

УДК 656.2

ХОДАКІВСЬКИЙ О.М., к.т.н., доцент (УкрДАЗТ)

## **Огляд основних наукових робіт по підвищенню ефективності транспортних систем**

---

### **Постановка задачі**

---

Транспорт (від лат. trans — через і portare — нести) — сукупність засобів, призначених для переміщення людей, вантажів, сигналів та інформації з одного місця в інше.

Базові функції транспортної системи обумовлені тим, що необхідно задовольнити транспортні потреби людей та суспільства у такий спосіб, щоб позитивні характеристики усіх видів могли оптимально докладатися до соціального та економічного добробуту, і щоб задля зниження проблемного використання того чи іншого виду транспорту пропонувалися якісні альтернативи. Це можна назвати однією із стратегічних цілей сталої транспортної політики [3].

За часів СРСР усі види транспорту загального користування і транспорт загального користування були складовими частинами єдиної транспортної системи і являли собою державну соціалістичну власність. Частина транспортних засобів належала колгоспам, а також приватним особам. Соціалістична власність на засоби виробництва, плановий характер радянської економіки обумовили комплексний розвиток транспорту загального користування, що обслуговує головним чином сферу обігу, і промислового транспорту, що безпосередньо обслуговує процес виробництва [15]. Таким чином залізничний транспорт часів СРСР — це одна з найважливіших галузей суспільного виробництва, що покликана задовольняти потреби населення та суспільного виробництва в перевезеннях.

На нашу думку, дана постановка причини існування транспорту в сучасній

Україні є, певною мірою, обмежуючою. Обмеження полягає в тому, що термін «задовольняти потреби» визначає відносно пасивну поведінку по відношенню до кількості і якості замовлень клієнтів залізничної транспортної системи. Тому слід підвищити рівень цілеспрямованої активності. При цьому зручно транслювати знання із однієї галузі знань на іншу [13].

---

### **Актуальність задачі**

---

Вирішення такого роду наукових проблем і завдань відповідає Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки і іншим нормативним документам [6].

---

### **Аналіз останніх досліджень**

---

Такого роду наукові і науково-прикладні проблеми і завдання досліджуються також і іншими відомими вченими і практиками. За результатами аналізу основних наукових видань, сучасним напрямом удосконалення залізничної транспортної системи є, більшою мірою, процеси інформатизації технологічних процесів функціонування підрозділів Укрзалізниці, логістики вантажних і пасажирських перевезень, ресурсозбереження при здійсненні залізничних перевезень і т. ін.

---

### **Основний матеріал дослідження**

---

У сучасній транспортній науці виник і досить швидко набуває поширення напрямок, який має назву «транспортна система» (ТрС). За часів СРСР транспортна наука розвивалася за видами транспорту і

відокремленими напрямками в рамках певного виду транспорту. Ця особливість, більшою мірою, збереглася і до нашого часу. Найбільш близьким поняттям часів СРСР, що є тотожним поняттю ТрС, можемо назвати поняття «єдина транспортна система». Проте, під «єдиною транспортною системою» і в той час, і, певною мірою, сьогодні розуміють узгодження роботи всіх видів транспорту й планування перевезень як єдиного процесу [8]. А це є дещо відмінним поняттям від поняття ТрС.

За результатами аналізу літературних (інформаційних) джерел якісного (єдиного і переважною більшістю вчених і практиків прийнятого) визначення поняття ТрС не виявлено. Під ТрС, на нашу думку, слід розуміти систему взаємопов'язаних складових (людей, які задіяні в транспортному процесі; інфраструктури тощо), яка призначена для транспортування будь-кого (будь-чого).

Однією із найбільш вагомих складових розвитку будь-якої науки є праця вчених. За результатами аналізу літературних (інформаційних) джерел вагомий вклад в транспортну науку за різними напрямками (управління, локомотиви, вагони, пристрої СЦБ тощо) зробили такі вчені:

М. А. Аветикян,	В. М. Акулінічев,
Є. С. Альошинський,	М. М. Бабаєв,
Г. Ф. Бабушкін,	О. О. Бакаєв,
К. А. Бернгард,	А. В. Бикадоров,
Є. П. Блохін,	В. І. Бобровський,
Б. Є. Боднар,	А. Б. Бойнік,
Т. В. Бутько,	Т. В. Бутько,
В. А. Буянов,	М. Ф. Веріго,
Т. А. Воркут,	Т. А. Воркут,
Е. В. Гаврилов,	В. Ф. Головка,
О. Л. Голубенко,	Г. П. Гриневич,
П. С. Грунтов,	В. К. Губенко,
М. І. Данько,	А. Т. Дерibas,
О. М. Долаберідзе,	В. К. Доля,
Ю. В. Дьомін,	Ю. В. Дьяков,
І. В. Жуковицький,	Г. І. Загарій,
С. В. Земблінюв,	М. М. Іваницький,
М. Д. Іловайський,	І. П. Ісаєв,
М. Б. Кельріх,	Є. Є. Коссов,
А. М. Котенко,	Б. О. Кривошей,
В. М. Кулешов,	В. А. Лазарян,

Д. В. Ломотько,	Б. Є. Марчук,
В. Г. Маслієв,	В. К. Мироненко,
В. І. Мороз,	В. І. Мойсеєнко,
Ю. А. Муха,	Є. В. Нагорний,
В. Я. Негрей,	Г. І. Нестеренко,
Г. І. Нечаєв,	В. М. Образцов,
О. М. Огар,	Ю. І. Осенін,
В. Т. Осипов,	В. Е. Парунакян,
О. П. Петров,	Дж. Пітерсон,
В. В. Повороженко,	В. Й. Поддубняк,
А. О. Поляков,	Г. Потгофф,
М. В. Правдін,	В. М. Самсонкін,
В. В. Скалзуб,	А. О. Смахов,
Ю. В. Соколев,	Є. А. Сотніков,
І. І. Страковський,	Е. Д. Тартаковський,
Є. М. Тишкін,	М. П. Топчієв,
О. М. Толстошей,	Л. П. Тулупов,
А. К. Угрюмов,	І. Б. Феоктистов,
І. В. Харланович,	В. Ф. Чеклов,
М. М. Чепцов,	Н. Б. Чернецька,
А. Д. Чернюгов,	О. П. Шипулін,
Є. М. Шафіт,	О. Г. Шibaєв,
Ю. І. Єфименко,	П. О. Яновський та інші.

Починаючи приблизно з 2000-го року почав відчутно розвиватися вищезначений науковий напрямок ТрС. Одним із основних завдань цього напрямку є розроблення наукових основ і методів забезпечення ефективного функціонування транспортних систем [11]. Серед вчених сучасності, які, більшою мірою, зосереджені на наукових розробках в галузі ТрС слід відзначити Є. С. Альошинського, Т. В. Бутько, Т. А. Воркут, М. І. Данька, В. К. Долю, І. В. Жуковицького, Г. І. Загарія, А. М. Котенка, О. В. Лаврухіна, Д. В. Ломотька, В. К. Мироненка, Є. В. Нагорного, В. Я. Негрея, Г. І. Нечаєва, О. М. Огара, Г. І. Нестеренко, В. М. Самсонкіна, В. Ф. Чеклова, Н. Б. Чернецьку, О. Г. Шibaєва і інших відомих вчених.

Проаналізуємо основні наукові розробки вчених в галузі ТрС.

У роботі Ломотька Д. В. сформовано закономірності організації транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів, які, на відміну від відомих раніше, враховують наявність технічних, технологічних, інфраструктурних

та фінансових обмежень з метою отримання синергетичного ефекту при виконанні вантажних перевезень [10]. У роботі прийнято, що транспортна система  $S$  і всі її складові частини характеризуються станом у просторі і часі. Стан транспортної системи  $C$  у момент часу  $t$  визначається за допомогою оператора

$$C(t) = \psi_0(t; C_0; U_t; V_t; P_t; X_t), \quad (1)$$

де  $\psi_0$  – оператор стану (оператор переходу);  $t$  – момент часу;  $C_0$  – початковий стан залізничної транспортної системи;  $U_t$  – керований вхідний вплив у момент часу  $t$ , за допомогою якого здійснюється цілеспрямовані зміни у системі.

