

Горяинов А.Н., к.т.н., Алпеева А.В., аспирант

ХНАГХ, г. Харьков

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА В ГОРОДЕ

*Рассмотрены вопросы описания работы грузового транспорта в городе. Представлена классификация критериев эффективности работы грузового транспорта с позиции работы транспортного предприятия, логистической системы, функционирования транспортной системы, «CITY LOGISTICS». Предложена модель работы грузового транспорта в городе с учетом городского электрического транспорта.*

### **Введение**

Значительная часть логистических операций на пути движения материального потока от первичного источника сырья до конечного потребления осуществляется с применением различных транспортных средств [1]. В практике работы реальных логистических систем возникают ситуации, когда транспортировка груза осуществляется с помощью грузового автомобильного и других видов транспорта, в частности городским электрическим транспортом. При таком транспортном обслуживании участников логистической системы возникают вопросы об оценке качества работы грузового транспорта. Поэтому исследование методов и моделей работы грузового транспорта позволит определить возможные и перспективные пути повышения эффективности функционирования транспортно-логистических систем города.

### **Обзор литературы**

При анализе литературных источников была выявлена совокупность разрозненных критериев оптимальности, используемых при описании работы грузового транспорта (автомобильного), среди них: производительность транспортных средств, потери продуктов в процессе транспортировки, приведенные затраты и ее составляющая – себестоимость перевозок, прибыль автотранспортного предприятия и т.д. [1-3]. В условиях неравномерности спроса на перевозки достаточно тяжело сгенерировать объем перевозки груза и, тем более, трудоемкость операций, выполняемых водителем. Кроме того, доставка груза в логистической системе может осуществляться городским электрическим транспортом (трамвай, троллейбус). Соответственно, указанные показатели не смогут оценить эффективность работы грузового транспорта для единой транспортно-логистической системы. Решение задачи в такой постановке в литературе по организации работы грузового транспорта в рамках городской логистической системы не представлено.

### **Цель работы**

Целью данного исследования является математическое описание работы грузового транспорта в городе при смешанном автомобильно-электрическом сообщении. Пример использования такого сообщения представлен на рис. 1. На данной схеме представлена логистическая система, которая включает два производителя, распределительный центр и несколько получателей. При этом доставка груза от производителей до распределительного центра осуществляется с помощью городского электрического транспорта ГЭТ (трамвай, троллейбус), а от распределительного центра автомобильным транспортным развозится к потребителям.

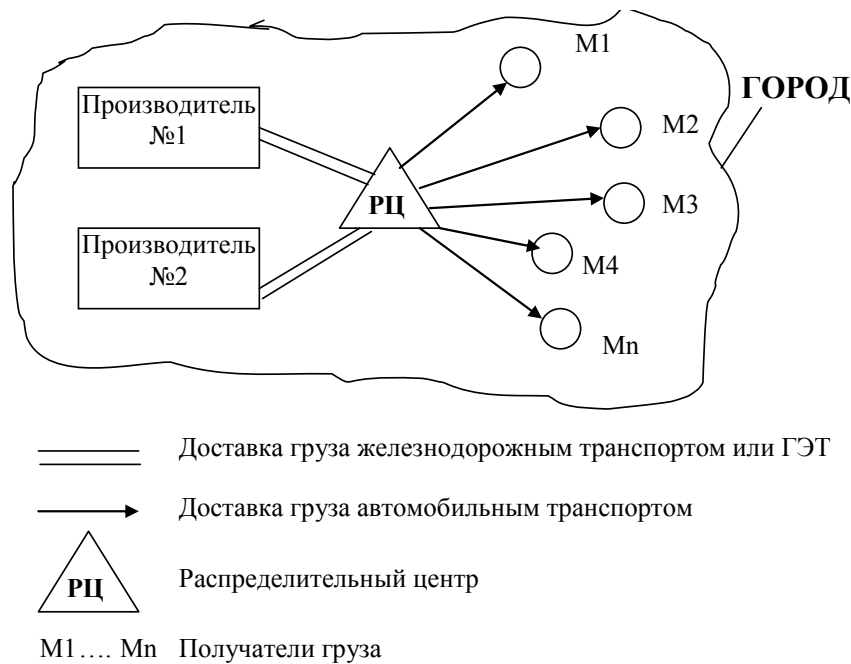


Рис.1. Схема транспортных связей в логистической системе города

### Основной раздел

Большинство отечественных и зарубежных исследователей сходятся во мнении, что для всех задач планирования перевозок невозможно использовать единый критерий. В каждом отдельном случае критериальную функцию следует конструировать специально с учетом специфических обстоятельств [2]. В связи с этим можно предположить следующую группировку подходов к математическому описанию работы грузового транспорта (на основании [2, 4-6]):

1. С позиции работы транспортного предприятия.
2. С позиции функционирования транспортной системы.
3. С позиции работы логистической системы.
4. С позиции «CITY LOGISTICS».

