

*Проведено аналіз основних логістичних принципів, що можуть бути застосовані при розробці та управлінні маршрутною системою міського пасажирського транспорту. Розглянуто логістичний принцип стійкості і адаптивності системи, наведена методика визначення ймовірності відмови в роботі маршруту внаслідок відмови транспортного засобу та з урахуванням ймовірності затору на маршруті*

*Ключові слова: міська логістика логістичні принципи, міський пасажирський транспорт, маршрутна система, ймовірність, маршрут*

*Проведен анализ основных логистических принципов, которые могут быть применены при разработке и управлении маршрутной системой городского пассажирского транспорта. Рассмотрен логистический принцип стойкости и адаптивности системы, представлена методика определения вероятности отказа в работе маршрута в результате отказа транспортного средства и с учетом вероятности затора на маршруте*

*Ключевые слова: городская логистика, логистические принципы, городской пассажирский транспорт, маршрутная система, вероятность, маршрут*

# ЛОГІСТИЧНІ ПРИНЦИПИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ МІЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

**К. Є. Вакулєнко**

Кандидат технічних наук\*

E-mail: vakulenko.e@mail.ru

**В. К. Доля**

Доктор технічних наук, професор\*

\*Кафедра транспортних систем і логістики

Харківський національний університет міського

господарства ім. О. М. Бекєтова

вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків,

Україна, 61002

## 1. Вступ

Аналіз вітчизняних і зарубіжних публікацій в області логістики, дозволяє визначити, що все частіше при вдосконаленні маршрутів перевезення вантажів і пасажирів в умовах великих міст використовуються логістичні принципи управління або принципи, що лежать в основі міської логістики (City Logistics) [1].

Це формування міських логістичних центрів та інтелектуальних транспортних систем, що вплинуть на економічний та екологічний ефект міської системи перевезення пасажирів і вантажів [2]. Метою міської логістики є задоволення потреб жителів міста; раціональна організація в просторі і в часі матеріального і соціального потоків; максимальна орієнтація усієї виробничо-господарської діяльності муніципальних підприємств на задоволення потреб населення [3].

До основних задач міської логістики відносять [3]: інтеграція міста в одне креативне ціле; раціоналізація матеріальних і соціальних потоків в муніципальному господарстві; максимізація завантаження виробничої потужності підприємств муніципального господарства; економія матеріальних ресурсів на всіх стадіях матеріального потоку; оптимізація витрат на виробництво та реалізацію готової продукції та послуг населенню.

На теперішній час в зарубіжних публікаціях все частіше приділяється уваги до впливу транспортної

мережі, транспортної інфраструктури на функціонування міста та використанню принципів логістики в системі міських перевезень.

З огляду на тенденцію розвитку та впровадження принципів логістики при організації міських пасажирських перевезень тема роботи є актуальною.

## 2. Постановка проблеми

Стрімкий розвиток суспільства у всіх сферах життя обумовлює збільшення соціально-побутових і виробничих потреб населення міст, при цьому рухливість населення неухильно зростає, що призводить до її перерозподілу з міського масового пасажирського транспорту на особистий. У цих умовах важливим є застосування таких методів організації та вдосконалення міських пасажирських перевезень, що будуть відповідати вимогам всіх учасників транспортного процесу.

Метою роботи є адаптація логістичних принципів до управління системою міськими пасажирськими транспортними системами.

В рамках роботи були сформовані наступні задачі:

– аналіз основних принципів управління, що застосовуються до логістичних систем;

– застосування основних логістичних принципів управління в системі міських пасажирських перевезень;

– реалізація принципу стійкості та адаптивності системи міського пасажирського транспорту.

### 3. Аналіз літератури

Міська логістика є новим механізмом управління потоками об'єктів в умовах муніципального району. В роботі [4] зазначено, що в компетенцію муніципального району входить управління перевезеннями, що пов'язані з трудовими, культурно-побутовими та ін. пересуваннями мешканців міста. Під муніципальним районом розуміється мегаполіс, як велика логістична система.

Для вдосконалення роботи системи міського пасажирського транспорту в роботі [5] пропонується формування мезологістичної системи міського пасажирського транспорту (МПТ), що представляє собою організаційно-управлінського механізму координації і інтеграції пасажиропотоків та адаптація логістичного інструментарію до транспортних процесів. Одним з принципів логістики громадського МПТ є вдосконалення організації та роботи МПТ відповідно до потреб суспільства в перевезеннях [6].