Елементами вектору  $U_t$  є вхідні потоки, план формування поїздів, управлінські рішення, що приймаються відповідальними працівниками станцій, дирекцій залізничних перевезень, управлінь залізниць, Укрзалізниці щодо функціонування залізничної системи і взаємодії з іншими транспортними системами і клієнтурою;  $V_t$  – вектор некерованого вхідного впливу у момент часу  $t$ , який характеризує вплив на транспортну систему з боку зовнішнього середовища;  $P_t$  – параметри управління транспортною системою у момент часу  $t$ , що спрямовані на організацію транспортного процесу на основі логістичних принципів, враховують інтереси всіх учасників перевізного процесу та забезпечують скорочення витрат обмежених ресурсів;  $X_t$  – вектор параметрів і характеристик, які характеризують внутрішні властивості транспортної системи у момент часу  $t$ . У даній роботі вперше сформовано підходи щодо організації транспортного процесу

залізниць України, як динамічної транспортної системи, що забезпечують функціонування виробничо-транспортних логістичних ланцюгів та отримання синергетичного ефекту, а саме: створено комплекс динамічних моделей транспортного процесу залізниць України, що формалізують розвиток структури та технології залізничної транспортної системи на базі логістичних принципів із забезпеченням підвищення її ефективності в умовах управління обмеженим ресурсом та з оптимізацією маршруту прямування поїздів з урахуванням невизначеності; створено наукові основи організації логістичної технології роботи залізнично-водних транспортних вузлів України на базі моделі нелінійного програмування, яка на відмінність від інших, оптимізує масу вантажу у маршруті та кількість вантажу «на колесах»; створено комплексний метод перерозподілу синергетичного ефекту від функціонування виробничо-транспортних логістичних ланцюгів на основі багатокритеріальних ресурсозберігаючих підходів в умовах використання компенсаторної схеми стимулювання учасників транспортного процесу.

У роботі Босова А. А., Мухіної Н. А., Піха Б. П. на основі структурного моделювання виконано аналіз роботи залізниці, визначені предикторні змінні й побудовані деякі математичні моделі транспортних процесів. З використанням методів векторної оптимізації розглянуті задачі раціональної потужності локомотива, тягових розрахунків і реконструкції транспортних засобів [1].

У роботі Бараша Ю. С. визначено, що актуальною для залізничної транспортної системи (ЗТС) сьогодні є проблема розробки та впровадження економічної стратегії структурної реформи залізничного транспорту України [4]. Успішність структурної реформи напряму пов'язана з підвищенням конкурентоспроможності залізничного транспорту в окремих його господарствах, особливо в пасажирському, яке є збитковим. Залучення недержав-

них інвестицій в умовах діючої системи господарювання ускладнено нерегульованістю ряду правових та інших питань, недосконалістю організаційної структури залізничного транспорту та надання іноземним інвесторам державних гарантій. На думку автора, ефективно функціонування й розвиток залізничного транспорту України слід здійснювати за рахунок:

- приведення структури управління залізничного транспорту у відповідність до законодавства України та її адаптації до ринкових умов;

- створення сприятливих умов для залучення інвестицій на залізничний транспорт з метою оновлення його виробничо-технічної бази;

- збільшення частки залізничного транспорту на ринку транспортних послуг;

- збільшення прибутковості перевезень шляхом удосконалення роботи залізничного транспорту.

Реструктуризація підприємства – це сукупність організаційно – економічних, правових, виробничо–технічних заходів, спрямованих на зміну структури підприємства, збільшення обсягів випуску конкурентоспроможної продукції та підвищення ефективності виробництва.

Найскладнішим видом реструктуризації є корпоративна реструктуризація (поширена назва – структурна реформа). Вона передбачає реорганізацію підприємства з метою зміни власника статутного фонду, створення нових юридичних осіб або нової організаційно–правової форми діяльності. У межах такої реструктуризації виконують:

- часткову або повну приватизацію;
- поділ великих підприємств на частини;

- відокремлення з великих підприємств деяких підрозділів, зокрема об'єктів соціально–культурного побуту та інших непрофільних структур;

- приєднання до інших або злиття з іншими потужними підприємствами.

Таку корпоративну реструктуризацію планується виконати на залізничному транспорті України з одночасною реєстрацією єдиного суб'єкта господарювання. Проблемі структурної реформи приділяється велика увага в наукових журналах та газетах світу. Цьому питанню присвячено багато статей описового характеру, що видаються в Україні або можна отримати з Інтернету, але наукові праці, у яких фундаментально досліджується реформування залізничного транспорту та його наслідки, належать в основному представникам України, Росії та Казахстану.

У роботі Силантьєвої Ю. О. виконано уточнення області застосування контейнерних перевезень, а також у визначенні якісного та кількісного взаємозв'язку між параметрами технологічного процесу перевезень та ймовірністю вибору виду сполучення [14]. В роботі зазначено, що ринок транспортних послуг передбачає можливість вибору учасників транспортного процесу. Теоретичною основою визначення моделі вибору сполучення прийнято основний психофізичний закон. Експериментальними дослідженнями, які виконано методом експертних оцінок, встановлено, що визначальними факторами при виборі прямого автомобільного і контейнерного сполучення є: собівартість і тривалість перевезення, а також частота відправлень контейнерних поїздів. За результатами цих досліджень запропонована модель дискретного вибору контейнерного сполучення у порівнянні з прямим автомобільним у вигляді

$$P_k = \left( 0,5 + a_1 \times \ln \left( \frac{C_a}{b_1 \times C_k} \right) \right) \left( 0,5 + a_2 \times \ln \left( \frac{T_a}{b_2 \times T_k} \right) \right) \times \left( 0,5 + a_3 \times \ln \left( \frac{7}{b_3 \times v} \right) \right), \quad (2)$$

$$1 \leq \frac{C_a}{C_k} \leq 2$$

при умовах

$$1,25 \leq \frac{T_a}{T_k} \leq 0,5, \quad 1 \leq v \leq 7,$$

де  $a_1, a_2, a_3$  – емпіричні коефіцієнти;  $b_1$  – коефіцієнт, що співвідносить собівартість прямого автомобільного сполучення з тарифом залізничної та собівартістю автомобільної ділянок контрейлерного сполучення;  $b_2$  і  $b_3$  – коефіцієнти привабливості сполучення, відповідно за часом доставки та частотою відправлень поїздів;  $C_a$  і  $C_k$  – собівартості, відповідно, автомобільного і контрейлерного сполучення;  $T_a$  і  $T_k$  – термін оборотного рейсу, відповідно, у автомобільному і контрейлерному сполученні; 7 – коефіцієнт, який характеризує можливість відправлення автомобілів у рейс щоденно на протязі тижня;  $V$  – частота відправлень залізничних поїздів на протязі тижня.

