. Горбачёв, А. В. Россолов // Автомобильный транспорт. – 2007. – №21. – С. 64 – 68

104. Левашев А. Г. К вопросу об оценке качества транспортного обслуживания в городах / А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов, М. И. Шаров // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – №3. – С. 16–23

105. Wardman M. Public transport values of time //Transport policy. – 2004. – Т. 11. – №. 4. – С. 363-377.

106. Вдовиченко В. О. Формування критерію ефективності роботи міського пасажирського транспорту на основі урахування часових характеристик / В. О. Вдовиченко, А. А. Максютенко // Інтеграційні процеси й інноваційні технології. Досягнення і перспективи технічних наук: Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених. – Харків, 2014. – С. 226–228.

107. Mohring H., Schroeter J., Wiboonchutikula P. The values of waiting time, travel time, and a seat on a bus //The RAND Journal of Economics. – 1987. – С. 40-56.

108. Корягин М. Е. Оптимизация потока транспорта на двух маршрутах с учетом затрат времени пассажиров / М. Е. Корягин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2005. – №4.2.

109. Abrantes P. A. L., Wardman M. R. Meta-analysis of UK values of travel time: An update //Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2011. – Т. 45. – №. 1. – с. 1-17.

110. Горбачев П. Ф. Параметры плотности распределения времени ожидания пассажирами городских маршрутов / П. Ф. Горбачев // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2007. – №37.

111. Куниця О. А. Зниження часу очікування пасажирами міських маршрутних транспортних засобів : дис. ... кандидата техн.



наук: 05.22.01 / Куниця Олексій Анатолійович. – Харків, 2008. – 200 с.

112. Cortés C. E. et al. Hybrid predictive control for real-time optimization of public transport systems' operations based on evolutionary multi-objective optimization // *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. – 2010. – Т. 18. – №. 5. – с. 757-769.

113. Определение факторов, влияющих на выбор пассажирами вида городского транспорта / Давидич Ю. А. [и др.] // *Коммунальное хозяйство городов*. – 2009. – №86. – С. 344–350.

114. Сорокин А. А. Моделирование городских пассажирских перевозок: дис. ... кандидата экон. наук: 08.00.13 / Сорокин Анатолий Александрович. – Ставрополь, 2005. – 198 с.

115. Іванов І. Є. Визначення коефіцієнту користування транспортом при міських переміщеннях. / І. Є. Іванов // *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. – 2014. – Ч.1, №148. – С. 187–191.

116. Якунина Н. В. Методология повышения качества перевозок пассажиров общественным автомобильным транспортом: [монография] / Н. В. Якунина. – Оренбург: ООО ИПК Университет, 2013. – 289 с.

117. Вдовиченко В.О. Аналіз технологічних рішень підвищення якості взаємодії МПТ у транспортно-пересадочних вузлах / В. О. Вдовиченко, М. В. Лінова // *Підвищення надійності машин і обладнання: Збірник тез доповідей VIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та аспірантів*. – Кіровоград, 2014. – С. 198–200.

118. Стригунова М. Н. Причинно-следственный анализ факторов, влияющих на качество пассажирских автотранспортных услуг / М. Н. Стригунова, М. А. Никитюк // *Збірник наукових праць «Якість технологій та освіти»*. – 2011. – №2 – С. 14–18.

119. Корнилов С. Н. Повышение безопасности и качества пассажирских перевозок в г. Магнитогорске / С. Н. Корнилов, А. Н. Рахмангулов, О. А. Пыталева // *Автотранспортное предприятие*. – 2009. – №6. – С. 41–44.

120. Вдовиченко В. О. Формування соціально-маркетингової оцінки сервісної якості міських пасажирських транспортних послуг / В. О. Вдовиченко // *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016 – №5/2(31) – С. 42–47.

121. Paulley N. et al. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership // *Transport Policy*. – 2006. – Т. 13. – №. 4. – С. 295-306.

122. Давідич Ю. О. Моніторинг впливу параметрів системи міського пасажирського транспорту на якість обслуговування населення / Ю. О. Давідич, І. В. Чумаченко // Комунальне господарство міст. – 2016. – №128. – с. 89–93.

123. Mazzulla G., Eboli L. A service quality experimental measure for public transport. // European Transport – 2006. - №34. – P. 42–53.