В роботі [7] сформовані основні принципи управління логістичною системою: системний підхід; принцип загальної оптимізації; принцип логістичної координації та інтеграції; принцип управління якістю; принцип загальних витрат системи; принцип стійкості і адаптивності системи. Також в роботі виділені основні елементи логістичної системи міських пасажирських перевезень, такі як підприємство-перевізник, замовник перевезень та пасажир, та рух інформаційних, фінансових та потоку послуг між ними. При цьому в роботі не представлена маршрутна система, як окремо виділений елемент логістичної системи міських пасажирських перевезень, та не зрозуміло як представлені в роботі принципи управління застосовуються до яких елементів системи міського пасажирського транспорту.

### 4. Адаптація логістичних принципів до управління системою міських пасажирських перевезень

Найважливішим елементом міських пасажирських транспортних систем є маршрутна система, що включає сукупність трас і потужностей маршрутів. Маршрутною системою (МС) називають ув'язану територіально і в часі сукупність маршрутів всіх і окремих видів МПТ, що обслуговують міські пасажирські перевезення в межах заданої транспортної мережі [8]. Під територіальною ув'язаністю маршрутної системи розуміють узгоджене з об'ємами перевезень пасажирів розміщення на плані міста маршрутів якого-небудь одного і різних видів МПТ, їх кінцевих зупинок, зупиночних пунктів і інших лінійних споруд. Під ув'язаністю у часі розуміється узгодження режимів роботи маршрутів у часі та розкладів руху транспортних засобів, які обслуговують різні маршрути [9].

МС міського пасажирського транспорту (МПТ) повинна проектуватись, аналізуватись і оптимізуватись тільки системою. При інших рівних умовах МС визначає і рівень транспортного обслуговування населення,

і економічні показники роботи транспортних підприємств. Тому транспортні підприємства організують систематичне вивчення МС і постійно коригують її для приведення у відповідність з об'ємами перевезень, що освоюються [10].

Вище сказане та основні вимоги до функціонування МС [8] дозволяють адаптувати основні логістичні принципи до формування та управління МС МПТ.

*Принцип управління якістю* – забезпечення надійності функціонування кожного елемента системи МПТ та забезпечення якості перевезень. До даного принципу можна віднести

– безпеку всіх елементів системи МПТ для пасажирів, іншого транспорту та пішоходів, що забезпечується надійністю роботи ТЗ, дорожніх споруд, пристроїв регулювання руху та системи електропостачання МЕТ;

– зручність користування МПТ, що оцінюється розташуванням та обладнанням зупиночних пунктів, регулярністю руху, часом очікування транспорту, зручністю посадки та висадки пасажирів;

– витрати транспортного часу та транспортну стомлюваність пасажирів.

*Принцип загальних витрат системи* – врахування всієї сукупності витрат, що пов'язані з організацією транспортних послуг, а також з інформаційними та фінансовими витратами всієї системи. Тобто експлуатаційна економічність системи МПТ – мінімум капітальних та експлуатаційних витрат;

Принцип стійкості і адаптивності системи – гнучкість системи МПТ, її маневреність, тобто легка адаптація до зміни пасажиропотоків. Маневреність МПТ забезпечується:

– маневреністю ТЗ – можливість безперервного продовження руху на маршруті при зупинці того чи іншого ТЗ за умови втрати його можливості до самостійного пересування;

– маневреністю транспортної мережі – мінімум витрат часу та коштів, що пов'язані з розширенням або зміною транспортної мережі або втрат, що пов'язані з її скороченням;

– маневреністю маршрутної системи – можливість оперативної зміни маршрутів, призначення тимчасових маршрутів;

– гнучкістю системи організації руху – швидкість отримання інформації про фактичні величини пасажиропотоків і можливість оперативного втручання в процес перевезення з метою приведення його до відповідності з фактичними потребами населення в перевезеннях.

Розглянемо більш детально деякі аспекти принципу стійкості і адаптивності системи виходячи з застосування логістичних принципів на міському пасажирському транспорті. З сучасних видів наземного МПТ найбільш маневреним є автобус та найменш – трамвай, виходячи з важкості зміни рельсової мережі та відсутності можливості обгону аварійних ТЗ на лінії.