У роботі Шибаєва О. Г. розроблено теоретичні положення системи управління морськими перевезеннями вантажів флотом судноплавної компанії. Наукова новизна окремих положень, моделей і методів, запропонованих у дисертації, полягає в наступному: сформульовані передумови і розроблена концептуальна модель системи управління та прийняття рішень більш повно реалізують основні системоутворюючі принципи; розроблені методологічні основи моделювання процесів у системі управління перевезеннями вантажів дозволяють оригінально вирішити проблему оптимізації функціонування окремих підсистем в умовах їхньої конкуренції і рівноправного партнерства; проведений аналіз і синтез транспортного процесу дозволяє в порівнянні з наявними рішеннями установити й обґрунтувати повний перелік задач відповідно до особливостей об'єкта управління, а також реалізувати

зв'язки між підсистемами і задачами; запропонована оптимізація завантаження морських суден при формуванні графіка роботи флоту з використанням математичних моделей носить комплексний характер, узагальнює і розвиває існуючі рішення в цій області. При цьому в залежності від рівня вірогідності вихідної інформації застосовуються імітаційна і багатокритеріальна моделі; вперше вагові коефіцієнти цільової функції багатокритеріальної моделі завантаження судна встановлені на базі теорії матричних ігор, що дозволяє врахувати невизначеність інформації про структуру вантажопотоків. В даний час практично жоден з відомих способів рішення багатокритеріальних задач не дозволяє уникнути довільного завдання таких елементів, як вагові коефіцієнти критеріїв; розроблені моделі оптимізації плану розміщення вантажів у вантажних приміщеннях судна і розподілу вантажів між суднами оригінально в порівнянні з наявними варіантами вирішують поставлені задачі; розподіл вантажопотоків на басейні уперше формалізовано моделлю в межах кооперативної гри, що характеризує через конфлікт, конкуренцію суб'єктів транспортного процесу; розроблена імітаційна модель формування за допомогою комп'ютера схем руху і маршрутів роботи морських суден узагальнює і розвиває переваги існуючих рішень у цій області; сформульована задача формування графіка роботи флоту на основі інформації “декадного” рівня вірогідності вперше для морських вантажних суден одержала теоретичне обґрунтування на основі моделі і методів теорій без коаліційних ігор і оптимальних дискретних процесів; розроблені алгоритми закріплення суден на маршрутах на основі інформації “місячного” рівня вірогідності базуються на раніше не використовуваному для рішення цієї задачі синтезі евристичного й оптимізаційного методів; розроблений комплекс моделей оптимальної розстановки вантажних суден відрізняється від відомих підходів до рішення цієї задачі більш повним враху-

ванням особливостей досліджуваного перевізного процесу; використана для оптимізації перевезень і роботи флоту на основі інформації “річного” і “п’ятирічного” рівнів вірогідності стохастична модель вперше побудована на базі теорії матричних ігор; узгодження рішень при різних обрях планування перевезень і роботи флоту на основі точних методів оптимізації раніше не провадилось; моделі, що забезпечують узгодження маркетингового і виробничого планів судноплавної компанії, пропонуються вперше; спроектована ділова гра вперше для морського транспорту дозволяє приймати рішення на основі управлінської імітаційно-ігрової моделі [19].

У роботі Костюченка С. М. підвищено ефективність транспортних систем шляхом раціональної організації руху автотранспортних засобів (АТЗ) з урахуванням стану транспортної комунікації (ТК). У роботі пропонуються нові програмно-апаратні засоби оцінки стану автомобільних доріг (АД) для вирішення задач відновлення властивостей ТК, вибору раціонального маршруту й удосконалювання розв’язання класичних задач: транспортної, комівояжера, вибору найкоротшого шляху. Така оцінка проводиться на базі ведення динамічного банку даних для прийняття відповідних рішень, щодо організації руху АТЗ. Запропоновано визначати стан транспортної системи як точну умову, або властивість, що буде розпізнана, коли повториться знову [10].

У кількісній інтерпретації її стан визначено на множині точок динамічної функції  $S(t)$ , що існує у часовому метричному просторі  $L$  та залежить від оцінки відповідних координат руху АТЗ  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ : спрощено у одномірному просторі оцінка  $\alpha(l)$  - руху сукупності окремих АТЗ, яка визначена у метричному просторі  $L_\alpha$ , та оцінок  $p(l)$ ,  $r(l)$  - геометрії і стану покриття відповідної ТК (АД для автотранспортної системи), які визначені у метричних просторах  $L_p$  та  $L_r$ .  $L_p$ ,  $L_r$  та  $L_\alpha$  - є простори, що існують на відстані  $l$  (характеристики довжини ТК відповідної транспортної системи). Оператори  $S$ ,  $S'$ ,  $S''$ ,  $S'''$  відповідають процедурам оцінки стану транспортної системи.  $P$ ,  $H$ ,  $Q$  ( $P_s - 1$ ) - оператори підготовки даних для прийняття рішень щодо результатів моніторингу руху АТЗ та стану ТК. Первинні параметри (умовно  $h(l)$ ,  $q(l)$ ) є результатом реєстрації відліків значень прискорень та швидкості відповідного АТЗ. На рисунку 1 наведено схеми, що пояснюють зміст операторних перетворень, які поставлені у відповідність робочого процесу моніторингу складових транспортної системи.