Классификация критериев эффективности представлена на рис. 2.

В первом блоке («С позиции работы транспортного предприятия») представлены показатели эффективности отдельных процессов транспортировки. Во второй блоке («С позиции работы транспортной системы») представлены показатели, учитывающие особенности транспортных систем, например дорожную составляющую при транспортировке груза. В третьем блоке («С позиции работы логистической системы») учитываются показатели работы всех участников логистической системы как единого транспортно-логистического комплекса. В четвертом блоке («С позиции функционирования CITY LOGISTICS») представлены показатели, характеризующие логистическую и транспортную деятельность предприятий города.

Повышение эффективности работы транспорта в значительной степени может достигаться путем координации процессов доставки и распределения груза в пределах города муниципальным аппаратом, учетом общественных показателей, а также показателей  $P_{mp}^{cop(ep)}$  логистической системы. При этом не меньшее значение оказывает информация о работе транспорта в вышеуказанных блоках. Все это обуславливает создание блока «Городская система грузовых перевозок», который учитывает общую работу грузового транспорта в логистических системах города, требования общества и муниципалитета, и может рассматриваться как единая система перевозок груза в городе. Как пример подобного блока в существующей системе управления города можно рассмотреть систему регулирования дорожным движением в городе, т.е. изменение в этой системе влияют на параметры работы транспортных средств. В

свою очередь характеристики транспортных потоков могут влиять на характеристики работы системы регулирования дорожным движением (например, изменение циклов работы светофоров и т.п.).

