

М. В. Підгорний, к.т.н, доцент,
А. А. Тимченко, д.т.н., професор
Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна
pmv1971pmv@gmail.com

НАУКОВІ ЗАСАДИ ТА МЕТОДИ СИСТЕМНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТРАНСПОРТІ

Викладено новий системний підхід в дослідженні складних систем логіко-динамічного класу. Наведено узагальнену системну модель як ефективний засіб розв'язання складних задач планування та керування у транспортній галузі. Показано, що основою стратегічного курсу будь-якого транспортного підприємства, його базовим принципом має стати реалізація проектних та програмних засобів, спрямованих на запровадження інноваційної моделі розвитку, структурної перебудови та зростання економічного потенціалу. Поліпшення ефективності складової роботи автомобільного транспорту вимагає вирішення значної кількості наукових та прикладних задач, які передбачають, в першу чергу, вдосконалення управління на підприємствах транспорту. Один із шляхів раціонального вирішення проблеми якості та ефективності логістичного сервісу системи перевезень вантажів та надання транспортних послуг полягає в її системному розгляді та оптимізації основних факторів на основі розроблення та ефективної реалізації організаційних, методичних, технічних і інформаційних засобів управління.

Ключові слова: транспортна інфраструктура; інформаційні технології; логіко-динамічна система; системна ефективність; логістичні процеси.

Вступ. Постановка проблеми.

Інтеграція транспортної системи України в світову спільноту висуває ряд організаційних, соціальних, технологічних та екологічних вимог до функціонування та розвитку її транспортного комплексу.

Інноваційний розвиток транспортних систем України передбачає розв'язання однієї із проблем невідповідності технічного та технологічного рівня вітчизняного транспорту європейським вимогам у зв'язку із тим, що більшість автотранспортних засобів є технічно і морально застарілими. Для її вирішення використовуються новітні інформаційні технології, що реалізують, формування й переробку інформації в різних областях виробничої діяльності підприємств.

В свою чергу розвиток інформаційних технологій в предметних областях народного-сподарського комплексу України впливає на ефективність і якість кінцевих результатів їх виробничої діяльності [1].

Об'єктом дослідження в роботі є процеси логістичного сервісу та надання транспортних послуг як окремим користувачам, так і організаціям.

Предметом дослідження є розвиток основ системного аналізу, методологічних і

теоретичних основ формалізації процесів обслуговування з позицій системного підходу, вдосконалення методів формалізації системних задач, розробка алгоритмів та процедур в сфері науково-технічної та соціальної діяльності людини.

Програма інформатизації інфраструктури транспортної галузі України в цілому відкриває принципово нові резерви поліпшення всього господарського механізму, дозволяє всі заходи раціоналізації керування перевести на наукову основу, забезпечує формування нового середовища отримання інформації, її переробку, поширення й перетворення в матеріальні фактори пов'язані з логістичними процесами як мирного так і військового спрямування [2, 4].

Актуальність дослідження.

Використання інформаційних технологій на автомобільному транспорті (АТ) дозволяє оперативно розв'язувати більшість задач обробки економічної інформації, планування й керування виробництвом, прогнозування, зміни окремих виробничих показників і ін.

Разом з тим необхідно відзначити, що існуючі інформаційні системи не повністю забезпечують розв'язок всього комплексу сучасних соціальних, економічних і виробничих

завдань розвитку й удосконалювання транспортної галузі. Частина логістичних процесів залишаються інформаційно не забезпеченими. Це й формує ряд нових задач необхідних для наступного наукового дослідження.

Мета роботи – розробка методологічних основ створення оптимізаційних методів логістичних процесів в умовах автотранспортного підприємства.

Побудова оптимальної структури є центральною задачею програмування, а апарат її підготовки і розв'язання створені на основі банку моделей інформаційної бази і методів моделювання та оптимізації. Системне проектування буде застосовуватися як процес побудови складних об'єктів, як ціле орієнтованих систем в базисах системних властивостей, системних ресурсів та структурах життєвих циклах ОНТ [3, 4].