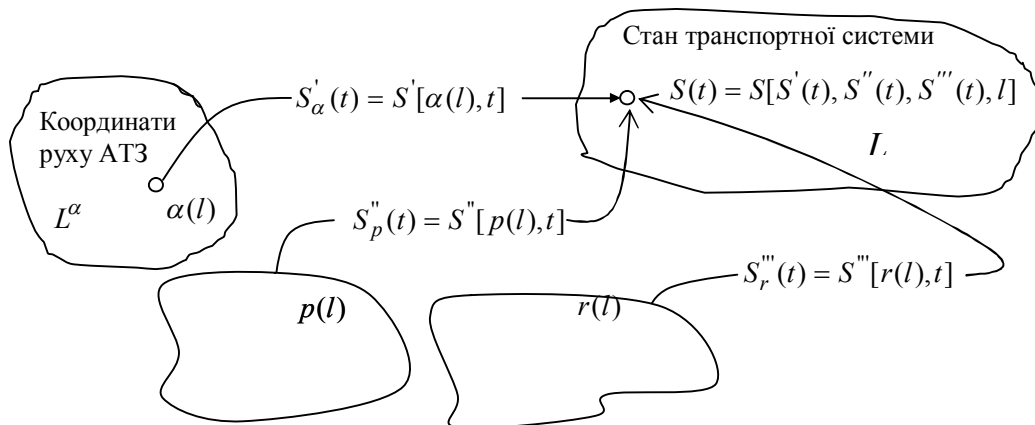


Рис. 1. Операторні перетворення

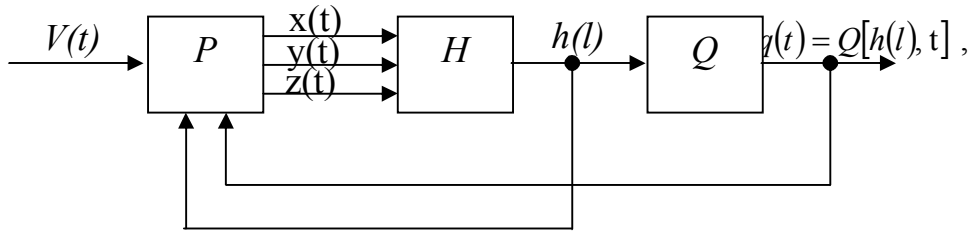


Рис. 2. Операторне представлення підготовки рішень

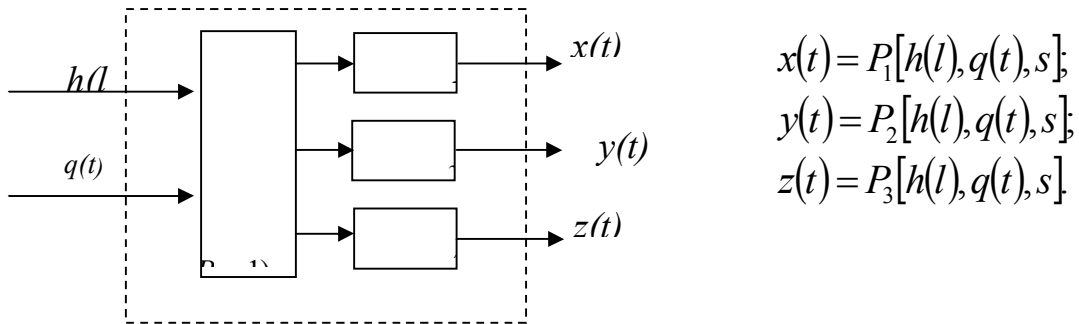


Рис. 3. Оцінка та реєстрація первинних параметрів

У роботі Калініченка О. П. підвищено ефективність спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів, шляхом розробки і впровадження раціональних графіків спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів. Розроблені графіки дозволяють найбільш повно реалізувати резерви підвищення ефективності автотранспортного процесу за рахунок зниження втрат від непродуктивних простоїв транспортного комплексу і зниження трудомісткості виконання робіт при оперативному змінно-добовому плануванні. Розглянуто задачу складання графіків спільної роботи з деякими обмеженнями і припущеннями. Нехай надані:  $n$  - кількість автомобілів, працюючих на перевезенні вантажів від моно постачальника до  $m$  - кількості різних споживачів на маятникових маршрутах зі зворотнім порожнім пробігом;  $T_{pm}$  - матриця планових часів руху до вантажоодержувачів;  $T^{lpm}$  - матриця планових часів руху від вантажоодержувачів;

$E_{zadm}$  - матриця заданих для виконання поїздок по маршрутах;  $T_p$  - час роботи вантажно-розвантажувального пункту;  $R$  - ритм вантажно-розвантажувального пункту. Передбачено, що будь-який  $i$ -й автомобіль, прибуваючи до будь-якого  $j$ -го одержувача вантажу, не очікує обслуговування в черзі, а відразу стає на розвантаження  $t_{np_{ij}}^{od} = 0$ ,  $i$ , час, запланований на обслуговування автомобіля у вантажоодержувачів, дорівнює запланованому часу обслуговування на навантажувальному пункті  $t_{p_{ij}} = t_{n_{ij}}$ . Будь-який  $i$ -й автомобіль може бути відправлений по будь-якому  $j$ -му маршруті. Обідня перерва у всіх учасників транспортного процесу настає одночасно і тривалість її однакова. Вантажно-розвантажувальні механізми й автомобілі працюють без збоїв і поломок. Розклад руху для кожного  $i$ -го автомобіля має

вигляд зростаючої послідовності моментів часу:

$$\tau_{n_i}, \tau'_{n_j}, \tau_{n_{i+1}}, \tau'_{n_{j+1}}, \dots, \tau_{n_k}, \tau'_{n_k}, \quad (3)$$

де  $\tau_{n_i, \dots, k}$  - моменти часу прибуття  $n$ -го автомобіля під  $i$ -те навантаження, хв.;

$\tau'_{n_j, \dots, k}$  - моменти часу прибуття  $n$ -го автомобіля під  $j$ -те розвантаження до вантажоодержувачів, хв.;

$k$  - кількість поїздок  $n$ -го автомобіля, од.

А також послідовності обслуговування вантажоодержувачів автомобілем  $P = \{i_1^*, i_2^*, \dots, i_j^*\}$ ,  $i^*$  - найменування клієнта, або його порядковий номер.

Витрати на виконання перевізного процесу в загальному вигляді представлені:

$$Z_{mn} = Z_n + Z_{n-p} + Z_e + Z_d + Z_{ш}, \quad (4)$$

де  $Z_n$  - витрати саме на перевезення вантажу, грн.;

$Z_{n-p}$  - витрати, пов'язані з виконанням навантажувально-розвантажувальних робіт, грн.;

$Z_e$  - експедиційні витрати, грн.;

$Z_d$  - дорожня складова витрат, грн.;

$Z_{ш}$  - витрати, пов'язані зі штрафами при невчасній доставці вантажу, грн.

Зниження витрат на перевізний процес, при використанні раціональних графіків спільної роботи вантажних автомобілів та навантажувально-розвантажувальних засобів, можливе за рахунок зниження витрат на складових

$Z_n, Z_{n-p}$  та  $Z_{ш}$ , приймаємо  $\{Z_e, Z_d\} = const$  тому (4) можливо перетворити до вигляду:

$$Z_{mn} = Z_n + Z_{n-p} + Z_{ш} + const \Rightarrow \min. \quad (5)$$

Для проведення досліджень по підвищенню ефективності транспортного процесу запропоновано використовувати цільову функцію (5). Робота транспортно-го комплексу по графікам, що розроблені по нормативним значенням часу навантаження-розвантаження досить часто призводить до збоїв та виникненню черг на пунктах навантаження, тому що час простою під навантаженням-розвантаженням є випадковою величиною. Для досягнення поставленої мети було розроблено алгоритм складання графіків спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів. Розроблений алгоритм складання графіків спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів дозволив будувати графіки спільної роботи без простоїв вантажно-розвантажувальних механізмів або із заздалегідь запланованим простоем, що дозволяє скоротити черги і простій вантажних автомобілів в очікуванні навантаження, що необхідно для вирішення поставленої задачі [9].

У роботі Хабутдінова Р. А. розроблено теоретичні основи системного формування технологій автомобільних перевезень на етапах життєвого циклу автомобіля для задоволення довгострокових потреб у більш економічних і прогресивних схемах відтворення продукту, а також для підвищення ефективності транспортної системи згідно концепції економії енергії та ресурсів. На основі закономірностей використання ресурсів транспорту, з урахуванням людино-машинних впливів, виявлено взаємозв'язки між конструктивними і експлуатаційними характеристиками автотранспортного засобу із показниками енерго- і ресурсовіддачі перевезень, а та-



кож між вихідними характеристиками проектів життєвого циклу автомобіля. Ці закономірності обумовлюють можливості інтегрування знань про індивідуальні та видові властивості автомобіля для формування енергозберігаючих технологій перевезень та удосконалення властивостей системи. У дисертації вперше розроблено науково-методичні основи ресурсної економізації перевезень, які забезпечують важливі стратегії техніко-технологічної конкурентоздатності транспортних послуг. При цьому виявлено: взаємозв'язок між задачами формування технологій автомобільних перевезень та удосконалення інтегративної властивості транспортної системи (здатність переміщати вантажі і пасажирів шляхом технологічного використання ресурсів); технологічна роль людино-машинних дій на партійні маси вантажів; закономірності технологічного використання ресурсів у транспортній операції; доцільність врахування в методологіях транспортного і управлінського аналізів принципу варіативності параметрів АТЗ у часі та у типажах рухомого складу; можливість використання закономірностей руху (кочення) автомобіля узагальненого типу для вирішення задач декомпозиції і композиції технологій транспортування; структурні зв'язки і багатопараметричні залежності для формування технологій перевезень, а також для аналізу інтегративної властивості транспортної системи. За результатами досліджень встановлено структуру розрахункових схем процесів відтворення транспортних послуг, що відповідають ресурсозберігаючому підходу до транспортних технологій; характеристики технологічної якості продукту транспорту; показник енергетичної ефективності рухомого складу, що є також коефіцієнтом його корисного функціонування як продуктотворного засобу транспортної праці і характеризує головну споживчу якість автомобіля на світовому ринку; показники технологічної ефективності рухомого складу в системі, які є порівняними по енерговіддачі перевезень і

відповідними принципу аддитивності енергетично еквівалентних витрат у транспортних операціях; правила, процедури і математичний апарат для рішення важливих задач транспортної системи: а) декомпозиції і композиції технологій перевезень; б) теоретичного синтезу технологічно-необхідної структури рухомого складу; в) композиційного проектування перевізного процесу на основі комбінаторної імітації процесів формування і використання ресурсів транспорту; високоякісні технічні ресурси варто реалізувати в такому сегменті ринку перевезень, у якому забезпечується максимальна енергоресурсна ефективність автомобіля; способи вирішення важливих задач розвитку складових транспортної системи в умовах ринкової економіки: раціональний розподіл ресурсів між перевізниками, підвищення техніко-технологічної конкурентоздатності транспортних пропозицій і забезпечення інтенсивного (за ресурсовіддачею перевезень) зросту на транспорті [18].