124. Назаров А.А. Разработка комплекса мероприятий по совершенствованию функционирования городских автобусов на основе учета сложности маршрута движения: дис. ... кандидата техн. наук: 05. 22. 10 / Назаров Андрей Анатольевич. –М., 2006. – 221 с.

125. Ламбуцький М. М. Формування структури парку міського пасажирського транспорту : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи» / М. М. Ламбуцький. – К., 2007. – 20 с.

126. Луб'яний П. В. Ефективність пасажирської маршрутної мережі міст : дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.01 / Луб'яний Павло Вікторович. – Х., 2005. – 175 с.

127. Горяинов А. А. Оценка функционирования транспортной системы перевозки пассажиров / А. А. Горяинов, И. В. Терлецкая, А. А. Кочина // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2006. – №22. – с. 10-12.

128. Гребенников В. В. Виды транспортной доступности / В.В. Гребенников, Д. А. Мунин, А. Г. Левашев, А. Ю. Михайлов // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. – 2012. №1(2). – с. 56-61.

129. Григорова Т. М. Технология перевозок жителей пригорода и ее влияние на транспортную утомляемость / Т. М. Григорова // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2014. – Т.1., №.8. – с. 29–32.

130. Григорова Т. М. Мониторинг влияния параметров поездки на изменение транспортной утомляемости пассажиров пригородного сообщения / Т. М. Григорова, Ю. А. Давидич, В. К. Доля – 2015. – С. 120–124.

131. Гюлев Н. У. О влиянии транспортной утомляемости на выбор пути следования / Н. У. Гюлев, Г. И. Фалецкая // Коммунальное хозяйство городов. – 2009. – №88. – с. 272–275.

132. Вакуленко Е. Е. К вопросу о выборе транспортных средств для обслуживания городских маршрутов с учетом транспортной

утомляемости пассажиров / Е. Е. Вакуленко // Коммунальное хозяйство городов. – 2006. – №72. – с. 304–307.

133. Фалецкая Г. И. Исследование влияния параметров передвижения на транспортную утомляемость пассажиров / Г. И. Фалецкая // Коммунальное хозяйство городов. – 2011. – №97. – С. 319–324.

134. Давидич Ю. А. Повышение эффективности технологического процесса перевозки пассажиров за счет снижения утомляемости водителя / Ю. А. Давидич, Е. И. Куш // Коммунальное хозяйство городов. – 2008. – №84. – С. 312–316.

135. Гюлев Н. У. К вопросу о зависимости функционального состояния водителя от его индивидуально-типологических свойств / Н. У. Гюлев // Коммунальное хозяйство городов. – 2011. – №97. – С. 314–319.

136. Awuah A. Jnr. About Transport Fatigue as an Impact Factor on Workplace Productivity in Accra, Ghana / A. Jnr. Awuah // Journal of Information Technology and Economic Development. – Beverly Hills, Michigan: Global Strategic Management, Inc., 2013. – Vol. 4 (1). – P. 9-25.

137. Василенко Е. А. Механизм коммерциализации предоставления социально-значимых услуг населению: на примере общественного транспорта: дис. ... кандидата экон. наук: спец. 08.00.05 / Василенко Екатерина Александровна. – Ростов-на-Дону, 2004. – 204 с.

138. Задача построения идеального плана удовлетворения потребности городского населения в передвижениях / А.П. Лопатин [и др.] // Методы оптимального управления и планирования в городском хозяйстве (пассажирский транспорт). – Владивосток, 1976. – С. 86–96.

139. Енин Д. В. Модели и алгоритмы управления городскими пассажирскими перевозками (на примере г. Воронежа): дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.10 / Енин Дмитрий Владимирович. – Воронеж, 2004. – 200 с.

140. Пугачев И. Н. Теоретические методы и принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.01 / Пугачев Игорь Николаевич. – Екатеринбург, 2010. – 367 с.

141. Кабалина Т. В. Моделирование пассажирских перевозок городским общественным транспортом: дис. ... кандидата экон. наук: 08.00.13 / Кабалина Татьяна Валентиновна. – Санкт-Петербург, 2012. – 230 с.

142. Папаскуа А. А. Совершенствование организации пассажирского автомобильного транспорта в загруженных районах городов: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.10 / Папаскуа Анжела Александровна. – Ростов-на-Дону, 2004. – 218 с.