Результатом такого підходу є створення в подальшому та впровадження в широкі експлуатаційні процеси системних інформаційних технологій з інтегрованими властивостями, котрі дають можливість оптимізувати загальносистемні характеристики та системні ресурси під єдину систему вимог, що в свою чергу дасть можливість вирішити ряд практичних задач:

– розробка методологічних основ оптимізації логістичних процесів, планування і

керування процесами досягнення заданих цілей на транспорті;

– розробка комплексної методики дослідження логістичних процесів як комплексу задач програмування життєвого циклу автотранспортного підприємства;

– розробка комплексної методики дослідження систем обслуговування;

– розробка рекомендацій щодо використання логістичних процесів в перевезенні вантажів, та наданні послуг перевезення;

– підвищення ефективності процесів в матеріально-виробничій системі АТП як об'єкту автоматизації на всіх етапах життєвого циклу, що має чіткий функціональний і економічний зміст.

Значимість дослідження для розв'язання економічних і соціальних проблем полягає у розробці методологічних основ створення оптимізаційних процесів на транспорті та розробці методології дослідження логістичних процесів (рис. 1).

Цей комплекс задач зводиться до проблем керування функціонуванням автотранспортного підприємства і задач обліку витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. Ці задачі розглядаються як цільова техніко-економічна структура, що на системній основі об'єднує в єдине ціле процеси проектування побудови і цільового використання автомобільної техніки.

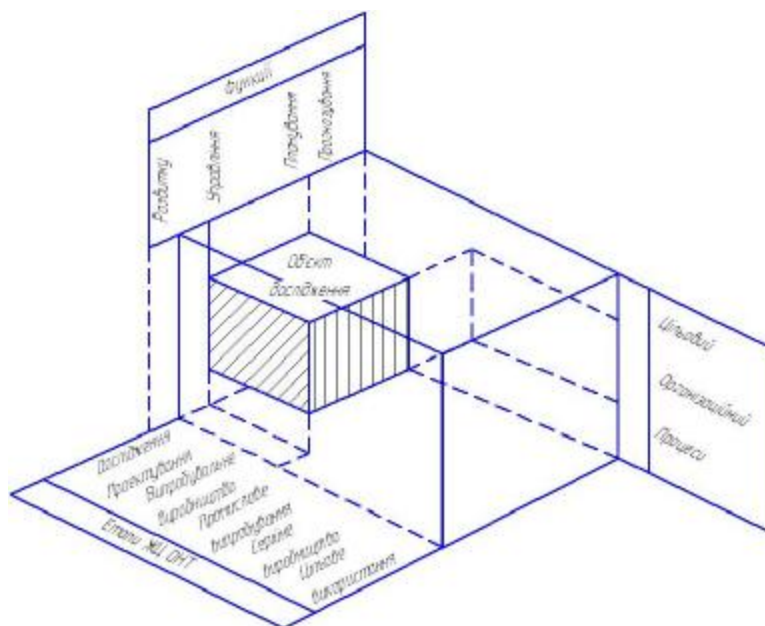


Рис. 1. Діаграма основних системних напрямків дослідження ефективності та якості логістичних процесів автотранспортної галузі

Системні дослідження в логістичні процеси. Значимість дослідження для розв'язання економічних і соціальних проблем полягає у розробці методологічних основ створення оптимізаційних процесів на транспорті та розробці методології дослідження логістичних процесів.

Цей комплекс задач зводиться до проблем керування функціонуванням автотранспортного підприємства і задач обліку витрат енергетичних та матеріальних ресурсів. Ці задачі розглядаються як цільова техніко-економічна структура, що на системній основі об'єднує в єдине ціле процеси проектування побудови і цільового використання автомобільної техніки.

Розбудовуючи основні напрямки підвищення ефективності роботи АТ, викладені в роботах [1, 2, 5], розглянемо з позицій системного підходу основні проблеми інформатизації виробничих процесів на АТ і підходи до їхнього розв'язку.