Тому при розробці маршрутної мережі та подальшому управлінні системою МПТ актуальним є питання ймовірності відмови в роботі трамвайних маршрутів. Розглянемо ситуації відмови в роботі трамвайних маршрутів з причини аварії ТЗ на маршруті, та можливості затору.

Таблиця 1

Розглянемо методику визначення ймовірності відмови в роботі маршруту внаслідок відмови транспортного засобу.

На маршруті працює  $n$  трамваїв, при відмові однієї одиниці робота маршруту зупиняється.

Маршрут працює, якщо всі транспортні засоби працюють (подія  $\bar{T}$ ) та зупиняє свою роботу, якщо наступить хоча б одна подія  $T_i$  (аварія чи поломка  $i$ -того транспортного засобу), при цьому події  $T_i$  в сукупності є незалежними.

Ймовірність відмови (аварії)  $i$ -того транспортного засобу

$$P(T_i) = p_i, \tag{1}$$

де  $p_i$  – ймовірність відмови (аварії)  $i$ -того транспортного засобу.

Ймовірність безвідмовної роботи  $i$ -того транспортного засобу

$$P(\bar{T}_i) = 1 - p_i = q_i, \tag{2}$$

де  $q_i$  – ймовірність безвідмовної роботи  $i$ -того транспортного засобу.

Ймовірність зупинки роботи маршруту

$$P(A) = 1 - P(\bar{T}) = 1 - \prod_{i=1}^n q_i = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i), \tag{3}$$

де  $n$  – кількість транспортних засобів на маршруті.

Якщо на маршруті працюють однотипні транспортні засоби з рівними значеннями ймовірностей відмови  $p_i = p$ , то ймовірність відмови маршруту можна визначити наступним чином

$$P(A) = 1 - (1 - p)^n. \tag{4}$$

Слід зазначити, що ймовірність події «один транспортний засіб не працює, інші працюють» можна визначити за формулою

$$P(B_i) = p_i \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (1 - p_j), \tag{5}$$

з подальшим пошуком ймовірності появи тільки однієї з подій описується наступним чином

$$P\left(\sum_{i=1}^n B_i\right) = \sum_{i=1}^n p_i \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n (1 - p_j). \tag{6}$$

Розглянемо ситуацію, коли на маршруті працюють однотипні транспортні засоби з рівними значеннями ймовірностей відмови  $p_i = p$ , при цьому розглянемо маршрути з  $n = 5, \dots, 10$  од. Ймовірність відмови (аварії)  $i$ -того транспортного засобу  $p_i$  на реальних трамвайних маршрутах може приймати різні значення в залежності від низки факторів, що характеризують роботу трамвайних маршрутів. З табл. 1 видно, що розрахунок ймовірності відмови маршруту  $P(A)$  ведеться при варіюванні ймовірності відмови (аварії)  $i$ -того транспортного засобу  $p_i$  з шагом 0,02 доти доки  $P(A)$  не буде дорівнювати 1.

Ймовірності відмови маршруту

Ймовірність відмови (аварії) $i$ -того транспортного засобу	Кількість транспортних засобів на маршруті ( $n$ )					
	5	6	7	8	9	10
0,100	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61	0,65
0,120	0,47	0,54	0,59	0,64	0,68	0,72
0,140	0,53	0,60	0,65	0,70	0,74	0,78
0,160	0,58	0,65	0,70	0,75	0,79	0,83
0,180	0,63	0,70	0,75	0,80	0,83	0,86
0,200	0,67	0,74	0,79	0,83	0,87	0,89
0,220	0,71	0,77	0,82	0,86	0,89	0,92
0,240	0,75	0,81	0,85	0,89	0,92	0,94
0,260	0,78	0,84	0,88	0,91	0,93	0,95
0,280	0,81	0,86	0,90	0,93	0,95	0,96
0,300	0,83	0,88	0,92	0,94	0,96	0,97
0,320	0,85	0,90	0,93	0,95	0,97	0,98
0,340	0,87	0,92	0,95	0,96	0,98	0,98
0,360	0,89	0,93	0,96	0,97	0,98	0,99
0,380	0,91	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99
0,400	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99
0,420	0,93	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00
0,440	0,94	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
0,460	0,95	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
0,480	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
0,500	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00
0,520	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
0,540	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,560	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,580	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,600	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,620	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,640	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,660	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,680	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,700	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,720	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00