У роботі Душник В. Ф. розроблено метод заспокоєння руху в центральних частинах найзначніших та значних міст стримуванням транспортного потоку на підходах до них. Для вирішення зазначеної проблеми, насамперед, було визначено залежність ймовірної кількості дорожньо-транспортних пригод (ДТП) у зоні заспокоєного руху від середньої швидкості руху ТЗ. Ймовірність здійснення і кількість ДТП, що трапляються на певній ділянці вулично-дорожньої мережі (ВДМ) залежить, при інших рівних умовах, від середньої швидкості руху транспорту на цій ділянці [7]. Гіпотетичною формою зазначеної залежності є експоненційна залежність, що досить добре себе зарекомендувала при описі багатьох природних залежностей. Згідно інтуїтивному представленню, при  $V \rightarrow \infty$  кількість ДТП ( $N_{ДТП}$ ) має зростати до певного умовно постійного рівня, який залежатиме від інтенсивності руху транспорту і пішоходів. На користь експоненційної форми залеж-

ності  $N_{ДТП} = f(V)$  працюватиме також твердження про те, що із зростанням швидкості руху транспорту темп зростання  $N_{ДТП}$  поступово зменшується, тому що висока швидкість руху транспорту сама по собі примушує пішоходів бути уважнішими на проїзній частині дороги.

Математичне трактування прийнятої робочої гіпотези має вигляд

$$N_{ДТП} = N_0 \cdot (1 - e^{-\alpha V}), \quad (6)$$

де  $N_0$  – кількість можливих ДТП, до якої прямує  $N_{ДТП}$  при прямуванні  $V$  до нескінченності;

$\alpha$  – коефіцієнт, що враховує залежність  $N_{ДТП}$  від швидкості руху  $V$ .

У дисертації Боделан І. В. зроблено комплексний аналіз тенденцій розвитку існуючих логістичних систем і їхнього застосування до розподілу вантажопотоків (на прикладі країн Західної Європи); уперше розроблена логістична концепція управління діяльністю порту; запропоновано нову логістичну інтерпретацію двохетапної транспортної задачі лінійного програмування з неоднорідним вантажем і зроблене її узагальнення на стохастичний випадок; на основі цього побудована нова, більш точна математична модель логістичного розподільного центру (ЛРЦ); уперше досліджено аналітичними засобами за допомогою теорії марковських процесів зі знесенням вплив ступеня регулярності руху транспорту на рівень запасу вантажу в різних транспортно-логістичних системах (ТЛС); знайдено узагальнення класичної залежності місткості складу в перевантажувальному пункті від його вантажообігу на випадок непуассонівських потоків навантаженого та порожнього транспорту; уперше розроблена динамічна модель стохастичної оптимізації розподілу ван-

тажопотоків між ЛРЦ та пунктами призначення, яка враховує завіз вантажів на ЛРЦ маршрутними потягами; подальший розвиток одержали науково-методичні принципи побудови концепції регіональної ТЛС (на прикладі Українського Причорномор'я) на основі принципів логістики та інтермодалізму. У роботі запропоновано наступну модель оптимального розподілу вантажопотоків при доставці багатомономенклатурного вантажу із ЛРЦ у пункти призначення з їхньою проміжною перевалкою [5].

Нехай розглядається ЛРЦ, у якому знаходиться  $n$  видів вантажу в кількостях  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Ці вантажі потрібно доставити в  $m$  пунктів призначення, причому відомі потреби  $b_{ij}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $j = 1, 2, \dots, m$ , кожного пункту у вантажі кожного виду. Весь вантаж транспортується через  $r$  пунктів перевалки з пропускними спроможностями, рівними  $d_1, d_2, \dots, d_r$ . Модель оптимізації вантажопотоків записана в наступному вигляді: мінімізувати сумарні витрати на перевезення вантажів із ЛРЦ у пункти призначення

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r s'_{ik}(x_{ik}) + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r \sum_{j \in B_i} s''_{ikj}(y_{ikj}) \quad (7)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{k=1}^r x_{ik} \leq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^r y_{ikj} = b_{ij}, \quad j \in B_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ik} = \sum_{i=1}^n \sum_{j \in B_i} y_{ikj} \leq d_k, \quad k = 1, 2, \dots, r, \quad (10)$$

$$x_{ik}, y_{ikj} \geq 0, \quad \forall i, k, j, \quad (11)$$

де  $x_{ik}$  - кількість вантажу  $i$ -го виду, що перевозиться в  $k$ -й пункт перевалки;

$y_{ikj}$  - кількість вантажу  $i$ -го виду, що перевозиться з  $k$ -го перевалочного пункту в  $j$ -й пункт призначення;

$s'_{ik}(x_{ik})$  - вартість перевезення вантажу  $i$ -го виду в  $k$ -й пункт перевалки в кількості  $x_{ik}$ ;

$s''_{ikj}(y_{ikj})$  - вартість перевезення вантажу  $i$ -го виду з  $k$ -го пункту перевалки в  $j$ -й пункт призначення в кількості  $y_{ikj}$ .

У роботі Алфімова С. А. розроблено системи транспортного обслуговування вантажовласників на залізницях України (принципи призначення технологічних параметрів транспортного обслуговування й форми зовнішньої взаємодії), яка за рахунок оптимізації параметрів транспортних послуг для кожного перевезення забезпечує підвищення ефективності транспортного виробництва; методів оцінки ефективності цих систем і визначення доцільних сфер їх використання. В якості критерію ефективності підсистеми зовнішньої взаємодії і в цілому система транспортного обслуговування (СТО), прийнята маржинальна ресурсна ефективність – виграш ресурсів від проведення виробничої діяльності, у якій знаходять відображення зміни резервів галузі для покриття умовно-постійних витрат. До основних факторів ефективності СТО віднесено: оптимальність технологічних параметрів транспортного обслуговування; рівень організації технологічного процесу перевезень (визначає пряму витрату ресурсів по перевезенням з різними рівнями технологічних параметрів).

Технологічно-логістичні параметри транспортного обслуговування (ТЛПТО) представлені у вигляді вектору:

Технологічно-логістичні параметри транспортного обслуговування (ТЛПТО) представлені у вигляді вектору:

$$TЛПТО = [t_d, \beta_{пот}, ритм, compl, inf, serv, T] \quad (12)$$

де  $t_d$  – термін доставки вантажу, діб;

$\beta_{пот}$  – величина втрат вантажу, %;

$ритм$  – ритмічність перевезення (1 – ритмічне, 0 – неритмічне);

$compl$  – комплексність перевезення (1 – доставляння «від дверей до дверей», 0 – перевезення залізницею від станції до станції);

$inf$  – поінформованість вантажовласника про місцезнаходження вантажу в процесі перевезення (1 – є; 0 – відсутня);

$serv$  – рівень сервісу при оформленні та прийомі вантажу до перевезення (за ступенями градації);

$T$  – тариф на ТО [2].