143. Попова Е. Е. Развитие региональных транспортно-логистических систем на пассажирском транспорте: дис. ... кандидата техн. наук: 08.00.05 / Попова Елена Евгеньевна. – Иркутск, 2015. – 147 с.

144. Красникова Д. А. Логистические принципы организации пассажирских перевозок с нестабильными характеристиками: дис. ... кандидата экон. наук: 08.00.05 / Красникова Дарья Андреевна. – Саратов, 2005. – 163 с.

145. Семчугова Е. Ю. Оперативная оценка качества услуг в управлении городским пассажирским транспортом: дис. ... кандидата экон. наук: 08.00.05 / Семчугова Елена Юрьевна. – Хабаровск, 2003. – 195 с.

146. Jara-Díaz S. Transport Economic Theory Elsevier Science / Jara-Díaz S. – Oxford, 2007. – 140 p.

147. Липов Р. А. Использование комплексных оценок качества услуг по перевозке пассажиров автомобильным транспортом в деятельности пассажирских автотранспортных предприятий / Р. А. Липов, В. В. Мирошников // Вестник брянского государственного технического университета. – 2011. – №3. – С. 56–60.

148. Ильчук В. П. Організаційно-економічне забезпечення пасажирських перевезень / В. П. Ильчук, Л. В. Бабаченко // Вісник чернігівського державного технологічного університету. – 2013. – №4(70). – С. 205–210.

149. Тойменцева И. А. Экономико-математические методы определения качества услуг автомобильного транспорта / И. А. Тойменцева // Вектор науки ТГУ. – 2011. – №4. – с. 331–336.

150. Ильчук, В. П. Організаційно-економічні засади реформування міського пасажирського транспорту / В. П. Ильчук, А. В. Базилюк, І. О. Хоменко // Проблеми і перспективи економіки та управління. – 2015. – №1(1). – С. 42–49.

151. Лисенко І. В. Підвищення рівня контролю за міськими пасажирськими перевезеннями / І. В. Лисенко // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал: в 2 ч. Ч. 1: Серія: «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – №13. – С. 120–124.

152. Методика разработки маршрутной сети движения городского пассажирского транспорта (на примере города Магнито-

горска) / С. Н. Корнилов [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. ГИ Носова. – 2011. – №2. – С. 49–58

153. Кочегурова Е. А. Оптимизация составления маршрутов общественного транспорта при создании автоматизированной системы поддержки принятия решений / Е. А. Кочегурова, Ю. А. Мартынова // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323, №5. – с. 79–84.

154. Белокуров С. В. Моделирование городской транспортной маршрутной сети / С. В. Белокуров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика СП Королёва (национального исследовательского университета). – 2008. – №1.

155. Мартынова Ю. А. Анализ опыта проектирования рациональных маршрутных сетей городского пассажирского транспорта / Ю. А. Мартынова // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – №2(21). – с. 1–10.

156. Левадная Н. В. Современный подход при определении транспортных систем городов / Н. В. Левадная, В. А. Черняева, Е. П. Дудкин // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – №3. – С. 64–70.

157. Ceder A. Designing Public Transport Networks and Routes // Advanced Modeling for Transit Operations and Service Planning. – Emerald Group Publishing Limited, 2002. – С. 59-91.

158. van Nes R., Hamerslag R., Immers B. H. Design of public transport networks. – 1988. – 1202 с.

159. de Cea Ch J. et al. Demand responsive urban public transport system design: Methodology and application //Transportation Research Part A: Policy and Practice. – 2008. – Т. 42. – №. 7. – С. 951-972.

160. Tirachini A., Hensher D. A., Rose J. M. Multimodal pricing and optimal design of urban public transport: The interplay between traffic congestion and bus crowding //Transportation Research Part B: Methodological. – 2014. – Т. 61. – с. 33-54.

161. Mandl C. E. Evaluation and optimization of urban public transportation networks //European Journal of Operational Research. – 1980. – Т. 5. – №. 6. – С. 396-404.

162. Кононенко И. В. Модель и метод многокритериальной оптимизации содержания проекта при нечетких исходных данных / И. В. Кононенко, М. Э. Колесник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – Т. 1, №10(61). – С. 9–13.

163. Павлов В. В. Конфликты в технических системах. Управление, целостность. / В. В. Павлов. – Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 184 с.