Методи інформатизації процесів на автомобільному транспорті. Виробничі процеси й інформаційне середовище інфраструктури АТ тісно взаємозалежні. З розвитком інфраструктури транспорту зростає нагромадження інформаційного середовища, що вимагає розвитку досягнень науково-технічного прогресу (НТП) в галузі комп'ютерної техніки, засобів передачі й відображення даних, реалізації нових інформаційних технологій для розв'язку завдань прогнозування, оптимального планування й керування. Інформатизація процесів, які відбуваються в автотранспортній галузі, забезпечує розкриття нових можливостей підвищення ефективності і якості їх функціонування на базі постановки й розв'язку нових задач. Створене в процесі інформатизації нове інформаційне середовище повинно мати унікальні властивості. Воно повинне не тільки оперативно надавати інформацію, але й накопичувати знання, формувати інтелектуальний потенціал який відповідає державним вимогам [2, 6].

Системна ефективність розв'язання комплексу задач управління і оптимізації логістичних процесів. Основні завдання інформатизації АТП були розглянуті в [1, 2], що забезпечують орієнтацію логістичних компаній на високі кінцеві результати діяльності, розглянуті в [2]. Причому, якщо логістичні задачі АТ можуть бути сформульовані у вигляді

деякого дерева цілей $\chi \{ \chi_j \}$, то розв'язання задач управління є потужним засобом їх досягнення, наприклад у вигляді деяких функцій і процедур. У цьому випадку реалізується пара системного підходу:

<цілі> – <засоби їх досягнення>.

Рішення наміченого комплексу завдань вимагає формування системних моделей як основи для постановки і реалізації напрямів концепції чотирьох "І": інтеграція, індивідуалізація, інтелектуалізація і інформатизація виробництва [4].

Розглянемо формування системної моделі для оптимізації логістичних процесів АТП, де ланцюг постачання – один з основних етапів ЖЦ АТП.

Системна модель є сімейство підсистем, що інтерпретують різні рівні процесів ланцюга постачань. Кожна підсистема є сукупність великих множин і відображень між множинами, що визначають структуру рівня.

Розглянемо цільовий рівень, рівень процесів і організаційний рівень (рис. 1).

Позначимо N множину натуральних чисел,

$$IR_i = \{x \in IR / x \geq 0\} \quad (1)$$

де $\beta(A)$ – множина усіх підмножин множини A . Прямим добутком сімейства множин $(A_i)_{i \in L}$ називається множина $\prod_{i \in L} A_i$ сімейств елементів $i \in L$, де $\in, \forall i \in L$. Прямою сумою сімейства множин $(A_i)_{i \in L}$ будемо множину $\bigcup_{i \in L} (A_i \times \{i\})$.

На цільовому рівні здійснюється планування трудових, матеріальних і фінансових ресурсів (закупівля і поставка матеріалів, сировини і напівфабрикатів; зберігання продукції та сировини; розподіл (включаючи відправку товарів зі складу готової продукції) та ін.), необхідних для досягнення наміченої мети, забезпечення заданого рівня технічної та технологічної готовності. Позначимо через S множину замовлень, що поступили; U – множина типів технологічного устаткування; M – множина професій; T – множина моментів часу ($T = IR_i$ або $T = \alpha N$, де $\alpha > 0$); J_m – множина кваліфікаційних розрядів для професії $m \in M$; J – пряма сума сімейства $(J_m)_{m \in M}$, яка характеризує професійно-кваліфікаційні типи. Нехай $\zeta_s: J \rightarrow N$ –

функція, що визначає для будь-кого $j \in J$ кількість $\zeta_s(j)$ логістів (робітників) типу j , необхідних для виконання логістичних робіт за замовленням S ; $\alpha_s: U \rightarrow N$ – функція, що визначає для будь-якого $u \in U$ необхідну кількість технологічного устаткування типу U , для виконання замовлення S ; t_s – тривалість виконання замовлення s .