Оскільки, в сучасній транспортній науці, певною мірою, актуалізовані наукові роботи в галузі управління вагонними парками країн СНД та Балтії, то окремим чином слід проаналізувати основні моделі оптимізації управління вагонопотоками з урахуванням іновагонів. На нашу думку, більш-менш повний аналіз цих моделей представлено у [17]: У відповідності до [17]: нехай в районах  $A_1, A_2, \dots, A_m$  мають відповідно,  $a_{1e}^{ce}, a_{2e}^{ce}, \dots, a_{me}^{ce}$  «своїх» порожніх вагонів типу «e» і  $a_{1e}^{ie}, a_{2e}^{ie}, \dots, a_{me}^{ie}$ , «чужих» порожніх вагонів того ж типу, і ці вагони повинні бути доставлені в пункти призначення  $B_1, B_2, \dots, B_n$ , при чому заявки даних пунктів складають, відповідно  $b_{1e}, b_{2e}, \dots, b_{ne}$ . Передбачається, що всі зая-

вки задовольняються і всі вагони доставлені (задача без надлишку і нестачі), тобто виконується рівняння балансу для всіх типів вагонів

$$\sum_{i=1}^m a_{ie} = \sum_{j=1}^n b_{je} \quad (e = 1, 2, \dots, N) \quad (13)$$

Експлуатаційні витрати щодо переміщення вагону з пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$  складають

$$\begin{aligned} \overline{C}_{ije} = & \delta \cdot K \cdot e_{e.c.}^{in} \cdot \frac{L_{ij}}{S_B} \cdot (1 + \\ & + \alpha_{nop}) \cdot 2 + e_{nt} \cdot \frac{L_{ij}}{S_B} \cdot (1 + \\ & + \alpha_{nop}) + e_{ns} \cdot L_{ij} \cdot (1 + \\ & + \alpha_{nop}) + a \end{aligned} \quad (14)$$

де  $e_{e.c.}^{in}$  - плата за один вагон – добу «чужого» вагону «РЖД», руб./добу;

$K$  - коефіцієнт збільшення плати за «чужий» вагон в залежності від часу знаходження на «РЖД» (до 15 діб  $K = 1$ ; від 15 до 30 діб  $K = 1,3$ ; більше 30 діб  $K = 3$ );

$e_{nt}$  - вартість одних вагоно–діб (залежать від витрат), руб./добу;

$e_{ns}$  - вартість 1 вагоно–кілометра, руб./ вагоно-км;

$S_e$  - середньодобовий пробіг вагону на російській території, руб./добу;

$L_{ij}$  - відстань по залізниці між пунктами  $A_i$  і  $B_j$ ;

$\delta$  - коефіцієнт приналежності вагона ( $\delta = 1$  для «чужого» вагона,  $\delta = 0$  для «свого»);

$\alpha_{nop}$  - коефіцієнт порожнього пробігу на «РЖД»;

$a$  - собівартість початково–кінцевих операцій, руб./ваг.

Якщо після завантаження в пункті  $B_j$  вагон з вантажем дійде до пункту до-

ставки, який знаходиться на відстані  $L_{jg}$

від  $B_j$ , то експлуатаційні витрати  $C_{ije}$  можна розрахувати за формулою (13) з

заміною  $L_{ij}$  на  $L_{jg}$ , а дохід від викорис-

тання вагона для доставки вантажу  $D_{jge}$  - по формулі

$$D_{jge} = \tilde{A}_e + \tilde{B}_e \cdot L_{jg} \quad (15)$$

де  $\tilde{A}_e, \tilde{B}_e$  - тарифні коефіцієнти, які застосовують при розрахунках величини плати за перевезення.

Для кожного з «чужих» вагонів в пункті  $B_j$  їх використання під наванта-

ження, точно так і їх доставка в пункт  $B_j$

доцільні лиш в тому випадку, якщо дохід від їх використання щодо переміщення

корисного вантажу із  $B_j$  в пункт достав-

ки буде меншим, ніж експлуатаційні витрати щодо переміщення цього вагону

спочатку від  $A_i$  до  $B_j$ , а потім з  $B_j$  в пункт доставки вантажу.

Нехай  $X_{ije}^{cv}$  - змінна величина, яка дорівнює кількості «своїх» порожніх ва-

гонів типу « $e$ », які направляються із  $A_i$  в  $B_j$ , а  $X_{ije}^{in}$  - аналогічна змінна для «чужих» вагонів. Тоді, задача може бути формалізована наступним чином: мінімізувати функцію

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^n \overline{\overline{C}}_{ije}^{cs} \cdot \overline{\overline{X}}_{ije}^{cs} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{e=1}^n \overline{\overline{C}}_{ije}^{in} \cdot \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} \rightarrow \min, \quad (16)$$

при обмеженнях

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^m \overline{\overline{X}}_{ije}^{cs} + \sum_{i=1}^m \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} &= b_{je}, (j = 1, 2, \dots, n; e = 1, 2, \dots, N); \\ \sum_{j=1}^n \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} &= a_{ie}^{in}; \sum_{j=1}^n \overline{\overline{X}}_{ije}^{cs} = a_{ie}^{cs}, (i = 1, 2, \dots, m; e = 1, 2, \dots, N) \end{aligned} \right\}; \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^m a_{ie}^{in} + \sum_{i=1}^m a_{ie}^{cs} = \sum_{j=1}^n b_{je}, (e = 1, 2, \dots, N); \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m D_{jge} \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} \geq \sum_{i=1}^m (\overline{\overline{C}}_{ije}^{in} \cdot \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} + \overline{\overline{C}}_{jge}^{in} \cdot \overline{\overline{X}}_{jge}^{in}); \quad (19)$$

$$\overline{\overline{X}}_{ije}^{cs} \geq 0, (j = 1, 2, \dots, n; e = 1, 2, \dots, N), \quad (20)$$

де  $\overline{\overline{C}}_{ije}^{cs}$  - вартість переміщення одного вагону із  $A_i$  в  $B_j$ , яку розраховано по формулі (13) при  $\delta = 0, (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, \dots, n; e = 1, 2, \dots, N), \overline{\overline{X}}_{ije}^{in} \geq 0;$   
 $\overline{\overline{C}}_{ije}^{in}$  - аналогічна вартість при  $\delta = 1$   
 $L_{ij} = L_{jg};$   
 $\overline{\overline{C}}_{jge}^{in}$  - аналогічна вартість при  $\delta = 1$   $L_{ij} = L_{jg}.$

однак, вона відноситься до задач лінійного програмування.

Розглянемо постановку та вирішення проблеми оптимального регулювання вагонопотоків з урахуванням вагонів, які належать трьом групам власників: ВАТ «РЖД», іноземним та іншим власникам. Оскільки доцільність використання «чужого» вагона оцінюється корисністю перевезення в ньому вантажу попутного напрямку, то задача зводиться до задачі подвійної оптимізації: порожнього пробігу вагонів та розвозу вантажу. Це є типовим для оптимального регулювання вагонопотоків, де часто застосовують методи багатокритеріальної оптимізації.

Задача, яка зведена до виразів (16-20), не являється транспортною задачею без надлишків та нестач в її класичній постановці через наявність нерівностей (19),

Нехай в пунктах  $A_1, A_2, \dots, A_N$  знаходяться порожні вагони, причому в пункті  $A_i$  відповідно  $a_{il}^{cs}$  «своїх» (влас-

ність ВАТ «РЖД») вагонів типу « $l$ »,  $a_{il}^{in}$  іноземних вагонів того ж типу та  $a_{il}^{inu}$  вагонів інших власників. Ці вагони повинні бути подані під навантаження в пунктах  $B_1, B_2, \dots, B_p$ , причому їх заявки по кожному типу вагонів « $l$ » складають відповідно  $b_{1l}, b_{2l}, \dots, b_{pl}$ . Після завантаження в пунктах  $B_1, B_2, \dots, B_p$  вагони повинні бути направлені в пункти доставки вантажу  $D_1, D_2, \dots, D_Q$ , і заявки цих пунктів на вантаж в одиницях вагонів складають  $d_{1l}, d_{2l}, \dots, d_{Ql}$  вагонів відповідно.