164. Marler R. T., Arora J. S. Survey of multi-objective optimization methods for engineering //Structural and multidisciplinary optimization. – 2004. – Т. 26. – №. 6. – С. 369-395.

165. Eschenauer H., Koski J., Osyczka A. (ed.). Multicriteria design optimization: procedures and applications. – Springer Science & Business Media, 2012.

166. Лотов А. В. Многокритериальные задачи принятия решений: [учеб. пособие] / А. В. Лотов, И. И Пospelова. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с.

167. Саати Т. Л. Аналитическое планирование: Организация систем / Т. Л. Саати, К. Кернс. – Радио и связь, 1991. – 224 с.

168. Bourne L. S. Self-fulfilling prophecies?: Decentralization, inner city decline, and the quality of urban life //Journal of the American Planning Association. – 1992. – Т. 58. – №. 4. – с. 509-513.

169. Frick, D., Hoefert, H. W., Legewie, H., Mackensen, R., & Silbereisen, R. K. Quality of Urban Life: Social, Psychological, and Physical Conditions. – Walter de Gruyter, 1986.

170. Gärling T., Steg L. (ed.). Threats from car traffic to the quality of urban life: problems, causes and solutions. – Emerald Group Publishing Limited, 2007. - 467 с.

171. Steg L., Gifford R. Sustainable transport and quality of life // Building Blocks for Sustainable Transport: Obstacles, Trends, Solutions. – Emerald Group Publishing Limited, 2007. – С. 183-202.

172. Banister D. Energy, quality of life and the environment: the role of transport //Transport reviews. – 1996. – Т. 16. – №. 1. – с. 23-35.

173. Carse A. Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique //Journal of Transport Geography. – 2011. – Т. 19. – №. 5. – С. 1037-1045.

174. Гейл Я. Города для людей // М.: Концерн" КРОСТ", пер. с англ. – 2012. – 70 с.

175. Liveability Indices: What can we learn from them? – Режим доступа доресурсу: <http://www.clc.gov.sg>

176. Genuine Progress Indicator. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.interreg4c.eu/good-practices/practice-details/?practice=271-genuine-progress-indicator-gpi&>.

177. Лібанова Е.М. Вимірювання якості життя в Україні / Е.М. Лібанова, О.М. Гладун, Л.С. Лісогор. – К., 2013. – 48 с.

178. UNWCED: United Nations World Commission on Environment and Development. Our Common Future (Brundtland Report), Oxford: University Press, 1987. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.

179. Gudmundsson H. Socio-Economic Barriers to Sustainable Transport, / H. Gudmundsson, W. R. Black // Journal of Transport Geography. - 2000. - Vol. 8, № 2. - P. 141-147.

180. European Council. 2001. 2340th Council Meeting – Transport/ Telecommunications – Luxembourg, 4-5 April 2001. Belgium: Council of the European Union. – Режим доступу до ресурсу: <http://corporate.skynet.be/sustainablefreight/trans-counci-conclusion-05-04-01.htm>.

181. Council of the European Union. Renewed EU Sustainable Development Strategy. – 2006. – Режим доступу до ресурсу: <http://register-consilium.europa.eu/doc/srv?l=EN&f=ST%2010117%202006%20INIT>.

182. Jeon C. M. Incorporating Sustainability Into Transportation Planning And Decision Making: Definitions, Performance Measures, And Evaluation, PhD Dissertation, School of Civil and Environmental Engineering, Georgia Institute of Technology. – 2007. – Режим доступу до ресурсу: [http://etd.gatech.edu/theses/available/etd-11132007195934/unrestricted/jeon\\_mihyeon\\_c\\_200712\\_phd.pdf](http://etd.gatech.edu/theses/available/etd-11132007195934/unrestricted/jeon_mihyeon_c_200712_phd.pdf).

183. Environmental Terminology and Discovery Service (ETDS). – Режим доступу до ресурсу: <http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary/D/DPSIR>.

184. Dobranskyte-Niskota A., Perujo A., Pregl M. Indicators to assess sustainability of transport activities. Part 1: Review of the Existing Transport Sustainability Indicators Initiatives and Development of an Indicator Set to Assess Transport Sustainability Performance - European Commission, Joint Research Centre. – 2007. – 59 с.