В цьому випадку організаційний рівень може бути представлений підсистемою

$$\sum_1 = \{(\zeta_s, \alpha_s, t_s) / s \in S\}. \quad (2)$$

Рівень процесів характеризується варіантами технології виконуваних логістичних операцій, розподілом трудомісткості робіт. Позначимо P_s – множина постів і ділянок замовленням S ; $Q_s, w(f), f$ – множина логістичних операцій $f \in F_s$ при вибраному варіанті технологічного процесу w ; E_s, w – пряма сума сімейства $(Q_s, w(f), f), f \in F_s$. Назвемо E_s, w множиною робіт за замовленням S для варіанту w заданої структури w . Вважаємо, що відомі сімейства $(E_s, w), i \in I_s, w$ де E_s, w, i – множина робіт, які не можуть виконуватися одночасно, і $(V_s, w, e \in E_s, w$ де V_s, w, e – множина варіантів технології виконання роботи e . Нехай V_s, w – пряма сума сімейства $(V_s, w, e), e \in E_s, w$.

Позначимо $F_{s1} = F(P_s \times J, IR_t)$ множини функцій $\psi: P_s \times J \rightarrow IR_t$, що визначають для будь-яких $p \in P_s, j \in J$ трудомісткість $\psi(P, J)$ робіт на посту (логістичній операції) p , що доводяться на тип j . Функцію $\psi \in F_{s1}$ назвемо розподілом трудомісткості робіт. Розглянемо функції $\chi_{s,w}: V_{s,w} \rightarrow E_{s,w}$, де $\chi_{s,w}(v)$ – робота, до якої відноситься варіант технології $v \in V_s, w$; $\tau_{s,w}: V_{s,w} \rightarrow F_{s1}$, де $t_{s,w}$ – розподіл трудомісткості по логістичних постах, ділянках і професійно-кваліфікованих типах; $\sigma_{s,w}: E_{s,w} \rightarrow \beta(E_{s,w})$, де $\sigma_{s,w}(e)$ множина робіт, які мають бути завершені до початку роботи (e) ; $\gamma_{s,w}: E_{s,w} \rightarrow V_{s,w}$, де $\gamma_{s,w}(e) \in V_{s,w,e}; \forall e$,

$\gamma_{s,w}(e)$ – варіант технології виконуваних робіт $e \in E_{s,w}$.

Таким чином, технологічний рівень можна описати підсистемою

$$\sum_2 = (E_{s,w}, V_{s,w}, F_{s1}, \sigma_{s,w}, \gamma_{s,w}, \tau_{s,w}, \chi_{s,w}). \quad (3)$$

Організаційний рівень характеризує формування бригад логістів, розподіл виконавців і логістів по ділянках, постах і за часом (змінах) виконання робіт.

Позначимо K множину бригад. Нехай $F_{s0} = F(P_s \times J \times T, N)$ – множина функцій $\varphi: F_{s0} = F(P_s \times J \times T \rightarrow N)$, що визначають для будь-якого $p \in P_s, j \in J, i \in T$ – кількість виконавців типу j , що працюють на посту, ділянці p у момент часу $t \in T$. Функції $\varphi \in F_{s0}$ називатимемо розподілами виконавців. Розглянемо функції $\chi_{s,w}: V_{s,w} \times F_{s0} \times F_{s1} \rightarrow T$, де $\chi_{s,w}(v, \varphi, \psi)$ – час виконання робіт $\chi_{s,w}(v)$ по варіанту технології $v \in V_{s,w}$ при розподілі виконавців $u \in F_{s0}$ і розподілі робіт з урахуванням трудомісткості $\psi \in F_{s1}$; $P_{s,w}: V_{s,w} \times F_s \times J \rightarrow F(U, N)$, де $F(U, N)$ – множина відображень множини U в N ; $P_{s,w,v,p,j}(u)$ – множина технологічного і підійомно-транспортного устаткування, необхідного виконавцеві типу $j \in J$ при виконанні роботи.

Нехай функції $Q_k: J \rightarrow N$ визначають для кожного професійно-кваліфікаційного типу $j \in J$ кількість $Q_k(j)$ виконавців цього типу в бригаді $k \in K$, тобто задають розподіл виконавців по бригадах.