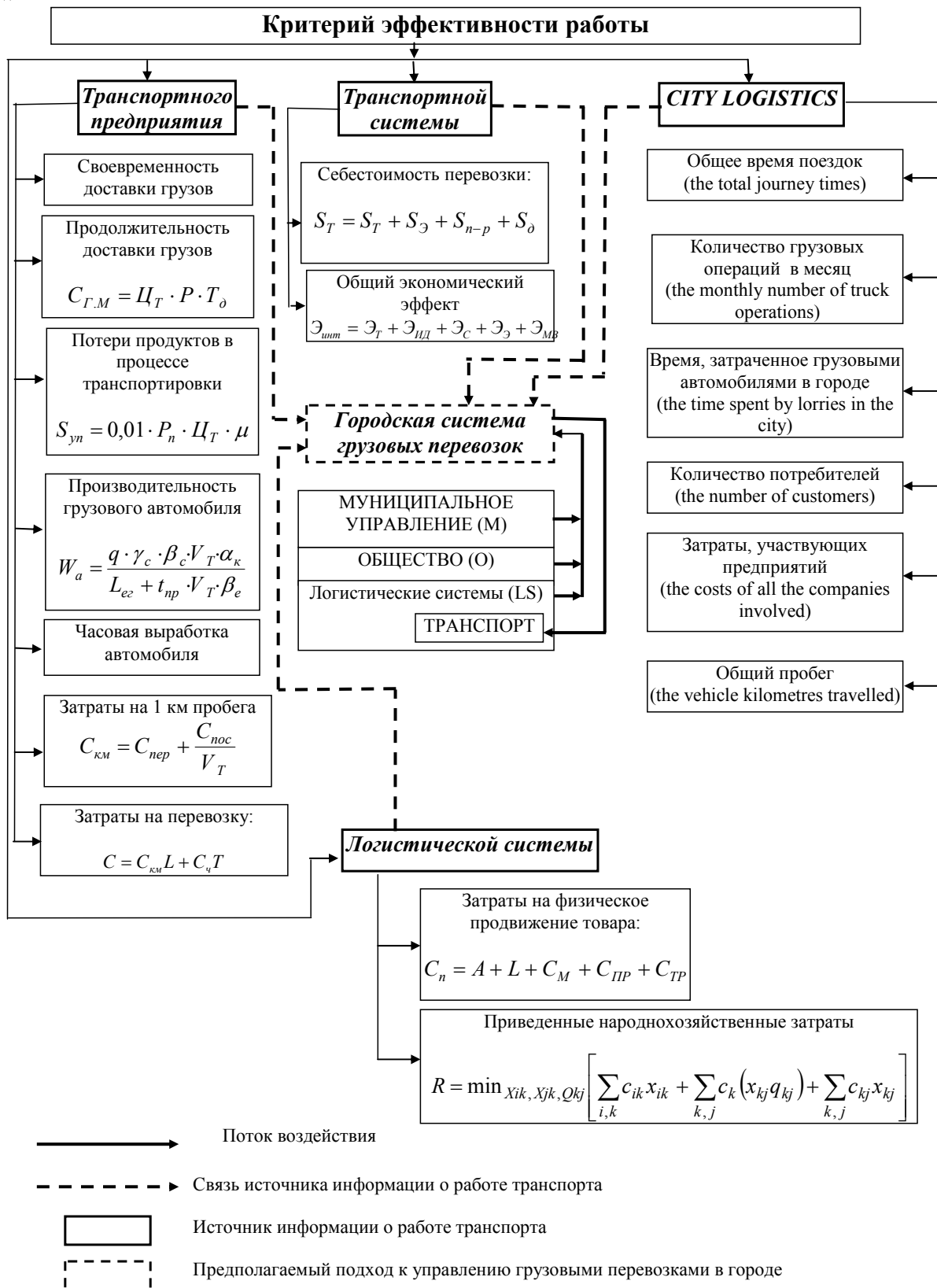


Рис. 2. Классификация критериев эффективности (на основании [2, 4-6])

В общем виде работу грузового транспорта в городе можно представить в следующем виде:

$$P_{mp}^{exp(ep)} = f(L, O, M), \quad (1)$$

где  $f$  — критерий, характеризующий работу транспорта (время, пробег, затраты и др.);  
 $L$  — показатели логистической системы (количество обслуживаемых участников, количество транспортных средств, сроки доставки и др.);

$O$  — общественные показатели (уровень автомобилизации, препятствия в повседневной жизни, связанные с грузовым транспортом и др.);

$M$  — показатели муниципального управления (уровень загрязнения дорог, безопасность движения и др.).

Далее более детально остановимся на работе грузового транспорта в городе. На текущий момент известно несколько видов взаимодействия разных видов транспорта с автомобильным транспортом — рис. 3 [3]. Но ввиду того, что городские перевозки имеют свои особенности, предложим ввести такой вид сообщения как автомобильно-электрический (трамвай, троллейбус) — рис. 3. Это продиктовано тем, что помимо железнодорожного сообщения, в крупных городах существует электрический транспорт (трамвай, троллейбус), обладающий развитой материально-технической базой. Иллюстрация для понимания автомобильно-электрического сообщения представлена на рис. 4.



Рис. 3. Классификация типовых технологических схем перевозок грузов при помощи автомобильного транспорта (с учетом [3])

В работах ученых отмечено, что наиболее полная оценка экономической эффективности перевозок достигается при сопоставлении приведенных затрат [1-2, 3]. Затраты на смешанные грузовые перевозки в городе складываются из затрат на отдельные этапы транспортирования в логистической системе. Предлагается формализовать их следующим образом:

$$Z_{ГР}^{гор} = Z_{ГР}^{авт} + Z_{ГР}^{трам} + Z_{ГР}^{трол}, \quad (2)$$

где  $Z_{ГР}^{гор}$  — затраты на грузовые перевозки в городе, грн;

$Z_{ГР}^{авт}$  — затраты на перевозку груза автомобильным транспортом, грн;

$Z_{ГР}^{трам}$ ,  $Z_{ГР}^{трол}$  — затраты на перевозку груза электрическим транспортом (трамвай, троллейбус, соответственно), грн.



Рис. 4. Смешанное автомобильно-электрическое сообщение [7]

На текущий момент требует детального изучения перевозка груза электрическим транспортом. Подробнее рассмотрим методику расчета затрат на перевозку 1  $t$  груза городским электрическим транспортом. В основу расчетов затрат положим методику расчета основных экономических параметров городского электрического транспорта при перевозке пассажиров [8] — табл. 1.