185. Litman T. Issues in sustainable transportation / T. Litman, D. Burwell // Int. J. Global Environmental Issues. - 2006. - Vol. 6, № 4, – P. 331 – 347.

186. Litman T. Well Measured Developing Indicators for Sustainable and Livable Transport Planning / T. Litman // Victoria Transport Policy Institute. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [www.vtpi.org/wellmeas.pdf](http://www.vtpi.org/wellmeas.pdf).

187. TERM 2002– Paving the way for EU enlargement– Indicators of transport and environment integration. – Режим доступу до ресурсу:

[http://www.eea.europa.eu/publications/environmental\\_issue\\_report\\_2002\\_24](http://www.eea.europa.eu/publications/environmental_issue_report_2002_24)

188. World bank. Performance indicators for transport. – Режим доступа до ресурсу: [http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/040117\\_REDIS\\_transport.pdf](http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/040117_REDIS_transport.pdf).

189. Miller Patrick Burke Vernon. Sustainability and Public Transportation Theory and Analysis. PhD thesis, University of Calgary – 2014. – Режим доступа до ресурсу: [http://theses.ucalgary.ca/bitstream/11023/1277/5/ucalgary\\_2014\\_miller\\_patrick-2.pdf](http://theses.ucalgary.ca/bitstream/11023/1277/5/ucalgary_2014_miller_patrick-2.pdf)

190. Кирясов А. С. Формирование эффективной транспортно-логистической системы регионального уровня на основе концепции устойчивого развития / А. С. Кирясов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 24, №1 (24). – С. 299 – 303.

191. Naumov V., Samchuk G. Public transport interchanges functioning from the perspective of sustainable development // Автомобильный транспорт. – 2015. – №. 37. – с. 49-54.

192. Сурмин Ю. П. Теория систем и системный анализ / Ю. П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 368 с.

193. Надежность и эффективность в технике : справочник: в 10 т. / [Ред. совет: В. С. Авдуевский (пред.) и др.]. Т. 3: Эффективность технических систем / [Под общ. ред. В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова.] – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с. ?

194. Антамошкин А. Н. Методика исследования эффективности сложных иерархических систем / А. Н. Антамошкин, О. Н. Моргунова, Е. П. Моргунов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2006. – №2. – с. 9–13.

195. Cook, W. D. Hierarchies and Groups in DEA / W. D. Cook, D. Chai, J. Doyle, R. Green // Journal of Productivity Analysis. – 1998. – Vol. 10. – P. 177–198.

196. Петухов, Г. Б. Методологические основы внешнего проектирования целенаправленных процессов и целеустремленных систем / Г. Б. Петухов, В. И. Якунин. – М. : АСТ, 2006. – 504 с.

197. Манохина Н. В. Метасистема как объект институционального анализа / Н. В. Манохина // Вестник МИЭП. – 2014. – №1. – С. 7–16.

198. Куренков, В. И. Методы исследования эффективности ракетно-космических систем. Методические вопросы [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. И. Куренков; Минобрнауки



России, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). - Электрон. текстовые и граф. дан. (2,97 Мбайт). - Самара, 2012. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM)

199. Марка Д.А. Методология структурного системного анализа и проектирования SADT: Пер. с англ. / Д. А. Марка, К. Мак Гоун – С. : Метатехнология, 2003. – 242 с.

200. Гонтарева, И.В. Системная эффективность предприятия: сущность, факторы, структура. / И.В. Гонтарева, Р.М. Нижегородцев. – Москва – Киров: ВЭСИ, 2012. – 152 с.

201. Прангишвили И. В. Системный подход и общесистемные закономерности / И. В. Прангишвили. – м.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.

202. Соломонов Ю. С. Большие системы: гарантийный надзор и эффективность / Ю. С. Соломонов, Ф. К. Шахтарин. – М. : Машиностроение, 2003. – 368 с.

203. Пьянков О. В. Комплексная оценка сложной системы на основе теории конфликтов / О. В. Пьянков // Вестник ВГУ серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2014. – №1. – С. 34–39.

204. Парахина В. Н. Стратегический менеджмент. / В. Н. Парахина, Л. С. Максименко, С. В. Панасенко – М. : КноРус, 2006. – 496 с.

205. Моргунова О. Н. Методы и алгоритмы исследования эффективности сложных иерархических систем : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01 / Моргунова Ольга Николаевна. – Красноярск, 2006. – 153 с.