Організаційний рівень можна описати підсистемою

$$\sum_3 = (K, F_{s0}, (Q_k) k \in K) \quad (4)$$

Завдання системної оптимізації для даного етапу ЖЦ АТ сформулюємо таким чином.

Обмеження. Позначимо $t_{s1}(e)$ плановий момент початку роботи $e \in E_{s,w}$. Покладемо $\tilde{t}_{s1}(f) = \inf_{e \in \eta^{-1}S, w(f)} t_{s1}(e)$. Нехай $\beta_s: P_s \rightarrow N$ – функція, що визначає для будь-якого поста $p \in P_s$ його дислокацію $\beta_s(p)$.

Для всякої роботи $e \in E_{s,w}$ справедливо

$$t_{s1}(e) \geq \sup_{(e+k) \in \sigma_{s,w}(e)} (t_{s1}(e+k) - \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e+k))),$$

$$\varphi_{s,w,e} \tau_{s,w} \gamma_{s,w}(e+k),$$

що означає неможливість початку роботи $e \in E_{s,w}$ раніше, ніж будуть закінчені усі роботи $(e+k) \in \sigma_{s,w}(e)$.

Для будь-яких робіт $e, (e+k) \in E_{s,w}$ і будь-якого $i \in I_{s,w}$ справедлива рівність

$$t_{s1}(e); t_{s1}(e) + \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e), \varphi_{s,w,e}, \tau_{s,w}(e)) \\ \cap \int_{t_{s1}(e+k); t_{s1}(e+k) + \chi_{s,w}(e+k), \quad (5) \\ \varphi_{s,w}, \tau_{s,w}, \gamma_{s,w}(e+k)] \emptyset$$

Це обмеження виражає той факт, що роботи e і e' не можуть бути виконані одночасно.

Для будь-якого типу $u \in U$ і будь-якого моменту часу $t \in T$ справедлива нерівність

$$\sum_{e \in E_{s,w}} \sum_{p \in P_s} \sum_{j \in J} \varphi_{s,w,e}(p, j, t) \cdot P_{s,w} \gamma_{s,w}(e) P_j(U) \leq \alpha_s(u).$$

Це обмеження на матеріальні ресурси.

Для $j \in J$ і $\forall t \in T$ справедлива нерівність

$$\sum_{e \in \Phi_{s,w}^{-1}(k)} \sum_{p \in P_s} \varphi_{s,w,e}(P, j, t) \leq Q_k(j). \quad (6)$$

Це обмеження на трудові ресурси в бригадах. Для будь-кого $j \in J$ справедливо

$$\sum_{k \in K} Q_k(j) \leq \xi_s(j) \quad (7)$$

Критерій. Логістичний ланцюг є етапом ЖЦ АТ. Отже, критерій оптимальності для розглянутої системної моделі є локальний критерій для моделі більш високого рівня – моделі АТП.

Виходячи із структури глобального критерію оптимальності витікає, що як локальний критерій можна прийняти умови звернення в мінімум загальної тривалості ремонту і ТО, тобто

$$J_1 = \sup_{e \in E_{s,w}} (t_{s1}(e) + \chi_{s,w}(\gamma_{s,w}(e), \varphi_{s,w,e}, \tau_{s,w}, \gamma_{s,w}(e))) \rightarrow \min \quad (8)$$

Постановка і розв'язання задачі системної оптимізації дозволяють вибрати оптимальні варіанти технологічних процесів, склад і структуру бригад логістів та ін. [6].

Основні висновки. У роботі сформульовані деякі проблеми і сформовані підходи до інформатизації логістичних процесів на АТ. Прогрес інформаційних технологій в транспортній інфраструктурі розглядається в створенні баз даних, необхідних для розв'язку задач, що включають: розробку інформаційної технології цільового використання об'єктів і логістичних процесів; забезпечення оптимального функціонування АТ; оптимізацію логістичних операцій та формування сукупності нових проектних рішень.