Рис. 1. Ймовірність зупинки роботи маршруту при різних кількостях транспортних засобів ( $n=5, 6, 7, 8, 9, 10$ )

Результати розрахунків наведені в табл. 1. Представлені залежності ймовірності відмови трамвайного маршруту (рис. 1) свідчать про те, що при збільшенні ймовірності відмови і-го ТЗ, ймовірність відмови маршруту значно швидше збільшується зі зростанням кількості ТЗ, що працюють на маршруті.

Надалі розглянемо методику визначення ймовірності відмови в роботі маршруту з урахуванням ймовірності затору на маршруті.

В такому випадку ймовірність зупинки роботи маршруту можна визначити

$$P(A) = 1 - (1 - P_{\text{затору}})^n \prod_{i=1}^n q_i = 1 - (1 - P_{\text{затору}})^n \prod_{i=1}^n (1 - p_i) \quad (7)$$

де  $n$  – кількість транспортних засобів на маршруті;  $P_{\text{затору}}$  – ймовірність виникнення затору на маршруті.

Якщо на маршруті працюють однотипні транспортні засоби з рівними значеннями ймовірностей відмови  $p_i = p$ , то ймовірність відмови маршруту можна визначити наступним чином

$$P(A) = 1 - (1 - P_{\text{затору}})(1 - p)^n \quad (8)$$

Виходячи з табл. 1 приймаємо ймовірність затору на трамвайному маршруті з відокремленим рухом рівною 0,05. Розглянемо ситуацію, коли на маршруті працюють однотипні транспортні засоби з рівними значеннями ймовірностей відмови  $p_i = p$ , при цьому розглянемо маршрути з  $n = 5, \dots, 10$  од. Розрахунки представлені в табл. 2 та на рис. 2.

Таблиця 2

Ймовірності відмови маршруту з урахуванням ймовірності затору  $P_{\text{затору}} = 0,05$

Ймовірність відмови (аварії) і-того транспортного засобу	Кількість транспортних засобів на маршруті					
	$p_i$	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7
0,100	0,44	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67
0,120	0,50	0,56	0,61	0,66	0,70	0,74
0,140	0,55	0,62	0,67	0,72	0,76	0,79
0,160	0,60	0,67	0,72	0,76	0,80	0,83
0,180	0,65	0,71	0,76	0,81	0,84	0,87
0,200	0,69	0,75	0,80	0,84	0,87	0,90
0,220	0,73	0,79	0,83	0,87	0,90	0,92
0,240	0,76	0,82	0,86	0,89	0,92	0,94
0,260	0,79	0,84	0,88	0,91	0,94	0,95
0,280	0,82	0,87	0,90	0,93	0,95	0,96
0,300	0,84	0,89	0,92	0,95	0,96	0,97
0,320	0,86	0,91	0,94	0,96	0,97	0,98
0,340	0,88	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99
0,360	0,90	0,93	0,96	0,97	0,98	0,99
0,380	0,91	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99
0,400	0,93	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
0,420	0,94	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00
0,440	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00
0,460	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
0,480	0,96	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
0,500	0,97	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
0,520	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
0,540	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,560	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,580	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
0,600	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,620	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,640	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,660	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,680	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,700	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,720	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

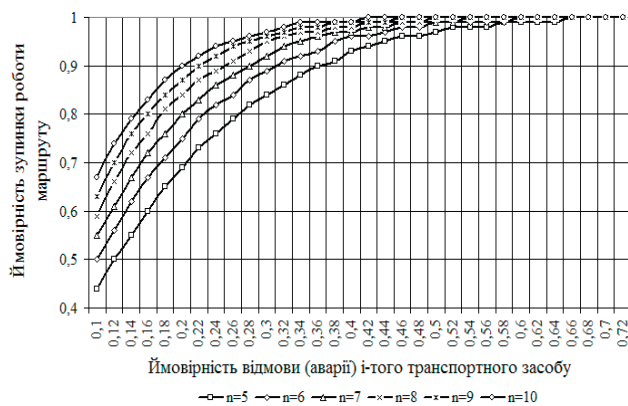


Рис. 2. Ймовірність зупинки роботи маршруту при різній кількості транспортних засобів ( $n=5, 6, 7, 8, 9, 10$ ) та з урахуванням ймовірності затору  $P_{\text{затору}} = 0,05$

Як і для залежностей, що представлені на рис. 1, ймовірність відмови маршруту з урахуванням ймовірності затору  $P_{\text{затору}} = 0,05$  (рис. 2) також значно швидше збільшується зі зростанням кількості ТЗ, що працюють на маршруті.