206. Вдовиченко, В. О. Оцінка ресурсних можливостей міського пасажирського транспорту / В. О. Вдовиченко // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Транспортні системи та технології перевезень. – 2014. – №8. – с. 35–39.

207. Федоськина, Л.А. Методика «SERVQUAL» как инструмент повышения инновационной активности в организациях сферы услуг / Л.А. Федоськина // Креативная экономика. – 2008. – №3(15). – С. 73–83.

208. Булавина Л. В. Расчет пропускной способности магистралей и узлов / Л. В. Булавина. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. – 44 с.

209. Липенков А. В., Математическая модель пропускной способности остановочного пункта в случае отсутствия маневров по обгону автобусами друг друга / А. В. Липенков, Н. А. Кузьмин, Л. Н.

Ерофеева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №4(179). – с. 87–94.

210. Щербакова Н.О. Потенціал автотранспортного підприємства як іманентна ознака його ресурсів / Н.О. Щербакова // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2010. – №49. – С. 52–56.

211. Белый О.В. Фундаментальные проблемы развития транспортного комплекса / О.В. Белый // Экономика качества – 2013. – №3(4) – С. 14–19.

212. Kubey R., Csikszentmihalyi M. Television and the quality of life: How viewing shapes everyday experience [Text]. – Routledge, 2013.

213. Dolnicar S., Yanamandram V., Cliff K. The contribution of vacations to quality of life [Text] //Annals of Tourism Research. – 2012. – Т. 39. – №. 1. – С. 59-83.

214. Бобылев С. Н. Индикаторы устойчивого развития для городов / С. Н. Бобылев, О. В. Кудрявцева, С. В. Соловьева // Экономика региона. – 2014. – №3. – С. 101–109.

215. Steg L., Gifford R. Sustainable transportation and quality of life [Text] //Journal of transport geography. – 2005. – Т. 13. – №. 1. – С. 59-69.

216. Metz D. H. Mobility of older people and their quality of life [Text] //Transport policy. – 2000. – Т. 7. – №. 2. – с. 149-152.

217. Redman L. et al. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review [Text] //Transport Policy. – 2013. – Т. 25. – С. 119-127.

218. Транспортне обслуговування населення як фактор сталого розвитку міста / Б. М. Абрамович [и др.] // Автомобіліст України. – 2002. – №3. – С. 11–13.

219. Vdovychenko V., Nagornyy Y. Formation of methodological levels of assessing city public passenger transport efficiency [Text] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2016. – №. 3 (3). – С. 44-51.

220. Banister D., Watson S., Wood C. Sustainable cities: transport, energy, and urban form //Environment and Planning B: planning and design. – 1997. – Т. 24. – №. 1. – С. 125-143.

221. Newman P., Kenworthy J. Sustainable urban form: the big picture //Achieving sustainable urban form. – 2000. – С. 109-120.

222. Jabareen Y. R. Sustainable urban forms their typologies, models, and concepts // Journal of planning education and research. – 2006. – Т. 26. – №. 1. – С. 38-52.

223. Pucher J. Urban passenger transport in the United States and Europe: a comparative analysis of public policies: Part 1. travel behaviour, urban development and automobile use //Transport reviews. – 1995. – Т. 15. – №. 2. – с. 99-117.

224. May A. D., Page M., Hull A. Developing a set of decision-support tools for sustainable urban transport in the UK // Transport Policy. – 2008. – Т. 15. – №. 6. – с. 328-340.

225. Camagni R., Gibelli M. C., Rigamonti P. Urban mobility and urban form: the social and environmental costs of different patterns of urban expansion //Ecological economics. – 2002. – Т. 40. – №. 2. – С. 199-216.

226. Auvinen H. et al. Calculating emissions along supply chains—towards the global methodological harmonisation //Research in Transportation Business & Management. – 2014. – Т. 12. – С. 41-46.

227. Беспмятнов Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник / Г. П. Беспмятнов, Ю. А. Кротов. – Химия. Ленингр. отд-ние, 1985. – 528 с.

228. Доценко Л. В. Порівняльний аналіз методів визначення рівня забруднення атмосферного повітря / Л. В. Доценко, А. С. Демиденко // Екологічна безпека. – 2014. – №2. – с. 71–74.