Системна ефективність рішення комплексу логістичних завдань покликана сформувати нове інформаційне середовище, необхідне для вирішення усього комплексу завдань соціального, економічного, науково-технічного управління логістичними ланцюгами.

Список літератури

1. Левковець П. Р., Гедз Ю. М., Канарчук О. В. та ін. Системна ефективність на транспорті. К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. 216 с.
2. Підгорний М. В. Інформатизація виробничих процесів транспортної інфраструктури. *Вісник Черкаського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки.* Черкаси, 2014. № 1. С. 14–19.
3. Тимченко А. А., Підгорний М. В., Тьорло О. В. Структурний синтез законів управління. *Збірник XV Міжнародної конференції з автоматичного управління. (Автоматика – 2008).* Одеса, 2008. С. 941–944.
4. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: підручник у двох книгах. Книга 1. Основи САПР та системного проектування складних об'єктів / за ред. Бикова В. І. К.: Либідь, 2000. 272 с.
5. Тимченко А. А. Научные основы и методы управления в задачах автоматизированного проектирования логико-динамических систем: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. К.: ИК АН УССР, 1988. 480 с.
6. Тимченко А. А., Підгорний М. В., Бойко В. В. Системний аналіз задач синтезу структури системи метрологічного забезпечення автомобільного транспорту. *Сборник научных трудов международной научно-практической конференции. «Совре-*

менные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2009». Одесса, 2009. С. 76–78.

References

1. Levkovets, P. R., Gedz, J. M., Kanarchuk, A. V. and others (2002) System efficiency in transport. K.: NTU, IEET. 216 p.
2. Podhorny, M. (2014) Computerization of production processes of transport infrastructure. *Visnyk Cherkaskogo derzhavnogo tehnologichnogo universitetu. Seria: Tehnichni nauky*, № 1, pp. 14–19.
3. Timchenko, A. A., Podgorny, M. V., Torlo, A. V. (2008) Structural synthesis of control laws. *Proceedings of the XV International Conference on Automatic Control. (Automation – 2008)*. Odessa, pp. 941–944.
4. Timchenko, A. A. (2000) Fundamentals of system design and system analysis of complex objects: tutorial: in two books. Book 1. Fundamentals of CAD and system design of complex objects / ed. Bykov V. I. K.: Lybid, 272 p.
5. Timchenko, A. A. (1988) Scientific bases and methods of problem management of automated designing of logical and dynamic systems: Doctoral thesis in technical sciences. K.: IK AN USSR, 480 p.
6. Timchenko, A. A., Podhorny, M. V., Boyko, V. V. (2009) System analysis of structure synthesis tasks of metrological support system for motor-car transport. *Collection of scientific works of the international scientific-practical conference. "Modern problems and their solutions in science, transport, manufacturing and education 2009"*. Odessa, pp. 76–78.

M. V. Pidhorny, *Ph.D., associate professor*,
A. A. Timchenko, *Dr. Tech.Sc., professor*
Cherkassy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkassy, 18006, Ukraine
pmv1971pmv@gmail.com

SCIENTIFIC BASES AND METHODS FOR SYSTEM STUDIES OF TRANSPORT LOGISTIC PROCESSES

A new system approach for studying logic and dynamic systems is shown. A generalized system model as an effective method of solving some complex problems of planning and management is given. The paper demonstrates that the basis of the strategic course of any transport company, its basic principle should become the realization of project and program tools aimed at implementing innovative model of development, structural rebuilding and growth of economic potential. The improvement of automobile transport work efficiency demands to solve a significant amount of scientific and applied tasks which foresee, first of all, the improvement of management at transport enterprises. One of the ways of rational solving quality and efficiency of logistics services problems of transporting and giving transport services shows its system consideration and optimization of the system main factors based on working out and effective realization of organizational, methodological, technical and informative methods of management.

Keywords: *transport infrastructure; Information Technologies; logical and dynamic systems; system efficiency, logistic processes.*

Статтю представляє А. А. Тимченко, д.т.н, професор, Черкаський державний технологічний університет.