### 5. Висновки

В статті проаналізовано основні принципи управління, що застосовуються до логістичних систем. Проведено адаптацію основних логістичних принципів до організації та управління системою МПТ, виходячи з основних вимог до функціонування МС.

Приділено увагу логістичному принципу стійкості та адаптивності, який в рамках управління системою МПТ характеризується маневреністю маршрутної системи. З сучасних видів наземного МПТ найменш маневреним є трамвай, виходячи з важкості зміни рельсової мережі та відсутності можливості обгону аварійних ТЗ на лінії.

Розрахунок ймовірностей відмови маршруту проводився для умовних маршрутів з різною кількістю транспортних засобів ( $n=5, \dots, 10$  од). Ймовірність відмови (аварії) і-того транспортного засобу на реальних трамвайних маршрутах може приймати різні значення в залежності від низки факторів, що характеризують роботу трамвайних маршрутів. Виходячи

з цього. ймовірність відмови маршруту  $P(A)$  проводилось при варіюванні ймовірності відмови (аварії)  $i$ -того транспортного засобу з шагом 0,02 доти доки  $P(A)$  не буде дорівнювати 1. Отримані значення ймовірностей свідчить про те, що при збільшенні ймовірності відмови  $i$ -го ТЗ, ймовірність відмови маршруту значно швидше збільшується зі зростанням кількості ТЗ, що працюють на маршруті.

Використання представленої методики визначення ймовірності відмови в роботі трамвайного маршруту внаслідок відмови транспортного засобу та з

урахуванням ймовірності затору на маршруті при формуванні чи удосконаленні маршрутної мережі надає змогу оперативної зміни маршрутів, призначення тимчасових маршрутів, можливість оперативного втручання в процес перевезення з метою задоволення потреб населення в перевезеннях.

Також отримані результати є корисними при організації маршрутів міського електричного транспорту, що потребує сталих пасажиропотоків великих потужностей та розвинених транспортних шляхів сполучення.

### Література

1. Fischer, Mario *Okologische Dimension der Logistik: evolutorisch-entropische Systemanalyse okonomischer Prozesse* [Text] / Mario Fischer, Mit einem Geleitw, von Peter Klaus. – Wiesbaden: Dt. Univ.-Vlg.; Wiesbaden: Gabler, 1995 (Gabler Edition Wissenschaft) Zugl.: Erlangen, Nurnberg, Univ., Diss., 1994. – 173 p.
2. Urban Logistics – ACEA [Electronic resource] / Available at: <http://www.acea.be/industry-topics/tag/category/urban-logistics>.
3. Городская логистика [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Городская\\_логистика](http://ru.wikipedia.org/wiki/Городская_логистика).
4. Губенко, В. К. Логистическая централизация материальных потоков: теория и методология логистических распределительных центров [Текст] : монография / В. К. Губенко. – Донецк: Институт экономики и промышленности, 2007. – 495 с.
5. Исик, Л. В. Интерфейс мезологической системы городского пассажирского транспорта [Текст] / Л. В. Исик // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2011. – Вып. 3 (16). – С. 128–130.
6. Логистика: общественный пассажирский транспорт [Текст] : уч. для ВУЗов / под ред. Л. Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 224 с.
7. Мальчикова, А. Г. Организация логистических потоков в системе городских пассажирских перевозок [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. Г. Мальчикова. – Санкт-Петербург, 2000. – 18 с.
8. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
9. Вдовиченко, В. А. Эффективность функционирования городского пассажирского транспортной системы [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / В. А. Вдовиченко. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 193 с.
10. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст]: підр. / В. К. Доля. – Харків: «Вид-во «Форт», 2011. – 504 с.