Нехай  $x_{ijl}$  - змінна величина, яка дорівнює числу порожніх вагонів, напрямку із пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$ . Так як вагони можуть бути трьох видів власності, то маємо

$$x_{ijl} = x_{ijl}^{cv} + x_{ijl}^{in} + x_{ijl}^{inu} \quad (21)$$

Якщо  $c_{ijl}$  - вартість (експлуатаційні витрати) доставки одного вагону типу « $l$ » із пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$ , то в якості цільової функції оптимізації переміщення порожніх вагонів можна взяти функцію

$$f_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P \sum_{l=1}^S (c_{ijl}^{cv} \cdot x_{ijl}^{cv} + c_{ijl}^{in} \cdot x_{ijl}^{in} + c_{ijl}^{inu} \cdot x_{ijl}^{inu}) \rightarrow \min \quad (22)$$

де  $S$  - загальна кількість вагонів, які приймають участь в перевезеннях.

Нехай  $y_{jkl}$  - змінна величина, яка дорівнює числу порожніх вагонів, напрямку із пункту  $B_j$  в пункт  $D_k$ , аналогіч-

но (20) отримуємо  $y_{jkl} = y_{jkl}^{cv} + y_{jkl}^{in} + y_{jkl}^{inu}$ , а відповідною цільовою функцією буде

$$f_2 = \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q \sum_{l=1}^S (c_{jkl}^{cv} \cdot y_{jkl}^{cv} + c_{jkl}^{in} \cdot y_{jkl}^{in} + c_{jkl}^{inu} \cdot y_{jkl}^{inu}) \rightarrow \min \quad (23)$$

До умов мінімізації (22) і (23) необхідно додати обмеження задачі (див. нижче), тоді отримаємо двокритеріальну задачу оптимізації. Відповідно до методу Парето ця задача може бути зведена до однокритеріальної задачі, якщо в якості цільової функції взяти

$$f = \omega_1 \cdot f_1 + \omega_2 \cdot f_2 \rightarrow \min \quad (24)$$

де  $\omega_1$  і  $\omega_2$  вагові коефіцієнти ( $\omega_1 + \omega_2 = 1$ ) можуть бути обрані виходячи з експортних оцінок.

Тепер про обмеження задачі. Перш за все, це будуть звичайні обмеження тра-

нспортної задачі лінійного програмування. Наприклад, якщо її розглядати, як задачу без надлишку та нестачі (дуже коротко – всі вагони відправляються і прибувають зі збереженням їх загальної кілько-

сті), то для  $x_{ijl}$  ці обмеження мають вигляд

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{cv} &= a_{il}^{cv}; \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{in} = a_{il}^{in}; \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{inu} = a_{il}^{inu}; \\ \sum_{i=1}^N (x_{ijl}^{cv} + x_{ijl}^{in} + x_{ijl}^{inu}) &= b_{jl}; \\ \sum_{i=1}^N (a_{il}^{cv} + a_{il}^{in} + a_{il}^{inu}) &= \sum_{j=1}^P b_{jl}. \end{aligned} \right\} \quad (25)$$

Аналогічні співвідношення можна записати для  $y_{jkl}$ .

Сформулюємо обмеження, які охарактеризують доцільність використання іноземних вагонів. Як відмічалось раніше, якщо дохід від перевезення в ньому вагону із пункту  $B_j$  в пункт  $D_k$  буде не

менше експлуатаційних витрат з пересування вагонів спочатку із пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$ , а з нього в пункт  $D_k$ . Математично такі умови (обмеження) приймають вигляд

$$\sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q D_{jkl} \cdot y_{jkl}^{in} \geq \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P c_{ijl}^{in} \cdot x_{ijl}^{in} + \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q c_{jkl}^{in} \cdot y_{jkl}^{in} \quad (l = 1, 2, \dots, S) \quad (26)$$

де  $D_{jkl}$  - дохід, який отримано з одного вагону типу « $l$ » при переміщенні його із пункту  $B_j$  в пункт  $D_k$ .

Умови (25) записані сумарно для всіх іноземних вагонів, але можуть бути розділені по групах вагонів, напрямком з одних і тих же пунктів.

Якщо з власниками вагонів підписані угоди, аналогічні, то для таких вагонів також можуть бути записані співвідношення вигляду (25).

Друга група обмежень, яка характеризує доцільність використання іноземних вагонів, пов'язана з наближенням їх до пункту передачі державі – власнику. Це означає, що сумарна відстань при переміщенні із пункту  $A_i$  в пункт  $B_j$ , звідти в  $D_k$ , після чого в  $E_r$  (пункт передачі вагонів) повинно бути не більше відстані між  $A_i$  та  $E_r$ . В термінах вартість умови приймає вид

$$c_{ijl}^{in} \cdot x_{ijl}^{in} + c_{jrl}^{in} \cdot y_{jkl}^{in} + c_{krl}^{in} \cdot y_{jkl}^{in} \leq c_{irl}^{in} \cdot x_{irl}^{in} \quad (27)$$

$(i = 1, 2, \dots, N), (j = 1, 2, \dots, P), (k = 1, 2, \dots, Q), (r = 1, 2, \dots, R), (l = 1, 2, \dots, S).$

Об'єднуючи все вищенаведене, за- токами в повному вигляді сформулюємо дачу оптимізації регулювання вагопо- наступним чином:

$$\begin{aligned}
 & \omega_1 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P \sum_{l=1}^S (c_{ijl}^{cg} \cdot x_{ijl}^{cg} + c_{ijl}^{ih} \cdot x_{ijl}^{ih} + p_{ijl} \cdot c_{ijl}^{ihuu} \cdot x_{ijl}^{ihuu}) + \\
 & \omega_2 \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q \sum_{l=1}^S (c_{jkl}^{cg} \cdot y_{jkl}^{cg} + c_{jkl}^{ih} \cdot y_{jkl}^{ih} + q_{jkl} \cdot c_{jkl}^{ihuu} \cdot y_{jkl}^{ihuu}) \rightarrow \min; \tag{28} \\
 & \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{cg} = a_{il}^{cg}; \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{ih} = a_{il}^{ih}; \sum_{j=1}^P x_{ijl}^{ihuu} = a_{il}^{ihuu}; \\
 & \sum_{i=1}^N (x_{ijl}^{cg} + x_{ijl}^{ih} + x_{ijl}^{ihuu}) = b_{jl}; \\
 & \sum_{i=1}^N (a_{il}^{cg} + a_{il}^{ih} + a_{il}^{ihuu}) = \sum_{j=1}^P b_{jl}; \\
 & \sum_{k=1}^Q y_{jkl}^{cg} = \sum_{i=1}^N x_{ijl}^{cg}; \sum_{k=1}^Q y_{jkl}^{ih} = \sum_{i=1}^N x_{ijl}^{ih}; \sum_{k=1}^Q y_{jkl}^{ihuu} = \sum_{i=1}^N x_{ijl}^{ihuu}; \\
 & \sum_{j=1}^P (y_{jkl}^{cg} + y_{jkl}^{ih} + y_{jkl}^{ihuu}) = d_{kl}; \\
 & \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q D_{jkl} \cdot y_{jkl} \geq \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P c_{ijl}^{ih} \cdot x_{ijl}^{ih} + \sum_{j=1}^P \sum_{k=1}^Q c_{jkl}^{ih} \cdot y_{jkl}^{ih}; \\
 & c_{ijl}^{ih} \cdot y_{ijl}^{ih} + c_{jrl}^{ih} \cdot y_{jkl}^{ih} + c_{krl}^{ih} \cdot y_{jkl}^{ih} \leq c_{irl}^{ih} \cdot x; \\
 & y_{jkl}^{cg} \geq 0; y_{jkl}^{ih} \geq 0; y_{jkl}^{ihuu} \geq 0; x_{ijl}^{cg} \geq 0; x_{ijl}^{ih} \geq 0; x_{ijl}^{ihuu} \geq 0; \\
 & (i = 1, 2, \dots, N), (j = 1, 2, \dots, P), (k = 1, 2, \dots, Q), (r = 1, 2, \dots, R), (l = 1, 2, \dots, S).
 \end{aligned}$$

Шляхом підбору коефіцієнтів  $\omega_1$  і  $\omega_2$ ,  $\omega_1 + \omega_2 = 1$ , наприклад, за допомогою експертів, задача (28) зводиться до задачі лінійного програмування, для якої існують готові алгоритми рішення, реалізовані в пакетах прикладних програм. Застосовуючи до значних полігонів залізниць з великою кількістю пунктів відправлення й призначення невеликим при вирішенні даної задачі є суттєва кількість

невдомих, що потребують використання дуже потужних комп'ютерів (промислових, або персональних).