229. Кучерявий В. П. Екологія / В. П. Кучерявий //Львів: Світ. – 2000. – 480 с.

230. Вентцель, Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие / Е.С. Вентцель. – [4-е издание стереотипное.]. – Москва : Дрофа, 2006. – 206 с.

231. Пичкалев А. В. Обобщенная функция желательности Харрингтона для сравнительного анализа технических средств / А. В. Пичкалев // Исследования наукограда. – 2012. – №1. – с. 25–28

232. Гусева И. И. Сервисно-ресурсная модель организации информационных технологий в контексте обеспечения устойчивого развития / И. И. Гусева // Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті проф. Балацького О.Ф. – 2014. – Т.1. – С. 107–109.

233. Голубцов В. Сервисно-ресурсная модель: от теории к практике. / В. Голубцов, М. Федоренко // Альманах itSMF России. – 2012. – С. 64–72.

234. Методика розрахунку викидів забруднюючих речовин у повітря автотранспортом, який використовується суб'єктами господарської діяльності та іншими юридичними особами всіх форм власності. Затверджено наказом Держкомстату України від 6 вересня 2000 р. №293 із змінами і доповненнями, внесеними наказом Державного комітету статистики України від 13 січня 2004 р. №15.

235. Долженко А. И. Нечеткие модели – эффективный инструмент для анализа потребительского качества информационных систем / А. И. Долженко // Ростов-на-Дону. : РГЭУ «РИНХ», 2008. – 220 с.

236. Можаяев А. С. Технология автоматизированного структурно-логического моделирования надежности, живучести, безопасности, эффективности и риска функционирования систем / А. С. Можаяев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2008. – №9. – с. 1–14.

237. Арманд А.Д. Механизмы устойчивости геосистем / А. Д. Арманд. – М.: Наука, 1992. – 208 с.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>3</b>
<b>1 СУЧАСНИЙ СТАН МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ .....</b>	<b>5</b>
1.1 Сучасні проблеми міських пасажирських транспортних систем та напрями їх вирішення.....	5
1.2 Розвиток системного представлення МГПТ.....	22
1.3 Аналіз існуючих методів оцінки ефективності МГПТ .....	29
1.4 Сучасні тенденції та підходи забезпечення сталості міського пасажирського транспорту .....	44
1.5 Висновки по розділу .....	56
<b>2 МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ СИСТЕМНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ .....</b>	<b>58</b>
2.1 Методологічні рівні представлення МГПТ у структурі міського середовища.....	58
2.2 Структура багаторівневої оцінки ефективності МГПТ .....	73
2.3 Ресурсно-результативні характеристики МГПТ .....	87
2.4 Модель забезпечення системної ефективності МГПТ .....	109
2.5 Висновки по розділу .....	114
<b>3 ОСНОВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....</b>	<b>116</b>
3.1 Формування уявлень про закономірності сталого розвитку МГПТ .....	116
3.2 Оцінка впливу дестабілізації технологічних процесів на сталість МГПТ .....	143
3.3 Сервісно-ресурсна модель функціонування МГПТ .....	159
3.4 Параметри ризик-системи сталості МГПТ .....	176
3.5 Напрями управління ризиками сталості МГПТ .....	181
3.6 Висновки по розділу .....	187
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>189</b>

Наукове видання

ВДОВИЧЕНКО Володимир Олексійович

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ  
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМНОЇ  
ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО  
ГРОМАДСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО  
ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ СТАЛОГО  
РОЗВИТКУ**

*Монографія*

Відповідальний за випуск *С.В. Нагорний*

В авторській редакції

**ВИДАВНИЦТВО**

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету  
Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.  
Тел./факс: (057) 700-38-64; 707-37-03, e-mail: gio@khadi.kharkov.ua

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення  
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції, серія № ДК №897 від 17.04 2002 р.

---

Підписано до друку 18.10.2017 р. Формат 60x90 1/16. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman Cyr. Віддруковано на ризографі.  
Умовн. друк. арк. 13,25. Обл.-вид арк. 9,63.  
Замовлення № 18/10/17. Тираж 300 прим. Ціна договірна.

---

Віддруковано ФОП Гончаренко В.Ю.  
Свідоцтво В02 № 984968 видане виконавчим комітетом  
Харківської міської ради 18.11.2008 р.