С учетом представленных показателей затрат полная себестоимость перевозки может быть определена следующим образом:

$$C_{nn}^{трам} = \frac{P_{соб}^{трам}}{A_{соб}^{трам}}, \quad (3)$$

$$C_{nn}^{трол} = \frac{P_{соб}^{трол}}{A_{соб}^{трол}}, \quad (4)$$

где  $C_{nn}^{трам}$ ,  $C_{nn}^{трол}$  — полная себестоимость перевозки 1  $t$  груза трамваем и троллейбусом, соответственно, грн;

$P_{соб}^{трам}$ ,  $P_{соб}^{трол}$  — всего затрат по полной себестоимости трамвая и троллейбуса, соответственно, грн;

$A_{соб}^{трам}$ ,  $A_{соб}^{трол}$  — количество перевезенного груза трамваем и троллейбусом, соответственно,  $t$ .

Затраты на грузовые перевозки в городе можно представить в следующем виде (при обслуживании одной логистической системы):

$$Z_{тр}^{гор} = Z_{тр}^{авт} + C_{nn}^{трам} \sum_{s=1}^N Q^{трам} + C_{nn}^{трол} \sum_{j=1}^M Q^{трол}, \quad (5)$$

где  $Z_{тр}^{авт}$  — затраты на перевозку груза автомобильным транспортом;  $Q^{трам}$  — объем перевозки груза, который перевозится трамваем от  $i$ -того поставщика до потребителя  $i \in 1, N$ ;  $t$ ;  $Q^{трол}$  — объем перевозки груза, который перевозится троллейбусом от  $j$ -того поставщика до потребителя  $j \in 1, N$ ;  $t$ .

Таблица 1

## Плановая калькуляция себестоимости перевозок

Показатель	Единица измерения	Существующий подход		Предполагаемый подход	
		трамвай	троллейбус	трамвай	троллейбус
<i>Натуральные показатели</i>					
1. Общий пробег	ваг·км	+	+	+	+
2. Количество перевезенного груза*	т	–	–	+	+
3. Количество перевезенных пассажиров	пасс	+	+	–	–
<i>Калькуляция себестоимости</i>					
Заработная плата и социальные отчисления — водителей	грн	+	+	+	+
— кондукторов	грн	+	+	–	–
— экспедиторов*	грн	–	–	+	+
Электроэнергия	грн	+	+	+	+
Содержание и ремонт подвижного состава	грн	+	+	+	+
Ремонты и осмотры	грн	+	+	+	+
Износ шин	грн	–	+	–	+
Содержание и текущий ремонт контактно-кабельной сети	грн	+	+	+	+
Содержание и текущий ремонт тяговых подстанций	грн	+	+	+	+
Амортизация основных фондов производственно-эксплуатационного назначения:	грн	+	+	+	+
— энергохозяйство	грн	+	+	+	+
Общие эксплуатационные затраты	грн	+	+	+	+
Внеэксплуатационные затраты	грн	+	+	+	+
Всего затрат по полной себестоимости	грн	+	+	+	+
Полная себестоимость перевозки — 1 т груза*	грн	–	–	+	+
— 1000 пассажиров	грн	+	+	–	–

\* — предлагаемые показатели работы горэлектротранспорта для перевозки грузов  
 – — не учитывается  
 + — учитывается

**Выводы**

В данной статье рассмотрены подходы к математическому описанию работы грузового транспорта. Обосновано рассмотрение грузовых перевозок в городе как единой системы

управления грузовым транспортом. Предложена модель работы грузового транспорта в городе с учетом городского электрического транспорта. В дальнейшем необходимо изучить влияние отдельных логистических систем на эффективность работы грузового транспорта.

### *Список литературы*

1. Гаджинский А.М. Логистика. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Маркетинг, 2001. — 396 с.
2. Вокрут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. — 2-е изд., перераб. и доп. — К.: Вища шк., 1986. — 447 с.
3. Вельможин А.В., Гудков В.А. Грузовые автомобильные перевозки. — Москва, 2006. — 560 с.
4. Смехов А.А. Основы транспортной логистики. — М.: Транспорт, 1995. — 197 с.
5. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов. — М.: АСВ, 2005. — 272 с.
6. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе. — М.: ИНФРА-М, 2001. — 608 с.
7. Light ideas for urban freight / International Railway Journal. — 2007. — vol. 47. — issue 6 (November). — Pg. 35-36.
8. Коссой Ю.М. Городской электротранспорт. Экономика. Управление. — М.: Транспорт, 1983 — 252 с.

Стаття надійшла до редакції 24.10.08  
© Горяинов А.Н., Алпеева А.В., 2008