В задачі (28) фігурує величина доходу  $D_{jkl}$ , яка розраховується за формулою

$$D_{jkl} = \tilde{A}_l + \tilde{B}_l \cdot \tilde{L}_{jk}, \tag{29}$$



де  $\tilde{L}_{jk}$  - відстань по залізниці між  $j$ -м та  $k$ -м пунктами слідування вагонів;

$\tilde{A}_l$  і  $\tilde{B}_l$  - тарифні коефіцієнти, які використовують при розрахунку величини плати за перевезення.

### Висновки

За результатами огляду основних наукових робіт по підвищенню ефективності транспортних систем встановлено те, що за останні десятиліття були виконані роботи, які присвячено: організації транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів; рішенню задачі раціональної потужності локомотива, тягових розрахунків і реконструкції транспортних засобів; проблемі розробки та впровадження економічної стратегії структурної реформи залізничного транспорту України; уточненню області застосування контейнерних перевезень, а також визначенню якісного та кількісного взаємозв'язку між параметрами технологічного процесу перевезень та ймовірністю вибору виду сполучення; теоретичним положенням системи управління морськими перевезеннями вантажів флотом судноплавної компанії; підвищенню ефективності транспортних систем шляхом раціональної організації руху автотранспортних засобів з урахуванням стану транспортної комунікації; підвищенню ефективності спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів, шляхом розробки і впровадження раціональних графіків спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів; теоретичним основам системного формування технологій автомобільних перевезень на етапах життєвого циклу автомобіля для задоволення довгострокових потреб у більш економічних і прогресивних схемах відтворення продукту, а також для підвищення ефективності транспортної системи

згідно концепції економії енергії та ресурсів; методу заспокоєння руху в центральних частинах найзначніших та значних міст стримуванням транспортного потоку на підходах до них; комплексному аналізу тенденцій розвитку існуючих логістичних систем і їхнього застосування до розподілу вантажопотоків (на прикладі країн Західної Європи); системі транспортного обслуговування вантажовласників на залізницях України (принципи призначення технологічно-логістичних параметрів транспортного обслуговування й форми зовнішньої взаємодії).

Як бачимо, з вищенаведеного у сучасній транспортній науці практично відсутні роботи, які присвячені: управлінню транспортом (всіма видами) в нових після радянських умовах; взаємодії між транспортними системами України, які б надавали відповідь на питання розвитку транспортних систем з урахування еволюції світового вантажо- і пасажиропотоку; дослідженню поступового впливу інформатизації на зменшення рівня розмежування по господарствам УЗ у ЗТС тощо. Теорія систем застосовувана локально і більше по відношенню до формального запису складових транспортної системи (за видами транспорту), а не до для удосконалення всієї транспортної системи, наприклад залізничної транспортної системи.

В цих умовах, вважаємо за правомочне і необхідне удосконалення залізничної транспортної системи на основі теорії систем із подальшою деталізацією, практично, по всіх складових цієї теорії (ідеологія, структура, мета, ресурси, елементи і підсистеми тощо).

### Список літератури

1. А. А. Босов, Н. А. Мухіна, Б. П. Піх Підвищення ефективності роботи транспортної системи на основі структурного аналізу. – Д.: Дніпропетр. нац. унту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2005. – 200 с.
2. Алфімов, С. А. Розробка гнучких систем транспортного обслуговування для

підвищення ефективності залізничних вантажних перевезень [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Алфімов Сергій Анатолійович ; Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Х., 2003. – 20 с.

3. Базові функції транспортної системи [Електронний ресурс] / Режим доступу : <http://velotransport.info/?p=1052>. Заголовок з екрану.

4. Бараш, Ю.С. Управління залізничним транспортом країни [Текст] / Ю.С.Бараш. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна, 2006. – 264 с.

5. Боделан, І. В. Методичні основи управління транспортуванням і складуванням вантажів у логістичних системах [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Боделан Ігор Володимирович ; Одеський національний морський університет. – Одеса, 2003. – 21 с.

6. Державна цільова програма реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1390-2009-п>. Заголовок з екрану.

7. Душник, В. Ф. Заспокоєння руху в центральних частинах міст стримуванням транспортних потоків [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Душник Володимир Феліксівич ; Національний транспортний університет. – К., 2003. – 19 с.

8. Единая транспортная система. Режим доступу: <http://www.bibliotekar.ru/enc-Tehnika/81.html>. Заголовок з екрану.

9. Калініченко, О. П. Підвищення ефективності спільної роботи вантажних автомобілів і вантажно-розвантажувальних засобів [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Калініченко Олександр Петрович ; Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Х., 2003. – 15 с.

10. Костюченко, С. М. Оцінка стану транспортних систем у задачах організації

руху автотранспортних засобів [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Костюченко Сергій Михайлович ; Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Х., 2003. – 25 с.

11. Ломотько, Д. В. Формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / Ломотько Денис Вікторович ; Українська державна академія залізничного транспорту. – Х., 2008. – 39 с.

12. Паспорт спеціальності 05.22.01 – транспортні системи. Режим доступу: <http://iem.nau.edu.ua/rada/rada04/passport.p> hr. Заголовок з екрану.

13. Системологія на транспорті: Підручник: У 5 кн. / За заг. ред. М.Ф.Дмитриченка. - К.: Знання України, 2005 - Кн. I: Основи теорії систем і управління / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. - 344 с.

14. Сілантьєва, Ю. В. Підвищення ефективності контейнерних перевезень [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01 / Сілантьєва Юлія Олександрівна ; Національний транспортний університет. – К., 2003. – 19 с.

15. Транспорт СССР. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/129097/СС> SR. Заголовок з екрану.

16. Транспортна система. Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Транспортна\\_система](http://uk.wikipedia.org/wiki/Транспортна_система). Заголовок з екрану.

17. Управление парками вагонов стран СНГ и Балтии на железных дорогах России: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / В. И. Ковалев, С. Ю. Елисеев, А. Т. Осьминин и др.; Под ред. В. И. Ковалева, С. Ю. Елисеєва, Е. Ю. Мокейчева. – М.: Маршрут, 2006. – 245 с.

18. Хабутдінов, Р. А. Системне формування технологій автомобільних перевезень за критеріями енерго- і ресурсовіддачі

[Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / Хабутдінов Рамазан Абдуллайович ; Національний транспортний університет. – К., 2003. – 43 с.

19. Шибает, О. Г. Система управління морськими перевезеннями вантажів і роботою флоту судноплавної компанії [Текст] : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.22.01 / Шибает Олександр Григорович ; Одеський національний морський університет. – Одеса, 2003. – 34 с.

### Анотації:

Виконано огляд основних наукових робіт по підвищенню ефективності транспортних систем. Виявлено основні резерви підвищення ефективно-

сті транспортних систем. Визначено необхідність удосконалення залізничної транспортної системи на основі теорії систем.

---

Выполнен обзор основных научных работ по повышению эффективности транспортных систем. Обнаружены основные резервы повышения эффективности транспортных систем. Определена необходимость усовершенствования железнодорожной транспортной системы на основе теории систем.

---

The review of the basic advanced studies is executed on the increase of efficiency of transport systems. Found out basic backlogs of increase of efficiency of transport systems. The necessity of improvement of a railway transport system is certain on the basis of theory of the systems.